

**KIZIL ÖTESİ GÖRÜNTÜ ÇEVİRİCİ VE ATLAS DENEYİ'NİN
VERİ TOPLAMA SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU**

Erden ERTÖRER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

Erden ERTÖRER tarafından hazırlanan KIZIL ÖTESİ GÖRÜNTÜ ÇEVİRİCİ VE ATLAS DENEYİ’NİN VERİ TOPLAMA SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

.....
Prof. Dr. Bahtiyar SALAMOV
Tez Yöneticisi

.....
Prof. Dr. Saleh SULTANSOY
İkinci Danışman

Bu çalışma, jürimiz tarafından Fizik Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Doç. Dr. Raşit AHISKA

Üye : Prof. Dr. Bahtiyar SALAMOV

Üye : Prof. Dr. Saleh SULTANSOY

Üye : Doç. Dr. Şemsettin ALTINDAL

Üye : Doç. Dr. Orhan ÇAKIR

Tarih : 22/06/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Erden ERTÖRER

**KIZIL ÖTESİ GÖRÜNTÜ ÇEVİRİCİ VE ATLAS DENEYİ'NİN
VERİ TOPLAMA SİSTEMLERİNİN OPTİMİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)**

Erden ERTÖRER

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2006**

ÖZET

Bu tezde kızılötesi görüntü çeviricide veri edinimini otomatikleştirmek ve sistemi analiz edebilmek amacıyla bilgisayar kontrollü bir veri toplama sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen veri toplama sistemi yardımı ile iyonizasyon tipli kızılötesi görüntü çeviricinin fiziksel süreçlerinin incelenmesi ve çalışma şartlarının optimizasyonu mümkün olmuştur. GaAs katotlu gaz boşalma hücresinin davranışı, farklı ışık şiddetleri, boşalma aralıkları, elektrot çapları, ve farklı basınç değerleri için deneysel olarak incelenmiştir. Diğer taraftan ATLAS deneyinin tetikleme ve veri toplama sisteminin “preseries” deney ortamında yapılan çalışmalar, ATLAS/TDAQ’ın son sistem ihtiyaçlarının belirlenmesini ve TDAQ parametrelerinin iyileştirilmesini sağlamıştır. Bununla birlikte kurulma aşamasında olan ATLAS/TDAQ sisteminin, ATLAS deneyi için gerekli performansı sağladığı yapılan çalışmalar sonucu ortaya konmuştur.

Bilim Kodu : 202.1.149
Anahtar Kelimeler : Kızılötesi görüntü çevirici, ATLAS detektörü, tetikleme, veri toplama sistemleri.
Sayfa Adedi : 126
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Bahtiyar SALAMOV
İkinci danışman : Prof. Dr. Saleh SULTANSOY

**OPTIMIZATION OF DATA ACQUISITION SYSTEMS FOR
INFRARED IMAGE CONVERTER AND ATLAS EXPERIMENT**

(M.Sc. Thesis)

Erden ERTÖRER

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2006

ABSTRACT

In this thesis a computer controlled data acquisition system has been developed in order to automate the data acquisition for infrared image converter and analyse it. Developed data acquisition system enables the consideration of the physical processes and optimization of the operation conditions of ionization type infrared image converter. The behaviour of GaAs cathode has been studied for various light intensities, discharge gaps, electrode diameters and different pressure values. On the other hand the studies at the ATLAS experiment's trigger and data acquisition system "preseries" test bed has been provided to determine the requirements of the final system of ATLAS/TDAQ and optimize the TDAQ parameters. Furthermore the studies have exhibited that the TDAQ system which is at commissioning phase, meets the ATLAS physics requirements.

Science code : 202.1.149

Key Words : Infrared image converter, ATLAS detector, triggering, data acquisition.

Page Number : 126

Adviser : Prof. Dr. Bahtiyar SALAMOV

Co-Adviser : Prof. Dr. Saleh SULTANSOY

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezin hem Gazi Üniversitesi hem de CERN kısımları için benim doğru yönlendirilmemi sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Hüseyin KORU'ya, Gazi Üniversitesi'nde yürüttüğüm çalışmalar için, danışmanım Prof. Dr. Bahtiyar SALAMOV'a, Doç. Dr. Şemsettin ALTINDAL'a, Dr. Hilal KURT'a, Prof. Dr. Tofik MAMADOV'a ve tüm Fizik Bölümü'ne, veri toplama sistemini kullanarak daha iyiye gitmesi için görüşlerini esirgemeyen Yaşar Sadık'a, CERN'de yürüttüğüm çalışmalar için ikinci danışmanım Prof. Dr. Saleh SULTANSOY'a, Doç. Dr. Orhan ÇAKIR'a, Doç. Dr. Gökhan ÜNEL'e, Livio MAPELLI'ye, Louis TREMBLET'ye, tüm ATLAS/TDAQ ekibine, Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi üyelerine ve TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Ayrıca manevi desteğiyle bana daima güç veren Seçil ERDOĞAN ERTÖRER'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. VERİ TOPLAMA VE TETİKLEME SİSTEMLERİNE GENEL BAKIŞ	3
2.1. Veri Toplama Sistemleri	3
2.2. Veri Toplama Sistemlerinin Bileşenleri	3
2.2.1. Sensörler	4
2.2.2. Sinyaller	5
2.2.3. Sinyal koşullama	8
2.2.4. Veri toplama donanımı	8
2.2.5. Sürücü yazılımı	8
2.2.6. Uygulama yazılımı	9
2.3. Tetikleme (Triggering)	9
3. KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜ ÇEVİRİCİNİN KARAKTERİZASYONU İÇİN VERİ TOPLAMA SİSTEMİNİN OPTİMİZASYONU	10
3.1. KÖ Görüntü Çevirici Sisteminin Temelleri	12

	Sayfa
3.1.1. Kısmen iyonlaşmış gazlarda akım akışı.....	13
3.1.2. Yarıiletken katotlu gaz boşalma sistemi	21
3.1.3. Yarıiletken katotlu gaz boşalma sisteminde akımın davranışı.....	24
3.2. Deney Sistemi	27
3.2.1. Genel	27
3.2.2. Gaz boşalma hücresi	28
3.2.3. Vakum sistemi.....	29
3.2.4. Elektrik bağlantısı	30
3.3. Deneyin Veri Toplama Sistemi Geliştirme Açısından Analizi	31
3.3.1 Sistemin parametreleri	31
3.3.2. Kızıl ötesi görüntü çeviricinin eski veri toplama sistemi.....	35
3.3.3. Veri toplama sisteminin optimizasyonu.....	35
3.3.4. Kızıl ötesi görüntü çeviricinin yeni veri toplama sistemi	39
3.4. KÖ Görüntü Çeviricinin Yeni Veri Toplama Sistemi ile Karakterizasyonu	48
3.4.1. Akım-voltaj karakteristiği	48
3.4.2. Işıma-voltaj karakteristiği	53
3.4.3. Sistemin dinamik süreçlerinin incelenmesi.....	55
3.4.4. Kameralı deneyler	64
3.5. Eski ve Yeni Veri Toplama Sistemleri İle Alınan Verilerin Karşılaştırılması	64
3.6. Değerlendirme.....	68
3.6.1 Yeni veri toplama sisteminin avantajları.....	68
3.6.2 Yeni veri toplama sisteminin yetersizlikleri	69

Sayfa

3.6.3 Sistemde kullanılabilecek yeni teknolojiler	70
4. ATLAS DENEYİ TETİKLEME VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ “PRESERİES” DENEY ORTAMINDA PERFORMANS VE İŞLEVSELLİK ÇALIŞMALARI	72
4.1. ATLAS TDAQ’ın Amacı ve Genel Yapısı	74
4.1.1. Sistemin bileşenleri	75
4.1.2. Sistemin çalışması	78
4.1.3. Preseries deney ortamı	80
4.2. Sistem Üzerinde Yapılan Çalışmalar	81
4.2.1. ROS çalışmaları	81
4.2.2. EB çalışmaları	88
4.2.3. L2 çalışmaları	102
4.2.4. Birleşik sistem çalışmaları (ROS+EB+L2)	104
5. SONUÇ	116
KAYNAKLAR	119
EKLER	123
EK-1 Preseries donanımı	124
ÖZGEÇMİŞ	126

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Fiziksel fenomen ve mevcut detektörü	4
Çizelge 3.1. Sabit elektrotlar arası mesafe için ve sabit bir ϕ için farklı basınçlarda NDD dirençli AVK'nin kritik voltaj V_c değerleri	57
Çizelge 3.2. Farklı elektrotlar arası mesafe d , yarıiletken katodun ϕ için ve basınçlarda p , NDD gösteren AVK'lerde kritik elektrik alanları E_c	58
Çizelge 3.3. Eski ve yeni sistemlerden elde edilen veriler.....	66
Çizelge 4.1. Detektördeki farklı ROS'ların özellikleri	83
Çizelge 4.2. Farklı koşullarda hesaplanan C sabitleri.....	112

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Basit bir veri toplama sistemi	3
Şekil 2.2. Bir analog sinyalin başlıca karakteristikleri.....	5
Şekil 2.3. Bir dijital sinyalin başlıca karakteristikleri	7
Şekil 3.1 Basit bir gaz boşalma düzeneği.....	13
Şekil 3.2. Gaz boşalma bölgelerini gösteren diyagram.....	14
Şekil 3.3. Çeşitli gazlar için Paschen eğrileri.....	19
Şekil 3.4. (a) Metal elektrotlar ve seri dirençten oluşan, (b) metal- yarıiletken sahip gaz boşalma hücresinin şematik diyagramı	22
Şekil 3.5. Farklı aydınlatma şiddetleri için yarıiletken katotlu düzlemsel gaz boşalma hücresinin tipik akım-voltaj karakteristiği	23
Şekil 3.6. Yarıiletken katotlu boşalma hücresinde kararlılığın olduğu bölgeyi gösteren şematik diyagram.....	24
Şekil 3.7. Yarıiletken katotlu gaz boşalma hücresinin bileşenleri	29
Şekil 3.8. Gaz boşalma hücresinin vakum sistemi	30
Şekil 3.9. Deney sisteminin elektrik bağlantı şeması.....	31
Şekil 3.10. KÖ Görüntü çeviricinin eski veri toplama sistemi	35
Şekil 3.11. Elektrometrenin göstergesinin şeması	38
Şekil 3.12. KÖ Görüntü çeviricinin yeni veri toplama sistemi	40
Şekil 3.13. Akım ve ısımanın uygulanan voltaja göre değişimini inceleyen program.....	43
Şekil 3.14. Akım ve ısımanın zamana göre değişimini inceleyen program.....	43
Şekil 3.15. Programın akış şeması	47
Şekil 3.16. Farklı elektrotlar arası mesafe için karanlıkta yarıiletken katodun farklı çap D (22mm, 18 mm, 12 mm, 9mm, 5 mm) değerlerinde Townsend boşalmasının 3D AVK'ları.....	49

Şekil	Sayfa
Şekil 3.17. Farklı elektrotlar arası mesafe için zayıf aydınlatma şiddetinde A1 yarıiletken katodun farklı çap D (22mm, 18 mm, 12 mm, 9mm, 5 mm) değerlerinde Townsend boşalmasının 3D AVK'ları	50
Şekil 3.18. Farklı elektrotlar arası mesafe için kuvvetli aydınlatma şiddetinde A2 yarıiletken katodun farklı çap D (22mm, 18 mm, 12 mm, 9 mm, 5 mm) değerlerinde Townsend boşalmasının 3D AVK'ları	51
Şekil 3.19. Sabit elektrotlar arası mesafe d için ve sabit bir çap için (D =18 mm) yarıiletken katodun farklı aydınlatma şiddetlerinde (A2, A1, K) Townsend boşalmasının 3D akım-voltaj ve radyasyon-voltaj grafikleri.....	54
Şekil 3.20. Farklı aydınlatma şiddetlerinde, karanlık, zayıf aydınlatma şiddeti A1 ve kuvvetli aydınlatma şiddeti A2 için $p = 55\div 66$ Torr basınç aralığında GaAs katodun negatif diferansiyel (NDD) dirençli AVK'ları	56
Şekil 3.21. Sabit boşalma aralığında d ve elektrot çapı D için SI GaAs katodun negatif diferansiyel dirençli NDD Akım voltaj karakteristiği.....	59
Şekil 3.22. NDD bölgesi içinde zamana bağlı, a) akım-voltaj ve b) radyasyon -voltaj karakteristikleri	59
Şekil 3.23. a) Sabit boşalma aralığında d, basınç p ve elektrot çapı D için kuvvetli aydınlatma şiddetinde A2, SI GaAs katodun AVK, b) zamana bağlı akım karakteristiği	61
Şekil 3.24. Farklı çaplar için karanlıkta SI GaAs katodun negatif diferansiyel NDD dirençli akım voltaj karakteristikleri, $d = 445 \mu\text{m}$, $p = 44$ Torr.....	62
Şekil 3.25. Eski ve yeni sistemlerden elde edilen grafikler	67
Şekil 3.26. KÖ Görüntü çeviricinin planlanan veri toplama sistemi	71
Şekil 4.1. ATLAS/TDAQ'ın çalışması	79
Şekil 4.2. RH değerinin optimizasyonu	82
Şekil 4.3. Farklı ROS'ların performans eğrileri.....	84

Şekil	Sayfa
Şekil 4.4. Farklı ROS'ların performans eğrileri ve ATLAS çalışma bölgesi	84
Şekil 4.5. Donanım ve emülasyon ROS'un karşılaştırılması	86
Şekil 4.6. Emülasyon ROS'taki hata.....	86
Şekil 4.7. tcp ve udp için ROS performansı.....	87
Şekil 4.8. TS parametresinin optimizasyonu.....	89
Şekil 4.9. Çeşitli ağ protokolleri kombinasyonları için EB performansı	91
Şekil 4.10. EB performansının ROS sayısına bağlılığı	92
Şekil 4.11. Gerekli SFI sayısının tespit edilmesi	94
Şekil 4.12. Farklı FS'lere karşı EB performansı	96
Şekil 4.13. Farklı FS'lere karşı Tput	96
Şekil 4.14. Temizleme mesajlarının ROS'lara ulaşmaması sonucu sistemin durması	98
Şekil 4.15. GC mekanizmasının sistem performansında sebep olduğu düşmeler	99
Şekil 4.16. GC mekanizmasının çalışması ile sistem performansı	99
Şekil 4.17. S&Q mekanizmasının EB performansına etkisi (FS=1024).....	101
Şekil 4.18. S&Q mekanizmasının EB performansına etkisi (FS=2048).....	101
Şekil 4.19. S&Q mekanizmasının EB performansına etkisi (FS=4096).....	102
Şekil 4.20. Bir L2SV'nin performans sınırı.....	103
Şekil 4.21. Farklı WT sayıları için sistem performansı	105
Şekil 4.22. Farklı L2 kabul oranları için sistem performansı.....	106
Şekil 4.23. EB ve L2 sistemleri arasındaki performans farkı	108
Şekil 4.24. Verilen sistem için farklı TS değerleri için sistem performansı	110

Şekil	Sayfa
Şekil 4.25. TS değerinin artması ile sistem performansının düzelmesi	110
Şekil 4.26. $ROL/ROI=1$ için sistem performansı.....	113
Şekil 4.27. $ROL/ROI=2$ (ATLAS ortalaması) için sistem performansı	114
Şekil 4.28. $ROL/ROI=3$ için sistem performansı.....	115
Şekil 4.29. Sistemin 500 dakika boyunca gözlenen performansı.....	116

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. KÖ görüntü çevirici ile kaydedilen elin görüntüsü.....	12
Resim 3.2. KÖ görüntü çevirici deney setinin fotoğrafı	28
Resim 3.3. KÖ görüntü çevirici hücresinin fotoğrafı.....	29
Resim 3.4. Deney düzeneğini oluşturan elemanlar	42

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
λ	Dalga boyu
j	Akım yoğunluğu
dn/dt	Parçacıkların üretim hızı
α	Townsend'ın birinci iyonizasyon katsayısı
γ	Townsend'ın ikinci iyonizasyon katsayısı
τ	Taşıyıcı ömrü
U_k	Kararlılığın bozulma voltajı
A_{max}	Aydınlatma şiddeti
μ	Taşıyıcı hareketliliği
k	Soğurma katsayısı
p	Basınç
d	Elektrotlar arası uzaklık
D	Elektrotlar alanının çapı
ρ	Özdirenç
σ	İletkenlik
K	Karanlık
A_1	Zayıf aydınlatma şiddeti
A_2	Kuvvetli aydınlatma şiddeti
U_k	Kırılma voltajı
n_e	Elektron yoğunluğu
p_e	İyon yoğunluğu
U_o	Besleme voltajı
U_g	Gaz boşalma aralığına düşen voltaj
U_s	Yarıiletken düşen voltaj
I_{dr}	Akım düşüş değeri

Simgeler**r****C** **γ_{eff}** **SI** **E_c** **V_c** **ϵ** **D** **V_{th}** **Açıklama**

Boşalma-dış devre sisteminin direnci

Boşalma-dış devre sisteminin kapasitansı

Etkin ikincil emisyon katsayısı

Yarıyalıtkan

Kritik elektrik alanı

Kritik voltajı

Geçirgenlik

Difüzyon katsayısı

Eşik voltajı

Kısaltmalar**2D****3D****KBI****AVK****GBS****NDD****KÖ****TEE****UV****YGBY****GŞT****EL2****DFO****Açıklama**

İki boyut

Üç boyut

Kararlı boşalma ışıması

Akım-voltaj karakteristiği

Gaz boşalma sistemi

Negatif diferansiyel direnç

Kızılötesi

Transfer edilmiş elektron etkisi

Ultraviyole

Yarıiletken gaz boşalma yapısı

Görüntü şiddetlendirici tüp

Derin donör kusuru

Düşük frekans osilasyon

1. GİRİŞ

Bilimde kaydedilen gelişmeler teknolojiye yansıkça çok daha hızlı ve duyarlı ölçüm cihazları geliştirilmiş yeni yöntemlerle yapılan deneyler ise daha da hassas ölçümlerin gerekli olduğunu gösterip yeni teknolojik arayışları beraberinde getirmiştir. Genel anlamda, ölçüm kaynaklarından toplanan sinyallerin sayısallaştırılıp sonradan analiz edilmek üzere depolanması [1] olarak tanımlayabileceğimiz ‘Veri toplama’ (data acquisition), günümüzde deneysel fiziğin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Bu tezde iki ayrı fizik deneyinin veri toplama sistemi ile ilgili yapılmış olan çalışmalar verilmiştir. Bunlardan ilki, ayrıntıları daha sonra verilecek olan ‘kızılötesi görüntü çevirici’ diğeri ise ATLAS deneyidir. Kızılötesi görüntü çevirici temelde bir yarıiletken detektördür ve “yarıiletken” ve “gaz boşalma” fiziği ile ilgilidir. ATLAS deneyi ise “parçacık fiziği ile ilgili” bir detektörler sistemidir. Birbirlerinden oldukça farklı olan bu iki sistemin veri toplama sistemleri de oldukça farklıdır. Birincisi bir masa üstü (table-top) sistemken diğeri ise dağıtık (distributed) sistemdir. Bu farklılık aynı zamanda veri toplama sistemlerinin önemini ve farklı ölçeklerde uygulanabilirliği ortaya koymaktadır.

Bir fizik deneyi için veri toplama sisteminin geliştirilmesi fizik, elektronik mühendisliği ve bilgisayar mühendisliğini de içine alan çok disiplinli bir çalışmadır. Uygun veri toplama sistemi geliştirilmeden önce deneyin fiziksel temelleri ortaya koyulmalıdır. Geliştirilme sırasında yapılan ölçümler ve bunların fizik yorumları daha iyi bir sistemin geliştirilmesinde yardımcı olmaktadır.

Kızılötesi görüntü çevirici için veri toplama sistemi geliştirilirken daha önce bulunan sistemin yetersizlikleri göz önüne alınmış ve yeni sistem kurulduktan sonra deneylerle birlikte geliştirme sürmüştür.

ATLAS deneyinde ise veri toplama sisteminin yaklaşık %10’u prototip olarak kurulmuş (preseries) bir yandan ilgili yazılım geliştirilip parametreler optimize edilirken bir yandan da son sistemin gerçek ihtiyaçları tespit edilmiştir [2].

Tezin ilk bölümünde, veri toplama sistemleri kısaca ve genel olarak gözden geçirilecektir. İkinci bölümde kızılötesi görüntü çeviricinin veri toplama sistemi anlatılacak, yeni veri toplama sistemi ile yapılan deneylere örnekler verilecek ve daha önce kullanılmakta olan eski veri toplama sistemi ile olan farklar ve üstünlükler tartışılacaktır. Üçüncü bölüm ise İsviçre'nin Cenevre kentinde yer alan CERN'de (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) hazırlıkları süren ATLAS deneyinin veri toplama sistemi anlatılacak ve bu sistemin prototipi olan “preseries” deney ortamında yapılan performans ve işlevsellik çalışmaları sunulacaktır. Dördüncü bölümde ise her iki çalışmanın sonuçları kısaca özetlenecektir.

2. VERİ TOPLAMA VE TETİKLEME SİSTEMLERİNE GENEL BAKIŞ

2.1. Veri Toplama Sistemleri

Veri toplama sistemleri bilgisayar teknolojilerinin çeşitliliğinden dolayı çok geniş bir esnekliğe sahiptirler. Bilimadamları ve mühendisler tarafından deneyler, ölçümler ve otomasyon uygulamalarının veri toplama sistemlerinde tercih edilen veri yolları arasında VME, GPIB, PXI, CompactPCI, PCMCIA, USB, Firewire, paralel veya seri port sayılabilir.

2.2. Veri Toplama Sistemlerinin Bileşenleri

Basit bir veri toplama sistemi beş temel bileşenden oluşur (Şekil 2.1.):

- Dönüştürücü ve sensörler (Detektörler),
- Sinyaller,
- Sinyal koşullama,
- Veri toplama donanımı,
- Sürücü ve uygulama yazılımı.



Şekil 2.1. Basit bir veri toplama sistemi

2.2.1. Sensörler

Veri toplama, ölçülecek fiziksel fenomen ile başlar. Bu fenomen, bir odanın sıcaklığı, bir hücrenin basıncı, bir ışık kaynağının şiddeti, bir cisme uygulanan kuvvet ve bunun gibi bir çok şey olabilir. Etkin bir veri toplama sistemi tüm bu farklı fenomenleri ölçebilir.

Sensör, fiziksel fenomeni, akım, gerilim gibi ölçülebilir bir elektrik sinyaline dönüştüren bir cihazdır. Veri toplama sisteminin farklı fenomenleri ölçebilme yeteneği, fiziksel fenomenleri veri toplama donanımı tarafından ölçülebilen sinyallere dönüştüren sensörlere bağlıdır. Sıcaklık, basınç veya sıvı akışı ölçümleri gibi çok farklı uygulamalar için özel sensörler vardır. Çizelge 2.1.'de bazı genel sensörlerin ve ölçtükleri fiziksel fenomenlerin kısa bir listesi verilmiştir.

Çizelge 2.1. Fiziksel fenomen ve mevcut detektörü

Fenomen	Sensör
Sıcaklık	Termik-çiftler Direnç sıcaklık cihazları (RTDs) Termistörler
Işık	Vakum tüpleri Foto-çoğaltıcılar Foto sensörler
Ses	Mikrofon
Güç ve basınç	Gerilim ölçerler (strain gauges) Piezo-elektrik dönüştürücüler
Konum ve yer değiştirme	Potansiyometreler Optik kodlayıcılar

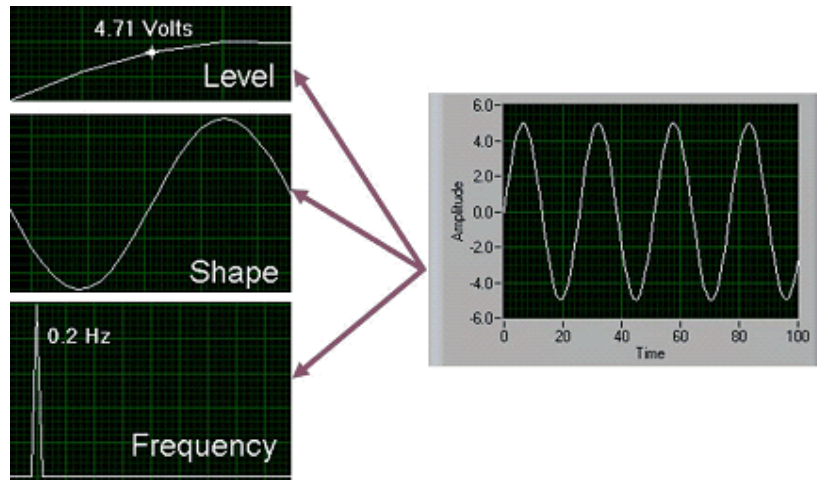
Farklı detektörlerin fiziksel fenomeni ölçülebilen sinyale dönüştürürken farklı gereksinimleri vardır. Bazı detektörler akım veya gerilim ile uyarılmayı gerektirirler. Bazıları ise direnç devresi gibi ilave bileşenlere ihtiyaç duyabilirler.

2.2.2. Sinyaller

Uygun sensör fiziksel fenomeni ölçülebilir bir sinyale dönüştürür. Ancak farklı sinyallerin farklı şekillerde ölçülmesi gerekmektedir. Bu nedenle farklı tipteki sinyallerin ve bunların özelliklerinin anlaşılması önemlidir. Sinyaller analog ve dijital olmak üzere iki grup altında incelenirler.

Analog Sinyaller

Analog bir sinyal zamana göre herhangi bir değer alabilir. Analog sinyallere örnek olarak voltaj, basınç, ses ve yük verilebilir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Bir analog sinyalin başlıca karakteristikleri

Seviye

Analog sinyaller her değeri alabildiklerinden, seviye, ölçülecek analog sinyal ile ilgili önemli bilgiler verir. Işık kaynağının şiddeti, bir odanın sıcaklığı ve bir hücredeki basınç gibi tüm örnekler sinyal seviyesinin önemini gösterirler. Bir sinyalin seviyesi ölçüldüğünde sinyal genellikle zamana göre hızlı değişim göstermez. Bununla birlikte ölçümün hassasiyeti oldukça önemlidir. En yüksek

hassasiyeti sağlayan veri toplama sistemi analog seviye ölçümlerinin yardımı ile seçilmelidir.

Biçim

Bazı sinyaller kendilerine has biçimleriyle anılırlar, sinüs, kare, testere dişi, ve üçgen gibi. Bir analog sinyalin biçimi de seviyesi kadar önemlidir. Çünkü bir analog sinyalin biçiminin ölçümü, tepe değerinin bulunması, kare ortalama karekök (Root mean square) değeri ve ortalaması gibi ileri analizleri de mümkün kılar. Biçimi önem taşıyan sinyaller genellikle zamana bağlı olarak hızla değişirler, ancak sistemin duyarlılığı yine de önem taşır. Kalp atışları, görüntü sinyalleri, sesler, titreşimler ve devre tepkileri biçim ölçümü önem taşıyan uygulamalardır.

Frekans

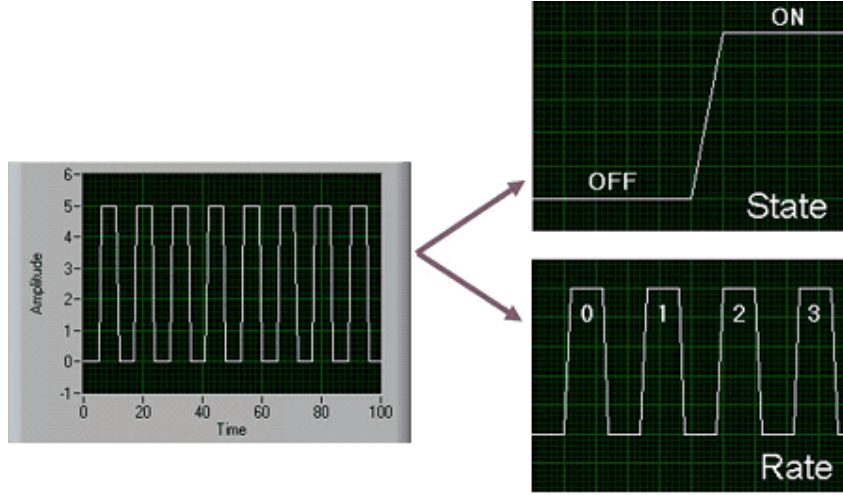
Tüm analog sinyaller frekanslarına göre sınıflandırılabilirler. Seviye ve biçimin aksine sinyalin frekansı doğrudan ölçülemez. Sinyal frekans bilgisinin tespit edilebilmesi için bir yazılım ile analiz edilmelidir. Bu analiz genellikle “Fourier Dönüşümü” olarak bilinen yöntem ile yapılır.

Frekans sinyalin en önemli bilgisi ise veri toplamının hassasiyeti ve hızı önem kazanmaktadır. Frekansı elde etmek için gerekli olan veri toplama hızı, sinyalin biçimini elde etmek için olandan daha azdır, ancak sinyal, önemli bilgilerin kaybolmaması için yeterince hızlı alınmalıdır. Bu hız ile ilgili koşul “Nyquist Örnekleme Teoremi” ile verilir. Konuşma analizi, telekomünikasyon ve deprem analizi gibi kimi uygulamalar için sinyalin frekansı önem taşımaktadır.

Dijital Sinyaller

Dijital bir sinyal zamana göre her değeri alamaz. Bunun yerine dijital sinyalin iki muhtemel seviyesi vardır; yüksek ve düşük. Dijital sinyaller genellikle bunların karakteristiklerini belirleyen özel kurallara uyarlar. Bu kurallardan en genel olanı

TTL mantıktır (Transistor-to-Transistor Logic). TTL kurallarına göre bir sinyalin 0 volt ilâ 0,8 volt aralığında olması düşük, 2 volt ilâ 5 volt aralığında olması ise yüksek olduğu anlamına gelir. Durum ve hız dijital bir sinyalden ölçülebilecek önemli bilgilerin başında gelir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Bir dijital sinyalin başlıca karakteristikleri

Durum

Dijital sinyaller analog sinyallerin aksine zamana göre her değeri alamazlar. Bir dijital sinyalin durumu temelde onun seviyesidir, açık veya kapalı, yüksek veya düşük. Bir anahtarın konumunun gözlenmesi -açık veya kapalı- dijital sinyalin durumunun bilmenin önemini gösterir.

Hız

Bir dijital sinyalin hızı onun zamana göre ne sıklıkla durum değiştirdiğini ifade eder. Dijital bir sinyalin hızının ölçülmesine örnek olarak bir motorun milinin ne hızda döndüğünün tespit edilmesi verilebilir. Frekansın aksine sinyalin hızının ölçülmesi onun bir kısmının ne sıklıkla gerçekleştiği ile ilgilidir. Bu nedenle sinyalin hızını tespit etmek için yazılım algoritması gerekmez.

2.2.3. Sinyal koşullama

Bazen detektörlerin ürettiği sinyalin veri toplama cihazı ile ölçülmesi çok zor veya çok tehlikeli olabilir. Örneğin söz konusu olan yüksek gerilim, gürültülü ortamlar, uç noktalarda yüksek veya düşük sinyaller ise veya eşzamanlı ölçümler gerekiyorsa sinyal koşullama etkin bir veri toplama sistemi için oldukça önemlidir. Sinyal koşullama sistemin duyarlılığını en yüksek seviyeye çıkarır, detektörlerin düzgün çalışmalarını ve güvenliğini sağlar.

2.2.4. Veri toplama donanımı

Veri toplama donanımı bilgisayar ile dış dünya arasında ara yüz görevi görür. Temel görevi, gelen analog sinyalleri bilgisayarın anlayabileceği dijital biçime dönüştürmektir. Donanım olarak, kendi kendine de kullanılabilen ölçüm cihazları (Voltmetre, Empedans ölçer gibi) uygun bir uygulama yazılımı ile bilgisayarla haberleştirilerek kullanılabilir. Ancak bunun için kullanılacak cihazın bilgisayar arayüzü olmalıdır. Bir diğer yöntem de bilgisayarın içine veri toplama kartı takmaktır. Bu yöntem günümüzün teknolojisinde genellikle çok daha iyi sonuçlar vermektedir.

Kimi uygulamalar için bir tek bilgisayar yeterli olurken çok büyük uygulamalarda binlerce bilgisayar kullanılabilmektedir. Tek bilgisayarlı sistemler ‘masa-üstü’ (table-top) sistemler olarak adlandırılır.

Birden fazla bilgisayar kullanılan sistemler ise ‘dağıtık’ (distributed) olarak anılır. Dağıtık sistemlerin birbirleriyle uyum içinde ve eş zamanlı olarak çalışmalarını birtakım ek kontrol mekanizmalarını gerekli kılmaktadır.

2.2.5. Sürücü yazılımı

Yazılım bilgisayarı ve veri toplama donanımını tam bir veri toplama, analiz ve gösterim aracına dönüştürür. Donanımı sürüp kontrol edecek bir yazılım olmadığı

sürece veri toplama cihazı çalışmaz. Sürücü yazılımı, donanımla kolaylıkla haberleşme amacı taşıyan bir yazılım katmanıdır. Bu katman uygulama yazılımı ile donanım arasında yer alır. Sürücü yazılımı ayrıca programcının ‘kütük-seviyesi’nde (register-level) programlama ve donanım fonksiyonlarına ulaşmak için karmaşık işlemler yapma zorunluluğunu ortadan kaldırır.

2.2.6. Uygulama yazılımı

Uygulama katmanı belirli bir kriteri karşılayacak özel bir yazılım geliştirme ortamı olabileceği gibi (Örneğin LabView), konfigürasyon temelli ve önceden belirlenmiş ayarlar içeren bir program olabilir. Uygulama yazılımı, sürücü yazılımına analiz ve sunum özellikleri ekler. En uygun uygulama yazılımına karar vermek için, uygulamanın karmaşıklığı, uygulamaya uygun konfigürasyon temelli hazır bir yazılımın olup olmadığı ve yazılımı geliştirmek için gerekli süre gibi durumlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Geliştirme salt C, C++ gibi bir dil ile yapılabileceği gibi daha üst seviye uygulama geliştirme yazılımları kullanmak (LabView, National Instruments) mümkündür. Günümüzde veri toplama cihazları ‘yazılım geliştirme paketleri’ (SDK, software development kit) ile birlikte gelmektedir. Ayrıca cihazların yazılımları genellikle bir başka yazılım tarafından kontrol edilebilme özelliğine sahiptirler [1].

2.3. Tetikleme (Triggering)

Özellikle dağıtık veri toplama sistemlerinde, sistemi her an çalıştırmak yerine kayda değer bir olay olduğunda çalıştırmak kaynakların etkin kullanımı için önem taşımaktadır. Bu nedenle veri toplama sisteminin bir kısmı önemli bir olay olup olmadığını tespit etmek için sürekli çalışır ve önceden belirlenmiş şartlar gerçekleştiğinde sistemin geri kalanını harekete geçirir. Bu mekanizmaya ‘tetikleme’ (triggering) adı verilir.

3. KIZILÖTESİ GÖRÜNTÜ ÇEVİRİCİNİN KARAKTERİZASYONU İÇİN VERİ TOPLAMA SİSTEMİNİN OPTİMİZASYONU

Geçtiğimiz yıllarda fiziğin “eski moda” konularından biri olan düşük akım gaz boşalma fizigi tekrar gündeme gelmiştir. Bu ilgi özellikle yeni nesil elektronik cihazlardan “mikro boşalma” cihazlarının geliştirilmesi yönünden önem kazanmıştır. Bunların özellikleri küçük bir hacme ve göreceli olarak düşük güç sarfiyatına sahip olmalarıdır. Mikro boşalma cihazlarının çevirme, yükseltme ve sinyal işlemede kullanılmasına olan ilginin sebeplerinden biri de aktif gaz boşalma ortamının oldukça homojen ve parametrelerinin tamamen kontrol edilebilir olmasından kaynaklanmaktadır. Cihazın yarıiletken elektrodunun iletkenliği ışık kaynağından gelen aydınlatma ile kontrol edilebilir. Bu kontrol hem genel (bu durumda tabakanın iletkenliği uzaysal olarak homojen kalır) hem de bölgesel olabilir [3].

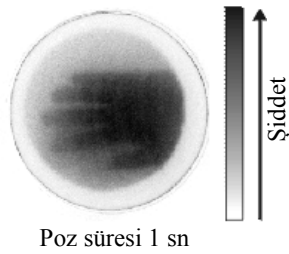
Uzaysal genişliğe sahip cisimlerin sıcaklık dağılımlarının uzaktan ölçülmesi birçok teknik uygulama için önem taşımaktadır. Örnek olarak, motorların paslanma süreçleri, yüksek aktivasyon enerjisine sahip kristal büyütme veya kimyasal dönüşüm reaksiyonları verilebilir. Uzaktan sıcaklık ölçümü özellikle savunma sanayi uygulamalarının en önemli araştırma konularından biridir. Oldukça hassas cihazlara olan ihtiyaç, kızılötesi teknolojinin ileri teknoloji seviyesine yükselmesini sağlamıştır. Çeşitli saf ve saf olmayan yarıiletken materyaller, piroelektrik tabakalar ve bolometreler bu amaç doğrultusunda kullanılmışlardır. Günümüzün modern kızılötesi detektör sistemleri sıcaklık çözünürlüğü mK aralığında piksel sayısı 512 x 512 mertebesinde üretilmiş CCD - matris readout teknolojisini temel almaktadır. Bu oldukça karmaşık matrisler genellikle savunma sanayi uygulamaları için üretilmekte ve detektör çiplerinin yüksek üretim maliyetlerinden dolayı ticari kullanım için çok pahalı olmaktadır. Son zamanlarda örneğin güvenlik görüntüleme sistemlerinde kullanılan daha düşük maliyetli bolometre matrisleri piyasaya çıkmıştır. Gelen radyasyon deseni bu görüntüleme sistemleri ile görüntülenmektedir. Ancak bunlar sıcaklık deseni değil, görünür olmayabilen ışımanın dağılım desenidir. Bazı özel uygulamalar için termal histeresise sahip materyallerde foto holografik yöntemleri

veya temel alan foto emülsiyonlu kimi alternatif algılama teknikleri geliştirilmiştir [4].

Kızılötesi ışımanın spektral dönüşümü için benzer bir düzenek kullanarak yapılan ilk deneme 1966 [5] yılında olmuştur. Yazar yeni tür iyi bilinen bir elektro-fotografik süreç önermiştir. Bir yüksek dirence sahip fotoiletken tabaka korona boşalması ile yüklenmiştir. Yakın kızılötesi dalga boyu aralığındaki bir görüntü üzerine geldiğinde tabaka bölgesel olarak fotoiletkenlik süreci ile boşalmaktadır. Bu yöntem ile fotoiletken bölge üzerinde uzaysal potansiyel dağılımı oluşturulmaktadır. Fotoiletken, metal iletkenin düzlem yüzeyi ile yakın konulduğunda, metal tabaka ile fotoiletken arasındaki hava dolu aralıkta geçici elektriksel kırılmalar gözlenmektedir. Bu kırılma olayı boyunca olan ışık parlaklığının uzaysal dağılımı, fotoiletken yüzeydeki ‘donmuş’ potansiyelin dağılımını yansıtmaktadır. Bu aynı zamanda üzerine yansıtılmış olan kızılötesi görüntünün uzaysal dağılımıdır. Bu tekniğin geliştirilmesi [6]’da önerilmiştir. Yazarlar düzlem YGB yapısını iki eş potansiyel elektrot arasında kurmuşlardır. Hatta bu cihaz sürekli çalışma modunda kullanılmıştır [4].

Kızıl Ötesi (KÖ) görüntü çevirici yukarıda bahsedilen mikro boşalma cihazlarından biridir. Bu araştırmanın temel hedefi teknolojik bir ürün oluşturmak üzere KÖ görüntü çeviriciyi geliştirmek, optimize etmek ve yarıiletken katotlu gaz boşalma hücresinin fiziksel süreçlerini daha iyi anlayabilmek için sistemin ayrıntılı bir şekilde incelenmesini mümkün hale getirecek bir veri toplama (data acquisition) sistemi geliştirmektir (Bölüm 2.3). Uzaysal çözünürlüğün optimizasyonu, KÖ görüntü çeviricinin duyarlılığının artırılması, ancak sistemin çok iyi analiz edilmesi ve en iyi performansı veren parametrelerin seçilmesi ile mümkün olacaktır.

KÖ görüntü çevirici kızıl ötesi spektrumdaki bir görüntüyü görünür bölgeye taşımaktadır. İnsan vücudu $\sim 37,5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta olup kızılötesi ışıma yaptığından KÖ görüntü çevirici ile Resim 3.1.’deki gibi görüntülenebilmektedir.



Resim 3.1. KÖ görüntü çevirici ile kaydedilen elin görüntüsü

KÖ spektral bölgede çalışan yeni tip KÖ görüntü çevirici Kasymov ve Paritskii [7] tarafından önerilmiştir. Bu sistemin çalışma prensibi ışığa duyarlı yarıiletken elektrot vasıtasıyla küçük gaz boşalma aralığındaki akım akışının kontrolüne dayanır.

KÖ çeviricinin avantajları arasında $1,1 \mu\text{m}$ ile $11 \mu\text{m}$ aralığındaki spektral duyarlılık, Uygulama alanına bağlı olarak nanosaniye sınırına inebilen yüksek zamansal çözünürlük, mm başına 16 çizgiye kadar çıkan uzaysal çözünürlüğü, düşük maliyet sayılabilir.

KÖ görüntü çeviricinin uygulama alanları, hızlı uzaysal çözünürlükteki termografik ölçümler, gece görüş sistemleri, KÖ lazer ışığı profillerinin analizi, hasarsız test etme, oksitlenme (paslanma) süreçlerinin belirlenmesi, lazer ışığı kaynağının görüntülenmesi olarak sayılabilir.

3.1. KÖ Görüntü Çevirici Sisteminin Temelleri

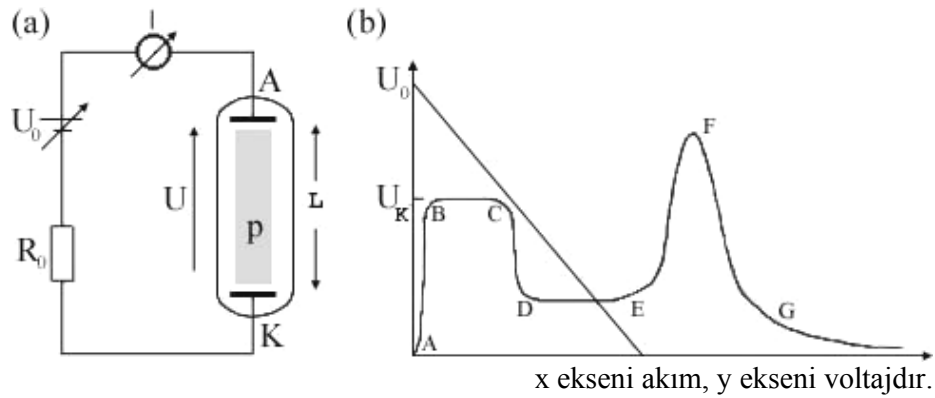
Desenlerin kendiliğinden oluşan süreçlerin sonucu olarak meydana gelmesi, davranışları lineer olmayan kurallarla belirlenen termodinamik dengeden uzak bir sistemde oluşur. Bu karakteristikleri sergileyen fiziksel sisteme örnek yarıiletken gaz boşalma sistemidir. Tüm sistemin davranışı gaz boşalması ve yarıiletken elektrodun karakteristikleri tarafından belirlenir. Sistemden düzenli akım akışı, sadece yeterince yüksek bir elektrik alanda bulunan gaz ortamındaki yük taşıyıcılarının üretimi ile mümkündür. Sistemde oluşan bu süreçler gaz boşalmasının lineer olmayan

davranışının sebebidir. Bu süreçler aynı zamanda akım-voltaj karakteristiğini de düzenler.

Yarıiletken elektrodun yapıldığı malzeme oda sıcaklığında bile çok az iletkenliğe sahip olan SI (semi-insulating) GaAs dır.

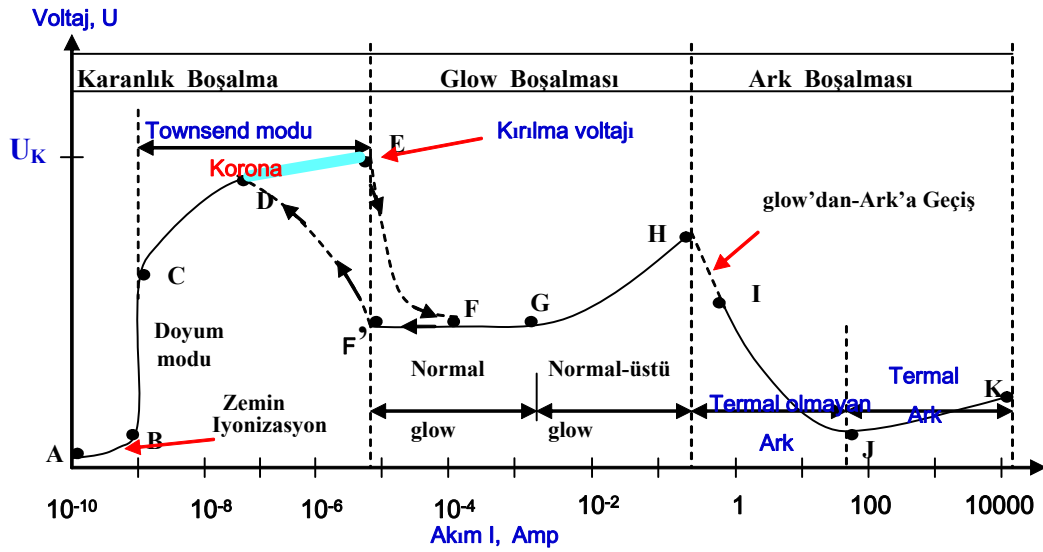
3.1.1. Kısmen iyonlaşmış gazlarda akım akışı

Şekil 3.1. a basit bir gaz boşalma düzeneğini göstermektedir.



Şekil 3.1. Basit bir gaz boşalma düzeneği. (a) Bir gaz boşalması deneyinin temel yapısı; (b) Gaz boşalmasının şematik akım-voltaj karakteristiği; bu karakteristik logaritmik biçime sahiptir ve bu grafikte farklı durumdaki boşalma şartları sunulmaktadır. Bunlar şöyledir: AB: bağlı (kendikendine olmayan boşalma); BC: Townsend karanlık boşalması; CD: normal-altı glow boşalması; DE: Glow boşalması; EF: normal-üstü glow boşalması ve FG: ark boşalması.

Aralarındaki uzaklık d olan iki elektrot [Anot (A) ve Katot (K)] arası p basıncında bir gaz ya da gaz karışımı ile doldurulmuştur. R_0 direnci U_0 voltajını sağlayan bir gerilim kaynağına bağlanmıştır. Boşalma akımı (I) ve boşalma voltajı (U) elektrotlar arasında ölçülen önemli değişkenlerdir. Şekil 3.1.b bir gaz boşalmasının akım-voltaj karakteristiğinin genel sürecini şematik olarak, Şekil 3.2. ise akım değerleri ile göstermektedir. Gerçek durum dış devre tarafından belirlenmektedir. En basit durumda bu sadece ohm direnci R_0 dır. Bu karakteristik, boşalmanın olduğu farklı şartları gösteren pek çok bölgeye (Şekil 3.2.) ayrılabilir.



Şekil 3.2. Gaz boşalma bölgelerini gösteren diyagram

Şekilde, üç genel boşalma bölgesi şekilde görülmektedir bunlar: *karanlık boşalma bölgesi*, *glow boşalması* ve *ark boşalmasıdır*. Bu genel bölgelerin her biri çok ilginç durumları içerir.

Karanlık boşalma: Akım voltaj karakteristiğindeki A ve E arasındaki bölge karanlık boşalma olarak adlandırılır; çünkü korona boşalması ve kırılmanın kendisi hariç boşalma gözle görülemez.

A-B: Sürecin *zemin* iyonizasyon safhasında uygulanan elektrik alan, fon (background) radyasyonun oluşturduğu iyonizasyon sonucu oluşan elektron ve iyonları sürükler. Kozmik ışınlar, radyoaktif mineraller ve diğer kaynakların fon (background) radyasyonu, havada atmosfer basıncında sabit ve ölçülebilir düzeyde iyonizasyon meydana getirir. Uygulanan elektrik alanda iyonlar ve elektronlar zayıf bir akım oluşturarak elektrotlara doğru hareket ederler.

B-C: Eğer elektrotlar arasındaki voltaj yeterince artırılırsa, sonuçta tüm elektron ve iyonlar sürüklenirler ve akım doyuma ulaşır. Doyum bölgesinde voltaj artarken akım sabit kalır. Akım ışımaya lineer olarak bağlıdır.

C-E: düşük basınçlı boşalma tüpü boyunca uygulanan voltaj C noktasının ötesine artırılırsa, akım üstel (exponansiyel) olarak artacaktır. Elektrik alan şimdi yeterince yüksektir böylece gaz içindeki mevcut elektronlar nötr bir atomu iyonlaştırmak için anoda ulaşmadan önce yeterince enerji kazanırlar. Elektrik alan daha da kuvvetli olursa, ikincil bir elektronda elektron ve iyon üretiminde bir çığa yol açarak nötr bir atomu iyonlaştıracaktır. Akımın üstel olarak arttığı bu bölgeye *Townsend boşalması* denir.

D-E: Yüksek elektrik alan bölgelerinde, Townsend karanlık boşalmalarında meydana gelen *korona boşalmaları*, sivri noktaların, keskin kenarların ve tellerin yakınında elektrik kırılmadan önce meydana gelirler. Eğer koronal akımlar çok yüksekse, korona boşalmaları teknik olarak gözle görülebilir “*glow boşalmaları*” olabilir. Düşük akımlar için, karanlık boşalmalarla uygun olarak tüm korona karanlıktır.

E: Elektriksel kırılma iyon ya da foton çarpması sonucu katottan yayınlanan ikincil elektronlar dolayısıyla, Townsend modunda meydana gelir. U_K kırılma voltajında, akım $10^4 \div 10^8$ lik bir çarpanla artabilir ve genellikle sadece plakalar arasına bağlanan güç kaynağının iç direnci ile sınırlandırılır. Eğer güç kaynağının iç direnci çok yüksekse, boşalma tüpü gazın kırılması için yeterli akımı süremez ve gaz korona modunda kalır. Eğer güç kaynağının iç direnci oldukça küçükse, gaz U_K voltajında kırılmaya uğrayacaktır ve normal glow moduna girecektir. Belirli bir gaz ve elektrot malzemesi için kırılma voltajı Paschen kanunu olarak ifade edilen pL çarpımına bağlıdır.

Glow boşalması: glow boşalma modu, adını plazmanın parlak olmasından alır. Gaz ışık verir çünkü elektronların enerjisi ve yoğunluğu uyarıcı çarpışmalarla görünür ışığa yapmaya yetecek kadar yüksektir.

F-G: E’ den F’ ye süreksiz geçişten sonra, gaz *normal glow moduna* girer; ki bu modda voltaj akımdan hemen hemen bağımsızdır. Bu modda elektrodun akım yoğunluğu toplam akımdan bağımsızdır. Bu şu anlama gelir; düşük akımlarda

plazma katot yüzeyinin çok küçük bir kısmı ile kontak halindedir. Eğer akım F den G ye artarsa, plazma G noktasında tüm katot yüzeyini kaplayıncaya kadar, plazma tarafından işgal edilen katot kesri artar.

G-H: normal-üstü glow modunda katot akım yoğunluğunu doğal değerinin üzerine çıkarmak ve istenen akımı sağlamak için voltaj, toplam akım arttıkça önemli ölçüde artar. G noktasından başlayıp sola hareket edilirse, akım-voltaj karakteristiğinde bir histeris biçimi gözlenir. Boşalma, oldukça düşük akımlarda kendini korur (devam eder) ve F noktasındakinden daha büyük akım yoğunluklarında Townsend bölgesine doğru geriye doğru geçiş yapar.

Ark boşalmaları: H-K: H noktasında elektrotlar o kadar sıcaktır ki katot, termiyonik olarak elektron salar. Eğer DC güç kaynağı yeterince düşük iç dirence sahipse, boşalma glow-ark geçine uğrar (H-I). I dan K ya kadar olan bölge ark boşalmasıdır ki boşalma voltajı burada akım arttıkça azalır ta ki J noktasında büyük akımlara ulaşıncaya kadar. Bu noktadan sonra voltaj, akımla birlikte yavaş yavaş artar.

“Çalışma doğrusu” $U = U_o - R_o I$ ile verilir ve bu doğru ile gaz boşalma karakteristik eğrisinin kesiştiği yer *çalışma noktası* olarak adlandırılır. Şekil 3.1.(b) deki AB bölgesi tesadüfen (örneğin kozmik ışınlar veya doğal radyoaktivite) üretilen yük taşıyıcıları tarafından oluşturulur ve *kendini besleyemeyen boşalma* olarak adlandırılır. Burada elektrik alan, gaz ortamındaki nötr parçacıkların yük taşıyıcıları tarafından iyonlaştırılmasına izin vermeyecek düzeydedir.

Yük taşıyıcıları tarafından sözü edilen dış etkilerin oluşturulması sadece belirli bir sabit oranla meydana gelir (doyum bölgesinde). Başlangıçta voltaj arttıkça (bağımlı modda) akımın artışı devam eder; voltaj belirli bir değeri aştıktan sonra akım artışa devam etmez çünkü üretilen bütün yük taşıyıcıları soğurulmuştur. Bağımlı moddaki akım 10^{-10} A den daha küçüktür. Belirli bir kritik voltaj değeri aşıldıktan sonra boşalma bağımsız moda (Şekil 3.1.(b) deki BC bölgesi) geçer. Bu durum *Townsend karanlık boşalması* olarak adlandırılır; böyle bir boşalmayı sağlamak için aşılması zorunlu olan eşik değerine U_K *kırılma voltajı* denir.

Eğer birim zamanda katottan sökülen elektronların sayısı N_o ise, anoda doğru bir elektron çıkışı gelişir:

$$\frac{dN}{dx} = \alpha N \quad (3.1)$$

ve

$$N(x) = N_o \exp(\alpha x) \quad (3.2)$$

elde edilir; ki burada α gaz hacminde çarpma iyonizasyonu sonucu yük taşıyıcılarının oluşumunu ifade eder. N elektronların sayısını gösterir. N_o ise katotta $x = 0$ da elektronların sayısıdır. $\exp(\alpha L)$ terimi gaz çoğalımını (amplifikasyonunu) gösterir. Eğer katottaki ($x = 0$) fotoakım $i_o = e N_o$ ise, o zaman ikincil emisyonun yokluğunda anotta kaydedilen akım,

$$i = i_o \exp(\alpha L) \quad (3.3)$$

Katottan ayrılan bir elektron, $\exp(\alpha L) - 1$ iyonlarını üretir. Eğer elektrotlar arasına uygulanan voltaj kırılma voltajından daha büyükse, kendini-besleyen boşalma meydana gelir. Kendiliğinden bir boşalmanın gerçekleşebilme şartı şu şekilde yazılır (3):

$$\gamma[\exp(\alpha L) - 1] = 1 \quad (3.4)$$

α ve γ katsayılarına Townsend' in 1. ve 2. katsayıları denir. Birinci Townsend katsayısı indirgenmiş (E/p) büyüklüğüne bağlıdır ve asal olmayan gazlar için

$$\alpha(E/p) = A_p \exp\left(\frac{-B_p}{E}\right) \quad (3.5)$$

yazılabilir. A ve B deneysel sabitleri boşalmanın olduğu gazın cinsine bağlıdır. Yük taşıyıcılarının yoğunluğu yeterince küçük olduğu sürece, boşalma hücresindeki elektrik alan yoğunlukla sabit ve uzay yükünün ihmal edilebilmesinden dolayı potansiyel karakteristikleri lineer olarak düşünülür. Bu nedenle Townsend boşalma modunda α katsayısı sabit olarak kabul edilir.

İkincil iyonizasyon katsayısı γ katoda çarparak elektron sökebilen iyonların kesrini göstermektedir. Bu katsayı katot materyaline, kullanılan gaza ve indirgenmiş alan kuvvetine bağlıdır. Katottan hareket eden bir elektron anoda doğru giderken $[\exp(\alpha L)-1]$ iyonlarını üretir. Bağımsız (self-sustaining) bir boşalmayı sağlamak için bu iyonlar tarafından katottan koparılan elektronların sayısı en az 1 olmak zorundadır; ki bu durum $\gamma [\exp(\alpha L)-1] = 1$ şartıyla tam olarak ifade edilebilir. Kinetik enerjiye sahip iyonlar katoda çarptıklarında elektron sökemezler (katottan elektron yayınlanmaz) çünkü enerjileri elektron sökmek için çok küçüktür. Daha ziyade bir iyon katot yüzeyine yaklaşıncı bir alan bozulmasına sebep olur ve bunun sonucunda da orada bir potansiyel bariyeri oluşur; bu bariyer küçük ve dardır. Böylece katottan yayınlanan bir elektron iyonun içine tünelleme ile girer ve onu nötr yapabilir. Bunun neticesinde serbest kalan enerji yeterince büyükse bir tane daha elektron katottan serbest kalabilir. Bu mekanizma soğuk katottan olan ikincil emisyonun en etkin biçimidir.

Kritik indirgenmiş alan kuvveti (alan gücü), E_K/p ile ilişkili olan U_K voltajı Eş. 3.4 ve Eş. 3.5'ten belirlenebilir. Eğer $U_K = E_K.L$ dikkate alınırsa;

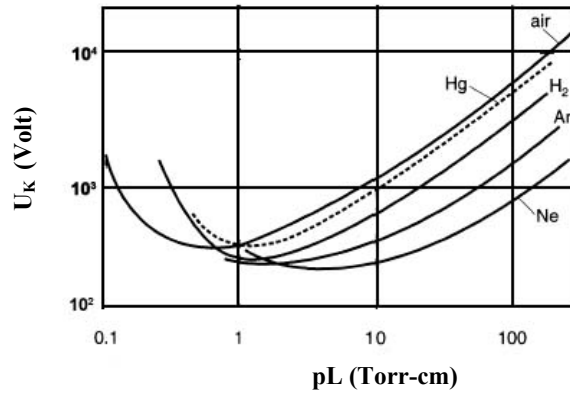
$$U_K = \frac{B(pL)}{C + \ln(pL)} \quad (3.6)$$

$$\frac{E_K}{p} = \frac{B}{C + \ln(pL)} \quad (3.7)$$

$$C = \ln\left(\frac{A}{\ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right)}\right)$$

yazılabilir.

Eğer katot materyali ve gazın cinsi değişmeden kalırsa kırılma voltajı ve indirgenmiş alan kuvveti sadece pL ye bağlıdır. Boşalma uzunluğu ile gaz basıncının çarpımı olan pL benzerlik parametresi olarak adlandırılır; ve $U_K(pL)$ eğrisi de Paschen eğrisi olarak adlandırılır. Kırılma voltajı hem katot materyaline hem de gaz karışımının bileşimine bağlıdır.



Şekil 3.3. Çeşitli gazlar için Paschen eğrileri

$(pL)_{\min}$ da U_K kırılma voltajı bir minimuma ($U_{K,\min}$) sahiptir. Eş. 3.6'dan;

$$U_{K,\min} = \frac{\bar{e}B}{A} \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right) \quad (3.8)$$

$$(pL)_{\min} = \frac{\bar{e}}{A} \ln\left(\frac{1}{\lambda} + 1\right) \quad (3.9)$$

olur.

Minimumdaki $(E_K/p)_{\min} = B$ kritik indirgenmiş alan kuvveti, seçimi γ katsayısına bağlı olan katot materyalinden bağımsızdır. Bu minimumun sağında büyük pL değerleri için (E_K/p) yavaşça azalır ve bu nedenle U_K kırılma gerilimi pL ile hemen hemen lineer olarak artar. Bunun sebebi büyük gaz basıncında ya da büyük boşalma uzunluğunda; bir elektronun oldukça küçük indirgenmiş alan kuvvetinde bile yeterli sayıda çarpma iyonizasyon gerçekleştirebilmesidir. Diğer taraftan Paschen eğrisinin minimumunun sol tarafında da artan bir hat vardır. Bu durum azalan (pL) ile birlikte

çarpma iyonizasyon ihtimalinin azalması gerçeğine dayanır. Yeterli güce ulaşılabilmesi için, yüksek bir alan gücüne ve yüksek bir gerilime ihtiyaç vardır.

Yük taşıyıcılarının kararlı üretiminden dolayı akım kırılmadan sonra neredeyse sabit kalan $U = U_K$ gerilimiyle artırılabilir. Townsend boşalmasında akım $10^{-10} \div 10^{-5}$ A arasındadır. Akımın gerçek büyüklüğü boşalmanın tesir kesitine bağlıdır.

Zayıf akım ile oluşan ışıma da çok zayıftır ve fark edilemez ya da güçlülkle fark edilebilir. Şekil 3.1. (b) de ki karakteristikte C noktasının yakınında çok zayıf bir parıltı çıplak gözle görülebilir.

Townsend boşalmasında maksimum mümkün akım yoğunluğu basit bir düşünce tarzının yardımıyla tahmin edilebilir. Üstelik, gaz boşalmasının ürettiği uzay yüklerinin oluşturduğu elektrik alan bozulması sabit olarak düşünülmelidir. İyonların mobiliteleri elektronlarınkinden daha küçük olduğu için bunların yoğunlukları elektronların yoğunluklarından çok daha büyüktür ve boşalma akımı daha çok iyonlar tarafından taşınmaktadır. Bu şartlarda

$n_p \gg n_e$ ve $n_p \cong j / e \mu_p E$ olur; j ; boşalma akım yoğunluğu ve μ_p ; iyonların mobilitesidir; Poisson denkleminde elektrik alanın büyüklüğü

$$\frac{dE}{dx} = \frac{j}{\epsilon_0 \mu_p E} \quad (3.10)$$

ifadesinden elde edilir.

Gazdaki yük taşıyıcı yoğunluğu çok büyük olursa o zaman karanlık boşalma glow boşalması olarak adlandırılan (DE bölgesi Şekil 3.1.(b)) boşalmaya geçer. Bu boşalmada var olan yük taşıyıcıları, elektrik alan sürecine ve potansiyele ihmal edilemeyecek şekilde etki eder. Bu durumda Eş. 3.4,

$$\int_0^L \alpha(E/p) dx = \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right) \quad (3.11)$$

olur. Katottan önce “katot düşüşü” olarak adlandırılan olay meydana gelir; ki burada glow boşalmasında akım tesir kesitine bağlı olarak 10^1 A değerine kadar ulaşabilir [8].

3.1.2. Yarıiletken katotlu gaz boşalma sistemi

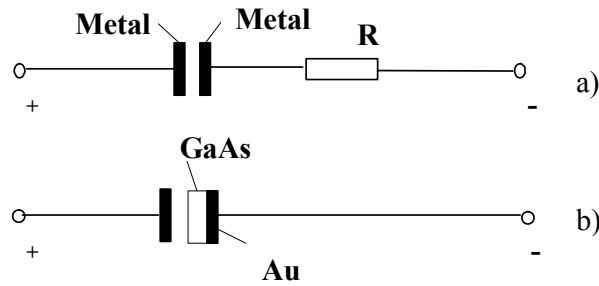
Işığa duyarlı yarıiletken katotlu paralel gaz boşalma hücresinin davranışı [9,10] yarıiletken fiziği ve gaz boşalma fiziğinde yeni araştırma konularıdır. Gaz boşalma fiziğinde yaklaşık on yıldır, düşük dirençli elektrotlar arasında oluşan gaz boşalmaları üzerinde çalışılmıştır. Böyle bir gaz boşalma hücresinde elektrotlar arasındaki aralık boyunca geçen akım incelenerek birkaç basamak ve tipte gaz boşalmasının olduğu belirlenmiştir [11].

Metal veya ışığa duyarlı, uzaysal dağılmış yüksek dirençli tabaka gibi davranan yarıiletken, katot akım dağılımını ve optik parametreleri oldukça değiştirir. Her iki durum için elektrik şemaları Şekil 3.4. (a) ve Şekil 3.4. (b) de gösterilmektedir. Geçen akımın değerini ve gaz boşalmasının cinsini katodun direnç dağılımının düzenliliği ve kalınlığı belirler [12]. İyonizasyon sistemi, geniş bir boşalma akımı değeri bölgesinde oldukça kararlı bir işleme sahiptir ve akım yoğunluğu elektriksel olarak homojen olan düzlemsel yarıiletkenlerde homojen ve sabittir. Bu davranış genellikle gözlenmez. Çünkü "yarıiletken-boşalma" yapısındaki deneysel sonuçlarda, filamentasyon (homojen olmayan akım yoğunluğu dağılımı) [13,14], uzaysal ve zamana bağlı daha karmaşık dağılım olduğu gözlenmiştir [15,16].

Yarıiletken ve gaz boşalma plazması arasındaki kontakta önemsiz ve tahribatsız bir elektronik olay oluşur. Yarıiletken plazma kontağı, üzerinde fazla çalışılmamış bir konudur. Gaz boşalma bölgesindeki akım yoğunluğu uzaysal dağılmış yüksek dirençli tabaka yani yarıiletkenin durumuna bağlıdır ve gaz boşalması ile yayılan

ışırma ve akımın her ikisini kontrol eder. Gaz boşalma ışımasındaki ve akımındaki bölgesel değışimler, yarıiletken elektrodun fotoiletkenliğine ve dirençteki bölgesel değışimlere bağıdır [17,18]. Yukarıdaki sistem parametrelerini incelemek, kararlı boşalmanın pratikteki kullanımı için önemlidir.

Gaz boşalması olayının genel durumu hakkında deneysel veri ve yeterli denge teorisini kurmak için akım kararlılığına bağı gaz boşalma parametreleri hakkında eksiklik vardır. Bu çalışmada basıncın, elektrotlar arası aralığın ve diğere parametrelerin etkilerinin sistematik incelemesi kararlı gaz boşalma durumu için yapılmıştır.



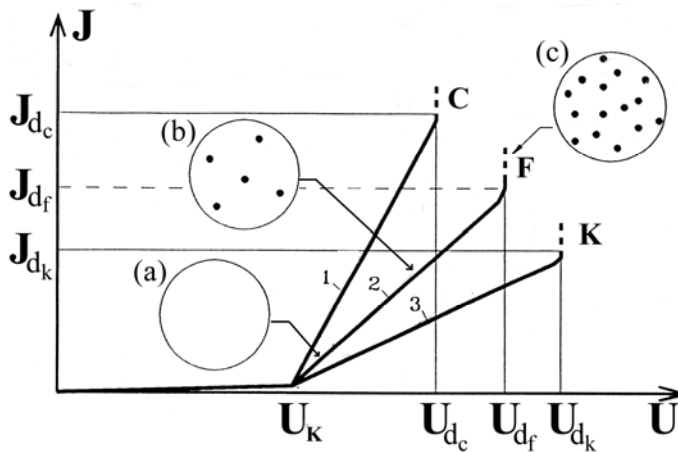
Şekil 3.4. (a) Metal elektrotlar ve seri dirençten oluşan, (b) metal- yarıiletkene sahip gaz boşalma hücresinin şematik diyagramı

Farklı aydınlatma şiddetleri için bir yarıiletken katotlu gaz boşalma hücresinin akım-voltaj karakteristikleri (AVK) Şekil 3.5'te görülmektedir. AVK ' lardan hesaplanabilen gaz boşalma hücresi parametreleri:

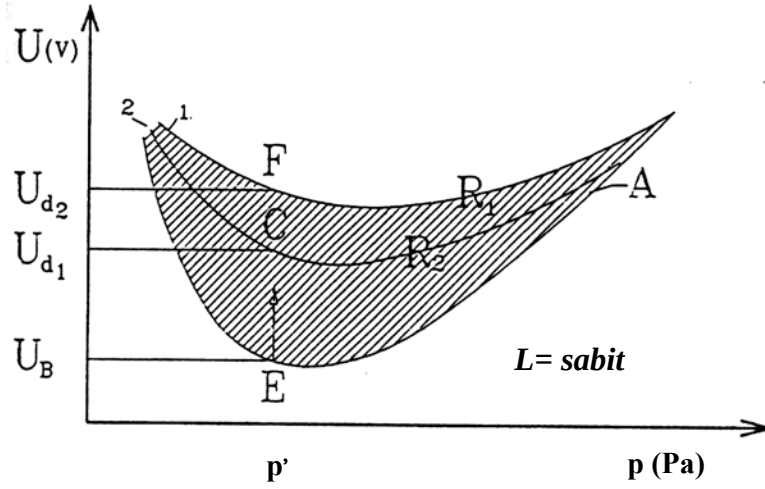
1. U_K voltajı, 2. Farklı aydınlatma şiddetinde yarıiletken katodun σ iletkenlik (veya ρ öz direnç) homojenliğinin değışimi ($\sigma = \frac{\partial j}{\partial U}$ veya $\rho = \frac{\partial U}{\partial j}$, burada j akım yoğunluğu). 3. Kararlı Boşalma Işımasının (KBI) bozulduğu U_b voltajı, 4. Bozulma voltajına ait akım değeri I_b dır.

Şekil 3.5. 'den görüldüğü gibi, kırılma voltajından sonra elektrotlar arasındaki potansiyel düşmesi yaklaşık olarak sabittir ve elektrik alan yalnız yarıiletken katotta

artar. Yarıiletken katodun, direnci yarıiletkenin kalınlığına bağlı ve $10^5 \div 10^8 \Omega$ aralığındadır. Elektrot yakınında gaz boşalma ışımalarının şiddeti Au-GaAs-hava aralığı-SnO₂ devresinin toplam direncine bağlıdır. Filamentasyon olayı, sadece yarıiletkenin direncinin, verilen bir kalınlık için belirli bir kritik değerden küçük olduğu zaman gözlenebilir [18]. Şekil 3.5. deki 1, 2, 3, eğrileri yarıiletken katodun farklı aydınlatma şiddeti altındaki R_1 , R_2 , R_3 farklı dirençleri için AVK ları göstermektedir. C, F, K ise kararlı boşalma ışımalarının sonlarını (a), bozulmanın başlangıcını (b) göstermektedir. Şekil 3.6. gaz boşalma hücresinin kararlı haldeki durumunu göstermektedir, ki bu Şekil 3.5. deki AVK dan elde edilen bilgiden oluşmaktadır. Gaz boşalma hücresine uygulanan U voltajının p basıncına göre grafiği çizilmiştir. Gaz boşalmasının başladığı U_K voltajı, sabit L elektrotlar arası aralıkta (aydınlatma olmaksızın) Paschen eğrisi olarak bilinmektedir (18). Şekil 3.6.'daki taralı alan kararlı boşalma ışması aralığını göstermektedir. Şekil 3.6.'da K_1 , K_2 farklı aydınlatma şiddetlerine göre fotoiletkenlik için iki farklı R_1 , R_2 direnç değeri vardır. Belirli bir p' basıncında U_K voltajı A Paschen eğrisinden elde edilir (E noktası). Kararlı boşalma ışması sırası ile R_1 , R_2 dirençleri için U_{d1} (C noktası) ve U_{d2} (F noktası) voltajlarının üzerinde gözlenebilir. Böylece F ve C noktasındaki voltaj, R_1 ve R_2 için kararlılığın bozulmaya başladığını karakterize etmektedir.



Şekil 3.5. Farklı aydınlatma şiddetleri için yarıiletken katotlu düzlemsel gaz boşalma hücresinin tipik akım-voltaj karakteristiği



Şekil 3.6. Yarıiletken katotlu boşalma hücresinde kararlılığın olduğu bölgeyi gösteren şematik diyagram

3.1.3. Yarıiletken katotlu gaz boşalma sisteminde akımın davranışı

İyonizasyon sistemi, geniş bir gaz boşalma bölgesinde oldukça kararlı bir işleme sahiptir ve akım yoğunluğu elektriksel olarak homojen yarıiletken katot kullanıldığı zaman düzlemsel yapı üzerinde homojen ve sabittir. Bu davranış genellikle gözlenmez. Çünkü “yarıiletken-boşalma” yapısındaki diğer deneysel sonuçlarda, filamentasyon (akım yoğunluğunun homojen olmayan dağılımı) [13,14], uzaysal ve zamana bağlı daha karmaşık dağılımlar olduğu gözlenmiştir [13].

Gazlardaki elektriksel boşalmaların katot bölgesinde görüntülenmesi son yıllarda bu boşalmalarda oluşan fiziksel süreçlerin çok karmaşık bileşenlerini tanımlayan veri ve denklemlerin ele alındığı yüksek hızlı ve büyük hafızalı bilgisayarların sayesinde artmıştır [20,21]. Yukarıdaki sistem parametrelerinin incelenmesi kararlı boşalmanın pratik kullanımı için oldukça önemlidir [18].

Şimdilerde, olayın genel durumu hakkında deneysel veri eksikliği vardır, bu durum yeterli denge teorisini (stabilization theory) kurmak için temel olarak gaz boşalma parametreleri üzerindeki akım kararlılığına bağlıdır. Gaz boşalmasının kendi kendini

beslediği durumda akımdaki sıkışmaya neden olan asıl mekanizma, moleküller ve atomik gazlardan oluşan iyonizasyon veya termal iyonizasyon kararsızlığıdır [22].

Filamentasyon, Townsend boşalmasından glow boşalmaya geçişin yani gaz boşalmasının tabiatındaki kendiliğinden değişiminin sebebidir. AVK daki negatif diferansiyel direnç etkisiyle oluşan Townsend boşalmasından glow boşalmasına geçişin uzay yükünün mutlak değer kriterine uygun olduğu düşünülmelidir. Elektrik alandaki bozulmanın derecesi, sabit alanlı durumla karşılaştırılabilir. Büyük genlikli gevşeme titreşimleri sadece normal bir katot noktası olduğu zaman son bulur [19]. Minimum Paschen'ın sol tarafında, τ_{min} değeri pL' nin azalmasıyla belirgin bir şekilde artar. Sağ tarafta kararlı Townsend boşalması bölgesi, pL' nin artmasıyla çok küçük akımlara doğru değişir.

Bir kaç on μm ' lik elektrotlar arası aralık ve 0,5 mm kalınlıklı yarıiletkenin kararlı boşalması için gerekli olan öz direncin $10^6 \Omega cm \sim 10^7 \Omega cm$ ' ye eşit olduğu deneysel olarak bulunmuştur. Işığın etkisi altında, aydınlatmaya bağlı olarak direncin 3-4 kez azalması filamentasyonu etkilemez [23]. Olayın nitel karakteristikleri şu şekildedir: Boşlukta oluşan dalgalanma ve ona eşlik eden akımda artış olur. Hareketlilikteki farklılıktan dolayı, yarıiletken-plazma aralığında yük toplanması meydana gelir. Negatif diferansiyel direnç bölgesi oluşur. Bu durum dalgalanmanın sönmesine ve voltajın düşmesine neden olur.

Gaz boşalma ışımasının kararlılığı üzerine yarıiletken katodun direnç dağılımının etkisi, boşalma akımının dalgalanmasına neden olan direncin söndürme etkisiyle açığa çıkar (negatif geri besleme) [24].

Bu süreçteki mekanizmaya ait olan kararlılığın farklı kantitatif kriterleri ve iki farklı görüş noktası vardır. [20]'de aşırı ısıtmaya bağlı kararsızlığın hesaplanmasının temelinde kararsızlıkların boşalma akımının filamentasyonunu belirlediği gösterilmiştir.

$$R_{yar} \geq R_{pl} \quad (3.12)$$

bağıntısı kararlılık şartı olarak kullanılmaktadır. Burada R_{yar} (yüzey alan başına) yarıiletkenin direnci ve $R_{pl} (= U_b / j)$ plazma direncidir. $U = pL$ ifadesinin sağ ve sol tarafı j ile çarpılarak aşağıdaki

$$U_{yar} \geq U_b \quad (3.13)$$

kararlılık şartı elde edilir. Burada U_{yar} yarıiletkene uygulanan voltajdır. Yarıiletkenin birim hacimdeki öz direnci için sınır değeri 3.12 eşitsizliğinden

$$\rho_{yar} \geq U_b / jL \quad (3.14)$$

olarak elde edilmektedir. Burada, L yarıiletkenin kalınlığıdır. Gaz boşalmasının azaldığı eşitsizlik 3.12'den görülebilir. Büyük bir ρ değerine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Farklı bir görüşe göre [18], kararlılık için AVK'nın fenomenolojik bir kabulü

$$\rho_{yar} \geq R_{NDR} / L \quad (3.15)$$

bağıntısına götürür. Buradaki R_{NDR} gaz boşalma hücresinin negatif diferansiyel direncidir. [3.14] eşitsizliği akımdan bağımsızdır ve genellikle dirençle seri bağlanan negatif diferansiyel dirençli derişik elementten dolayı AVK'daki monotonluk şartına benzerdir. R_{NDR} değerinin elektrot yüzeyinin durumuna ve emisyon kapasitesine bağlı olduğu deneysel olarak belirlenen belirli bir parametre gibi göz önüne alınmaktadır.

Genel bir ifadeyle, anot olarak bir yarıiletken kullanıldığında filamentasyon genellikle çok küçük voltajların uygulanması ile meydana gelir. Bu, muhtemelen katot yüzeyinin elektron bombardımanına bağlıdır. Tez kapsamında yapılan

deneylerde gözlenen akım konsantrasyonu, yarıiletkeni tahrip edici bir etkiye sahip değildir.

Boşalmadaki filamentasyon mekanizması gaz boşalma sisteminde elektrotlar arasındaki akımda titreşimlerin ilerlemesine neden olur. Bu, yarıiletkenin yüzey durumuna yani, elektrotlar arası aralıkta salınan ısımanın şiddetli soğurulması için gerekli olan yarıiletken materyalin duyarlılığına ve özellikle uygulanan voltajın polaritesine, yarıiletkendeki dengede olmayan taşıyıcıların etkin yüzey rekombinasyon hızına, yarıiletken ve gaz boşalma plazması arasındaki ara yüzeyde dağılmış oksidin varlığına bağlıdır [18].

3.2. Deney Sistemi

3.2.1. Genel

Şekil 3.7’de görüldüğü gibi KÖ görüntü çevirici sistemin deneysel düzeneğini oluşturan elemanlar; gaz boşalma hücresi, raylı sistem, karanlık kutu, fotoçoğaltıcı, ışık kaynağı, CCD kamera, mekanik vakum pompası ve manometredir.

Karanlık ve ışık altında A-V ve R-V ölçümlerinin ışıktan etkilenmeden yapılması için saç levhadan oluşan bir kutudan yararlanılmıştır. İç yansımaları engellemek için kutunun içi püskürtme ile siyaha boyanmıştır. Kutunun içine yerleştirilen ray üzerine gaz boşalma hücresi, fotoçoğaltıcı, silikon filtre ve mercekleri yerleştirmek için ileri-geri, sağa-sola hareketi sağlayacak tutucu ayaklar yerleştirilmiştir. Işık kaynağı, ucu karanlık kutunun sağ tarafından açılan delikten geçecek şekilde ray üzerine yerleştirilmiştir (Resim 3.1). Işığın şiddetinin değişebilmesi için bir gerilim bölücü ışık kaynağına bağlanmıştır.



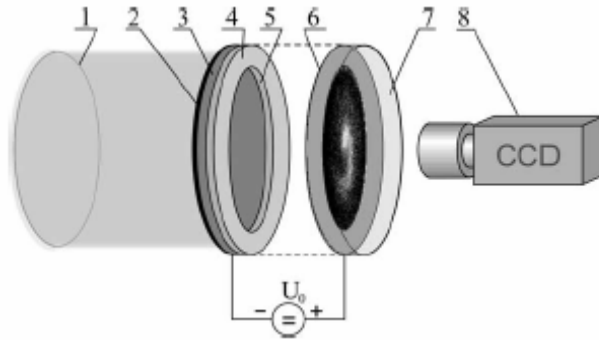
Resim 3.2. KÖ görüntü çevirici deney setinin fotoğrafı. 1. Işık kaynağı (halojen lamba), 2. Mercek sistemi, 3. Si filtre, 4. KÖ görüntü çeviricinin gaz boşalma hücresi, 5. Fotoçoğaltıcı, 6. Vakum pompası, 7. Vakum Vanası, 8. Analog manometre, 9. Dijital manometre.

3.2.2. Gaz boşalma hücresi

Vakum ortamında gaz boşalma ışımasını görüntülemek ve gerekli ölçümleri yapabilmek için gaz boşalma hücresinden yararlanılmıştır. Bu gaz boşalma hücresi Resim 3.3.'te görüldüğü gibi kurşun kalemin boyutları ile karşılaştırılabilecek kadar küçüktür.



Resim 3.3. KÖ görüntü çevirici hücresinin fotoğrafı

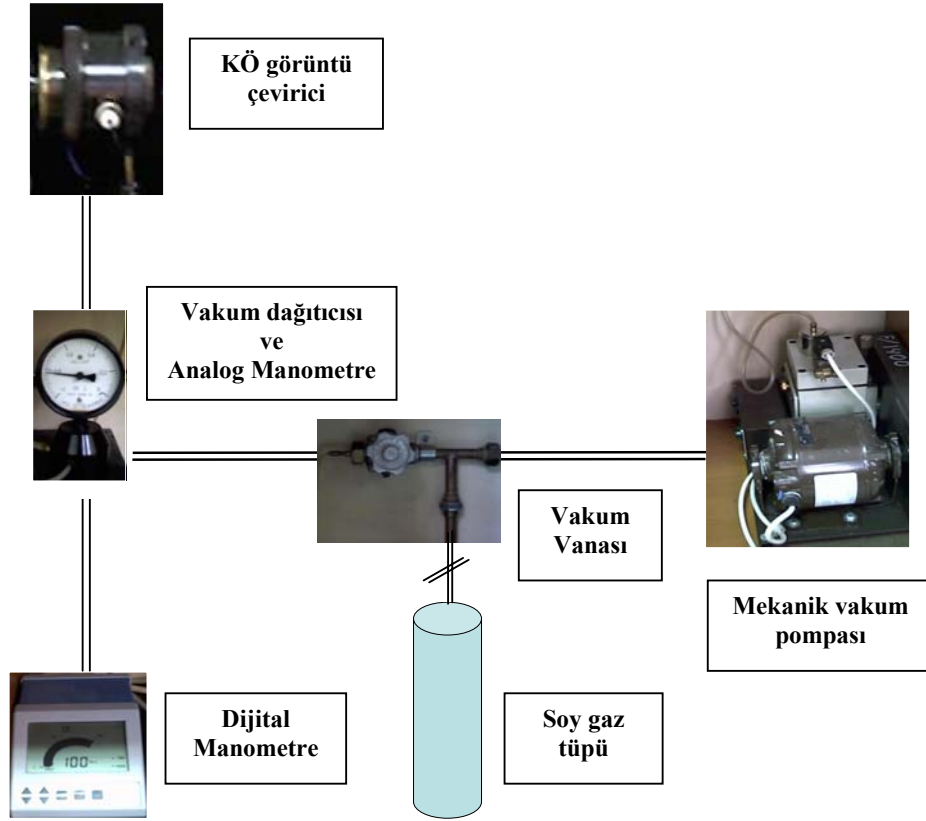


Şekil 3.7. Yarıiletken katotlu gaz boşalma hücresinin bileşenleri.

1. Homojen ışık demeti, 2. $0,8 \mu\text{m} < \lambda < 1,6 \mu\text{m}$ dalga boyu arasında geçirgenliğe sahip Si filtre, 3. Yarıiletken katot, 4. Yalıtkan mika, 5. Boşalma aralığı, 6. Cam tabaka, 7. Saydam elektrot, 8. CCD kamera (foto çoğaltıcı veya spektoradyometre)

3.2.3. Vakum sistemi

Gaz boşalma hücresindeki hava Mekanik Vakum Pompası (ULVAC SINKU KIKU GVD-050 A) ile boşaltılarak ortamın basıncı bir manometre yardımı ile ölçülmüştür (Şekil 3.8.).

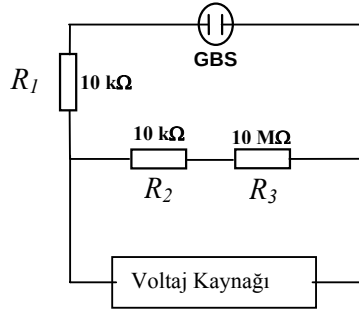


Şekil 3.8. Gaz boşalma hücresinin vakum sistemi

3.2.4. Elektrik bağlantısı

Gaz boşalma hücresinde elektrotlara yüksek voltaj uygulayabilmek için, gaz boşalma hücresinin etrafını sıkı saran polyamit ve onun dışına da pirinç metalden oluşan bir kılıf kaplanmıştır. Bu kılıfa elektriksel bağlantı uçları yapılmıştır. Fotoçoğaltıcıya yüksek voltaj sağlayan ve akımını yükselten ön yükseltici bir aygıt kullanılmıştır.

R_1 direnci ile gaz boşalma sistemi (GBS) birbirlerine seri bağlı olduklarından üzerlerinden geçen akım birbirlerine eşittir. R_1 direnci üzerindeki voltaj düşmesi Ohm yasası ile sistemden geçen akıma dönüştürülmektedir. R_1 direncinin bir başka görevi de GBS'den geçen akımı sınırlamaktır. R_2 ve R_3 dirençleri voltaj kaynağına paralel olduklarından bunların üzerinden sisteme verilen voltajı okumak mümkündür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Deney sisteminin elektrik bağlantı şeması

3.3. Deneyin Veri Toplama Sistemi Geliştirme Açısından Analizi

Bir fiziksel sistem için veri toplama sistemi geliştirilirken sistemin ihtiyaçlarını ortaya koymak ve bunun için de sistemin parametrelerinin incelenmesi gerekmektedir. Sistemi kapalı bir kutu olarak düşünürsek kutuya bir takım girişler olmaktadır ve kutu bu girişler sonucu bir takım çıkışlar üretmektedir. Girdilerin bilgisayar ile kontrol edilmesi ve buna bağlı değişen çıkışların daha sonradan analiz edilmek üzere bilgisayara aktarılması veri toplama sisteminin amacıdır.

3.3.1 Sistemin parametreleri

Kızıl-ötesi görüntü çevirici, girişinde ve çıkışında çok fazla parametre olan bir sistemdir. Girdilere karşı çıkışların aynı anda elde edilip değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin sisteme uygulanan bir gerilimin sistemde oluşturduğu akım, ısıma ve görüntünün birbirleriyle olan ilişkisi fizik açısından anlamlıdır. Bu sebeple bunların eş zamanlı olarak ölçülebilmesi oldukça önemlidir.

Sistemin kontrol parametreleri

Bu parametreler birbirlerinden bağımsız olarak değiştirilebilmektedir. Deney sisteminde incelenen, bu parametrelerin değişimine karşı sistemin verdiği tepkidir. Kızıl-ötesi görüntü çevirici için bağımsız parametreler aşağıda sıralanmıştır:

1. Katodun yarıiletken cinsi: Bu parametre sistemin spektral duyarlılığıyla ilgilidir. Kullanılan yarıiletkenin yasak bant aralığı incelenen ya da dönüştürülecek ışığın enerjisine karşılık gelmelidir. Sistemde kullandığımız GaAs için bu bölge kızılötesidir. Dolayısıyla kızılötesi ışınlar sisteme geldiğinde GaAs uyarılmaktadır. Sistemdeki GaAs krom katkılıdır. Bu durum katkı sistemin duyarlı olduğu spektrum bölgesini genişletmektedir. GaAs seçilmesinin sebebi yüksek özdirenç ve mobilitateye sahip olmasıdır. Spektrumun kızılötesi değil de daha farklı bir bölgesinde çalışılmak isteniyorsa yani farklı bir spektral aralık dönüştürülmek isteniyorsa o bölgeye duyarlı yarıiletken kaplama seçilmelidir.

2. Elektrotlar arası mesafe: Elektrotlar arası mesafe başta kırılma gerilimini ve sistemin iletkenliğini değiştirecektir. Mesafenin artması kırılma gerilimini ve sistemden geçen akımı azaltacak, azalması ise kırılma gerilimini düşürüp akımı arttıracaktır. Sistemde bu parametre elektrotların arasında konulan mika tabakanın kalınlığı ile ayarlanmaktadır.

3. Elektrotların çapı (biçimi): Elektrot çapı da yine kırılma gerilimi ve geçen akım ile ilişkilidir. Elektrotlar arası mesafenin aksine azalmasıyla kırılma gerilimi artıp geçen akım düşecek, artmasıyla kırılma gerilimi artıp geçen akım azalacaktır. Bu çap elektrotlar arasındaki mika tabakanın içindeki boşluğun çapı ile belirlenmektedir.

4. Elektrotlara uygulanan gerilim: Elektrotlara uygulanan gerilim sistemin en önemli parametrelerinden biridir. Bu parametre PS325 Yüksek gerilim güç kaynağının GPIB arabirimi aracılığıyla bilgisayarla ayarlanması ile değiştirilmektedir.

5. Gaz boşalma hücresinin basıncı: Basıncın azalması hücre içindeki atomlar arası mesafeyi düşürecek ve atomların iyonlaşmasını kolaylaştıracaktır. Bu parametre hücreye bağlı vakum pompası ve basınç ölçer (manometre) aracılığıyla el ile ayarlanmaktadır. Gerektiğinde bilgisayar arabirime sahip bir basınçölçer kullanılarak bilgisayar tarafından ayarlanabilir.

6. Gaz boşalma hücresindeki gazın cinsi: Boşalma ve ısıma bu gazın içinde gerçekleştiğinden bu gazın spektrumu oldukça önemlidir. Hücre içine herhangi bir gaz doldurulabilir. Şu anki sistemde hava bulunmaktadır (%78 Azot, %21 oksijen).

7. Elektrotların yüzey morfolojisi: Sistem homojen olarak aydınlatıldığında bile elektrot kaplamasında olan düzensizlikler sebebiyle görüntüde pürüzler görülebilmektedir. Sistemin kalitesi açısından önemlidir. Kamera ile gözlenebilmektedir.

8. Yarıiletken katodu aydınlatan ışığın şiddeti: Bu parametre elektrottaki yarıiletken kaplamanın iletkenliğini değiştirmektedir. Işımanın şiddeti bu parametreyle ilgilidir. Foto-çoğaltıcıyla ölçülmektedir. Sisteme Fotometre ilâvesiyle daha hassas ve mutlak olarak ölçülebilecektir.

9. Yarıiletken katodu aydınlatan ışığın spektral dağılımı: Hangi dalga boyunda hangi şiddette ışık geldiği yarı iletkenin enerji seviyeleriyle ilgilidir. Bu parametre ışık kaynağının bir özelliğidir. Monokromatör ve fotoçoğaltıcı (fotometre) veya spektro-radyometre yardımıyla spektral dağılım belirlenebilir.

10. Yarıiletken katoda uygulanan desen: Sistem bir görüntü çevirici olduğundan girişe uygulanan desenin çıkışta gözlenmesi gerekmektedir. Mercek sistemi yardımıyla katoda istenen görüntü düşürülebilmektedir.

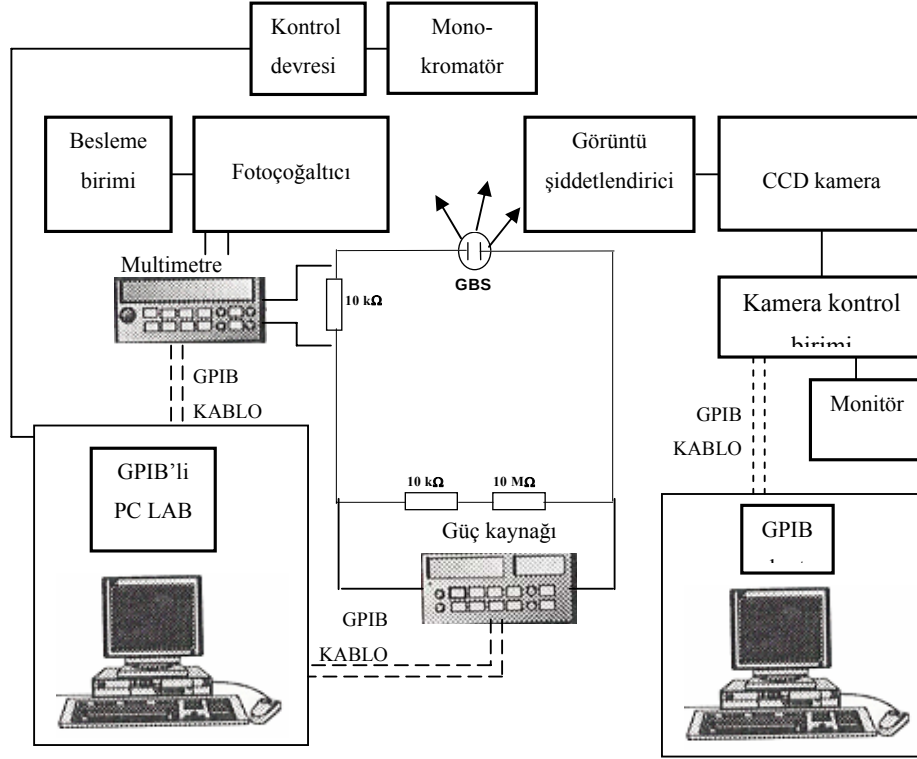
Bağımlı parametreler

Bu parametreler ancak sistemin bağımsız parametrelerinin değiştirilmesi ile değiştirilebilir. Sistemi incelerken yapılması gereken bağımsız parametrelerin değişik kombinasyonlarına bağımlı değişkenlerin hangi değerlerinin karşılık geldiğini bulmaktır.

Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Sistemden geçen akım: Uygulanan gerilime bağı olarak ne kadar akım geçeceği önemli parametrelerdendir. Sistemde bu parametre bilgisayara bağı elektrometre aracılığıyla ölçülmektedir. Uygulanan gerilime bağı olarak geçen akım sistemin en önemli karakteristiklerinden biridir.
2. Sistemde oluşan boşalma ışımasının şiddeti: Hücrede oluşan ışımanın şiddeti, gerilime ve aydınlatma şiddetine bağılılığı yine önemli parametrelerden biridir. Fotoçoğaltıcı veya fotometre ile ölçülebilmektedir.
3. Sistemin elektriksel tepki süresi: Uygulana anî bir gerilim karşısında çeviricinin verdiği tepki sistemin hızı ve kararlılığı açısından önem taşımaktadır. Bu parametre PS325 yüksek gerilim kaynağı ve osiloskop aracılığıyla gözlenecektir. İki cihazda GPIB ara yüzüne sahip olduğundan bu parametreler bilgisayara aktarılabilir.
4. Sistemin optik tepki süresi: Hücre aydınlatmasında veya uygulanan desende olan anî bir değişimin çıkış desenine yansıma süresidir. Sistemin optik hızı açısından önemlidir. Kamera sistemi ile ölçülebilmektedir.
5. Sistemde oluşan boşalma ışımasının spektral dağılımı: Sistemden çıkan ışıının spektral dağılımıdır. Hangi dalga boyunda hangi şiddette ışıma olduğu anlamındadır. Spektrometre yardımıyla ölçülebilir. Hücre içinde bulunan gazın enerji seviyeleri ile ilgilidir.
6. Çeviricinin oluşturduğu desen: Hücrenin optik girişine uygulanan optik desenin çıkışa yansımasıdır. Sistemin kalitesinin bir ölçüsüdür. CCD kamera ile gözlenip bilgisayara aktarılabilir.

3.3.2. Kızıl ötesi görüntü çeviricinin eski veri toplama sistemi



Şekil 3.10. KÖ Görüntü çeviricinin eski veri toplama sistemi

Stanford PS325 marka ayarlanabilir yüksek gerilim güç kaynağı hücreye gerilim uygulamaktadır. 10 K Ω direnç hücre akımını sınırlamakta ve üzerindeki gerilim düşmesi Keithley 177 marka multimetre ile ölçülmektedir. Güç kaynağı ve multimetre, üzerinde GPIB ara birimi bulunan PC LAB kartı ile bilgisayara bağlıdır. Işıma, PCLAB kartında bulunan analog-dijital çevirici ile ölçülmektedir. Kamera sistemi ise farklı bir bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir [25].

Eski veri toplama sisteminin yetersizlikleri

- 1- Kamera sistemi ayrı bir bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Ölçümlerde eş zamanlılık sağlanamamaktadır.

- 2- Kontrol kartları, günümüzde kullanımdan kalkmış olan ISA veri yoluna bağlıdır. Bilgisayarın arızalanması durumunda ISA veri yolu bulunan bilgisayar bulmak mümkün değildir.
- 3- Sistemin yazılımı yine kullanımdan kalkmış olan Windows 3.1' üzerine kuruludur. Bu işletim sistemi artık kullanılmamakta ve desteklenmemektedir.
- 4- Yazılımın kaynak kodu mevcut olmadığından sisteme ekleme yapılamamaktadır.

3.3.3. Veri toplama sisteminin optimizasyonu

KÖ görüntü çeviricinin veri toplama sistemi optimize edilirken yeni cihazlar almak yerine ilk basta elde bulunan cihazların daha iyi şekilde değerlendirilmesi düşünülmüştür. Bu cihazlar ilgili ölçümler için verimli bir şekilde kullanılıp yetersizlikleri tespit edildikten sonra yeni cihazlar almaya yönelmek daha doğru olacaktır.

Sisteme öncelikle yüksek gerilim uygulamak ve hücreden geçen akımı okumak gerekmektedir. Aynı anda hücrede oluşacak ısımanın uygulanan gerilim ve geçen akım ile olan ilişkisi önemlidir. Bununla birlikte ısıma başladığında oluşan görüntünün gözlenebilmesi gerekmektedir. Bunların birbirleri ile olan ilişkisini ortaya koymak açısından eş zamanlı olarak bilgisayara aktarılıp incelenmesi gerekmektedir.

Elde bulunan cihazlar ve performans özellikleri

Yüksek gerilim güç kaynağı (Stanford PS325)

50 volt ila 2500 volt arasında gerilim üretmektedir. +/-1 volt hassasiyete sahiptir. Verebileceği akım 10 mA ile sınırlıdır. GPIB arabirim ile uyguladığı gerilim ayarlanabilmektedir [26].

Dijital multimetre (Keithley 177)

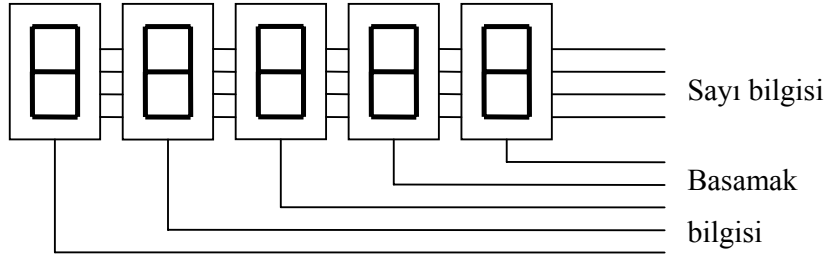
300 volt ilâ 300 mV skala aralığına sahiptir. Duyarlılığı 300 uV skalasında 1uV,tur. GPIB arabirime sahip olduğundan ölçtüğü gerilim bilgisayar tarafından okunabilmektedir [27].

Elektrometre (Keithley 614 Electrometer)

20 volt ilâ 0,2 volt aralığında skalaya sahiptir. 0,2 volt skalası 10 uV çözünürlüğe sahiptir [28]. Bilgisayar arabirimi yoktur. Bu nedenle okuduğu gerilimin bilgisayara iletilebilmesi için arabirim yapılmıştır. Gerilim bilgisi cihazın göstergesinden alınmaktadır. Göstergede beş adet segment vardır. Her segment yedi parçadan oluşmaktadır. Segmentlere gelen rakam bilgisi ortak hat üzerinden gelmektedir ancak bir anda yalnızca bir segment yanmaktadır. Bir başka deyişle cihaz segmentlerden birini acarken bir yandan da rakam bilgisini göndermektedir. Bu işlem her bir segment için saniyede 100 kere tekrarlandığından gözümüz tamamını aynı anda yanıyor görmektedir.

Bu verinin bilgisayar aktarılması için 4+5 adet giriş ucu gerekmektedir. 4'si segmentin rakam bilgisi için, 5'i ise hangi segmentin secili olduğunu göstermek için gereklidir.

Bunlar dışında 3 adet ondalık gösteren nokta için sinyal gelmektedir. Ancak bu bilgi ölçümler sırasında bir kere ayarlanıp daha sonra değiştirilmediğinden yazılım tarafında el ile ayarlanacak şekilde programlanmıştır.



Şekil 3.11. Elektrometrenin göstergesinin şeması

Cihazın göstergesine gönderdiği sinyaller paralel porttan bilgisayara girilmiştir. Kesme (interrupt) olarak programlanan bir yazılım saniyede 5 kere gösterge bilgisini bilgisayara aktarmaktadır.

CCD kamera (Li uCAM)

Poz süresi 64 μ s, ye kadar inebilen 774x580 piksel çözünürlükte bir kameradır. GBIP arabirime sahip olduğunda ayarları bilgisayarla yapılabilmekte ve aynı arabirimle bilgisayara görüntü aktarımı yapılabilmektedir [29].

Sistemde kullanılan ara birimler

Ara birimler, cihazların bilgisayarla haberleşmesini sağlamaktadır. Günümüzde çok çeşitli arabirimler vardır. KÖ görüntü çeviricinin veri toplama sistemde kullanılanlar aşağıda verilmiştir.

GPIB veri yolu

"general purpose interface bus" kısaltmasıdır. Hewlett Packard şirketi tarafından deney sistemlerinin birbirleri ve bilgisayarla haberleşmesi amacıyla geliştirilmiştir. IEEE 488 dokümanı tarafından standartlaştırılmıştır [30]. Günümüzde USB portunun yaygınlaşması ile güncelliğini yitirmeye başlasa da kullanımı sürmektedir.

Paralel port

Bilgisayara basta yazıcı olmak üzere çeşitli çevre birimler bağlamak üzere geliştirilmiştir [31]. Günümüz bilgisayarlarının tümünde standart olarak bulunmaktadır. Programlanması kolay olduğundan basit uygulamalarda tercih edilmektedir.

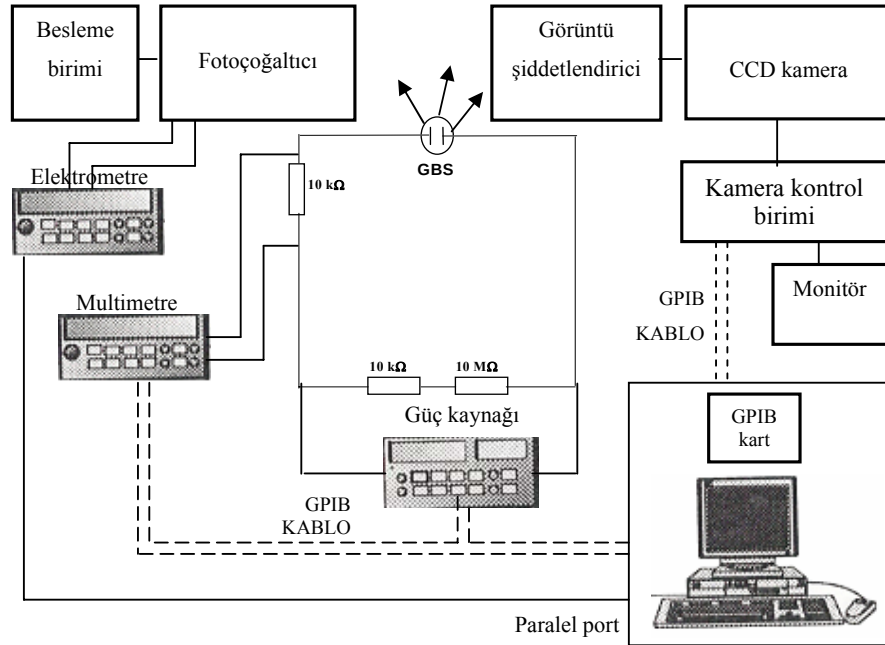
PCI veriyolu

“peripheral component interconnect”in kısaltılmışıdır [32]. Günümüz bilgisayarlarında standart haline gelmiştir. Bilgisayarın içine takılan (ses kartı, ağ kartı, modem) kartlar bu veri yolu üzerinden bilgisayarla haberleşir.

Sistemde kullanılan programlama dili

Günümüzde bilimsel uygulamaların tamamına yakını C dili ile kodlanmaktadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri C dilinin standart olması ve dolayısıyla bu dille yazılan programların platformdan bağımsız olarak her bilgisayarda çalışabilmesidir.

3.3.4. Kızıl ötesi görüntü çeviricinin yeni veri toplama sistemi



Şekil 3.12. KÖ Görüntü çeviricinin yeni veri toplama sistemi

Sistemin çalışma prensibi

Güç kaynağı bilgisayar ile GPIB veri yolundan konuşmaktadır. Bilgisayar temel olarak güç kaynağının vermesi gereken gerilimi ayarlamakta ve çıkışa verdiği gerçek gerilimi yine güç kaynağı üzerinden okumaktadır. Güç kaynağının duyarlılığı ± 1 volt olduğundan ayarlanması istenilen gerilim ile çıkışa verilen gerilim arasında çok ± 1 volt sapma olabilmektedir. Bilgisayar işlem yaparken ayarladığı voltajı değil güç kaynağından okuduğu voltajı dikkate almaktadır. Böylelikle cihazın gerilim ayarlama hatası ölçümlere yansımamış olmaktadır.

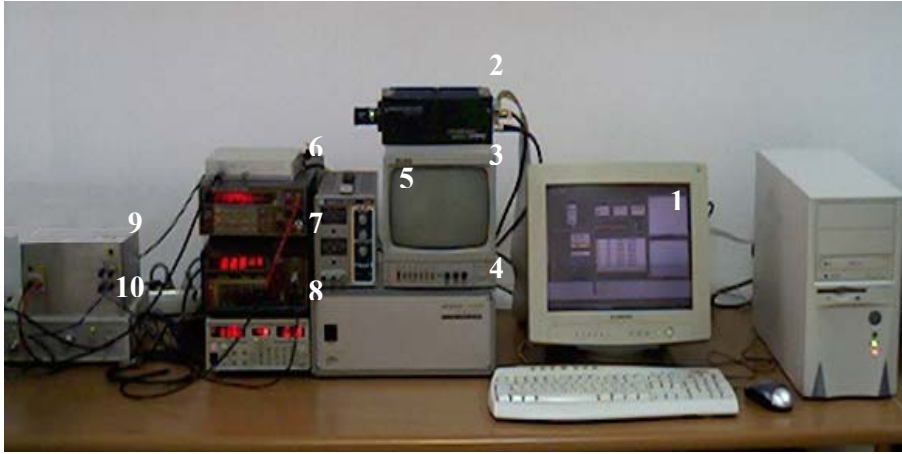
Hücreye voltaj verildiğinde sistemde oluşacak akım yine GPIB veri yolu ile bilgisayar ile konuşan multimetre ile okunmaktadır. Gerçekte akım hücreye seri bağlı olan $10\text{ k}\Omega$ değerindeki direnç üzerindeki gerilim düşmesinden Ohm yasası ile

hesaplanmaktadır. Bu dönüşüm bilgisayardaki yazılım tarafından gerçekleştirilmektedir.

Hücrede oluşan ışımanın şiddeti fotoçoğaltıcı ile ölçülmektedir. Fotoçoğaltıcı üzerine düşen ışık şiddeti ile doğru orantılı olarak voltaj üretmektedir. Bu voltaj elektrometre ile ölçülmektedir. Elektrometre normalde bilgisayar arabirimine sahip değildir. Okuduğu değer Madde 3.3.3.'te anlatıldığı şekilde bilgisayara aktarılmaktadır. Foto çoğaltıcının ürettiği gerilim ile üzerine düşen ışık şiddeti arasındaki mutlak ilişki ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Dolayısıyla ölçülen ışık şiddeti değerleri bağıl olarak değerlendirilmiştir. Mutlak ışık şiddetlerinin ölçülebilmesi sisteme spektrometre eklenmesi ile mümkün olacaktır.

Hücrede oluşan desen CCD kamera ile bilgisayara aktarılmaktadır. Sistem kamera modunda çalıştırılacaksa ayarlanan her gerilim değerine karşılık bir fotoğraf çekilmekte ve bilgisayara kaydedilmektedir.

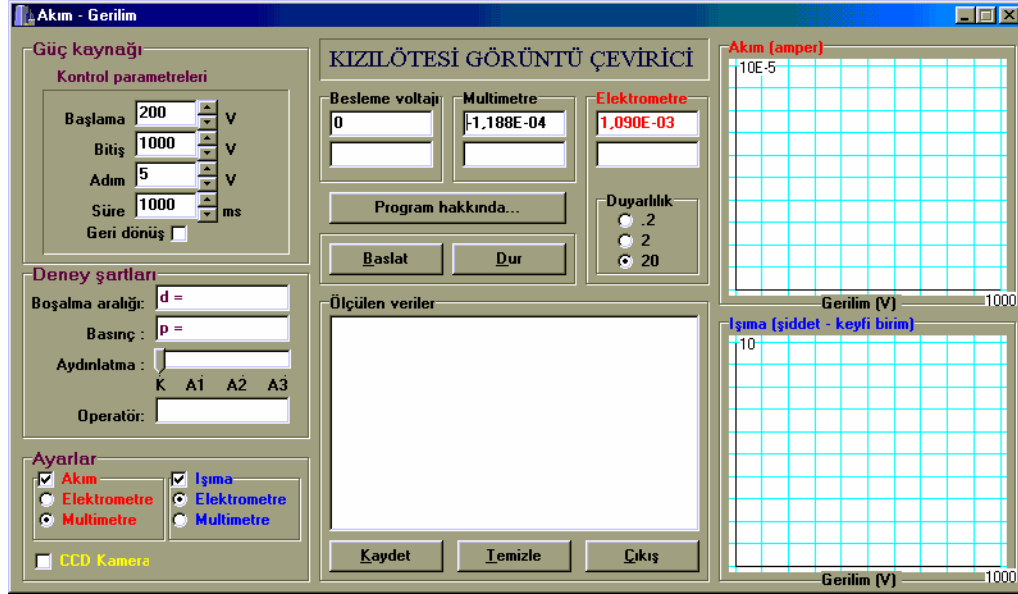
Veri toplama sisteminde yapılan en büyük yenilik tüm sistemin tek bir bilgisayar ve tek bir yazılım tarafından kontrol ediliyor olmasıdır. Tek merkezden yönetilen sistem, ölçümler arası senkronizasyonu mümkün kılmaktadır.



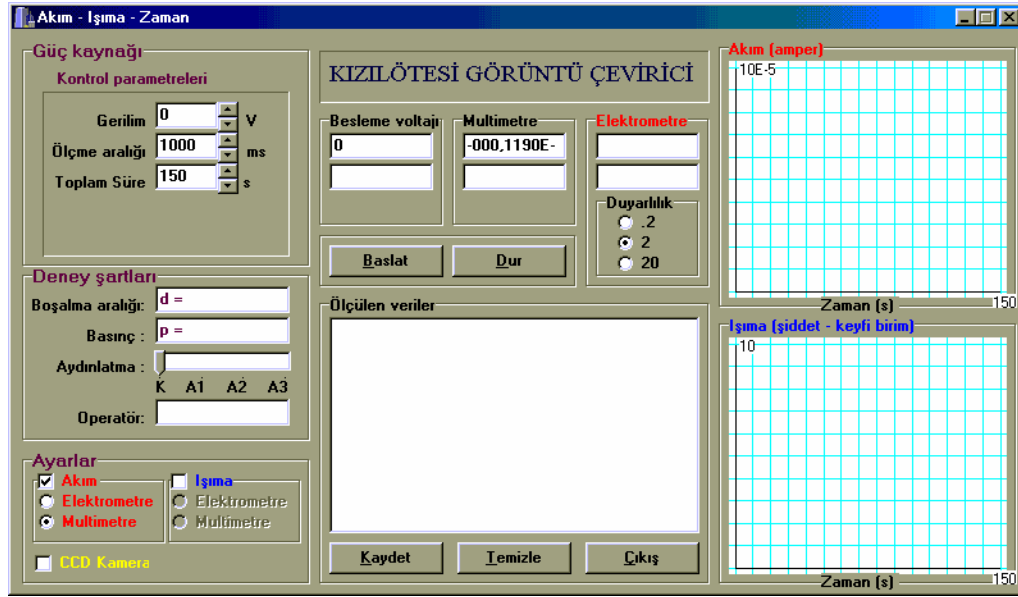
Resim 3.4. Deney düzeneğini oluşturan elemanlar. 1- Bilgisayar ile yazılım, 2- CCD kamera, 3- CCD'ye bağlı görüntü monitörü, 4- CCD'nin kontrol ünitesi, 5- Görüntü şiddetlendiriciyi besleyen güç kaynağı, 6- Dijital Multimetre, 7- Dijital elektrometre, 8- KÖ görüntü çeviriciyi besleyen güç kaynağı, 9- Direnç devresini içeren kutu, 10- Fotoçoğaltıcıyı besleyen güç kaynağı.

Grafik kullanıcı ara birimi ve sistemin kullanılması

Kızıl ötesi görüntü çeviricinin temelde iki farklı amaca yönelik yazılımı bulunmaktadır. Bunların her biri grafik kullanıcı ara biriminden kontrol edilmektedir. Programlardan biri akım ve ısımanın uygulanan voltaja göre nasıl değiştiğini, diğeri ise sabit voltaj uygulandığında sistemin zamana göre nasıl davrandığını incelemek içindir. Her iki programın da kullanıcı ara yüzleri birbirlerine oldukça benzerdir.



Şekil 3.13. Akım ve ısımanın uygulanan voltaja göre değişimini inceleyen program



Şekil 3.14. Akım ve ısımanın zamana göre değişimini inceleyen program

Programlar çalıştırıldığında gelen panelde, sistemle ilgili ayarlar ve göstergeler bulunmaktadır. Bunlar fonksiyonlarına göre gruplandırılmıştır.

Güç kaynağı

Bu kısım güç kaynağının kontrolü için kullanılacak parametreleri içerir. Akım-ışırma - voltaj ve akım-ışırma - zaman programlarında farklıdır.

Akım - ışırma - voltaj

- Başlama* : Deneyin başlama gerilimi.
Bitiş : Deneyin bitiş gerilimi.
Adım : Başlama geriliminden bitiş gerilimine
Süre : Bir gerilimden diğerine geçilirken ne kadar süre bekleneceğidir.
Geri dönüş : Bu kısım işaretli ise program bitiş gerilime ulaştıktan sonra yine aynı adımlarla başlama gerilimine geri döner.

Akım - ışırma - zaman

- Gerilim* : Deneyin yapılacağı gerilim,
Ölçme aralığı : Hangi zaman aralığıyla sistemden ölçüm alınacağı,
Toplam süre : Deneyin ne kadar süreceğı.

Deney şartları

Bu kısmın deneyin çalışmasına her hangi bir etkisi yoktur. Yalnızca verilerle birlikte kaydedilecek bilgilerin girilmesi amaçlanmıştır.

- Boşalma aralığı* : Hücredeki elektrotlar arası mesafe.
Basınç : Deneyin hangi basınç altında yapıldığı
Aydınlatma : Sistemin hangi ışık şartlarında çalıştırıldığıdır. K karanlık anlamında, A1, A2 ve A3 ise üç farklı ışık şiddetine karşılık gelmektedir.
Operatör : Deneyi yapan kişinin adıdır.

Ayarlar

Bu kısımda hangi cihazla ne ölçüleceği ile ilgili ayarlar bulunmaktadır.

Akım : Akımın “elektrometre” mi yoksa “Multimetre” ile mi ölçüleceği buradan seçilmektedir.

Işıma : Işımanın “elektrometre” mi yoksa “Multimetre” ile mi ölçüleceği buradan seçilmektedir.

CCD Kamera : Deneyde kamera kullanılacaksa bu kısım işaretlenmelidir.

Göstergeler kısmı

Besleme voltajı : Sistemin o an uyguladığı gerilimi gösterir.

Multimetre : Multimetrenin o an okuduğu değeri gösterir.

Elektrometre : Elektrometrenin o an okuduğu değeri gösterir. Ayrıca elektrometrenin üzerindeki duyarlılık ayarının ölçüme başlanmadan önce burada işaretlenmesi gerekmektedir.

Başlat ve Durdur tuşları

Deneyi başlatmak ve durdurmak için kullanılır. Deneyin herhangi bir anda “Durdur” tuşuna basılarak durdurulması mümkündür. Bu tuşa basıldığında sisteme uygulanan gerilim kesilir.

Ölçülen veriler

Bu kısım deney bilgilerinin ve ölçülen değerlerin çizelge şeklinde yazıldığı bir metin kutusudur. Bu kısma ilave bilgi yazmak veya bu kısım üzerinde istenmeyen bilgileri silmek mümkündür.

Kaydet : Metin kutusunun içeriğini Excel “xls” formatında kaydeder.

Temizle : Metin kutusunun içeriğini ve grafik alanını temizler.

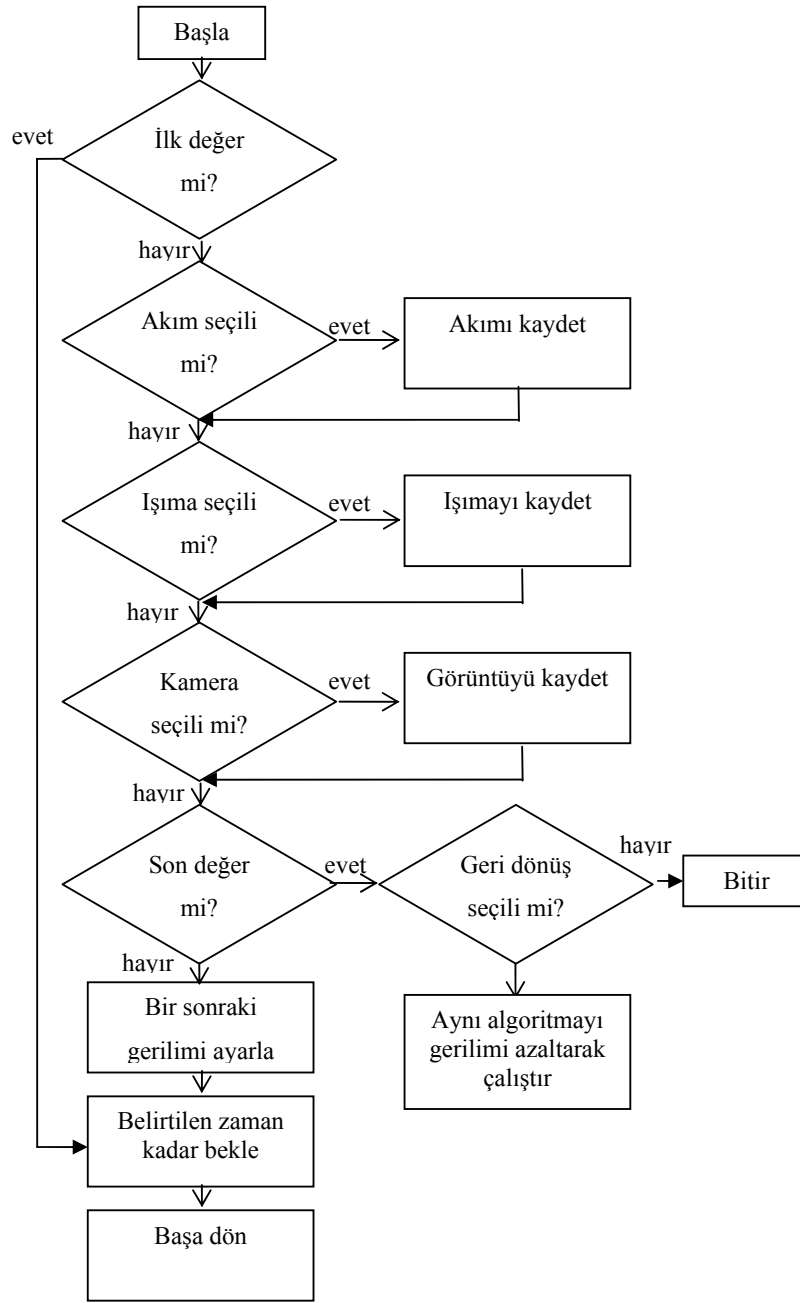
Çıkış : Programdan çıkış için kullanılır.

Grafik kısmı

Bu kısımda, ölçülen parametrelerin (akım ve ışıma) deney sırasında gerilime karşı grafikleri çizilmektedir. Y eksenlerinin en yüksek değerleri, yazan değerın üzerine basılarak değiştirilebilmektedir. Gerilim değeri ise uygulanacak en yüksek gerilimdir.

Programının algoritması

Program görsel bir programlama dili olan Borland C++ Builder ile kodlanmıştır. Program çalıştırıldıktan sonra grafik ara birimi açılıp beklemektedir. İlgili parametre değerleri ayarlanıp sistem çalıştırıldığında programın zamanlayıcısı (timer) girilen süre değeri kadar aralıklarla gösterge değerlerini (akım ve/veya ışıma) kaydeder ve bir sonraki gerilimi (bir önceki gerilim + aralık gerilimi) ayarlar. Deneyde kamera kullanıyorsa bir sonraki gerilimi ayarlamadan önce kameradan aldığı görüntüyü bilgisayara kaydeder. Bir sonraki gerilim değeri bitiş değerinden büyük ise “geri dönüş seçeneği işaretli mi” diye bakar. İşaretli değilse deneyi bitirir. İşaretliyse gerilimi azaltarak aynı işlemleri yapar. Başlangıç gerilimi için ölçüm alındığında deneyi bitirir.



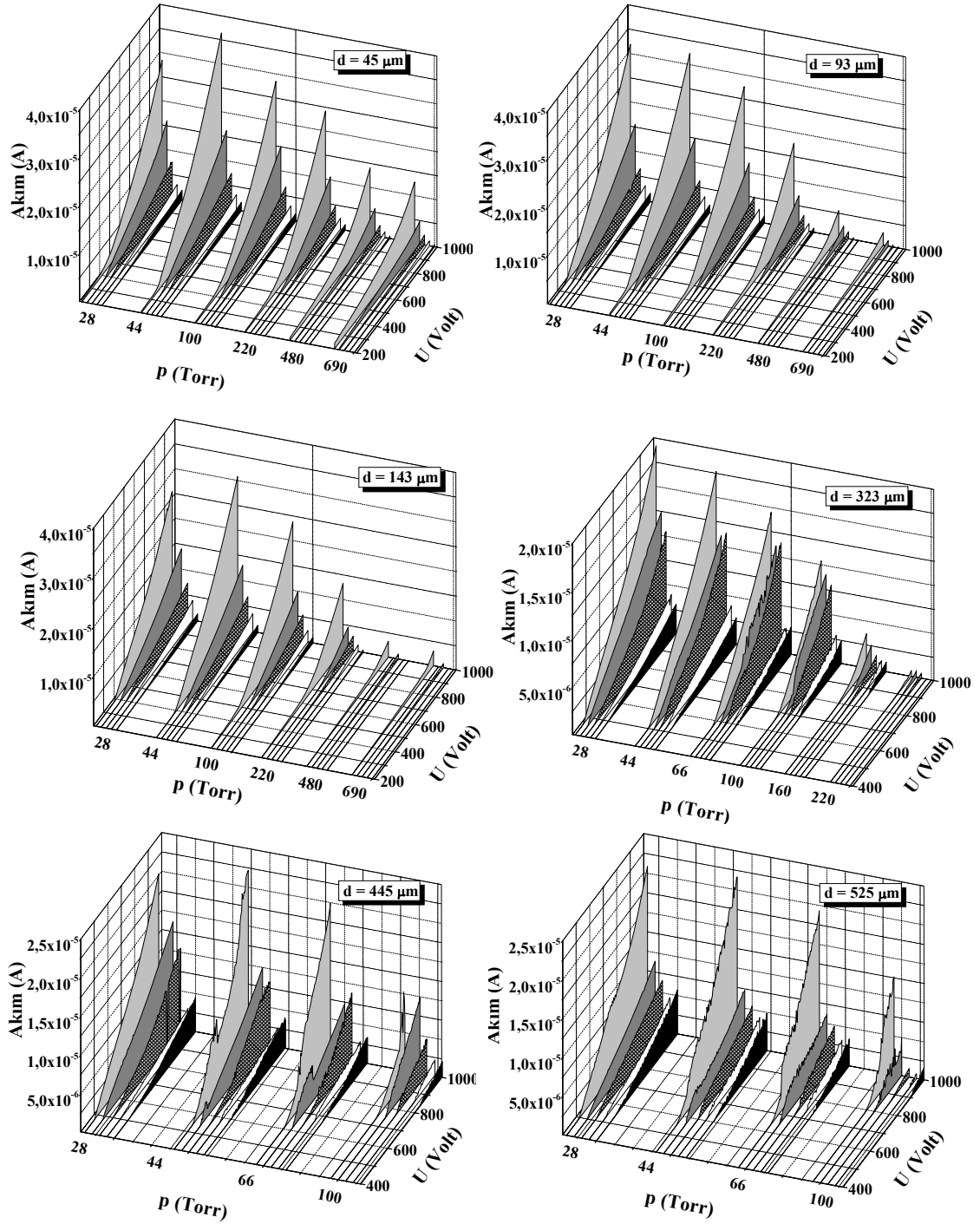
Şekil 3.15. Programın akış şeması

3.4. KÖ Görüntü Çeviricinin Yeni Veri Toplama Sistemi ile Karakterizasyonu

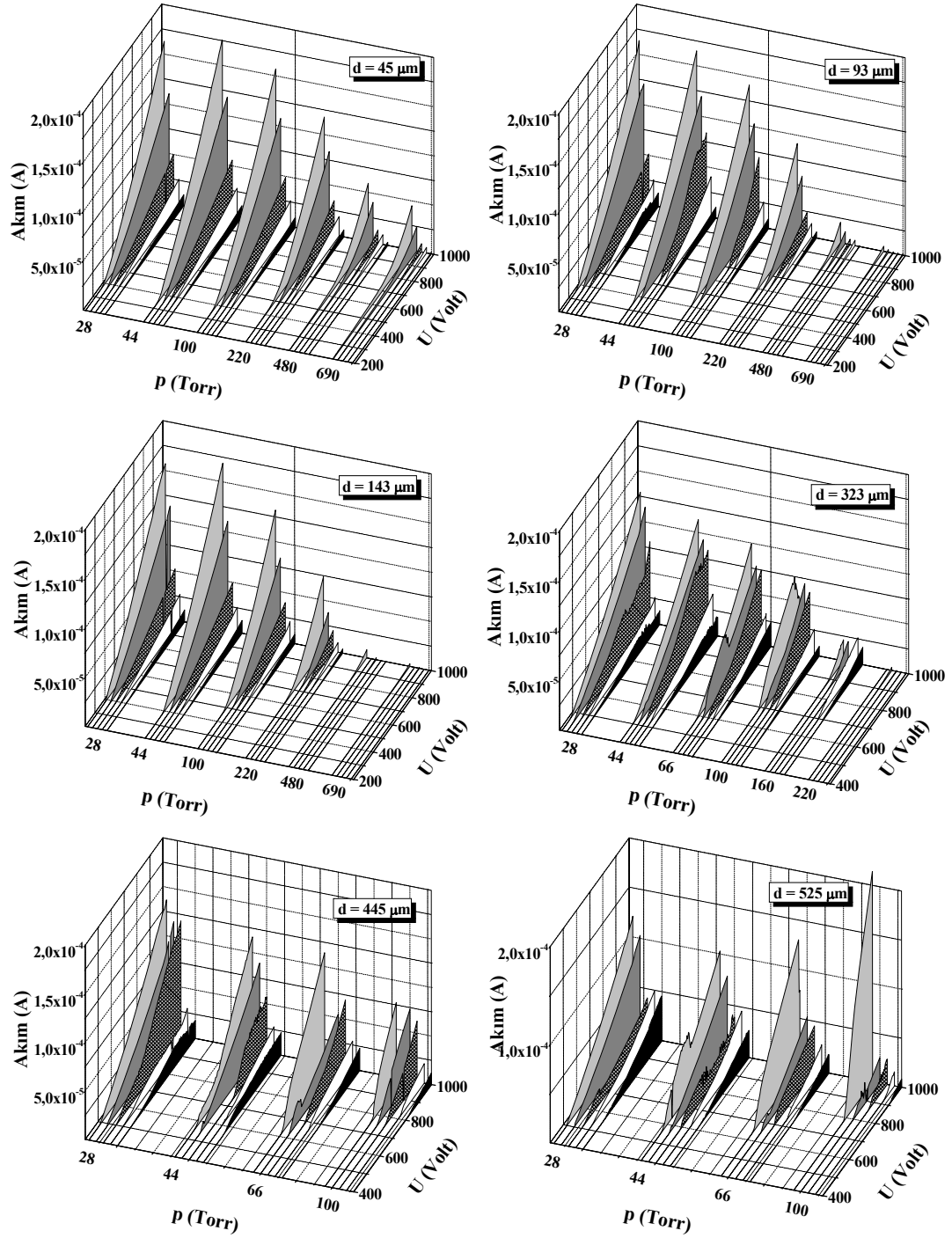
Veri toplama sisteminin optimizasyonu ile kızılötesi görüntü çeviricinin karakterizasyonu mümkün hale gelmiştir. Yeni geliştirilen sistemle yapılan çalışmalar [33]'te ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu bölümde, sistemde yapılması mümkün olan deneyler anlatılacak ve sistemin işlevselliğini ortaya koymak adına yapılmış deneylerden örnekler verilecektir.

3.4.1. Akım-voltaj karakteristiği

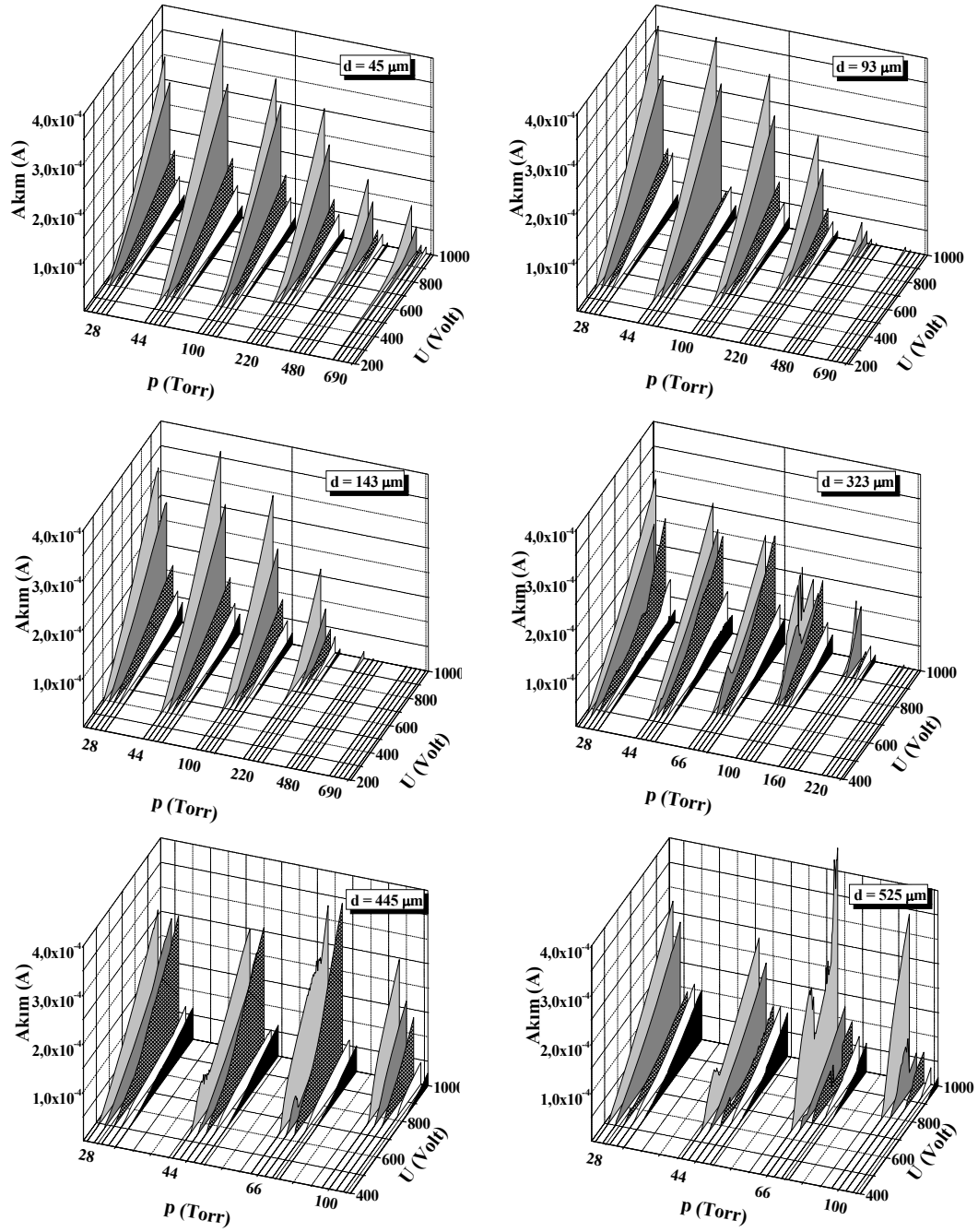
Yarıiletken katotlu gaz boşalma hücresinde uygulanan voltaja karşı akımın davranışı $p = 28$ Torr ilâ 690 Torr'luk bir basınç bölgesinde, $d = 45$ μm ilâ 525 μm lik elektrotlar arası mesafede ve $D = 5$ mm ilâ 22 mm'lik farklı yarıiletken elektrot çapları için farklı ışık şiddetlerinde deneysel olarak incelenmiştir [33].



Şekil 3.16. Farklı elektrotlar arası mesafe için karanlıkta yarıiletken katodun farklı çap D ($\square$ 22mm, $\blacksquare$ 18 mm, $\boxplus$ 12 mm, $\square$ 9mm, $\blacksquare$ 5 mm) değerlerinde Townsend boşalmasının 3D AVK'ları



Şekil 3.17. Farklı elektrotlar arası mesafe için zayıf aydınlatma şiddetinde A_1 yarıiletken katodun farklı çap D ($\square$ 22mm, $\blacksquare$ 18 mm, $\boxtimes$ 12 mm, $\square$ 9mm, $\blacksquare$ 5 mm) değerlerinde Townsend boşalmasının 3D AVK 'ları



Şekil 3.18. Farklı elektrotlar arası mesafe için kuvvetli aydınlatma şiddetinde A_2 yarıiletken katodun farklı D (■ 22mm, ▨ 18 mm, □ 12 mm, ■ 9mm, ▨ 5 mm) değerlerinde Townsend boşalmasının 3D AVK 'ları

Elektronikte kullanılan yarıiletken materyaller yarıiletkenin elektriksel parametrelerinin değişimine kuvvetlice etki eden çok sayıda mikro ve makro kusurları içerir. Materyallerin nicel incelenmesi elektriksel parametrelerin ve yapısal kusurların uzaysal dağılımının bilinmesini gerektirir. Bu nedenle, geniş çaplı (40÷100 mm) yarıiletken plakaların homojenliklerini belirleme metotları elektronik endüstrisinde ve laboratuvar çalışmalarında büyük öneme sahiptir [34,35].

Farklı çap ve elektrotlar arası uzaklıklar için farklı basınçlarda çizilen akım-voltaj grafiklerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

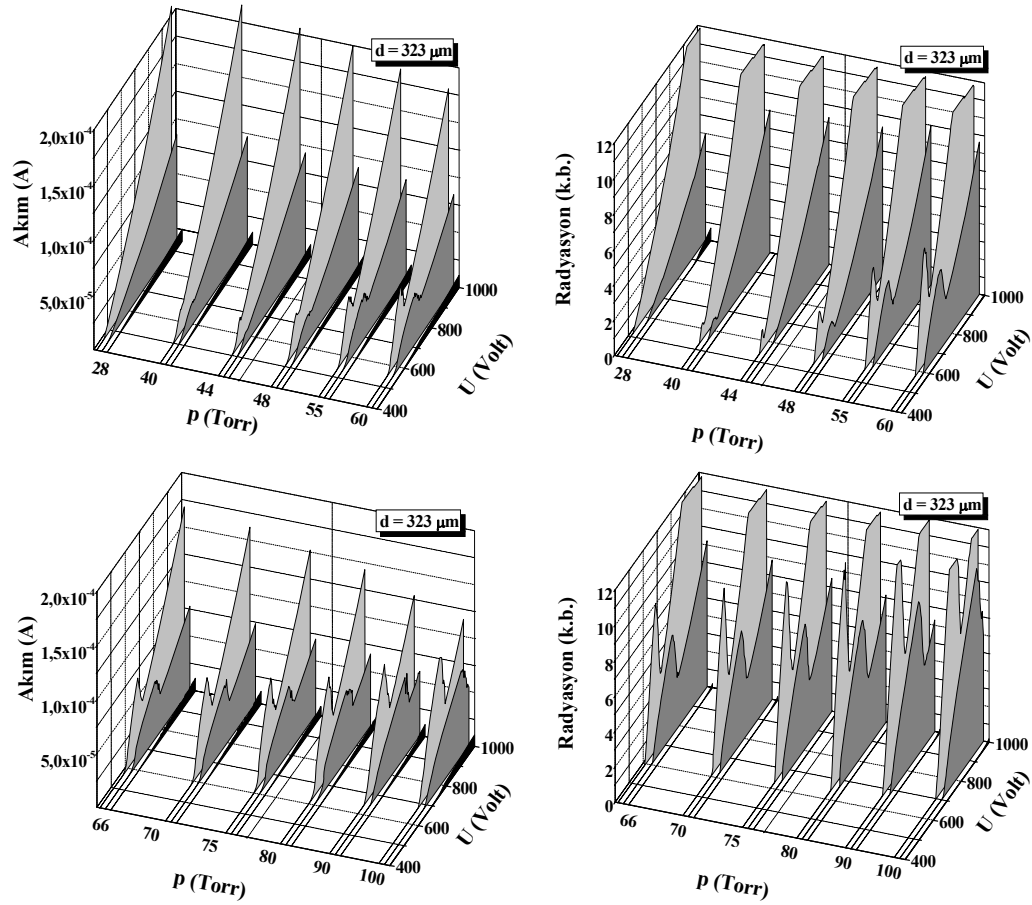
- Sabit elektrotlar arası ($d = 45 \mu\text{m}$) uzaklık için çap büyüdükçe akım değerleri büyümektedir. Kuvvetli aydınlatma şiddetinde A_2 en büyük akım değeri besleme voltajı 1000 volt'iken, $p = 44$ Torr da ve $D = 22$ mm için ($3.8 \times 10^{-4} \text{A}$)'dır, ayrıca en küçük akım değeri besleme voltajı 1000 voltken, $p = 690$ Torr da ve $D = 5$ mm için ($2.31 \times 10^{-5} \text{A}$) elde edilmiştir.
- Aydınlatma şiddetine bağlı olarak akım değeri değişmektedir. En küçük akım değeri aydınlatma yokken; en büyük akım değeri ise aydınlatma şiddeti en büyük (A_2) olduğunda elde edilmektedir. Çünkü aydınlatma şiddetine bağlı olarak yarıiletkenin direnci değişmektedir. Aydınlatma şiddeti artırıldığında yarıiletkenin direnci küçülmekte buna bağlı olarak akım artmaktadır.
- Sabit bir çap değeri ($D = 22$ mm) ve sabit basınç ($p = 44$ Torr) için elektrotlar arası mesafe arttıkça akım değeri küçülmektedir. Kuvvetli aydınlatma şiddetinde A_2 en küçük akım değeri besleme voltajı 1000 volt'iken ($3.3 \times 10^{-4} \text{A}$), $d = 525 \mu\text{m}$ için, en büyük akım değeri besleme voltajı 1000 volt'iken ($3.8 \times 10^{-4} \text{A}$), $d = 45 \mu\text{m}$ için elde edilmiştir.
- Belli bir voltaj (440 Volt) değerine kadar akım değerleri çok küçüktür. Kırılma voltajından sonra akım voltaj değeriyle orantılı olarak artmaktadır. Elektrotlara uygulanan voltaj artırıldığı zaman, katottan yayınlanan elektronlar gaz içerisinde

voltajın özel bir değeri için (kırılma değeri) var olan alan kuvveti nedeniyle mobilitelerinin belirlediği ortalama bir hızla gaz boyunca hareket ettikleri için akım tüm gaz boşalma aralığı boyunca artar. Elektronların çarpma iyonizasyonu gazların kırılmasında en önemli süreçtir.

- Besleme voltajı sabit tutulduğu zaman, ışık şiddetini değiştirerek elektrik akımın değeri kontrol edilebilir, ve desen oluşum süreci görülebilir. Yarı iletkenin aydınlatılması değiştirilmediği zaman, akımı voltajı değiştirerek kontrol edebiliriz. Ayrıca akımın değerini ayarlayabiliriz ve ışık şiddetiyle yarıiletkenin direncini kontrol edebiliriz [33].

3.4.2. Işıma-voltaj karakteristiği

Radyasyon-Voltaj grafikleri Akım-Voltaj grafikleri ile karşılaştırıldığında, bu grafiklerde paralellik olduğu açık şekilde görülmektedir. Deneylerde *N*-tipi olarak adlandırılan karakteristikler kaydedilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalardan [36] farklı olarak KÖ ışık kullanıldığında *NDD* ye rastladık (Şekil 3.19.). $D = 18$ mm'lik çap ve farklı basınçlar için $p = 28 \div 100$ Torr, $d = 323$ μ m lik elektrot aralığında elde ettiğimiz negatif diferansiyel dirençli *NDD* karakteristikleri akım voltaj ve radyasyon voltaj karakteristiği için aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.19. Sabit elektrotlar arası mesafe d için ve sabit bir çap için ($D = 18$ mm) yarıiletken katodun farklı aydınlatma şiddetlerinde ($\square$ A_2 , $\blacksquare$ A_1 , $\blacksquare$ K) Townsend boşalmasının 3D akım-voltaj ve radyasyon-voltaj grafikleri

- Radyasyon-Voltaj grafikleri Akım-Voltaj grafikleri ile karşılaştırıldığında, bu grafiklerde paralellik olduğu açık şekilde görülmektedir fakat U_K değerlerinin birbirine eşit olmadığı görülmektedir.
- Akım-Voltaj U_k değerleri p gaz basıncının artmasıyla artmaktadır ve buna eşlik eden Radyasyon-Voltaj U_k voltajı da artmaktadır.
- Karanlık Townsend Boşalmasına ait olan akım değerleri akım voltaj karakteristiğinden görüleceği üzere çok küçüktür (10^{-10} ÷ 10^{-5} A). Akımın çok düşük

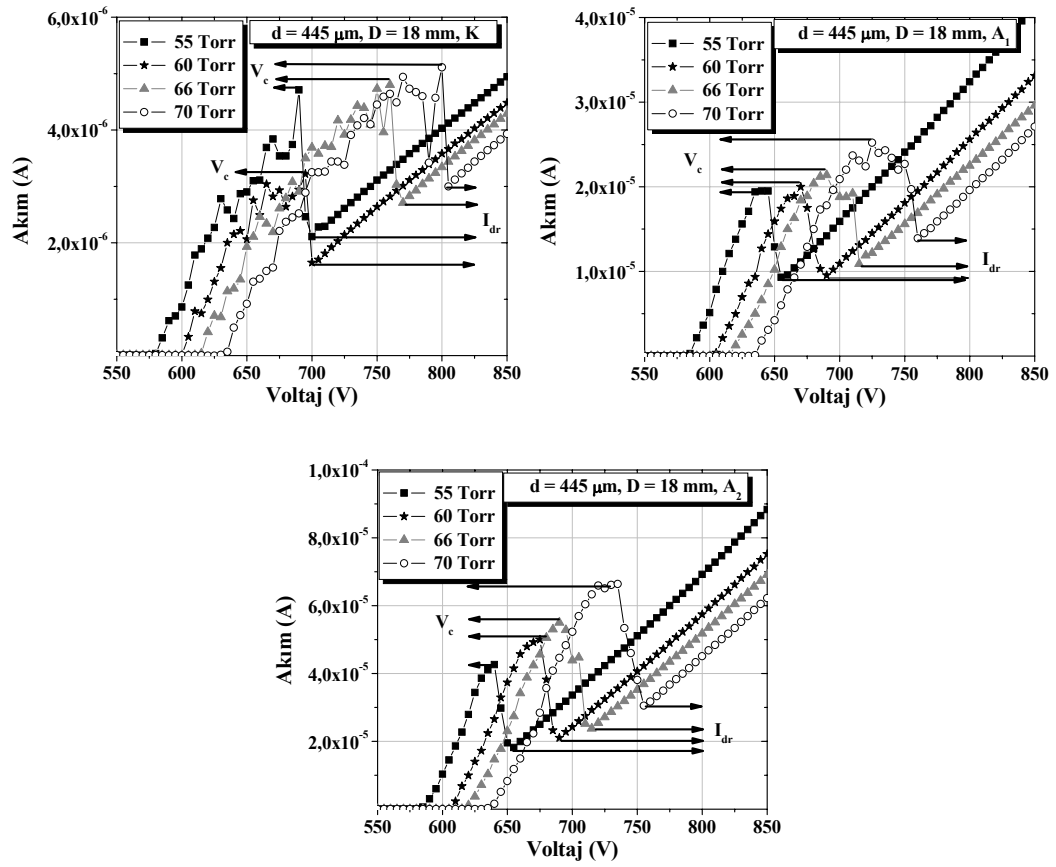
olmasından dolayı gazın ışıma şiddeti (iyonizasyon) yoktur. Bu durumda akım-voltaj grafiğinden elde edilen kırılma voltajı ile radyasyon-voltaj grafiğinden elde edilen kırılma voltajı birbirine eşit değildir.

- Işık emisyon şiddeti boşalma akımı ve basıncı ile orantılıdır.

3.4.3. Sistemin dinamik süreçlerinin incelenmesi

Hiçbir yarıiletken kristal materyali mükemmel değildir ve kristal büyütme kontrol etmek için harcanan tüm çabalara rağmen GaAs kristalleri, çok sayıda kristal kusurlarını, dislokasyonları ve safsızlıkları içermektedir. Bu kusurlar GaAs ın elektronik özellikleri üzerinde ya istenen ya da istenmeyen etkilere sahiptir. Deneylerde N-tipi olarak adlandırılan karakteristikler kaydedilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalardan (59) farklı olarak KÖ radyasyonu kullanıldığında NDD'ye rastlanmıştır (Şekil 3.18). NDD ile ilgili ayrıntılı bilgi [33]'te bulunabilir. Sabit elektrot çapı ($D = 18 \text{ mm}$) ve farklı basınçlar için $p = 50\div 66 \text{ Torr}$ ve $d = 445 \text{ }\mu\text{m}$ lik elektrot aralığında elde edilen NDD grafikleri aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.20. Farklı aydınlatma şiddetlerinde, karanlık, zayıf aydınlatma şiddeti A_1 ve kuvvetli aydınlatma şiddeti A_2 için $p = 55\div 66$ Torr basınç aralığında *GaAs* katodun negatif diferansiyel (NDD) dirençli *AVK* 'ları

Şekil 3.17.'de okla gösterilen kritik voltaj değeri V_c ve akım düşüşü I_{dr} farklı aydınlatma şiddetlerinde ve basınçlar için Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Sabit elektrotlar arası mesafe için ve sabit bir çap için ($d = 445\mu\text{m}$ ve $D = 18\text{ mm}$) farklı basınçlarda NDD dirençli AVK 'nin kritik voltaj V_c değerleri.

Basınç p (Torr)	V, I (A_2) (Volt), (Amper)	V, I (A_1) (Volt)-(Amper)	V, I (K) (Volt)-(Amper)
55	$V_c = 640, I = 4,28 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 655, I = 1,79 \times 10^{-5}$	$V_c = 635, I = 1,95 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 650, I = 9,28 \times 10^{-5}$	$V_c = 685, I = 4,72 \times 10^{-6}$ $I_{dr} = 695, I = 2,08 \times 10^{-6}$
60	$V_c = 670, I = 4,97 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 690, I = 2,08 \times 10^{-5}$	$V_c = 665, I = 1,99 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 690, I = 9,51 \times 10^{-6}$	$V_c = 695, I = 3,21 \times 10^{-6}$ $I_{dr} = 700, I = 1,66 \times 10^{-6}$
66	$V_c = 690, I = 5,48 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 715, I = 2,36 \times 10^{-5}$	$V_c = 685, I = 2,13 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 715, I = 1,09 \times 10^{-5}$	$V_c = 760, I = 4,78 \times 10^{-6}$ $I_{dr} = 770, I = 2,71 \times 10^{-6}$
70	$V_c = 730, I = 6,64 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 755, I = 3,03 \times 10^{-5}$	$V_c = 720, I = 2,52 \times 10^{-5}$ $I_{dr} = 760, I = 1,36 \times 10^{-5}$	$V_c = 800, I = 5,11 \times 10^{-6}$ $I_{dr} = 805, I = 2,97 \times 10^{-6}$

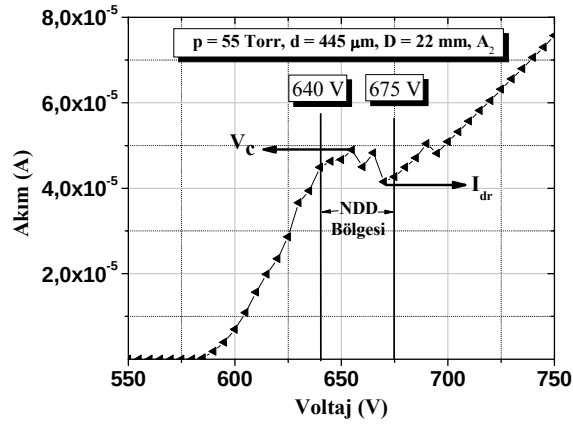
- Kritik voltaj V_c değeri gazın basıncı p artıkça artmaktadır, dolayısıyla yüksek basınçlarda sistemin AVK daha kararlıdır. Ayrıca aydınlatma şiddetine bağlı olarak en büyük kritik voltaj değeri aydınlatma yokken K ; en küçük kritik voltaj değeri ise zayıf aydınlatma şiddetinde A_1 elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı elektrotlar arası mesafe d , yarıiletken katodun çap D için ve basınçlarda p , NDD gösteren AVK 'lerde kritik elektrik alanları E_c

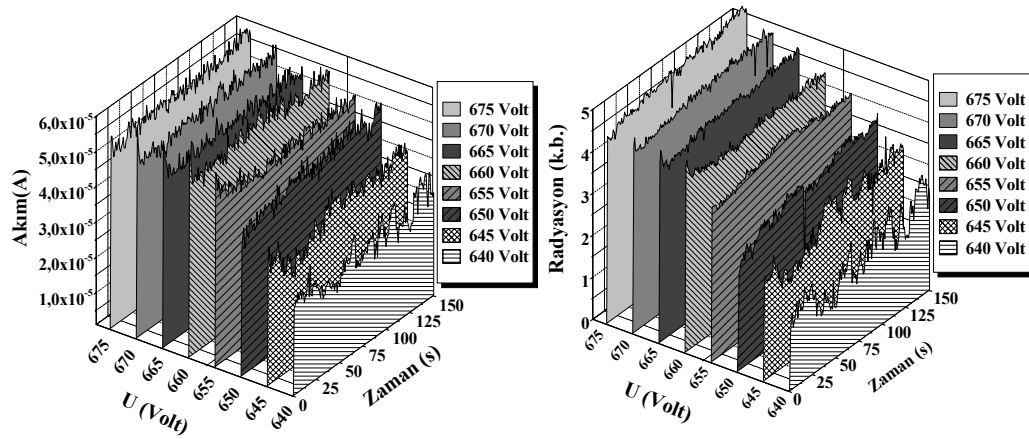
D = 22 mm, d = 445 μ m		D = 22 mm, d = 525 μ m		D = 18 mm, d = 323 μ m		D = 18 mm, d = 445 μ m		D = 18 mm, d = 525 μ m		D = 12 mm, d = 525 μ m		D = 9 mm, d = 323 μ m	
P (Torr)	Ec (V/cm)	P (Torr)	Ec (V/cm)	P (Torr)	Ec (V/cm)	P (Torr)	Ec (V/cm)	P (Torr)	Ec (V/cm)	P (Torr)	Ec (V/cm)	P (Torr)	Ec (V/cm)
35	1050	32	550	48	700	48	350	48	250	28	500	35	3000
40	1150	35	400	55	850	55	600	55	350	35	700	44	4200
44	900	40	700	60	950	60	700	60	350	40	900		
48	1500	44	1000	66	1000	66	700	66	300	44	800	D = 5 mm, d = 323 μ m	
51	1500	48	1150	70	1100	70	850	70	300	48	850		
55	1600	51	1250	75	1200	75	1100	75	250	55	1250	P (Torr)	Ec (V/cm)
60	2200	55	2150	80	1300	80	1550	80	400	60	1250	28	2600
		60	1700	90	1500	90	2350	100	1250	66	1650	32	3000
		66	2100	120	2200					70	1700	35	3200

- Kritik elektrik alan E_c gazın basıncı arttıkça p artmaktadır ama yarıiletken elektrodun çapı D ve boşalma aralığı d arttıkça azalmaktadır.

Astrov ve arkadaşları [36] sistem KÖ bölgede aydınlatıldığında, yarıiletken gaz boşalma yapısında N -tipli AVK gözleyememiştir. Şekil 3.19.'de AVK içindeki N -tip bölgede (yani V_{cr} ve I_{dr} bölge aralığında) büyük genlikli akım ve radyasyon pulsalarının zamana bağlılığı ile ilgili olarak detaylı bilgi şekil 3.20 (a ve b) de gösterilmiştir. Açıkça görülüyor ki büyük genlikli akım pulsaları N -tipli bölge içerisinde besleme voltajının (640÷675 Volt) artmasıyla azalmaktadır. Besleme voltajı U_0 ın daha da arttırılmasına, uzayda akım osilasyonlarının kararlılık etkisi ve zincirler şeklinde düzenlenmeleri tarafından eşlik edilir [37].



Şekil 3.21. Sabit boşalma aralığında d ve elektrot çapı D için $SI GaAs$ katodun negatif diferansiyel dirençli NDD Akım voltaj karakteristiği

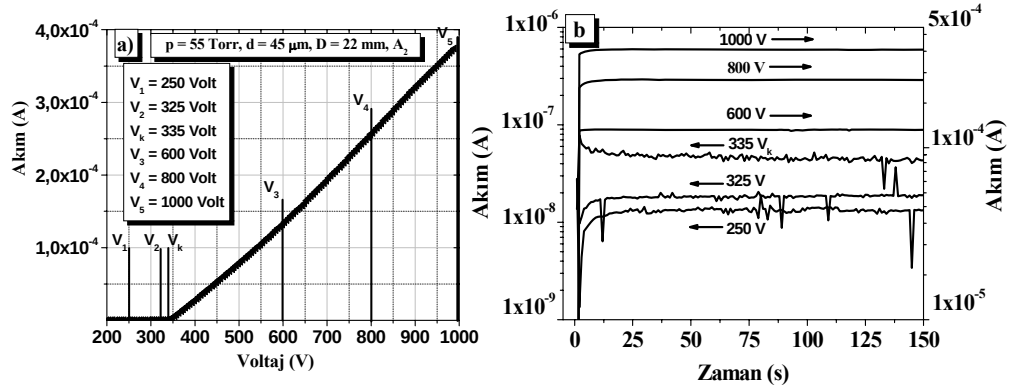


Şekil 3.22. NDD bölgesi içinde zamana bağlı, a) akım-voltaj ve b) radyasyon -voltaj karakteristikleri

Sabit homojen Townsend boşalmasının uygun kırılma voltajında gaz aralığı içinde oluştuğunu varsayıyoruz. Gaz karakteristiğinde, bu boşalma modu düşük akımlar için kırılma noktası U_k ve NDR noktası arasında gözlenir. Lineer olmayan taşıma özelliğine sahip elektriksel sistemlerde, yarıiletken gaz boşalma yapısı genelde j 'nin değişim aralığındaki dinamik karakteristiklere bağlılık gösterir [38, 39].

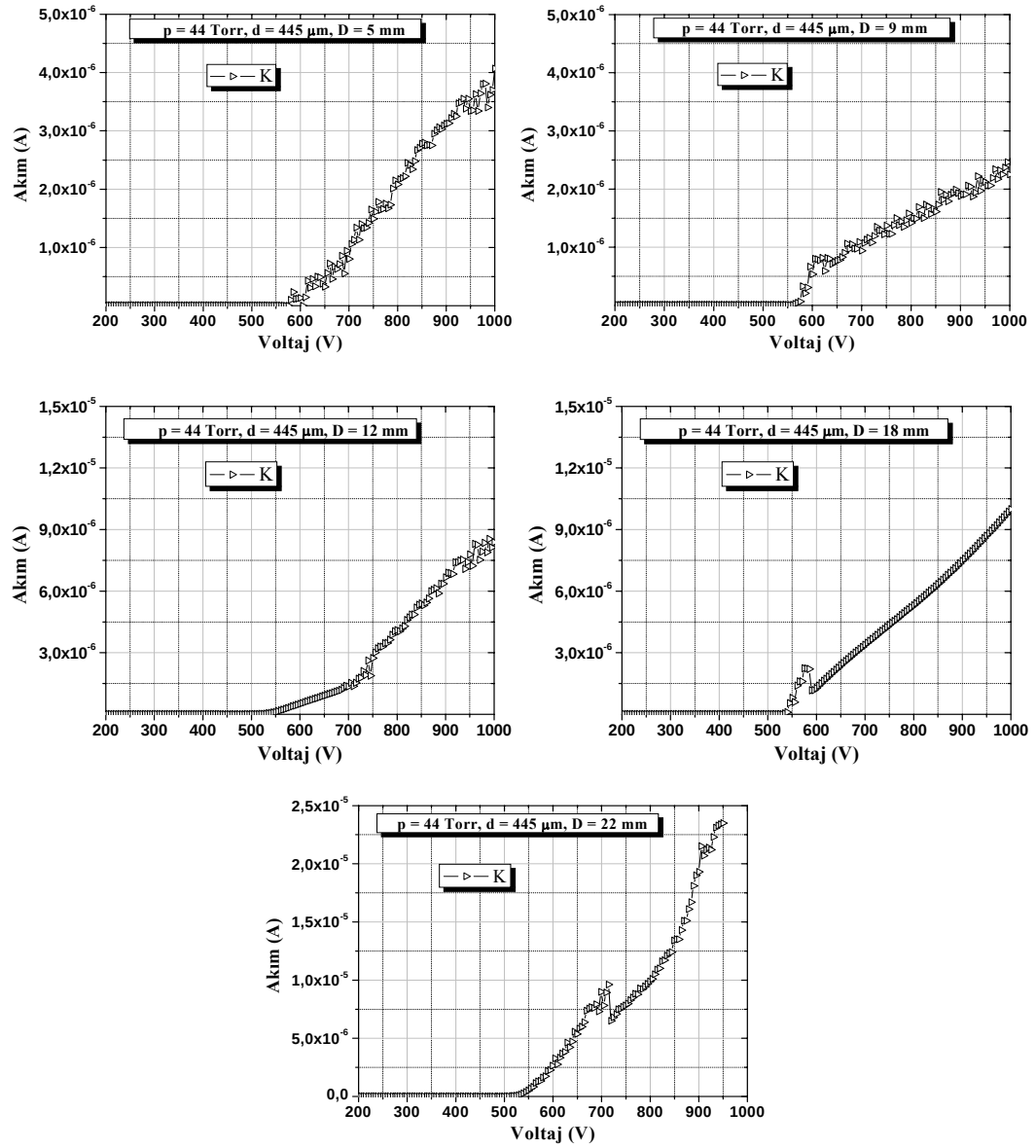
Boşalmanın ortaya çıkmasına eşlik eden boşalma devresindeki aktif akım ve boşalma alanında oluşan ışımaya emisyonudur. Birkaç kinetik faz geçişinden sonra oluşan kararlı durum akımı ve ışımaya emisyonunun büyüklüğü, besleme voltajın genişliği ve

yarıiletken elektrodun direnç değeri tarafından belirlenir. Boşalmanın ateşlenmesi, boşalma parlaklığındaki ani artışla belirtilir. Boşalma sürecinin ilk aşamasında akım ve ısımanın fazlalığı, kararlı durum değerleri boyunca oldukça doğaldır: Besleme voltajı uygulandıktan çok kısa bir zaman sonra gerçekleşen gaz kırılması için, gaz boşalma aralığı boyunca voltajın genliği kritik değeri aşmalıdır (yani, kendiliğinden boşalmayı sağlayacak minimum değer). Başka bir söyleyişle, boşalma aralığının kapasitansı, kararlı durum değerinden daha büyük bir değere şarj olacaktır. Sonuç olarak, boşalma aralığındaki voltaj (ve benzer olarak aktif akım) kararlı durum değeri ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu zaman, ilk boşalma aşaması meydana gelir. Dış aydınlatma tarafından yarıiletken elektrodun öz direnci azaldığında, akım ve boşalma ışık emisyonunda ilave bir artış gözlenir. Bu etki sistemin KÖ görüntü çevirici olarak çalışmasını sağlar. Şekil 3.23. (a) AVK 'nin zamana bağlı olarak akımın davranışı 52 Torr basınç altında farklı besleme voltajlarında U_0 , kuvvetli aydınlatan ışıma şiddeti altında A_2 , Şekil 3.23 (b) de gösterilmiştir. En aşağıdaki iki eğri (yani, $U_0 = 250$ V ve $U_0 = 325$ V) kırılma öncesi akım için nispeten düşük genlikli osilasyonları gösterir. Üçüncü eğri kırılma voltajına tekabül eder ($U_k = 345$ ve 335 V), ki burada akım osilasyonları kararlılaşmaya yönelir. Bu eğrilerin üzerinde gösterilen üsteki üç eğri $U_0 = 600, 800, 1000$ Volta tekabül eder. Monoton kararlı durum akım davranışı 1000 V'ta kadar, $U_0 > U_k$ için gözlenmiştir. Bu arada, şekil 3.22 (a ve b) de görüldüğü gibi, akım değerleri 150 s zaman aralığında sabitleşir ve kararlı durum akım değerleri besleme voltajının U_0 artmasıyla artar. Bundan anlaşıldığı üzere, dinamik davranış, gazdaki elektron çıkış çoğalması ve fotoelektrik iyon emisyon olayının sonucu olarak katottan sökülen elektronlara bağlı olarak düşünülmektedir.



Şekil 3.23. a) Sabit boşalma aralığında d , basınç p ve elektrot çapı D için kuvvetli aydınlatma şiddetinde A_2 *SI GaAs* katodun *AVK*, b) zamana bağlı akım karakteristiği ($d = 45 \mu\text{m}$, $p = 55 \text{ Torr}$ ve $D = 22$)

Farklı yarıiletken çaplar için karanlıkta GaAs katodun negatif diferansiyel (NDD) dirençli akım voltaj karakteristikleri aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.24. Farklı çaplar için karanlıkta *SI GaAs* katodun negatif diferansiyel *NDD* dirençli akım voltaj karakteristikleri, $d = 445 \mu\text{m}$, $p = 44 \text{ Torr}$

Bu kararsızlıklar gaz boşalması *GaAs* daki taşıma özellikleri görüntülemeye hizmet ederken, yarıiletken elektrodun lineersizliğinden meydana gelmektedir. Elektriksel bölge kararsızlıklarının yarıiletken elektrotta elektrotun *N*-tipi *I-V* karakteristiğine sebep olduğu [40] da belirtilmektedir. Bu tip taşıma lineersizliğinin *SI GaAs* da (bak [41]) yüksek elektrik alan bölgelerinin yayılmasından sorumlu olduğu bilinmektedir.

Sunulan karakteristikler düzlemsel yapının yarıiletken bileşeninin negatif diferansiyel direncinin varlığını kanıtlar.

Yarıiletken kristallerin *EL2* merkezleri olarak adlandırılan derin elektronik kusurlarla katkılanması nedeniyle oda sıcaklığında yüksek bir dirence sahiptirler. Bu kusurların varlığının materyalin *N*-tipi *NDD* sine ve sonuç olarak örneğe yeterince yüksek genlikli bir dc-voltaj uygulandığında akımda kararsızlıklara yol açar. Bu etki, yüksek elektrik alanlarda kinetik enerjileri arttığı zaman, yük merkezlerinin tuzaklama verimliliğinin artması ile kontrol edilir. Kararsızlıklar, örnek içindeki yüksek elektrik alanlı bölgelerin oluşumu, hareketi ve bozulması ile alakalıdır .

Yarıyalıtkan GaAs materyallerinde derin vericilerin varlığı *EL2* merkezleri olarak bilinir ki bu Fermi seviyesini band aralığının ortalarına kaydırır ve yüksek elektriksel dirence ($10^7 \div 10^8 \Omega$) neden olur. Çünkü, *EL2* merkezleri bir çok elektriksel ve optiksel mekanizmalara (fiziksel olaylar) katkıda bulunurlar. Bunlar GaAs' ın elektriksel parametrelerinin uzaysal olarak değişmesinde baskın rol oynarlar. Bu bölümde deneylerimiz boyunca *NDD* kararsızlıkları ile ilgili elde ettiğimiz sonuçlar şu şekildedir:

- Grafikler incelendiğinde voltaj artışı ile akımda hafif bir azalmanın kaydedildiği görülmektedir. Sunulan karakteristikler yarıiletken bileşenin negatif diferansiyel direncinin varlığını kanıtlar.
- Kritik voltaj değerleri V_c basıncın artmasıyla artmaktadır, Çizelge 3.2'de gösterildiği gibi, ayrıca aydınlatma şiddetine bağlı olarak da V_c değişmektedir.
- *NDD* karakteristikleri GaAs fotodedektörün lineersizliğinden kaynaklanmaktadır; halbuki gaz boşalması GaAs fotodedektörün taşıma özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir.

- Genel olarak $p = 28 \div 100$ Torr aralığında $d = 323 \div 525$ μm lik elektrotlar arası mesafe için $D = 5 \div 22$ mm lik elektrot çaplarında yarıiletkenin *NDD* karakteristikleri elde edilmiştir. Dikkat edilirse aydınlatma şiddetine, basınca ve yarıiletken elektrodun çapına bağlı olarak bu karakteristikler değişmektedir. Farklı elektrot çapları ve farklı basınçlar için elde ettiğimiz *NDD* grafikleri bugüne kadar yapılan en kapsamlı çalışmadır.
- Diğer yapılan çalışmalardan farklı olarak [42] ilk defa KÖ ışık ile yarıiletken katot aydınlatıldığında yarıiletkenin *NDD* karakteristiklerine rastlanmıştır.
- Uzaysal olarak homojen olmayan akım osilasyonları yarıiletken bileşen tarafından oluşturulur. Bunlar (homojen olmayan akım osilasyonları) gaz boşalma aralığının yok olması durumunda da mevcuttur.
- Çok yüksek olmayan voltaj bölgesinde ($U = 1000$ Volt) çalışıldığı için *NDD* kararsızlıklarına yarıiletken elektrot sebep olmaktadır. Daha yüksek voltajlarda ise kararsızlıklardan hem yarıiletken hemde gaz boşalması sorumludur [33].

3.4.4. Kameralı deneyler

Veri toplama sisteminin yazılımında kamera seçeneği açıldığında uygulanan voltaja karşılık gelen görüntü bilgisayara kaydedilmektedir. Yeni sistemle yalnızca veri toplama sistemini test etme amaçlı deneyler yapılmıştır.

3.5. Eski ve yeni veri toplama sistemleri ile alınan verilerin karşılaştırılması

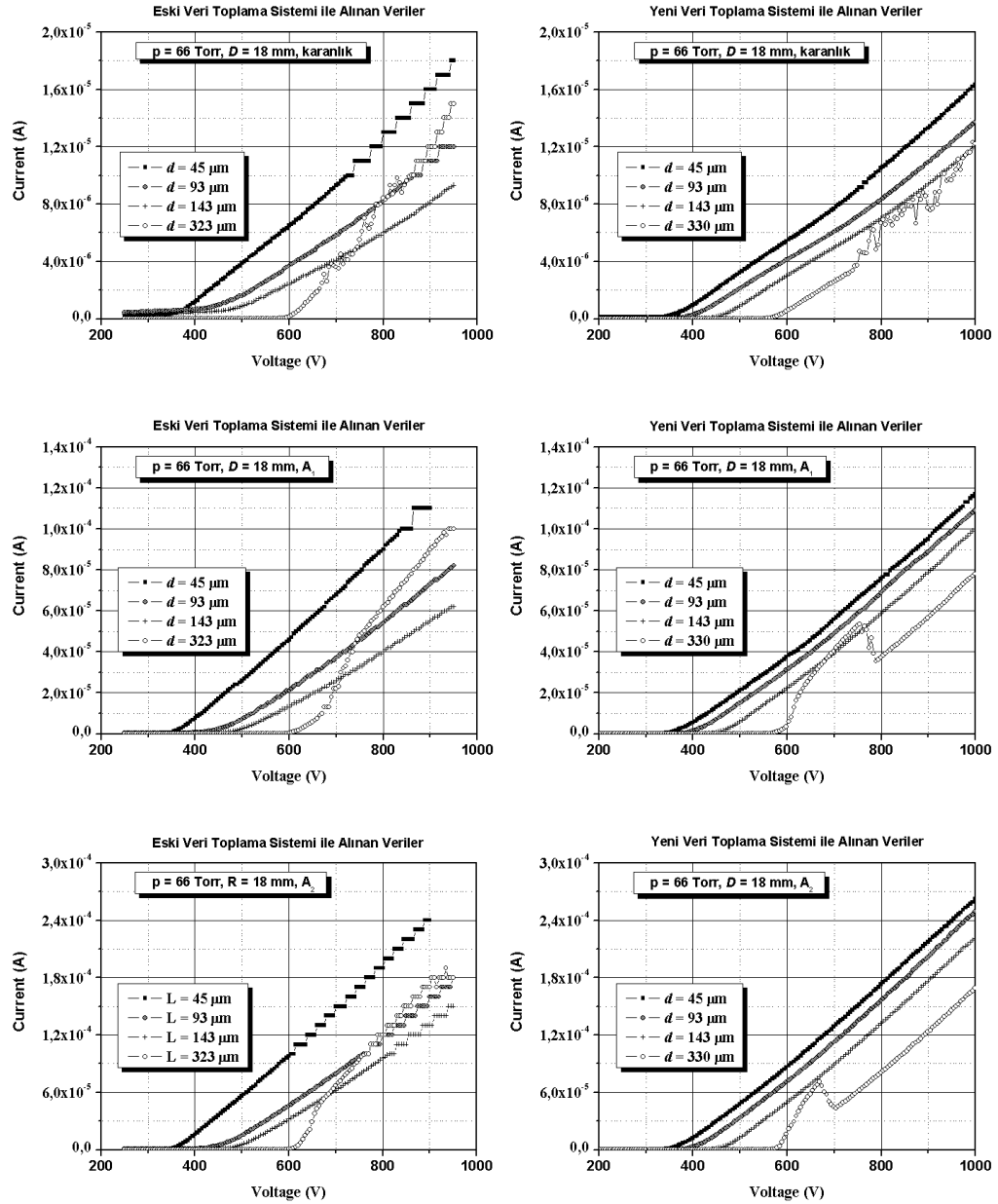
Veri toplama sisteminin verileri uygun şekilde alması daha sonra yapılacak analizler açısından büyük önem taşımaktadır. Veri toplama sisteminin hatasından kaynaklanan yanlış bir ölçüme fiziksel yorum getirmeye çalışmak yanlış fiziksel sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu nedenle veri toplama sisteminin güvenilirliği önemlidir.

Aşağıdaki üç grafik kızılötesi görüntü çeviricinin eski veri toplama sistemi ile alınmış verilerden oluşturulmuştur [25]. Grafikler dikkatlice incelendiğinde akımın artan değerlerinde basamaklı bir yapı gözlenmektedir. Grafiklerden ilk akla gelen sistemin kuantumlu bir davranış sergilediğidir. Ancak daha dikkatli bakıldığında basamaklı yapının birinci grafik için tam olarak 10^{-5} amper, ikinci ve üçüncü grafikler için ise 10^{-4} amperde başladığı ve basamakların ilk grafik için tam olarak $1,0 \times 10^{-5}$ amper, ikinci ve üçüncü grafikler için $1,0 \times 10^{-4}$ amper aralıklarla arttığı görülmektedir. Bu durumda, elde edilen verilerin fiziksel bir anlamının olmasından çok eski veri toplama sisteminden kaynaklanan bir yuvarlama hatası olduğu ihtimali öne çıkmaktadır. Gerçekten de grafiklerin verileri incelendiğinde, ilgili bölgelerde elde edilen sayıların yeterli ondalık sayısına sahip olmadığı görülmektedir (virgülden sonra bir basamak).

Çizelge 3.3. Eski ve yeni sistemlerden elde edilen veriler

Eski sistem	
V (volt)	I (amper)
700	9,3E-6
705	9,4E-6
710	9,6E-6
715	9,7E-6
720	9,9E-6
725	1E-5
730	1E-5
735	1E-5
740	1,1E-5
745	1,1E-5
750	1,1E-5
755	1,1E-5
760	1,1E-5
765	1,1E-5
770	1,1E-5
775	1,2E-5
780	1,2E-5
785	1,2E-5
790	1,2E-5
795	1,2E-5
800	1,3E-5
805	1,3E-5
810	1,3E-5
815	1,3E-5
820	1,3E-5
825	1,3E-5
830	1,4E-5
835	1,4E-5
840	1,4E-5
845	1,4E-5
850	1,4E-5
855	1,4E-5
860	1,5E-5
865	1,5E-5
870	1,5E-5
875	1,5E-5
880	1,5E-5
885	1,5E-5
890	1,6E-5
895	1,6E-5
900	1,6E-5

Yeni sistem	
V (volt)	I (amper)
699	7,67E-6
704	7,8E-6
709	7,93E-6
714	8,05E-6
719	8,17E-6
724	8,31E-6
730	8,44E-6
734	8,57E-6
739	8,7E-6
744	8,83E-6
749	8,97E-6
754	9,15E-6
759	9,15E-6
764	9,51E-6
769	9,51E-6
774	9,77E-6
779	9,9E-6
784	1E-5
789	1,02E-5
794	1,03E-5
799	1,05E-5
804	1,06E-5
809	1,07E-5
814	1,09E-5
819	1,1E-5
824	1,11E-5
829	1,13E-5
834	1,14E-5
839	1,16E-5
844	1,17E-5
849	1,19E-5
854	1,2E-5
859	1,21E-5
864	1,23E-5
868	1,24E-5
874	1,26E-5
879	1,27E-5
884	1,29E-5
889	1,3E-5
894	1,32E-5
899	1,33E-5



Şekil 3.25. Eski ve yeni sistemlerden elde edilen grafikler

Yeni veri toplama sistemi ile aynı koşullar altında elde edilen grafiklerde ise bahsedilen basamaklı yapı görülmemektedir. Aynı şekilde grafikte kullanılan veriler incelendiğinde yeni sistemle elde edilen verilerin virgülden sonra iki basamak duyarlılıkta olduğu görülmüştür (Çizelge 3.3.).

Kullanılan donanım aynı olduğu halde elde edilen sonuçların farklı olması hatanın yazılımdan kaynaklandığını göstermektedir.

Verilerdeki bir diğer fark ise voltaj değerlerinde gözlenmektedir. Eski yazılım gerilim kaynağında ayarladığı gerilimi veri olarak almaktadır. Oysaki ayarlanmak istenen gerilim ile cihazın ürettiği gerilim arasında fark (± 1 volt) olabilmektedir [26]. Bu nedenle yeni yazılım gerilimi tekrar cihazdan okumaktadır.

3.6. Değerlendirme

Yapılan deneyler, bir yandan gaz boşalma sistemi ile ilgili daha fazla bilgiye sahip olmamızı sağlamakla birlikte aynı zamanda veri toplama sisteminin performans sınırlarını ortaya koymuştur. Bu bölümde yeni veri toplama sisteminin avantajları ve yetersiz kaldığı noktalar ele alınacak ve sistem üzerinde yapılabilecek geliştirmelerden bahsedilecektir.

3.6.1 Yeni veri toplama sisteminin avantajları

1. Sistem tek bir bilgisayar ve tek bir yazılım tarafından kontrol edildiğinden uygulanan voltaja karşılık gelen akım ve meydana gelen görüntü aynı anda tespit edilebilmektedir.
2. Geliştirilen ikinci bir yazılım sayesinde KÖ görüntü çeviricinin dinamik süreçlerinin incelenmesi bir başka deyişle uygulanan sabit bir voltaja karşı akım ve ısımanın zamanla nasıl değiştiği gözlenebilmektedir.

3. Yazılım standart bir dil olan C++ ile yazılmıştır ve kaynak kodu bulunduğundan geliştirilmeye açıktır.
4. Yazılım piyasada bulunan ortalama bir bilgisayarda çalışabilmektedir.
5. Ara birim olarak kullanılan GPIB kartları PCI veri yolunu kullanmaktadır. PCI ve GPIB günümüzün standartlaşmış teknolojileri olduğundan meydana gelecek bir arıza durumunda GBIP kart ve kullanılan bilgisayar değişse de sistem aynı şekilde çalışacaktır.

3.6.2 Yeni veri toplama sisteminin yetersizlikleri

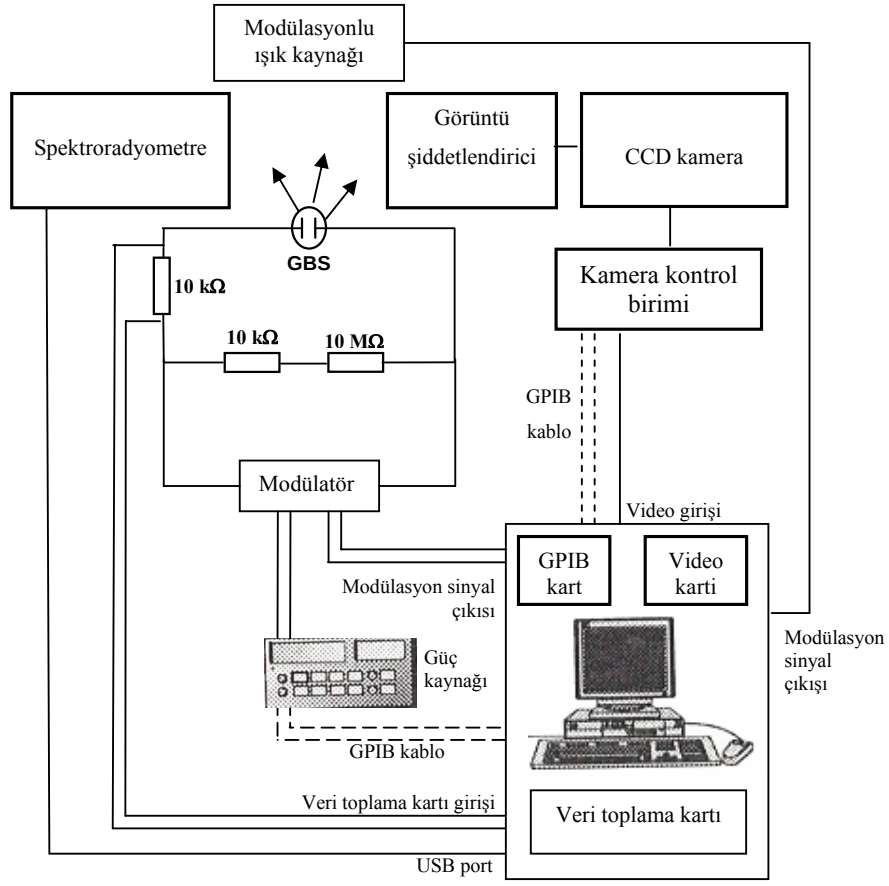
Geliştirilmiş olan veri toplama sistemi yavaş ölçümlerde (~ 1 Hz) başarıyla kullanılmıştır. Bunun dışında yetersizlikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Multimetre ve elektrometrenin tepki süreleri uzun olduğundan hızlı ölçümler yapılamamaktadır.
2. Kameradan bilgisayara görüntü transferi 3 saniye civarında gerçekleşmektedir. Bu ise hızlı değişimlerin kaydedilmesine imkân vermemektedir.
3. Işımanın spektral dağılımını ölçmek eldeki imkânlarla mümkün olmamaktadır.
4. Gerilim kaynağı, hızlı gerilim değişimleri oluşturacak kapasiteye sahip değildir. Bu nedenle KÖ görüntü çeviricinin ani gerilim değişimlerine nasıl tepki gösterdiği ölçülememektedir.
5. Işık kaynağı modüle edilemediğinden KÖ görüntü çeviricinin aydınlatmadaki ani değişimlere karşı tepkisi ölçülememektedir.

3.6.3 Sistemde kullanılabilecek yeni teknolojiler

Veri toplama sistemin güncellenmesi ile eldeki teknik imkanlar sonuna kadar kullanılmıştır. Günümüzde çok daha hassas ve hızlı cihazlar bulunmaktadır. Bu cihazların kullanılması KÖ görüntü çeviricinin karakteristik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Yapılabilecek geliştirmeler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Multimetre ve elektrometre yerine doğrudan bilgisayarın PCI veri yoluna bağlanan yüksek hızlı DAQ (veri toplama) kartları kullanılmalıdır. Bu kartla saniyede 10000 kadar ölçüm alınabilmekte bu ise sistemin zamana bağlı değişimi konusunda ayrıntılı bilgi edinilmesini sağlayacaktır.
2. Aydınlatma şiddetine ve şiddetin ani değişimlerine karşılık sistemin davranışını analiz edebilmek için sistemdeki ışık kaynağı modülasyona sahip olmalıdır.
3. Sistemde kullanılan CCD kameranın bilgisayara görüntü transfer hızı düşüktür ($\sim 0,3$ Hz). Kameranın bilgisayara, video kartı üzerinden bağlanması bu hızı 30 Hz'e yükseltecektir. Bunun yanı sıra CCD teknolojisi son yıllarda çok büyük bir gelişme kaydetmiştir. Spektral aralığı KÖ görüntü çeviriciye uygun daha duyarlı bir başka kamera alınması aynı zamanda 30 Hz'in üzerine çıkılmasını sağlayacaktır.
4. Hücreye uygulanan gerilimin aniden değiştirilebilmesi için bu özelliğe sahip bir gerilim kaynağı kullanılmalıdır. Eldeki kaynak uygun bir anahtarlama devresi ile kare dalga üretecek şekilde modüle edilebilir.
5. Sistemde C++ yerine, daha üst seviye ve kullanımı kolay olan LabView programı kullanılması, daha sonra yapılacak gelişmeler açısından kolaylık sağlayabilir.



Şekil 3.26. KÖ Görüntü çeviricinin planlanan veri toplama sistemi

4. ATLAS DENEYİ TETİKLEME VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ

“PRESERİES” DENEY ORTAMINDA PERFORMANS VE İŞLEVSELLİK ÇALIŞMALARI

2007 yılında başlaması planlanan ATLAS (A large Toroidal AparatuS) deneyi LHC (Large Hadron Collider) üzerindeki dört deneyden biridir [43,44]. Oluşan çarpışma verilerinin hızlı bir şekilde ve kayıpsız olarak sonradan incelenmek üzere depolanması ATLAS/TDAQ (trigger and Data Acquisition) sisteminin görevidir. TDAQ “preseries” ise sistemin bir prototipini oluşturmaktadır. Preseries üzerinde yapılan çalışmalar, son sistemin ihtiyaçlarını ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra TDAQ yazılımı preseries üzerinde denenmiş ve bileşenlerin bir takım konfigürasyon parametreleri optimize edilmiştir [2]. Bu kısımda ATLAS TDAQ sistemi özetlenmiş ve preseries üzerinde yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

LHC

Yüksek enerji fiziğinde dünyadaki en önde gelen araştırma merkezi olan Avrupa Nükleer Araştırma Merkezinde (CERN) inşa edilmekte olan LHC’nin en önemli hedefi, yüksek enerji fiziğinde günümüzdeki bilgiler ışığında cevap verilemeyen birçok soruya cevap aramaktır. LHC şu ana kadar inşa edilmiş olan proton-proton çarpıştırıcılarının hem ışınlığı (luminosity) hem de kütle merkezi enerjisi olarak en büyüğüdür. LHC’de ilk çarpışma 14 TeV’lik kütle merkezi enerjisi ile 2007 yılında beklenmektedir. 2010 yılında da yüksek ışınlık ile çalışmalarına devam ettirilmesi planlanmaktadır.

ATLAS deneyi

ATLAS detektörü radyasyona karşı çok dirençli, ve elektronik donanımı çok iyi olan bir detektördür, ayrıca toroid biçimli yüksek bir manyetik alana (2 T) sahiptir, ve günümüz şartlarının en ileri teknolojisiyle parçaları üretilmektedir. ATLAS detektörünün bu özelliklerine dayanarak 2007’de başlayacak olan deneyde çarpışma sonucunda çıkan bütün önemli olayların gözlenmesi planlanmaktadır. ATLAS

detektörü LHC’de en yüksek ışınlıkta bile çalışabilecek ve LHC’nin sunacağı tüm fizik potansiyeline cevap verecek durumdadır.

LHC’de 7 TeV enerjili protonlar, kütle merkezi enerjisi 14 TeV ve tasarım ışınlık değeri $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olacak şekilde birbiriyle çarpıştırılacaktır. Tam ışınlığa ulaşıldığı zaman her bir paketçik çarpışması başına yaklaşık 22 proton-proton çarpışması meydana gelecektir. LHC’de parçacık fiziğinin standart modelinin duyarlı testleri yapılacak, CP bozulmasının ayrıntıları incelenecek, standart modelde kütle mekanizması araştırılacak (Higgs bozonu) ve yüksek enerjilerde standart model ötesinde yeni fizik (örneğin, süper-simetri, kompozitlik ek uzay-zaman) araştırılacaktır [44].

ATLAS detektörü 42 m uzunluklu ve 11 m yarıçaplı silindir biçimlidir, yaklaşık 7000 ton ağırlığa sahiptir. ATLAS detektörünün koordinat sistemi için, x-ekseni LHC’nin merkezini gösterecek şekilde, z-ekseni demet doğrultusunda ve y-ekseni de yukarı yönde olacak şekilde sağ-el sistemi seçilmiştir. Yatay düzlemde yapılan açı $\phi=0$ pozitif x-eksenine karşı gelir. Kutup açısı θ pozitif z ekseninden itibaren ölçülür. Sanki-hızlılık (pseudorapidity) $\eta = -\log[\tan(\theta/2)]$ ifadesiyle verilmektedir. Enine momentum p_T ise LHC demet eksenine dik momentum olarak tanımlanmıştır.

ATLAS detektörü 4 ana kısımdan oluşmaktadır:

İç İzleyici (inner tracker) detektörler: yüklü parçacıkların momentumunu ölçer; piksel, yarıiletken izleyici (SCT) ve geçiş radyasyonu izleyici (TRT) olmak üzere 3 alt detektörden oluşur. SCT izleyici $|\eta| < 2,5$ sanki-hızlılık bölgesini algılayabilmektedir. TRT izleyici ise $|\eta| < 2,5$ ve $p_T > 0,5 \text{ GeV}$ özellikli yüklü parçacık izlerini algılayabilmektedir.

Kalorimetreler: parçacıkların taşıdığı enerjiyi ölçer; sıvı argon (LAr) kalorimetresi, elektromanyetik (kurşun elektrotlu akordiyon biçimli), uç kısımlardaki hadronik (bakır elektrotlu) kalorimetre, ileri kalorimetre (bakır ve tungsten) ve örnekleyici

olmak üzere daha alt kısımlardan oluşmaktadır. Tile kalorimetresi ise hadronik kalorimetre olarak bilinir, ATLAS dedektörünün orta kısmında silindirik şeklindedir ($r_{iç}=2,28m$, $r_{dış}=4,23m$) ve toplam 10000 algılama kanalına sahiptir. Merkezi bölgeye ($|\eta|<1,7$) gelen hadronları algılayabilir.

Müon spektrometresi: müonlar ile ilgili ölçümleri yapar; müonlar demet ekseninde etrafında üç bölgede ölçülebilmektedir. Bunun için çeşitli müon algılama odaları (MDT, RPC, TGC ve CSC) bulunmaktadır. Orta bölgede $|\eta|<1$ ve uç kısımlarda $|\eta|<2$ için algılama yapabilmektedir. Orta kısımlarda iç içe geçmiş 5m, 7,5m ve 10m yarıçaplı silindirik biçimli ve uçlarda ise orta noktadan z-ekseni boyunca 7m, 10m ve 14m uzaklıkta bulunan üç tabaka bulunmaktadır.

Miknatıs sistemi: momentum ölçümleri için yüklü parçacıkların yörüngelerini bükerek; orta kısımda 2 T magnetik alan oluşacak şekilde tasarımı yapılmıştır. ATLAS toroid magnet sistemi ortada 8 adet kangaldan oluşmaktadır.

4.1. ATLAS TDAQ'ın Amacı ve Genel Yapısı

ATLAS deneyi çalıştığında saniyede yaklaşık 1 000 000 000 çarpışma olacağı öngörülmektedir (40 M demet geçişi /s x 25 çarpışma /demet geçişi) [44]. Bu çarpışmaların bir kısmı bildiğimiz fizik yasaları ile açıklanırken bir kısmı da deneyin asıl yapılma amacı olan araştırılan fizik teorilerine veri oluşturacaktır. Detektörden gelen çarpışmanın ayrıntılarını içeren verinin sonradan incelenmek üzere kayba uğramadan depolanması gerekmektedir. Meydana gelen tüm çarpışmaların depolanması pratik açıdan zor olduğu gibi aynı zamanda gereksizdir. Gerçekleşen çarpışmanın kayda değer olup olmadığına karar verip kayda değer olanları sağlıklı bir şekilde depolamak ATLAS/TDAQ sisteminin görevidir.

ATLAS/TDAQ üç aşamalı bir eleme sistemine sahiptir [43]. Her seviyenin kendine ait fizik algoritmaları vardır. Bu algoritmalar olayın ilginçliğine karar verir. İlginç

olan olaylar bir üst aşamaya aktarılır. Bu aşamalar ve çıkışa aktardıkları olay hızı, sırasıyla:

- 0- Detektör çıkışı (40 MHz) (~75 TB/saniye)
- 1- Seviye 1/Trigger (100 kHz) (~188 GB/saniye)
- 2- Seviye 2 / ROI mekanizması (~3,5 kHz) (6,6 GB/saniye)
- 3- Seviye 3 / Olay seçici (200 Hz) (~400 MB/saniye)

Birinci seviye detektörlere özel elektronik kartlar ve tek kartlı bilgisayarlar üzerindedir. İlginç olabilecek bir olay aldıklarında sistemi tetiklerler. İkinci seviye, gerçekleşen olay verisinin bir kısmını (ROI: Region of Interest) değerlendirir. Burada ilginç olduğuna karar verilen olayın tamamı detektörlerden toplanır ve üçüncü seviyeye gönderilir. Üçüncü seviye, olayın tamamını kullanarak analiz algoritmasını çalıştırır. İlginç olduğuna karar verdiği olayları diske yazdırmak üzere ilgili birime gönderir.

Sistemin genel mantığı bu olsa da, ilgilenilen veri akışının büyüklüğü sistemde bir takım kontrol mekanizmalarını gerekli kılmaktadır. Tüm bu bileşenler ilerleyen kısımlarda ele alınacaktır.

4.1.1. Sistemin bileşenleri

Detektörlere özel elektronik katlar

Alt detektörlerin yapıları birbirlerinden tamamen farklıdır dolayısıyla her biri kendine özel bir ara yüze ihtiyaç duymaktadır. Bu ara yüzün görevi analog olan detektör verisini bilgisayarın anlayacağı sayısal biçime çevirip bir sonraki kat olan ROS'lara (ReadOutSubsystem) iletmektir.

Seviye 1 tetikleyici

Detektörde meydana gelen olayın bir takım parametreleri önceden ayarlanmış bir eşik seviyesinin üzerine çıkınca bu durum sistemde ilginç olabilecek bir olay gerçekleştiği anlamına gelir. Seviye 1 tetikleyicinin görevi bu durumu tespit edip sistemi tetiklemektir. Bu seviye detektörlere özel donanımlardan oluşmakta ve verinin çok hızlı olarak analiz edilmesini sağlamaktadır. Seviye 1'in çıkışı ROIB'e (Region of Interest Builder) gönderilir.

Seviye 2/ROIB

Sistem tetiklendiğinde olayın gerçekten ilginç olup olmadığına seviye 2 bakar. Ancak bir olayın tüm verisi çok büyük olduğundan, seviye 2 olayın tamamı yerine detektörlerin bazılarında alınan ve olayın önemi ile ilgili ipuçları içeren bir kısım veri ile ilgilenir. Verinin bu kısmına ROI adı verilir. L1'den tetiklenen ve tetiklenme bilgisini alan ROIB daha detaylı analiz için hangi ROS'tan hangi kısımların isteneceğini L2SV'ye (Level 2 SuperVisor) iletir. L2SV boş bir L2PU (Level 2 Processing Unit) bulur ve işi ona yükler. ROI verisini alıp kısa analiz yapmak L2PU'ların görevidir.

PC'ler üzerinde bulunan kısım

Sistemin özel tasarım elektronik yerine PC'ler üzerine kurulması, maliyet, esneklik ve basitlik açısından birçok kolaylığı beraberinde getirmektedir. Yazılım üzerinde değişiklik yapmak donanım üzerinde değişiklik yapmaktan kolaydır. ATLAS/TDAQ sistemi detektör çıkış katı hariç, standart PC'ler üzerine kurulmuştur. PC'ler amaçlarına göre değişik konfigürasyonlarda olabilmektedirler. Her birim kendi PC konfigürasyonu ile (işlemci sayısı, bellek miktarı vs.) kendine özgü bir yazılıma sahiptir.

ROS (Read Out subSystem)

ROS'lar, detektörlerden gelen verinin detektörlerin kendilerine has elektronik kısımları geçtikten sonra bilgisayar ortamıyla ilk bulunduğu yerdir. Detektör verisi ROS'larda geçici olarak depolanır. İlginç olan olayların parçaları SFI'lar (SubFarm Input) tarafından ROS'lardan toplanır. İlginç olmayanlar ise DFM tarafından gönderilen "clear" mesajı ile silinir.

ROBIN (ReadOutBufferINput) kartları

Hali hazırda piyasada PC'ler için satılan I/O (giriş/çıkış) kartları hız ve duyarlılık bakımından yeterli olmadığından, sistem için özel tasarım I/O kartlar üretilmiştir. Her kart üç kanal girişe (ROL: Read Out Link) sahiptir.

ROS'un yapısı

Her ROS, 64 bit PCI (Peripheral Component Interconnect) veri yoluna takılı dört adet ROBIN kartına sahiptir. Her ROBIN kartı 3 kanal olduğundan bir ROS 12 kanala sahiptir. ROS'lar ROBIN kartlarının ROL'larından aldıkları detektör verisini depolarlar ve gigabit ethernet üzerinden çıkışa verirler. Dolayısıyla ideal durumda bir ROS'un çıkışı kapasitesi (Saniyede çıkışa verdiği veri miktarı T_{put}) gigabit Ethernet'in hızı (1 Gbit $\approx$ 128 MB) ile sınırlı olmalıdır. (gigabit ethernet veri yolu, saniyede 1 gigabit veri aktarma kapasitesine sahiptir). Ancak başta ROS CPU'sunun sınırı ve ROBIN kartlarının performans sınırı olmak üzere birçok parametre ROS'un performansını etkilemektedir.

L2SV (Level 2 SuperVisor)

L2SV, ROIB'den (ROI Builder) gelen ROI'leri L2PU'lara incelenmek üzere paylaşır. L2PU'lar kararlarını L2SV'ye bildirirler. L2SV kararı DFM'e (Data Flow Manager) bildirir.

L2PU (Level 2 Processing Unit)

ROI verisi ve ilgili kısımlarını ROS'lerden aldıkları olayların ilginç olup olmadığına karar verirler ve karar sonucunu L2SV'ye bildirirler.

DFM (Data Flow Manager)

L2SV'dan gönderilen karar olumlu ise yani olay ilginç ise SFI'lara olayın tamamını ROS'lerden toplama mesajını yollar. Olay ilginç değilse ROS'lara o olayın silinmesi mesajını yollar.

SFI (Sub Farm Input)

İlginç olan olayın tüm parçalarını ROS'lerden toplarlar ve tek bir dosya haline dönüştürürler ve EFP'ye (Event Filter Processor) yollarlar.

EFP (Event Filter Processor)

EFP'ler, SFI'lardan aldığı olayların ilginç olup olmadığına karar verirler ve ilginç olayları diske yazmaları için SFO'lara (SubFarm Output) gönderirler.

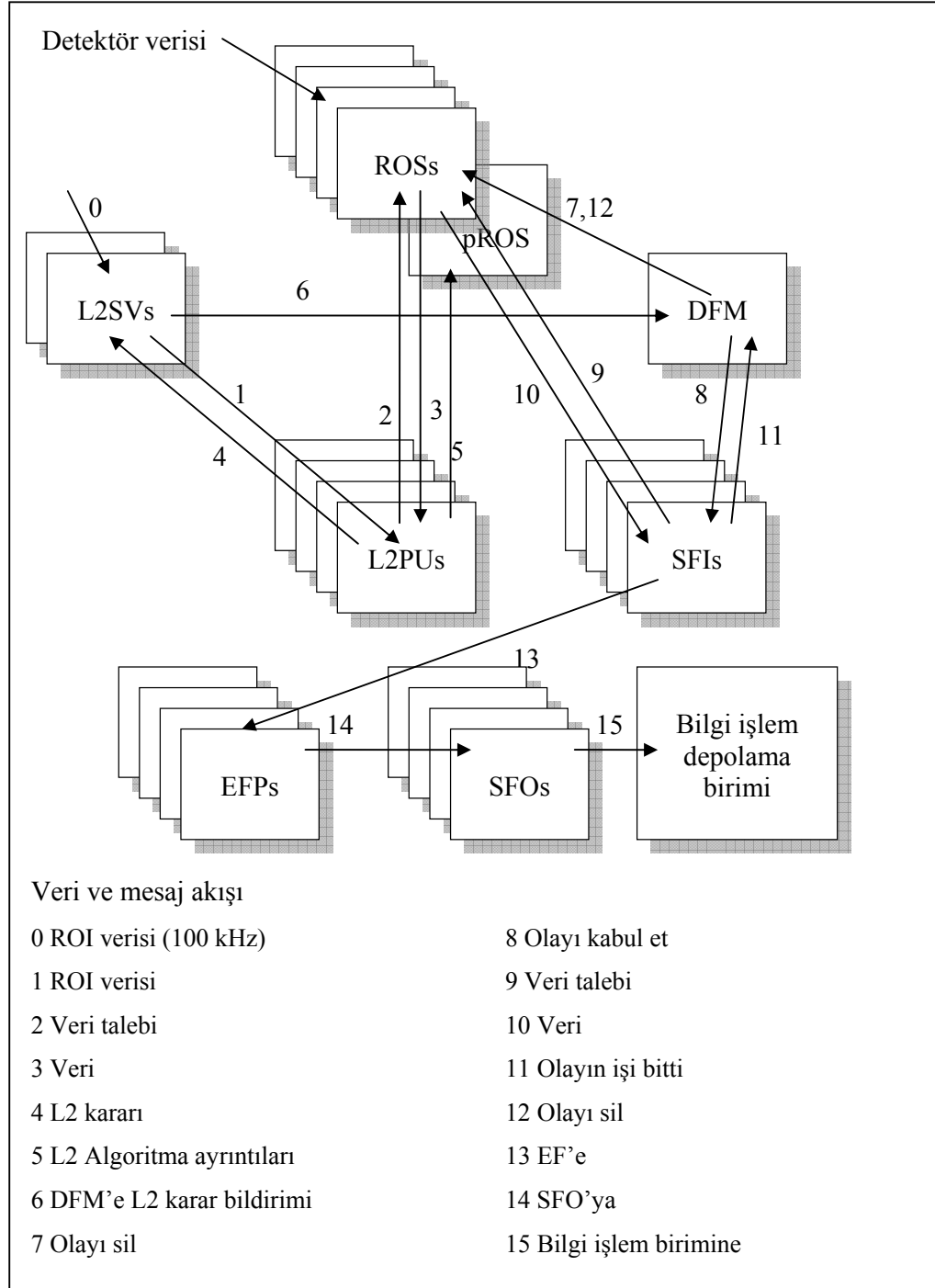
pROS (Pseudo ROS)

Bir olayın L2PU'lar tarafından ne için ilginç bulunduğu algoritma detayını tutarlar. SFI'lar ROS'lerden olay verisini alırken, olayla ilgili algoritma detayını da pROS'tan alırlar ve olay dosyasına eklerler.

SFO (Sub Farm Output)

EFP'nin ilginç bulduğu olayları depolama ortamına yazmakla görevlidirler. SFO'ların kapasiteleri 24 saat ile sınırlıdır. Bu yüzden yazdıkları verileri CERN Bilgisayar Merkezi'ndeki depolama birimlerine yollarlar.

4.1.2. Sistemin çalışması



Şekil 4.1. ATLAS/TDAQ'ın çalışması

Detektörlerden gelen olay verisi ROS'larda depolanır. Aynı anda ROIB ilginç olabilecek olayların kimlik numaralarını ve niçin ilginç olduğunun ayrıntısını L2SV'a iletir (0). L2SV bu numaraları L2PU'lara incelenmek üzere dağıtır (1). L2PU'lar ROS'lardan ilgili numaralı olayların incelenecek kısımlarını isterler (2). ROS'lar bu kısımları L2PU'lara gönderirler (3). L2PU olayın ilginç olup olmadığına karar verir (10 ms içinde) ve bu kararını L2SV'a (4) ve algoritma ayrıntılarını ise pROS'a bildirirler (5). L2SV, L2 kararını DFM'e bildirir (6). DFM ilginç olmayan olayları temizlemek için ROS'lara "temizle" mesajı yollar (7). İlginç olan olayların tüm kısımlarını toplamak üzere SFI'lara paylaşır (8). SFI'lar ilgili olayın tüm verisini ROS'lardan isterler (9). ROS'lar bu veriyi gönderirler (10). Olay tek bir dosya haline geldikten sonra SFI'lar DFM'e olayın işinin bittiğini bildirirler (11). DFM ROS'lara o olayın "temizle" mesajını yollar (12). SFI'lar birleştirdikleri olayları üçüncü asama olan "olay süzgeci"ne (Event filter) yollarlar (13). Olay süzgeci üzerindeki fizik algoritmaları çalıştırır ve olayın ilginç olup olmadığına karar verir. İlginç olmayanları siler ve ilginç olanları depolanmak üzere SFO'lara gönderirler (14). SFO'lar geçici depolama alanlarıdır. SFO'larda depolanan veriler, IT bölümündeki depolama alanına gönderilirler (15).

4.1.3. Preseries deney ortamı

ATLAS/TDAQ oldukça büyük bir veri toplama sistemidir. Son sistemde yaklaşık 3000 bilgisayar görev alacaktır. Böyle bir sistemin tek aşamada kurulup çalıştırılması yerine son sistemin yaklaşık %10'unun prototip olarak kurulması, test ve geliştirme işlemlerinin bu sistemde yapılması ve bu sistemde tecrübe kazanılması düşünülmüştür. Bu sistem "preseries" olarak adlandırılmıştır. Preseries bir yandan son sistemin ihtiyaçlarının belirlenmesini sağlarken bir yandan da TDAQ yazılımının geliştirilmesi için gerekli alt yapıyı sağlamaktadır. Bununla birlikte ATLAS/TDAQ'ta kullanılan bilgisayar sistemlerinin yönetim sisteminin oluşturulması yine 'preseries' ile mümkün olmuştur [45]. Sistem çalıştığında ise sistemde yapılacak geliştirmeler ve eklenecek yeni donanımların test edilmesi "preseries" ile mümkün olacaktır. Preseries donanımı EK 1'de verilmiştir.

4.2. Sistem Üzerinde Yapılan Çalışmalar

4.2.1. ROS çalışmaları

Detektörden gelen olay bilgileri, detektörlere özel elektronik kısımlardan çıktıktan sonra detektörün tipinden bağımsız olarak, ROS’larda geçici olarak depolanmaktadır. Olay bilgisinin PC’lerle ilk buluşma noktası ROS’lardır. ROS’ların saniyede 100 kHz ile gelen olay verisini alıp kendisine gelen L2 ve EB taleplerini karşılayacak performansa sahip olması gerekir. Sistemin diğer bileşenlerinin (SFI, L2PU gibi) sayıca artması işlem gücünü arttırmaktadır. Ancak her bir ROS detektörün belli bir kısımdan sorumlu olduğu için sistemdeki ROS sayısını arttırmak mümkün değildir.

ROS’un RH parametresinin en iyi değerinin bulunması

ATLAS TDAQ bileşenlerinin yazılımları *çok kanallı* (multi threaded) yazılımlardır. Bunun anlamı bir bilgisayarda aynı yazılımın birden fazla kopyasının çalışabilmesidir. ROS yazılımının her bir kopyası *request handler* adını almaktadır. Bir ROS’ta çalışan RH sayısı arttıkça sistem daha hızlı tepki verir hale gelmeye başlamaktadır. Bununla birlikte RH sayısının artması sistem kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı performansın düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle RH parametresinin en iyi değerinin bulunması gerekmektedir.

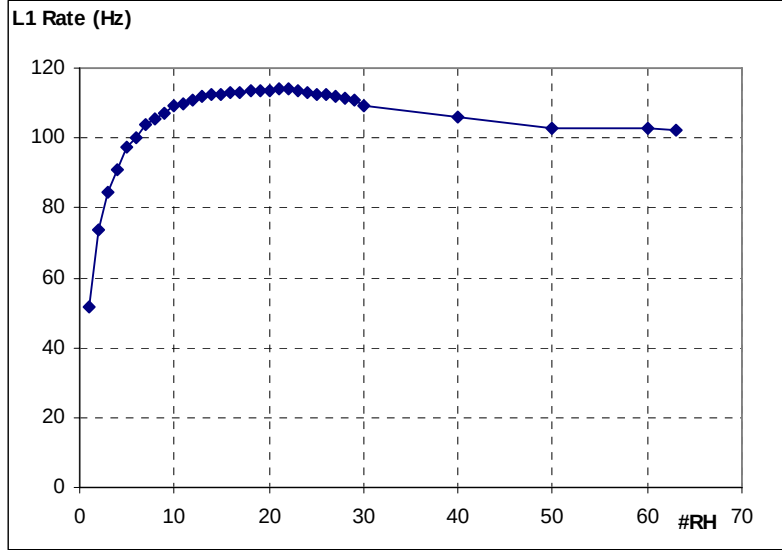
Deney düzeneği

Bu çalışma özellikleri aşağıda verilmiş olan “aday ROS” üzerinde gerçekleştirilmiştir. Son sistemde ROS olarak bu bilgisayar kullanılacaktır.

ROS	: pcatdroscandidate1
CPU	: Intel Xeon 3.40GHz
RAM	: 512 MB

Gözlemler

RH sayısının değişen değerlerine karşılık elde edilen L1 Rate değerleri aşağıdaki grafiği vermiştir.



Şekil 4.2. RH değerinin optimizasyonu

Sonuç

Bahsedilen ROS için en iyi RH değeri 22 olarak tespit edilmiştir. Bu değer kullanılan bilgisayarın çok görevlilik (multitasking) performansı ile ilgilidir. Bu nedenle bilgisayarın çok görevlilik performansını değiştirebilecek donanımsal bir değişiklik RH değerinin de değişmesine sebep olacaktır.

Çeşitli koşullardaki ROS'ların performansları

ATLAS/TDAQ tasarlanırken neyle karşılaşılacağını önceden kestirmek için sürdürülen en önemli çalışmalardan biri “paper model”dir. Paper model adından da anlaşılacağı gibi sistemin kağıt üzerindeki hesapları anlamına gelmektedir. Model bize, ROS'ların performans ihtiyaçları da dahil sistemle ilgili birçok şey

söylemektedir. Detektörde meydana gelecek olan fiziksel olaylar, paper model’de hesaplanmakta ve nasıl bir geometrik dağılıma sahip olacağı hesaplanmaktadır. Olayların geometrik dağılımları ise ROS’lara düşecek olan yük hakkında ayrıntılı bilgi sağlamaktadır.

Detektörlerden 1650 uç (ROL ReadOutLink) ROS’lara gelecektir ve son sistemde 160 ROS kullanılması planlanmaktadır. Her ROS 12 giriş kanalına sahip olduğundan ($160 \times 12 = 1920$ ROL) bazı ROS’ların tüm kanalları kullanılmayacaktır. Bazı detektörler ve bunlara bağlı olan ROS’lar diğerlerine göre daha fazla yüke sahiptir. Bu ROS’lara daha bağlantı yapıp bunların yükünün hafifletilmesi düşünülmektedir.

“Paper Model”e göre her ROS farklı L2 talebi ile karşılaşacak ve bundan dolayı üzerine binen yük de farklı olacaktır. Her ROS üzerine düşen yükü karşılamalıdır.

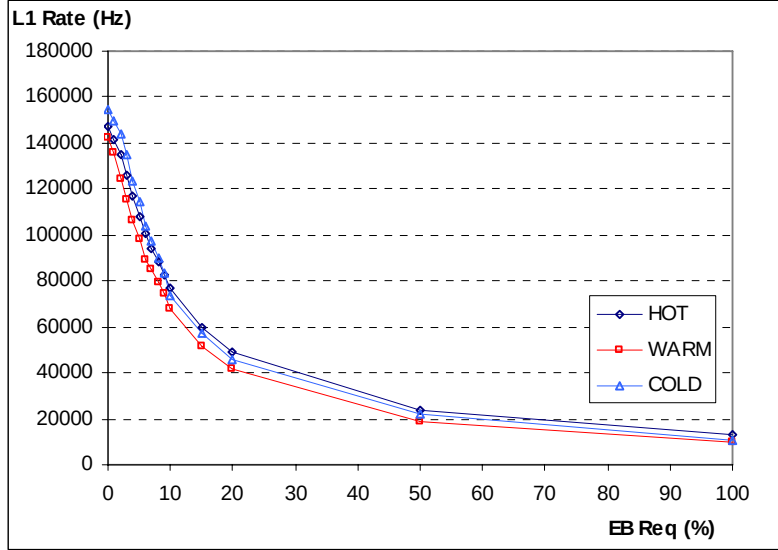
Deney düzeneği

Modele göre (cold, warm, hot) olmak üzere üç adet ROS seçilmiştir. Bunların özellikleri çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.1. Detektördeki farklı ROS’ların özellikleri

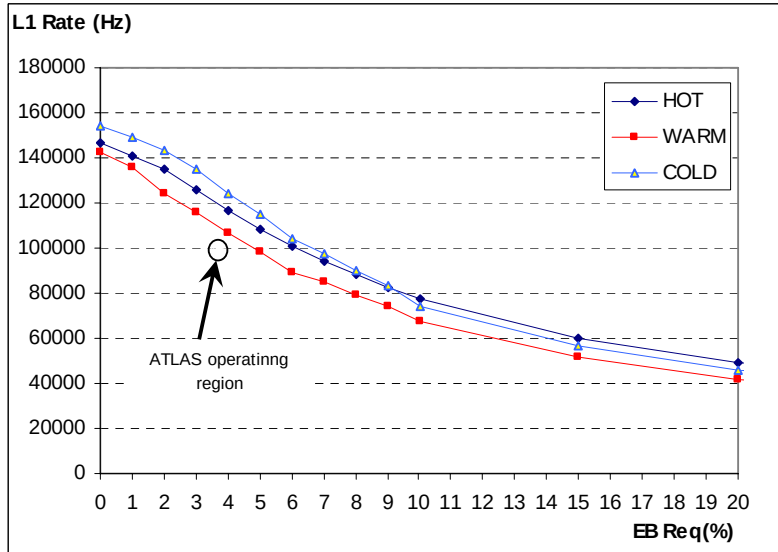
	HOT ROS	WARM ROS	COLD ROS
numberOfChannels	10	12	12
l2RequestFraction	3,3	1,8	1,3
probRols#1	32	54	39
probRols#2	22	30	53
probRols#3	29	12	3
probRols#4	11	3	4
probRols#5	3	0	0
probRols#6	3	1	1
probRols#7	0	0	0
probRols#8	0	0	0
probRols#9	0	0	0
probRols#10	0	0	0

Gözlemler



Şekil 4.3. Farklı ROS'ların performans eğrileri

Aşağıdaki grafik seçilmiş ROS'ların %20'ye kadar olan EB talebine karşılık L1 rate'lerini göstermektedir.



Şekil 4.4. Farklı ROS'ların performans eğrileri ve ATLAS çalışma bölgesi

Sonuç

Grafikten de görüldüğü gibi seçilmiş olan ROS'lar ATLAS çalışma şartının (100 kHz L1, 3,5 kHz EB) üzerindedir. HOT ROS 10 kanala sahip olduğundan EB talebinin yüksek değerlerinde WARM ROS'tan daha yüksek performans sergilemiştir. ATLAS çalışma bölgesi şu anki fizik anlayışımızla yeni fizik olaylarının tahmin edilmesi anlayışına göre tespit edilmiştir.

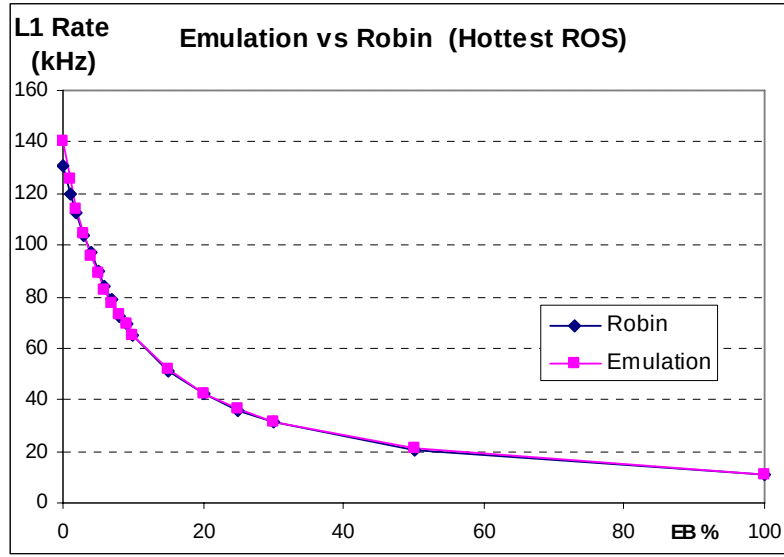
Emulasyon ve donanım ROBIN'in karşılaştırılması

Sistemde kullanılan tüm donanımların emülasyonları bulunmaktadır. ROS üzerinde bulunan ROBIN kartlar da emüle edilebilmektedir. Dolayısıyla ROS'lar, üzerlerinde ROBIN kartlar olmadan da test amaçlı olarak sistemde kullanılabilirler. Bu nedenle emülasyon ile yapılan testlerin güvenilirliği açısından emülasyon performansı önemlidir.

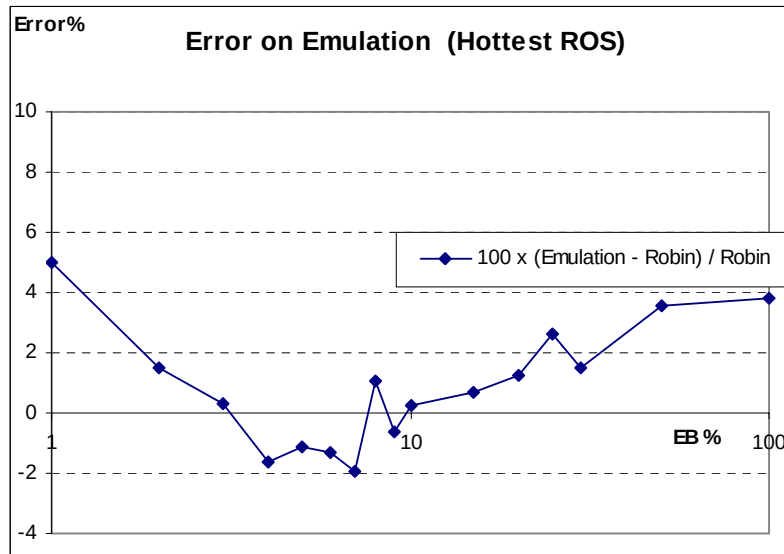
Deney düzeneği

ROS, aynı koşullar altında ROBIN kartları ile ve emülasyon modunda çalışmıştır.

Gözlemler



Şekil 4.5. Donanım ve emülasyon ROS'un karşılaştırılması



Şekil 4.6. Emülasyon ROS'taki hata

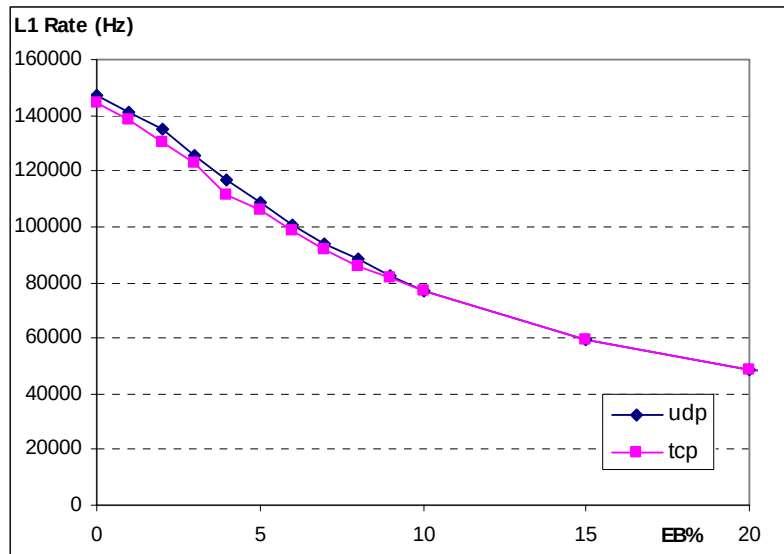
Sonuç

Düşük EB rate'ler için emülasyon performansı arttırılabilir. Bununla birlikte mevcut emülasyon yaklaşık %4 hata ile donanım yerine kullanılabilir.

Farklı ağ protokolleri ile ROS performansı

Sistemde kullanılması muhtemel iki ayrı ağ protokolü vardır. Bunlardan biri tcp diğeri ise udp'dir. Çalışmanın amacı bu protokollerin performansa olan etkisini incelemektir.

Gözlemler



Şekil 4.7. tcp ve udp için ROS performansı

Düşük EB oranlarında udp'nin daha hızlı olduğu görülmektedir.

Sonuç

Tcp, veri iletişiminin güvenliği için verinin iletilip iletilmediğine dair kontrol mesajları içeren bir ağ protokolüdür. Bu nedenle udp'ye göre yavaştır. Ancak aynı zamanda TDAQ yazılımları veri kaybına karşı yeniden sorma (re-ask) mekanizması içermektedir. Veri güvenliği yeniden sorma mekanizması ile sağlanırken udp kullanılması sistemin daha hızlı çalışmasına sebep olmaktadır.

4.2.2. EB çalışmaları

L2 tarafından kabul edilen olayların tüm kısımları ROS'lardan SFI'lar tarafından toplanmaktadır. Buna *olay yapımı* (event building) denmektedir. EB çalışmaları için L2 katı iptal edilmiş ve tüm olaylar L2 tarafından kabul edilmiş gibi toplanmaktadır.

En iyi TS değerinin bulunması

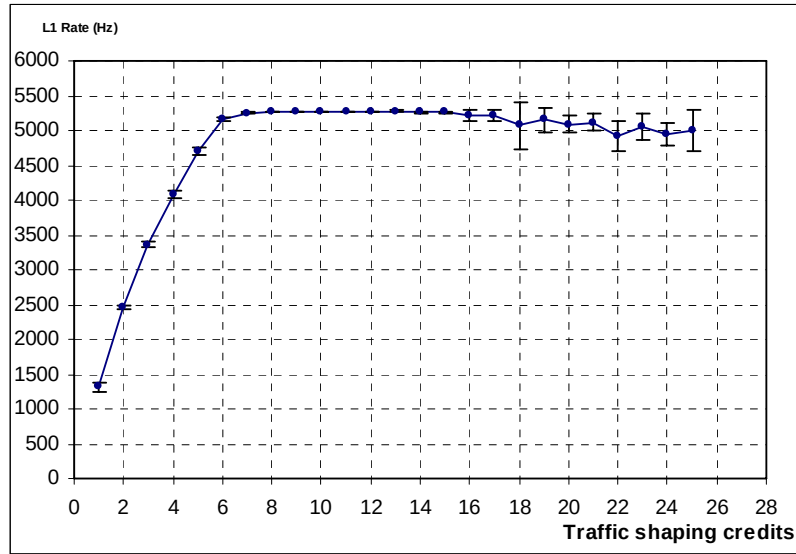
TS (Traffic shaping) SFI'ların aynı anda kaç ROS'tan veri isteyeceği anlamına gelmektedir. Ağın verimli ve aşırı yükleme olmadan kullanılması için bu parametrenin optimize edilmesi gerekmektedir.

Deney düzeneği

#ROS	: 11
#SFI	: 6
#L2PU	: 0
#L2SV/#L2PU	: N/A
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: N/A
TS değeri	: X eksen
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: N/A

RH değeri : N/A
 ROSlar : Emülasyon
 Parça boyutu : 1 KB

Gözlemler



Şekil 4.8. TS parametresinin optimizasyonu

TS'in 8 ilâ 15 aralığında olması en iyi performansı sağlamıştır. 5,3 kHz ise SFI'ların ağ limitidir.

$$T_{put}(kB/s) = EB \text{ Rate}(Hz) \times (\#ROS \times (\#ROL \times Par\{\c{a}Boyutu(kB)) + Ba\{\c{s}lıkBoyutu(kB))$$

$$SFI's \ T_{put} = Systems \ T_{put} / \#SFI$$

$$T_{put}(kB/s) = EB \text{ Rate}(Hz) \times (\#ROS \times (\#ROL \times Par\{\c{a} \text{ boyutu}(kB)) + Ba\{\c{s}lık \text{ Boyutu}(kB))$$

$$= 5300 \times (11 \times ((12 \times 1) + 0,4))$$

$$= 722920 \text{ kB/s}$$

$$\begin{aligned}
\text{SFI's Tput} &= \text{Systems Tput} / \text{\#SFI} \\
&= (722920 \text{ kB/s}) / 6 \\
&\sim 120000 \text{ kB/s (ağ limiti)}.
\end{aligned}$$

Sonuç

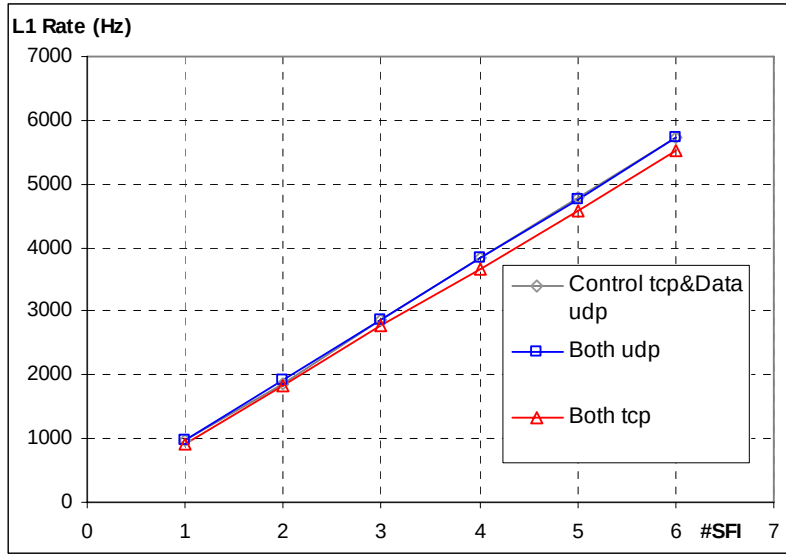
Sistem TS 8 değerine ulaştınca doyuma ulaşmaktadır, 15'ten sonra ise kararsızlaşmaktadır. Bu nedenle 8 ~ 15 aralığı TS'nin en iyi olduğu aralıktır.

Çeşitli ağ protokolleri için EB performansı

Ağ protokollerinin EB sistemin performansına olan etkisini gözlemek bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Deney düzeneği

#ROS	: 11
#SFI	: X eksen
#L2PU	: 0
#L2SV/#L2PU	: N/A
Ağ protokolü	: Grafikte
L2 kabul oranı	: N/A
TS değeri	: 8
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSlar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 KB



Şekil 4.9. Çeşitli ağ protokolleri kombinasyonları için EB performansı

Gözlemler

Veri transferi için tcp yerine udp kullanılması performansın artmasına sebep olmuştur. Kontrol mesajları verilere göre kısa olduklarından bunlarda kullanılan protokol sistem performansına yansımamıştır. Bu grafik ayrıca EB sisteminin ölçeklenebilirliğini göstermektedir. SFI sayısının artması sistem performansını lineer olarak etkilemektedir.

Sonuç

Verilerin udp ile kontrol mesajlarının tcp ile gönderilmesi performans ve güvenlik açısından en iyi sonucu verecektir.

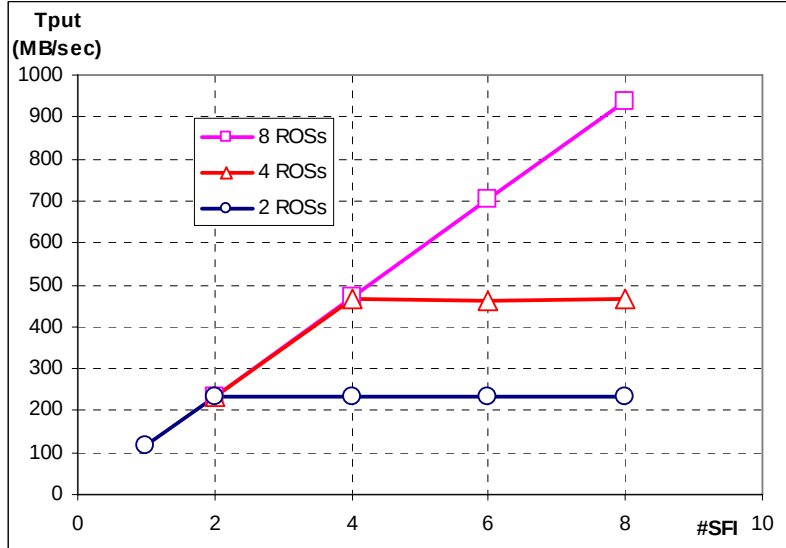
Çeşitli ROS sayılarına karşın SFI performansı

ROS'lardan olay parçalarının toplanması SFI'ların görevidir. Çalışmanın amacı değişik ROS ve SFI sayılarına karşılık sistemin çıkışı (Throughput: Tput) gözlemektir.

Deney düzeneği

#ROS	: Grafikte
#SFI	: X eksen
#L2PU	: 0
#L2SV/#L2PU	: N/A
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: N/A
TS değeri	: 8
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: N/A
RH değeri	: 16
ROSlar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler



Şekil 4.10. EB performansının ROS sayısına bağıllığı

Sistemin artan SFI sayısı karşısındaki davranışı lineerdir. Sistem ROS sayısı ile sınırlıdır.

Sonuç

Grafikğin lineer olması sistemin ölçeklenebilirliğini göstermektedir. Ekstrapolasyon yapılarak ilgili Tput'a karşılık gelen SFI sayısı bulunabilir.

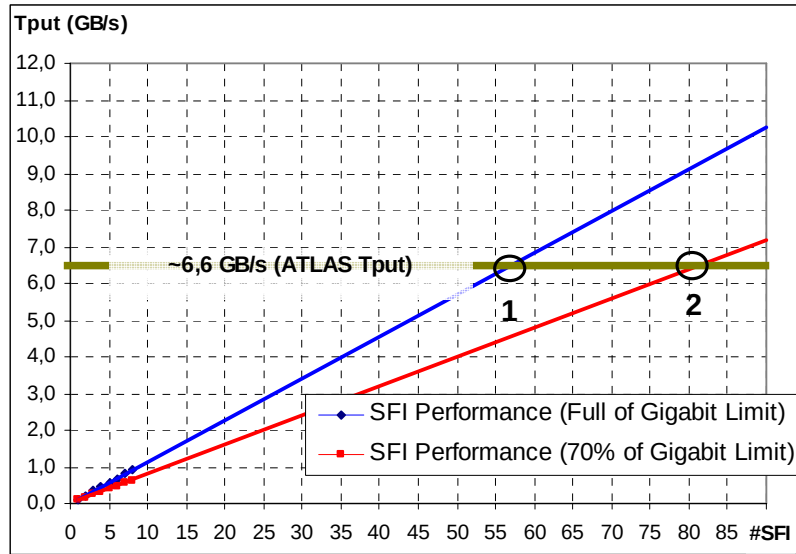
Son sistem için gereken SFI sayısının bulunması

Preseries'in amaçlarından biri de ATLAS/TDAQ'ın son sistem ihtiyaçlarının tespit edilmesidir. EB sistemi, L2'den geçen olayları SFI'lar ile toplamaktadır. SFI sayısının artması EB performansını lineer olarak arttırmaktadır. Son sistemin EB performansı bilindiğinden gerekli SFI sayısını önceden kestirmek mümkündür.

$$T_{p\text{ut}}(\text{kB/s}) = \text{EB Rate}(\text{Hz}) \times (\# \text{ROS} \times (\# \text{ROL} \times \text{Parça boyutu}(\text{kB})) + \text{Başlık Boyutu}(\text{kB})) \quad (4.1)$$

#L2PU : 0
 #L2SV/#L2PU : N/A
 Ağ protokolü : udp
 L2 kabul oranı : %3,5
 TS değeri : 8
 TDAQ sürümü : TDAQ-01-04-00
 #WT değeri : 6
 RH değeri : 16
 ROSlar : Emülasyon
 Parça boyutu : 1 KB

Gözlemler



Şekil 4.11. Gerekli SFI sayısının tespit edilmesi

Bu sistemde SFI'lar Gigabit Ağ hız limitinde (1 Gbit/s = ~120 MB/s) çalışmaktadırlar. Ancak TDR'a göre ağ %70 dolulukla kullanılacaktır [44].

Sonuç

Ekstrapolasyon yapıldığında yaklaşık 57 SFI yeterli olacaktır (grafik üzerinde 1'e bakınız). Ancak ağın %70 dolulukla kullanılması için 80 SFI gereklidir (grafik üzerinde 1'e bakınız).

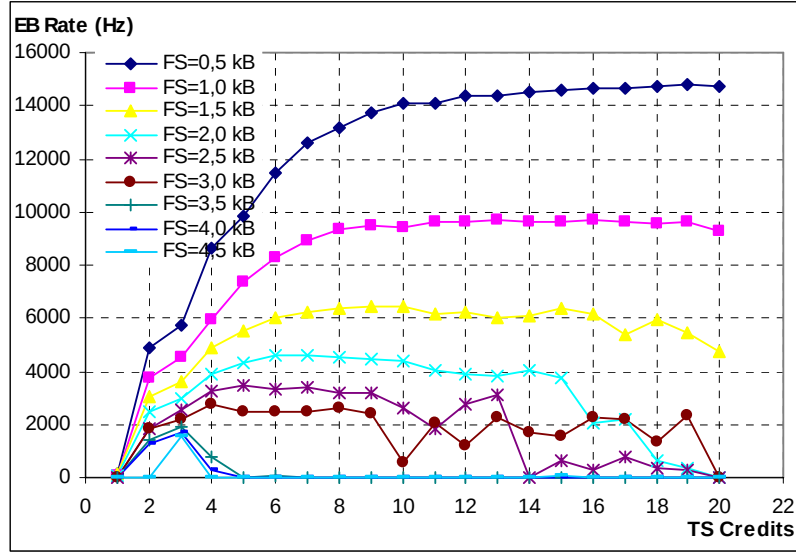
Parça boyutlarına karşılık EB performansı

ATLAS'ta farklı detektörler farklı parça boyutlarına (fragment size: FS) sahiptirler. Çalışmanın amacı farklı parça boyutları için EB performansını gözlemektir.

Deney düzeneği

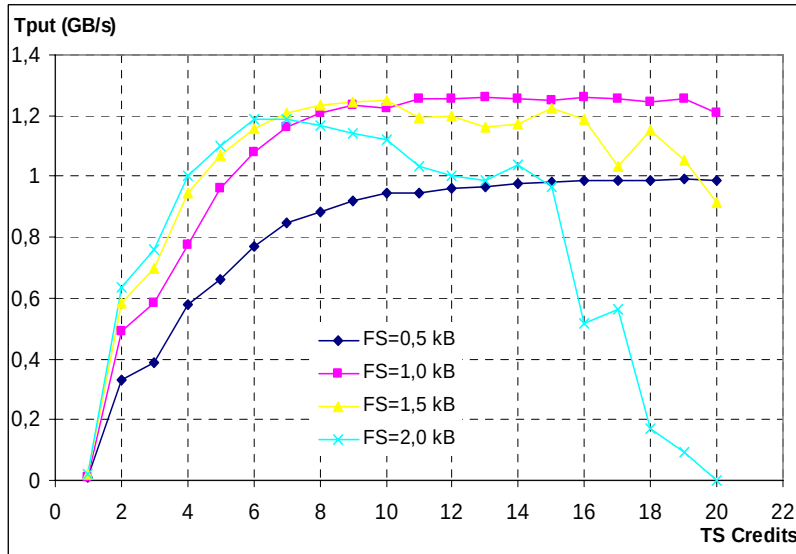
#ROS	: 8
#SFI	: 8
#L2PU	: 0
#L2SV/#L2PU	: N/A
Ağ protokolü	: Udp
L2 kabul oranı	: N/A
TS değeri	: X ekseni
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSLar	: Emülasyon
Parça boyutu	: Grafikte

Gözlemler



Şekil 4.12. Farklı FS'lere karşı EB performansı

Farklı FS'lere karşılık gelen sistem performans eğrileri grafikte görülmektedir. Buna karşılık gelen Tput eğrileri ise aşağıdaki gibidir:



Şekil 4.13. Farklı FS'lere karşı Tput

Sonuç

Çeşitli FS'ler için sistemin problemsiz olarak çalıştığı anlaşılmaktadır.

EB sistemde GC çalışmaları

DFM tarafından ROS'lara gönderilen “olay temizle” mesajı yerine ulaşmadığında, zamanla ROS'lar üzerindeki ROBIN kartlarının geçici bellekleri dolmakta ve bunlar yeni gelen detektör verilerini alamamaya başlamaktadırlar. Bunun için GC (garbage collection) denilen bir mekanizma önerilmiştir [46]. Çalışmanın amacı bu mekanizmanın çalıştığını doğrulamak ve GC eşik parametresinin en iyi değerini bulmaktır.

Deney düzeneği

#ROS	: 1
#SFI	: 2
#L2PU	: 0
#L2SV/#L2PU	: N/A
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: N/A
TS değeri	: 11
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-05-00
#WT değeri	: N/A
RH değeri	: 16
ROSlar	: ROBIN (İç üretici)
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler

ROBIN'ler kanal başına 64 MB hafızaya sahiptir ve bunlar paralel çalışmaktadır.

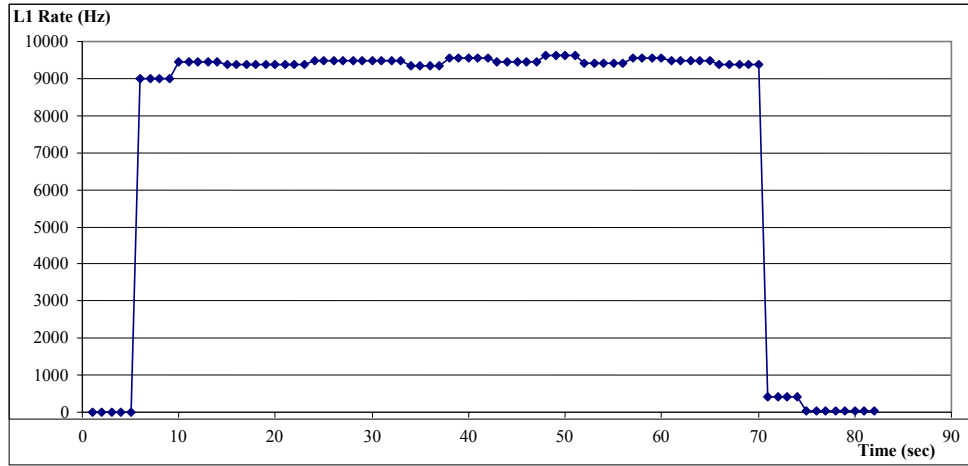
$$64\text{MB} / \text{SayfaBoyutu} = \text{Saklanabilecek parça sayısı} \quad (4.3)$$

SayfaBoyutu = 2kB için:

$$65536 \text{ kB} / 2 \text{ kB} = \underline{32768} \text{ parça hafızada tutulabilir.}$$

Her 100 olay için bir temizle mesajı yollanmaktadır (bu ayarlanabilen bir parametredir).

$32768 / 100 = \sim 327$ temizle mesajı kaybolduğunda sistemde problem oluşmayacaktır.



Şekil 4.14. Temizleme mesajlarının ROS'lara ulaşmaması sonucu sistemin durması

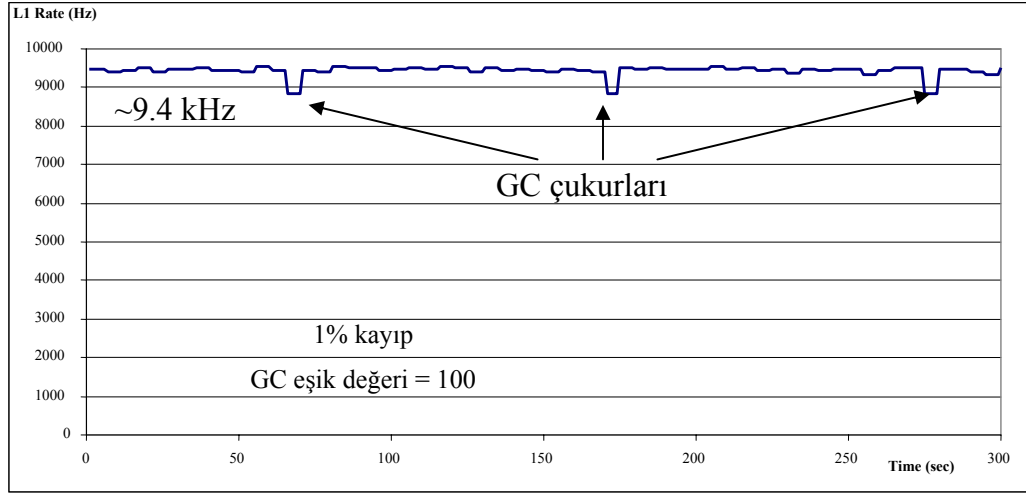
9.6 kHz ROS'un hat hızıdır. %5 kayıp oranı için sistem beklendiğİ gibi çökmüştür.

$$9.5 \text{ kHz} \times 5\% = 425 \text{ Hz} \Rightarrow 425 \text{ olay/saniye}$$

$$\Rightarrow 4.25 \text{ KayıpMesaj/saniye (100 olay/mesaj)}$$

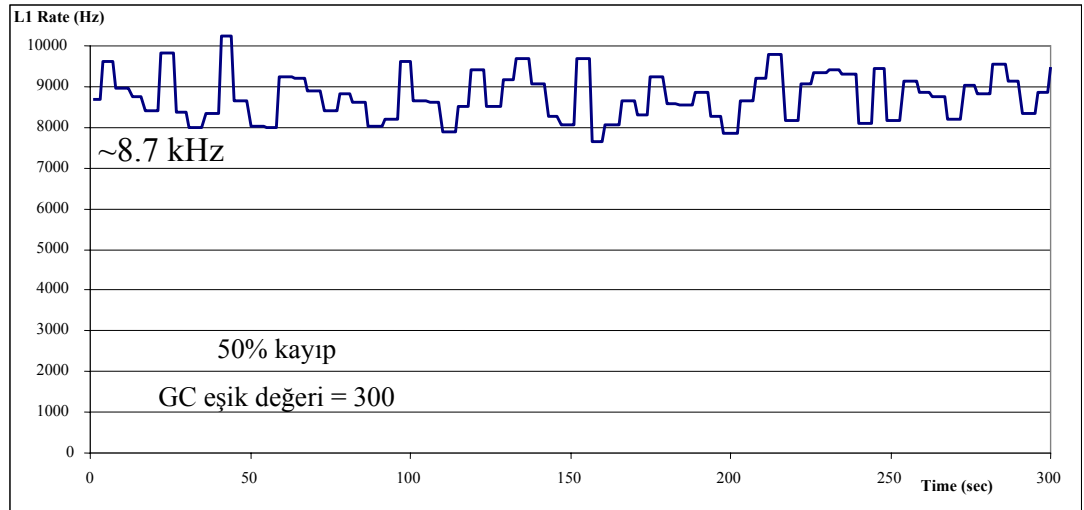
327 izin verilen KayıpMesaj sayısı

$$327 \text{ KayıpMesaj} / (4.25 \text{ KayıpMesaj /saniye}) = 76 \text{ saniye}$$



Şekil 4.15. GC mekanizmasının sistem performansında sebep olduğu düşmeler

GC mekanizması performansta düşmelere sebep olmaktadır çünkü ROBIN hafızasının silinmesi sırasında sistem kaynakları kullanılmakta ve iş yapılmamaktadır.



Şekil 4.16. GC mekanizmasının çalışması ile sistem performansı

Şekil 4.16'da belirtilen sistem üç gün boyunca herhangi bir problem oluşturmadan çalışmıştır.

Sonuç

İzin verilen kayıp mesaj sayısı = ROBIN'in kanal başına bellek miktarı / (SayfaBoyutu x Bir Temizle mesajındaki parça sayısı) olarak verilen sayı aynı zamanda en iyi GC eşik seviyesinin vermektedir. Sistemin güvenliği için bu sayı hesaplanandan düşük tutulmalıdır.

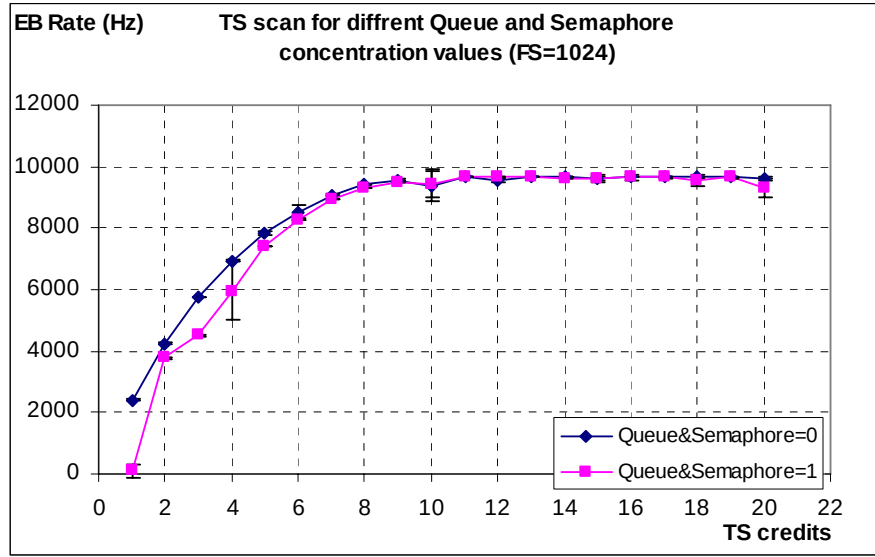
Semafor & Kuyruk değerleri

Eski TDAQ sistemlerinde CPU'nun her an çalıştırılması yerine belli bir miktar talebin toplanması ve hepsi için tek seferde çalıştırılması verimli bir yöntem olarak bilinmektedir (Semaphore & Queue concentration). Çalışmanın amacı mekanizmanın ATLAS/TDAQ'ın performansına etkisini gözlemektir.

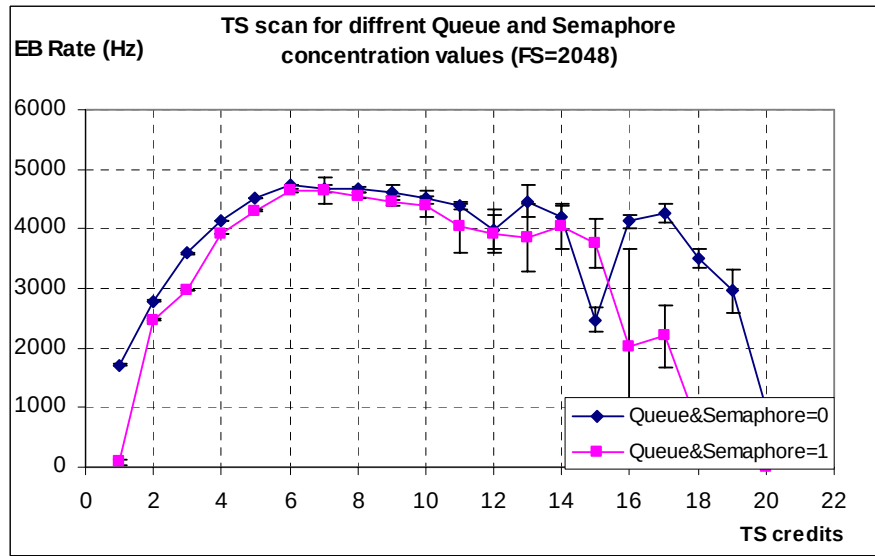
Deney düzeneği

#ROS	: 8
#SFI	: 8
#L2PU	: 0
#L2SV/#L2PU	: N/A
Ağ protokolü	: Udp
L2 kabul oranı	: %3,5
TS değeri	: X eksen
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSlar	: Emülasyon
Parça boyutu	: Grafikte

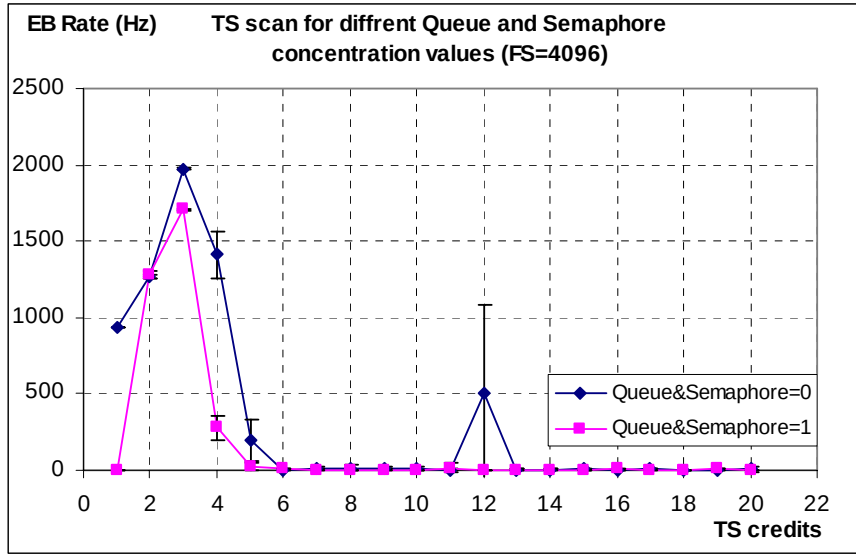
Gözlemler



Şekil 4.17. S&Q mekanizmasının EB performansına etkisi (FS=1024)



Şekil 4.18. S&Q mekanizmasının EB performansına etkisi (FS=2048)



Şekil 4.19. S&Q mekanizmasının EB performansına etkisi (FS=4096)

Sonuç

S&Q mekanizmasının kullanılması performansı düşmesine ve kararsızlıklara sebep olmuştur. Günümüz bilgisayarlarında bu mekanizmanın kullanılması performans artışından çok düşüşüne sebep olmaktadır.

4.2.3. L2 çalışmaları

ROIB tarafından ilginç olabileceği düşünülen olayların parçalarının bir kısmı L2 tarafından değerlendirilecektir. L2SV ve L2PU'lar L2 yu oluşturmaktadırlar. L2SV ROIB'ten aldığı ROI bilgisini o anda boş bulunduğu L2PU'ya analiz etmesi için yollar. L2PU ise üzerinde çalışan fizik algoritmalar sayesinde olayın ilginç olup olmadığına karar verir.

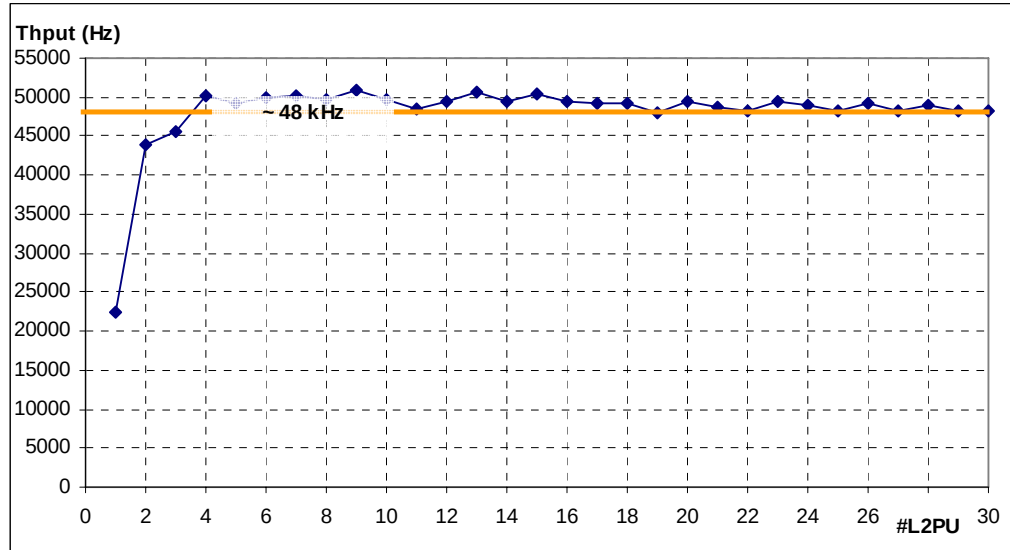
L2SV performansı ve son sistem için gerekli sayının belirlenmesi

Çalışmanın amacı L2SV'nin performans sınırlarını ortaya koymak ve gereken L2SV sayısını belirlemektir.

Deney düzeneği

#ROS	: 11
#SFI	: 0
#L2PU	: X eksen
#L2SV/#L2PU	: 30
Ağ protokolü	: Udp
L2 kabul oranı	: %3,5
TS değeri	: 8
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSlar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler



Şekil 4.20. Bir L2SV'nin performans sınırı

Sonuç

Bir L2SV dört adet L2PU tarafından doyum noktasına ~48 kHz’de ulaştırılmıştır. ALRAS’ın olay frekansının 100 kHz olduğu düşünülürse 3 adet L2SV son sistem için yeterli olacaktır. Ancak sistemin rahat çalışması açısından beş adet L2SV kullanılması planlanmaktadır.

4.2.4. Birleşik sistem çalışmaları (ROS+EB+L2)

ROS’un yanında L2 ve EB’yi aynı anda bulunduran sistemler birleşik (combined) sistem olarak anılmaktadır.

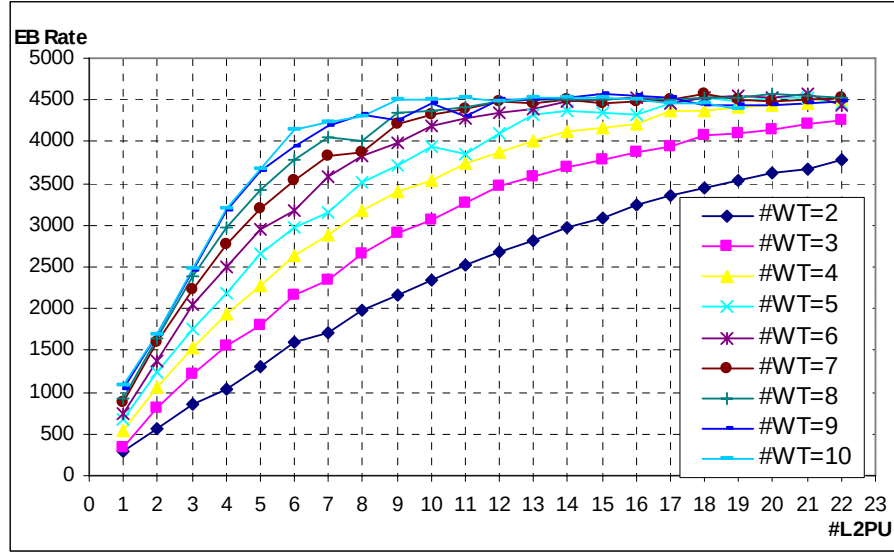
WT parametresinin en iyi değerinin bulunması

Tüm ATLAS/TDAQ uygulamaları gibi çok kanallı olan L2PU’daki her bir kanala WT (worker thread) denmektedir. Çalışmanın amacı en iyi WT değerinin bulunmasıdır.

Deney düzeneği

#ROS	: 8
#SFI	: 8
#L2PU	: X eksen
#L2SV/#L2PU	: 2
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: %3,5
TS değeri	: 11
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: değişken
RH değeri	: 16
ROSlar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler



Şekil 4.21. Farklı WT sayıları için sistem performansı

Sonuç

Artan L2PU sayısına karşılık sistem 6 WT ile doyuma ulaşmaktadır. WT sayısının artması performansta daha fazla artışa sebep olmamaktadır. Bu nedenle 6 en iyi değer olarak seçilmiştir.

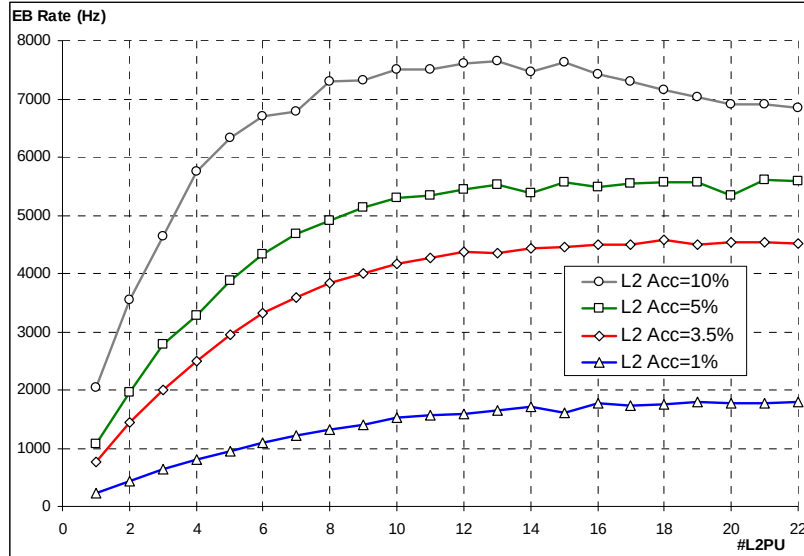
Farklı L2 kabul oranları için EB performansı

TDR'a göre ATLAS'ın EB oranı %3,5 olarak beklenmektedir. Ancak üçüncü seviyede çalışacak HLT (High Level Trigger) algoritmaları henüz tamamlanmadığından sistem daha yüksek kabul oranlarına da hazır olmalıdır. Çalışmanın amacı farklı kabul oranlarına karşılık sistemin davranışını gözlemlemektir.

Deney düzeneği

#ROS	: 8
#SFI	: 8
#L2PU	: X eksen
#L2SV/#L2PU	: 2
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: Grafikte
TS değeri	: 11
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-00
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSlar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler



Şekil 4.22. Farklı L2 kabul oranları için sistem performansı

Grafikte L2PU'nun artan değerlerine karşın %10 L2 kabul oranında performans düşmesi görülmektedir.

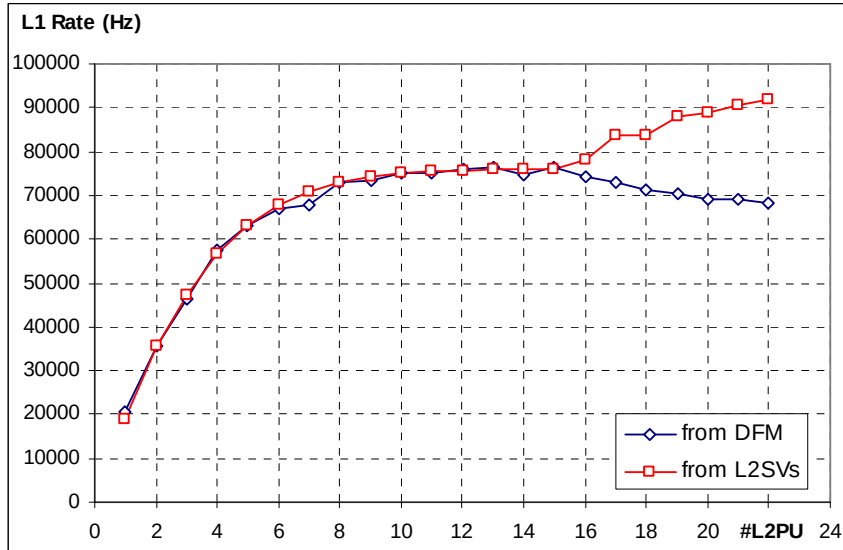
Her bir L2SV kendi L1 Tput'unu vermektedir. Toplam L1 Tput tüm L2SVlerin toplamıdır. Tput ile Rate arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır:

$$\text{Tput} = \text{Rate} \times \text{Olay boyutu}$$

DFM sistemin EB rate'ini vermektedir. L1 rate ile EB rate arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\text{EB Rate} = \text{L1 Rate} \times \text{L2 Kabul oranı}$$

%10 kabul oranı eğrisinin sonundaki performans düşmesini incelemek için L2SV'lerden ve DFM'den hesaplanan L1 rate'leri grafiğe çizdiğimizde sistemin L2 için daha fazla çalıştığı görülmektedir.



Şekil 4.23. EB ve L2 sistemleri arasındaki performans farkı

Sonuç

Eğrilerden görüldüğü gibi bir noktadan sonra sistem EB'den çok L2'ya çalışmaktadır. Problemin ilerleyen bölümlerde çözülecektir. Performans kaybını önlemek için temel TDAQ parametreleri arasında analitik bir formül geliştirilebilir.

$$R_{EB} \equiv acc \times R_{L1}$$

$$R_{L2} = R_{L1}/\#ROS$$

$$EB_{ev} = TS \times \#SFI$$

$$L2_{ev} = WT \times \#PU$$

$$R_{EB} = EB_{ev}/t$$

$$R_{L2} = L2_{ev}/t$$

Her iki işitlikte aynı t olduğundan;

$$\begin{aligned} \frac{TS \times \#SFI}{R_{EB}} &= \frac{WT \times \#PU}{R_{L2}} \\ \frac{TS \times \#SFI}{R_{L1} \times acc} &= \frac{WT \times \#PU}{R_{L1}/\#ROS} \\ \frac{TS \times \#SFI}{\#ROS} &= WT \times \#PU \times acc \end{aligned} \quad (4.4)$$

Sistemin sağlıklı çalışması için bu formül sağlanmalıdır.

Burada:

acc : L2 kabul oranı,

R_{L1} : L1 rate,

R_{L2} : L2 rate,

R_{EB} : EB rate,

TS : TS değeri,

#ROS : ROS sayısı,

#SFI : SFI sayısı,
 t : zaman,
 EB_{ev} : EB'deki olay sayısı,
 L2_{ev} : L2'daki olay sayısıdır.

TS parametresinin EB performansına etkisi

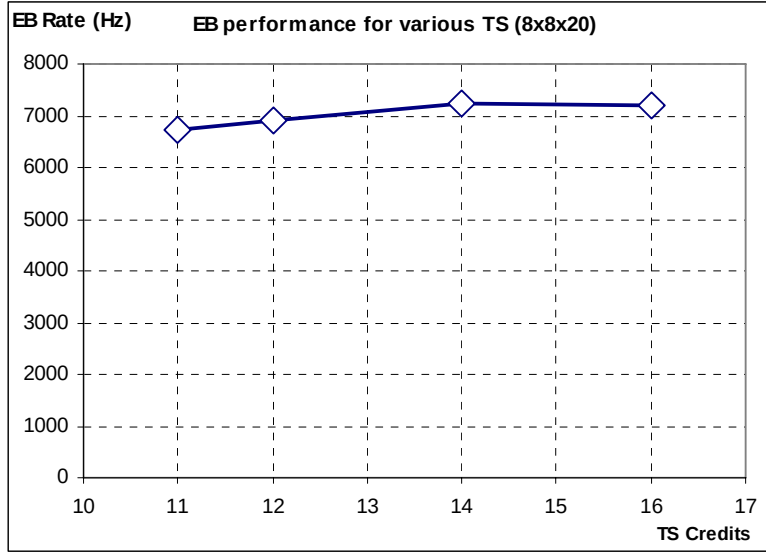
Önceki bölümde elde edilen analitik ifadeye göre TS değerinin arttırılması %10 kabul oranında gözlenen performans düşmesini engelleyecektir. Çalışmanın amacı bunu göstermektir.

Deney düzeneği

#ROS	: 8
#SFI	: 8
#L2PU	: 20
#L2SV/#L2PU	: 2
Ağ protokolü	: Udp
L2 kabul oranı	: %3,5
TS değeri	: Grafikte
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-01
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSLar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

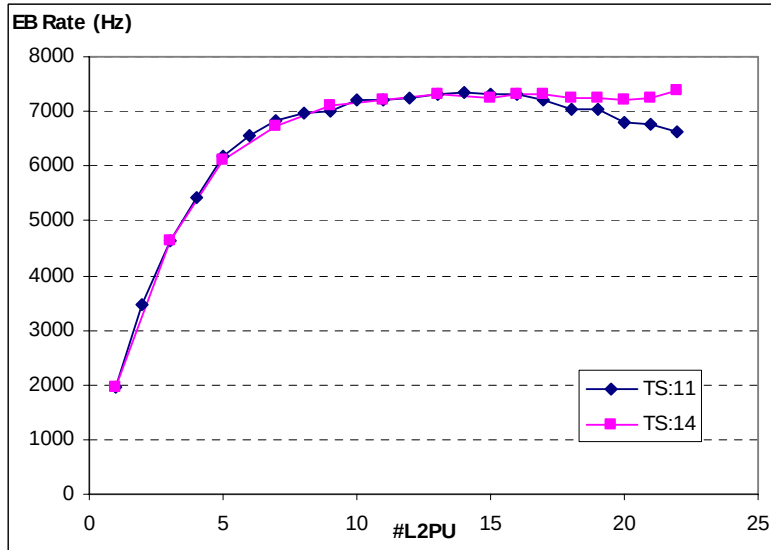
Gözlemler

8 ROS, 8 SFI ve 20 L2PU'dan oluşan bir sistem %10 L2 kabul oranında değişik TS değerlerinde çalıştırılmıştır ve aşağıdaki grafik elde edilmiştir.



Şekil 4.24. Verilen sistem için farklı TS değerleri için sistem performansı

Sistem TS=14 için daha yüksek bir performans sergilemektedir. Aşağıdaki grafikte TS değerinin 11 ve 14 olmasının performansa etkisi görülmektedir.



Şekil 4.25. TS değerinin artması ile sistem performansının düzelmesi

Sonuç

Grafikten görüldüğü gibi TS değerinin 14 olması EB ile L2 arasındaki dengeyi yerine getirmiş ve performansın düzelmesine neden olmuştur.

Çeşitli ROL/ROI oranları için sistem performansı

ATLAS çalıştığında ROS'ların ROBIN'lerinde bulunan ROL (ReadOutLink) başına saniyede ortalama 2 ROI talebi gelecektir. Çalışmanın amacı sistem için analitik bir model oluşturmak ve ATLAS/TDAQ'ın performansını ROL/ROI'ın değişik değerleri için doğrulamaktır.

Deney düzeneği

#ROS	: Çeşitli
#SFI	: Çeşitli
#L2PU	: 20
#L2SV/#L2PU	: 2
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: Çeşitli
TS değeri	: 14
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-01
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSLar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler

ROS, CPU gücünü (P_{CPU}) aşağıdakiler arasında paylaştırır;

- EB talepleri (P_{EB})
- L2 talepleri (P_{L2})

- Temizle mesajları (P_{Clear})

$$P_{CPU} = P_{EB} + P_{L2} + P_{Clear} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} P_{EB} &= c1 \text{ (L1 x L2 Kabul oranı)} \\ P_{L2} &= c2 \text{ (L1 / \#ROS)} \\ P_{Clear} &= c3 \text{ (L1)} \\ P_{CPU} &= 3.2 \text{ GHz (preseries ROS için)} \\ L1 &= L1 \text{ Rate (kHz)} \end{aligned}$$

$$1 = c1 \text{ (L1 x L2 Kabul oranı)} + c2 \text{ (L1 / \#ROS)} + c3 \text{ (L1)}$$

$$1/L1 = c1 \times \text{Kabul oranı} + c2 / \#ROS + c3$$

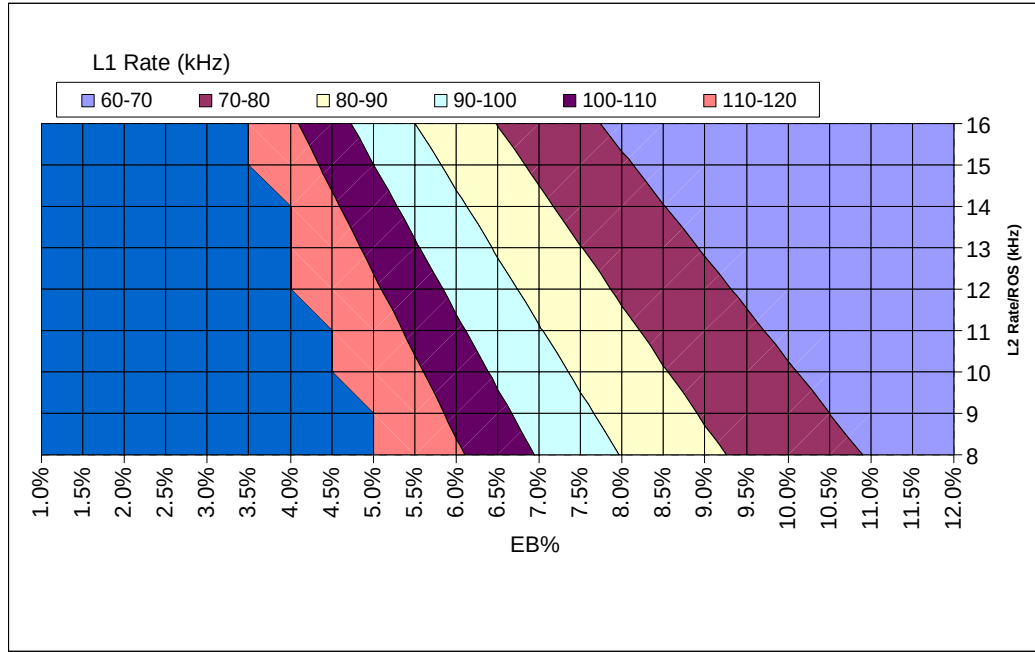
$$L1 \text{ Rate} = 1 / [c1 \times L2 \text{ Kabul oranı} + c2 / \#ROS + c3] \quad (4.6)$$

Sistem çeşitli koşullarda çalıştırılarak c1, c2 ve c3 ROL/ROI'nın 1,2, ve 3 değerleri için bulundu.

Çizelge 4.2. Farklı koşullarda hesaplanan C sabitleri

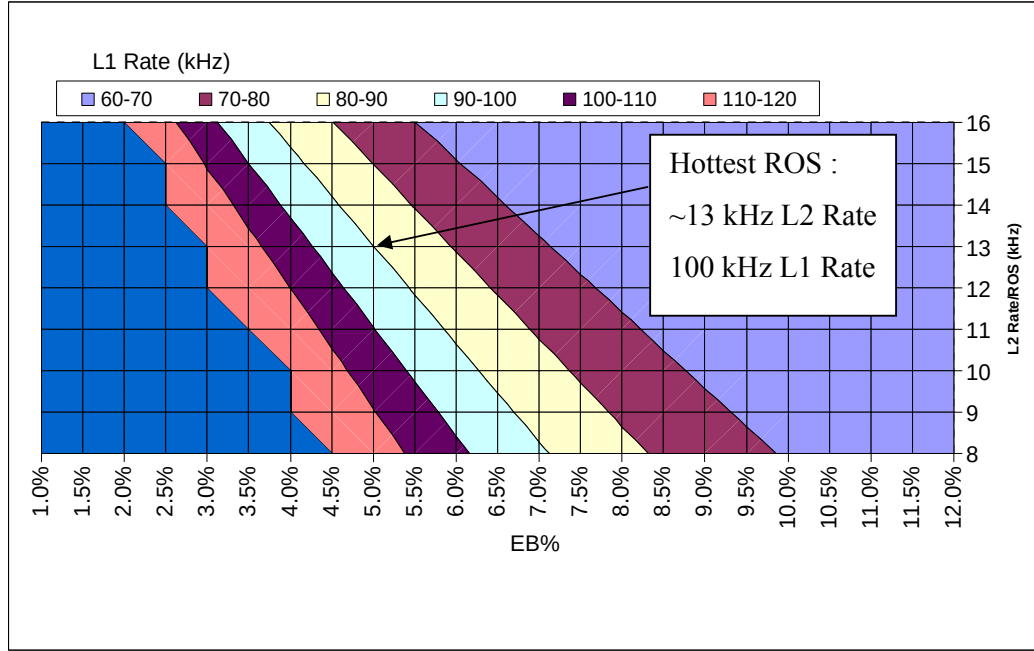
sabitler	ROL/ROI		
	1	2	3
c1	0,0874	0,0858	0,0885
c2	0,0242	0,0326	0,0372
c3	0,0020	0,0021	0,0023

Elde edilen sabit değerler formülde yerine koyulunca ve aşağıdaki grafikler elde edilmiştir:



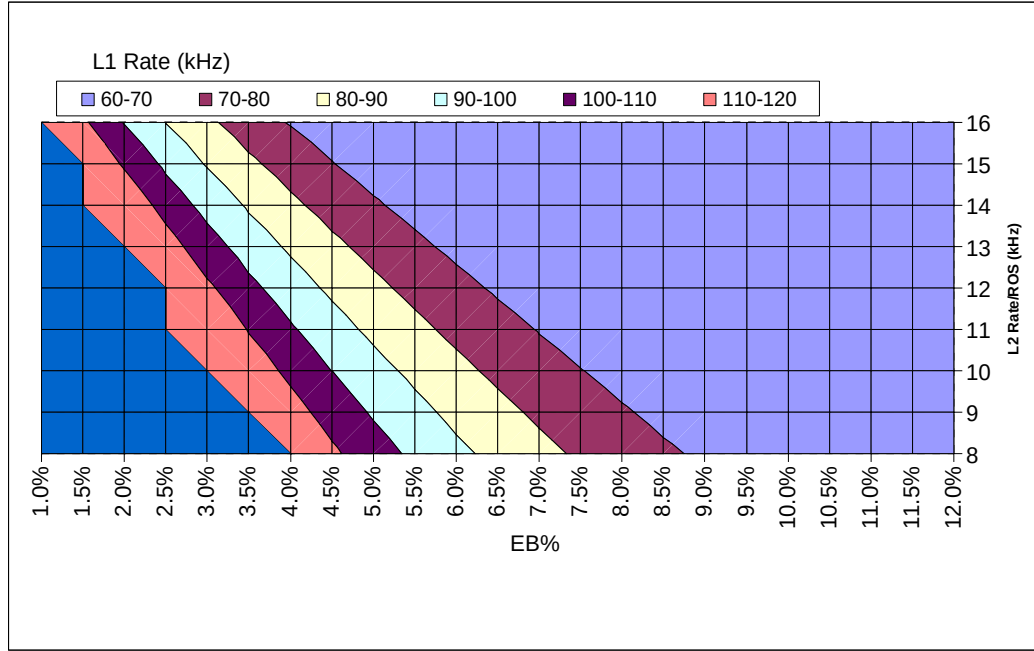
Şekil 4.26. ROL/ROI=1 için sistem performansı

Son sistemde kullanılacak olan ROS has 3.4 GHz CPU'ya sahiptir, preseries ROS (3.2 GHz)'tan hızlıdır.



Şekil 4.27. ROL/ROI=2 (ATLAS ortalaması) için sistem performansı

Grafikten görüldüğü gibi en zor koşullar altında bulunan ROS'un çalışma koşulları göz önüne alındığında (100 kHz L1 ve ~13 kHz L2) L2 kabul oranı olarak %5'e kadar çıkılabilmektedir (hedeflenen %3,5).



Şekil 4.28. $ROL/ROI=3$ için sistem performansı

Ortalama $ROL/ROI=3$ olduğunda dahi ATLAS performans koşulları sağlanmaktadır. Bununla birlikte çalışma preseries ROS üzerinde yapılmıştır. Son sistemde kullanılacak ROS preseries ROS'tan hızlıdır.

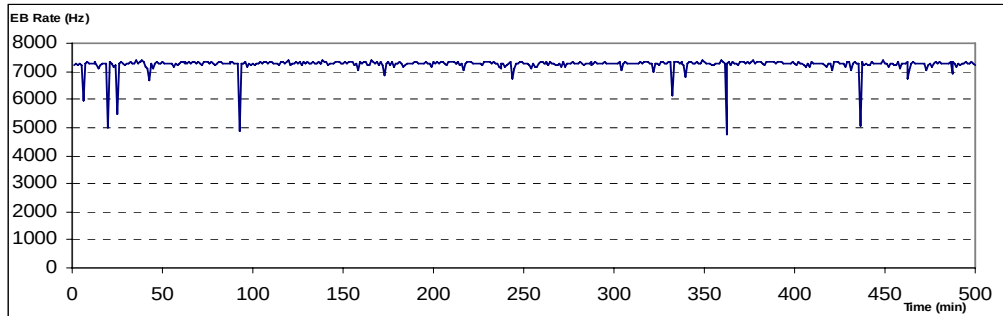
Uzun süreli kararlılık

Veri toplama işleminin sağlıklı olabilmesi için sistemin uzun süre herhangi bir problem çıkarmadan çalışması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı sistemin uzun zaman için performansını gözlemektir.

Deney düzeneği

#ROS	: 8
#SFI	: 8
#L2PU	: 20
#L2SV/#L2PU	: 2
Ağ protokolü	: udp
L2 kabul oranı	: %10
TS değeri	: 14
TDAQ sürümü	: TDAQ-01-04-01
#WT değeri	: 6
RH değeri	: 16
ROSLar	: Emülasyon
Parça boyutu	: 1 kB

Gözlemler



Şekil 4.29. Sistemin 500 dakika boyunca gözlenen performansı

Sistem kararlı olarak 500 dakika boyunca çalışmıştır.

5. SONUÇ

KÖ görüntü çevirici için, veri edinimini otomatikleştirmek ve sistemi analiz edebilmek amacıyla geliştirilen bilgisayar kontrollü veri toplama sistemi ile iyonizasyon tipli kızılötesi görüntü çeviricinin fiziksel süreçlerinin incelenmesi ve çalışma şartlarının optimizasyonu mümkün olmuştur. GaAs katotlu gaz boşalma hücresinin davranışı, farklı ışık şiddetleri, boşalma aralıkları, elektrot çapları ve farklı basınç değerleri için deneysel olarak yeni veri toplama sistemi yardımıyla incelenmiştir.

Geliştirilen yeni veri toplama sistemi tek bilgisayar ve tek yazılım tarafından kontrol edildiğinden ile akım ölçümü ile kamera arasındaki tetikleme problemi giderilmiştir.

Eski veri toplama sisteminde akım-voltaj karakteristiklerinde görülen basamaklı yapının eski sistemin yazılımındaki duyarlılık hatasından kaynaklandığı tespit edilmiş ve yeni yazılımda duyarlılık artırılarak akım-voltaj karakteristiklerinde görülen basamaklı yapı giderilmiştir.

Sistemde yeni geliştirilen bir yazılım sayesinde kızılötesi görüntü çeviricinin dinamik süreçlerinin incelenmesi mümkün hale getirilmiş ve çeviricinin sabit voltaj altında, akım ve ışıma değişimleri akım-voltaj karakteristiğinin çeşitli bölgeleri için gözlenmiştir.

Bunların yanısıra kızılötesi görüntü çeviricinin, mevcut veri toplama donanımı ile zaman tepkisinin (aydınlatma ve voltajda yapılacak ani değişikliklerin ışıma ve akıma yansımaları) ölçülemeyeceği görülmüştür. Bu tip ölçümlerin yapılabilmesi için yeni bir veri toplama sistemi önerilmiştir.

Diğer taraftan ATLAS deneyinin tetikleme ve veri toplama sisteminin preseries deney ortamında yapılan çalışmalar, ATLAS/TDAQ'ın son sistem ihtiyaçlarının belirlenmesini ve TDAQ parametrelerinin iyileştirilmesini sağlamıştır. Bununla

birlikte kurulma aşamasında olan ATLAS/TDAQ sisteminin, ATLAS deneyi için gerekli performansı sağladığı yapılan çalışmalar sonucu ortaya konmuştur.

ROS'larla yapılan çalışmalar, geliştirilen ROBIN kartları ile birlikte son sistemde kullanılacak olan ROS'ların ATLAS performansının üzerinde olduğunu göstermiştir. Ayrıca ROS emülasyon yazılımı, gerekli testlerde donanım (hardware) ROS yerine kullanılabilecek performansa sahiptir.

Sistemde kullanılması planlanan ağ protokollerinden 'udp'nin 'tcp'den daha iyi performans sağladığı görülmüştür.

Son sistemde kullanılacak olan SFI ve L2PU sayıları yapılan ölçümlerin son sistemin ihtiyaçlarına ekstrapole edilmesi sonucu SFI için 80, L2PU için 5 olarak bulunmuştur.

Sistemin kararlı çalışması için temel TDAQ parametreleri arasındaki ilişki analitik olarak ifade edilmiş ve yapılan testler ifadeyi doğrulamıştır.

Yapılan ölçümler kullanılarak sistemin basit bir modellemesi yapılmış ve son sistemin gerekli ATLAS performansının üzerinde olduğu gösterilmiştir.

ATLAS/TDAQ üzerinde yapılan çalışmalar ve edinilen deneyimler “Türk Hızlandırıcı Merkezi” isimli DPT projesi çerçevesinde kurulması öngörülen “charm fabrikası” detektörünün TDAQ sisteminde kullanılacaktır.

KAYNAKLAR

1. İnternet : Introduction to Data Acquisition : In National Instruments online, <http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/AE2A7B85BD4785D586256F620066EFF4> (2006).
2. Unel G., Ertorer E. Et al., “Studies with the ATLAS Trigger and Data Acquisition ‘pre-series’ Setup”, **CHEP06**, Mumbai, India, 20-25 (2006).
3. Astrov Yu. A., “Semiconductor-gas discharge electronic devices: stability, patterns and control”, **International Conference PhysCon 2003**, Saint Petersburg, 374-388 (2003).
4. Willwbrand H., “An infrared-visible conversion technique for remote quantitative measurements of thermal fields”, **Infrared Physics Technologie**, 36: 809-817 (1995).
5. Howatson, A. M., “An Introduction to Gas Discharges”, **Pergamon**, Oxford, 7-142 (1965).
6. Boyers, D. G., Tiller, W. A., “Corona discharge photography”, **J. Appl. Phys.**, 44: 3102-3112 (1973).
7. Kasymov, Sh. S. and Paritskii, L. G., “High speed conversion of infrared images with a planar gas discharge system”, **Deposited in VINITI N2693**, 15: 142-148 (1974).
8. Strumpel, A. C., “Spatiotemporal filamentary patterns in a dc-driven planar gas discharge system”, Ph. D. thesis, **Munster University available from the Institute of Applied Physics**, Germany, 1-148 (2001).
9. Salamov, B. G., Çolakoğlu, K., Altındal, Ş. and Özer, M., “Enhancement of the sensitivity of an ionization type semiconductor photographic system”, **J. Photogr. Sci.**, 44: 110-115 (1996).
10. Salamov, B. G., Çolakoğlu, K. and Altındal Ş., “Recording the resistance inhomogeneity in high-resistivity semiconductors plates”, **Infrared. Phys.& Technol.**, 36: 661-668 (1995).
11. Howatson, A. M., “An Introduction to Gas Discharges”, **Pergamon**, Oxford, 7-142 (1965).
12. Salamov, B. G., Ellialtıoğlu, Ş., Akınoğlu, B.G., Lebedeva, N.N. and Paritskii, L.G., “Spatial stabilization of Townsend and glow discharges with a semiconducting cathode”, **J. Phys. D: Appl. Phys.**, 29: 628-633 (1996).

13. Boyers, D. G., Tiller, W. A., "Corona discharge photography", *J. Appl. Phys.*, 44: 3102-3112 (1973).
14. Radehaus, Ch., Dirksmeyer, T., Willebrand, H. and Purwins, H.G., "Pattern formation in gas-discharge systems with high impedance electrodes", *Phys. Lett. A.*, 125: 92-94 (1987).
15. Willebrand, H., Hünteler, T., Niedernostheide, F. G., Dohmen, R., Purwins, H. G., "Periodic and turbulent behavior of solitary structures in distributed active media", *Phys. Rev. A.*, 45: 8766-8775 (1992).
16. Willebrand, H., Mathiessen, K., Niedernostheide, F. G., Dohmen, R., Purwins, H. G., "Spatio-temporal oscillations during filament splitting in gas-discharge systems", *Phys. Lett. A.*, 153: 437- 445 (1991).
17. Salamov, B. G., Lebedeva, N. N., Zeinally, A. Kh., "Spectral characteristic photographic system with ionization type", *Sov. Phys. Tekh. Phys.*, 32: 1193-1197 (1987).
18. Kartujanskii, A. L., "Nonsilver Photographic Process", *Khimia*, Leningrad, 1-134 (1984).
19. Rayzer, U. P., "Physics of Gas Discharge", *Nauka*, Moskow, 1-114 (1987).
20. Druyvesteyn, M. J., Penning, F. M., "Mechanism of electrical discharges in gases of low pressure", *Rew. Mod. Phys.*, 12: 87-174 (1940).
21. Gundersen, M., Schaefer, G., "Physics and Applications of Pseudoparks", *Plenum*, New York, 1-255 (1990).
22. Lodygin, A. N., Paritskii, L. G. and Khaidarov, Z., "Some characteristics of the photocurrent in semiinsulating GaAs with plasma contacts", *Sov. Phys. Semicond.*, 17: 983-988 (1983).
23. Lebedeva, N. N., Orbukh, V. L., Salamov, B. G., "Investigation of the effect of discharge plasma stabilization by a semiconductor", *J. Phys. III.*, 6: 797-805 (1996).
24. Ridley, B. K., "Specific negative resistance in solids", *Proc. Phys.*, 82: 954-966 (1963).
25. Kurt H., "Işığa duyarlı yarıiletken gaz boşalma yapısının karakteristik özellikleri", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 15-120 (2004).
26. Stanford Research Systems, "PS300 series users guide", *California*, 5-35 (2002).

27. Keithley Instruments, "Model 177 System DMM Scanner Instruction Manual", **Ohio**, 9-64 (1992).
28. Keithley Instruments, "Model 614 Electrometer ", **Ohio**, 21-84 (1991).
29. Lambert Instruments, "Li uCAM Referance Guide", **Leutingewolde**, 9-19 (1994).
30. Internet: GPIB Information and Tutorial, <http://www.transera.com-/htbasic/tutgpib.html> (2006).
31. Axelson J., "Parallel Port Complete: Programming, Interfacing & Using the PC'S Parallel Printer Port", **Madison**, 47-79 (1996).
32. İnternet : ISA and PCI Bus Tutorial, <http://www.techutorials.info/isapci.html> (2006).
33. Sadık Y., "Kızılötesi Görüntü Çeviricinin Çalışmasına Fotodetektörün Karakteristik Özelliklerinin Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 8-79 (2005).
34. Salamov, B. G., Çolakoğlu, K., Altındal, Ş. and Özer, M., "A stable discharge glow in gas discharge system with semiconducting cathode", **J. Phys. III.**, 7: 927-936 (1997).
35. Salamov, B. G., Altındal, Ş., Özer, M., Çolakoğlu, K. and Bulur, E., "Characteristic features of an ionization system with semiconducting cathode", **Eur. Phys. J. AP.**, 2: 267-273 (1998).
36. Astrov, Y. A. and Purwins, H. G., "Spatiotemporal structures in a transversely extended semiconductor system", **Tech. Phys. Lett.**, 28: 910-912 (2002).
37. Salamov B. G., and Kurt H. Y., "Study of Infrared Photodetector Instabilities in a Semiconductor Gas Discharge Structure", **Infrared Phys. Tech.**, 36:661-668 (2004).
38. Godoy-Cabrera O., Benitez-Read J. S., Lopezcallejas R., Pacheco-Sotelo J., "High voltage resonant inverter for dielectric discharge barrier cell plasma applications", **Int. J. Electronic**, 87: 361-376 (2000).
39. Strumpel C, Astrov Y A and Purwins H G., "Multi-oscillatory patterns in a hybrit semiconductor gas discharge system", **Phys. Rew. E**, 65: 066210-066215 (2002).
40. Gunn B., "Gun effect", **Solid State Commu.**, 1: 88-92 (1963).
41. Astrov, Y. A. and Purwins, H. G., "Spatiotemporal structures in a transversely extended semiconductor system", **Tech. Phys. Lett.**, 28: 910-912 (2002).

42. Salamov B. G., Buyukakkas S., Ozer M. and Colakoglu K., “Behavior of Current in Gas Discharge System Between Parallel-plain Electrodes”, *Eur. Phys. J. AP*, 2: 275 (1998).
43. Gorini B., Ertorer E. et al., “The ATLAS Data acquisition and High-Level Trigger: concept, design and status”, *CHEP06*, Mumbai, India, 347-352 (2006).
44. ATLAS Collaboration, “ATLAS Technical Proposal”, *CERN*, Geneva, Switzerland, 1-5, (1994).
45. Dobson M., Ertorer E. Et al., “The Architecture and Administration of the ATLAS Online Computing System”, *CHEP06*, Mumbai, India, 353-355 (2006).
46. Internet: Beck H.P., “An algorithm to determine the Oldest still valid event identifier in TDAQ”, <http://edms.cern.ch/document/478356> (2005).

EKLER

EK-1 Preseries donanımı

• **ROS** x 12

CPU : Intel Xeon, 3.2 GHz UP

Bellek : 512 MB - No HD

• **SFI** x 6

CPU : Intel Xeon, 3.2 GHz SMP

Bellek : 512 MB - No HD

• **L2PU** x 30

CPU : AMD Opteron P250, 2.4 GHz SMP

Bellek : 4 GB - 60 GB HD

• **L2SV** x 2

CPU : Intel Xeon, 3.2 GHz SMP

Bellek : 512 MB - No HD

• **DFM** x 2

CPU : Intel Xeon, 3.2 GHz SMP

Bellek : 512 MB - No HD

• **SFO** x 3

CPU : Intel Xeon, 3.2 GHz SMP

Bellek : 4 GB - HD çeşitli

• **EFP** x 12

CPU : AMD Opteron P250, 2.4 GHz SMP

Bellek : 4 GB - 60 GB HD

• **MON** x 4

CPU : AMD Opteron P250, 2.4 GHz SMP

Bellek : 4 GB - 60 GB HD

• **ONL** x 4

CPU : AMD Opteron P250, 2.4 GHz SMP

Bellek : 4 GB - 60 GB HD

EK-1 (Devam) Preseries donanımı

• pROS x 1

CPU : Intel Xeon, 3.2 GHz UP

Bellek : 4 GB - No HD

Switches

L2/EB switch :

24 GE fiber port

35 GE bakır port (36 eksi 1 yönetim portu)

2 10GE fiber port (biri kullanılmaktadır)

L2PU concentration switch :

48 GE bakır port

2 10 GE fiber port (biri kullanılmaktadır)

BackEnd (EF central) switch:

24 GE copper ports

EF switch (rack concentrator) :

24 GE bakır port

Diğer

• DOLAR (ROD çıkışını emüle eden kartlar)

pc-preseries-ros-01'e kurulu

• ROBIN'lerin kurulu olduğu ROS'lar :

pc-preseries-ros-02

pc-preseries-ros-03

pc-preseries-ros-04

pc-preseries-ros-05

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERTÖRER, Erden
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 09.06.1976 Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 364 34 23
Faks : -
e-mail : Erden.Ertorer@cern.ch

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Fizik Bölümü	2006
Lisans	Ankara Üniversitesi/ Fizik Bölümü	2002
Lise	Gaziantep Fen Lisesi	1993

Yabancı Dil

İngilizce