

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**DEDEKTÖRLERİN ENERJİ AYIRMA GÜÇLERİNİN
ZAMANLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK
ARTIRILMASI**

Züleyha ÖZÇELİK

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cüneyt ÇELİKTAŞ

Fizik Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 404.04.01.

Sunuş Tarihi : 22.01.2015

Bornova-İZMİR

2015

Züleyha ÖZÇELİK tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “DEDEKTÖRLERİN ENERJİ AYIRMA GÜÇLERİNİN ZAMANLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK ARTIRILMASI” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22.01.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/~~oyçokluğu~~ ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı

: Prof. Dr. Saim SELVİ



Raportör Üye

: Doç. Dr. Cüneyt ÇELİKTAŞ



Üye

: Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAYBURT



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “DEDEKTÖRLERİN ENERJİ AYIRMA GÜÇLERİNİN ZAMANLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK ARTIRILMASI” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

22 / 01 / 2015

İmzası



Adı-Soyadı

Züleyha ÖZGELİK

ÖZET

DEDEKTÖRLERİN ENERJİ AYIRMA GÜÇLERİNİN ZAMANLAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK ARTIRILMASI

ÖZÇELİK, Züleyha

Yüksek Lisans Tezi, Fizik Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç.Dr. Cüneyt ÇELİKTAŞ
Ocak 2015, 25 sayfa

Bu tezde, NaI(Tl) sintilasyon dedektörü ve Si yüzey engelli dedektör kullanılarak oluşturulan spektrometreler vasıtasıyla, ^{137}Cs ve ^{14}C standart radyoaktif kaynaklarının enerji spektrumları elde edilmiştir. Yükselen kenar ve sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanılarak, hem küçük enerjili parçacıkların spektrumlarının elde edilmesi hem de elektronik gürültünün azaltılması suretiyle kullanılan sistemin enerji ayırma gücü artırılmıştır.

Anahtar sözcükler: NaI(Tl) sintilasyon dedektörü, Si yüzey engelli dedektör, yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi, sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi, enerji ayırma gücü.

ABSTRACT**INCREASING THE ENERGY RESOLUTIONS OF THE
DETECTORS BY USING TIMING MEASUREMENT TECHNIQUE**

ÖZÇELİK, Züleyha

MSc in Physics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cüneyt CELİKTAS

January 2015, 25 pages

In this thesis, energy spectra of ^{137}Cs and ^{14}C standart radioactive sources were obtained by using spectrometers consisted of NaI(Tl) scintillation detector and Si surface barrier detector, respectively. Resolutions of energy spectra of the sources were investigated by using leading edge and constant fraction timing methods. Energy resolutions of the systems were improved through these techniques reducing electronic noise and allowing to obtain the spectra of low-energy particles.

Keywords: NaI(Tl) scintillation detector, Si surface barrier detector, leading edge timing method, constant fraction timing method, energy resolution.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli bilgi ve deneyimleriyle katkı sağlayan danışman hocam Doç.Dr. Cüneyt ÇELİKTAŞ'a, her zaman yanımda olan ve desteklerini eksik etmeyen canım aileme gönülden teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1 Sintilasyon dedektörleri	3
2.2 Sintilasyon dedektörünün çalışma prensibi	4
2.3 Yarı iletken dedektörler	5
2.4 Difüz kavşaklı dedektörler.....	5
2.5 Yüzey engelli dedektörler.....	6
2.6 Li katkılı dedektörler	6
2.7 Tamamen boşalmış dedektörler	7
2.8 Ön yükseltici.....	7
2.9 Ana yükseltici	7

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.10 Zamanlama tek kanallı analizör	7
2.11 Geciktirici.....	8
2.12 Çok kanallı analizör	8
2.13 Zamanı genliğe çevirici.....	9
2.14 Zaman ölçüm yöntemleri	10
2.14.1 Yükselen kenar tetikleme yöntemi.....	10
2.14.2 Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi	10
2.15 Zaman ölçüm yöntemleri kullanıldığında karşılaşılabilecek sorunlar	11
2.15.1 Adım(walk) etkisi	11
2.15.2 Zaman jitteri.....	12
2.16 Puls yüksekliği	12
2.17 Yükselme zamanı.....	13
2.18 Düşme zamanı.....	13
2.19 Puls genişliği	13
3.MATERYAL VE METOT	13
3.1 NaI(Tl) dedektörü için kullanılan zaman ölçüm yöntemleri.....	13
3.1.1 Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi	14

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.2 Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi.....	14
3.2 Si yüzey engelli yarı iletken dedektörü için kullanılan zaman ölçüm yöntemleri	15
3.2.1 Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi.....	15
3.2.2 Sabit kesir ayırıcı (CFD) zaman ölçüm yöntemi	15
4. DENEYSEL SONUÇLAR	16
4.1 NaI(Tl) dedektörü için kullanılan zaman ölçüm yöntemleri ile alınan enerji spektrumu sonuçları.....	16
4.1.1 Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi sonuçları	16
4.1.2 Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi sonuçları.....	17
4.2 Si yüzey engelli dedektör için kullanılan zaman ölçüm yöntemleri ile alınan enerji spektrum sonuçları.....	18
4.2.1 Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi sonuçları.....	18
4.2.2 Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi sonuçları.....	19
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	20
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	23
ÖZGEÇMİŞ.....	25

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Sintilasyon dedektörünün şematik gösterimi	4
2.2 Bir Si yüzey engelli dedektörün şeması	6
2.3 SCA'nın çalışma prensibi	8
2.4 Puls yükseklik dağılımı	9
2.5 TAC'nin çalışması	9
2.6 Yükselen kenar tetikleme yöntemi	10
2.7 Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi	11
2.8 Adım etkisi	12
2.9 Zaman jitteri	12
2.10 Puls Şekli	13
4.1 Ana yükseltici çıkışı	16
4.2 TAC çıkış sinyali şekli	16
4.3 (a) Doğrudan enerji spektrumu (b) Koincidens enerji epektrumu	17
4.4 TAC çıkış sinyali şekli	17
4.5 (c) Doğrudan enerji çözünürlüğü (d) Koincidens enerji çözünürlüğü	18
4.6 TAC çıkışı	18
4.7 (e) ^{14}C kaynak spektrumu (f) ^{14}C koincidens Spektrum	19

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 TAC çıkış sinyali	19
4.9 (g) ^{14}C kaynak spektrumu (h) ^{14}C koinsidens enerji spektrumu.....	20

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
BaF ₂	Baryum florür.
¹⁴ C	Karbon-14.
⁶⁰ Co	Kobalt-60.
¹³⁷ Cs	Sezyum-137.
D	Dedektörün çapı.
f	Sabit kesir.
NaI(Tl)	Sodyum iyodür talyum.
PMT	Fotoçoğaltıcı tüp.
Si	Silisyum.
Si(Li)	Lityum katkılı silisyum
t	Silikon tabakanın toplam kalınlığı.
t _f	Düşme zamanı.
t _r	Yükselme zamanı.
X ₀	Boşalma bölgesinin kalınlığı.
ZnS	Çinko sülfid.

Kısaltmalar

CFD	Sabit kesir ayırıcı.
CFT	Sabit kesir ayırıcı zamanlama tekniği.
FWHM	Yarı maksimumdaki tam genişlik.
LE	Yükselen kenar zamanlama tekniği
MCA	Çok kanallı analizör.
SCA	Tek kanallı analizör.
TAC	Zamanı genliğe çevirici.
TFA	Zamanlama filtreleyici yükselteç.
TSCA	Zamanlama tek kanallı analizör.

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasının amacı; çeşitli tipteki ve enerjilerdeki zayıf şiddetli iyonlayıcı ışınların farklı cinsteki dedektörler kullanılarak oluşturulacak spektrometreler vasıtasıyla elde edilecek enerji spektrumlarının zamanlama yöntemi yardımıyla elektronik gürültülerinin azaltılması ve bu sayede spektrometlerde kullanılacak dedektörlerin enerji ayırma güçlerinin artırılmasıdır.

Radyasyon ölçümü deneylerinde, kullanılan elektronik cihazların gürültüleri ve tabii fon gibi durumlar sebebiyle istenmeyen pulslar meydana gelir. Bu istenmeyen pulslar, kullanılan spektrometrenin ayırma gücünün bozulmasına neden olur. Bu nedenle bu istenmeyen pulsların ortadan kaldırılması için birçok çalışma yapılmıştır. Swierrotek ve arkadaşları (Swierrotek et al., 1998) tabii fonu ortadan kaldırmak için radyoaktif karbon kaynağı kullanmış ve gazlı sayaçtan gelen sinyaller için puls ayırımını yükselme zamanına dayalı olarak yapmışlardır. Sonuç olarak tabii fonu %40 oranında azaltmışlardır. Elektronik gürültünün azaltılması için kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise zaman ölçüm yöntemleridir.

Zaman ölçüm yöntemleri geçmiş yıllardan günümüze kadar birçok çalışmada kullanılmıştır. Paulus (Paulus,1985) yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi ve sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi üzerine çalışmıştır. İki sintilasyon dedektöründen oluşan koinsidens devreyle ^{60}Co kaynağı kullanarak sintilasyon dedektörünün zaman ayırma gücünü zamanlama yöntemiyle elde etmiştir. Tüm dedektörlerde olduğu gibi sintilasyon dedektörlerinde ve yarı iletken dedektörlerde de istenmeyen durum olan gürültü, Cho ve arkadaşları (Cho et al.,1973) tarafından yükselen kenar tetikleme yöntemi kullanılarak azaltılmaya çalışılmıştır. NaI(Tl) dedektörünün zaman ayırma gücünü bu zamanlama yöntemini kullanarak ölçmüş ve elde ettikleri sonuçları geleneksel teknikler kullanılarak bulunan sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Sherman ve arkadaşları (Sherman et al., 1968) zamanlama yöntemleri kullanıldığında ortaya çıkan ve sistemin zaman ayırma gücünü olumsuz etkileyen adım etkisini azaltmak için sıfırı kesme zaman ölçüm yöntemini kullanmışlardır. Nutt ve arkadaşları (Nutt et al., 1970) NaI(Tl) sintilasyon dedektörü kullanarak yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi ve sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemini karşılaştırmıştır. Elde ettikleri zaman spektrumlarına ait maksimumun yarısındaki tam genişlik (FWHM) değerleri, sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yönteminde yükselen kenar zaman ölçüm yönteminden daha küçüktür. Bunun sonucu olarakta sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanarak zaman ayırma gücünün iyileştirileceği sonucunu ortaya koymuşlardır. Yarı iletken dedektörlerden olan yüzey engelli dedektörün

zaman ayırma gücünün incelenmesi Spieler (Spieler, 1982) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yükselen kenar ve sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada gürültüyü azaltmayı hedeflemiştir ve kullandığı yöntemler ile yarı iletken dedektörler için zaman ayırma gücünü iyileştirmiştir. Zaman ölçüm yöntemi kullanıldığında dedektörün ayırma gücünü olumsuz yönde etkileyen zaman jitterini azaltmak için Binkley (Binkley, 1994) Non-Delay-Line sabit kesir ayırıcı kullanmıştır. Nelson ve arkadaşları (Nelson et al., 2003) BaF₂ sintilatörüyle dijital zamanlama metodlarını analiz etmişlerdir. Yarı iletken ve sintilasyon dedektörlerinin zamanlama özellikleri arasındaki karşılaştırma koincidens ölçümlerle Abuelhia ve arkadaşları (Abuelhia et al., 2008) tarafından yapılmıştır. Zaman ölçüm yöntemlerinin nükleer tıp alanında da önemli bir yer tuttuğu Shao (Shao, 2007) tarafından da vurgulanmıştır. Nükleer tıp alanında zaman ölçüm yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar arasında olan bir diğer çalışma ise Aykac ve arkadaşları (Aykac et al., 2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bayat ve arkadaşları (Bayat et al., 2012) ise sıfırı kesme zaman ölçüm yöntemini kullanarak NE213 ve UGLLT sıvı sintilatörleri ile nötron gama ayırımını yapmışlardır. Genat ve arkadaşları (Genat et al., 2009) yükselen kenar ayırıcı, sabit kesir ayırıcı, çoklu eşik seviyesi ayırıcı ve puls dalga şekli örnekleme gibi dört zamanlama tekniğini simüle edip zaman ayırma güçlerini birbiriyle karşılaştırmıştır. Buna bağlı olarak, bu tezde yapılan çalışma günümüzde de geçerliliğini korumaktadır.

Yarı iletken dedektörler kristal yapıya sahip yarı iletken malzemeleri baz alır. Bu yarı iletken malzemelerden en dikkat çekenleri silisyum ve germanyum yarı iletkenleridir. Bu dedektörler katıhal dedektörleri olarak da adlandırılır. Kristal dedektörler üzerine çalışmalara 1930'larda başlanırken, bu cihazların gerçek gelişimi 1950'lerin sonlarına doğru olmuştur. 1960'larda ilk örneklerin ticari kullanılabilirliği ve çalışma durumları gelişmiştir. Bu cihazlar enerji ölçümleri için ilk yüksek çözünürlüklü dedektörler olmayı başararak, yüklü parçacık dedeksiyonu ve gama spektroskopisi için nükleer fizik araştırmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Yarı iletken dedektörlerin temel çalışma prensibi gaz iyonizasyon cihazlarınıninki ile benzerdir. Ancak gazın yerine burada ortam katı bir yarı iletken malzemedir. İyonize radyasyon bu maddeye geldiğinde elektron boşluk çiftleri oluşur. Bu elektron boşluk çiftleri elektrik alan yardımıyla toplanır. Bu toplanan yükler dedektör çıkışında bir sinyal verir ve bu sinyal gelen radyasyonla ilgili bilgi almak için spektroskopi sistemindeki cihazlara gönderilir. Yarı iletken dedektörlerin avantajı, elektron boşluk çifti oluşturmak için gereken ortalama enerjinin gaz iyonizasyonu için gerekenden 10 kat daha küçük olmasıdır. Yüksek yoğunluklarından dolayı durdurma gücü gazlı dedektörlerinkinden daha

büyüktür. Ancak silikon dışındaki diğer yarı iletkenlerin iyi bir performans gösterebilmeleri için çalışılmadan önce düşük sıcaklıklara soğutulması gerekir. Bu soğutma dedektörün üstüne eklenen kriyojenik sistemlerle gerçekleştirilir. Mevcut yarı iletken dedektör araştırmalarındaki problemlerden biri oda sıcaklığında çalıştırılabilen yeni malzeme bulmak ve geliştirmektir. Yarı iletken dedektörler uzun süre kullanıldığında radyasyon hasarı meydana gelmektedir (Leo, 1987).

Günümüzde nükleer ve parçacık fiziğinde en sık ve geniş çapta kullanılan parçacık dedeksiyon cihazlarından diğer bir tanesi ise sintilasyon dedektörleridir. Bu dedektörlerde, nükleer parçacık veya radyasyon çarptığında küçük bir ışıldama yani sintilasyon ışığı yayan malzemeler kullanılır. Fotoçoğaltıcı gibi yükseltici bir cihazla birleştirildiğinde, bu sintilasyonlar gelen radyasyonla ilgili bilgi vermek için elektronik şekilde sayılan ve analiz edilebilen elektronik pulslara dönüştürülür.

Parçacık dedeksiyonu için sintilatörlerin kullanıldığı en eski örnek 1903'te Cookes tarafından icat edilen spinthariscopes'tur. Bu cihaz alfa parçacıkları çarptığında zayıf parıldamalar meydana getiren ZnS (çinko sülfid) bir ekrandan oluşur. Karanlık bir odada bir mikroskopla bakıldığında parçacıklar farkedilebilmiştir. Bu yorucu bir işlem olduğundan hiç bir zaman Geiger ve Marsden tarafından yapılan alfa saçılma deneyleri kadar popüler olmamıştır. Gazlı iyonizasyon cihazlarının keşfiyle, optik sintilasyon sayıcısının kullanımı hızla düşmüştür.

1944'te, Curran ve Baker yeni geliştirilen fotoçoğaltıcı tüp ile insan gözünün yerini değiştirerek yeni bir cihaz geliştirmiştir. Zayıf sintilasyonlar, gazlı iyonizasyon cihazlarınıninkine eşit bir verim ve güvenilirlikle sayılabilmektedir. Böylece modern elektronik sintilasyon dedektörleri ortaya çıkmıştır. Yeni gelişmeler ve ilerlemelerin devam etmesiyle birlikte 1950'lerin ortalarında sintilasyon dedektörleri en güvenilir ve kullanıma en uygun halini almıştır. Günümüzde de sintilasyon ve yarı iletken dedektörler ile yapılan çalışmalar önemli bir yer tutmaktadır (Leo, 1987).

2.GENEL BİLGİLER

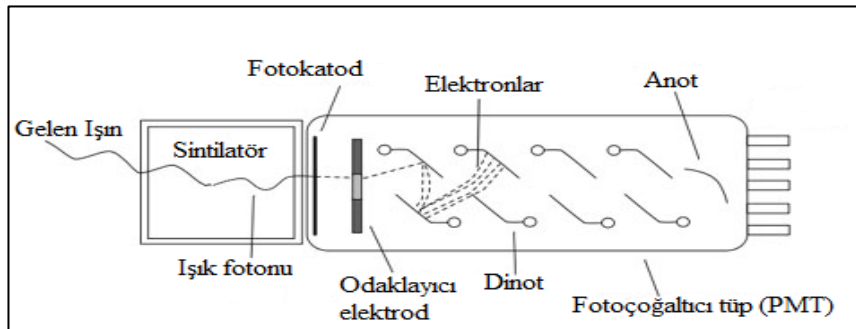
2.1 Sintilasyon Dedektörleri

Sintilatörler, üzerlerine iyonlaştırıcı radyasyon geldiğinde sintilasyon ışığı yayan katı, sıvı ve gaz olabilen maddelerdir. Bir parçacık dedektörü olarak kullanılan ilk katı malzeme sintilatörlerdir (Tsoulfanidis, 1995). Radyasyon,

sintilatör veya fosforesan madde olarak adlandırılan ışıldayan malzemelere enerjisini bıraktığında, malzemede uyarılmış durumlara elektron geçişleri olur. Uyarılmış durumlar, radyasyonun etkileşmesiyle ilgili olan ve gözlemlenebilen fotonlar yayınlarak bozunur. Uyarılmış durumların bozunması 10^{-8} - 10^{-9} s kadar hızlıysa bu süreç floresans olarak adlandırılır. Eğer süreç bundan daha yavaş ise bu durum da fosforesans olarak adlandırılmaktadır. İyi bir sintilatör lineer enerji cevabına sahip olmalıdır. Yani ışığın verimi mümkün olduğunca geniş bir enerji aralığında, bırakılan enerjiyle orantılı olmalıdır. Luminesans (sintilasyon malzemesinin ısı, ışık ve radyasyon gibi dış etkilere maruz kaldığında görünür ışık yayınlamasıdır (Leo, 1987).) hızlı olmalıdır böylece pulslar hızlıca meydana gelir ve çözülür. Son olarak iyi bir sintilatör bir ışık borusu veya fotoçoğaltıcı tüple birleştirmek için iyi bir optik kaliteye sahip olmalıdır (Tsoulfanidis, 1995). Organik ve inorganik sintilatörler radyasyon dedeksiyonunda kullanılabilir. İnorganik sintilatörler lineer ve iyi bir ışık çıkışına sahiptir. Organik sintilatörler daha hızlıdır fakat ışık verimi daha azdır (Knoll, 2000). Yapılacak çalışmaya göre organik veya inorganik sintilatörler tercih edilir. İnorganik sintilatörler gama spektroskopisi için uygunken, organik sintilatörler beta spektroskopisi veya nötronları saptamak için kullanışlıdır (Knoll, 2000).

2.2 Sintilasyon Dedektörünün Çalışma Prensibi

Sintilasyon dedektörü genel olarak ya doğrudan ya da bir ışık yoluyla fotoçoğaltıcıyla optik olarak birleştirilen sintilasyon maddesinden oluşmaktadır. Radyasyon sintilatörden geçerken, ışık yayınlamasına neden olan sintilatörün atom ve moleküllerini uyarır. Bu ışık elektronik bir sinyal üretmek için fotoçoğaltıcı tüpe gönderilir (Leo, 1987). Fotoçoğaltıcı tüpte fotokatotdan kopan fotoelektronlar, uygulanan elektrik alanla hızlandırılarak dinodlara çarptırılır ve ikincil elektronlar üretilir (Tsoulfanidis, 1995)(şekil 2.1).



Şekil 2.1. Sintilasyon dedektörünün şematik gösterimi (http).

2.3 Yarı İletken Dedektörler

Yarı iletken dedektörler iyonizasyon odasına benzer şekilde çalışan katı hal dedektörleridir. Bu iki dedektör arasındaki temel fark yük taşıyıcılarıdır. Yarı iletkenlerdeki yük taşıyıcıları gazlı sayaçlardaki gibi elektronlar ve iyonlar değil elektronlar ve boşluklardır. Günümüzde en başarılı yarı iletken dedektörler silikon ve germanyumdan yapılmaktadır.

Diğer tip dedektörlerle karşılaştırıldığında, yarı iletken dedektörlerin en önemli avantajı iyi bir enerji ayırma gücüne sahip olmalarıdır. Diğer avantajları,

1. Geniş bir enerji aralığında lineer yanıt (parçacık enerjisine karşı puls yüksekliği) verir.
2. Bir katının yoğunluğu gazlardakine göre daha yüksek olduğundan, verilen bir boyut için daha yüksek verime sahiptir.
3. Özel geometrik konfigürasyonlara imkan sağlar.
4. Gazlı sayaçlara göre hızlı yükselme zamanına sahiptir.
5. Vakumda çalıştırılabilirler
6. Manyetik alandan etkilenmezler

Yarı iletken dedektörlerin karakteristikleri sadece kullanılan malzemeye (örneğin, silisyum veya germanyum) bağlı değil aynı zamanda yarı iletkenin şekline ve işlenmesine de bağlıdır. Kristalin tipi, boyutu, şekli ve işlenmesi yarı iletken dedektörün çalışmasında ve performansında büyük rol oynar (Tsoulfanidis, 1995).

Yarı iletken kavşak dedektörler bugün için ;

Difüz kavşaklı dedektörler (Diffused-junction detector),

Yüzey engelli dedektörler (Surface barrier detector),

Li katkılı dedektörler,

Tamamen boşalmış dedektörler

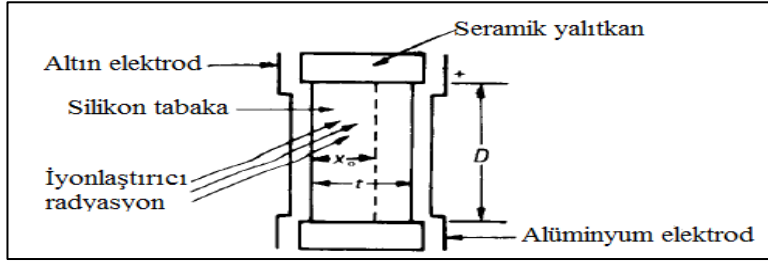
olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır.

2.4 Difüz kavşaklı dedektörler

Yüksek saflıkta silikon dedektörün temel malzemesidir. Yüzeylerin birinden fosfor gibi verici bir madde difüzenir ve elektron konsantrasyonu yüksek olan n tipi bir bölge elde edilir. Böylelikle ön yüzeyi n tipi silikon arka yüzeyi ise p tipi silikon olan bir p-n kavşağı elde edilir (Tsoulfanidis, 1995).

2.5 Yüzey Engelli Dedektörler

Yüksek saflıkta n-tipi silikon çok ince bir tabaka haline getirildikten sonra havada uzun süre bekletilir. Oksijen elektronegatif olduğundan silikon yüzeyi üzerinde yüksek yoğunluktadeşikler (boşluklar) oluşturur. Böylece bu yüzey p-tipine dönüşür. Daha sonra çok ince bir altın tabaka bu yüzey üzerine buharlaştırılarak elektriksel kontakt sağlanır (Şekil 2.2). Yüzey engelli dedektörlerin bir dezavantajı ışığa duyarlılığıdır. İnce giriş penceresi optikçe geçirgendir ve dedektörün yüzeyine çarpan fotonlar etkin hacime ulaşabilirler. 2-4 eV'luk görünür ışık fotonlarının enerjisi çoğu yarı iletkenin enerji band aralığından daha büyüktür. Bu nedenle elektron boşluk çiftleri foton etkileşimleriyle üretilir, bu da gürültüye neden olur. Bu dedektörlerin karanlık ortamda çalıştırılmaları gürültüden kaynaklı sinyal oluşumunu azaltır (Knoll, 2000).



Şekil 2.2. Bir Si yüzey engelli dedektörün şeması (Tsoulfanidis, 1995) .

(D: Dedektörün çapı; X_0 : Boşalma bölgesinin kalınlığı; t: Silikon tabakanın toplam kalınlığı
(Tsoulfanidis, 1995).)

2.6 Li Katkılı Dedektörler

Yukarıda açıklanan dedektörlerin hassas hacimleri en fazla 2000 μm olabilir. Bu nedenle maksimum enerjisi ölçülecek yüklü parçacık dedeksiyonu sınırlanmış olur. Bu aralıkta ölçülebilen maksimum elektron enerjisi 1,2 MeV, protonlar için 18 MeV, alfalar için yaklaşık 72 MeV'dir. Kristal içine lityum katkılanarak hassas hacim artırılabilir. Si(Li) dedektör için bu şekilde aktif hacim 5 mm'ye çıkartılabilir. Bu dedektör, yüklü parçacıklar ve özellikle X ışını dedeksiyonu için de kullanılır (Tsoulfanidis, 1995).

2.7 Tamamen Boşalmış Dedektörler

p-n eklemi olarak belirtilen boşalma bölgesi, uygulanan ters gerilim arttıkça artar. Eğer bu voltaj yeteri kadar artırılacak olursa boşalma bölgesi tüm silikon tabaka boyunca uzanır. Bu dedektörler tamamen boşalmış dedektörler olarak adlandırılır (Tsoulfanidis, 1995).

2.8 Ön Yükseltici

Ön yükselticilerin temel işlevi dedektörden gelen milivolt mertebesinde olan zayıf sinyalleri yükseltmektir. Aynı zamanda dedektör çıkışı, yükselteç girişi arasındaki elektronik eşleştirmeyi sağlar. Ön yükselticinin bir diğer görevi ise elektronik gürültüyü en aza indirmektir. Ön yükselticideki giriş sinyali zayıf olduğundan, bu sinyalin elektronik gürültü içerisinde kaybolmaması için detektöre mümkün olduğunca yakın olarak kısa kabloyla bağlanmalıdır (Tsoulfanidis, 1995).

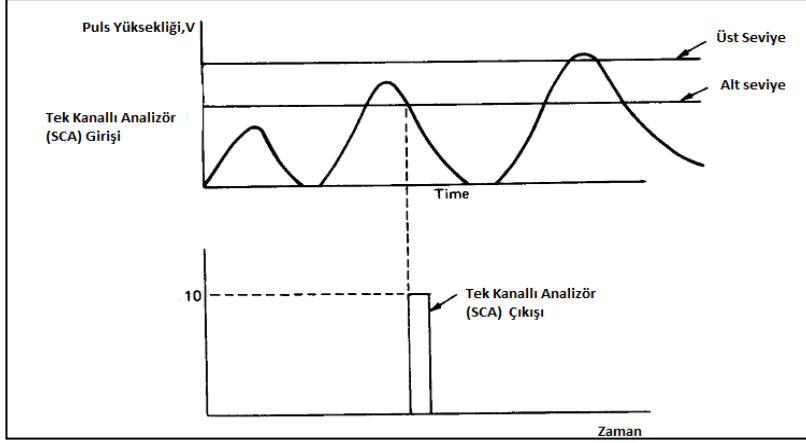
2.9 Ana Yükseltici

Yükselticilerin iki temel amacı vardır. Bunlar; ön yükselticiden gelen sinyali yükseltmek ve sinyali sonraki işlemler için uygun bir şekle sokmaktır. Her iki durumda da, yükselticiler ilgili bilgiyi her zaman korumak zorundadırlar. Zamanlama bilgisine ihtiyaç olduğunda, hızlı bir cevap gerekir. Puls yükseklik bilgisine ihtiyaç olduğunda ise, giriş ve çıkış genlikleri arasındaki orantılılık korunmak zorundadır (lineer yükselticiler) (Leo, 1987). Modern ticari yükselteçler giriş ve yükseltme ne olursa olsun maksimum 10V'luk sinyal üretirler (Tsoulfanidis,1995).

2.10 Zamanlama Tek Kanallı Analizörü(TSCA)

Tek kanallı analizör (SCA) veya diferansiyel diskriminatör (DD), gelen analog sinyalleri genliklerine göre sınıflandıran bir cihazdır (Leo, 1987). Bu cihaz belli bir eşik değerin üzerindeki genliğe sahip sinyallerin geçtiği alt eşik seviyesi ve belli genliğe sahip sinyalleri geçirmeyen üst eşik seviyesine sahiptir. Alt ve üst seviyeler arasındaki farka pencere denir. Sadece bu iki seviye arasına (alt ve üst eşik değerinin) düşen sinyaller SCA'da bir mantık sinyalinin oluşmasına neden olur (Leo, 1987)(şekil 2.3).

Normal SCA'nın bir uzantısı zamanlama SCA'dır. Zamanlama SCA mantık sinyallerinin üretimindeki adım etkisinin düzeltilmesi için devreler içerir. SCA'ların çıkışları zamanlama devreleri için kullanılır (Leo, 1987).



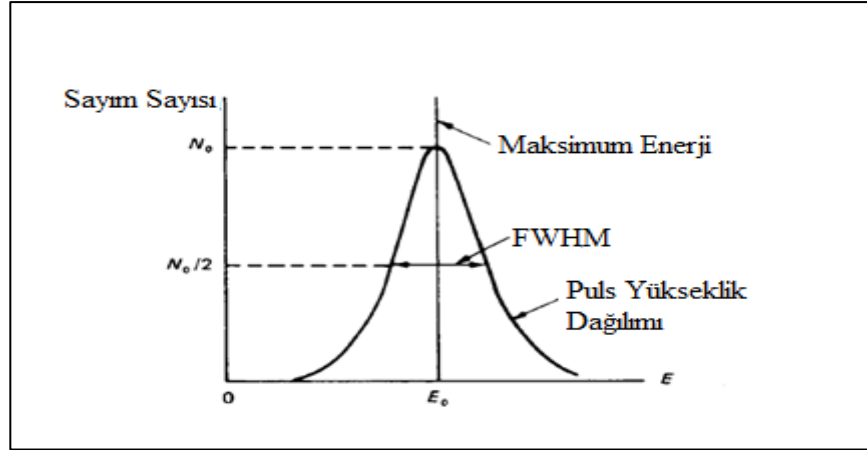
Şekil 2.3. SCA'nın çalışma prensibi (Tsoulfanidis, 1995).

2.11 Geciktirici

Geciktiriciler, kullanıldığı devrede elektriksel yolların uzatılmasını veya kısaltılmasına izin veren ayarlanabilir gecikmeler sağlar (Leo, 1987). Bu cihazlar normal bir NIM modülünün 0-64 ns' lik bir gecikmeye izin verdiği değişken kablo uzunluklarından oluşur. Yaklaşık 1 mikrosaniyelik veya daha fazla gecikmeler için kablo uzunluğu engelleyici haline gelir ve sönümlenme etkisi yaratır. Böyle durumlarda, özel düşük sönümlenmeli geciktirme kabloları ve ya aktif bir elektronik devre kullanılması gerekir (Leo, 1987).

2.12 Çok Kanallı Analizör (MCA)

Çok kanallı analizör (MCA), yüksekliklerine göre pulse'ları kaydeder ve depolar. Puls yüksekliği genellikle dedektöre giren parçacığın enerjisiyle orantılıdır. Her puls belli bir enerjiye karşılık gelen bir parçacık kanalında sırayla depolanır. Kanaldaki pulse'ların dağılımı parçacığın enerjisinin dağılımının görüntüsüdür. Bir sayım periyodu sonunda, kaydedilen spektrum MCA'nın ekranında gösterilir. Yatay eksen kanal numarası veya parçacığın enerjisi, dikey eksen kanal başına kaydedilen parçacıkların sayısıdır (Tsoulfanidis, 1995). MCA'da elde edilen puls yükseklik dağılımı şekil 2.4' da gösterildiği gibidir.



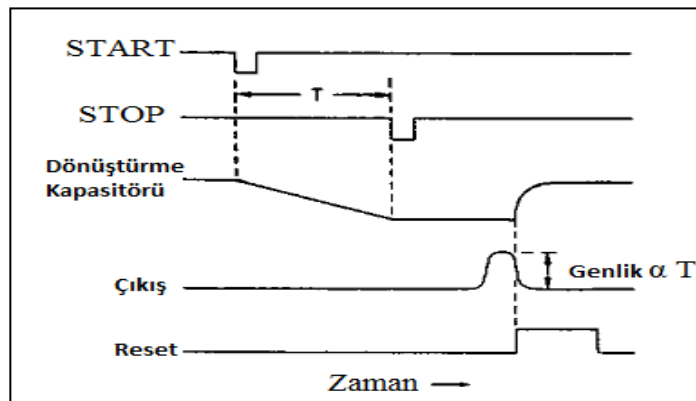
Şekil 2.4. Puls yükseklik dağılımı (Tsoulfanidis, 1995).

(E: Enerji, N_0 : Maksimum sayım sayısı, FWHM: Yarı maksimumdaki tam genişlik)

2.13 Zamanı Genliğe Çevirici (TAC)

Zamanı genliğe dönüştürücü, iki mantık pulsu arasındaki zaman aralığıyla orantılı bir genliğe sahip çıkış pulsu üreten bir cihazdır (Knoll, 2000). TAC cihazının START ve STOP sinyallerinin geldiği iki girişi vardır.

TAC cihazının çalışması, ilk sinyalin yani START sinyalinin gelmesiyle kapasitörün sabit olarak boşalmaya başlaması ve STOP sinyalinin gelmesiyle kapasitörün boşalmasının durması şeklindedir. Toplanan toplam yük START ve STOP sinyalleri arasındaki zaman farkıyla orantılıdır. Aşağıdaki şekil TAC cihazının çalışmasını göstermektedir (Leo, 1987).



Şekil 2.5. TAC'nin çalışması (Leo, 1987).

Elde edilecek zaman spektrumu TAC cihazının çıkışına bağlanan bir çok kanallı analizör (MCA) ile görüntülenir.

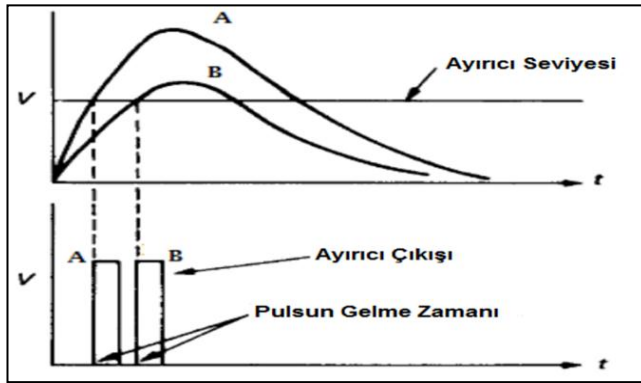
2.14 Zaman Ölçüm Yöntemleri

Nükleer ve parçacık fiziğindeki zaman ölçümü çok küçük zaman aralıklarının ölçümü olarak adlandırılır. Zaman ölçüm yöntemleri, uyarılmış nükleer durumların veya temel parçacıkların yaşam sürelerinin ölçümleri, uçuş zamanı ölçümlerinde kullanılmaktadır. Bu küçük zaman aralıkları en az birkaç piko saniye en çok birkaç mikro saniyeye kadar bir aralıkta dağılım göstermektedir.

Bu zaman aralıklarının doğru ölçümleri özel teknikler gerektirir. Bu özel teknikler zaman ölçüm yöntemleri olarak adlandırılmaktadır (Leo, 1987).

2.14.1 Yükselen kenar tetikleme yöntemi

Bir zamanlama mantık sinyali elde etmek için kullanılan en basit yöntem yükselen kenar tetiklemesidir (LE). Yükselen kenar zaman ölçüm yönteminde, ilk olarak ayırıcının eşik değeri ayarlanır ve pulsun gelme zamanı, pulsun ayırıcının eşik seviyesini geçtiği noktada belirlenir (Leo, 1987). Genlik ve puls şeklindeki dalgalanmaların en aza düşürülmesi için ayırıcı seviyesi mümkün olduğunca düşük ayarlanmalıdır (Tsoulfanidis, 1995). Bu zaman ölçüm yöntemi aşağıdaki şekilde özetlenebilir.



Şekil 2.6. Yükselen kenar tetikleme yöntemi (Tsoulfanidis, 1995).

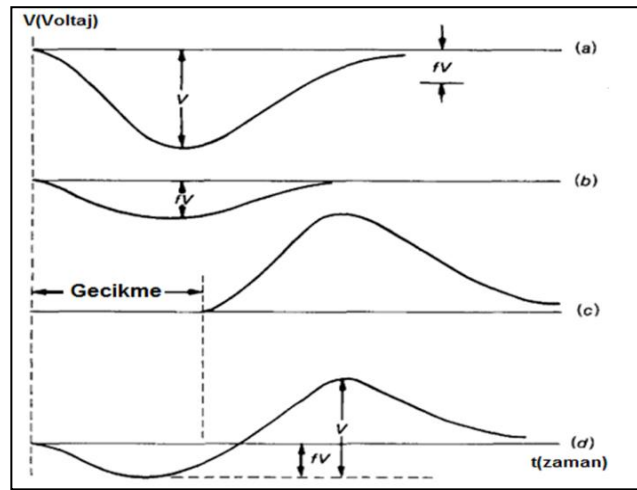
2.14.2 Sabit kesir ayırıcı (CFD) zaman ölçüm yöntemi

Bugün kullanılan en etkili ve çok yönlü yöntem sabit kesir tetikleme tekniğidir. Bu yöntemde, adım etkisinden bağımsız bir mantık sinyali puls yüksekliğinin sabit kesirinde elde edilir. Bu fikrin temeli, en iyi zaman

çözünürlüğü için en uygun tetikleme seviyesinin varlığını gösteren deneylerden doğar. Sinyalin tipine bağlı olarak, bu seviye genlikten bağımsız puls yüksekliğinin sabit kesrinde oluşur.

İlk olarak, (2.7a) orijinal puls zamanlamaya dayalı olarak puls yüksekliğinin belli bir kesrine eşit bir f faktörüyle azaltılır(2.7b).

Daha sonra orijinal puls ters çevrilir ve yükselme zamanından daha uzun bir süreyle geciktirilir(2.7c). Son olarak 2.7b ve 2.7c deki sinyaller toplanır ve 2.7d'deki sinyal elde edilir (Tsoulfanidis, 1995).



Şekil 2.7. Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi (Tsoulfanidis, 1995).

Bu yöntemde bahsedilen sabit kesir (f), sabit kesir ayırıcının eşik voltajının sinyal genliğine oranı olarak tanımlanır (Gedcke and Williams, 1968).

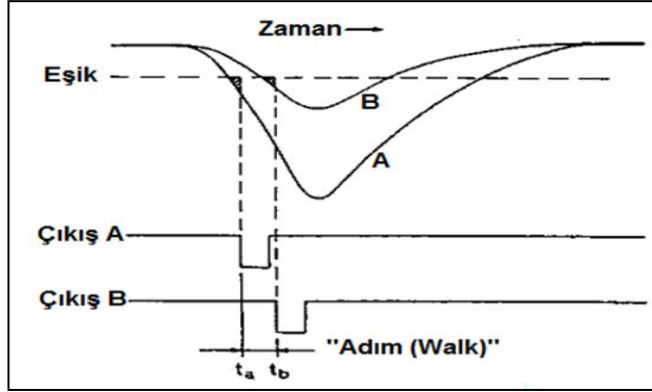
2.15 Zaman Ölçüm Yöntemleri Kullanıldığında Karşılaşılabilecek Sorunlar

Zaman ölçüm yöntemleri kullanıldığında, adım etkisi ve zaman jitteri gibi istenmeyen durumlar meydana gelebilir. Bu hatalar aşağıdaki şekilde tanımlanır.

2.15.1 Adım (Walk) etkisi

Gelen sinyalin yükselme zamanı ve genliğindeki değişimlerden kaynaklı olarak adım etkisi doğar. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi yaşam süreleri aynı fakat genlikleri farklı A ve B gibi iki sinyal ele alalım. Eşik seviyesi belirli bir düzeye ayarlanmış ayırıcıya bu sinyaller gönderildiğinde, A sinyali ayırıcının eşik

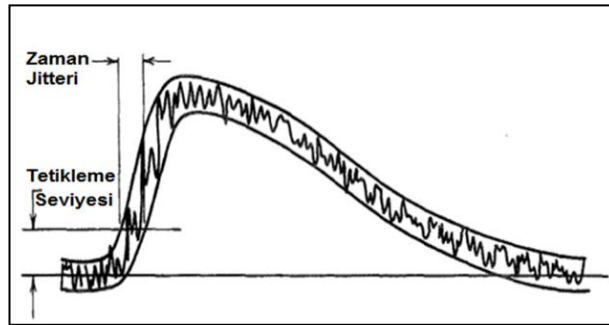
seviyesini t_a sürede geçerken B sinyali bu eşik seviyesini t_b sürede geçecektir. Bu sinyallerin eşik seviyesini farklı sürelerde geçmelerinden kaynaklı olarak adım etkisi meydana gelir (Şekil 2.8). Adım etkisi eş zamanlı sinyallerin genlik ve yükselme zamanlarındaki farklılıktan kaynaklanır. Bu durum zaman ayırma gücünü kötüleştirmektedir (Tsoulfanidis, 1995).



Şekil 2.8. Adım etkisi (Leo, 1987).

2.15.2 Zaman jitteri

Orijinal dedektör sinyalindeki gürültü ve istatistiksel dalgalanmalar zaman sinyalinde de dalgalanmalara neden olur. Bu gürültü ve istatistiksel dalgalanmalar zaman jitteri olarak adlandırılır (Tsoulfanidis, 1995).



Şekil 2.9. Zaman jitteri (Knoll, 2000).

2.16 Puls Yüksekliği (Genlik)

Taban çizgisine göre volt olarak ölçülen maksimum yüksekliktir. Genlik olarak da söylenir (Leo, 1987) (Şekil 2.10).

2.17 Yükselme Zamanı

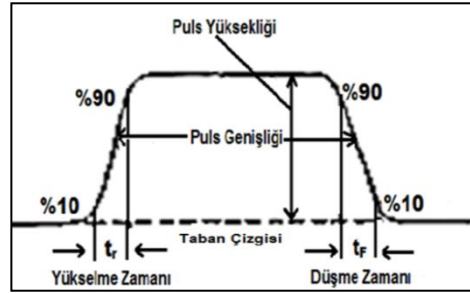
Pulsun genliğinin %10'undan % 90'nına çıkması için geçen zamandır (Leo, 1987) (Şekil 2.10).

2.18 Düşme Zamanı

Pulsun genliğinin %90'ından %10'una düşmesi için geçen zamandır (Leo, 1987) (Şekil 2.10).

2.19 Puls Genişliği

Sinyalin yarı maksimumundaki genişliktir (Leo, 1987) (Şekil 2.10). Bir zamanlama sisteminin zaman ayırma gücü yarı maksimumdaki tam genişliktir. Zamanlama sisteminin başarısı maksimumun yarısındaki tam genişlikle belirlenir (Leo, 1987).



Şekil 2.10. Puls şekli (Leo, 1987).

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmada NaI(Tl) dedektörü ile Si yüzey engelli yarı iletken dedektörü, önyükseltici, yükseltici, zamanlama tek kanallı analizörü, zamanlama filitreleyici yükseltici, zaman geciktirici ve geciktirme yükseltici, sabit kesir ayırıcı, zamanı genliğe dönüştürücü ve çok kanallı analizör kullanılmıştır. Bahsedilen bu cihazlar kullanarak oluşturulan spektrometrelerde ^{137}Cs ve ^{14}C ışınım kaynaklarından yararlanılarak, enerji ölçümleri yapılmıştır.

3.1 NaI(Tl) Dedektörü İçin Kullanılan Zaman Ölçüm Yöntemleri

Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada NaI(Tl) sintilasyon dedektörü ve ^{137}Cs radyoaktif kaynağı kullanılmıştır. Kaynak

yatık konumda ve dedektöre değmektedir. İşlemler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

3.1.1 Yükselen kenar zamanlı ölçüm yöntemi

Bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmada; dedektör çıkışı ön yükselticiye bağlanmıştır. Ön yükseltici çıkışı ana yükselticiye bağlanmış ve ana yükseltici çıkışı ikiye bölünmüştür. Ana yükseltici çıkışının bir kolu zamanlı tek kanallı analizörüne bağlanarak enerji spektrumunun alınması için çok kanallı analizörün giriş kanalına gönderilmiştir. Ana yükselticinin diğer kolu zamanlama tek kanallı analizörlerine (TSCA) bağlanmıştır. TSCA çıkışlarının biri zamanı genliğe dönüştürücünün start girişine, diğeri geciktiriciye bağlanmış ve geciktirici çıkışı da zamanı genliğe dönüştürücünün stop kanalına gönderilmiştir. Zamanı genliğe dönüştürücünün çıkışı çok kanallı analizörün kapı girişine bağlanmıştır. Böylelikle yükselen kenar zamanlama yöntemiyle elde edilen ¹³⁷Cs enerji spektrumunun çözünürlüğü yükselen kenar zaman ölçüm yöntemiyle iyileştirilmiştir.

3.1.2 Sabit kesir ayırıcı (CFD) zaman ölçüm yöntemi

Sabit kesir zaman ölçüm yönteminde; dedektör çıkışı ön yükselticiye ön yükseltici çıkışı ana yükselticiye ana yükseltici çıkışı geciktirme yükselticisine gönderilmiş ve bu cihazın çıkışı da çok kanallı analizörün girişine gönderilerek enerji spektrumu elde etmek için devre hazırlanmıştır. Dedektörün diğer çıkışı ikiye bölünerek iki adet zamanlama filitreleyici yükseltici (TFA) girilmiştir. İlk TFA'nın çıkışı sabit kesir ayırıcı (CFD)'ye gönderilmiştir ve CFD çıkışı da zamanı puls yüksekliğine dönüştürücünün (TAC) start girişine bağlanmıştır. İkinci TFA'nın çıkışına da bir CFD cihazı bağlanmıştır. Bu cihazın çıkışı önce geciktiriciye daha sonra ise TAC'nin stop girişine gönderilmiştir. TAC cihazı çok kanallı analizörün kapı girişine bağlanmış böylelikle koincidens devre sonucunda elde edilen spektrum MCA'da görüntülenmiştir.

3.2 Si Yüzey Engelli Yarı İletken Dedektörü İçin Kullanılan Zaman Ölçüm Yöntemleri

Si yüzey engelli dedektörü kullanılarak yaptığımız çalışmalarda ^{14}C radyoaktif kaynağı kullanılmıştır. Deney oda koşullarında gerçekleştirilmiş ve deney boyunca dedektör vakum ortamında tutulmuştur.

3.2.1 Yükselen kenar zamanlı ölçüm yöntemi

Bu çalışmada ilk olarak dedektör çıkışı ön yükselticiye, ön yükseltici çıkışı da ana yükselticiye gönderilmiştir. Ana yükseltici çıkışı ikiye bölünerek biri geciktirme yükselticisine diğeri de zamanlı tek kanallı analizörlerinin (TSCA) girişlerine bağlanmıştır. Geciktirme yükselticisi çıkışı kaynak spektrumunun elde edilebilmesi için çok kanallı analizörün girişine bağlanmıştır. Bir TSCA çıkışı zamanı puls yüksekliğine dönüştürücünün (TAC) start kanalına bağlanmıştır. Diğer TSCA'nın çıkışına gecikmeyi sağlamak için geciktirici bağlanmıştır. Geciktirici çıkışı TAC'nin stop kanalına gönderilmiştir ve TAC çıkışı da çok kanallı analizörün kapı kanalına bağlanarak çok kanallı analizörde koinsidens spektrum görüntülenmiştir.

3.2.2 Sabit kesir ayırıcı (CFD) zaman ölçüm yöntemi

CFD zaman ölçüm yönteminde ön yükseltici çıkışlarından biri ana yükselticiye gönderilmiştir. Ana yükseltici çıkışı geciktirme yükselticisine bağlanmıştır ve bu cihazın çıkışında enerji spektrumunu elde edebilmek için çok kanallı analizörün (MCA) giriş kanalına gönderilmiştir. Ön yükselticinin diğer çıkışı ikiye bölünerek iki adet zamanlama filitrelileyici yükselticiye (TFA) gönderilmiştir. TFA'ların çıkışlarına birer tane sabit kesir kesir ayırıcı (CFD) bağlanarak CFD'lerin birisinin çıkışı zamanı puls yüksekliğine çeviricinin (TAC) start kanalına bağlanmıştır. Diğer CFD çıkışına geciktirici bağlanmış ve geciktirici çıkışı TAC'nin stop kanalına gönderilmiştir. TAC çıkışı çok kanallı analizörün kapı girişine bağlanarak koinsidens enerji spektrumu elde edilmiştir.

4. DENEYSEL SONUÇLAR

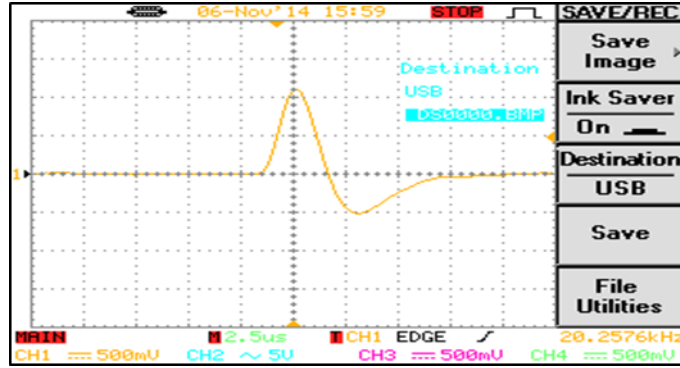
4.1 NaI(Tl) Dedektörü İçin Kullanılan Zaman Ölçüm Yöntemleri İle Alınan Enerji Spektrumu Sonuçları

4.1.1 Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi sonuçları

4.1.1.1 Çıkış sinyal şekilleri

4.1.1.1a. Yükseltici çıkışı

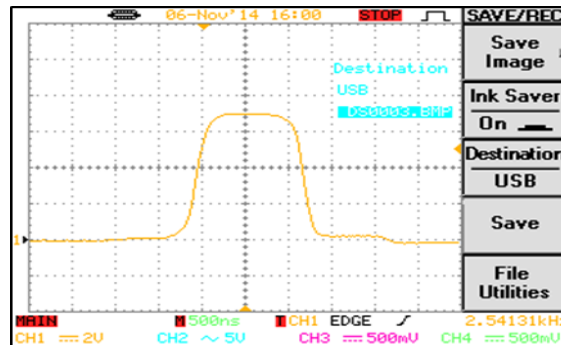
Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi devresinde ana yükseltici çıkışında elde edilen sinyalin görüntüsü şekil 4.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1. Ana yükseltici çıkışı.

4.1.1.1b. Zamanı puls yüksekliğine dönüştürücü (TAC) çıkışı

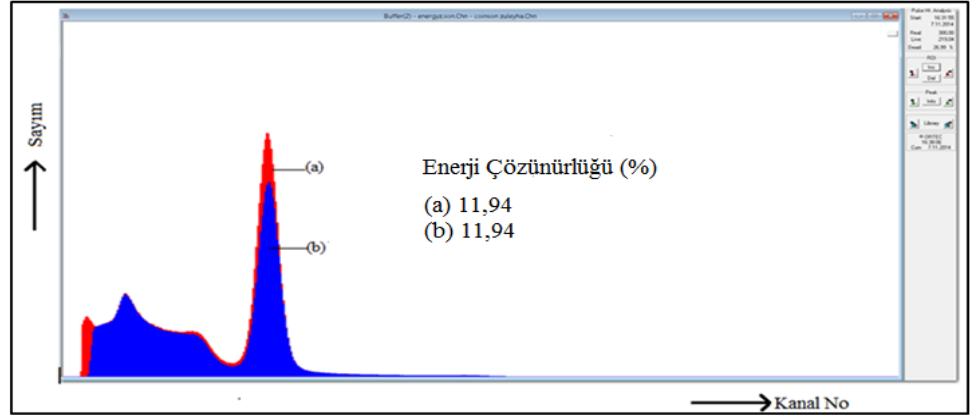
Yükselen kenar zaman ölçüm yönteminde zamanı genliğe dönüştürücü (TAC) çıkışında elde edilen sinyal şekli şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.2. TAC çıkış sinyali şekli.

4.1.1.2. Enerji spektrumları

Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen doğrudan enerji ve koincidens enerji spektrumları şekil 4.3’de gösterildiği gibidir.



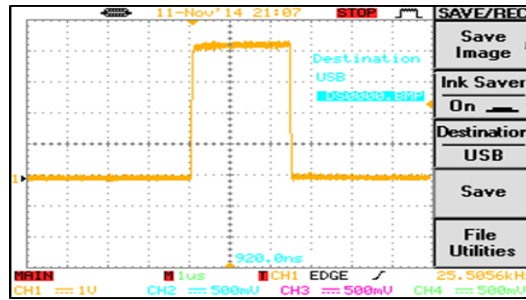
Şekil 4.3. (a) Doğrudan enerji spektrumu (b) Koincidens enerji spektrumu.

4.1.2 Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi sonuçları

4.1.2.1. Çıkış sinyal şekli

4.1.2.1a. Zamanı Puls Yüksekliğine Dönüştürücü (TAC) Çıkışı

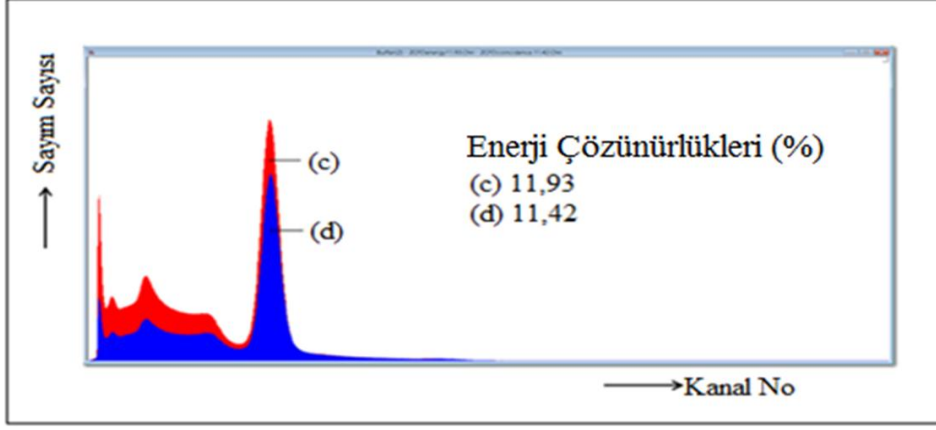
Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanıldığında zamanı genliğe dönüştürücü (TAC) çıkışında elde edilen sinyal şekli şekil 4.4’de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.4. TAC çıkış sinyali şekli.

4.1.2.2. Enerji spektrumları

Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen doğrudan enerji ve koincidens enerji spektrumları şekil 4.5’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.5 (c) Doğrudan enerji spektrumu (d) Koincidens enerji spektrumu.

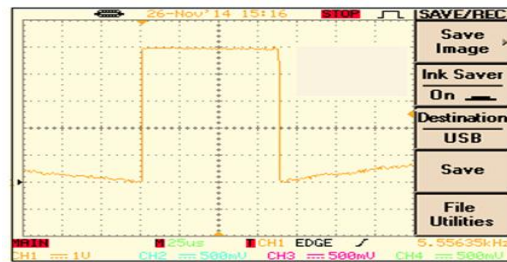
4.2 Si Yüzey Engelli Dedektör İçin Kullanılan Zaman Ölçüm Yöntemleri İle Alınan Enerji Spektrumu Sonuçları

4.2.1 Yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi sonuçları

4.2.1.1. Çıkış sinyal şekili

4.2.1.1a. Zamanı puls yüksekliğine dönüştürücü (TAC) çıkışı

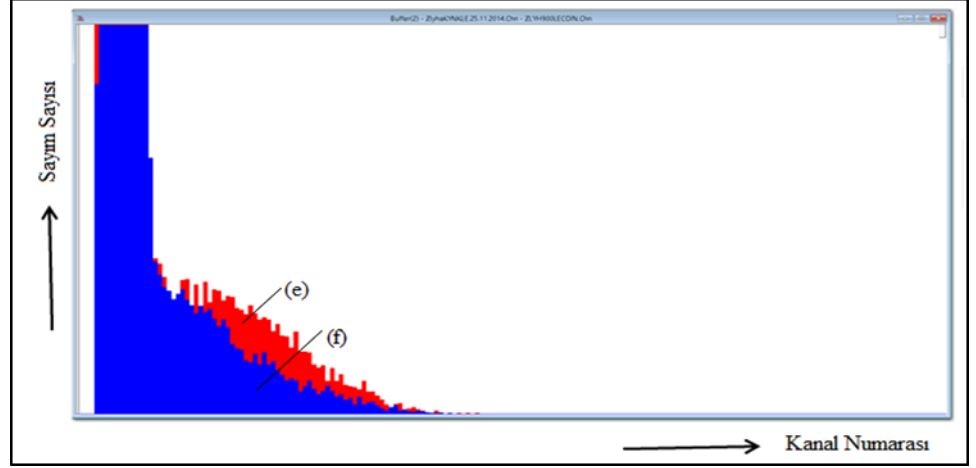
TAC çıkışında elde edilen sinyal şekli şekil 4.6 ile gösterilmektedir.



Şekil 4.6. TAC çıkışı.

4.2.1.2. Enerji spektrumları

Elde edilen kaynak spektrumu ve koinsidens spektrum şekil 4.7’de gösterilmektedir.



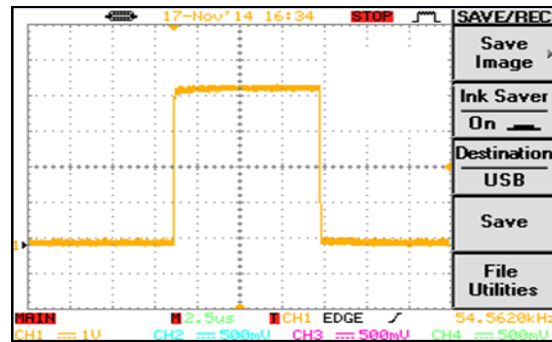
Şekil 4.7. (e) ^{14}C kaynak spektrumu (f) ^{14}C koinsidens Spektrum.

4.2.2 Sabit kesir ayırıcı(CFD) zaman ölçüm yöntemi sonuçları

4.2.2.1. Çıkış sinyal şekili

4.2.2.1a. Zamanı puls yüksekliğine dönüştürücü (TAC) çıkışı

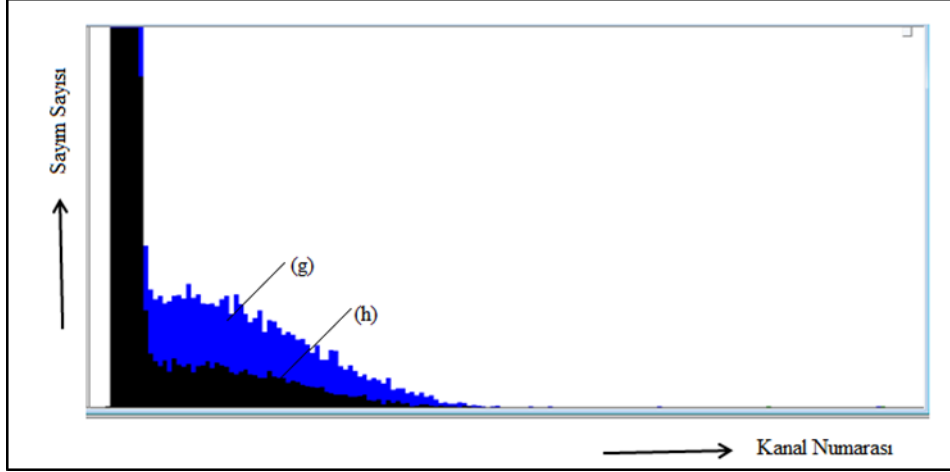
Zamanı genliğe dönüştürücü (TAC) çıkışında elde edilen sinyal şekli şekil 4.8’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.8. TAC çıkış sinyali.

4.2.2.2. Enerji spektrumları

Elde edilen kaynak ve koincidens enerji spektrumları şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.9. (g) ^{14}C kaynak spektrumu (h) ^{14}C koincidens enerji spektrumu.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Nükleer ve parçacık fiziği deneylerinde yer alan spektroskopi sistemlerinde kullanılan elektronik cihazlar ve tabii fon istenmeyen bir durum olan istenmeyen pulsların oluşmasına neden olarak spektrometrenin ayırma gücünü olumsuz etkiler. Bu istenmeyen durumları ortadan kaldırabilmek için yıllar içinde birçok zaman ölçüm yöntemi geliştirilmiştir (Knoll, 2000).

Geliştirilen bütün yöntemler pulsun gelme zamanı içindeki belirli bir genliğe dayalı olarak zamanı seçerler ve genliği seçme yoluna bağlı olarak bu yöntemler birbirlerinden farklılık gösterirler (Tsoulfanidis, 1995). Buradan hareketle bu çalışmada yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi ve sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada zaman ölçüm yöntemleri NaI(Tl) ve Si yüzey engelli dedektörlere uygulanmıştır. Şekil 4.3’de NaI(Tl) dedektörü kullanılarak oluşturulan spektrometreye yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi uygulanmadığında ve yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen enerji spektrumları görülmektedir. Kırmızı ile gösterilen enerji spektrumu zaman ölçüm yöntemi kullanılmadığında elde edilen enerji

spektrumunu, mavi renkle temsil edilen spektrum ise yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi kullanıldıktan sonraki enerji spektrumunu göstermektedir. Bu şekil, yükselen kenar zaman ölçüm yönteminin spektrum üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. Şekil 4.5’de NaI(Tl) dedektörü kullanılarak oluşturulan spektrometreye sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi uygulanmadan önce ve sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi uygulandıktan sonraki enerji spektrumları görülmektedir. Kırmızı spektrum sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi uygulanmadığı zaman elde edilen enerji spektrumunu temsil ederken, mavi spektrum ise sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanıldıktan sonra elde edilen enerji spektrumunu temsil etmektedir. Yapılan enerji ayırma gücü hesaplarına bakıldığında; sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanıldığında elde edilen ayırma gücünün sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanılmadığında elde edilen enerji ayırma gücünden daha küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuç bize, sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanılarak enerji ayırma gücünün artırıldığı sonucunu vermektedir. Şekil 4.3 ve 4.5’e bakılarak kullanılan zaman ölçüm yöntemleri birbiriyle karşılaştırıldığında, sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemindeki mavi ile temsil edilen spektrumun düşük enerji bölgesi yükselen kenar zaman ölçüm yöntemindeki mavi ile temsil edilen spektrumun düşük enerji bölgesine göre daha aşağıda kalmaktadır. Bu da sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yönteminin düşük enerji bölgesini daha iyi ayırdığı anlamına gelmektedir. Çünkü yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi adım etkisi ve zaman jitterinden dolayı bir takım belirsizlikler içerir. Gelen sinyalin yükselme zamanı ve genliğindeki değişimler adım etkisine neden olur. Sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yönteminde ise adım etkisinden bağımsız mantık sinyali puls yüksekliğinin sabit kesrinde elde edildiği için sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlar yükselen kenar zaman ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha iyidir.

Bu zaman ölçüm yöntemlerinin farklı tip dedektörler kullanıldığında da geçerli olup olmadığını araştırmak için Si yüzey engelli dedektörle de çalışılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yöntemler Si yüzey engelli dedektör kullanılarak elde edilen beta spektrumunu da iyileştirmiştir. Bu sonuçlar şekil 4.7 ve 4.9 da açık olarak görülmektedir. Beklenildiği gibi sabit kesir ayırıcı zaman ölçüm yöntemi yükselen kenar zaman ölçüm yönteminden daha iyi sonuç vermiştir.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında yer verilen zamanlama yöntemleri kullanılarak elektronik gürültü, tabi fon, saçılma gibi orijinal kaynak spektrumunu bozucu etkilerin azalttığı ve bu şekilde daha net enerji spektrumları bulunabileceği gösterilmiştir. Böylelikle elde edilen net enerji spektrumları kullanılarak ilgili

teorik hesaplamaların ve bu hesaplamaların doğruluklarının ve uyumlarının artırılmasına, teorik spektrumların ilgili parametrelerinin geliştirilmesine katkı sağlanmış olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abuelhia, E., Alzimami, K., Alkhorayef, M., Podolyak, Z. and Spyrou, N. M.,** 2008, Measurement of Coincidence Timing Resolution of Scintillation Detectors Compared to Semiconductor Detectors to Image Three-Photon Positron Annihilation, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 278, 767–771pp.
- Aykac M., Hong I. and Cho S.,** 2010, Timing Performance Comparison of Digital Methods in Positron Emission Tomography, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 623, 1070–1081pp.
- Bayat, E., Divani-Vais, N., Firoozabadi, M.M. and Ghal-Eh, N.,** 2012, A Comparative Study on Neutron-Gamma Discrimination with NE213 and UGLLT Scintillators Using Zero-Crossing Method, Radiation Physics and Chemistry 81, 217–220pp.
- Binkley, D.M.,** 1994, Performance of Non-Delay-Line Constant-Fraction Discriminator Timing Circuits, IEEE Transactions on Nuclear Science 41, 1169-1175pp.
- Cho, Z. H., Beshai, S. and Becker, J.,** 1973, Noise Suppressed Leading Edge Trigger Technique and Its Application to NaI(Tl) Pulse Timing, IEEE Transaction on Nuclear Science 20, 199-203pp.
- Genat, J.F, Varner G., Tang, F. and Frisch, H.,** Signal Processing for Picosecond Resolution Timing Measurements, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 607, 387–393pp.
- <http://web.stanford.edu/group/scintillators/scintillators.html>** (Erişim Tarihi: 10 Aralık 2014)
- Knoll, G.F.,** 2000, Radiation Detection and Measurements, John& Sons. Inc., New York.
- Leo, R.W.,** 1987, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer–Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Nelson, M. A., Rooney, B.D., Dinwiddie, D. R. and Brunson G.S.,** 2003, Analysis of Digital Timing Methods With BaF2 Scintillators, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 505, 324–327pp.
- Nutt, R., Gedcke D. A. and Williams, C. W.,** A Comparison of Constant Fraction and Leading Edge Timing with NaI(Tl) Scintillators, IEEE Transactions on Nuclear Science 17, 299-306pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Paulus T. J.**, 1985, Timing Electronics and Fast Timing Methods with Scintillation Detectors, IEEE Transactions on Nuclear Science 32, 1242-1249pp.
- Shao Y.**, 2007, A New Timing Model for Calculating the Intrinsic Timing Resolution of a Scintillator Detector, Physics in Medicine and Biology 52 , 1103–1117pp.
- Sherman, I. S., Roddick, R. G. and. Metz A. J.**, A Low Walk, High Resolution Timing System for Silicon Detectors, IEEE Transactions on Nuclear Science 15, 500-508pp.
- Spieler, H.**, 1982, Fast Timing Methods for Semiconductor Detectors, IEEE Transactions on Nuclear Science 29, 1142-1158pp.
- Swierk, W. , Jelen K. and Geyh, M. A**, 1998, Optimization Criteria for Pulse Risetime Discrimination in ^{14}C Measurements, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 140, 426-432pp.
- Tsoufanidis, N.**, 1995, Measurements and Detection Radiation, Taylor&Francis, USA.

ÖZGEÇMİŞ

04.12.1986 tarihinde İzmir’de doğmuştur. İlk ve ortaöğretimini İzmir’de tamamladıktan sonra, 2007 yılında Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü kazandı. 2012 yılında aynı bölümden mezun oldu. 2013 yılında aynı bölümün Nükleer Fizik Bilim Dalı’nda yüksek lisans öğrencisi olarak çalışmalarına başlamıştır.