

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

ELEKTROMANYETİK FİRLATICILAR İÇİN
HIZ VE İVME ÖLÇÜMÜ

MURAT BAŞAYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

GEBZE
2009

**T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR İÇİN
HIZ VE İVME ÖLÇÜMÜ**

**MURAT BAŞAYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Abdülkadir BALIKÇI**

**GEBZE
2009**



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 09.10.2009 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Murat BAŞAYDIN'ın tez çalışması "ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR İÇİN HIZ VE İVME ÖLÇÜMÜ" Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Abdülkadir BALIKÇI

ÜYE

: Doç. Dr. Hakan HOCAOĞLU

ÜYE

: Doç. Dr. Ercan ERTÜRK

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/20... tarih ve sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR İÇİN HIZ
VE İVME ÖLÇÜMÜ

YAZAR ADI :MURAT BAŞAYDIN

Elektromanyetik Fırlatıcı uygulamalarında karşılaşılan problemlerden biri merminin hızı ve ivmesinin ölçülmesidir. Elektromanyetik Fırlatıcılar yoğun manyetik alan oluşturdıkları için çevresinde bulunan elektronik devreleri etkilemektedirler. Bilinen ve sıkça uygulanan yöntemlerle sağlıklı ölçümler yapılamamaktadır.

Bu çalışmada, Elektromanyetik Fırlatıcı çevresinde oluşan yoğun manyetik alandan etkilenmeyecek ve sağlıklı ölçümler yapabilecek kapasitede bir sistem tasarlanmıştır. Manyetik alanın etkilerini azaltmak için optik sistemler kullanılmıştır, optik sistemden gelen veriler bilgisayara aktarılarak işlenmektedir.

SUMMARY

TITLE : VELOCITY AND ACCELERATION
MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC
LAUNCHERS

AUTHOR : MURAT BAŞAYDIN

One of the problems encountered in the design process of Electromagnetic Launchers is measurement of velocity and acceleration. Electromagnetic Launchers affect electronic circuits near them because of their electromagnetic fields. Precise measurement can not be done with known methods.

In this study, A system capable of measuring velocity and acceleration which is not affected by electromagnetic fields was designed. Optical transmission systems were used for this purpose. Data is transferred to a personal computer and processed there.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Eğitimim boyunca gerek seminerler aşamasında gerekse tezimin hazırlanması aşamasında desteğini ve ilgisini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç. Dr. Abdulkadir BALIKÇI'ya, beni teşvik eden değerli hocam Doç. Dr. M. Hakan HOCAOĞLU'na, tez aşamasında fikir alış verişinde bulunduğum GYTE'deki arkadaşlarıma, beni büyütüp-yetiştiren, okutan değerli anneme ve babama, manevi desteklerini ve sabırlarını esirgemeyen eşime, teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xii
1 GİRİŞ	1
1.1 TEZİN AMACI	2
1.2 TEZİN İÇERİĞİ	3
2 ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR	4
2.1 ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR KURAMI	4
2.2 ELEKTROMANYETİK FIRLATICILARIN ÇEŞİTLERİ	6
2.2.1 RAYLI ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR	6
2.2.2 SARGILI ELEKTROMANYETİK FIRLATICI	7
2.2.3 KARMA ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR	8
2.2.4 DOĞRUSAL HAREKETLİ FIRLATICILAR	9
2.3 SONUÇ	9
3 HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ	11
3.1 SES	11
3.1.1 SESİN ÖZELLİKLERİ	11
3.1.1.1 FREKANS	12
3.1.1.2 ŞİDDET	12
3.2 IŞIK	13
3.2.1 YANSIMA VE KIRILMA	13
3.2.1.1 YANSIMA	13
3.2.1.2 KIRILMA	15
3.3 MERCEKLER	17
3.4 OPTO-ELEKTRONİK ELEMANLAR	18
3.4.1 FOTOİLETKENLİK	18
3.4.1.1 SPEKTRAL DUYARLILIK EĞRİSİ	20

3.4.1.2	FOTOİLETKENLİK AKIMI	21
3.4.1.3	PRATİKTE KULLANILAN FOTOİLETKEN ELEMANLAR	21
3.4.2	FİBEROPTİK KABLOLAR	23
3.5	LAZERLER	23
3.5.1	LAZER	24
3.5.2	İLK LAZER (YAKUT LAZER)	25
3.5.3	YARI İLETKEN LAZER	27
3.5.4	LAZERLERİN ENERJİ DÜZEYLERİ	30
3.6	HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ	31
3.6.1	ULTRASONİK HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ	31
3.6.2	FOTODİYOT KULLANILARAK ÖLÇÜM	32
3.6.3	LAZERLİ HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ	33
3.7	SONUÇ	33
4	UYGULAMA	35
4.1	NAMLU GEÇİŞ DÜZENEGİ	36
4.2	FİBER DEVRE UYGULAMASI	37
4.3	FİBEROPTİK İLETİM	40
4.4	VERİLERİN BİLGİSAYARA AKTARILMASI VE İŞLENMESİ	43
4.5	UYGULAMA SONUÇLARI	46
5	SONUÇ	48
	KAYNAKÇA	49
	ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EM	Elektromanyetik Fırlatıcı
IR	İnfrared
PIC	Çevresel Arabirim Denetleyicisi
DAQ	Sayısal Elde Etme
f	Frekans
kHz	Kilo Hertz
Hz	Hertz
MHz	Mega Hertz
V	Volt
F	Frekans
mm	Mili Metre
mSn	Mili Saniye
Watt	Watt
I	Akım
V	Volt
A	Amper

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 ELEKTROMANYETİK FIRLATICI	2
2.1 BASİT BİR ELEKTROMANYETİK FIRLATICININ YAPISI	4
2.2 SARGILI FIRLATICININ İLKESEL GÖSTERİMİ	5
2.3 SARGILI FIRLATICININ ELEKTRİKSEL EŞDEĞER DEVRESİ	5
2.4 RAYLI ELEKTROMANYETİK FIRLATICI	7
2.5 SARGILI ELEKTROMANYETİK FIRLATICI	8
2.6 DOĞRUSAL HAREKETLİ FIRLATICI	9
3.1 GELME AÇISI VE YANSIMA AÇISI	14
3.2 DÜZ VE EĞRİ YÜZEYLERDEN IŞINLARIN YANSIMASI	14
3.3 IŞIĞIN KIRILMASI	15
3.4 BİR FİBEROPTİK KABLODA TAM YANSIMA	16
3.5 FARKLI EĞRİLİK YARIÇAPI OLAN YÜZEYLERE SAHİP İNCE KENARLI BASİT MERCEKLER	17
3.6 MERKEZDEN GEÇEN IŞININ İLERLEMESİ	18
3.7 YARI İLETKENİN IŞIKLA UYARILMASI	19
3.8 SİLİSYUM VE GERMANİYUMUN BAĞIL SPEKTRAL DUYARLILIK EĞRİLERİ	20
3.9 PRATİKTE KULLANILAN C_{DS} 'NİN AYDINLIK DÜZEYİNE BAĞLI OLARAK DİRENCİNİN DEĞİŞİM EĞRİLERİ	22
3.10 STANDART SPEKTRAL DUYARLILIK EĞRİSİ İLE KARŞILAŞTIRILAN BİR KADMIYUM SÜLFÜR FOTOİLETKENİN SPEKTRAL DUYARLILIK EĞRİSİ	22
3.11 GAZ LAZER DÜZENEGİ	24
3.12 YAKUT LAZER DÜZENEGİ	26
3.13 DL-LS500 DİYOT LAZER (LASER COMPONENTS FİRMASI)	27
3.14 LAZER DİYOTUN YAPISI	28
3.15 ÇEŞİTLİ UZUNLUKLARDAKİ DİYOT LAZERİNİN AKIM-OPTİK GÜÇ EĞRİLERİ	29
3.16 DİYOT LAZER YAPISININ ODA SICAKLIĞINDAKİ FOTOIŞIMA SPEKTRUMU	30

3.17 LAZER SEVİYELERİ	31
3.18 BASİT BİR FOTODİYOT HIZ ÖLÇÜM DEVRE ŞEMASI	32
3.19 LAZERLE MESAFE ÖLÇÜMÜ	33
4.1 SİSTEM BLOK ŞEMASI	36
4.2 TASARLANAN EŞDEĞER YAPISI	37
4.3 SFH250-SFH756 FOTODİYOT ÇİFTİ	38
4.4 SFH 250 FOTODİYOT	38
4.5 SFH 756 FOTODİYOT GÖRECELİ IŞIK TAYFI YAYIMI	39
4.6 SFH250 FOTODİYOT GÖRECELİ IŞIK TAYFI DUYARLILIĞI	40
4.7 FİBER DEVRE	41
4.8 FİBEROPTİK KABLO	42
4.9 LENS	42
4.10 FİBER KESİCİ	43
4.11 VERİCİ İÇİNDEKİ FİBER POZİSYONU	44
4.12 DAQ 9221	44
4.13 LABVIEW KULLANICI ARAYUZU	45
4.14 LABVIEW HIZ VE İVME ÖLÇÜMÜ	46
4.15 TEZ DÜZENEGİ	47
4.16 LABVIEW SONUÇLARI	48

TABLÖLAR DİZİNİ

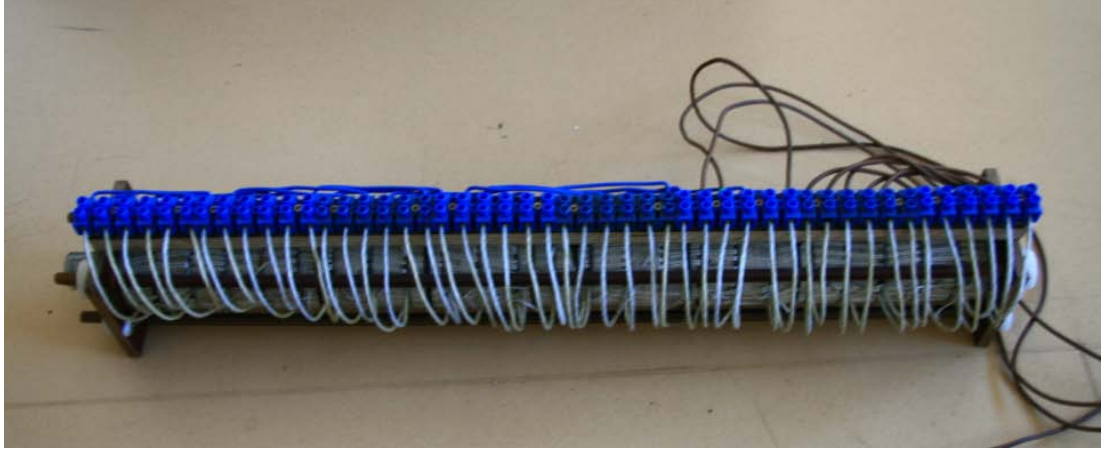
<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Uygulama Sonuçları	47

1 GİRİŞ

Elektromanyetik fırlatıcılar ile ilgili çalışmalar, 1980'lerin öncesinden beri ABD'de takip edilmektedir. Bu dönemde öncelikle ABD'nin bilim ve teknolojiye uyguladığı yeni politikalar gereği, bir ilk adım olarak ABD Stratejik Savunma Girişimi Organizasyonu (SDIO), nükleer güç kaynakları ile beslenen çok yüksek hızlı (15km/s fırlatma hızını aşabilen) elektromanyetik fırlatma teknolojileri üzerindeki araştırmalara odaklanmış olmakla beraber, ABD'nin uzayda silah bulundurmama kararı ile birlikte, çok yüksek hızlı elektromanyetik fırlatıcılarla ilgili çalışmalar yavaşlatılmıştır. Daha sonra 1985'lerde DARPA, ABD Denizcilik İşletmeleri ve ABD Ordusunun gelişmiş zırhlı savaş araçlarını yenilgiye uğratabilecek kapasiteye sahip arazi savaş araçları için elektromanyetik fırlatıcı teknolojilerini değerlendirmeye yönelmesiyle [2], ABD Savunma Bilimi Biriminin (DSB) desteği ile ABD'nin araştırmaları tekrar elektromanyetik fırlatıcılar konusuna yönelmiştir. Fakat bu yönelmede hâlihazırda kullanılabilen teknolojiler, SDIO'nun belirlediği ihtiyaçları karşılamaktan uzak kalmıştır. Çünkü zırhlı araçları tahrip etmek amacı ile fırlatılacak mermilerin tüm uçuşları atmosferin yoğun olduğu yerlerde gerçekleşecek olması nedeni ile fırlatma hızları, 3km/s ve aşağısına limitlenmiş durumda kalmıştır. Bu ise elektromanyetik fırlatıcıların ağır savaş araçlarının önündeki zırhlarını delme (tahrip etme) kabiliyetini zorlaştıran bir etkidir. Bu nedenle sonraki elektromanyetik fırlatıcı sistemlerinde yüksek verim amaçlı, raylı silahlardan fırlatmalar için plazma armatürleri yerine katı armatürler seçilmiştir. Potansiyel güç kaynakları olarak da kondansatörler ve darbeli alternatörler kullanılmıştır.

Günümüzün gelişen teknolojisi askeri alanda da inanılmaz boyutlara ulaşabilmekte, var olan silahların geliştirilmesi ve etkilerinin artırılmasının yanında, yeni tiplerde silahlar da araştırılmakta ve geliştirilmektedir. Birçok başarılı uygulamasını iletişim alanında gördüğümüz ve uygulamaları sadece yüz yıllık bir geçmişe sahip olan elektromanyetik (EM) dalgalar, yeni bir boyutta daha karşımıza çıkıyor. Varlıkları milattan önceki çağlarda fark edilen elektrik ve manyetik alanlar, ancak teknolojinin de yeterli olgunluğa ulaşması ile birlikte çağımızda gün geçtikçe artan uygulama alanları bulmaktadır.

Elektromanyetik Fırlatıcı uygulamalarında karşılaşılan problemlerden biri, fırlatılan merminin hızı ve ivmesinin ölçülmesidir. Elektromanyetik Fırlatıcı çevresinde kuvvetli manyetik alan oluşturmaktadır. Elektronik devre sistemleri manyetik alana yakın bölgelerde kullanıldığında sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Elektromanyetik alan elektrik sinyallerinde bozulmalara neden olmaktadır.



Şekil 1.1 Elektromanyetik Fırlatıcı

Mermi namlu içinde hızlı hareket etmektedir. Merminin namlu içinde kalış süresi kısa olmaktadır. Hata oranının azaltılması için merminin namlu içinde kaldığı süre boyunca mümkün olan en fazla sayıda örnek alınması gerekmektedir. Algılamada kullanılacak sensörlerin hızlı olması gerekmektedir.

1.1 TEZİN AMACI

Bu tez çalışmasında, Elektromanyetik Fırlatıcılar için Hız ve İvme Ölçümü uygulamasını gerçekleştirmek için;

- Elektromanyetik alandan etkilenmeyecek bir iletim sistemi gerçekleştirmek ve bunu elde etmek için
 - o Optik sistemler kullanılarak sinyalleri iletme
 - o Elektrik sinyallerini optik sinyallere çevirmek
 - o Optik sinyalleri elektrik sinyallerine çevirmek

- Yüksek mermi hızlarında hata oranını azaltmak için mümkün olan en çok sayıda örnek almak
- Kullanıcı arayüzü ile, girilen mermi boyuna göre hız ve ivme değerlerini hesaplamak amaçlanmıştır.

1.2 TEZİN İÇERİĞİ

Bu tez çalışmasında optik iletim sistemleri, fotodiyotlar, DAQ9221, Labview kullanılarak Elektromanyetik Fırlatıcılar için hız ve ivme ölçümü elde edilmesi üzerine çalışma yapılacaktır.

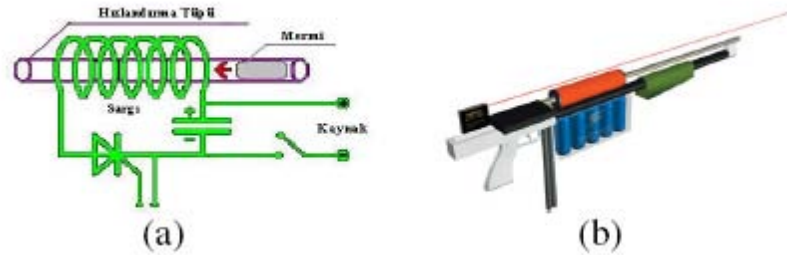
2. bölümde Elektromanyetik Fırlatıcılar kuramı anlatılmıştır.
3. bölümde ses, ışık, mercekler, lazer, hız ölçüm sistemleri anlatılmıştır
4. bölümde bu çalışmada yapılan uygulamalar ve ölçüm sonuçları kıyaslanmıştır.
5. bölümde bu çalışmada elde edilen bilgiler ışığında ulaşılan sonuçlar kısaca özetlenmiştir.

2 ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR

Elektromanyetik fırlatıcıların çalışmasının temel ilkeleri elektromanyetik teoriye dayanır. Sargılı fırlatıcının özel durumlarına bakmadan önce elektromanyetik alan ve oluşturduğu kuvvetlerin genel bir incelemesi aşağıda verilmiştir.

2.1 ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR KURAMI

Elektromanyetik fırlatıcıların çalışmasının temel ilkesi, elektromanyetik teoriye dayanır. Gerçekleştirilmek istenen durum, değişen ya da hareket eden güçlü bir elektromanyetik alan yaratarak, hareket ettirilecek ya da fırlatılacak nesnenin bu elektromanyetik alanı takip etmesini sağlamaktır. Kuramsal olarak elektromanyetik alanın hareket etme hızında bir sınır olmadığı için, itici kuvvetin hızına ulaşması beklenen durumda, hızlandırılan nesne için de bir hız limiti yoktur. Bu tip uygulamaları bu denli ilginç kılan özellik de gelişmeye açık olmasıdır. Şekil 2.1 de basit bir elektromanyetik fırlatıcının açık ve kapalı yapısı gösterilmiştir [3-4].

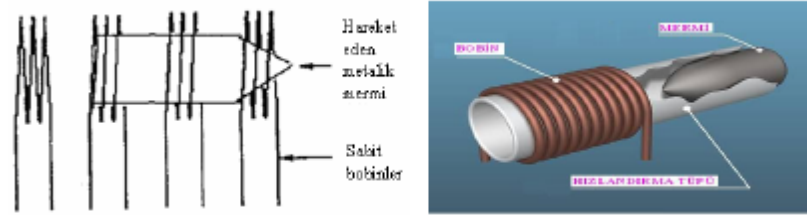


Şekil 2.1 Basit bir elektromanyetik fırlatıcının

a) açık yapısı, b) kapalı yapısı

Hareket eden elektromanyetik alan ile nesneleri hareket ettirmek ilkesinden yararlanarak, farklı tipte uygulamalar yapmak mümkündür. Aslında bu yeni değildir; günlük hayatta sık sık kullandığımız elektrik motorları bunun çok genel uygulamalarıdır. Bu fırlatıcı türünde asenkron motorlarda olduğu gibi,

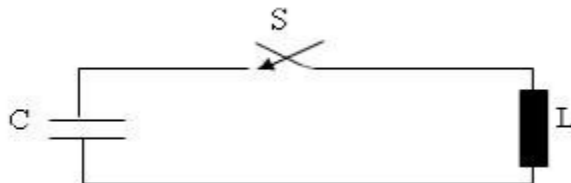
elektromıknatıslara benzer bir yapı kullanılmaktadır. Bir sargıdan akım aktığında sargının çevresinde manyetik alan olusturacaktır. Sargının iç hacminde bu manyetik akı yoğunlaşacaktır. Metalik bir cisim (mermi) sargının yakınına yerleştirilecek olursa manyetik akı, düşük relüktanslı olması nedeniyle bu cisim içinden akmayı tercih edecek ve manyetik indüksiyon olusturarak cismi içine çekecektir. Sekil 2.2 de sargılı fırlatıcının ilkesel gösterimi verilmiştir [5-6].



Şekil 2.2 Sargılı fırlatıcının ilkesel gösterimi

Tek bir sargı kullanmak yerine, yan yana dizilmiş belirli sayıda sargılar kullanıldığında ve içinde hareket eden cismin hızına da bağlı olarak uygun bir hızda “elektrik akımın tetiklenmesi (atesleme)” gerçekleştirildiğinde, fırlatma işlemi yapılmış olacaktır. Sekil 2.2 deki sargıdan akım geçirildiğinde, sargı içinde oluşan elektromanyetik alan mermiyi içine doğru çekmek isteyecektir. Bu noktadan hareketle, yan yana dizilmiş ve sıra ile akım verilen sargılar mermiyi içlerine çekerek hızlandıracaklar ve sargıların bittiği yerde kazandığı kinetik enerji ile mermi dışarı fırlatılacaktır.

Bu fırlatıcının elektrik esdeger devresi, temelde bir anahtar üzerinden paralel olarak bağlanmış bir sargı ve bir kondansatörden ibarettir. Bu elektriksel esdeger devresi Sekil 2.3 de gösterilmiştir [7].



Şekil 2.3 Sargılı fırlatıcının elektriksel esdeger devresi

Şekil 2.3 deki devre oldukça sade olup, sargıdan tekrar kondansatöre akacak ters (negatif) akım, aynı devreden birden fazla bağlanması durumunda, tetikleme zamanının ayarlanması gibi ihtiyaçlardan dolayı devreye bazı ilave elemanların da bağlanmasını zorunlu kılar.

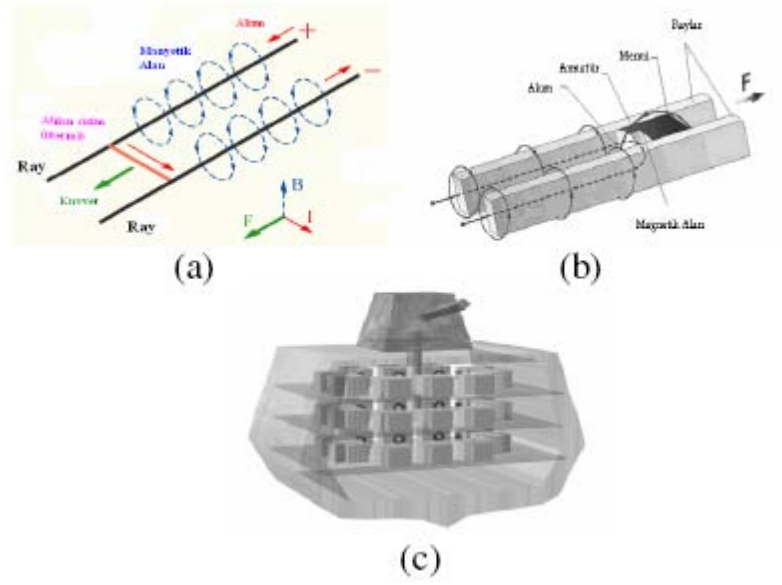
Sekil 2.3 deki devreden görüleceği gibi elektromanyetik fırlatıcılarda kullanılan sargıdan dolayı indüktans ve direnç, sargıyı besleyen kapasiteden dolayı seri bir RLC devresine benzemektedir. Dolayısıyla elektromanyetik fırlatıcıları incelerken RLC devrelerinin özelliklerini de dikkate almak gerekir. Seri RLC devreleri, çoğu yüksek gerilim ve darbeli bosalma devrelerinde öncelikli bir modeldir.

2.2 ELEKTROMANYETİK FIRLATICILARIN ÇEŞİTLERİ

- Raylı elektromanyetik fırlatıcılar
- Sargılı elektromanyetik fırlatıcılar
- Karma elektromanyetik fırlatıcılar
- Doğrusal hareketli fırlatıcılar

2.2.1 RAYLI ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR

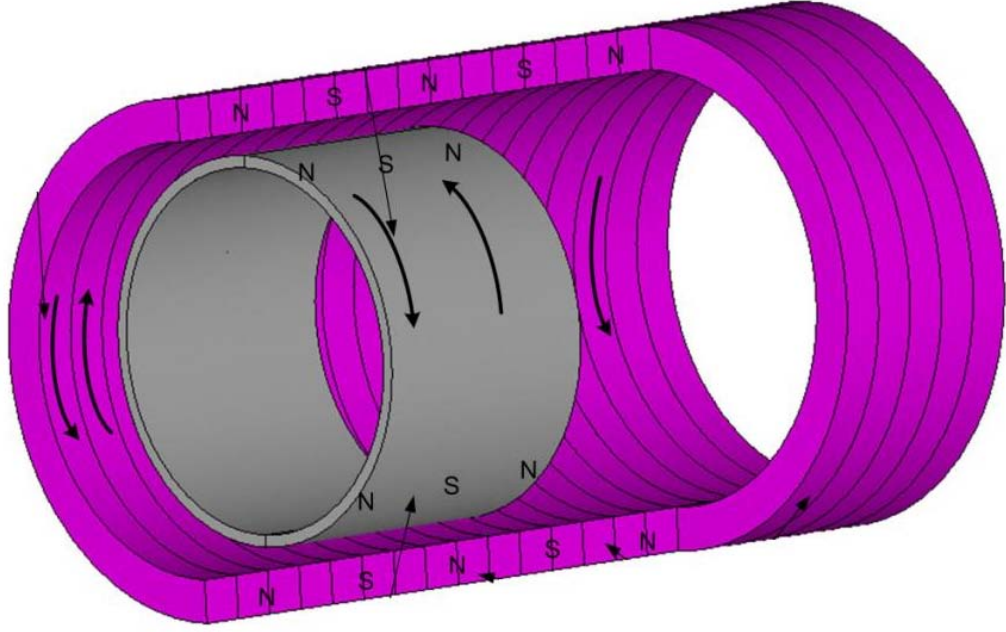
Raylı elektromanyetik fırlatıcılar metal iki ray kullanılarak bu raylar arasındaki cismin, üzerinde (daha çok ufak kütlelerin) oluşturulan elektriksel itme kuvveti ile fırlatılması ilkesine dayanır. Ray malzemesi olarak çoğunlukla bakır kullanılmakla beraber, yüksek etkinlikli raylı silahlar için daha yüksek iletkenlikli, daha yüksek mekanik dayanımlı ve mega amperler mertebesindeki akımları taşıyabilecek daha özel çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Raylı fırlatıcılar konusunda ray direnci ile ilgili olarak raylarda oluşan ısınma nedeni ile ray ömrü, ray oyuk geometrilerinin verimliliğe etkisi vb. birçok konuda çalışmalar devam etmektedir. Sekil 2.4 de raylı fırlatıcıların genel yapısı ve gemilerden güdümlü mermilerin asırı hızlarda fırlatılarak uzak kıyılardaki askerlere destek verilmesini sağlayacak örnek bir raylı fırlatıcı prototip gösterilmiştir [8-10].



Şekil 2.4 Raylı elektromanyetik fırlatıcı a) genel yapı, b) fiziki yapı, c) örnek prototip

2.2.2 SARGILI ELEKTROMANYETİK FIRLATICI

Sargılı fırlatıcılar ardışık sürücü sargılar kullanılarak oluşturulan elektriksel itme kuvveti ile bu sargılar arasındaki cismin fırlatılması ilkesine dayanır. Sargılı fırlatıcılar daha çok orta hızlarda fakat büyük kütleli cisimlerin fırlatılmasında önemli rol oynamaktadırlar. Şekil 2.5 de sargılı fırlatıcıların genel yapısı gösterilmiştir [11-12].



Şekil 2.5 Sargılı elektromanyetik fırlatıcı genel yapı

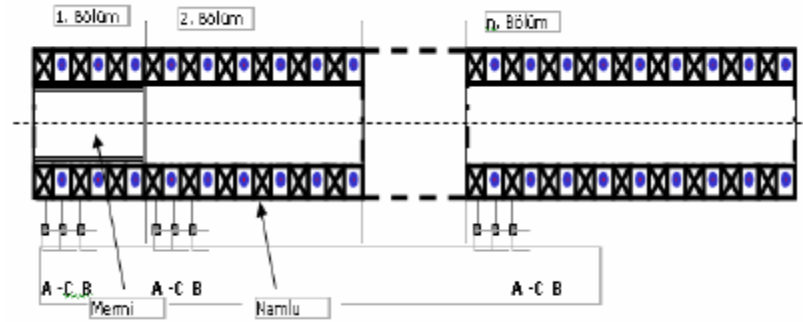
Sargılı fırlatıcıların raylı fırlatıcılara göre temel üstünlükleri mevcut mekanik zorlanmanın daha geniş bir yüzeye yayılmış olması, mermi ve namlu arasındaki temassızlık nedeni ile uzun ömür ve daha yüksek verim olarak sayılabilir. Sargılı fırlatıcılar tek ya da çok bölmeli sargı yapıları kullanılarak üretilirler.

2.2.3 KARMA ELEKTROMANYETİK FIRLATICILAR

Karma fırlatıcılar, yapılarında hem raylı hem de sargılı fırlatıcıları bulunduran sistemlerdir. Karma fırlatıcılar, yüksek akımlara ihtiyaç duyan raylı fırlatıcılar ve yüksek maliyetlerle gerçekleştirilebilen sargılı fırlatıcılara karşın en büyük üstünlüğü aynı sonuçlara ulaşmak için daha az akıma ihtiyaç duymalarıdır. Yine karma fırlatıcıların tasarımları ve gerçeklenmelerinin raylı ya da sargılı fırlatıcılara karşı daha basit olduğu belirlenmektedir [13].

2.2.4 DOĞRUSAL HAREKETLİ FIRLATICILAR

Doğrusal hareketli fırlatıcılar, asenkron motor prensibine göre çalışan hava nüveli sargılı fırlatıcılardır. Namludaki sargılar, çok fazlı (3, 5 veya daha fazla) alternatif akım kaynağından beslenerek namluda seyahat eden dalga oluşması sağlanmaktadır. Mermi kapsülü ise içi boş bir alüminyum tüpten oluşmaktadır. Enerji kaynağı olarak kapasitör grupları veya motor/jeneratör sistemi kullanılmaktadır. Enerji verimliliğinin artırılması için namlu birden fazla bölüme ayrılabilir. Her bölüm farklı frekanslara sahip enerji kaynakları tarafından beslenmektedir. Bir bölümdeki enerji kaynağının frekansı, bir önceki bölümdekinden daha yüksektir. Şekil 2.6 da üç fazlı çok bölmeli bir doğrusal hareketli fırlatıcı yapısı gösterilmiştir [14-15].



Şekil 2.6 Üç fazlı çok bölmeli doğrusal hareketli fırlatıcı

Yukarda bahsedilen fırlatıcılardan başka elektrotermal-kimyasal (ETC) fırlatıcılar da mevcut olup, bu tür fırlatıcılar uygun bir maddenin elektromanyetik enerji ile etkileşimi sonucu ortaya çıkan ısı enerjisinin oluşturduğu itme kuvveti ile çalışır. Ayrıca ETC'ler ile raylı ve sargılı fırlatıcıların birlikte kullanıldığı karma sistemler mevcuttur [16].

2.3 SONUÇ

Son yıllarda özellikle ABD'de, elektromanyetik fırlatıcı bilimi ve teknolojisi yeni bir ilerlemenin esigindedir [10]. Bu ilerleme yüksek ve çok yüksek hızlı elektromanyetik fırlatıcılardaki yeni gelişmelere paralel olarak, gelişmiş elektromanyetik silah sistemleri için önemli bir adım olmuştur. Elektromanyetik fırlatıcıların kullanıldığı elektromanyetik silah sistemleri, uçak gemilerinden

uçakların kaldırılması (fırlatılması), güdümlü silah sistemlerine karşı koruma sağlanması, mermilerin olaganüstü menzillerde fırlatılması, askeri araçlara uygulanabilen elektromanyetik zırh koruma sistemlerin geliştirilmesi, denizaltı ve gemilerden torpido fırlatılması, zırh delme yolu ile zırhlı sistemlerin bozguna uğratılması vb. birçok uygulama alanına sahiptir. Bu bağlamda elektromanyetik fırlatıcı teknolojileri geleneksel silah ve füze sistemlerine karşı esas tehlike ve önemli bir rakip olarak gösterilmektedir.

3 HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

3.1 SES

Ses, dili oluşturan en küçük öğedir. Ciğerlerden gelen havanın ses tellerinde oluşturduğu titreşimlerin duyu organları tarafından algılanmasıyla oluşur.

Sesin ilerlemesi belirli bir zaman alır ve bu titreşimin şiddetine ve de başlangıçtaki doğasına bağlıdır. İletim yalnızca sesin içinde ilerlediği ortamla ilişkili olmaktadır. Işık gibi elektromanyetik dalgaların boşlukta yayılmasının (ışığın dalga teorisinden başka foton teorisi de vardır) aksine ses dalgasının yayılması için maddi bir ortama ihtiyacı vardır. Aşılan ortamın, örneğin havanın herhangi bir noktasında bir dizi dönemsel sıkışma ve basınç düşmeleri görülür.

Ses dalgasının yayılma hızı, aşılan ortamın yoğunluğuna ve esneklik özelliğine bağlıdır. Ortam ne kadar hafif ve sertse, ses hızının o kadar yüksek olabileceği söylenebilir. Örneğin sertliği düşük olsa da alüminyum hafifliğinden dolayı, demir (5100 m/s) ve hatta granit (6000 m/s) kadar iyi iletkenir. 15 °C hava içersinde sesin hızı 340 m/s 'dir.

3.1.1 SESİN ÖZELLİKLERİ

Ses bir birleşik titreşim hareketidir. Yani periyot ve genlikleri farklı, diğer taraftan başlangıç fazları birbirine uymayan birçok titreşimden meydana gelmektedir. Bir tel titreşim yaptığında her parçası aynı anda titrer. Bu telin titreşim boyu eşit parçalara bölünürse bölünen kısmın titreme hızı yani frekansı, tam boydaki sesin frekansından boylar arasındaki oran kadar büyüktür. Böylece o cismin yarısı bütününden iki defa, üçte biri üç defa vb. daha hızlı titreşim yapar.

Bu bakımdan titreşim yapan bir tel, yalnızca o telin bütününe has olan tonu, esas sesi değil, aynı zamanda bütün bir seri ikincil sesleri de meydana getirir. İkincil seslerin frekansları, esas sesin tam katlarıdır. İnsan sesi de temel ton ve ikincil ton veya harmoniklerden oluşmaktadır.

3.1.1.1 FREKANS

Bir titreşim frekansı, hareketin kendi kendine özdeş olarak, bir saniyedeki yineleme sayısıdır. Saniyedeki bu titreşim sayısı Hertz (Hz) ile ölçülmektedir. Mikrofonla tam anlamıyla saf sesli veri girişi yapılırsa sinüzoidal bir basınç değişimi buna eşlik eder ve ölçü aleti ekranı üzerinde bir sinüs eğrisi görünür. Bu eğrinin periyodunu ve dolayısıyla frekansını hesaplamak mümkündür. Gerçekte ise elde edilen eğri bir sinüs eğrisinden daha karmaşıktır. *J. Fourier* F frekanslı herhangi bir dönemsel fonksiyonun, $F, 2F, 3F, \dots$ frekanslarındaki sonsuz sayıda sinüzoidal dalganın üst üste çakışmasından meydana geldiğini göstermiştir.

3.1.1.2 ŞİDDET

Frekans ve tınıdan sonra, sesin üçüncü özelliği **şiddet**idir. Sesin şiddeti onun enerjisi ile ilişkilidir. Bir sesin enerjisi ise, onun watt cinsinden ölçülen gücüyle etkide bulunduğu yüzey arasındaki ilişkiye bağlıdır. Dolayısıyla enerji, 1cm^2 'ye gelen watt (W/cm^2) cinsinden ölçülür.

İnsan kulağı tüm sesleri algılayamaz. İnsan kulağının duyma aralığı, alttan ve üstten $10^{-16} \text{ W}/\text{cm}^2$ ile $10^{-4} \text{ W}/\text{cm}^2$ arasında değişen enerjilerle sınırlıdır. Sesin şiddetinin fiziksel ölçümü için kulağın ve sesin yorumlanmasıyla ilgili olarak bir başka birimin bulunması gerekmiştir. Aslında, bu organlar sesin gücündeki farklılıkları, bunların düzeylerine bağlı olarak algılayamaz. Duyumsama, uyarının şiddeti ile orantılı değildir. Buna karşılık onun logaritmasına bağlıdır. Bu nedenle de ses şiddeti genelde, logaritmik bir birim olan desibel (dB) ile ölçülür. **Desibel**, tanıma göre iki güç arasındaki farkı göstermektedir.

$$1\text{dB} = 10 \times \log_{10}(\text{güçA} / \text{güçB})$$

Kulağın algılama eşiği 16Hz ile 20kHz arasındadır. 16Hz'in altında ses altı alan başlar; insan vücudu bu frekansı hissedebilir ama kulak algılayamaz. 20kHz'in ötesinde ise ses ötesi bölge yer alır. Yalnızca at ve balina gibi hayvanlarda bu eşik 40kHz'e kadar çıkabilir. Daha fazla titreşimli seslere ultrases denir.

3.2 IŞIK

Işık doğru yol boyunca ilerler. Karanlık ve tozlu bir odaya küçük bir delikten sızan ışığın ortaya çıkardığı görünüm ışığın doğru yol boyunca hareket ettiğini kanıtlar. Işığın bu özelliği onun bir kaynaktan yayılan taneciklerden oluştuğu düşüncesini güçlendirir. Oysa ışık bir dalga gibi davranmaktadır. Örneğin çok yakından bakıldığında ışığın keskin hatlı gölgeler oluşturmadığı görülür; ışık az da olsa keskin köşelerde bükülür.

Maxwell denklemlerinin ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu öngörüsü, bir parçacık mı yoksa bir dalga mı olduğu kuşkusunu ortadan kaldırmıştır. Bununla birlikte 20. yüzyılda, bu görüşün bir kez daha gözden geçirilmesi söz konusu olmuştur. Çünkü yeni deneysel kanıtlar, ışığın bazı durumlarda, yalnızca parçacık gibi davranması halinde açıklanabilmiştir. Günümüzde ise ışığın dalga kuramı ile parçacık kuramı arasında bir seçim yapmaya zorlanmıyoruz. Çünkü kuantum mekaniksel açıklama her iki kuramı da içine almaktadır.

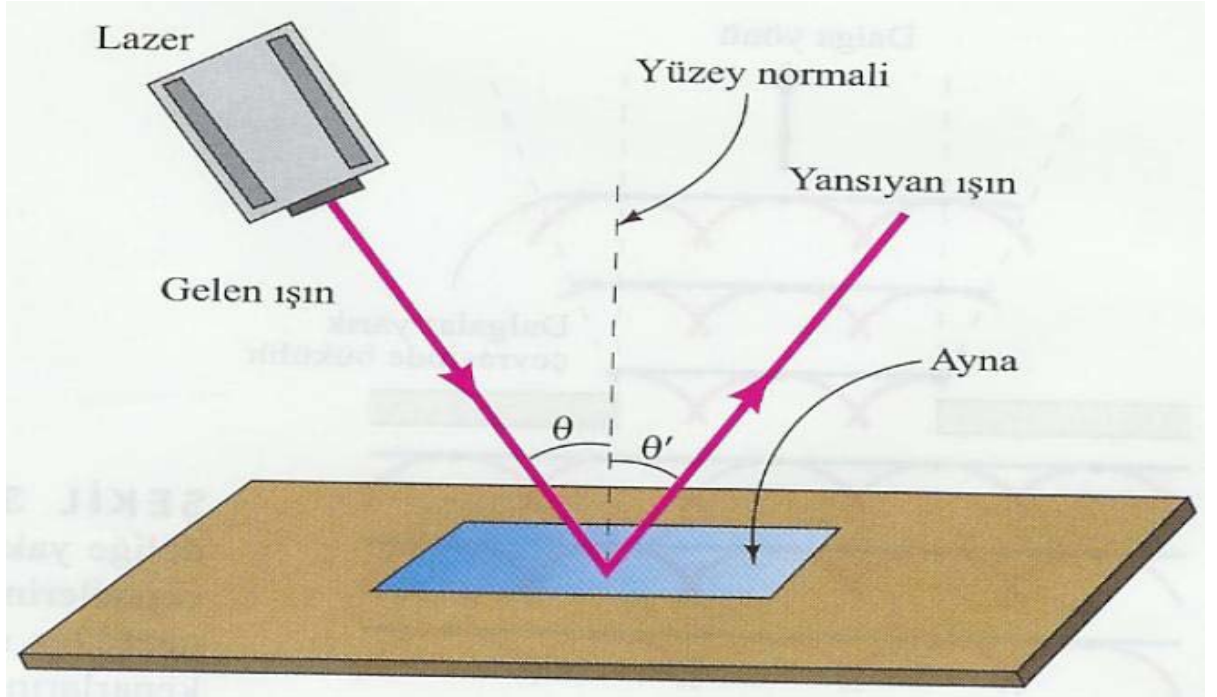
3.2.1 YANSIMA VE KIRILMA

3.2.1.1 YANSIMA

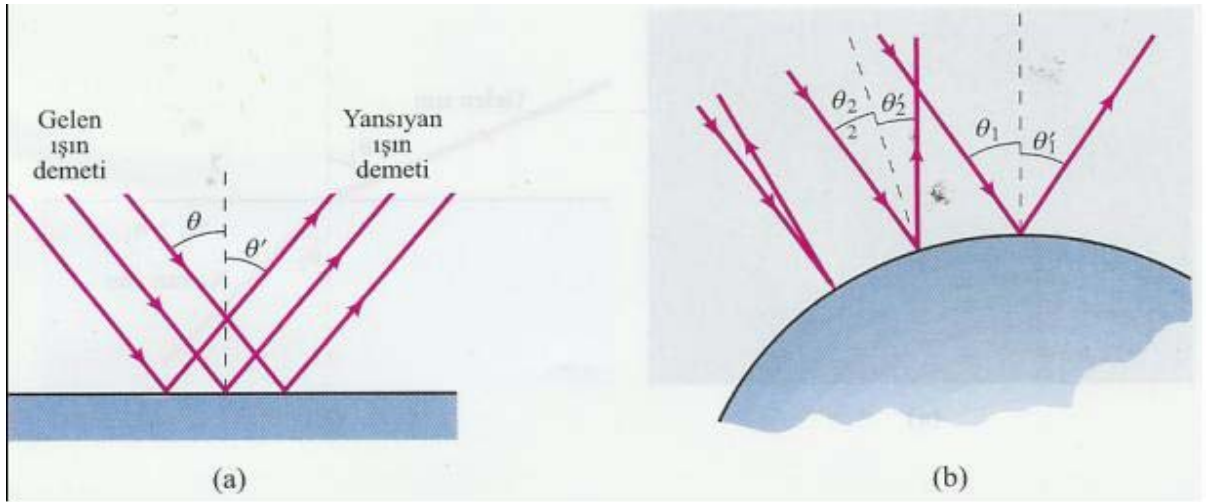
Bir ışık ışını ayna gibi pürüzsüz yüzeye çarptığında “geri döner”, yani **yansır**. *Gelen ışın*, yansıma noktasında yüzeyin normali ile θ açısı yapar. *Yansıyan ışın*, gelen ışın ve normalin oluşturduğu düzlemin içinde yer alır. Gelen ışının normalle yaptığı θ açısı, yansıyan ışının normalle yaptığı θ' açısına eşittir (Şekil 3.1).

$$\theta' = \theta$$

Bir dizi paralel ışının (bir *ışın demetinin*) bu kanuna göre düzlem aynadan yansıması, Şekil 3-2 (a)'da ve pürüzsüz bir eğri yüzeyden yansıması da Şekil 3-2 (b)'de gösterilmiştir. Aslında eğri yüzeylerde, gelme ve yansıma açıları eşittir, fakat yüzey normalinin yönü bir noktadan diğerine değiştiğinden, yansıyan ışınlar farklı yönlerde dağılırlar.



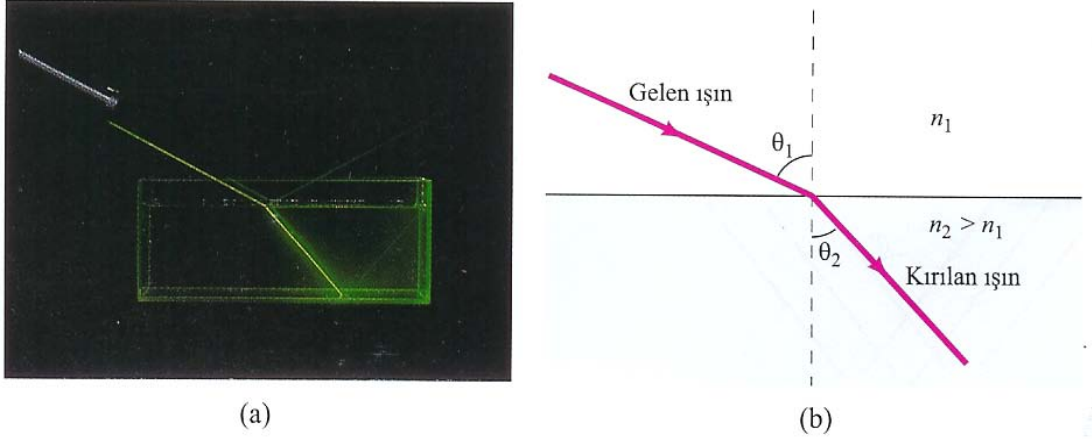
Şekil 3.1 Gelme açısı θ , yansıma açısına θ' ne eşittir.



Şekil 3.2 (a) Düz ve (b) eğri yüzeylerden ışınların yansıması.

3.2.1.2 KIRILMA

Işık, bir ortamdan diğerine, örneğin havadan suya, geçerken ortamlar arasındaki sınırdaki yön değiştirir ve buna ışığın **kırılması** denir. Işığın geldiği ortamın kırılma indisi n_1 ve kırılan ışının bulunduğu ortamın kırılma indisi n_2 olsun. Gelen ve kırılan ışınların ortamlar arasındaki sınırın normali ile yaptıkları açılar sırasıyla θ_1 ve θ_2 'dir.



Şekil 3.3 Işığın Kırılması

Şekil 3.3 (a) Işık ışını, su dolu bir kaba girdiğinde kırılır. (b) n_1 kırılma indisli bir ortamdan n_2 kırılma indisli ortama geçişteki kırılma. Bu durumda $n_2 > n_1$ 'dir ve kırılan ışık sınır yüzeyin normaline doğru bükülür. Eğer n_2 , n_1 'den küçük olsaydı, kırılan ışın normalden uzaklaşarak bükülürdü.

Bu durumda; $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ (**Snell Kanunu**)

Havanın kırılma indisi 1'e çok yakın olduğundan, havadan kırılma indisi n olan bir ortama gelen ışık için, kırılma açısı θ_2 ,

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

şeklinde ifade edilir.

Genellikle $n > 1$ olduğundan, sonuçta $\theta_2 < \theta_1$ olur; Yani ışık normale yaklaşarak kırılır. Işığın daha küçük kırılma indisi olan ortama girdiğinde, yüzey

normalinden uzaklaşarak kırılacağını gösterir. Bu duruma, ışığın sudan havaya geçişi örnek olarak verilebilir.

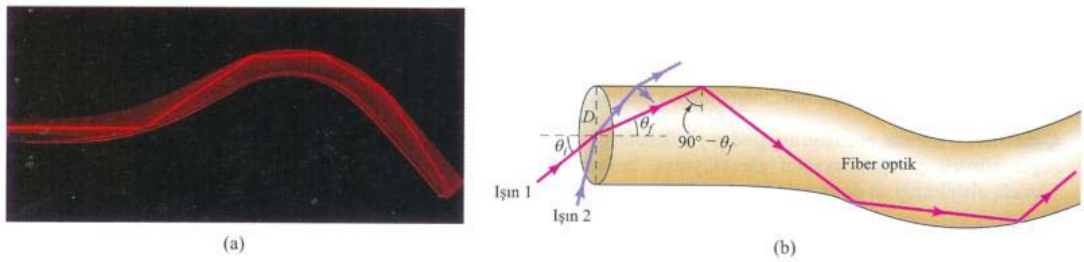
Bazı geliş açılarında, tüm enerji yansıyan ışında kalır. Bu olaya **tam yansıma** denir. Işığın sudan havaya geçişinde olduğu gibi, ışık ancak büyük kırılma indisli ortamdan küçük kırılma indisli ortama geçtiğinde görülür. Basit bir geometri bu olayı açıklar.

n_1 kırılma indisli ortamdan n_2 kırılma indisli ortama geçen bir ışık ışını ele alalım; $n_1 > n_2$ 'dir. Snell Kanunu, $\sin\theta_2 = (n_1/n_2)\sin\theta_1$ olarak yazılır. n_1/n_2 çarpanı 1'den büyük olduğundan, θ_1 büyürken θ_2 , θ_1 'den önce 90° ye ulaşır. $\theta_2 = 90^\circ$ olduğunda, ortam 2'deki ışın, iki ortam arasındaki sınır boyunca ilerler. Bu, θ_1 sınır açısı olan θ_c ' ye ulaştığında gerçekleşir; öyle ki $(n_1/n_2)\sin\theta_c = \sin 90^\circ = 1$ olur ve;

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

θ_1 , θ_c 'yi geçtiğinde, θ_2 'nin hiçbir değeri Snell Kanunu'nu sağlamaz. Gelen ışının taşıdığı elektromanyetik enerji ara yüzeyde yansıyan ışığa iletilir. Yansıyan ışının şiddetinde bir azalma olmaz. Dolayısıyla bu, tam yansımadır.

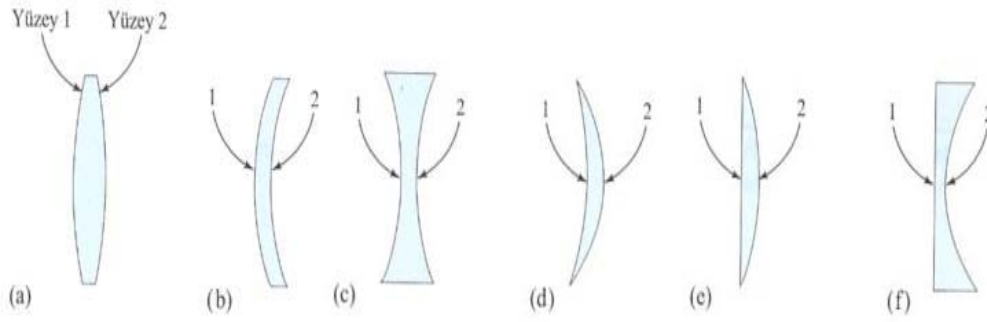
Fiber optik kablolar, tam yansımanın en önemli teknolojik uygulamalarındandır. Işık bir noktadan başka bir noktaya yansıma ile iletilir. Fiber kablo içindeki herhangi bir ışın, kablonun çeperlerine çarparak tam yansımaya uğrar, bu durumda sağlam plastik fiber, ışığı ileten bir kablo vazifesini görür.



Şekil 3.4 Bir fiber optik kabloda tam yansıma

3.3 MERCEKLER

Astronomi, ilerlemesini teleskopun keşfine borçludur ve modern biyoloji mikroskop olmadan gelişemezdi. Optik cihazların çalışması, çok basit iki kanuna dayanır. Aynadaki görüntüleri açıklayan yansıma kanunu, aynada gördüğümüz görüntüleri ve aynalı teleskopun nasıl çalıştığını açıklar; Snell Kanunu da göz, kamera, büyüteç, kırılmalı teleskop ve mikroskopların nasıl çalıştığını açıklar. Işığın bu bağlamda incelenmesine **geometrik optik** denir. Bu iki kanun, ışık ışınlarının geometrik yollarını basitçe çizerek gösterir.

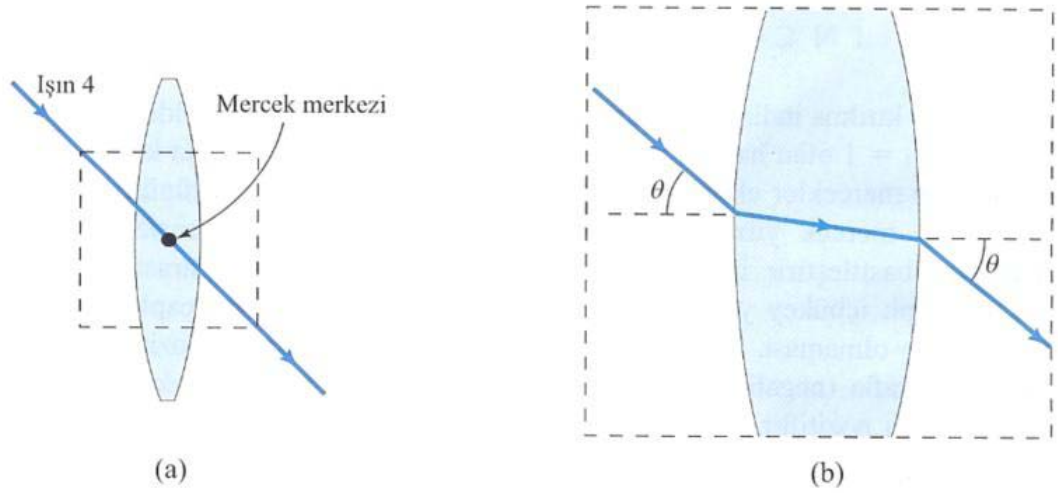


Şekil 3.5 Farklı eğrilik yarıçapı olan yüzeylere sahip ince kenarlı basit mercekler

Bir **mercek** kırılma indisi n olan saydam bir maddeden yapılır. Genelde ışık ışınları kırılma indisi $n_1 = 1$ olan havada yayılarak merceğe ulaşır. Bu nedenle cisim ve görüntünün merceğe uzaklığı, hangi mercek yüzeyinin kırılmayı oluşturduğundan bağımsızdır. Bu ise incelemeleri basitleştirir. İki yüzey sınırı [Şekil 3-5’de 1 ve 2] sırasıyla R_1 ve R_2 eğrilik yarıçaplı içbükey yada dışbükey küre yüzeyleridir. Bu yarıçapların pozitif veya negatif olup olmaması, eğrilik merkezinin ışığın geçtiği tarafta veya ışığın yayıldığı tarafta olup olmadığına bağlıdır.

Mercekleri anlamak için bir ışın daha kullanmak faydalı olur. Yaklaşık bir benzetimle, merceğin ortasında ve düz olduğu düşünüldüğünde, ışın bir pencere camından geçiyormuş gibi davranır.

Genellikle bir mercek içinden geçen ışınları topluyorsa, bu merceğe *yakınsak mercek* denir. Eğer ışınlar mercekten geçtikten sonra dağılıyorsa, bu merceğe de *ıraksak mercek* denir. Yakınsak merceklerin odak uzaklıkları pozitif, ıraksak merceklerin negatiftir.



Şekil 3.6 Merkezden Geçen Işının İlerlemesi

Şekil 3.6 (a) Merkezden geçen bir ışın açısını değiştirmeden ilerler, çünkü ekseninde mercek pencere camı gibi davranır (b) Aynı mercekten büyütülmüş görüntüsünü. İnce mercekler için ışının yer değiştirmesi küçüktür.

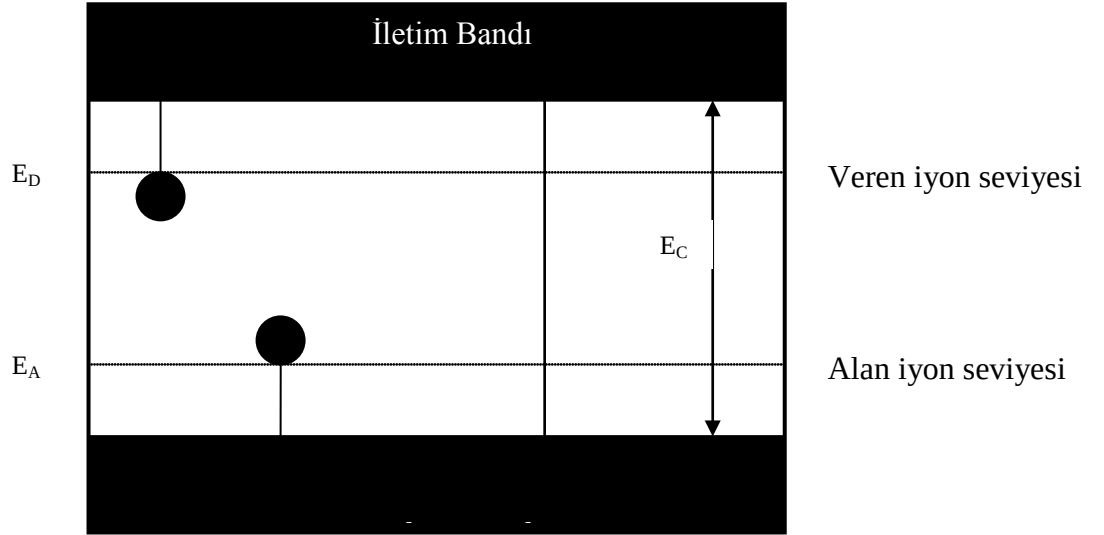
3.4 OPTO-ELEKTRONİK ELEMANLAR

3.4.1 FOTOİLETKENLİK

Bir yarı iletken üzerine bir ışıma düşerse, yarı iletkenin iletkenliği artar. Bu **fotoiletkenlik** olayı aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

Bir malzemenin iletkenliği, sahip olduğu yüklü taşıyıcıların yoğunluğu ile orantılıdır. Yarı iletken ışıma ile yollanan enerji, kovalent bağların çözülmesine sebep olur ve ısı yoldan üretilmiş olan elektron-delik çiftlerinin sayısı artar. Bu artan akım taşıyıcıları malzemenin direncini azaltır. Dolayısıyla böyle bir düzeneğe foto direnç veya fotoiletken denir. 1000 lüks bir ışık şiddeti değişimi için, pratikte kullanılan bir fotoiletkenin direnci birkaç $k\Omega$ kadar değişebilir.

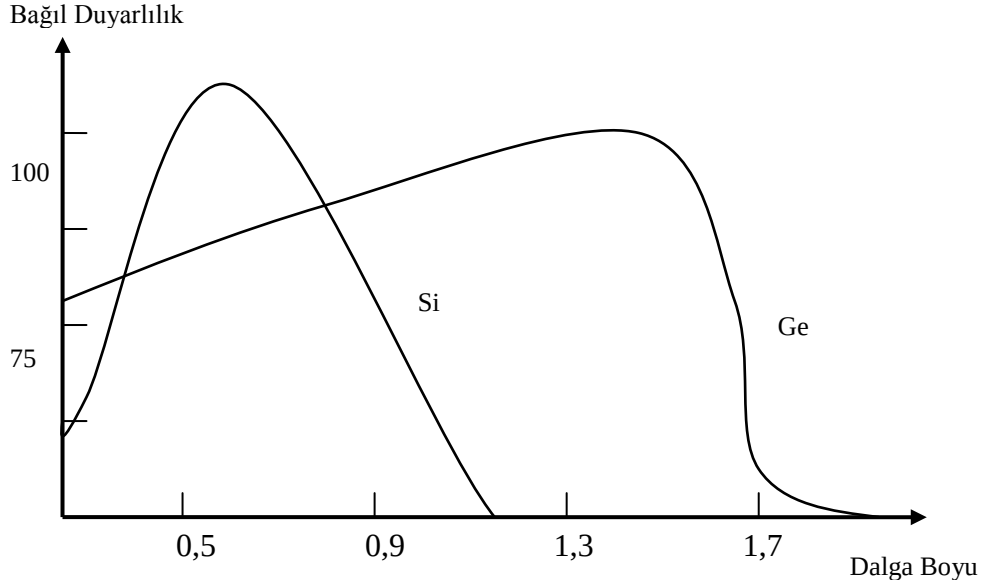
Şekil 3.7’de, hem alan hem de veren atomlara sahip bir yarıiletkenin enerji bant diyagramı görülmektedir. Yeterli enerjiye sahip fotonlar bu malzemeyi aydınlatırlarsa, aşağıda belirtilen geçişlerin meydana gelmesi mümkündür.



Şekil 3.7 Yarıiletkenin ışıkla uyarılması

Yüksek enerjili bir foton, bir elektron-delik çifti meydana getirebilir. Bu olaya *has uyarma* denir. Bir foton, veren atomdaki elektronu iletim bandına gitmek üzere veya valans bandındaki bir elektronu alan atomlar seviyesine gitmek üzere uyarabilir. Bu son iki geçişe *katkı uyarılması* denir. İletim ve valans bantlarındaki enerji seviyelerinin yoğunluğu, yabancı atom enerji seviyelerinin yoğunluğundan çok daha fazla olduğundan, fotoiletkenlik esas itibarı ile has uyarma sebebiyle meydana gelir.

3.4.1.1 SPEKTRAL DUYARLILIK EĞRİSİ



Şekil 3.8 Silisyum ve germanyumun bağıl spektral duyarlılık eğrileri

Bir fotonun has uyarma yapabilmesi için sahip olması gereken enerjinin minimum değeri, yarıiletken malzemenin E_G (elektron volt) yasak enerji bant genişliği kadardır. Malzemenin eşik dalga boyu, E_G enerji aralığına karşı düşen dalga boyu olarak tanımlanır. Yani λ_C mikron olarak ifade edilirse;

$$\lambda_C = 1,24 / E_G$$

formülü geçerlidir. Oda sıcaklığında silisyum için $E_G = 1,1$ eV ise $\lambda_C = 1,13\mu$ ve germanyum için $E_G = 0,72$ eV ise $\lambda_C = 1,73$ olur.

Silisyum ve germanyum spektral duyarlılık eğrileri Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Eşik dalga boyunun, katkı uyarılması sebebiyle yukarda λ_C değerlerinden biraz daha büyük olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Dalga boyu azaldıkça ($\lambda < \lambda_C$ veya $f > f_C$) duyarlılık eğrisinin genliği artar ve bir maksimuma ulaşır.

3.4.1.2 FOTOİLETKENLİK AKIMI

Foto uyarma ile üretilen taşıyıcılar, uygulanan bir alanın etkisi altında hareket ederler. Birleşmelerle yok olmazlarsa, yarıiletken çubuğun uç kısmındaki omik bağlantılara ulaşırlar ve böylece akım akıtırlar. Işık ile meydana gelen taşıyıcıların P_V üreme hızı ve yeni üretilen taşıyıcıların τ ortalama ömrü bilinirse, bu akım hesaplanabilir. Sürekli haldeki fotoakım:

$$i = e P_V \tau / T_t$$

denklemiyle hesaplanabilir. Burada T_t , taşıyıcıların omik bağlantılara ulaşmaları için ortalama geçiş zamanını göstermektedir.

3.4.1.3 PRATİKTE KULLANILAN FOTOİLETKEN ELEMANLAR

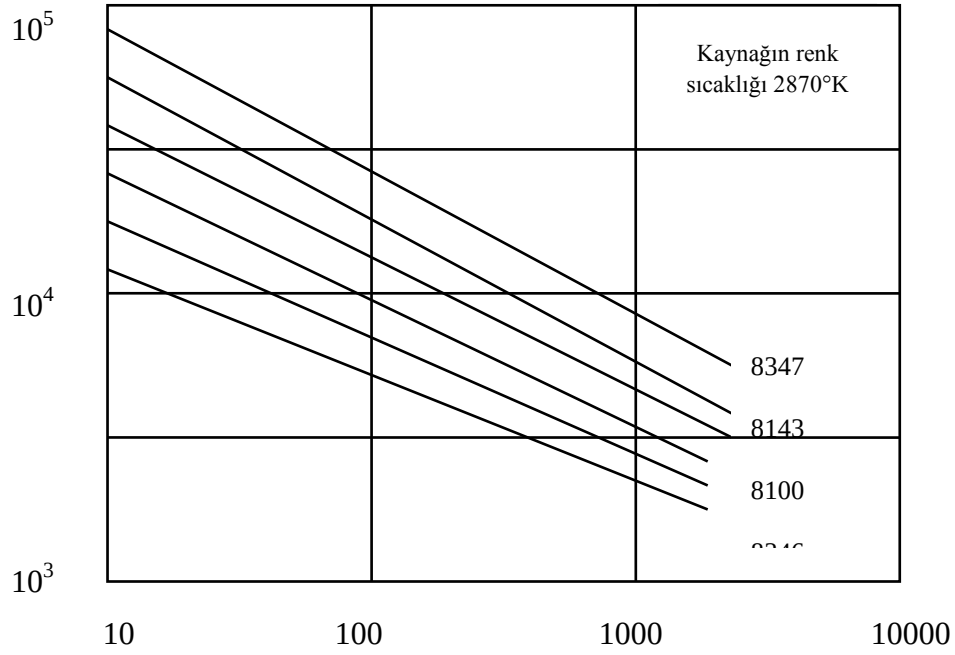
Kullanım alanı en geniş olan fotoiletken düzen, kadmiyum sülfür foto dirençlerdir. Bu düzenin duyarlı bölgesi, az bir miktar gümüş, antimuan veya indiyum katkı atomlarını da içeren, kimyasal yoldan yoğunlaştırılmış bir C_dS tabakasından ibarettir. Şekil 3.9’da altı çeşit farklı C_dS foto direnci için, direnç ile aydınlık düzeyi arasındaki bağıntı görülmektedir. Direnç, mutlak karanlıkta $2M\Omega$ gibi yüksek bir değere sahiptir ve kuvvetli bir ışıkla aydınlatıldığında 1Ω ’dan daha küçük olabilmektedir.

Kadmiyum sülfür fotoiletkenin spektral duyarlılık eğrisi Şekil 3.10’da görülmektedir. İnsan gözü için verilen standart spektral duyarlılık eğrisi gibi, bu eğri de, spektrumun gözle görülebilen bölgesinde en büyük değerini alır ve kızıl ötesi ve mor ötesi bölgelere doğru değeri düşer.

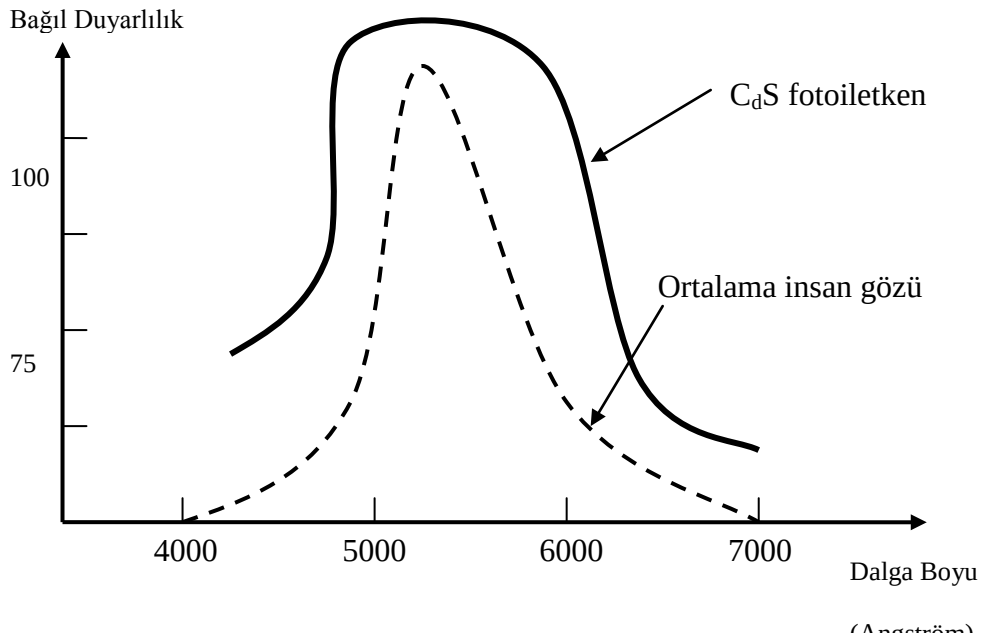
C_dS fotoiletkenlerinin en faydalı yanları, güç yayma kapasitelerinin yüksek, spektrumun gözle görülebilen bölgesinde duyarlılıkların mükemmel ve ışıkla aydınlatıldıklarında dirençlerinin düşük olmasıdır. Bu fotoiletkenler, emniyetli bir şekilde $300mW$ ’lık güç yayabilecek ve emniyetli bir şekilde birkaç wattlık güçlerde kullanabilecek şekilde yapılırlar. Dolayısıyla bir C_dS fotoiletken, arada bir kuvvetlendirici olmaksızın, doğrudan doğruya bir röleyi çalıştırabilir.

Fotoiletken düzenlerin diğer tipleri, özel uygulamalar için kullanılırlar. P_bS fotoiletkenin duyarlılık eğrisinde, 4μ ’da bir tepe vardır. Bu sebeple kızılötesi deteksiyon veya kızılötesi yutma ölçülerinde kullanılır. Bir selenyum fotoiletken,

gözle görülebilen ışık bölgesinin tamamında ve özellikle spektrumun mavi ucuna doğru duyarlıdır.



Şekil 3.9 Pratikte kullanılan C_dS 'nin aydınlık düzeyine bağlı olarak direncinin değişim eğrileri



Şekil 3.10 Standart spektral duyarlık eğrisi ile karşılaştırılan bir kadmiyum sülfür fotoiletkenin spektral duyarlık eğrisi

3.4.2 FİBEROPTİK KABLOLAR

Fiber kablolar genel olarak plastik ve cam fiberler olarak ikiye ayrılır. Cam fiberlerde zayıflama daha az olmakla beraber, plastik fiberler kırılma ve bükülmeye karşı daha dayanıklıdır. Fiber kabloların içinde ışık yaklaşık 1mm çaplı bir alanda iletilir, fiber alıcı ve verici elemanlara bağlanarak veri iletimi sağlanır. Kullanım ve birleştirme kolaylıkları nedeniyle çok hassas ve pahalı sistemlere gerek yoktur.

Fiber kabloların sonlandırmaları keskin bir bıçakla yapılabilir, 140 dereceye ısıtılmış bir kesiciyle 180 dereceye ısıtılmış fiber kablo ucu kesilirse çok düzgün bir sonlandırma yüzeyi elde edilmiş olur.

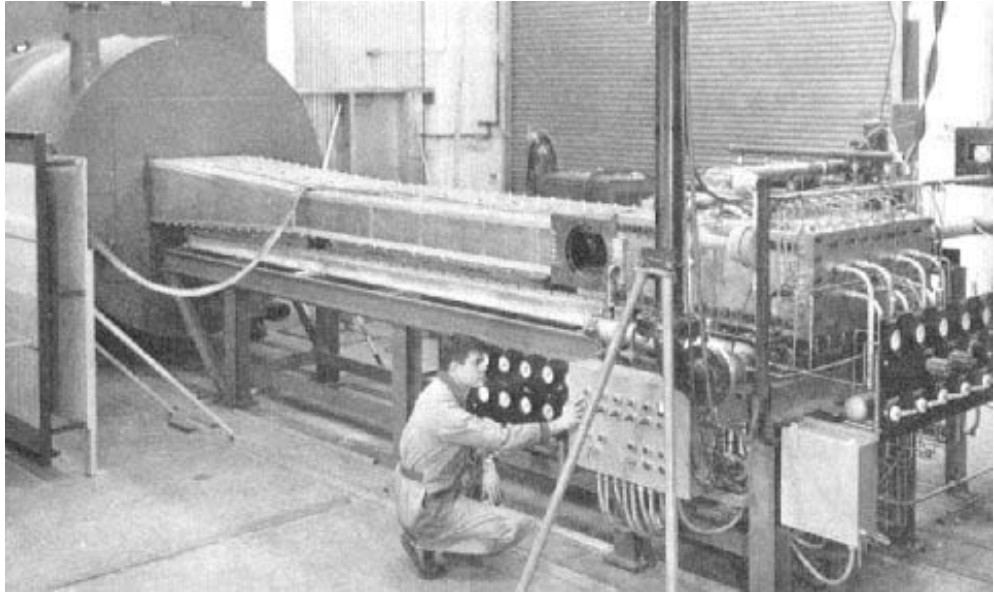
600nm dalga boyu için fiber kablonun zayıflaması 0.3 dB/m'dir, fakat ilk 5 metrede 2dB gibi kuvvetli bir zayıflama görülebilir. Sıcaklık, malzemenin yaşlanması, zayıflama gibi etkiler düşünüldüğünde 1 W emitör gücü ile 50 metre mesafeye kadar iletim yapılabilir.

3.5 LAZERLER

1950'lerin başlarında birçok bilim adamının çabası ile MASER denilen bir aygıt yapıldı. Bunların arasında en ünlüleri 1964'de fizik Nobel ödülünü paylaşan A.B.D.'den C.H.Thownes ile S.S.C.B.'nden A.M.Prokhorov ve N.G.Basov idi. **MASER**, (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) uyarmalı ışınım yayınlanmasıyla mikrodalga yükseltilmesi anlamına gelir. Mazer, madde ile ışıma enerjisinin kuantum mekaniksel etkileşiminin doğrudan kullanılmasıyla o zamanlarda bilinenin dışında bir tarzda çalışıyordu. Mazerin kullanılmaya başlamasından hemen sonra aynı tekniğin optik bölgede uygulanıp uygulanamayacağı konusu tartışılmaya başlandı. 1958'de Townes ve A.L.Schawlow, uyarmalı ışınım yayınlanmasıyla ışık yükseltilmesi (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* **LASER**) elde edebilmek için gereken genel fiziksel koşulları isabetli olarak öne sürdüler. Bundan sonra 1960'da T.H.Mainman bir optik mazer, yada LAZER'in ilk başarılı işleyişini duyurdu. Böylece optiğin, doğal olarak fen tarihinin en önemli buluşlarından biri gerçekleşmiş oldu.

3.5.1 LAZER

Her atomun (atomu bir çekirdek ve bunu çevreleyen bir elektron bulutundan oluşan bir sistem olarak düşünerek) belli bir iç enerjisi olduğu ve bunu en alçak enerji durumunda bulundurma eğiliminde olduğu bilinmektedir. Bu, o atomun *taban durumudur*. Her atom taban durumundan daha yüksek enerjili başka belli durumlarda da bulunabilir. Böyle durumlara *uyarılmış durumlar* denir.



Şekil 3.11 Gaz lazer düzeneği

Tungsten lamba gibi bilinen bir ışık kaynağından enerji, ampul telinin atomlarına pompalanır. Sonuçta bu atomlar uyarılmış durumlarına *yükseltirler*. Uyarılmış durumlarına yükselen bu atomlar, kendiliğinden taban durumuna geri dönerken, soğurmuş oldukları enerjiyi rasgele doğrultuda bir foton olarak salarlar. Bu tür bir kaynak içindeki atomlar esasında bağımsız bir biçimde ışırlar. Yayınlanan demetteki fotonlar arasında belki hiçbir faz bağıntısı yoktur ve ışık faz uyumlu değildir. Faz, noktadan noktaya değiştiği gibi zamanla da değişir.

Işığın bir çeşit atom sistemi üzerine düştüğü düşünülürse, Eğer gelen fotonun enerjisi yeterli ise bu foton atom tarafından soğurabilir ve atom uyarılmış duruma yükselir. Uyarılmış bir atomun daha alçak bir duruma foton yayınlarak iki farklı biçimde geçebileceği 1917’de Einstein tarafından gösterilmiştir. Bunlardan birincisi

atomun kendiliğinden enerji yayınlayarak alçak enerji durumuna geçmesi, diğeri de uygun frekanslı bir elektromanyetik ışınlama ile tetikleme yapılarak enerji yayınlanmasının sağlanmasıyla atomun alçak duruma geçmesidir. İkinci süreç, yani tetiklemeyle geçiş sağlama, **uyarmayla yayınlanma** olarak bilinir. Bu da lazerin çalışmasının esasıdır. İki yoldan hangisiyle olursa olsun, atom tarafından yayınlanan fotonun enerjisi ($h\nu_{if}$), atomun daha yüksek $|i\rangle$ ilk durumundaki enerjisi ile daha alçak $|f\rangle$ son durumundaki enerjisi farkına eşittir.

$$E_i - E_f = h\nu_{if}$$

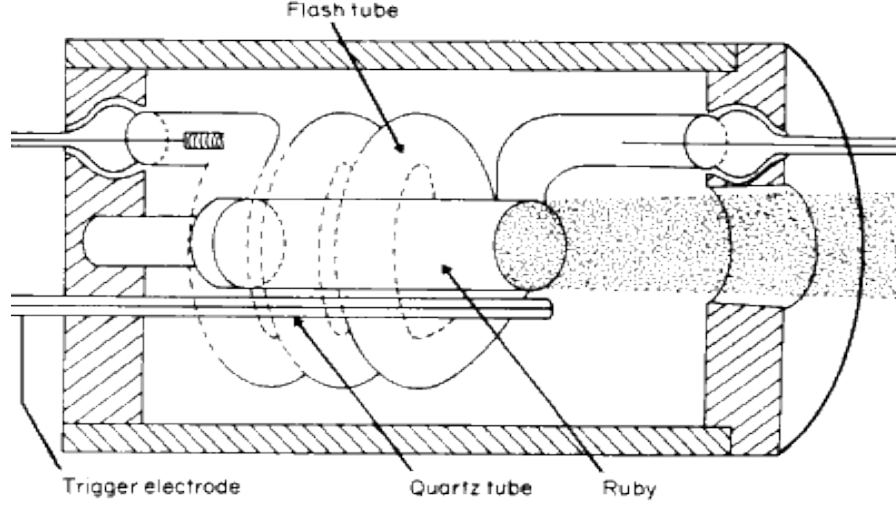
Burada E_i ve E_f iki durumun enerjileridir.

Gelen elektromanyetik dalga uyarılmış atomu uyarmayla yayınlamayı tetikleyecekse frekansının ν_{if} olması gerekir. Bu sürecin çok önemli bir yanı vardır. *Yayınlanan fotonun uyarma yapan ışınlama ile fazı, kutuplanması ve ilerleme doğrultusu aynıdır.* Bu nedenle yayınlanan fotonun gelen fotonla aynı ışınlama kipinde olduğu ve gelen dalgaya katılarak akı yoğunluğunu artırma eğiliminde olduğu söylenir. Atomların çoğu normal olarak taban durumlarında olduklarından, kendiliğinden ışıma yapma için soğurma uyarmayla yayınlama yapmaktan çok daha olasıdır. Buda ilginç bir soruyu akla getirir. Atomların çok büyük bir kısmını alt durumları boş bırakarak daha yüksek uyarılmış durumlarına çıkarsak ne olur? Buna, bilinen nedenlerden dolayı **nüfus terslenmesi** denir. Bu durumda uygun frekansla gelen bir foton, *hepsi aynı fazlı* olmak üzere uyarmalı fotonları bir çığ oluşturacak şekilde tetikleyebilir. Bizim sürecimize rakip baskın bir süreç olmadıkça (saçılma gibi) ve nüfus terslenmesi korunabildikçe gelen dalga güçlenmesini sürdürür. Gerçekten enerji nüfus terslenmesini sürdürmek için pompalanabilir ve bir ışık demeti aktif ortamı geçtikten sonra dışarı alınabilir.

3.5.2 İLK LAZER (YAKUT LAZER)

Çalışan ilk lazerin aktif ortamı sentetik, açık pembe küçük silindirik bir yakuttu. Yani aktif ortam yüzde 0,05 (ağırlıkça) kadar Cr_2O_3 içeren Al_2O_3 kristali idi. Günümüzde en çok karşılaşılan kristalli lazer ortamlarından biri olan yakut, önce mazer uygulamalarında kullanıldı ve daha sonra Schawlow tarafından lazerde kullanılması önerildi. Kristal çubuğun iç yüzeyleri birbirine paralel ve eksene dik

birer düzlem haline getirilerek parlatıldı. Daha sonra her ikisi de gümüşlenerek bir **rezonans oyuğu** oluşturuldu.



Şekil 3.12 Yakut lazer düzeneği

Rezonans oyuğunun etrafı geniş frekans şeritli **optik pompalama** sağlayan helisel gaz deşarjlı bir flaş tüpü ile sarılmıştır. Yakut kristalindeki krom atomlarının soğurmaları spektrumun mavi ve yeşil bölgesinde olduğundan, yakut kırmızı görünür. Flaş tüpünün ateşlenmesi, birkaç milisaniye süren şiddetli bir ışık patlaması oluşturur. Bu enerjinin büyük bir kısmı ısı şeklinde kaybolurken, Cr^{+3} iyonlarının çoğu soğurma frekans şeridi içinde uyarılmış duruma geçer (Şekil 3.12).

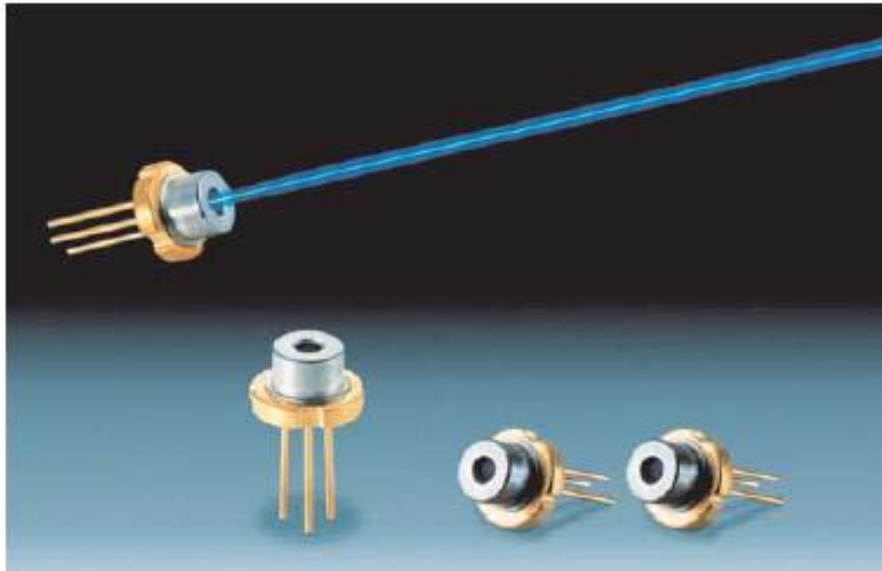
Uyarılmış durumdaki iyonlar aldıkları enerjinin bir kısmını kristal örgüsüne vererek, çok kısa sürede (100ns) durulmuş hale gelirler. Işımasız olan bu geçişle iyonlar, uzun ömürlü geçici durumlar olan birbirine çok yakın bir çift 'alt' durumu özellikle tercih ederler. İyonlar **yarı kararlı** denen bu durumlarda, çoğu kez kendiliğinden ve rasgele olarak taban duruma dönünceye kadar birkaç milisaniye kalırlar. Taban duruma dönerken yakut kristalinin kendine özgü kırmızı floresan ışıması olur. Çift düzeyden daha alçak düzeye geçiş baskındır ve sonu olarak yayınlama 694,3nm'de merkezlenen oldukça geniş bir bölgede olur. Işıma tüm doğrultularda olur ve faz uyumlu değildir. Böyle olurken pompalama hızı herhangi bir şekilde artırılırsa nüfus terslenmesi oluşur ve kendiliğinden yayınlanan ilk birkaç foton zincir reaksiyonu başlatır. Bir foton çok hızlı bir şekilde aynı fazlı başka bir

foton yayınlamasını tetikler ve enerjiyi yarı kararlı atomlardan, henüz ortaya çıkan ışık dalgasına aktarır. Yarı kararlı durumun uzun ömrü nüfus terslenmesini kolaylaştırırken, geniş frekanslı soğurma şeritleri ilk uyarılmayı da kolaylaştırmaktadır. Buradaki atom sistemi, (1) soğurma frekans şeritleri (2) yarı kararlı durumu ve (3) taban durumundan oluşmaktadır.

Bugünün yakut lazeri genelde yüksek güçlü, atmalı, faz uyumlu ışınım kaynağı şeklindedir ve girişim ölçümü, plazma teşhisi, holografı vb. çalışmalarda geniş çapta kullanılır.

3.5.3 YARI İLETKEN LAZER

Yarıiletken lazer, eklem lazer ya da diyot lazer olarak da bilinir. 1962’de ışık yayan diyotun (LED) geliştirilmesinden hemen sonra icat edilmiştir. Günümüzde yarıiletken lazer, spektral saflığı, yüksek verimliliği, sağlamlığı, son derece hızlı modülasyonu uzun ömürlülüğü ve toplu iğne başı büyüklüğünde olmakla birlikte orta değerde gücüyle (200mW’a kadar) elektro-optik’te büyük rol oynamaktadır. Eklem lazerler, lif optik iletişimde, lazer disk ses sistemlerinde vb. uygulamalarda kullanılmaktadır.



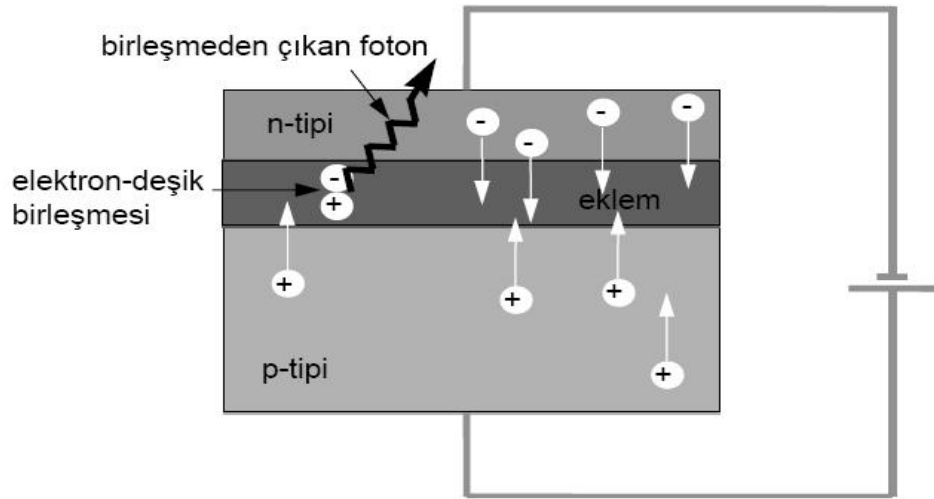
Şekil 3.13 DL-LS500 Diyot lazer (Laser Components Firması)

Böyle ilk lazerler, galyum arsenit gibi bir maddenin *P-N eklemi* oluşturmak üzere uygun katkılanmasıyla yapılmıştır. Benzer yapılı bu lazerlerin yüksek lazer

eşiğinin olması, onların atmalı kipte ve çok düşük sıcaklıklarda çalıştırılması zorunluluğunu getirmiştir. Aksi durumda küçücük yapılarında ortaya çıkacak ısı onları bozar. İlk ayarlanabilir kurşun tuzu diyot lazeri 1964'te geliştirilmiş olup 12 yıl kadar sonra piyasada bulunabilir duruma gelmiştir.

Bu lazer sıvı azot sıcaklıklarında çalıştığından kolayca kullanılamaz, fakat $2\mu\text{m}$ 'den $30\mu\text{m}$ 'ye kadar dalgaboylarında lazer ışığı üretebilir.

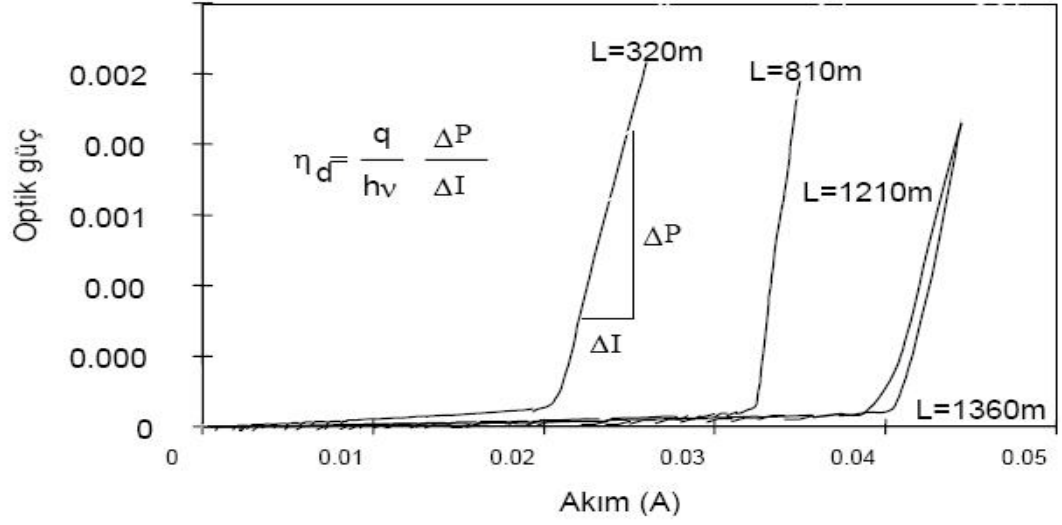
Daha sonraki gelişmeler eşik durumunu aşağıya çekerek, sürekli dalgalı oda sıcaklığında çalışan diyot lazerin yapılmasını sağlamıştır. Geçişler, iletkenlik şeridi ile bağlanma şeridi arasında olmaktadır ve uyarmayla yayınlama *P-N eklemi* yakınında ortaya çıkmaktadır (Şekil 3.14). Gerçekten bir yarıiletken diyotta akım öne doğru akmakta iken N-tabakası iletkenlik şeridindeki elektronlar, P-tabakası oyuklarıyla birleşirler ve foton biçiminde enerji yayınlılar. Mevcut soğurma mekanizmalarıyla enerji yarışında bulunan bu ışımalı geçiş süreci, tekrar birleşme tabakası küçük ve akım büyük olduğunda baskın hale gelir. Sistemi lazer haline getirmek için diyottan yayınlanan ışık bir rezonans oyuğunda tutulur. Bu tutma işlemi genellikle parlatılmış eklem kanalına dik uç yüzeylerle yapılır.



Şekil 3.14 Lazer diyotun yapısı

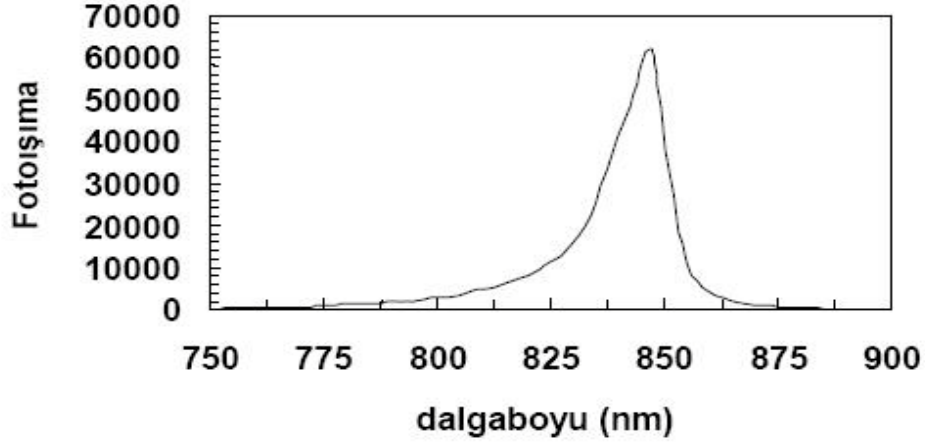
Diyot lazerinde küçük akımlar için sadece kendiliğinden salınım meydana gelir. Akım arttıkça, ortamın kazancı artar ve uyarılmış salınım kendiliğinden

salınımına geçer. Lazer olayının başlangıcı ışık çıktısındaki ani bir artışla kendini belli eder.



Şekil 3.15 Çeşitli uzunluklardaki diyot lazerinin akım-optik güç eğrileri

Bugünlerde yarıiletken lazerler özel gereksinimler için yapılmaktadır ve 700nm'den 30 μ m'ye kadar uzanan çeşitli dalga boylarında tasarlanırlar. 1970'lerin ilk yıllarında GaAs/GaAlAs sürekli dalga lazerleri gündemdeydi. 750nm'den 900nm'ye kadar olan bölgede (alüminyum ve galyumun bağıl miktarına bağlı olarak) oda sıcaklığında çalışan bir küçük diyot yongasının hacmi genelde 1cm³'ün 1/16'sı kadardır. (Burada ışın demeti 0,2m kalnlığındaki GaAs aktif tabakasından iki yönde çıkar. Bu küçük lazerler çoğunlukla 20mW'a kadar sürekli dalga gücü üretirler. Lif optik camdaki alçak kayıplı bölge ($\lambda \approx 1,3\mu$ m) üstünlüğünden yararlanabilmek için 1970'lerin ortalarında 1,3 μ m -1,6 μ m dalgaboyu çıkışlı GaInAsP/InP lazeri yapıldı. Çiftlenimli dilimli (cleaved coupled) oyuk lazer 1980'lerin önemli gelişmesi olmuştur.

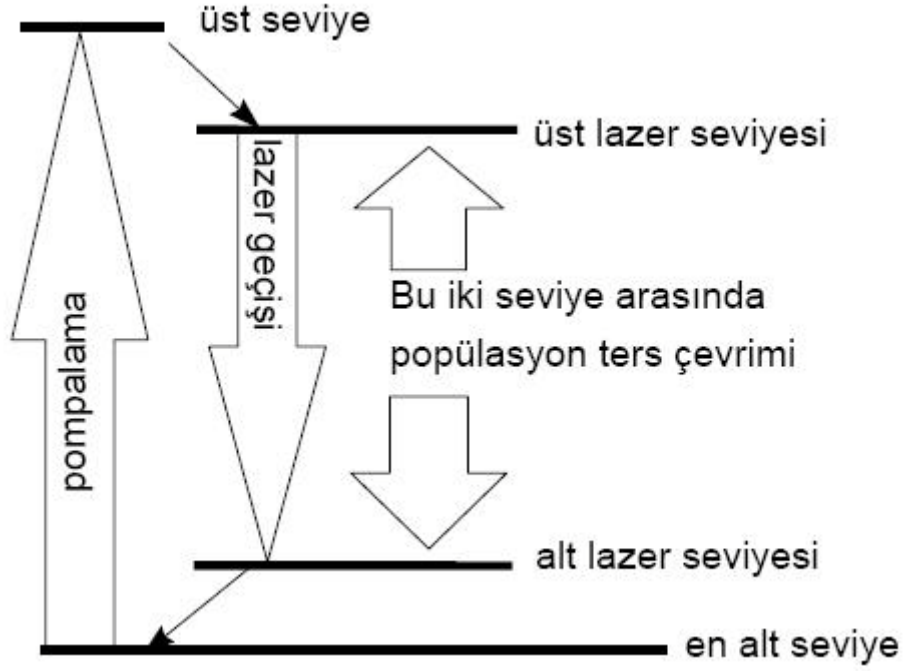


Şekil 3.16 Diyot lazer yapısının oda sıcaklığındaki fotoışınma spektrumu

Bu lazerde çok sayıda eksenel kip, çok dar şerit genişlikli ayarlanabilir ışınım oluşturmak için kontrol edilir. Aralarındaki küçük boşluk üzerinden çiftlenimli iki oyuk, her iki rezonans odacığında oluşan ışının son derece dar şeritli olmasını sağlar.

3.5.4 LAZERLERİN ENERJİ DÜZEYLERİ

Nüfusu tersine çevirme durumu, lazer çalışmasında çok önemlidir. Nüfusu tersine çevirme durumunu gerçekleştiren alışılmış yöntem, lazer ortamına enerji koyarak atom ve molekülleri daha yüksek enerji seviyelerine çıkarmaktır. Lazer ortamındaki bu etkileşmeye “pompalama” denir. Pompalama optik veya elektrik olarak yapılır. Normal şartlarda, enerji seviyelerinin kısa ömürleri vardır ve fazla enerjilerini kendiliğinden salınım ile birkaç nano saniye içerisinde bırakmaktadırlar. Hâlbuki nüfusu tersine çevirmek için daha uzun ömürlü enerji seviyeleri gerekmektedir. Bu seviyeler “ara ömürlü seviyeler” olarak bilinmektedir. Çünkü atomik zaman ölçeğinde olağanüstü uzun ömürlüdürler ve mikro saniye ve hatta milisaniye seviyesinde sürebilmektedirler. Lazer fiziğinde bunlar çok önemlidir ve en iyi üst lazer seviyesini oluşturmaktadırlar.



Şekil 3.17 Lazer seviyeleri

Nüfusu tersine çevirme durumunu iki seviyeli sistemde oluşturmak imkânsızdır, çünkü üst ve alt seviyeler birbirini sıfırlamaktadır. Pratik lazer sistemlerinin üç, dört veya daha fazla enerji seviyesine gereksinimleri vardır. En basit enerji seviye yapısı Maiman'ın sentetik yakut üzerindeki gibi “üç seviyeli lazer”dir. Bu lazerde yüksek etkileşimli üst seviye, meta dayanıklı üst seviye ve alt seviye bulunmaktadır. Çalışan bir sistem olmasına rağmen, ideal değildir. Problem, alt lazer seviyenin aynı zamanda en alt seviye olmasıdır. Nüfusu tersine çevirmek için atomların çoğunu üst seviyeye büyük bir enerji ile koymak lazımdır. Bu durumda, üç seviyeli lazer ancak darbeli olarak çalışmaktadır. Pratik lazerlerin çoğu, dört seviyeden oluşmaktadır.

3.6 HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

3.6.1 ULTRASONİK HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

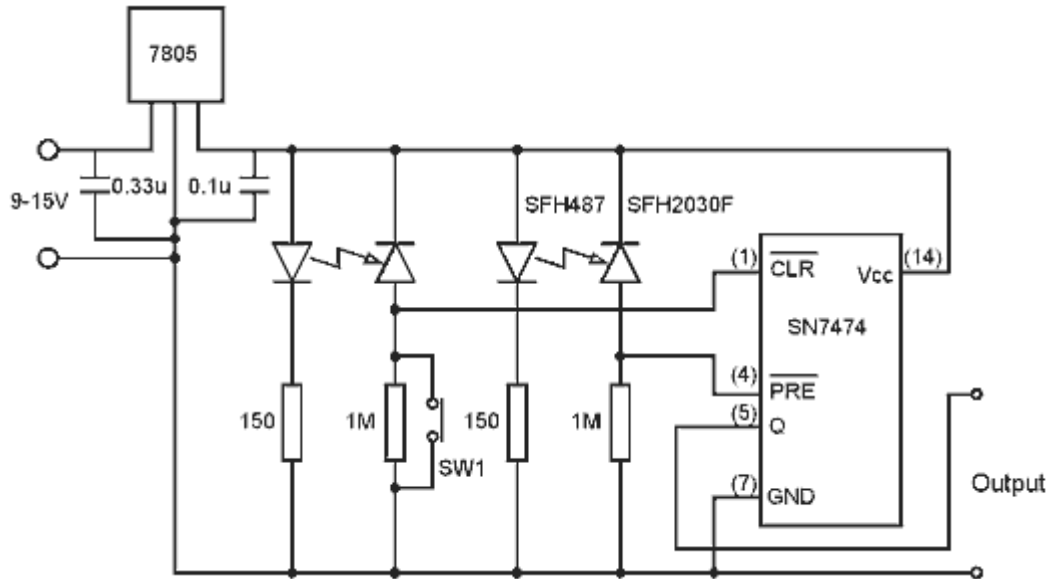
Ultrasonik kelimesi ses üstü anlamına gelmektedir. 300 Hz – 14000 Hz aralığından daha yüksek frekanslardaki ses dalgaları kullanılarak mesafe ölçümü yapılabilir. Yüksek frekanslı ses dalgalarının kullanılmasının nedeni ise bu dalgaların

oldukça düzgün ve doğrusal bir şekilde ilerlemeleri, taşıdığı enerjinin yüksek oluşu ve sert yüzeylerden kolaylıkla yansımalarıdır.

Yüksek frekanslı bir ses dalgasının gönderilip karşıdaki nesneden yansıtılarak geri gelmesine kadar geçen süre ölçülür. Sesin o ortamdaki hızı bilindiğinden (hava içerisinde 340 m/sn) sesin kat ettiği yol hesaplanabilir. İki ölçüm arasındaki zaman bilindiğinde, cismin kat ettiği mesafe ölçülerek, hız ve ivme hesabı yapılabilir.

3.6.2 FOTODİYOT KULLANILARAK ÖLÇÜM

Mermi hız ölçümünde kullanılan en hassas ölçüm yöntemlerinden biridir. İki adet fotodiyot 100 mm aralıkla yerleştirilerek merminin aralarından geçmesi sağlanır. Basit bir devreyle fotodiyotların tetikleme yapması sağlanır. İlk kapı flip-flop'u tetikler, ikincisi BNC noktasında TTL darbesi ureterek flip-flop'u resetler. Devre seması aşağıdadır.[17]



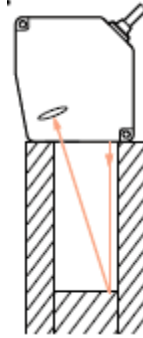
Sekil 3.18 Basit bir fotodiyot hız ölçüm devre şeması

Devrenin çalışması emitör fotodiyotun gücüne ve alıcı verici arasındaki mesafeye bağlıdır. flip-flop'un anahtarlama zamanı fotodiyota göre düşüktür,

dolayısıyla sistem hızını 50m/s ile sınırlamıştır. Daha hızlı bir mikrokontrolör sistem ile sistemin ölçebileceği hız artacaktır.

3.6.3 LAZERLİ HIZ ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Merminin namlu içerisindeki konumunu gerçek zamanlı olarak belirlemek için, Lazer mesafe ölçüm cihazından da yararlanılabilir. Bu yöntemle, 50 mm çapında ve 200-400 gr arasındaki mermiler için 1000 m/s hıza kadar uygun kuplaj bölgesi tespiti yapılmıştır[18]. Bu yöntemde, mermilerin arka yüzeyine yapıştırılan yansıtıcı bir malzeme ile gönderilen Lazer sinyali yansıtılmış ve geri gelen sinyal yardımı ile gerçek zamanlı hız ve konum ölçümü yapılabilir. Ancak mermi çapı küçüldükçe bu uygulamanın yapılması mümkün olmamakla birlikte, hızlı anahtarlama ve kontrol işlemi için gerekli zaman ihtiyacı yüksek mermi hızları için karşılanamamaktadır. Merminin uygun kuplaj bölgesinde olmaması, sürücü bobinin biraz erken veya geç enerjilendirilmesi durumunda bir itici kuvvet elde edilememektedir[19]. Hatta kuplaj bölgesinin tespitinde yapılacak daha büyük hatalarla ters yönde itici kuvvetlerin elde edilmesi de olasıdır[20,21].



Sekil 3.19 Lazerle mesafe ölçümü

3.7 SONUÇ

Ultrasonik hız ölçümünde sesin havadaki yayılma hızı 340 m/sn, mermi hızına kıyasla yavaş bir hız olmakta ve merminin namlu içindeki hareketini takip etmenin mümkün olmamaktadır.

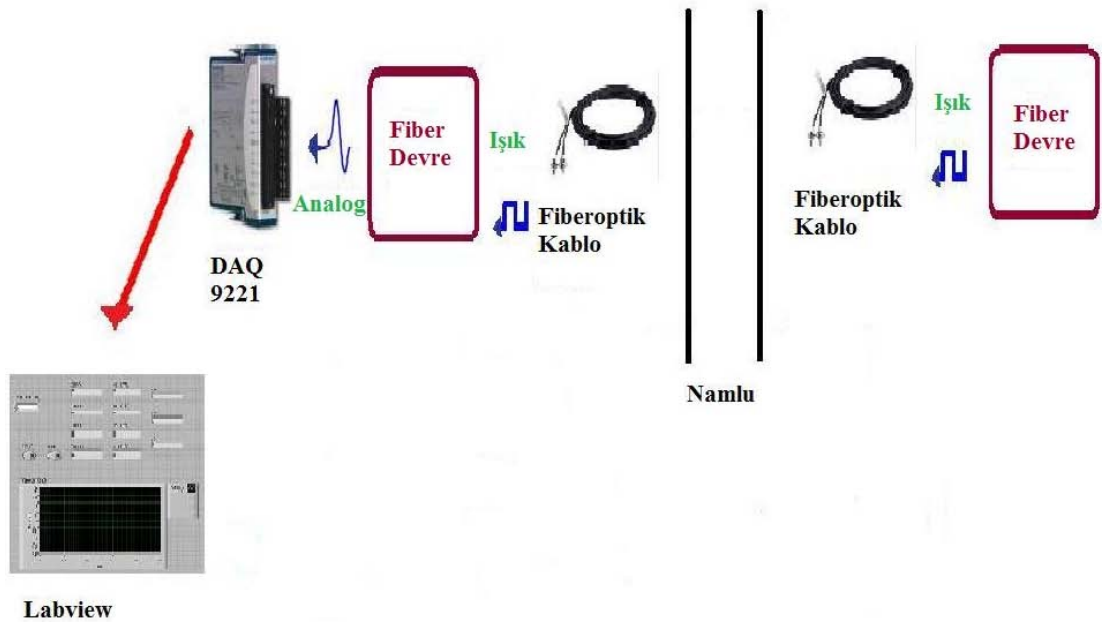
Lazerli sistemlerde lazerlerin titreşime karşı hassas oldukları görülmüştür. Titreşim engellendiğinde lazer kullanılarak hassas ölçümler yapılabilmektedir.

Fotodiyot ve fiberoptik kablo kullanılarak yapılan ölçümlerde sistemin titreşimden lazere göre daha az etkilendiği, ışık hızında iletim yapıldığı için merminin hareketini takip etmenin mümkün olduğu gözlenmiştir.

4 UYGULAMA

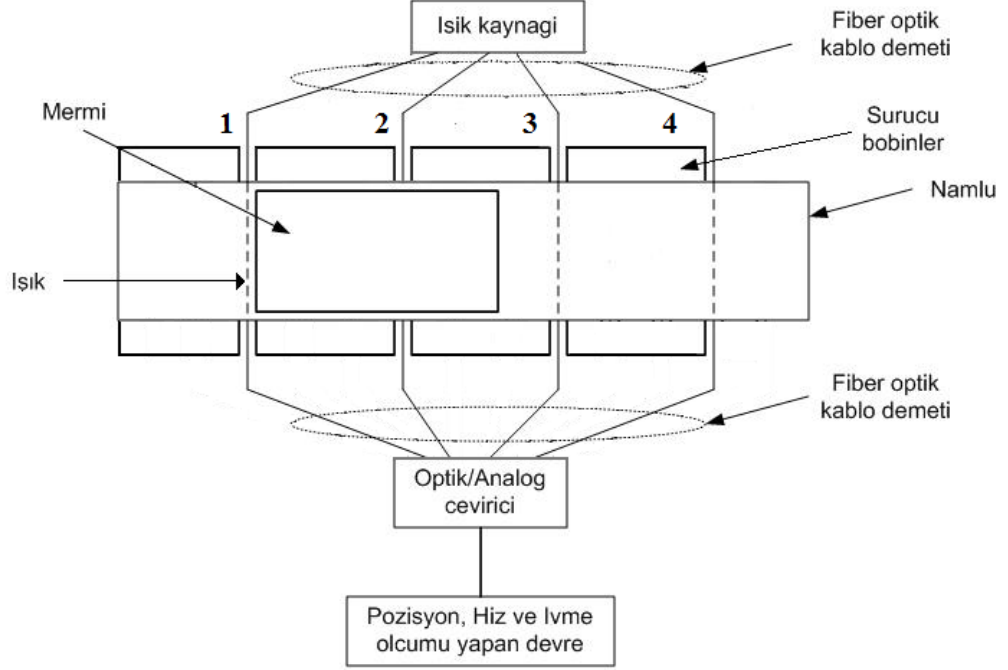
Elektromanyetik Fırlatıcı uygulamalarında karşılaşılan problemlerden biri, fırlatılan merminin hızı ve ivmesinin ölçülmesidir. Elektromanyetik Fırlatıcı çevresinde kuvvetli manyetik alan oluşturmaktadır. Elektronik devre sistemleri manyetik alana yakın bölgelerde kullanıldığında sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

Hız ve ivme ölçümünün fırlatıcı içine ve namlu çıkışına yerleştirilecek alıcı verici sensör çiftleriyle yapılması planlanmıştır. Fırlatıcı çevresine yerleştirilen sensörlerin manyetik alandan etkilenmemesi için yalıtılması düşünülmüş fakat özellikle alıcı tarafındaki sinyalin bozulduğu ve yanlış okumalar yapıldığı gözlenmiştir. Alıcı ve verici tarafında fiberoptik kablo kullanılmış ve sistemin manyetik alandan etkilenmediği gözlenmiştir. Fiberoptik kablodan alınan veriler elektrik sinyaline dönüştürülmüş ve DAQ 9221 tarafından bilgisayara aktarılmıştır, bilgisayar üzerinde LabVIEW programı kullanılarak kullanıcı arayüzü oluşturulmuş, mermi hızı ve ivmesi ölçülmüştür.



Şekil 4.1 Sistem Blok Şeması

4.1 NAMLU GEÇİŞ DÜZENEGİ

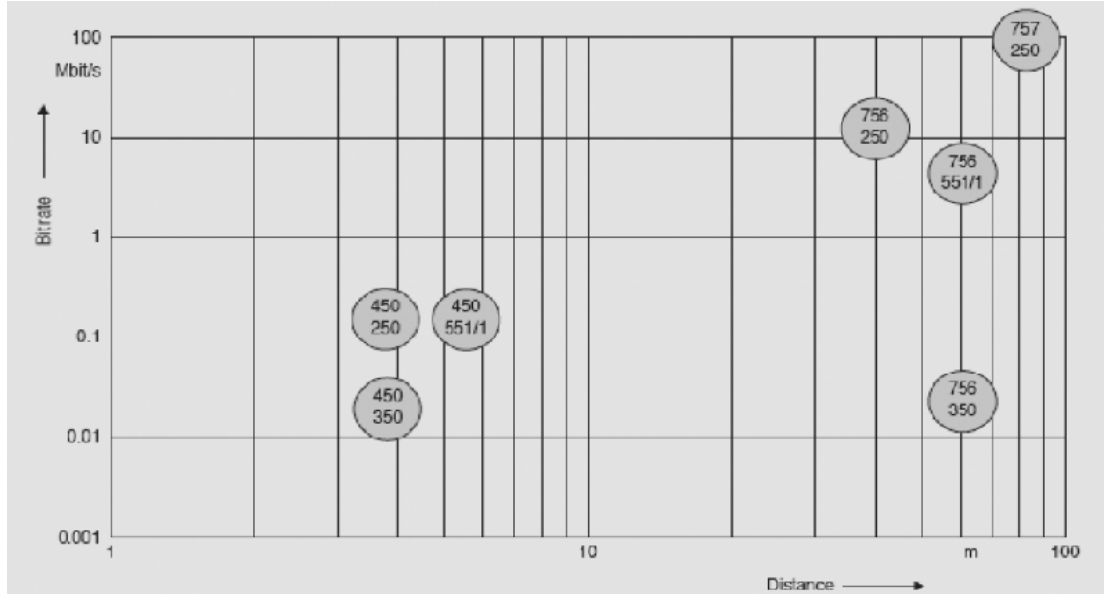


Şekil 4.2 Tasarlanan eşdeğer yapısı

Bu çalışmada dört kademeli bir mermi gözlem ve kontrol düzeni tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.2.'de çalışmaya esas olan eşdeğer yapısı görülmektedir.

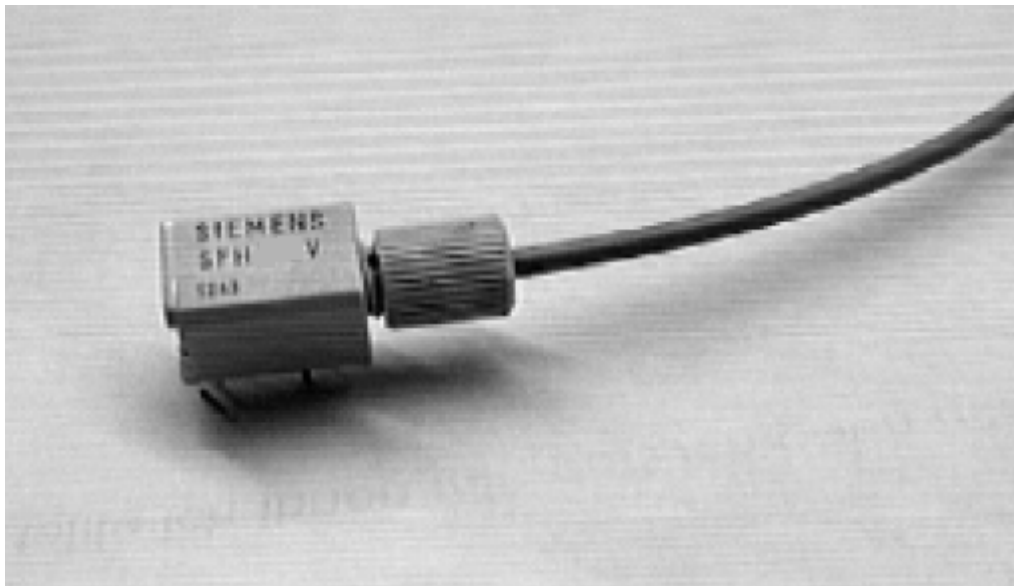
Şekil 4.2'deki yapı, dört kademeli sistem için kesit görünümüdür. Şekildeki 1 nolu ışık demeti mermi giriş hızını ölçmede kullanılmaktadır. Birinci kademe çıkışındaki 2 nolu ışık demeti de birinci kademe çıkış hızını ölçmek için kullanılmaktadır. Bu hız aynı zamanda ikinci kademe için giriş hızı bilgisidir. 4 nolu ışık demeti ile ölçülen hız nihai çıkış hızı bilgisidir. Tüm noktalardan alınan hız bilgileri ile merminin ivme bilgisi hesaplanmaktadır.

4.2 FİBER DEVRE UYGULAMASI



Şekil 4.3 SFH250-SFH756 Fotodiyot Çifti

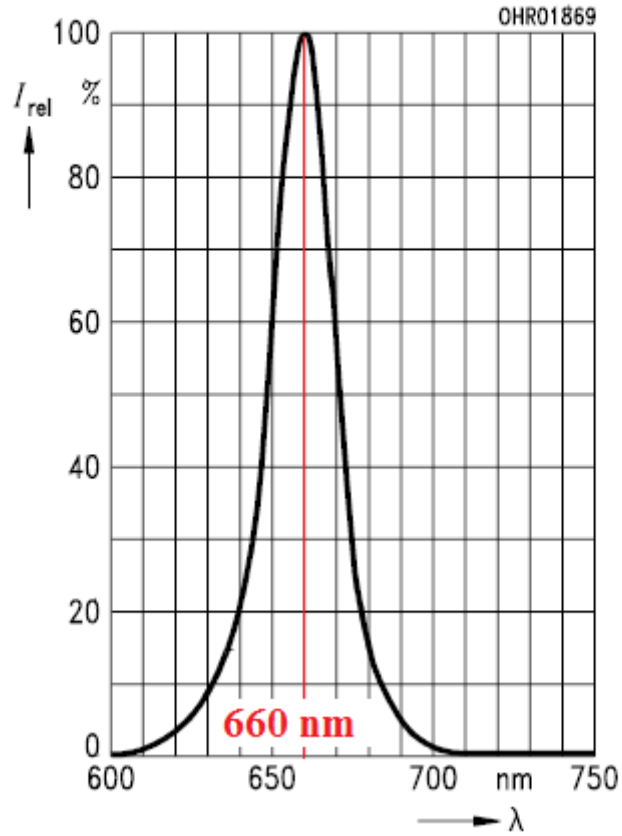
Alıcı olarak SFH 250, verici olarak SFH 756 kullanılmıştır. Şekil 4.3 'de de görüldüğü gibi 10Mbit/s hızında, 10 m'nin üzerindeki mesafelere veri iletimi yapılabilmektedir.



Şekil 4.4 SFH 250 Fotodiyot

Işık sinyali SFH 756 tarafından üretilmektedir. 2.2 mm çaplı standart 1000 mikronluk plastik fiberler için tasarlanmıştır. SFH 756, alıcı diyotun özelliklerine uygun olarak ışık tayfının 660 nm dalga boyu bölgesinde ışık üretmekte ve üretilen sinyal, iletildiği plastik fiberlerde görece daha az zayıflamaktadır.

Göreceli Işık Tayfı Yayımları $I_{rel} = f(\lambda)$

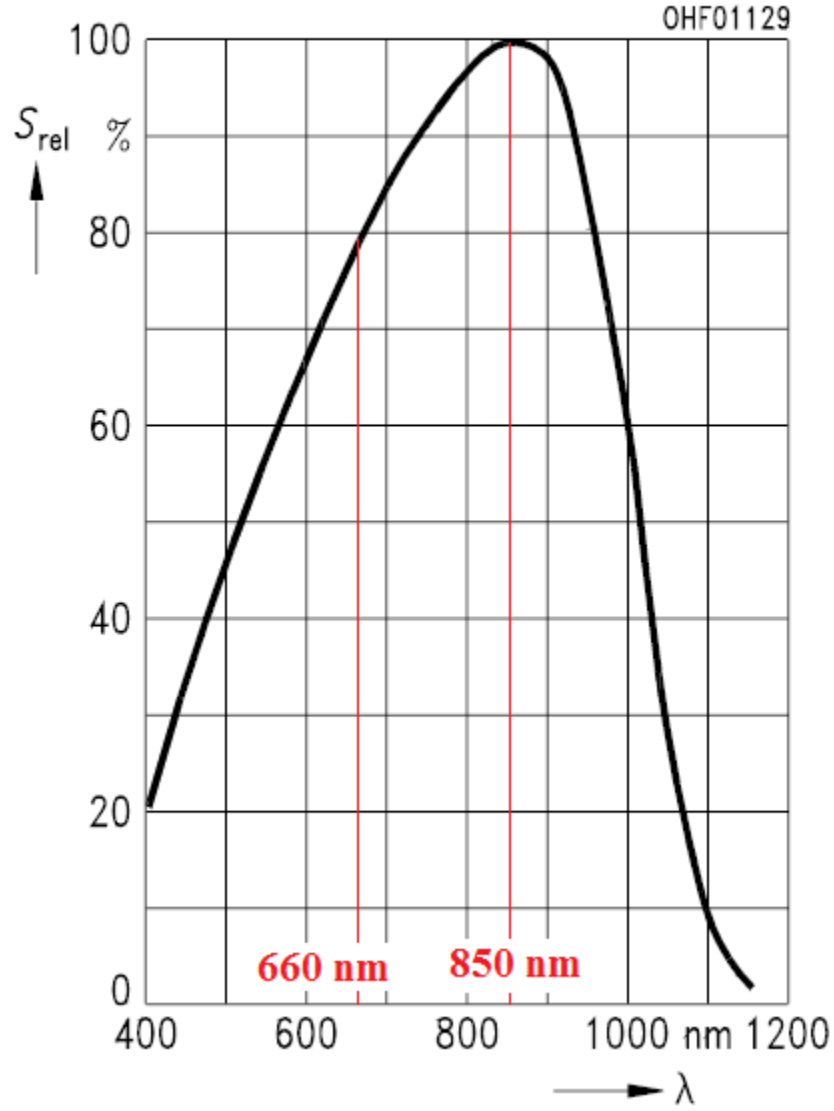


Şekil 4.5 SFH 756 Fotodiyot Göreceli Işık Tayfı Yayımları

Işık sinyali SFH 250 fotodiyotla elektrik sinyaline çevrilmektedir. 2.2 mm çaplı standart 1000 mikronluk plastik fiberler için tasarlanmıştır. Fiber kablo bağlantısı kolaylıkla yapılabilir.

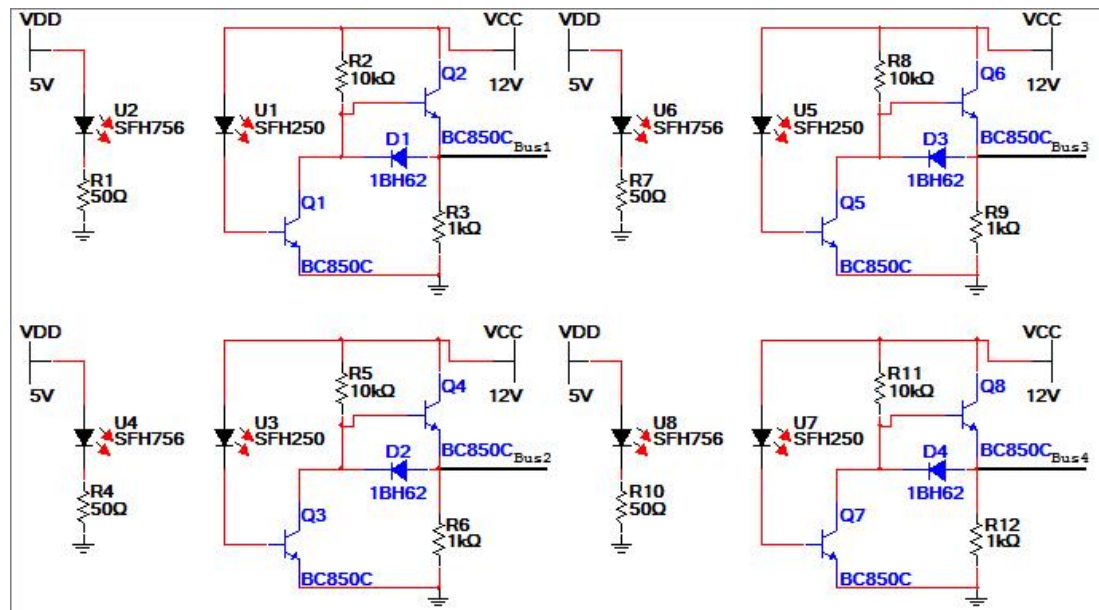
Göreceli Işık Tayfı Duyarlılığı

$$S_{rel} = f(\lambda)$$



Şekil 4.6 SFH250 Fotodiyot Göreceli Işık Tayfı Duyarlılığı

SFH 250 fotodiyot 10 ns anahtarlama hızındadır, ışık tayfının 850 nm dalga boyu bölgesinde en yüksek duyarlılık değerlerine sahiptir. Bu çalışmada kullanılan 660 nm dalga boyundaki görünür kırmızı ışık bölgesinde yaklaşık %80 verimle çalışmaktadır.



Şekil 4.7 Fiber Devre

SFH 756 ile üretilen ışık sinyali fiberoptik kablolar ile iletilerek SFH 250 fotodiyota ulaşmaktadır, SFH 250 tarafından elektrik sinyaline çevrilmekte ve şekil 4.7 ‘de görülen devre ile kuvvetlendirilerek DAQ9221’e aktarılmaktadır.

4.3 FİBEROPTİK İLETİM

Işık sinyalinin iletimi fiberoptik kablolarla yapılmaktadır. Fiber optik kablolar Elektromanyetik Fırlatıcının oluşturduğu manyetik alandan etkilenmemektedir. Kırılma ve bükülmelere karşı daha dayanıklı olduğu için plastik fiberoptik kablolar kullanılmıştır. Plastik fiberler 20 mm yarıçapa kadar bükülebilmektedir.



Şekil 4.8 Fiber Optik Kablo

Fiberoptik kablounun uç kısmında bulunan lens ile ışığın odaklanması sağlanmaktadır.



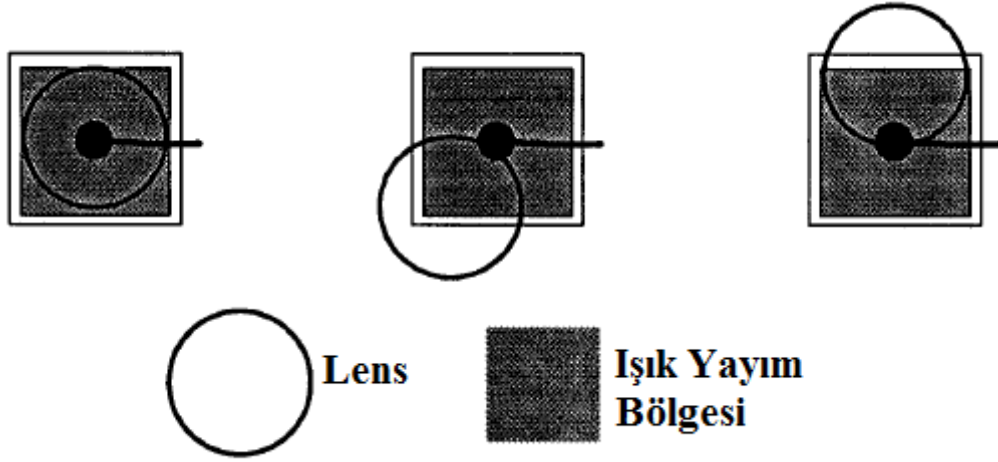
Şekil 4.9 Lens

Fiberoptik kabloların kesilmesi işlemi kablo uçlarına zarar verebilmektedir. Oluşabilecek zarar iletimde %20'ye kadar kayıp oluşmasına neden olabilmektedir. Fiberoptik kabloların kesilme işlemi Şekil 4.10'da görülen fiber kesici ile yapılmaktadır. Fiber kesici çeşitli çaplarda fiber kabloları uygun kesme bölümleri içermektedir. Kullanılan 2.2 mm 'lik fiberoptik kabloların uçlarına zarar vermeyecek şekilde kesilmesi için uygundur.



Şekil 4.10 Fiber kesici

Verici diyotun üzerinden akım geçmesiyle beraber, ışıyım yapmaktadır. Muhafazanın görevi ışık huzmesini plastik fibere bağlamaktır. Işık huzmesi fibere diyot içindeki reflektör ve lens yardımı ile iletilmektedir. Şekil 4.11 'de gösterildiği üzere plastik fiber tam olarak ışık yayım bölgesine karşılık getirildiğinde diyotun ürettiği ışık en yüksek oranda fibere aktarılmaktadır.



Şekil 4.11 Verici içindeki Fiber pozisyonu

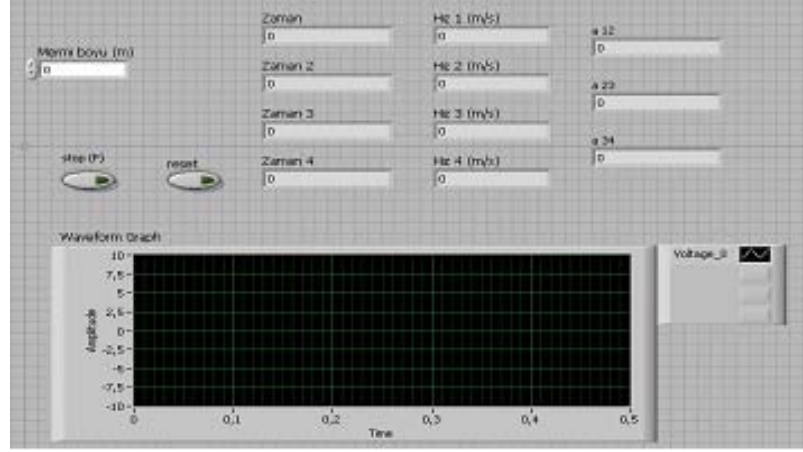
4.4 VERİLERİN BİLGİSAYARA AKTARILMASI VE İŞLENMESİ

Şekil 4.7'deki fiber devreden DAQ9221'e aktarılan veriler usb portu üzerinden bilgisayara aktarılmaktadır.



Şekil 4.12 DAQ 9221

DAQ 9221 800Ks/s örnekleme hızındadır, 12 bit çözünürlükte 8 analog kanala sahiptir, çıkış gerilimi +/-60V aralığındadır. 4 analog giriş kullanıldığında örnekleme hızı kanal başına 200Ks/s olmaktadır.



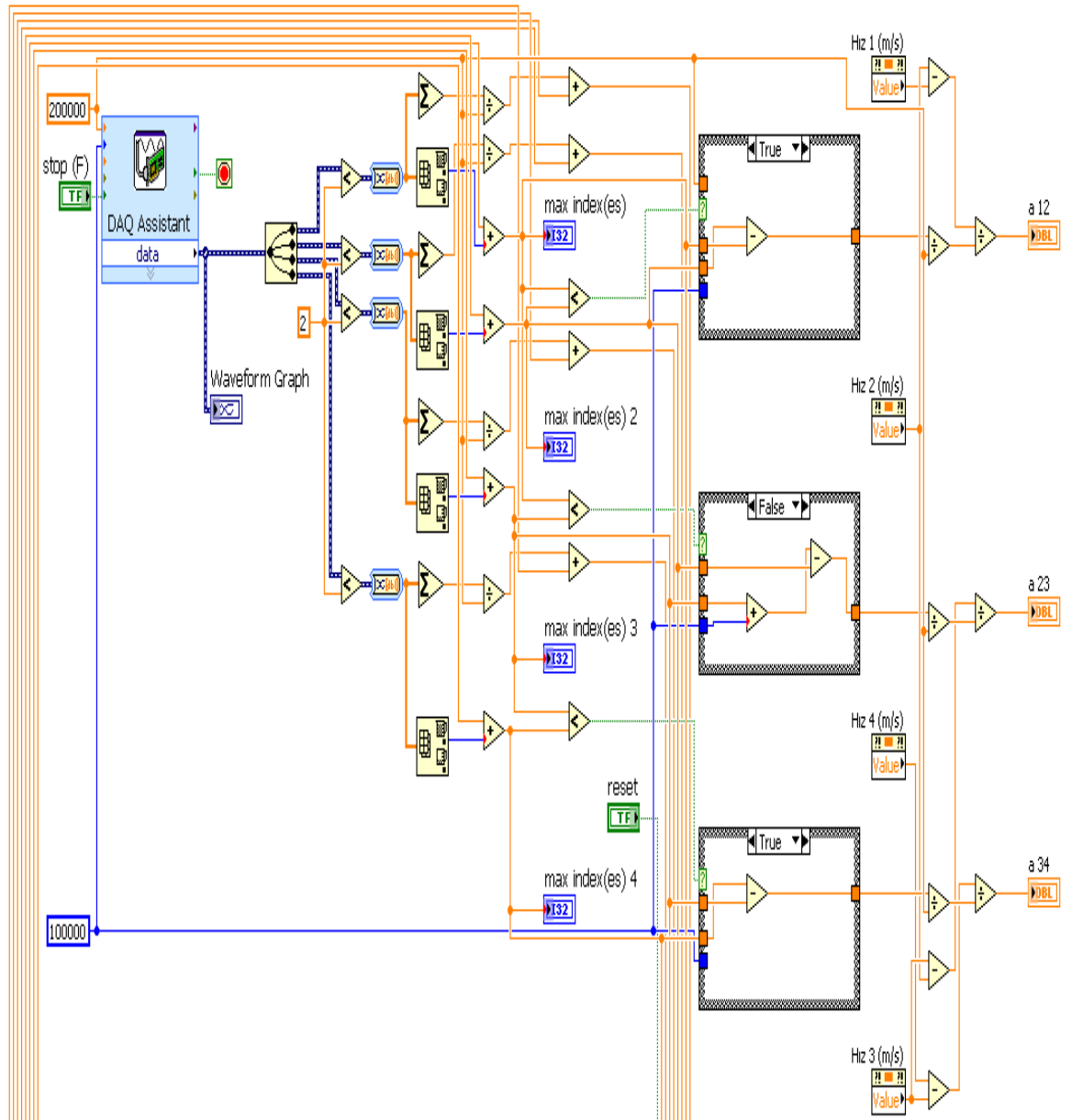
Şekil 4.13 LabVIEW kullanıcı arayuzu

DAQ karttan alınan veriler LavVIEW programında işlenmekte, hız ve ivme bilgileri kullanıcı arayüzünde sunulmaktadır.

Elektromanyetik Fırlatıcı için namli çıkış hızı ve ivmesi ölçülmesi uygulaması Şekil 4.13'deki kullanıcı arayüzü ile gerçekleştirilmiştir. Her sensör için kesilme zamanı ve hız bilgisi, her sıralı sensör çifti içinde ivme bilgisi hesaplanmaktadır.

$V=X.t$ denkleminde, Sensörün kesilme süresi t 'yi verir. Kullanıcı arayüzünden girilen mermi boyu X 'i vermekte ve merminin anlık hızı ölçülmektedir. Her sensör için ayrı ayrı hesaplanan hız değerlerinden ardışık iki sensör için ivme hesabı,

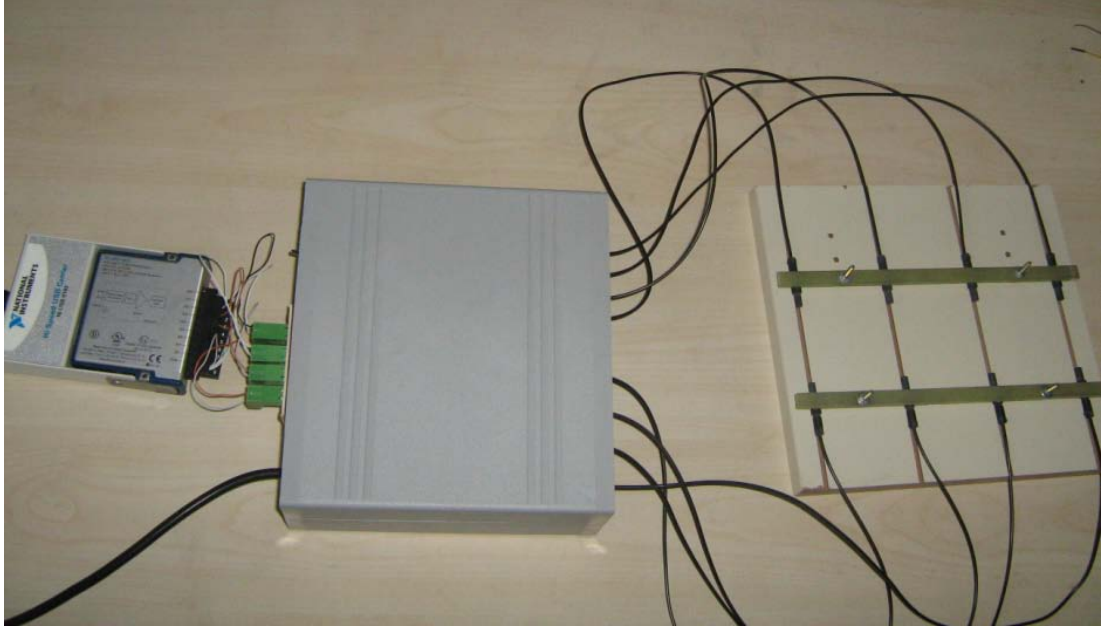
$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \text{ denkleminde hesaplanmaktadır.}$$



Şekil 4.14 LabVIEW hız ve ivme ölçümü

4.5 UYGULAMA SONUÇLARI

Yapılan uygulama şekil 4.15’de görülebilir.



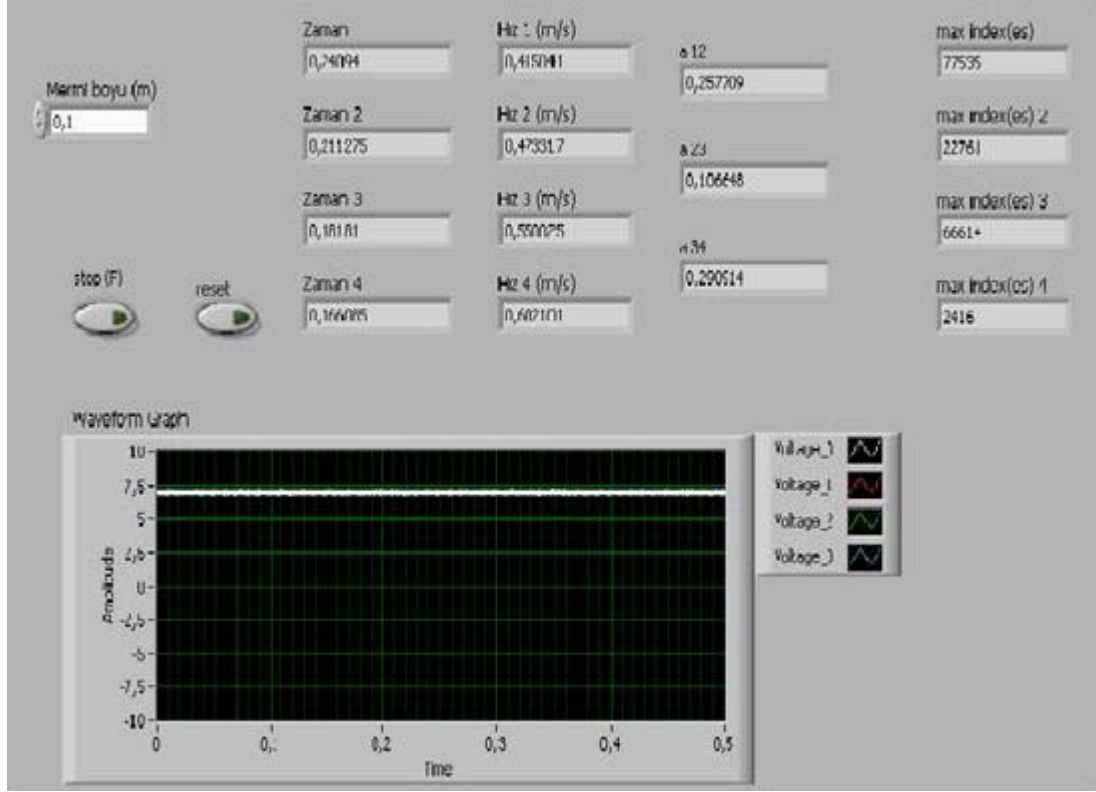
Şekil 4.15 Tez Düzeneği

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fizik Laboratuvarında bulunan hız ölçme sistemi ile karşılaştırmalı ölçüm yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

Tablo 4.1 Uygulama Sonuçları

Referans Sistem Ölçümü (sn)	Tez Düzeneği Ölçümü (sn)	hata (sn)	HIZ (m/sn)	İVME (m/sn*sn)
0,214	0,21249	0,00151	0,407061	0,333788
0,185	0,186135	0,001135	0,537244	0,451116
0,161	0,1602	0,0008	0,62422	0,39201
0,147	0,14577	0,00123	0,686012	
0,215	0,21327	0,00173	0,468889	0,33278
0,185	0,18671	0,00171	0,53559	0,450303
0,161	0,1606	0,0004	0,622665	0,389396
0,148	0,146145	0,001855	0,684252	
en büyük hata (sn)	0,001855			
hata yüzdesi	%1.26			

İki ölçüm yapılmış ve sonuçlar arasındaki en büyük farkın 0,001855 sn (1.855msn) olduğu görülmüştür, bu sonuç da sistemin hata yüzdesinin %1.26 olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.16 Labview Sonuçları

5 SONUÇ

Bu tez de Elektromanyetik Fırlatıcı için hız ve ivme ölçümü uygulaması araştırılmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Merminin namlu içindeki hareketi namluya yerleştirilen 4 adet karşılıklı fiber optik alıcı verici çiftiyle algılanmaktadır. Namlu çevresinde kuvvetli elektromanyetik alan olduğu için, elektromanyetik girişimden etkilenmeyen fiber optik kablolar tercih edilmiştir. Kırılma ve bükülmelere daha dayanıklı olması dolayısıyla plastik tip fiber optik kablolar tercih edilmiştir. Plastik tip fiberlerde önemli bir sorun olan iletim mesafesi arttıkça oluşan zayıflama, verici kırmızı ışık üreten diyot seçilerek en az düzeyde tutulmuştur.

Merminin karşılıklı tip sensörleri kesmesi ile beraber mermi geçişi başlamakta, mermi geçişinin sona ermesiyle bitmektedir. Kesilme süresi, 1km/sn mermi hızı ve 20 cm mermi boyu için 200 usn olmaktadır. Mermi geçişi boyunca daha çok örnek almak ve hata oranını azaltmak için SFH250 hızlı foto alıcı kullanılmıştır. Alıcının verimli çalışma bölgesine uygun ve ayrıca plastik fiberde daha az zayıflamaya uğrayan kırmızı ışık bölgesinde yayın yapan SFH756 verici kullanılmıştır.

Fiber optik kablolardan gelen sinyal kuvvetlendirilerek DAQ9221 ile bilgisayara aktarılmaktadır. 4 kanalı kullanılan ve kanal başına 200KS/s örnekleme hızına sahip DAQ9221 ile mermi geçiş süresi boyunca 40 örnek alınabilmektedir. Mevcut olan daha hızlı kartlar kullanılarak alınan örnek sayısı arttırılabilir.

DAQ9221 ile bilgisayar ortamına aktarılan veriler Labview ile işlenmekte ve kullanıcı arayüzü ile kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcı arayüzünde her bir sensör çifti için DAQ9221'deki analog gerilim değeri görülmekte, böylece karşılıklı tip fiberlerin namlu içine en uygun şekilde yerleştirilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca her bir sensör çifti için merminin geçiş süresi görülmekte, kullanıcı tarafından girilen mermi boyuna göre namlu içindeki merminin hızı ve ivmesi hesaplanmaktadır.

Uygulama sonucunda; Fiber optik kablolar ve fotodiyotlar kullanılarak elektromanyetik fırlatıcılar için hız ve ivme ölçümü uygulaması gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalı ölçüm sonuçlarının birbirine uyduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] H. D. Fair, “Indroduction”, IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 22, No. 1, pp.1379, 1986.
- [2] H. D. Fair, “Hypervelocity hyperkinetic energy weapons”, Mil. Technol. Vol XIV, pp. 39–55,1990
- [3] <http://www.rappinstruments.de/accelerator/Coilgun/coilgun.htm>
- [4] www.sfwar.com/pyodogi/pyodogi0001b.htm
- [5] www.nas.nasa.gov/.../Nowicki/SPBI112.HTM
- [6] <http://members.home.nl/yja.wolters/Coilgun/Coilgun1.htm>
- [7] F. Yenigün, _H. Çavdar “Bobin Silahı”, BitirmeTezi 2004 K.T.Ü Elektrik-ElektronikMühendisligi Bölümü
- [8] http://www.physics4u.gr/articles/2006/electromagnetic_propulsion.html
- [9] <http://www.global-defence.com/1997/Highspeed.html>
- [10] D. Fair, “Electromagnetic Launch Scienceand Technology in the United States Enters aNew Era”, IEEE Transaction on Magnetics, Vol.41, No. 1, pp. 158–164, January 2005
- [11] M.Liao, Z.Zabar, D.Czarkowski, E.Levi andL.Birenbaum, “On the Design of as a Rapid-FireGrenade Launcher” IEEE Transaction onMagnetics, Vol.35, No.1, January 1999
- [12] http://www.coilgun.eclipse.co.uk/electromagnetic_pistol.html

- [13] Y Kaye, R.J., Cnare, E.C., Duggin, B.W., Lipsinki, J.R., Marder, B.M., “Design and Performance of Sandia’s Contactless Coilgun for 50 mm Projectiles”, IEEE Trans. on Mag., vol.29, No 1, 644-646, 1993.
- [14] A.Balikci, “Flywheel Motor/Generator Set as anEnergy Source for Coil Launchers”, Ph. D.Dissertation, Polytechnic University, June 2003.
- [15] 15. E. Bıcak, “Elektromagnetik Fırlatıcı“, Lisansbitirme tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,Gebze, Kocaeli, Haziran 2005.
- [16] J. Sun, Y. Lv, Y. Wang, G. Feng, “Simulationand Research of One-Dimensional Coupling Model of Solid Propellant Electrothermal-Chemical Gun”, IEEE Transaction on Magnetics,Vol. 41, No. 1, pp. 360-363, 2005.
- [17] http://www.coilgun.eclipse.co.uk/optical_speed_trap.html
- [18] Kaye, R.J., Cnare, E.C., Duggin, B.W., Lipsinki, J.R., Marder, B.M., “Design and Performance of Sandia’s Contactless Coilgun for 50 mm Projectiles”, IEEE Trans. on Mag., vol.29, No 1, 644-646, 1993.
- [19] Kaye, R.J.,“Operational Requirements and Issues for Coilgun lectromagnetic Launchers”, IEEE Trans. on Mag., vol.41, No 1, 194-199, 2005.
- [20] Kalender, O., Bir Merminin Elektromanyetik Enerji ile Sevkinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.2
- [21] Coşkun, İ., Kalender, O., Ege, Y., “ İndüksiyon Bobin Silahı için Uygun Stator Bobini Geometrisinin Araştırılması”, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, Sayı 8, N0 2, 40-48, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İstanbul’da doğan Murat BAŞAYDIN, lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde 2004 yılında tamamladı. Askerlik görevini tamamladıktan sonra, Testo Elektronik Teknik Servis Bölümünde teknik servis mühendisi olarak çalıştı. Nortel Netaş’da ürün destek mühendisi olarak bir dönem çalıştı. Son olarak Türk Hava Yolları A.O’da çalışmaktadır.