



**445 nm AlGa_N YARIİLETKEN DİYOT LAZERİN ÇIKIŞ
IŞINI KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA HAJMOHAMAD

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
AĞUSTOS - 2023**

**445 nm AlGa_N YARIİLETKEN DİYOT LAZERİN ÇIKIŞ
IŞINI KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MUSTAFA HAJMOHAMAD
ORCID ID:0009-0009-5672-1070**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi İBRAHİM KÜÇÜKKARA
ORCID ID:0000-0001-5932-8412**

**MERSİN
AĞUSTOS – 2023**

ÖZET

445 nm AlGaN Yarıiletken Diyot Lazerin Çıkış Işını Karakterizasyonu

Bu tez çalışması 445 nm AlGaN Yarıiletken Diyot Lazerin Çıkış Işını Karakterizasyonunun akım ve gücüne bağlı olarak belirlenmesi ile ilgilidir. Diyot lazerler, sıcaklığa ve akıma karşı çok hassas oldukları için kullanımı zordur. Akımı ve sıcaklığı stabilize ettikten sonra, frekans seçiciliğini elde etmek için kırınım ızgarası kullanılabilir. Ayarlanabilir lazer diyotları ve lenslerdir. Littrow harici kavite konfigürasyonu diğer harici kavite konfigürasyonları (Littman harici kavite konfigürasyonu gibi) ile karşılaştırıldığında, lazer ışınının emisyonu paralel olduğundan genişliği dardır. Diyot lazerin bir ucundan gelen lazer ışını ve Litro konfigürasyonunda kurulu kırınım ışını ızgaradan diyot lazere yönlendirilir, bu sayede ızgara ile lazerin diğer tarafı kırınım ızgarasını döndürerek kavite diyot lazerini ayarlamak için aralarında dalga boyu ile boşluk oluşur. Çıkış dalga boyu, çıkış hüzmesini yönlendirmek için ızgarayı döndürerek ayarlanır. Işık kırınım ızgarasından iki kez geçer ve farklı açılardan kırılarak aynaya ulaşan ışıktaki kayıp olmaz, bu aynanın açısı değiştirilerek yapılır. Bu nedenle, Littrow konfigürasyonu ile karşılaştırıldığında, Littman konfigürasyonu daha düşük bir çıkış gücüne sahip olacaktır. Bu çalışmada, 445 nm dalga boylu sürekli ışın (cw),. Bu sayede holografik yansıtıcı kırınım ızgarasının Littrow konfigürasyonu kullanılarak oluşturulan düzenekte tuning sırasında oluşan ışın çıkış gücü kaybını minimuma indirerek ışın yönünde kararlı ve güvenilir bir sistem elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Diyot lazer, Lazer fiziği, Lazer spektroskopisi.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKARA, Mersin Üniversitesi, Fizik Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

Output Beam Characterization of 445 nm AlGaIn Semiconductor Diode Laser

In this thesis, the power and current are defined for the laser light characteristic of an AlGaIn semiconductor laser with a wavelength of 445 nano-meter. Diode lasers are difficult to use because they are very sensitive to temperature and current. After stabilizing the current and temperature, the diffraction grating can be used to achieve frequency selectivity. The laser beam from one end of the diode laser and the diffraction beam installed in the Littrow configuration are directed from the grating to the diode laser, so that the grating and the other side of the laser rotate the diffraction grating, forming a gap with wavelength between them to adjust the cavity diode laser. The output wavelength is adjusted by rotating the grating to direct the output beam. The light passes through the diffraction grating twice, and there is no loss in the light reaching the mirror by refracting from different angles, this is done by changing the angle of the mirror. Therefore, compared to the Littrow configuration, the Littman configuration will have a lower output power. (cw) holographic reflection diffraction grating with a wavelength of 445 nm. In this way, a more stable and reliable system was obtained in the beam direction by minimizing the beam output power loss during tuning in the setup created by using the Littrow configuration of the holographic reflective diffraction grating.

Keywords: Diode laser, laser physics, laser spectroscopy

Danışman: Dr. Instructor Prof. İbrahim KÜÇÜKKARA, Mersin University, Department of Physics, Mersin.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süreci boyunca her konuda benden desteğini esirgemeyen, tez çalışmam süresince yapmış olduğum araştırmalarda değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmalarım sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKARA'ya, Prof. Dr. Murat GİZİR'e ve Prof. Dr. Kemal SANGÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Tüm hayatımda beni maddi, manevi hep destekleyen, çok değerli aileme, teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1. Işığın Yapısal Nitelikleri ve Işık Kuramları	4
2.1.1. Dalga Kuramı	4
2.1.2. Parçacık Kuramı	5
2.2. Lazerler	7
2.2.1. Lazer Işığı Elde Edilmesi, Diyot Lazer ve Optik Geri Beslemeli Diyot Lazer	7
2.2.2. Lazer Işığının Özellikleri	9
2.2.3. Işıma Türüne Göre Lazerler	13
2.3. Yarı-İletken Diyot Lazerlerin Çalışma İlkeleri	14
2.4. Taranabilen (Tunable) Lazerler	18
2.5. Diyot Lazerler [External Cavity Diode Laser (ECDL)]	19
2.6. Termoelektrik Soğutucular [TEC, Peltier]	21
2.6.1. Termoelektrik Yapı, Parametreler ve Performans İlişkileri	23
2.6.1.1. Termoelektrik Yapı	23
2.6.1.2. Termoelektrik Soğutucu Parametreleri	23
2.6.1.3. Termoelektrik Soğutucu Performans İlişkileri	24
2.6.1.3.1. Soğutma Gücü, Yüzey Sıcaklık Farkı Grafiği	24
2.6.1.3.2. Elektrik Akımına Göre Soğutma Gücü, Yüzey Sıcaklık Farkı Grafiği	25
2.6.1.3.3. Farklı TEC'lerin Aynı Isıl Yükteki Yüzey Sıcaklık Farkları Grafiği	25
2.6.1.3.4. Termoelektrik Soğutucu Çalışma Sınırları	26
2.6.2. Termoelektrik Malzemelerin Çalışması	26
2.6.2.1. Termoelektrik Soğutucuların Seri ve Paralel Bağlanması	28
2.6.2.2. Termoelektrik Soğutucuların Isısal Olarak Seri Bağlanması (Kaskat)	30
2.6.3. Çalışma Şartlarına Göre TEC'lerin Kullanım Ömrü	31
2.6.4. Termoelektrik Soğutucuların Diğer Soğutma Sistemleri ile Kıyaslanması	32
3. MATERYAL ve YÖNTEM	33
3.1. Sistemin Tasarlanması	33
3.1.1. Kabinin Taşınması Gereken Yapısal Özellikleri	33
3.1.2. Lazer Kafasının Tasarlanması ve İmalatı	35
3.1.3. Kabinin Taşınması Gereken Elektriksel ve Veri Transfer Özellikleri	35
3.2. Deney Tasarımında Kullanılan Ölçüm ve Kontrol Cihazları	36
3.2.1. Işın Karakterizasyonu Ölçüm ve Kontroller	36
3.2.2. Lazer Kontrol Ünitesi	37
3.2.3. TEC Kontrol Ünitesi	38
3.2.4. Sıcaklık ve Nem Kontrol Ünitesi	38
3.2.5. Fan Kontrol Ünitesi	41
3.2.6. Vakum Kontrol Ünitesi	41
3.3. Sistemin Kurulması	42
3.3.1. Taban Termoelektrik Soğutucu, Serpantin ve Soğutucu Fan Montajı	42
3.3.2. Blok (Aluminyum Blok) Termoelektrik Soğutucu Montajı	43
3.3.3. Lazer Kafa ve Lazer Termo Elektrik Soğutucu Montajı	44
3.3.4. Kırınım Izgarası ve Açısal Motor Kontrol Ünitesi Montajı	44

3.3.5. Nem ve Kabin İçi Sıcaklık Kontrol Cihaz Montajı	45
3.3.6. Vakum Basınç Manometresi ve Vakum Pompa Bağlantı Vanası Montajı	45
3.4. Platformun Matematiksel Modellemesi	46
3.4.1. Lazer Kafa Soğutma Yüğü Hesabı	46
3.5. Platformun Çalıştırılması	47
3.5.1. Platformun Mekanik Bağlantıları ve Çalıştırılması	47
3.5.2. Platformun Elektrik Bağlantıları ve Çalıştırılması	48
3.5.3. Platformun Veri Kabloları Bağlantısı ve Çalıştırılması	48
3.6. Platforma Lazer'in ve Lazerleme İçin Harici Optik Düzeneğin Kurulması,	49
3.6.1. Lazer'in Lazer Kafasına Montajı	50
3.6.2 Geri Besleme Ünitesinin Kurulması Lazerlemenin Elde Edilmesi	51
3.6.3. Lazerlemenin Elde Edilmesi	52
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	55
4.1. Kaskat Termoelektrik Soğutucuların Performans Testleri	55
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	65



TABLULAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Işık kaynaklarının kıyaslanması	12
Tablo 2.1. Lazer'in kullanıldığı örnek sektörler ve uygulama alanları	13
Tablo 2.2. Ayarlanabilir diyot lazer teknikleri	14
Tablo 2.3. Lazer diyot dalga boyları	18
Tablo 2.4. Darbeli akortlanabilir ışık kaynağı için dalgaboyu kapsama alanı	19
Tablo 2.5. Darbeli akortlanabilir ışık kaynağı için dalgaboyu kapsama alanı	19
Tablo 3.1. PM-100 Optik güç ölçer	36
Tablo 3.2. ITC 510 Lazer diyot kontrol ünitesi (ITC-510 Thorlabs)	38
Tablo 3.3. Sıcaklık ve nem ölçü aleti (TSP-01 Thorlabs)	39
Tablo 3.4. DT 8891E Katolog değerleri	40
Tablo 4.1. Farklı sıcaklıklarda dalga boyu çıkış	55
Tablo 4.2. Farklı sıcaklıklarda, farklı lazer akımlarında ve farklı güçlerde dalga boyları göstermektedir	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Girişim olayında ekranda oluşan aydınlık ve karanlık bölgeler	5
Şekil 2.2. Kırınım olayında dar aralıktan geçen dalğanın her yöne saçılması	5
Şekil 2.3. Fotoelektrik olayda metal yüzeye gelen ışığın elektronları koparması	6
Şekil 2.4. Compton saçılmasında saçılan ışık ve kopan elektron	6
Şekil 2.5. Yüzeye çarpan parçacık da olsa dalga da olsa yansımanın gözlenmesi	6
Şekil 2.6. Kırınım olayında ışının doğrultusunun değişmesi	7
Şekil 2.7. Enerji seviye sistemi	8
Şekil 2.8. Uyarılmış soğurma ve salınım	9
Şekil 2.9. Eşevreli lazer ışığı	10
Şekil 2.10. Işık demetinin odaklanabilirliği	11
Şekil 2.11. p-n yarıiletken diyot lazer tasarımı	15
Şekil 2.12. Çok eklemli yarıiletken lazer tasarımı	15
Şekil 2.13. İdeal diyot lazerin akım karakteristiği	16
Şekil 2.14. Bir P-N eklem lazeri için frekansın fonksiyonu olarak yayılan ışın	17
Şekil 2.15. Littrow konfigürasyon harici optik geri beslemeli diyot lazer.	20
Şekil 2.16. Zamana bağlı olarak frekans varyasyonlarının ana sebepleri	21
Şekil 2.17. Termoelektrik tarihsel gelişimi	22
Şekil 2.18. Seebeck ve peeltier etkisi	22
Şekil 2.19. Termoelektrik soğutucu yapısı	23
Şekil 2.20. TEC Performans grafiği	24
Şekil 2.21. Farklı elektrik akımlarında TEC`lerin ısı yük ve yüzey sıcaklık farkları	25
Şekil 2.22. Farklı soğutma yüklerine sahip TEC`lerin aynı ısı yüküne karşılık gelen	25
Şekil 2.23. Giriş gücüne göre performanslı çalışma aralığı	26
Şekil 2.24. Termoelektrik malzemelerin çalışma prensibi	26
Şekil 2.25. Termoelektrik soğutucuların çalışma prensibi ve fiziksel parametreler	27
Şekil 2.26. Termoelektrik malzemelerde doğru ve ters polarite	27
Şekil 2.27. N Tipi yarı iletkenlerin paralel bağlanması	28
Şekil 2.28. N Tipi yarı iletkenlerin seri bağlanması	28
Şekil 2.29. N-P Tipi yarı iletken çiftinin seri bağlanması	29
Şekil 2.30. N-P Tipi yarı iletken çiftinin seri dizisi	29
Şekil 2.31. Kaskat termoelektrik soğutucular	30
Şekil 2.32. Kaskat termoelektrik soğutucuların ulaşabileceği dT_{max} değerleri	30
Şekil 2.33. Ortam sıcaklığı ve termoelektrik soğutucu çalışma ömrü	31
Şekil 2.34. Ortam sıcaklıklarına göre termoelektrik soğutucu yüzeyler arası sıcaklık farkı	32
Şekil 3.1. Kabin alt ve üst kapak bağlantıları	33
Şekil 3.2. Vakum penceresi bağlantısı, vakum pompası bağlantı vanası, elektrik	34
Şekil 3.3. Kabin içi ve dışı elektrik bağlantı soketleri	35
Şekil 3.4. Kabin içi ve dışı veri bağlantı soketleri	36
Şekil 3.5. Optik güç ölçer	36
Şekil 3.6. Lazer diyot kombi kontrolör (ITC-510 Thorlabs)	37
Şekil 3.7. Sıcaklık ve nem ölçü aleti (TSP-01 Thorlabs)	38
Şekil 3.8. DT 8891E K Tipi sıcaklık ölçüm cihazı	39
Şekil 3.9. DC ayarlı güç kaynağı.	41
Şekil 3.10. Vakum pompası.	41
Şekil 3.11. Taban peltier, soğutucu petek, fan ve kablo bağlantıları	42
Şekil 3.12. Blok termoelektrik soğutucu ve alüminyum blok montajı	43
Şekil 3.13. Lazer kafa ve lazer termoelektrik soğutucu montajı	44
Şekil 3.14. Kırınım ızgarası ve açılmal motor kontrol ünitesi	44
Şekil 3.15. Nem ve sıcaklık kontrolü montajı	45
Şekil 3.16. Manometre ve vakum basınç vana montajı	45
Şekil 3.17. Vakum sisteminin bağlantısı ve çalıştırılması	47
Şekil 3.18. Vakum manometresi ve ortam sıcaklık - nem ölçümü	47

Şekil 3.19. Termoelektrik soğutucular ve fan enerji bağlantıları	48
Şekil 3.20. K tipi sensörler ve sıcaklık ölçümleri	48
Şekil 3.21. Görünür ışık dalga boyu ve renk dağılımı	49
Şekil 3.22. Lazer Diyot'un özel kılıf ve soğutucu alüminyum kafaya montajı	50
Şekil 3.23. Geri besleme ünitesi yerleşimi	51
Şekil 3.24. Geri besleme ünitesi yerleşimi	52
Şekil 3.25. Lazerlemenin Elde Edilmesi	53
Şekil 3.26. Lazerleme için kombi kontrolör ayarları.	54
Şekil 4.1. Sıcaklık dalga boyuna karşı grafiği göstermektedir	56
Şekil 4.2. Dalga boyu tarama aralık grafiği 1. Ölçümü	56
Şekil 4.3. Sıcaklığın dalga boyuna karşı grafisi	58
Şekil 4.4. Lazer akımın dalga boyuna karşı grafisi	59
Şekil 4.5. Lazer gücünün dalga boyuna karşı grafisi.	59
Şekil 4.6. Dalga boyu tarama aralık grafiği 2. Ölçümü	60
Şekil 4.7. Dalga boyu tarama aralık grafiği 3. Ölçümü	60



1. GİRİŞ

Diyot lazerler, General Electric (GE) ve International Business Machines Corporation (IBM) laboratuvarlarında ilk kez 1962 yılında çalışılmış ve dünyaya tanıtılmıştır. Fakat, çok büyük kapasiteli olan bu diyot lazerler çalışmak için çok düşük ortam sıcaklığına ihtiyaç duymaktadır. Oda sıcaklığında sürekli ışımaya yapabilen diyot lazerler 1970 yılında Bell laboratuvarında yapılabilmektedir (Galbacs ve Hayashi 2006; Panish,1990).

Yarı iletken diyot lazerler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, sıcaklığın neden olduğu frekanstaki ani değişiklikler ve eşik akım değeri dikkate alındığında bazı düzenlemeler ve kısıtlamalar yapılmalıdır. Pompalama, eşik akımından çok daha yüksek olduğunda aşırı ısınma meydana gelir ve safsızlıklara neden olmaktadır. Lazer üretiminde en önemli faktör olan popülasyonun tersine çevrilebilmesi ile bu safsızlıklardan kurtularak saf lazer ışığı elde edilebilmektedir.

Bu tür lazer sistemleri çok hassas mekanik ve titreşim hassasiyeti gerektirmektedir. Bundan dolayı sistem içine yerleştirilen hareketli desteğin iyi ayarlanarak, özellikle de kırınım ızgarası ve geri besleme için yaylı bir hareket fikstürü kullanıldığında, mekanik ve titreşim hassasiyetinde artırılması gereklidir (Aydın R). Kırınım ızgaraları için bir diğer önemli faktör ise spektral çözünürlüktür. HHFKI spektral çözünürlüğü dalga boyu ile doğru orantılı ve etkileşim mesafesi ile ters orantılıdır. Klasik kırınım ızgaralarından farklı olarak HFHFKI' ler ortamın kırılma indisine bağlıdır. Bu sayede, HHFKI' nin herhangi bir vakum veya yalıtım koşuluna ihtiyaç duymadan uzun bir süre geri bildirim sağlamasına olanak tanınmaktadır (Lazerin, 2010; Köksal, 2010).

Geri besleme ise bir optik osilatör tarafından sağlanmaktadır. Osilatörün kazancı; iki ayna arasına yerleştirilen bir ortam ile elde edilmektedir. Enerji seviyelerindeki kendiliğinden salınım ile ilk ivme oluşmaktadır. Sinyal, aynalı ortam tarafından güçlendirilip ve geri beslenir. Ortamdaki kazanç, tüm döngü sonundaki enerjiye eşit olduğunda ise tam doygunluğa ulaşmaktadır (Billings, 2006).

Kompozit radyasyon üretildiğinde, değerlik elektronları ile etkileşime girebilir ve bunları absorbe edebilir veya aynı frekansta ($V=Eq/h$) fotonlar üretmek için iletim bandındaki elektronlarla etkileşime girebilir. Enjekte edilen taşıyıcıların yoğunluğu yeterli büyüklüğe ulaşırsa, uyarılmış emisyon absorpsiyonunu aşar ve aktif bölgede optik kazanç elde edilmektedir (Akkoyun ve Bayram 2018).

Yarı iletken kayıpları, kullanılan malzemelerin homojen olmamasındaki saçılma ve serbest taşıyıcı absorpsiyonlarından kaynaklanmaktadır. elektronlar ve delikler fotonları emip iletim veya değerlik bandında daha yüksek bir enerji düzeyine geçtiğinde, radyasyon yaymadan daha düşük bir enerji düzeyine geri dönerler. GaAs gibi doğru bant aralığına sahip malzemeler elektronları ve delikleri yaymak için birleşebilir.

Bu tez çalışması 445 nm AlGaN Yarıiletken Diyot Lazerin Çıkış Işını Karakterizasyonunun akım ve gücüye bağlı olarak incelenmesi ile ilgilidir. sıcaklık değişimine göre ve lazer akımı ve gücü sabit tutularak dalga boyu ölçümü yaparak lazerin karakterizasyonunun incelenecektir. Lazer akımı değişimine göre dalga boyu ve güç ölçümü yaparak lazerin karakterizasyonunun araştırılacaktır. Nem

sensörü ve basınç sensörlerinden alınan değerlerle vakum pompasının çalışması kontrol edilecektir. Bağıl nem`in % 0 olduğu ve 1mbar basınç değerine ulaşıldığı noktada vakum pompası durdurulacak ve platformun vakum vanası kapatılacaktır. Lazerlerin ışığının dalga boyu hassas değişimler ile 0,1 nm mertebesinde değişilecektir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Canlıların her şeyi görebilmesi ve ayırt edebilmesi için ışığa ihtiyaçları vardır. Işık; kaynağından yayılan ışık veya bir nesneye veya nesnelere yansıma yoluyla gözlemlemeyi ve ayırt etmeyi sağlar. Işık hızı, Yunanca hız anlamına gelen celeritas kelimesinin ilk harfi "c" ile gösterilir (Aydın, 2016).

Optik biliminin tarihsel gelişimi 3 döneme ayrılır.

Birinci dönem; Işığın kaynağı, görme, yansıma ve kırılma ile ilgili incelemelerinin gerçekleştiği dönem MÖ 500 ile MS1650 yılları arasındaki dönem

İkinci dönem; Optik ile ilgili çözüm önerilerinin şekillendiği 1650-1895 yılları arası

Üçüncü dönem; Çağdaş bilim kuramları temelli araştırma ve keşiflerinin yapıldığı 1895 sonrası dönem (Topdemir, 2006).

Bugün bile çözümlenememiş bir konu olan ışığın doğası tarih boyunca ışık hakkında zıt görüşlerin öne sürülmesine neden olmuştur (Topdemir, 2016). İnsanın nasıl gördüğü sorusu, aslında göz ve görülen nesne arasındaki bağın ne ile ve nasıl kurulduğu sorularının yanıtlanmasını gerektirmektedir. Göz ile nesne arasındaki bağ ışıktır. Bu konuda tartışma yoktur. İkinci kısım tartışmalıdır. Işımlar ya gözden ya nesneden çıkacaktır.

Antik çağdan başlayarak ışığın kaynağı konusunda 3 farklı görüş öne sürülmüştür.

Nesne ışın (intromission) Kuramı: Nesne göze ışın ya da veri gönderir (Leukkippos ve öğrencisi Demokritos, MÖ 460; İbn-i Sina, 980-1037; İbn-i Rüşd, 1126-1198; İbn-el Heysem, 965-1039; Kemalüddin el-Farisi, -1320)

Gözişin (extramission) Kuramı: Göz nesneye ışın veya güç gönderir (Alkmeon, MÖ 5.yy; Platon, MÖ427-347; el-Kindi 801-873, Farabi 872-950)

Ortamcı (mediumistic) Kuram: Bağlantıyı aradaki ortam kurar (Aristoteles, MÖ384-322; Galenos)

Sonraki dönemde doğrudan görme, yansıma aracılığıyla görme ve kırılma aracılığıyla görme üzerinde geometrik ve deneysel çalışmalar ile görme merkezli çalışmalar geliştirilmiştir. 12. yy dan sonra Batı Dünyasında optik çalışmalar, İslam dünyasından yapılan çeviri faaliyetleriyle ivme kazandı. Albertus Magnus (1193-1280) Ortamcı Kuramını, Roger Bacon (1214-1294) ve John Pecam (1220-1292) Gözişin Kuramını, Witelo (13.yy) Nesneışın Kuramını savunmuşlardır. Takıyüddin İbn Ma'ruf (1521-1585) ışığın bir töz (cevher-kendisi var olan) değil, bir ilinek (araz-bir başka şey ile var olan) olduğunu ileri sürmüştür (Topdemir, 2006).

Leonardo da Vinci (1452-1519) bugünkü anlamda bir dalga modeli geliştirmiş olmasa da ışığın doğasını dalga olarak kabul etmiştir. Yine ışığın kaynağının nesne olması ve sonlu bir hızla yayılması doğruluklarını bir arada savunma da Leonardo'ya aittir (Topdemir, 2006).

Işık ile ilgili asıl çalışmalar 19. YY'da etkisini göstermiştir. Fakat aynı zamanda konunun fiziksel açıklamaları ile ilgili çalışmaların ilişkilendirildiği kabuller 17. YY'a dayandırılmaktadır.

Bu yüzyılda ışığın doğasına ilişkin iki temel varsayım geliştirilmiştir.

- Işık yayıldığı ortamı kaplayan bir dalga hareketidir (Huygens)

- Işık, ışıklı nesnelere fırlatılan parçacık oluşumdur (Newton)(Topdemir, 2006).

Işığın elde edilmesi, yayını ve kayıt altına alınması olaylarını inceleyen bilim dalı optiğin, bilim dünyasına tam anlamı ile girmesi, elektronikten, nükleer fizikten ve diğer pek çok bilim dalından sonra mümkün olmuştur. 1960 yılında lazerin pratikte yaşama geçirilmesi, 1970` li yıllardan itibaren düşük-kayıplı fiber optiğin geliştirilmesi ve 1980` li yıllarda yarıiletken optik aygıtların günlük yaşama girmesi ile günümüz teknoloji ve onun ürünleriyle yaşam tamamen değişmeye başlamıştır. Optik ve optiğe dayalı teknolojiler, bilim, tıp ve teknolojinin tüm dallarında hızla gelişerek, günümüz uygarlığına en büyük katkıyı yapmış ve yapmaya devam edecektir. İnsanlık için çok önem taşıyan bu gelişmeleri değerlendiren Birleşmiş Milletler (BM), 2013 yılında, 2015 yılını “Uluslararası Işık ve Işığa Dayalı Teknolojiler yılı” olarak kabul etmişlerdir. Alınan karar ile ışık ve ışık teknolojilerinin bilimsel ve teknolojik katkısını ve tüm araştırma kurumlarının bu alanlarda daha yoğun çaba harcamalarının önemini işaret etmektedir.

2.1. Işığın Yapısal Nitelikleri ve Işık Kuramları

Işığın dalga yapısı kabul gören bir teoridir ve güneşten gelen ışık da dalgadır. Gölgeler, herhangi bir nesneye çarptıklarında görünmeyen köşeler ve kıvrımlar görülebilmektedir.

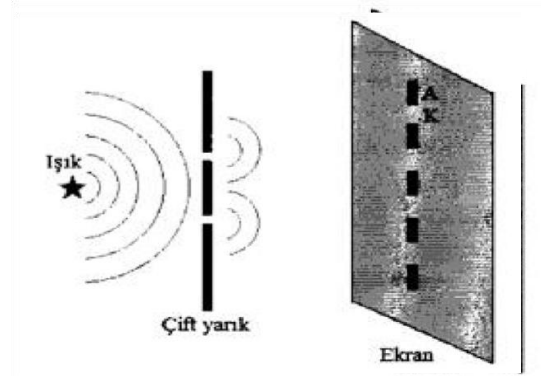
Işık üzerindeki ilk gözlem ve araştırmalarda ışığın, maddenin 3 halinin içinde yayılabildiği gibi, boşlukta da yayılabildiğini göstermektedir. Boşlukta ışığın yayılma hızı, yaklaşık saniyede 300.000 km dir. Herhangi bir maddenin ışık hızını geçemeyeceği 20. YY. başlarında kabul edilmiş bilimsel bir değerdir.

2.1.1 Dalga Kuramı

Işığın dalga modeli 17. Yüzyılın sonlarına doğru Christian Hygens tarafından ortaya atılmıştır. Bu modeldeki ışık dalgaları elektromanyetik dalgalardır ve ışık hızı (c) ile hareket ederler. Bu modelde hareket eden dalgalar küçük dalga paketçikleri şeklinde kümelenmişlerdir. Bu küçük dalga paketçikleri kuantumlu tanecikli özellik gösterir. Yani ışığın enerjisi, ancak belirli bir en küçük enerji değerinde veya bu değer tam katları şeklinde olabilir. Işık dalgalarının bu küçük paketlerine, ışık kuantası ya da foton denir (Akkoyun ve Bayram 2018).

Işığın dalga özelliğini kanıtlayan olaylar:

Girişim Olayı: İki ya da daha fazla dalganın, herhangi bir noktada birbirlerini kuvvetlendirmesi ya da yok etmesi olayına, girişim denir. Farklı ışık kaynaklarından bir yüzeye düşen ışığın, belirli şartlar altında kimi zaman parlak ve kimi zaman da karanlık bölgeler oluşturması, ışığın ancak dalga özelliği ile açıklanabilecek bir olaydır. Aydınlik parçacıklar olan fotonların, bir noktada karanlık bölge oluşturması elbetteki düşünülemez. Şekil 2.1.`te iki küçük yarıktan geçen ışınların ekranda oluşturdukları aydınlık (A) ve karanlık (K) bölgeler görülmektedir (Akkoyun ve Bayram 2018).



Şekil 2.1. Girişim olayında ekranda oluşan aydınlık ve karanlık bölgeler.

Kırınım Olayı: Dalgalar kendi boylarına yakın ya da kendi boylarından daha küçük aralıklardan geçerken ilerleme doğrultularından saparak, aralık noktasından her yöne doğru saçılmaya uğrarlar. Bu olay kırınım olayı olup, ışık içinde gözlenen bir olaydır. Şekil 2.2.'de aralığa doğrusal gelen dalgaların, kırınıma uğrayarak dairesel şekilde her yana yayılması gösterilmiştir(Akkoyun ve Bayram 2018).



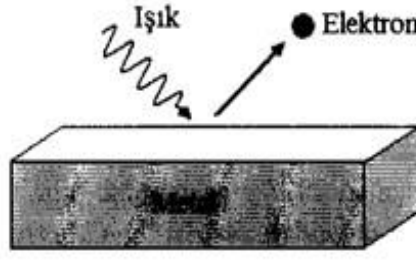
Şekil 2.2. Kırınım olayında dar aralıktan geçen dalganın her yöne saçılması

2.1.2. Parçacık Kuramı

Parçacık modeli 17. Yüzyılın sonlarında Sir İsaac Newton tarafından ileri sürülmüştür. Bu modele göre ışık, yüksek hızlarda hareket eden çok küçük parçacıklardan oluşmuştur. Hız değeri o kadar büyüktür ki, ışık parçacıkları bir saniyede dünyanın çevresini yaklaşık 7,5 kez dolaşabilir. Bu değer 300,000 km/s`ye karşılık gelen hız büyüklüğüdür. Günümüzde ışık parçacıklarına foton ismi verilmektedir(Akkoyun ve Bayram 2018).

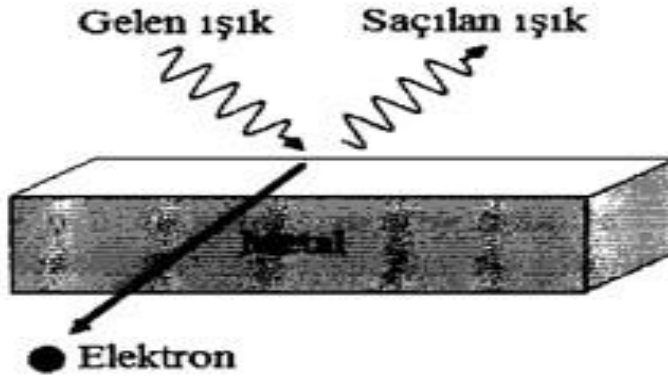
Işığın parçacık özelliğini kanıtlayan olaylar:

Fotoelektrik olay: Bir metal üzerine gönderilen ışığın, Şekil 2.3`deki gibi metalden bir elektronun kopmasına neden olduğu gözlenmiştir. Bu olay fotoelektrik olayı olarak bilinir. Gelen ışığın enerjisi, metaldeki elektronları atomdan koparmaya yetecek kadar büyük olmalıdır. Bir parçacık olan elektronun bir etki ile atomdan kopmasının yolu, ona bir başka parçacıkla vurmaktadır.



Şekil 2.3. Fotoelektrik olayda metal yüzeye gelen ışığın elektron koparması.

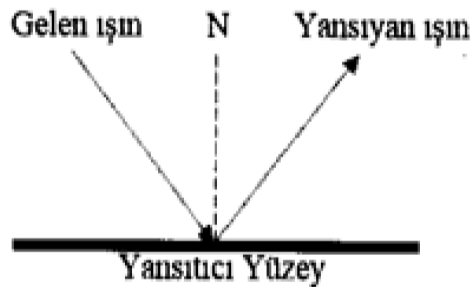
Compton Saçılması: Fotoelektrik olayda işleyişe benzer bir olaydır. Metale gelen ışık, bir elektron koparmasına neden olurken, tamamen ortadan kaybolmaz. Elektronu koparan ışık, o noktadan enerjisi azalarak saçılmaya uğrar. Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi Eilk enerjili foton, elektron ile etkileşerek enerjisinin bir miktarını elektrona aktarır ve Eson enerjisi ile saçılır ($E_{ilk} > E_{son}$) (Akkoyun ve Bayram 2018).



Şekil 2.4. Compton saçılmasında saçılan ışık ve kopan elektron.

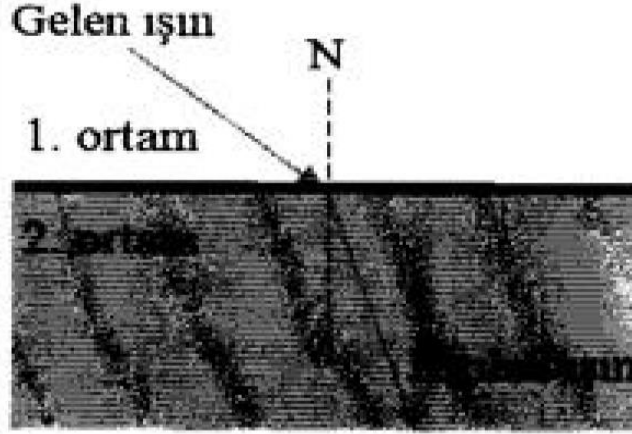
Işığın hem dalga hem parçacık özelliğini kanıtlayan olaylar:

Yansıma: Işığın, ayna veya parlak yüzeylerden yansması gözlemlenmiş olup, bu gözlem ile ışığın parçacık ve dalga olduğu sonucu çıkarılmıştır. Şekil 2.5.'de yansıtıcı bir yüzeye gelen ışığın yansması gösterilmiştir(Akkoyun ve Bayram 2018).



Şekil 2.5. Yüze çarpan parçacık da olsa dalga da olsa yansımanın gözlenmesi.

Kırılma: Işık herhangi bir ortamdan diğer farklı bir ortama dik gelmediği sürece, yolunda bir miktar sapma, kırılma meydana gelerek yoluna devam eder. Şekil 2.6 da görülen bu kırılma olayı hem parçacık hem de dalga özellikleri ile açıklanabilir (Akkoyun ve Bayram 2018).



Şekil 2.6. Kırınım olayında ışının doğrultusunun değişmesi.

Günümüzde ışığın ve tüm parçacıkların, hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiği bilinmektedir. Uygun şartlar altında kimliğini parçacık gibi gösteren ışık, diğer başka uygun şartlarda ise dalga gibi davranır(Akkoyun ve Bayram 2018).

2.2. Lazerler

Lazerler çeşitli yöntemlerle elde edilen bir ışık kaynağıdır. Bunlardan biriside; Yarıiletken Diyot Lazerlerdir. Yakın bir tarihi geçmişe sahip olan diyot lazerlerin, yapılan araştırmalar ile (Optik geri besleme gibi) performansı artırılmıştır.

Bu performans artışına rağmen, lazer üzerindeki performansı etkileyen problem olarak görünen çevresel etkenler, diyot lazer üzerine daha fazla araştırma ve geliştirmelere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

2.2.1. Lazer Işığı Elde Edilmesi, Diyot Lazer ve Optik Geri Beslemeli Diyot Lazer

Lazer bir ışık kaynağıdır. Fakat onu diğer sıradan ışık kaynaklarından ayıran, ışığın özellikleri ve onu üretme şeklidir. Lazer kelimesi bu özel ışığın oluşturulma işleminin baş harflerinden türetilmiştir. Uyarılmış radyasyonun salınması ile ışığın şiddetlendirilmesine LAZER (Laser – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) denir. Her madde atomlardan ve moleküllerden oluşmaktadır. Madde içindeki bu moleküller ve atomlar sürekli titreşim hareketi yaparlar.

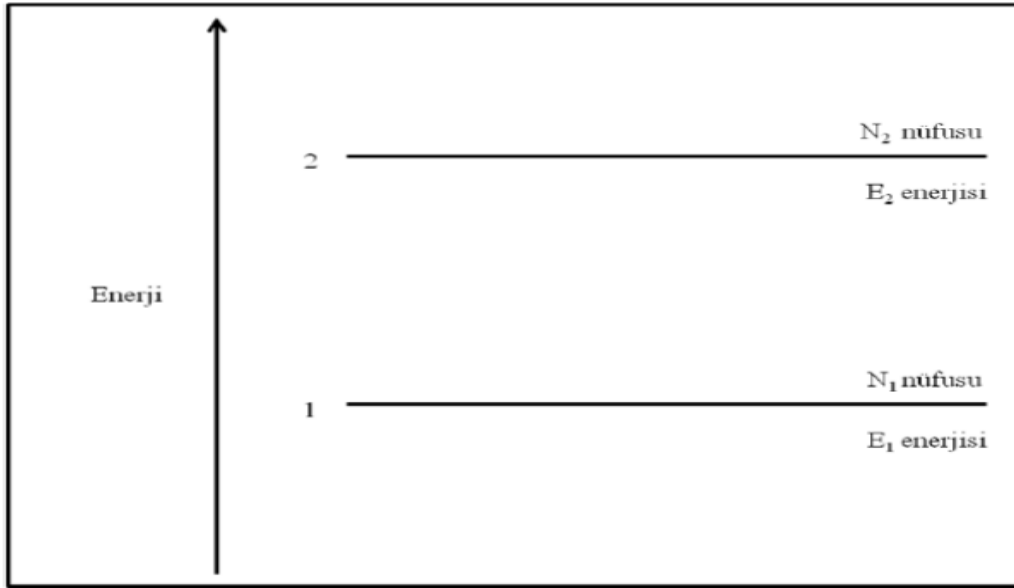
Atomların enerji seviyelerinde bulunan elektronlar, dışardan bir etkiyle harekete geçirildiğinde buldukları enerji seviyesinden bir üst enerji seviyesine geçerler. Tekrar alt enerji seviyelerine

geçerken almış oldukları bu enerjiyi ışık olarak yayarlar. Normal ışığın işlenerek özelleştirildiği; yani ışık dalgalarının eşvrelili (uyumcul, koharent, ahenkli), yaklaşık tek renkli (monokromatik) ve dar bant genişliğine sahip olduğu özel bir ışık kaynağıdır (Billings, 2016).

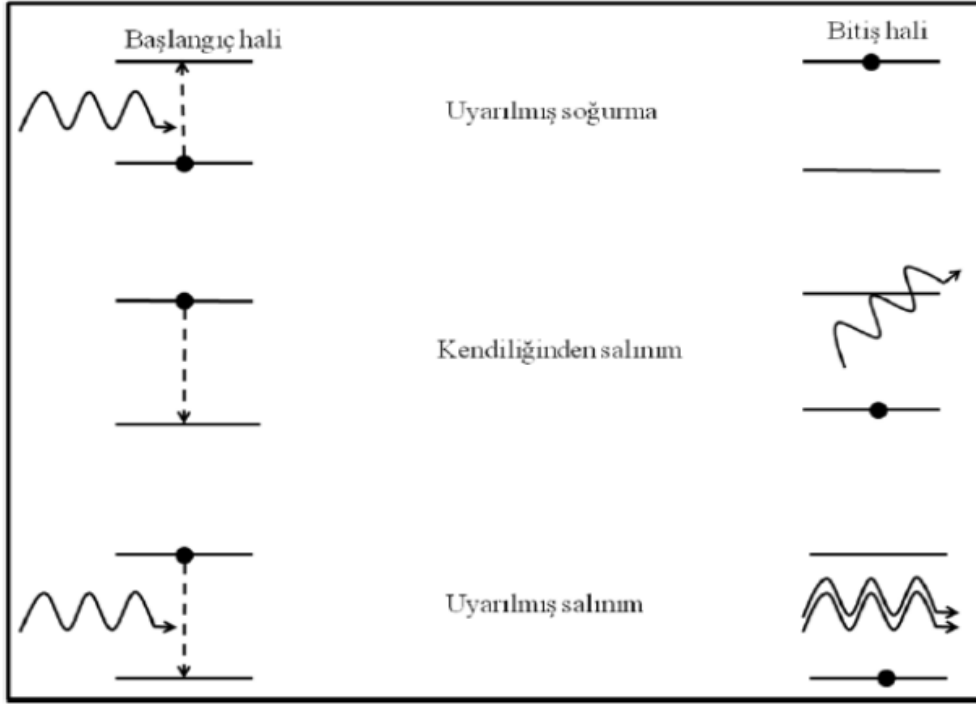
Sıradan ışık kaynaklarının (mum alevi, akkor ampul, floresan, güneş vb) ışınları kaynak içerisindeki atomların tamamen gelişigüzel yönde titreşmesinden ve uyarılmasından sonra tesadüfi bir şekilde ışığa yapmasından oluşur. Oysa lazer ışık kaynakları böyle değildir. Lazer işleminin olduğu ortam içindeki atomlar birbirleri ile faz ilişkisi içinde ve yayımladıkları fotonlar, birbirlerine faz ve dalga boyu (ya da diğer bir deyişle enerji ve frekans) açısından bağılırlar. Parçacıklarının birbirleri ile faz ilişkisinin bulunduğu böyle durumlara eşvrelilik denir.

Işık Salınımı ve Soğurulması: Farklı enerji seviyelerinde ki elektron düşük bir enerji seviyesinden daha yüksek bir enerji seviyesine hareket ederse enerjiyi emer ve bir foton yayar. Fakat, yüksek bir enerji seviyesinden düşük bir enerji seviyesine hareket ederse enerji yaymaktadır ve Şekil 2.7 de gösterilmektedir.

Atomların enerji seviyelerinde düzenli ve düzensiz salınımlar vardır. Şekil 2.8 de gösterildiği gibi atom uyarılmadığında düzensiz salınım ve dalgalar üretmektedir. Fakat uyarıldığında düzenli salınımlar ve dalgalar üretmektedir.



Şekil 2.7. Enerji seviye sistemi.



Şekil 2.8. Uyarılmış soğurma ve salınım, kendiliğinden salınım enerji seviyeleri diyagramı

Einstein Bağlantıları: Kendiliğinden absorpsiyonu, uyarılmış salınımı ve termal olarak denge sistemi için $E1'$ den $E2'$ ye geçiş hızını tanımlamak için kullanılan parametrelerin, ters geçiş hızına (2'den 1'e) eşit olması gerektiğini göstermişlerdir(Wyatt ve Devlin 1983).

2.2.2. Lazer Işığının Özellikleri

Eşvrelilik:

Eşvrelilik, dalgaların birbirleri ile etkileşme biçimleri nedeni ile önemli bir özelliktir. Işık dalgaları aynı anda uzayda aynı hacmi doldurabilirler.

Dalgalar aynı anda uzayda aynı hacmi doldurduklarında birleşerek, tek tek dalgaların toplamından oluşan ve toplam dalga olarak adlandırılan yeni bir dalga oluştururlar.

Eğer dalgalar eşvresiz ise, yani dalga tepeleri ve çukurları üst üste gelmiyorsa, dalgalar birbirlerini yok edebilirler. Sonuçta ortaya çıkan toplam dalga, kendini oluşturan dalgalardan daha zayıf olabilir. Ya da dalgaların tümünün tepeleri ve çukurlarının üst üste geldiğini düşünürsek, üst üste gelen toplam dalganın oluşturduğu genlik kendini oluşturan dalgaların genliğinden daha büyük olur. Bu dalgalardan çıkan ışık daha parlak olur. Lazer ışığında gerçekleşen olayda tam olarak budur. Dalgalar birbirleri ile aynı evrededir ve bu yüksek eşvrelilik lazer ışığının yoğun ve parlak olmasını sağlamaktadır [Şekil 2.9]. Eşvrelilik durumu toplam dalga genliğini artırdığı için bir tür şiddetlendirme (amplifikasyon) işlemi olarak kabul edilebilir (Billings, 2006).



Şekil 2.9. Eşevreli lazer ışığı.

Tek renklilik:

Güneş ışığını oluşturan Gökkuşağının renkleri bize normal ışık kaynağı olan güneş ışığının çok renkli bir ışık olduğunu göstermektedir. Diğer normal ışıklarda (mum, ampül, yıldızlar) ışık kaynağına göre farklı renkteki çok sayıda ışığın birleşmesinden oluşur. Lazerlerin ürettiği ışık ise tek renklidir ve lazer çıkış rengi özelliğini korur. Hangi ortamdan geçerse geçsin, gökkuşağı tarzı farklı renklerde bir ışık oluşturmaz. Bunun anlamı, salınıcılarda (rezonatörde) oluşturulan boyuna ya da enine kiplerin (modların) frekans dağılımının mümkün olduğunca tek düze yani aynı frekans değerine sahip olması tercih edilir (Billings, 2006).

Çizgi genişliği (Bant genişliği):

Tek renklilik ışığın saflığı ile ilgilidir. Bu saflığı bozan durumlar olduğu gibi ışığın saflığının da bir ölçüsü vardır. Bu ölçü çizgi genişliği (bant genişliği) olarak adlandırılır.

Yönlendirilebilirlik:

Hiçbir ışık kaynağı, mercekle veya aynaların yardımı ile veya onlar olmaksızın kesin tanımlı ve minimum açısal yayılmaya sahip bir demet üretmez. Lazer kovuğu çıkış aynası üzerine düşen ışık demetindeki her nokta birbirine oldukça paraleldir. Bu, lazer kovuğunun her iki yanındaki aynaların çok düzgün yapılanmasından kaynaklanmaktadır. Tek kipli bir lazer demeti rezonans kovuğunun geometrik tasarımından ve uyarılmış yayımının ikiz fotonlar üretmesi yüksek dereceli yönlülüğün gerçekleşmesini sağlar (Pedrotti ve Pedrotti 2014).

Parlaklık:

Lazer demetinin büyük ölçüde yönlendirilebilirliğinden dolayı tipik bir lazerin ışması için parlaklık (birim alana düşen güç) sıradan elektromanyetik radyasyon kaynaklarından çok daha büyüktür. Lazerlerin cinsine göre değişmesi ile birlikte, 1 metre mesafedeki parlaklık diğer ışık kaynaklarına göre kıyaslanamayacak kadar büyüktür (Pedrotti ve Pedrotti 2014).

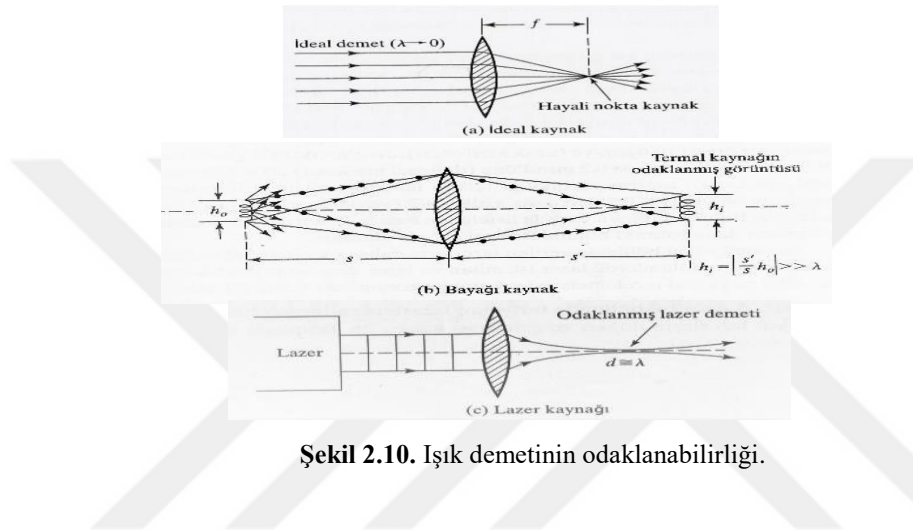
Darbeli çalışma:

Lazerler, birçok uygulama alanında, sürekli dalga özelliği ile sabit ışımada değil de bir femto-saniye (fs) mertebelerinde periyotlarla kesintili ışımada yapmaları istenir. Lazer enerjisinin kontrolü, malzeme işleme uygulamaları, uçuş zamanı uzaklık ölçümleri, sistemlerin özelliklerindeki hızlı

değişimlerin takip edilmesi gibi uygulamalarda faydalı bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır (Pedrotti ve Pedrotti 2014).

Odaklanabilirlik:

İyi bir odaklanabilirlik için ışık kaynağından gelen ışık demetinin enine doğru bir uzanıma sahip olması gerekir. Lazer dışı kaynaklardan gelen ışık demetinin önemli bir kısmı küçük bir noktaya odaklanamaz. Lazer ışık demeti ise enine uzanımının küçük olması, yüksek derecede bir yönlülüğe sahip olması bir merceğin demetteki bütün gücü almasına ve merceğin odak noktasında yoğunlaşmasına sebep olur (Şekil 2.10) (Pedrotti ve Pedrotti 2014).



Şekil 2.10. Işık demetinin odaklanabilirliği.

Lazerler kendi aralarında lazer ortamın fiziksel özelliklerine göre ya da yaptıkları ışımının özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Lazerlerin çalışma ortamının yapısına göre sınıflandırılmada katı, boya (sıvı), gaz ve yarıiletken diyot lazerler olmak üzere dört çeşit lazer türü vardır. Işıma türüne göre ise darbeli (pulsed), sürekli ışıklı (continuous wave, cw) ve taranabilir (tunable) lazerler olarak alt gruplar oluşturulabilir.

Konvensiyonel ışık kaynakları ile lazer ışığının kıyaslanması Tablo 2.1. de verilmiştir.

Normal sıradan ışık bölgesel aydınlatmalar için kullanılmaktadır. Lazer ışığı ise odaklanma, güç ve mesafenin önem kazandığı alanlar için kullanılmaktadır. Günümüzde lazerlerin kullanıldığı sektörler ve uygulama alanları aşağıda birkaç örnekle açıklanmış ve bu örnekler yeni uygulama alanlarının da oluşması ile hızla gelişmektedir (Tarakçıoğlu ve ark., 2004).

Tablo 1.1. Işık kaynaklarının kıyaslanması

KONVENSİYONEL IŞIK KAYNAĞI	LAZER IŞIK KAYNAĞI
Konvensiyonel ışık kaynakları kendiliğinden yayılım yapar.	Lazer ışığı uyarılmış yayımlama yapar.
Odaklanma hassasiyeti düşüktür.	Hassas odaklanma gösterir(<1 μm)

Farklı dalga boylarına sahip fotonlardan oluşmuş elektromanyetik dalgaların karışımıdır.	Aynı dalga boylu fotonlardan oluşmaktadır.
Tek renkli değildir. Bu sebeple saf ışık kaynağı değildir.	Tek renkli (monokromatik) bir ışık kaynağıdır. Bu sebeple saf ışık kaynaklarıdır.
Spektral olarak da düzensiz hareketli, geniş bir ışık kaynağıdır. Bu sebeple yalnızca birkaç metre bozulmadan ilerleyebilir.	Lazer ışığı yönü belirli ve tutarlı bir dağılım gösterir. Bu sebeple yüzlerce metre bozulmadan ilerleyebilir.

Tablo 2.1. Lazer'in kullanıldığı örnek sektörler ve uygulama alanları

Sektörler	Proses	Uygulama	Lazer Türü
İmalat sanayisinde malzeme üretiminde ve işlenmesinde	Lazerli ayırma ve talaş kaldırma.	Delme, kesme, oyuk açma, mayın tarama vb.	Nd:YAG, CO ₂
Ölçmede, muayenede ve analizlerde	Lazerle ölçüm	Uzunluk, kalınlık, konturlar, yuvarlaklık, Ovallık, kat edilen mesafe, titreşim, malzeme içerik analizleri	Diyot Lazer, Nd:YAG
Kumanda kontrol tekniğinde.	Lazerle uzaktan kontrol (on-line)	Temassız kontrol	Diyot lazer
Kozmetik ve sağlık	Lazerle ısıtma	Diş operasyonları ile göz operasyonları, cilt tedavisinde	Diyot lazer, Eksimer, Argon florür
Savunma sanayinde	Lazerin silah olarak kullanılması	Silah üretimi	Nd:YAG, Erbiyum cam
Gösteri, eğlence ve	Lazer tarama	Lazerli ışık gösterileri,	Diyot Lazer
reklam sektöründe	Kodlama	CD, DVD çaralarında lazer sinyalleriyle fiber optik kablolar kullanılarak uzak mesafelere aktarılması	Diyot Lazer

2.2.3. Işıma Türüne Göre Lazerler

Darbeli lazerler: Bu lazerlerin ışınları çok kısa aralıklı atmalar şeklinde olur. Atma uzunluğu nano-saniye (10^{-9}) sn ile atto-saniye (10^{-18}) sn aralığında dır. Nd:YAG lazerleri çok kullanılan darbeli

lazerlere iyi bir örnektir. Ayrıca son yıllarda geliştirilen femto-saniye (10^{-15} sn) lazerleri de ticari olarak bulunmaktadır.

Sürekli ışımalı (Continuous wave, cw) lazerler: Bu tür lazerler isminden de anlaşılacağı gibi enerji yoğunluğu zamana göre değişmeyen ışımaya yaparlar. Bu lazerlere en önemli örnek yarıiletken diyot lazerlerdir.

Bazı durumlarda ışımaları özel elektronik sistemler kullanılarak darbeleri hale getirilebilmekle birlikte genellikle 20ns altında çalıştırılmazlar. Ayrıca bu durumda darbe ışımaya enerjileri 10^{-9} J gibi çok küçük ve kullanımı sınırlı olan bir değere denk gelecektir. Son dönemlerde belirli sayıda diyot lazerin bir araya getirilmesi ile oluşturulan diyot lazer dizini (diode laser array) şeklinde lazerler de vardır. Böyle bir tasarım diyot lazerlerin düşük güçlerini artırmak oldukça etkin bir yöntemdir.

Tablo 2.2. Ayarlanabilir diyot lazer teknikleri

Cihaz	Ayarlama Aralığı (nm)	Spektral Safılık (dB)	Mod Kontrol	Ayarlama Hızı (ms)	Modulasyon Hızı (GHz)
DBR	8-80	>40	İyi	Hızlı	Hızlı
DFB	3-4	>55	Çok iyi	Yavaş	Hızlı (multiGHz)
VCSEL	> 12	~45	Güç, zor	Hızlı	Yavaş <
ECDL	> 32	>50	İyi	Yavaş	Yavaş <

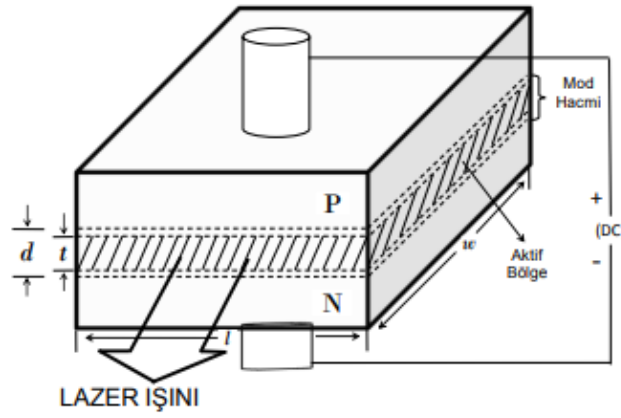
2.3. Yarıiletken Diyot Lazerler ve Çalışma İlkeleri

Lazerler, uzaklık ve yükseklik ölçüm sistemleri, çeşitli radarlar, uçakların navigasyon sistemleri, tıp, iletişim ve haberleşme gibi sistemlerde etkili bir şekilde kullanılabilir. Lazerin ışın spektrumu, yapısında kullanılan malzeme ile belirlenmektedir. Yarıiletken lazerler, küçük boyutlu olması, akımı ile ışın şiddeti modüle edilebildiği gibi hem de çok büyük çalışma hızına sahip olduklarından verimlilik açısından ve maliyet olarak çok düşük olması ve kolay montaj yapılabilmesi diğer lazerlere göre üstünlükleridir (Aydın, 2016).

Yarıiletkenler elektrik iletkenliği bakımından iletkenlik ile yalıtkanlık bandı arasında olup değerlik bandında dört elektron bulunur. Yarıiletkenlerde iletkenlik, iletkenlere göre 10^{-10} mertebesinde az ve yalıtkanlara göre 10^{14} mertebesinde fazladır. Yarıiletkenler üzerine herhangi bir fiziksel etki uygulanmadığı müddetçe yalıtkanlardır. Yarıiletken üzerine fiziksel bir etki etkidiğinde iletken duruma geçebilmektedir. Fakat, bu etkiler geri çekildiğinde yarıiletkenler tekrar yalıtkan hale geçebilmektedirler.

En yaygın olarak kullanılan yarıiletkenler Ge ve Si dur. Bu yarıiletkenler devre elemanlarında katkılanarak kullanılabilir. Katkılamadaki amaç, yasak enerji aralıklarını değiştirebilmek, n veya p tipi yarıiletkeni elde edebilmektir. n tipi yarıiletkenlerde elektron sayısı fazladır, p tipi yarıiletkenlerde

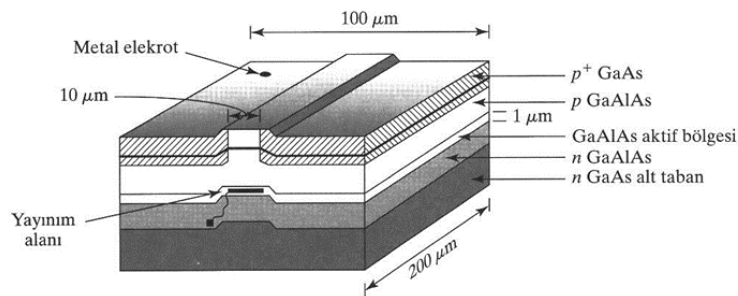
ise hole sayısı fazladır. N ve P tipi malzemeler Şekil 2.11 deki gibi birleştirilince yarıiletken diyot lazer oluşturulmaktadır.



Şekil 2.11. p-n yarıiletken diyot lazer tasarımı.

Yarıiletken diyot lazerler genellikle GaAs' den yapılırlar ve lazerleme; taşıyıcı enjeksiyon, nüfus tersinmesi ve optik çukur ile ilişkilidir. Yarıiletken diyot lazere verilen gerilim sayesinde, P-tipinde bulunan holler ve N-tipinde bulunan elektronlar eklem denilen birleşim yerine taşınır. Burada elektronların ve boşlukların birleşmesiyle taşıyıcı enjeksiyon oluşur ve lazer işlemi P-N eklemine olduğu yerde oluşmaktadır. P- tipi ve N-tipi maddeler arasındaki eklem bölgesi lazer emisyonunun çıkış bölgesi olup, optikçe aktif bölgedir. Bu temel yapı itibarıyla lazer diyot, tek başına çok kullanışlı değildir.

Lazer diyotların verimli bir lazer olarak kullanılması daha karmaşık tabakalı yapıya sahip bir sistemi gerektirmektedir (Şekil 2.12). Bu yapıyı elde etmek için nüfus tersinmesi ve optik geri beslemenin oluşması gerekmektedir. Uyarılma elde etmek için, birçok uyarılmış elektron ve boşlukların bir arada bulunduğu bir bölme oluşturulmuştur. Bu uyarılma işlemi için p-n olarak oluşturulmuş eklem gerilim uygulanır ve lazer ışını elde edilmiş olur (Wilson ve Hawkes 2000).

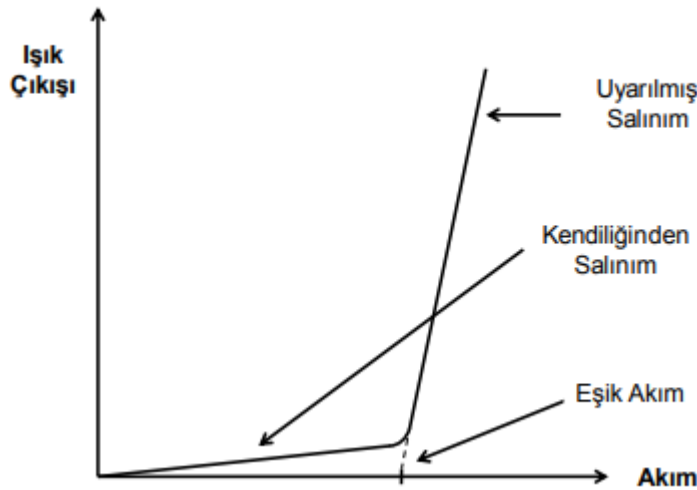


Şekil 2.12. Çok eklemlili yarıiletken lazer tasarımı.

Nüfus tersinmesi ise lazerleme ortamında kazancın fazla olması durumudur. Yarıiletken diyot lazer ekleme dik bir şekilde kesilip ve yüzeyin parlatılmasıyla ayna görevi görmektedir ve bu sayede de ortam içerisindeki fotonlar güçlenip optik rezonans çukurunu oluşturmaktadır.

Yarıiletken diyot lazerin lazerleme mekanizmasının diğer lazer sistemlerine göre farklılığı, lazer sisteminin kısmen geçirgen olması, aynasının üzeri yansıma önleyici bir malzeme ile kaplanmış olması, geri besleme yardımıyla lazerleme işleminde aynı frekansa sahip lazer ışığının üretilmeye zorlanmasıdır. Geri beslemenin olduğu ortamda lazerleme işlemine katkıda bulunan lazer ışınlarıyla kazanç sağlayarak daha verimli lazerleme sağlanmaktadır.

Yarıiletken diyot lazerin uyarılmış ve kendiliğinden salınımın hangi akımlarda başladığı Şekil 2.13 de gösterilmektedir. Eşik akımının altındaki bir akımda fotonları lazer ortamı soğurmaktadır. Fakat, eşik akımının üzerinde ki akımlarda foton salınımı sayesinde lazerleme gerçekleşmektedir. Salınımlardan kaynaklanan sıcaklık değişimleri ise Denklem (2.1) ile hesaplanabilmektedir.

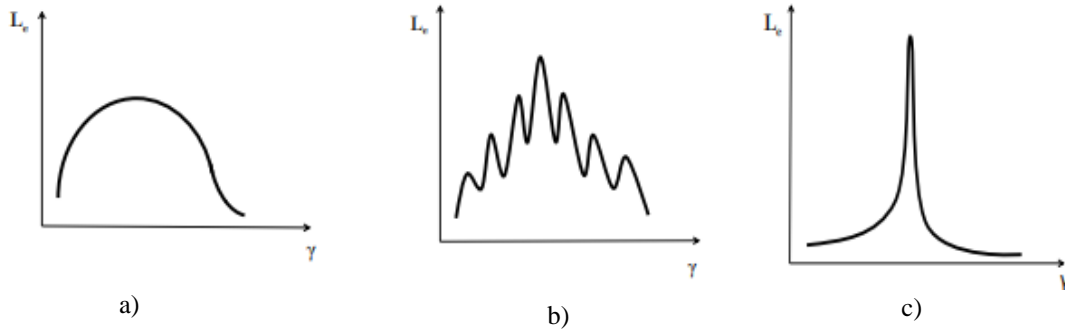


Şekil 2.13. İdeal diyot lazerin akım karakteristiği.

$$PDL = 2IR \sim mc\Delta T \quad (2.1)$$

Burada; P lazerin gücü, I enjeksiyon akımı, R lazer sisteminin direnci, m etkin kütle ve c diyot lazerin özgül ısı kapasitesidir. Bu denklem sayesinde; güç, akım ve sıcaklık ve $\lambda-T$ bağıntıları hesaplanabilmektedir.

Lazer ışını modlar halinde ilerlediği için Şekil 2.14 de gösterilen durumlar bulunmaktadır. Enjeksiyon akımı eşik altında, eşik üstünde ve eşik haldedir. Bu geçişler de “mode hopping” denilen modlar arası hareket ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.14. Bir P-N eklem lazeri için frekansın fonksiyonu olarak yayılan ışın; a) eşik altında, b) eşikteki, c) eşik üstünde lazer modları.

Şekil 2.14a), lazer eşik akımının altında bir akıma maruz bırakıldığından, lazerleme işlemi kendiliğinden olabilmektedir. Şekil 2.14b), eşik akımında bir akım verildiğinde lazerin alacağı moddur. Şekil 2.14c), ise sisteme akım verilmeye devam edildiğinde, lazer ışığı bir modda hareket edebilmektedir.

Eşik akım değeri için Şekil 2.11' de belirtilen değerler üzerinden açıklanabilir. Nüfus tersinmesi t kalınlığı olan bölgede gerçekleşmektedir. d kalınlığı, lazer mod bölgesidir. Diğer bölgelerde ise soğurulma gerçekleşmektedir. Matematiksel olarak mod hacminde ki kayıp, t/d ile ifade edilmektedir. Eşik değeri şartı;

$$N_{th} = \left\{ N_2 - \frac{g_2}{g_1} N_1 \right\}_{th} = \frac{d}{t} \left\{ \frac{8\pi\theta^2 k_{th} \tau_{21} n^2 \Delta\theta}{c^2} \right\} \quad (2.2) \text{ (Arakawa, Y. ve Yariv, A)}$$

ile hesaplanabilmektedir.

Aktif bölgede hollerin sayısı elektronlara oranla daha fazla olduğu düşünülüp bu hollerin sayısı olan N_1 ihmal edilerek Denklem (2.3) oluşturulmaktadır.

$$(N_2)_{th} = \frac{d}{t} \left\{ \frac{8\pi\theta^2 k_{th} \tau_{21} n^2 \Delta\theta}{c^2} \right\} \quad (2.3) \text{ (Y. Yoshizumi, M. Adachi)}$$

Diyot lazerlerde birim yüzeyden geçebilen akım yoğunluğu $J=A/m^2$ olduğu düşünülmektedir. t kalınlığındaki aktif bölgede, saniye başına düşen elektron sayısı ve P-N eklemde, hole ve elektron birleşmesini sağlayacak denge sayı yoğunluğu Denklem (2.4) ile hesaplanabilmektedir. T_e : elektronların ömürleridir.

$$\frac{(J)_{th}}{et} = \frac{(N_2)_{th}}{\tau_e} \quad (2.4) \text{ (Okur, İ., (leviri Editörü))}$$

Denklem (2.4) Denklem (2.2) de yerine yazılırsa;

$$(J)_{th} = \frac{etd}{\tau_e} \left(\frac{8\pi v_0^2 k_{th} \tau_{21} n^2 \Delta v}{c^2} \right) \quad (2.5) \text{ (Y. Yoshizumi)}$$

Denklem (2.5) elde edilir. Bu ifade de yer alan k_{th} ;

$$k_{th} = \gamma + \frac{1}{2l} \ln \frac{1}{R_1 R_2} \quad (2.6) \text{ (Einstein, A.)}$$

Denklem 2.5 ve 2.4 de yerine yazıldığında;

$$(J)_{th} = \left(\frac{8\pi v_0^2 k_{th} \tau_{21} n^2 \Delta v}{c^2 \tau_e} \right) \left[\gamma + \frac{1}{2l} \ln \frac{1}{R_1 R_2} \right] \quad (2.7) \text{ (Okur İ., E.(leviri Editörü))}$$

elde edilir.

T_e / T_{21} ise kuantum verimi (η_i) olarak adlandırılmaktadır. Uyarılmış salınım sayesinde yayılan güç:

$$\eta_{ex} = \eta_i \left[\frac{\ln \frac{1}{R_1}}{\gamma l + \ln \frac{1}{R_1}} \right] \quad (2.8) \text{ (Hecht, E.,)}$$

Denklem (2.7)' nin yazılabilmesi için $R_1=R_2$ olarak kabul edilip. Denklem (2.9) ile η_{ex} ' in l 'ye bağlılığını deneysel olarak ölçülebilen iç kuantum verimi hesaplanabilmektedir. Uygulanan gerilim V_f ve güç girişi $V_f A_J$ dir. Uygulanan gerilimin lazer ışımına çevrilebilmesi için lazer verimi dikkate alınmaktadır. Denklem (2.9) ile verim hesaplanabilmektedir.

$$\eta = \frac{p_0}{V_f A_J} = \eta_i \left[\frac{J - (J)_{th}}{J} \right] \left(\frac{h\nu}{eV_f} \right) \frac{\ln \frac{1}{R_1}}{\gamma l + \ln \frac{1}{R_1}} \quad (2.9) \text{ (Bacanak, S.,)}$$

Denklem (2.9) daki $eV_f \approx h\nu$ olarak düşünüldüğünde η değeri η_i ' ye yaklaşmaktadır. Bu sayede de yarıiletken diyot lazerlerin yüksek güç verimliliğinde olduğu da görülmektedir. Nasıl ki sıcaklık değişimi, dalga boyunda değişimlere neden olabiliyorsa, lazer bir moddan diğer moda geçtikçe lazer kovuğunun optik yönelme boyu da değişebilmektedir. Sıcaklığın etkisiyle değişen optik yönelme boyu L ile gösterilmektedir. Denklem (2.10) ile hesaplanabilmektedir. Burada α ; liner büyüme katsayısıdır.

Diyot lazerler farklı yarı iletken malzemeler kullanılması (Tablo 2.3) ve diyotu pompalayan enjeksiyon akımının değiştirilmesi ile farklı dalga boyları ve lazer çıkış parlaklığı elde edilebilir.

Tablo 2.3. Lazer diyot dalga boyları.

Malzeme	GaN	AlGaInP	GaAlAs	InGaAsP	Sb mixtures
Dalga Boyu	400-480	600-690	750-900	1200-200	2000-4000

2.4. Taranabilen (Tunable) Lazerler

Taranabilen eşevreli ışık, bilimsel uygulamalar, teknoloji ve endüstri de geniş kapsamlı kullanılmaktadır. Taranabilen eşevreli ışığın yaygın olarak kullanıldığı ilk lazerler boya (dye) lazerler dir. Atom fiziği, Spektroskopi, İzotop ayırma, Foto-Kimya, Malzeme Teşhisi, Uzaktan Algılama, Tıp gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Son yıllarda, eşevreli ışık kaynakları olarak, taranabilen, OPO (Optical Parametric Oscillator) ve Yarıiletken Lazerler (Tunable Semiconductor Lasers) geliştirilmiştir (Wieman ve Pritchard 1999).

Çoğunlukla, taranabilen eşevreli ışık kaynakları lazerler olsa da, taranabilen eşevreli ışık kaynağı olarak Optik Parametrik Osilatörler (OPO) nüfus tersinmesi içermez. Bu yüzden OPO' lar lazer benzeri eşevreli ışık kaynakları sınıfına girerler. Güçlü bir lazer tarafından pompalama işlemi uygulanarak ışının dalga boyu değiştirme düzenekleri ile tarama sağlanır.

Taranabilir darbeli, eşevreli ışık kaynakları ve sürekli ışıklı taranabilir lazerler için (Tablo 2.4.-2.5.) spektral kapsama alanları verilmiştir (Wieman ve Pritchard 1999).

Tablo 2.4. Darbeli akortlanabilir ışık kaynağı için dalgaboyu kapsama alanı

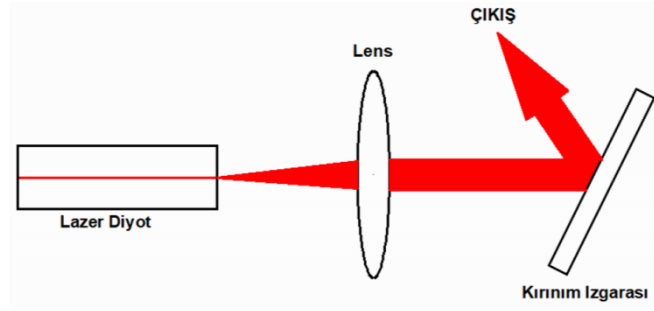
Kaynak	Dalgaboyu aralığı
<i>Dye lasers</i>	320 – 1200 nm
<i>Ti³⁺ : Al₂O₃ laser</i>	660 – 986 nm
<i>Cr³⁺ : BeAl₂O₄ laser</i>	701 – 818 nm
<i>OPO</i>	
<i>BBO</i>	0.41 – 2.7 μ m
<i>Free-electron lasers (FELs)</i>	2 μ m – 1mm

Tablo 2.5. Darbeli akortlanabilir ışık kaynağı için dalgaboyu kapsama alanı

Kaynak	Dalgaboyu Aralığı (nm)
<i>Dye lasers</i>	320-1000
<i>Ti³⁺ : Al₂O₃ laser</i>	710-870
<i>Semiconductor lasers:</i>	
<i>InGaAsP/InP</i>	55-1500
<i>InGaAsP/InP</i>	1255-1355
<i>GaAlAs</i>	815-825
<i>GaAlAs</i>	20-780

2.5. Diyot Lazerler [External Cavity Diode Laser (ECDL)]

Diyot lazerin bant genişliği lazer çıkışının önüne harici bir optik geri besleme elemanı yerleştirilerek kovuk uzunluğunun artırılması yoluyla bant genişliğinin düşürülmesi esasına dayanır. En temel harici optik geri besleme yapısı Littrow düzenlemesi olarak bilinen yapıdır ve (Şekil 2.15) de verilmiştir. Bu düzende geri besleme elemanı, aynı zamanda frekans seçici eleman olarak kullanılmıştır.



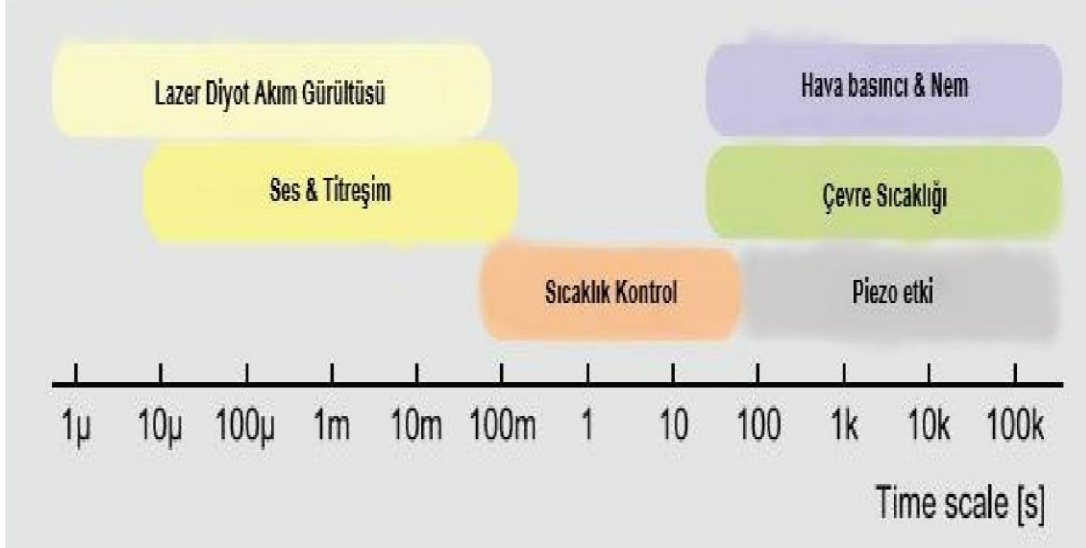
Şekil 2.15. Littrow konfigürasyon harici optik geri beslemeli diyot lazer.

Bu tür deneyler ve işlemler için lazer bant genişliği 1MHz'in altında olmalıdır. Ancak diyot lazerlerin bant genişliği binlerce kat daha fazladır (GHz mertebesindedir). Bant genişliğinin başlıca nedeni tipik bir diyot lazer çipinin kovuk uzunluğunun 300-500µm civarında bir uzunluğa sahip olmasındandır. Ayrıca 10x100x500µm'lik bir hacimde lazer işleminin oluşması, sıcaklık, akustik, elektrik ve mekanik etkiler duyarlı bir yapı oluşmasına neden olmaktadır.

1960 yılında kullanılan Fabry-Perot rezonatörlerle çok modlu çıkış elde edilmiştir. Ancak bu çalışmalar 1970 li yılların sonlarında pratik uygulamalarda yer alabilmiştir. Bu çalışmaları, aynalarla yansıtma, tek mod seçimi, oda sıcaklığında yarıiletken lazerlerle kararlılık ve taranabilme çalışmaları takip etmiştir. Yarıiletken lazerler ve eşevreli ışık kaynağı kullanan optik sistemlerde bant genişliği oldukça önemlidir. Sistem kaynaklı gürültü, performansa etki eden faktör olarak gözükmemektedir. Elektronik ve optik teknolojisinde de olan gelişmeler, sistemde mevcut olan frekans gürültüsü, kayma, zayıflama ve mod gibi unsurlar üzerinde yapılan çalışmalarla optik geri besleme sistemlerinin geliştirilmesi ile birlikte lazer diyot'un bant genişliğini kilohertz seviyelerine düşürülebilmıştır. Böylece kuantum gürültüsü çok düşük seviyelere indirilebilmiştir(Pedrotti, 2014).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, lazer ışını üzerinde oluşturulan optik kazanç ortamını, normal atmosferik şartlarda veya dışına çıkararak, sıcaklık, akustik, elektromanyetik, mekanik etkilerin yok edildiği veya minimize edildiği ortamlara dönüştürme amaçlıdır(Letokhov ve Flemng 1972).

Yapacağımız çalışma ile, yukarıda belirtilen, 1 MHz altına inilen çalışmalara ek olarak (Şekil 2.16) da belirtildiği gibi, lazer ışınına etki eden ses, titreşim, hava basıncı, nem, çevre sıcaklık etkisi gibi faktörler ve bu parametrelerin zamana göre değişimi etkilerinin daha düşük değerlerde kontrol altına alınarak, kilohertz mertebelerinde dalga boylu, daha hassas (düşük bant genişliğine sahip, saf) lazer ışını elde edilmesi hedeflenmektedir.

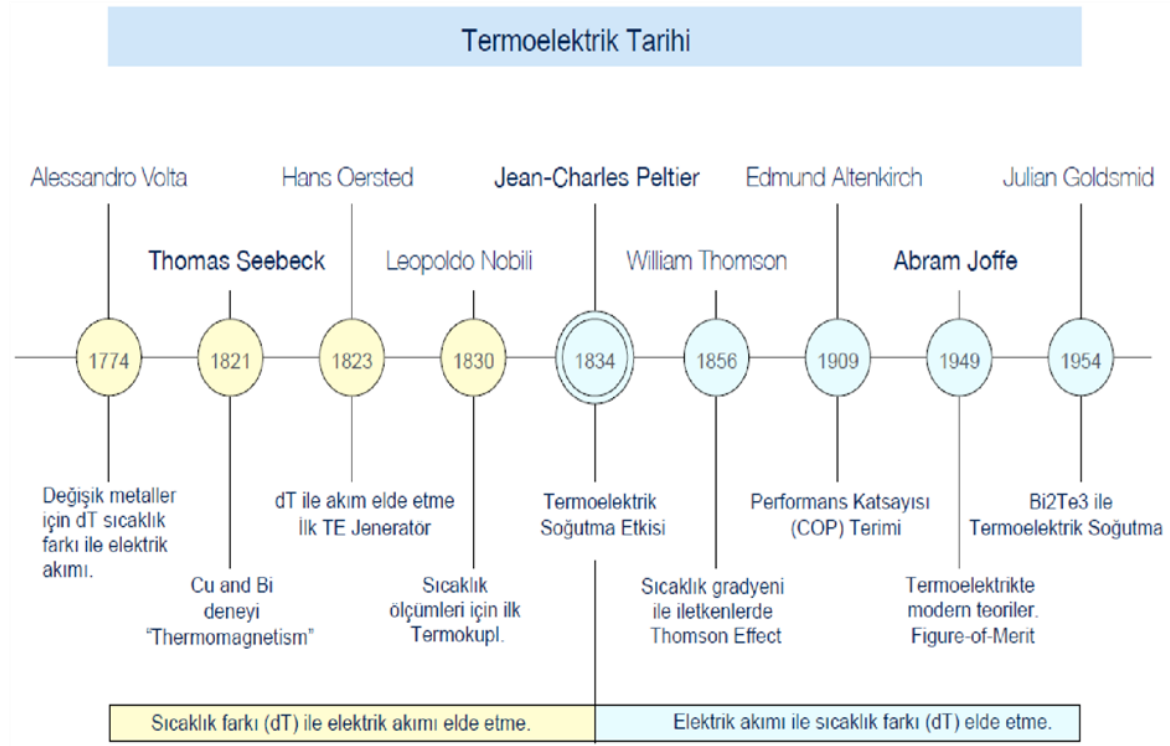


Şekil 2.16. Zamana bağlı olarak frekans varyasyonlarının ana sebepleri.

Diyot lazerlerin diğer lazer tiplerine göre, kompakt yapılarının çok çok küçük, üretim ve kurulum maliyetlerinin benzerlerine kıyasla çok az ve kolay olması, yapılacak bu tez çalışmasının sonucu olarak, bilimsel çalışmanın haricinde, hasas analitik lazer spektroskopisi, nano bilim, nano optik uygulamalarda quantum girişimi etkilerine dayanan öncü çalışmalarda ve bu alanların pratik uygulamalarında büyük katkı sağlayacaktır.

2.6. Termoelektrik Soğutucular [TEC, Peltier]

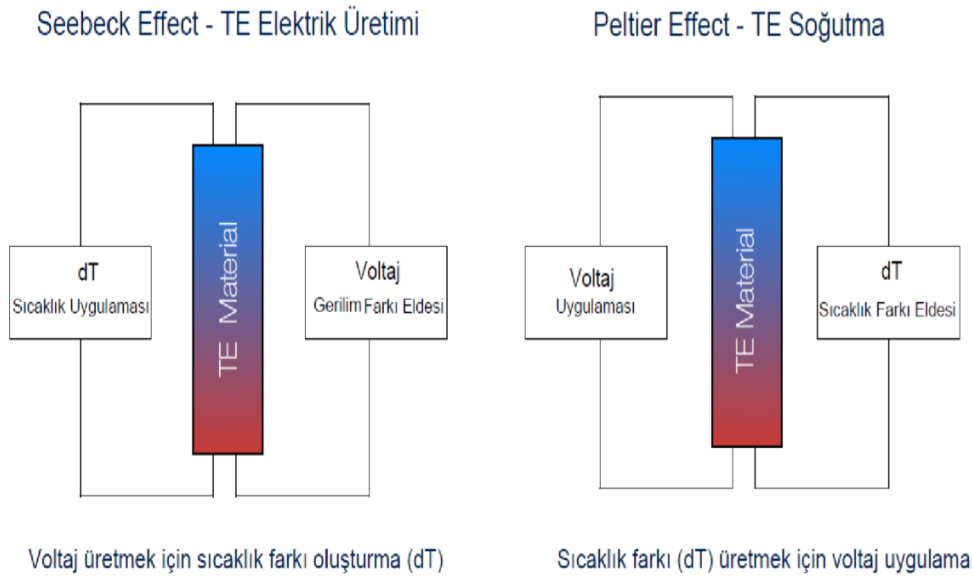
Günümüz endüstrisinde kullanılan termoelektrik sistemlerin tarihi 1821 ve 1834 yılları arasında Thomas Seebeck ve Jean Peltier' e kadar uzanmaktadır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Termoelektrik tarihsel gelişimi.

1821 yılında yapılan çalışmalarda; iki farklı birleştirilmiş metalin birleşim noktalarına uygulanan sıcaklık değişimi metaller arasında bir gerilim farkına sebep olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.18. Seebeck etkisi).

1834 yılında yapılan çalışmalarda; Seebeck etkisinin tam tersi olarak, bir çift çevresinden akım geçirildiğinde bir bağlantı noktası ısınırken diğer bağlantı noktasında soğuması olayı gözlemlenmiştir (Şekil 2.18. Peltier etkisi).

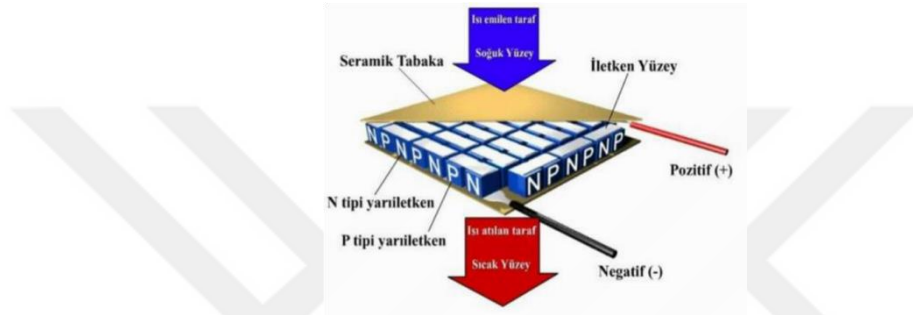


Şekil 2.18. Seebeck ve peeltier etkisi.

2.6.1. Termoelektrik Yapı, Parametreler ve Performans İlişkisi

2.6.1.1. Termoelektrik Yapı

Termoelektrik soğutucular (TEC, Thermo Electric Cooler) iki ince küçük seramik plaka arasına sıkıştırılmış bir dizi P ve N katkılı Bizmut-Tellürit yarıiletken malzemelerden üretilmektedir. İki taraftaki seramik malzemeler elektrik yalıtımını sağlarlar. TEC`in N tipi malzemesinde elektron sayısı fazla iken, P tipi malzemesinde is elektron sayısı azdır. P ve N bir çift oluşturur. Termoelektrik çiftler elektriksel olarak seri ve termal olarak paraleldir. Bir termoelektrik modül, bir ila birkaç yüz çift içerebilir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19. Termoelektrik soğutucu yapısı.

Elektronlar bir iletken bağlantı aracılığıyla P tipi malzemeden N tipi malzemeye geçerken termal enerjiyi emen (soğuk taraf) daha yüksek bir enerji durumuna geçer. Malzemenin kafesi boyunca devam eden elektronlar, bir elektrik bağlantı aracılığıyla N tipi malzemeden P tipi malzemeye akar, daha düşük bir enerji durumuna düşer ve ısı olarak ısı alıcıya (sıcak taraf) enerji bırakır.

Termoelektrik akımın yönüne bağlı olarak ısıtmak ve soğutmak için kullanılabilir. Termoelektrik soğutucular, hem ısıtma hemde soğutma gerektiren bir uygulamada (Lazer kafasının soğutulması ve lazer ışınının hizalanması için gerekli olan sabit sıcaklığını sağlanması.) tercih edilen bir yapıdır.

2.6.1.2. Termoelektrik Soğutucu Parametreleri

TEC lere uygulanan ve TEC lerden elde edilen fiziksel büyüklükler ve bunlardan elde edilen türetilmiş büyüklükler aşağıda çıkartılmıştır.

Tc: Soğuk yüzeyin sıcaklık değeri

Th: Sıcak yüzeyin sıcaklık değeri

dT = Th-Tc Soğuk ve sıcak yüzey arasındaki sıcaklık farkı

Qc= Termoelektrik soğutucunun soğuk tarafından pompaladığı ısı miktarı [Watt]

Qh= Termoelektrik soğutucunun sıcak tarafından pompaladığı ısı miktarı [Watt]

I = Elektrik besleme parametresi [Akım]

U = Elektrik besleme parametresi [Volt],

$P= UI$ [Elektriksel Güç]

$COP= Q_c / P$ [Boyutsuz] Coefficient of Performance, Performans katsayısı.

Soğutma sistemleri için verimlilik değeri.

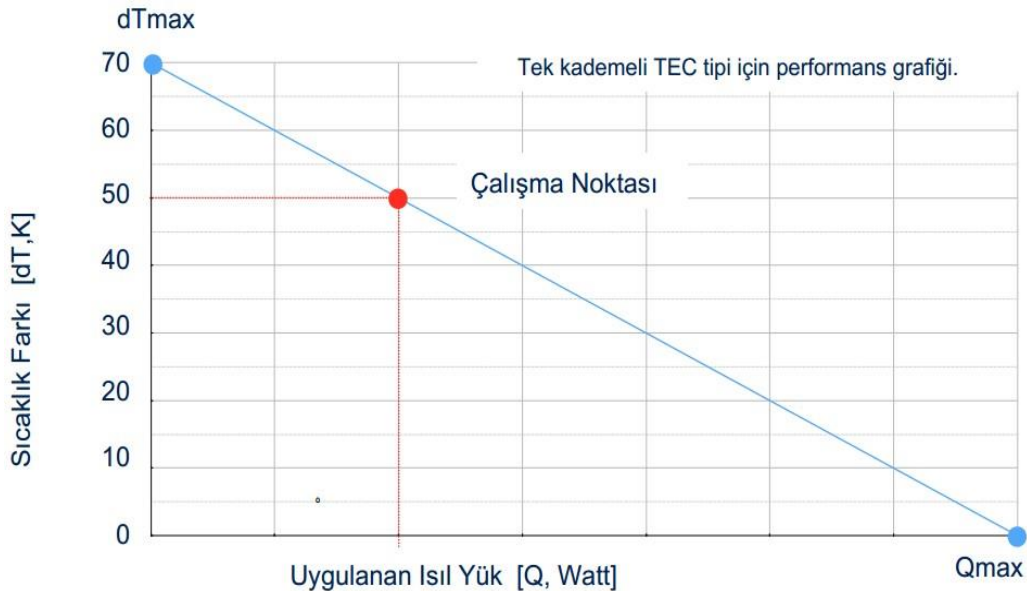
2.6.1.3. Termoelektrik Soğutucu Performans İlişkileri

Termoelektrik Soğutucular üzerine uygulanan elektriksel parametrelerin değişkenliği, bulunduğu ortamın fiziksel çalışma şartlarının değişkenliği (Sıcaklık, nem), yüzeylerdeki ısı transferini etkileyecek etkenlerin yeterli sağlanamamasından kaynaklanan TEC'lerin verimsiz hale dönüşmesi TEC'lerin performansını etkileyen faktörlerdir. Bunlara ilişkin bazı deneyler neticesi oluşturulan grafiksel çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

2.6.1.3.1. Soğutma Gücü, Yüzey Sıcaklık Farkı Grafiği

Termoelektrik soğutucuların güç değerlerine göre ideal çalışma şartlarının oluşturacağı dT yüzey sıcaklık farkları değerleri (Şekil 2.20).

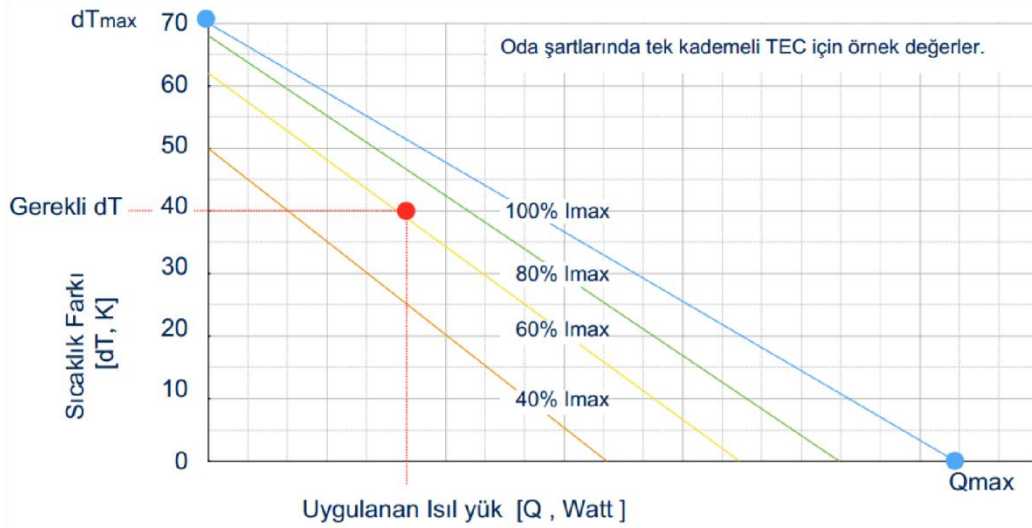
Bir termoelektrik soğutucudan elde edilecek sıcaklık farkına göre termoelektrik soğutucunun sağlamış olduğu soğutma yükü ters orantılı olarak değişmektedir. Elde edilecek soğutma yükü arttıkça yüzeyler arası sıcaklık değeri düşmektedir.



Şekil 2.20. TEC Performans grafiği

2.6.1.3.2. Elektrik Akımına Göre Soğutma Gücü, Yüzey Sıcaklık Farkı Grafiği

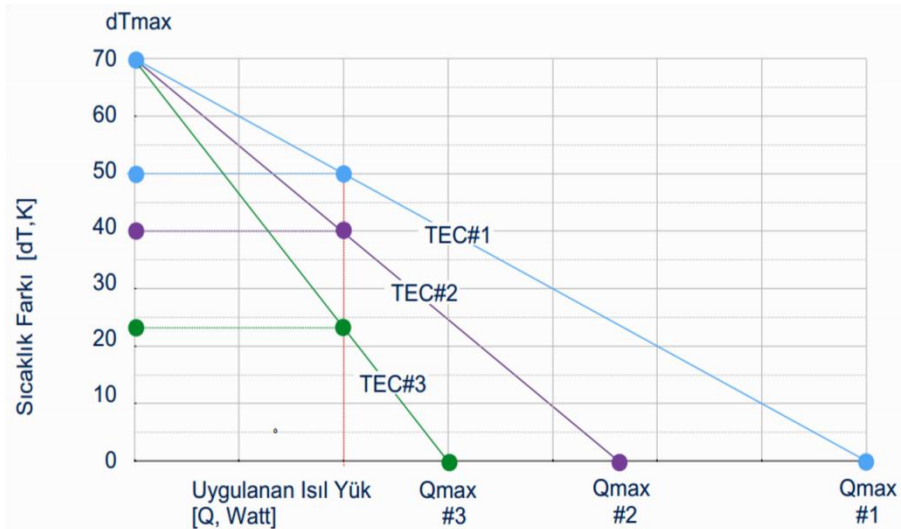
Termoelektrik soğutuculara uygulanan elektrik akımına göre soğutma yükü ile yüzeyler arası sıcaklık farkı aşağıda grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Farklı elektrik akımlarında TEC'lerin ısı yük ve yüzey sıcaklık farkları grafiği.

2.6.1.3.3 Farklı TEC'lerin Aynı Isıl Yükteki Yüzey Sıcaklık Farkları Grafiği

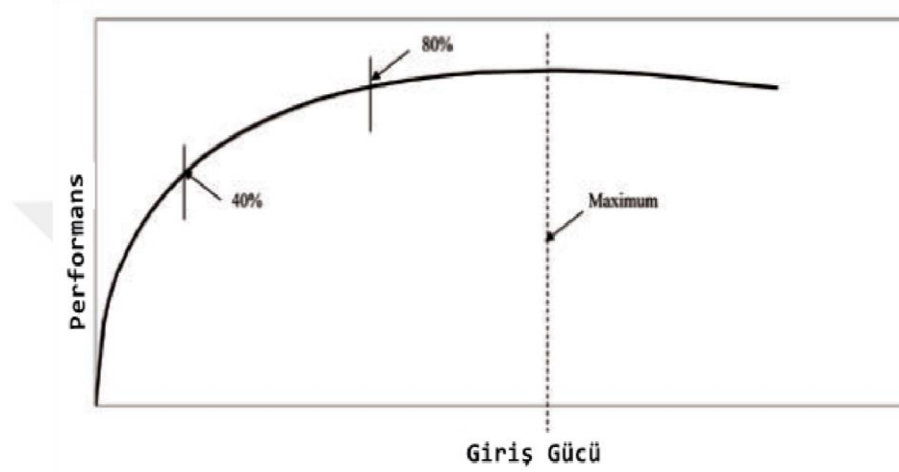
Belirli bir ısı yük için farklı TEC'lerin göstermiş olduğu yüzey sıcaklık farklılıkları aşağıda grafikte gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Farklı soğutma yüklerine sahip TEC'lerin aynı ısı yüküne karşılık gelen yüzey sıcaklık farklılıkları grafiği.

2.6.1.3.4. Termoelektrik Soğutucu Çalışma Sınırları

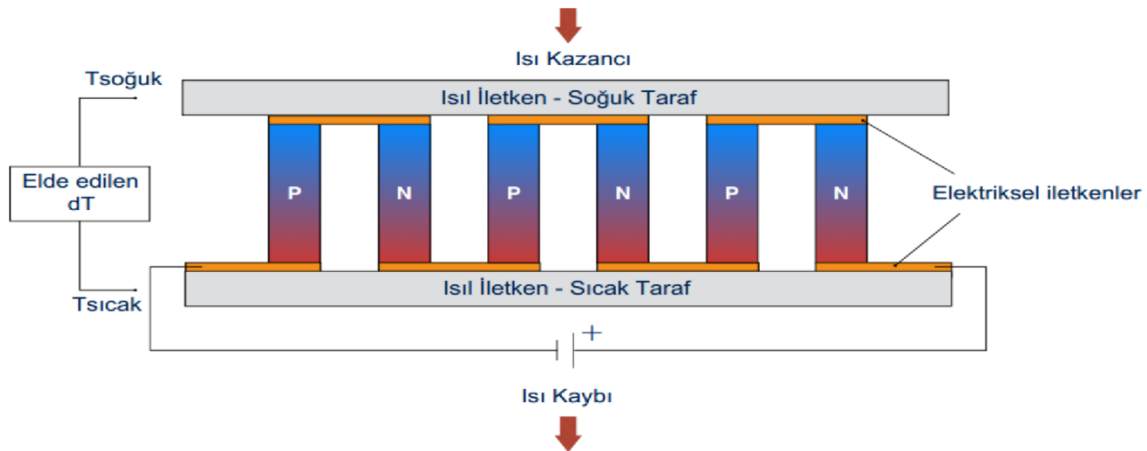
Termoelektrik cihazlar için Performans-Giriş Gücü grafiği çizildiğinde, sistemin belli değerlerden sonra sınır değerlerine kadarki olan çalışma şartlarının, verilen enerjiye göre alınan enerjinin çokta verimli olmadığı gözükmemektedir. Minimum giriş enerjisinden alınacak olan performans değeri düşük olacağı gibi maksimum değerlerde çalışmakta performans olarak verimli olmayacaktır. Grafikte görüldüğü gibi, TEC'lerin çalışmasında giriş akım ve gerilim değerleri %40 ila %80 arasında olması TEC'lerin performansı açısından doğru olacaktır (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Giriş gücüne göre performanslı çalışma aralığı

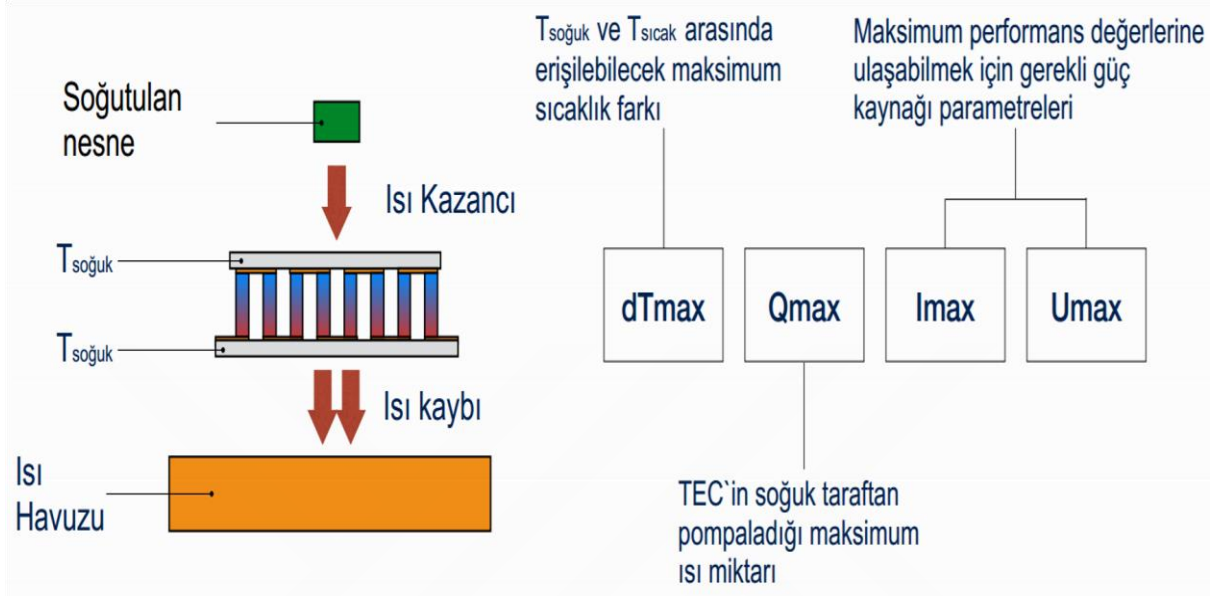
2.6.2. Termoelektrik Malzemelerin Çalışması

Termoelektrik soğutucular bir ısı pompası gibi çalışırlar, uygulanan DC elektrik enerjisiyle soğuk taraftan aldığı ısıyı sıcak taraftan atmak suretiyle iki yüzey arasında dT sıcaklık farkı oluştururlar (şekil 2.24).



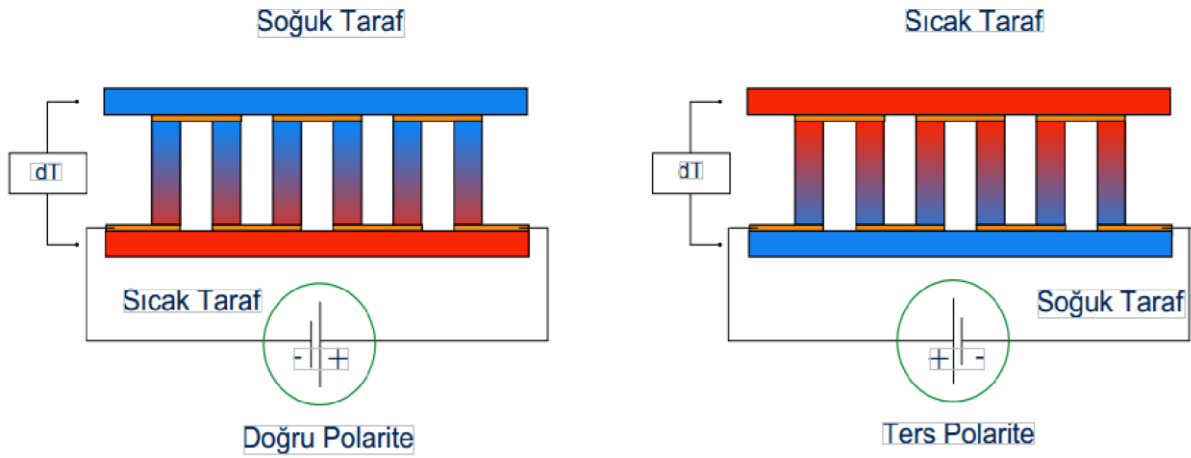
Şekil 2.24. Termoelektrik malzemelerin çalışma prensibi

Termoelektrik soğutucular için, çalışma değerleri olarak, üzerine uygulanacak maksimum elektriksel güç için I_{max} (maksimum uygulanabilecek akım değeri), U_{max} (maksimum uygulanabilecek gerilim değeri), Q_{max} (maksimum soğutma yükü), dT_{max} (Sıcak ve soğuk yüzey arasındaki fark) fabrikasyon değerler olarak kullanıcıya sunulur (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Termoelektrik soğutucuların çalışma prensibi ve fiziksel parametreler.

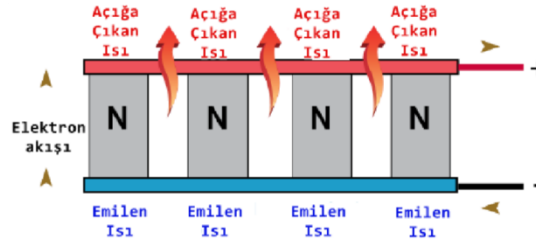
Termoelektrik soğutucularda elektrik akımının yönünü değiştirilmesi (Polarite değiştirme) ile sistemin ters çalışması soğuk tarafın sıcak, sıcak tarafın soğuk olması sağlanabilir. Elektrik kontrolünün çok rahat yapılması, bu sıcak ve soğuk tarafın değişmesine hızlı bir şekilde olanak sağlamış olur (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Termoelektrik malzemelerde doğru ve ters polarite.

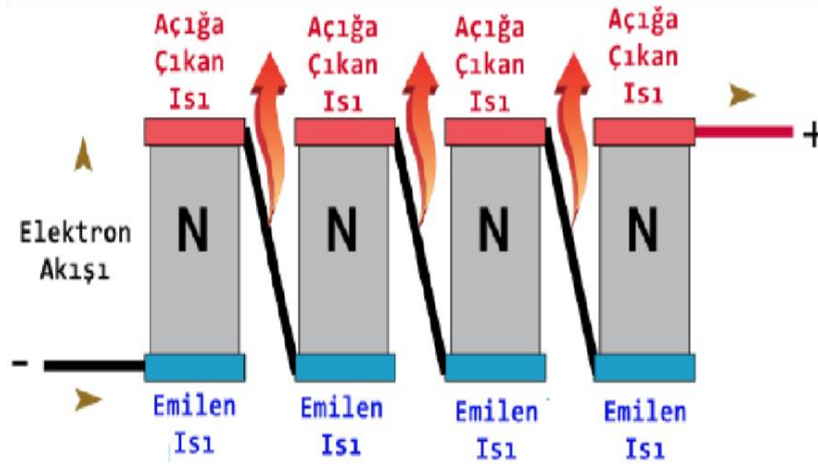
2.6.2.1. Termoelektrik Soğutucuların Seri ve Paralel Bağlanması

Tek bir N tipi yarı iletkenle termoelektrik soğutucu elde edilebilir. Fakat bununla kayda değer bir ısı pompalama sağlanamaz. Enerji kaynaklarının seri ve paralel bağlanarak akım ve gerilim değerleri artırılabilir. Dolayısı ile Termoelektrik kaynağının ısı üretimi de bu doğrultuda artacaktır. Burada sadece N tipi yarı iletkenlerin paralel bağlanması (Şekil 2.27), çok küçük voltaj değerlerinde çok büyük akım değerlerine ihtiyaç duyulması, pratik uygulama da pek uygun bir seçenek olmamaktadır.



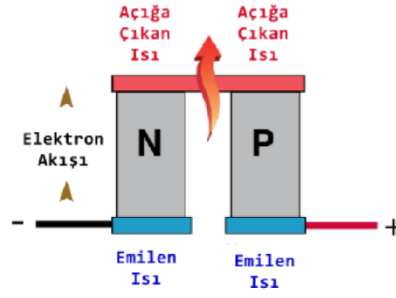
Şekil 2.27. N Tipi yarı iletkenlerin paralel bağlanması.

Örnek: Sıradan bir termoelektrik cihazında tek bir N tipi yarı iletkene 60mV uygulandığında 5 A akım çekmektedir. 254 adet N tipi yarı iletkenin paralel bağlanması ile 60 mV 'luk bir gerilim uygulamasına karşılık çekilen akım 1270 Amper gibi bir değere ulaşacağı için buna uygun gerilim kaynağı bulmak veya kullanmak pratik olmayacaktır. N tipi yarı iletkenlerin seri bağlanması cihaz bağlantılarındaki ara bağlantıların termal kısa devre oluşturmasına sebep olduğu için bu tip bağlantılarda pratikte pek kullanım kolaylığı sağlamamaktadır (Şekil 2.28).



Şekil 2.28. N Tipi yarı iletkenlerin seri bağlanması.

N ve P tip yarı iletkenleri bir çift halinde düzenleyerek, tüm ısıyı aynı yönde hareket ettirecek bir seri devre uygulamak pratik olarak en kullanışlı bir yöntem olmaktadır (Şekil2.29).

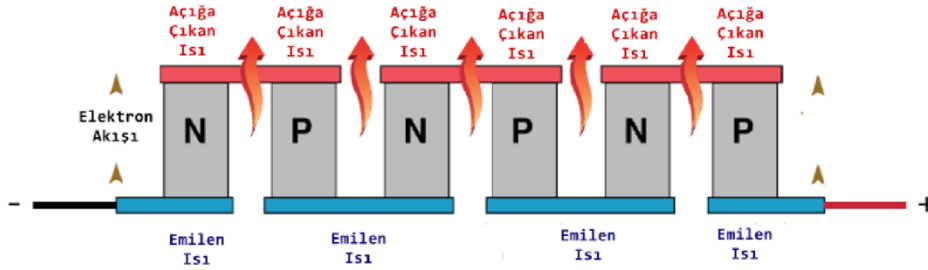


Şekil 2.29. N-P Tipi yarı iletken çiftinin seri bağlanması.

Şekil 2.29`da gösterildiği gibi, pozitif voltaj potansiyeline bağlı P tipi yarı iletkenin serbest (alt) ucu ve benzer şekilde voltajın negatif tarafına bağlanan N tipi yarı iletkenin serbest (alt) ucu ile bir termoelektrik çift oluşturulmaktadır.

P malzemesindeki pozitif yük taşıyıcıları, pozitif voltaj potansiyeli tarafından itilir ve negatif kutup tarafından çekilir; N malzemesindeki negatif yük taşıyıcıları (elektronlar) aynı şekilde negatif potansiyel tarafından itilir ve voltaj kaynağının pozitif kutbu tarafından çekilir. Böylece elektronlar, voltaj kaynağının negatif kutbundan, N yarı iletken boyunca, bakır sekme bağlantısı boyunca, P yarı iletken boyunca ve kaynağın pozitif kutbuna sürekli olarak akar.

Bu arada yük taşıyıcılar ve ısı, yarı iletkenler içinden, şekilde görüldüğü gibi aşağıdan yukarıya akar. TE 'çiftinin' bu özelliklerini kullanarak, pratik termoelektrik modüller oluşturmak için birçok yarı iletkeni dikkörtgen dizilerde bir araya getirmek mümkündür (Şekil 2.30).

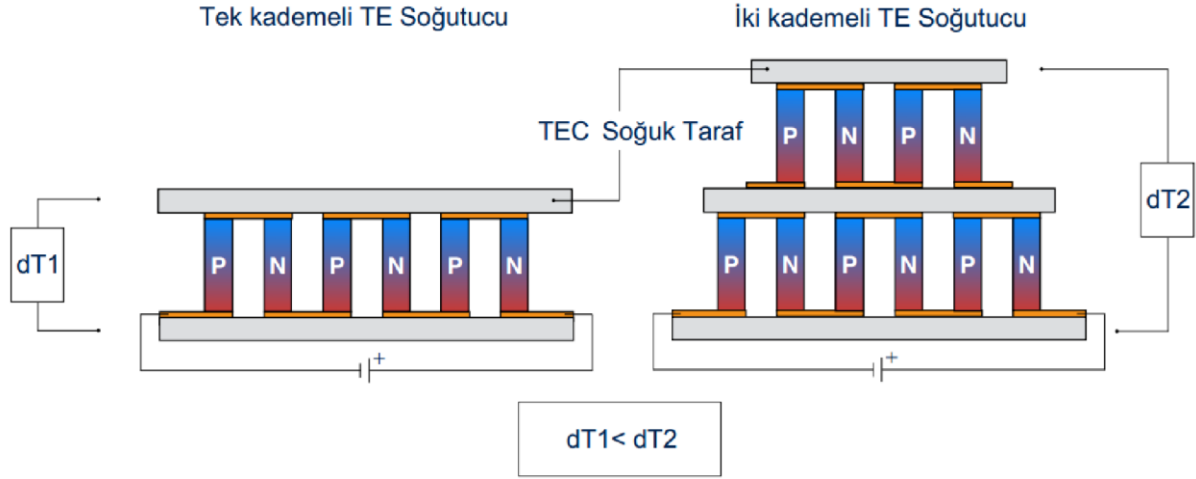


Şekil 2.30. N-P Tipi yarı iletken çiftinin seri dizisi.

Bu cihazlar sadece kayda değer miktarda ısı pompalamakla kalmaz, aynı zamanda seri elektrik bağlantıları ile yaygın olarak bulunan DC güç kaynakları için uygundur. Bu nedenle, şu anda kullanımda olan en yaygın TE cihazları - 254 alternatif P ve N tipi yarı iletkeni birbirine bağlayan - 12 ila 16 VDC beslemeden çalışabilir ve yalnızca 4 ila 5 amper (60 mV'da 1270 amper yerine) çekebilir.

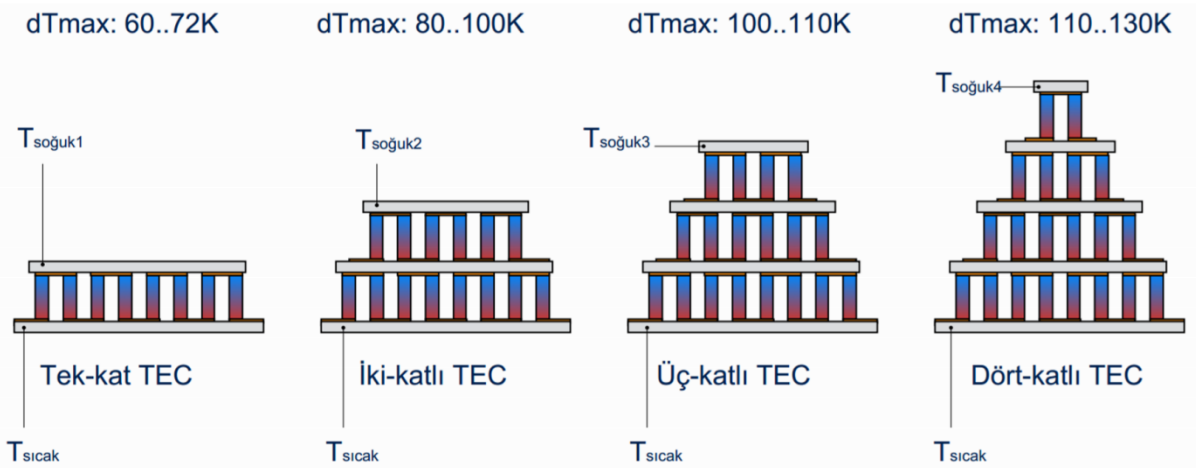
2.6.2.2. Termoelektrik Soğutucuların Isısal Olarak Seri Bağlanması (Kademeli-Kaskat)

Termoelektrik soğutucuların, ΔT olarak, soğuk ve sıcak yüzey arasındaki fark maksimum güçte çalışacağı varsayımı ile maksimum 70 °C civarındadır. Soğutma sistemlerinde daha düşük sıcaklıklara inmek, bir başka deyişle sıcaklık farkını artırma ihtiyacı, birden fazla soğutma sistemini birbirleri ile ısısal olarak seri bağlama yöntemini geliştirmiştir (Şekil 2.31).



Şekil 2.31. Kaskat termoelektrik soğutucular.

Termoelektrik soğutucularda da kaskat adı verilen bu yöntem, iki, üç, dört hatta beş termoelektrik soğutucunun birbirleri ile seri bağlanması ile 120 °C civarında sıcaklıklara kadar fabrikasyon olarak imal edilmektedir (Şekil 2.31).



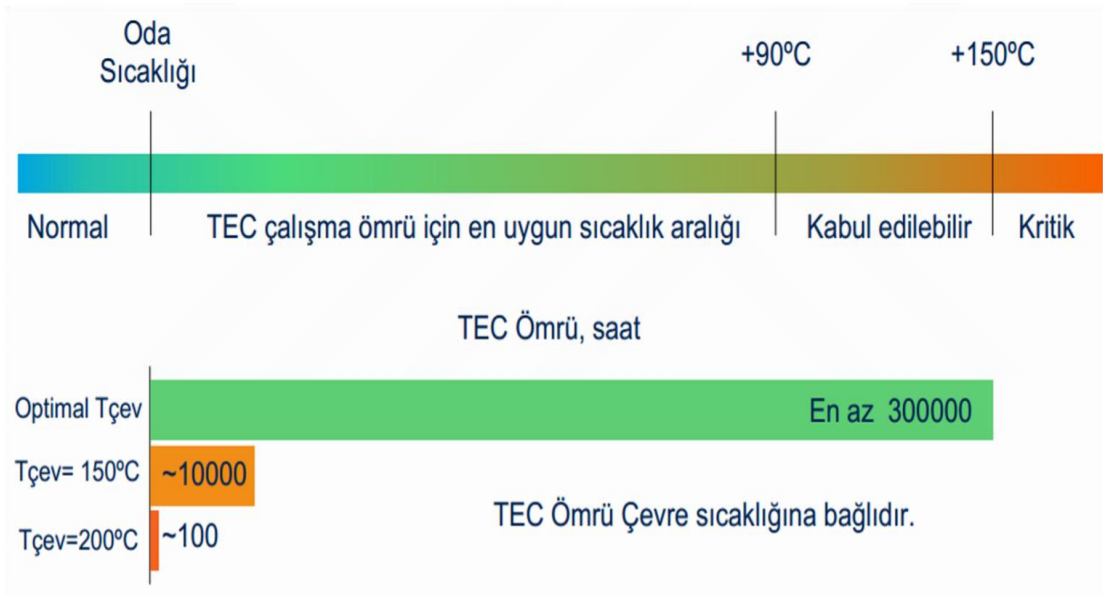
Şekil 2.32. Kaskat termoelektrik soğutucuların ulaşabileceği dT_{max} değerleri.

Fabrikasyon imalat haricinde, elde bulunan tek kat termoelektrik soğutucuların, birbirlerine ısı transferini iyi sağlaması için seramik yüzeylere termal macun sürmek suretiyle birbiri üzerine montaj

edilmesi ile de kaskat sistemler elde edilebilir. Böyle bir uygulamada fabrikasyon üretilen sisteme göre mutlaka verim düşüklüğü olacaktır. Burada yapılması gereken uygulamalardan bir tanesi de kullanılan her bir kademe değişiminde ısısını rahatlıkla atabilmesi için kademeler arası kullanılan termoelektrik soğutucuların soğutma güç değerlerini iyi belirlemek gerekir.

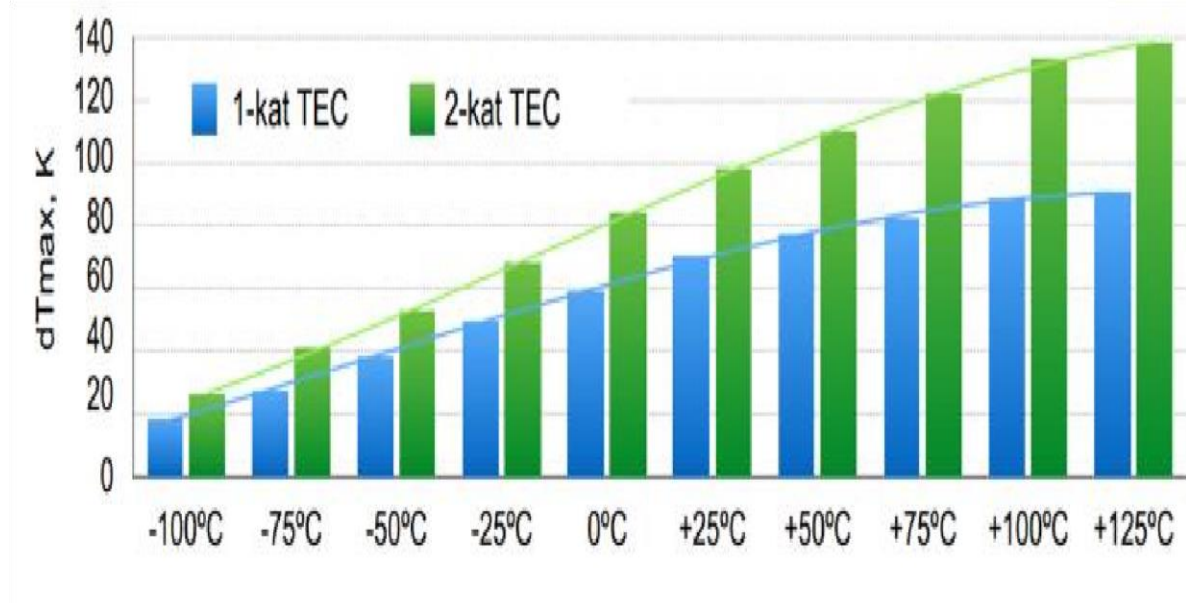
2.6.3. Çalışma Şartlarına Göre TEC'lerin Kullanım Ömrü

TEC'lerin çalışma ömrü her ne kadar elektriksel parametrelere bağlı olsada, bu parametrelere bağlı olarak TEC'lerin ürettiği sıcaklık ve bu sıcaklığın atılması için gerekli olan çevre sıcaklık değerleride TEC ömrü için önemli birer faktördür. TEC'lerin en uzun ömürle çalışacağı ortam sıcaklık değeri 90°C sıcaklık bandına kadar olan sıcaklık değeri fabrikasyon olarak uygun görülmektedir. Bu değer üzerindeki sıcaklıklar TEC'lerin kullanım ömürlerini kısaltacaktır (Şekil 2.33).



Şekil 2.33. Ortam sıcaklığı ve termoelektrik soğutucu çalışma ömrü.

Çevre sıcaklıklarının etkisinin, termoelektrik soğutucuların ΔT çalışma sıcaklık farklarını nasıl etkilediği, yapılan ölçümlerle oluşturulan grafik çalışmalarda, hem tek katlı hem de çift katlı termoelektrik soğutucular için gösterilmiştir (Şekil 2.34).



Şekil 2.34. Ortam sıcaklıklarına göre termoelektrik soğutucu yüzeyler arası sıcaklık farkı (dT) değerleri.

2.6.4. Termoelektrik Soğutucuların Diğer Soğutma Sistemleri ile Kıyaslanması

Termoelektrik soğutucuların hareketli parçası yoktur; katı hal yapıları daha yüksek güvenilirlik, daha düşük bakım ve daha düşük genel işletme maliyetleri ile sonuçlanır.

Katı hal yapısı ayrıca Termoelektrik soğutucuların herhangi bir yönde monte edilmesini sağlar.

Kompakt form faktörü, onları boyut kısıtlamalarının olduğu uygulamalar için uygun hale getirir.

Termoelektrik soğutucular ortamın çok altında soğutabilir. Vakum ortamında çok kademeli termoelektrik soğutucu kullanılarak cihaz -100°C sıcaklığa ulaşabilir.

Termoelektrik soğutucular, ısı transferinin yönünü değiştiren polariteyi basitçe tersine çevirerek ısıtma ve soğutma yapabildikleri için (sabit durumda $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar) hassas sıcaklık kontrolü sağlayabilirler. Bu yetenek, onları hem soğutma hem de ısıtma gerektiren uygulamalar için uygun hale getirir.

Termoelektrik soğutucular, tehlikeli CFC'ler kullanmadıkları veya elektriksel gürültü üretmedikleri için de çevre dostudur.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Sistemin Tasarlanması

Taranabilen harici optik geri beslemeli diyot lazer sistemi tasarım ve kurulumu için gerekli olan materyaller, bu materyallerin özellikleri, imalatları, montajlarının yapılması çalıştırılması ve teorik olarak matematiksel incelenmesi yapılmıştır.

Diyot Lazer sistemi, düşük sıcaklık, sıfır nem ve vakum ortamında çalıştırılacağı için, buna uygun kabin ortamı oluşturmak gerekmektedir. Bu fiziksel değerlere ulaşabilmek için kabin içerisine yerleştirilecek olan cihazların (Diyot Lazer, Kırınım Izgarası, Termoelektrik Soğutucular, Sensörler) dış ortamla olan enerji ve veri bağlantıları büyük önem arz etmektedir.

Sistemin çalışması esnasında meydana gelebilecek olan fiziksel değişimleri kontrol altında tutmak için malzeme seçimleri, ortam kontrol elemanları ve ölçüm sistemleri aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Kabinin Taşınması Gereken Yapısal Özellikleri

Kabin vakum basıncını sağlamak için sızdırmaz olması gerekmektedir. Kabin içerisindeki nemin alınması ve negatif basınçta (1 mbar civarında vakum ortamında) çalışmak için kabinin alt ve üst kapakları içerisine conta kanalları açılmıştır. Alt ve üst kapak, saplamalarla birbirlerine çektirmek suretiyle contalar sıkıştırılarak kapak sızdırmazlığı sağlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kabin alt ve üst kapak bağlantıları.

Lazer ışınının dış ortama iletileceği vakum penceresinin sızdırmazlığında kabin ve vakum penceresi arasına yerleştirilen O-Ring conta ile sağlanmıştır (Şekil 3.2). Vakum manometresi ve vakum pompa bağlantı vanası kabin üzerine vidalı bağlantı yapılmış, sızdırmazlığı da gazlar için kullanılan teflon bant ile sağlanmıştır (Şekil 3.2).

Bir diğer sızdırmazlığın önemli olduğu kısımda, veri ve enerji bağlantılarının yapıldığı konnektör bağlantılarıdır. Kabin üzerinde açılan soket yuvaları, konnektör ve açılan yuva arasına yerleştirilen O-ring contalarla sızdırmazlık sağlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Vakum penceresi bağlantısı, vakum pompası bağlantı vanası, elektrik ve veri bağlantı konnektörü.

Lazer diyotun performanslı çalışması, lazer diyotun yerleştirildiği kafanın üzerindeki ısı yükünün atılması ile mümkün olmaktadır. Bu ısı yükü içinde TEC'ler kullanılmıştır. TEC'lerin çalışma prensibi gereği; Elektrik enerjisi verildiğinde, bir yüzü soğurken diğer yüzü ısınmaktadır. TEC'lerin performanslı çalışması ısınan yüzeyinin sıcaklığının atılması nispetinde diğer yüzeyde soğutma performansı elde edilmesidir. Isınan yüzünün ısı yükünün atılmaması, Termoelektrik Soğutucunun sadece performans kaybı değil yanmasına da sebep olacaktır.

Bu ısınan yüzeyin de kabin dışına atılması için kabin malzemesi olarak ısı iletkenliği iyi olan aynı anda kabin üzerinde çeşitli mekanik işlemler (Talaş kaldırma, yüzey işleme, delme, vidalı bağlantılar) yapılacak olması sebebiyle mukavemet açısından 7075 serisi alüminyum malzeme tercih edilmiştir. Gövde üzerinde biriken ısı yükünde, gövde altına yerleştirilen fan yardımı ile dış ortama atılmaktadır.

Harici Optik Geri Beslemeli Diyot Lazer (HOSDL) Sistemi; lazer ışık kaynağı olarak Lazer Diyot, lazer ışığının güçlendirilmesi için tasarlanan Harici Optik Geri Besleme Düzeneginden oluşmaktadır.

Bu düzenekler daha önce grubumuzda doktora tez çalışması olarak çalışılmıştır ve aynı düzenek olan Lazer kılıfının sabitleneceği bir lazer kafası ve ışının hizalanabilmesi için alüminyum blok (yükseltiyi sağlayacak şekilde) kullanılmıştır. Geri besleme ünitesinin (kırınım ızgarası) lazer ışını geri baslayacak açıya ulaşabilmesi için açılabilir hareketini sağlayacak motor düzenegi monte edilmiştir. Bu karmaşık düzenegin gerek ilk, gerekse deneysel çalışmalar aşamasında montaj ve demontaj zorluğu dikkate alınarak, kabin ölçüleri 400x150x140 mm iç ölçülerinde olacak şekilde, 15mm et kalınlığına sahip levhaların kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ile imal edilmiştir. Alt ve üst kapatma işlemleri 420x170x10 mm levhaların birbirlerine M8 saplama ile montajlanmasıyla yapılmıştır.

3.1.2. Lazer Kafasının Tasarlanması ve İmalatı

Lazer diyot'un lazerleme esnasında ortam fiziksel şartlarından, özellikle sıcaktan etkilenmesinden dolayı, yerleştirileceği kafa, lazer diyotun sabit sıcaklıkta tutulabilecek şekilde tasarlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

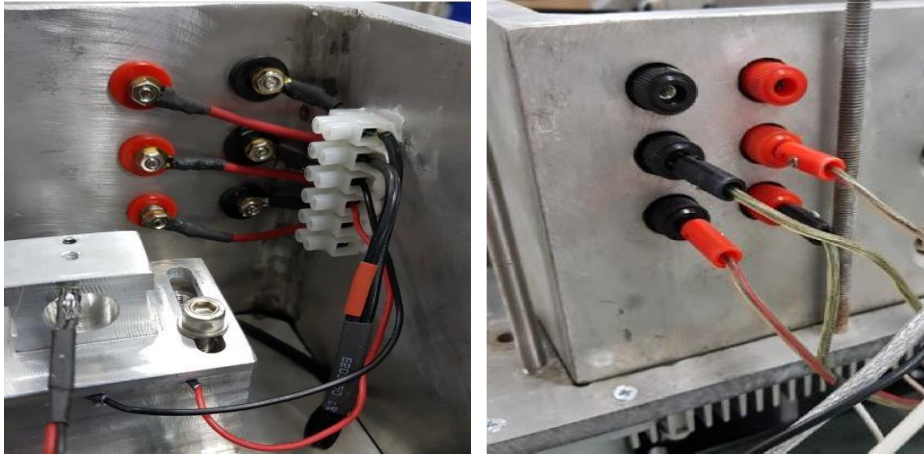
Malzeme olarak hem ısı transferi açısından iyi iletken olması hemde korozyon açısından diğer metallere göre avantajlı olması ve mekanik olarak işlenebilirliğinin daha kolay olması nedeniyle alüminyum malzeme seçilmiştir

Lazer kafanın soğutulması için altına termoelektrik soğutucu monte edilecektir. Termoelektrik soğutucunun sıcak tarafı blok ile soğuk tarafıda lazer kafası ile ısı transferi yapacaktır. Lazer kafası ile bloğun birbirleri ile ısı transferi yapmaması için lazer kafasının bloğa montajı plastik vidalar ile yapılmıştır .

Diyot lazerin sıcaklığını ölçmek için kafa üzerinde, lazer diyota mümkün olduğunca yakın olacak şekilde, sıcaklık sensörünün yerleştirileceği delik açılmış ve bu delikten sıcaklık kontrolü yapılarak lazer kafasını sabit tutacak kontrol ünitesine sinyal gönderilmesi sağlanmıştır.

3.1.3. Kabinin Taşınması Gereken Elektriksel ve Veri Transfer Özellikleri

Kabin içerisinde bulunan Termoelektrik Soğutucular elektrik enerjisi ile çalışan cihazlardır. Bu cihazların farklı gerilim ve akım değerleri ile çalışmalarından dolayı hepsine farklı güç kaynakları ile kabin üzerinde montajı yapılan soketlerden enerji beslemesi yapılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.3. Kabin içi ve dışı elektrik bağlantı soketleri.

Kabin içerisinde bulunan Lazer Diyot, Kırınım Izgarası dairesel motor sürücüsü elektrik bağlantıları ve veri kontrol değerleri, sıcaklık sensörleri (termokupl), veri değerleri, nem sensörü ve kabin içi sıcaklık sensörü veri değerleri, 9 pinli 3 adet IP 68 özellikli konnektörle kabin içi ve dışı arasında iletişim sağlamaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.4. Kabin içi ve dışı veri bağlantı soketleri.

Bir lazer ve harici geri besleme sistemi, ultra soğuk, yaklaşık 1 mbar vakum ve sıfır nem şartları için platform oluşturulması, bu platformda bulunan tüm cihazların kontrol edilmesi ve sonuçların ölçülmesindeki resimdeki gibi bir tasarım ile ideal olarak yapılacaktır. Bu tasarım gerçekleştirilmiştir.

3.2. Deney Tasarımında Kullanılan Ölçüm ve Kontrol Cihazları

Tasarlanan platformda istenilen şartlarda lazer ışınının elde edilmesi için kullanılan besleme, kontrol ve ölçü aletleri aşağıda çıkarılmıştır.

3.2.1. Işın Karakterizasyonu Ölçüm ve Kontroller

Lazer ışınının gücünü optik güç ölçerler ölçmektedir (Şekil 3.8). Normalde güç ölçmenin yanı sıra eşik akımında iken lazere yapılan Harici Geri Besleme'nin ani güç değişimini görmek (lazerlemenin ani artması) lazerlemenin belirlenmesinde büyük bir kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 3.5. Optik güç ölçer.

Cihaz özellikleri Tablo 3.1`de verilmiştir.

Tablo 3.1. PM-100 Optik güç ölçer

VERİ GİRİŞİ	ANALOG GİRİŞ
Foto-diyot akım Aralığı: 0.1nA - 4mA	Voltaj Aralığı: 0 – 4.095V
Isı sensör voltaj Aralığı: 1 μ V - 10mV	Hassasiyet: 12 bit (1mV)
Doğruluk : $\pm 1\%$ (console)	Güç Aralığı: 0.001V/mW – 1000V/mW,
Hassasiyet: 16 to 24 bit ($\Sigma\Delta$ /D Converter)	-

3.2.2. Lazer Kontrol Ünitesi

Lazer kontrol ünitesi (Şekil 3.9) ile lazerin elektriksel değerleri olan akım, gerilim ve lazer kafasının sıcaklık değerleri kontrol altında tutulacaktır. Lazer ışınının, üzerine gelen elektrik akımı ve ortamın etkisinden kaynaklanan sıcaklık değişimi ile ışın karektrizasyonu bozulmaktadır.

Bu bozulmayı önlemek ve lazer ışını kararlı halde tutmak için bir sıcaklık sensörü (AD590) ile sıcaklığı tespit edilmekte ve lazer kafasının altında bulunan TEC hem sıcak hemde soğuk çalıştırmak suretiyle lazer ışınının sıcaklığı set edilen sıcaklık değerinde sabit tutulmaktadır. Ayrıca lazer üzerindeki gerilim ve akım değerleride sınırlanarak istenilen değerde sabitlenebilmektedir. Cihaz özellikleri Tablo 3.2`de verilmiştir.



Şekil 3.6. Lazer diyot kombi kontrolör (ITC-510 Thorlabs).

Tablo 3.2. ITC 510 Lazer diyot kontrol ünitesi (ITC-510 Thorlabs).

AKIM KONTROL	GÜÇ KONTROL
Lazer akım aralığı ILD : 0.....± 1A	Monitör akım aralığı IPD : 5 µA ... 2 mA
Ayar hassasiyeti (Manual/Remote): 100µA/15µA	Ayar hassasiyeti (Manual/Remote):0.1µA/0.03µA
Ölçü hassasiyeti (Manual/Remote): 100µA/10µA	Ölçü hassasiyeti (Manual/Remote):0.1µA/0.01µA
Hassasiyet : ± 1mA	Hassasiyet : ± 2 µA

3.2.3. TEC Kontrol Ünitesi

Lazer kafasını soğutan TEC'in kontrolü lazer kombi kontrolör tarafından yapılmaktadır. Bu TEC'in atılmış olduğu ısının dış ortama atılması için kullanılan diğer kaskat olarak tasarlanmış TEC'lerin (TEC1,TEC2....) enerji beslemeleri ayrı ayrı ayarlı güç kaynaklarından sağlanmıştır. Sistemde kullanılan TEC lerin maksimum çalıştığı güçteki akım değerlerini karşılayacak şekilde 0-30 V ayarlı DC elektrik güç kaynakları kullanılmıştır.

3.2.4. Sıcaklık ve Nem Kontrol Ünitesi

Platform içerisindeki nemin lazer kafası üzerinde buzlanmaya sebep olacağı için sistem vakumlanmakta ve nemin platform dışına atılması sağlanmaktadır. Vakumlama sonucu sistem içerisindeki kalan nemin takibi için Sıcaklık ve nem ölçü aleti kullanılmıştır(Şekil 3.10.). Sıcaklık ve nem ölçü aleti ile platform içi sıcaklık ve nem değerleri ölçülerek platform dışına bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Nem değeri istenilen değere ulaştığı zaman vakumlama sonlandırılacak ve platformun vakum vanası kapatılarak dış ortamla irtibatı kesilecektir. Sıcaklık ve nem sensörünün özellikleri Tablo 3.3`de verilmiştir.

**Şekil 3.7.** Sıcaklık ve nem ölçü aleti (TSP-01 Thorlabs).

Tablo 3.3. Sıcaklık ve nem ölçü aleti (TSP-01 Thorlabs)

	Sıcaklık Ölçümü	Bağıl Nem Ölçümü
Çalışma Aralığı	-40 °C+125 °C	0% to 100% RH
Birim	°C, K, F	%RH
Doğruluk	±1 °C (-10 to +70 °C) ±0,3 °C (25°C)	±1 %RH (20% to 80% RH) ±3 %RH (0-20% and 80-100 %RH)
Hassasiyet	0,05°C	0,1 %



Şekil 3.8. DT 8891E K Tipi sıcaklık ölçüm cihazı.

Tablo 3.4. DT 8891E Katalog değerleri

Specifications:			
	Range	Basic Accuracy	8891E
Type K	-200°C to 1372°C		T1,T2,
	(-328°F to 2501°F)		
	Above-100°C (148°F)	±[0.15%rdg+1°C(1.8°F)]	
	Blow -100°C (-148°F)	±[0.5%rdg+2°C(3.6°F)]	
IR temperature	-30°C to 550°C		IR
	(-22°F to 1022°F)		
	Above-10°C(14°F)	±[2.0%rdg+2°C(3.6°F)]	
	Blow -10°C(14°F)	±5°C(9.0°F)	
Type K-Type Ktemperature		±[0.5%rdg+1°C(1.8°F)]	T1-T2,
			T3-T4
Type K- IR temperature	IR temperature	±[2.0%rdg+3°C(3.6°F)]	T1-IR,
	Above-10°C(14°F)		T2-IR
	IR temperature	± 6°C(9.0°F)	
	Blow -10°C(14°F)		
IR-Type K temperature	IR temperature	±[2.0%rdg+3°C(3.6°F)]	IR-T3,
	Above-10°C(14°F)		IR-T4
	IR temperature	± 6°C(9.0°F)	
	Blow-10°C(14°F)		

3.2.5. Fan Kontrol Ünitesi

Fan devir kontrolü, sıcaklık sensörleri ile hissedilen değerler doğrultusunda, yüksek hassasiyetli ayarlı güç kaynağı ile gerilim ayarlaması yapılarak sağlanacaktır (Şekil 3.9). Cihazın çalışma gerilim 0-30 volt, çıkış akımı 0-5 amper değerlerindedir.

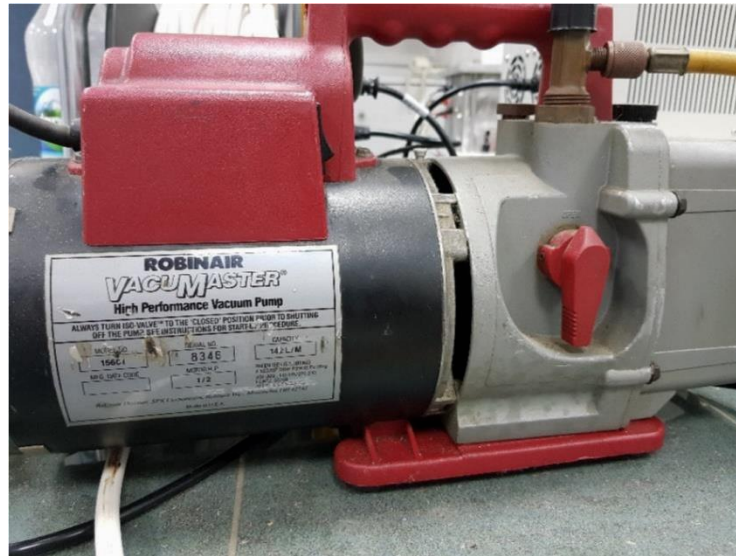


Şekil 3.9. DC ayarlı güç kaynağı.

3.2.6. Vakum Kontrol Ünitesi

Nem sensörü ve basınç sensörlerinden alınan değerlerle vakum pompasının çalışması kontrol edilecektir. Bağıl nem'in % 0 olduğu ve 10^{-1} mbar basınç değerine ulaşıldığı noktada vakum pompası durdurulacak ve platformun vakum vanası kapatılacaktır.

2 kademeli, 142 l/m kapasiteli vakum pompası kullanılmıştır (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Vakum pompası.

3.3. Sistemin Kurulması

3.3.1. Taban Termoelektrik Soğutucu

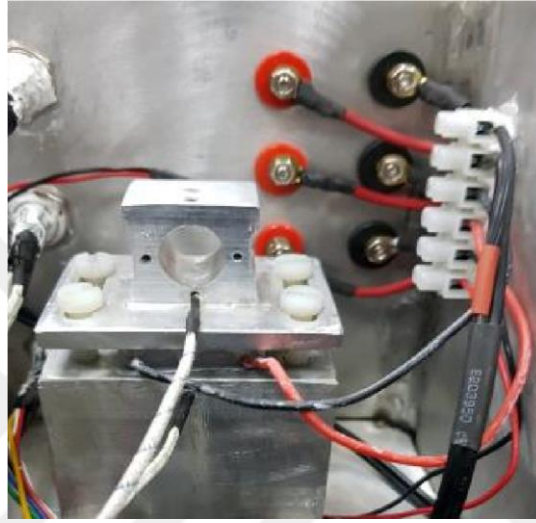
Serpantin ve Soğutucu Fan Montajı: Ulaşılması düşünülen minimum soğukluğa erişebilmek için 3 aşama soğutma hedeflenmiştir. Ortam sıcaklığına ısı transferi yapılacak olan üçüncü aşama soğutma için kullanılacak olan Termoelektrik Soğutucu, kabin alt kısmında yerleşeceği yüzeyin, çok ince zımparalanıp keçe ile parlatıldıktan sonra araya termal macun sürülerek yerleştirilmiştir. Termoelektrik Soğutucunun sıcak tarafının sıcaklığının atılması için 300x150x30 mm Alüminyum soğutucu, taban ile arasında Termoelektrik soğutucu kalacak şekilde vidayla sabitlenmiştir. Alüminyum soğutucu üzerindeki sıcaklığında ortama ısı transferini hızlandırmak için 140x140x38 24V aksiyal fan monte edilmiştir. Taban Termoelektrik Soğutucu ve Soğutucu Fan için gerekli olan elektrik beslemeleri, taban alüminyum plaka üzerine montajlanmış soketlere bağlanmış, güç kaynağından gelen sökölüp takılabilen jak'larla yapılmaktadır (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Taban peltier, soğutucu petek, fan ve kablo bağlantıları.

3.3.3. Lazer Kafa ve Lazer Termo Elektrik Soğutucu Montajı

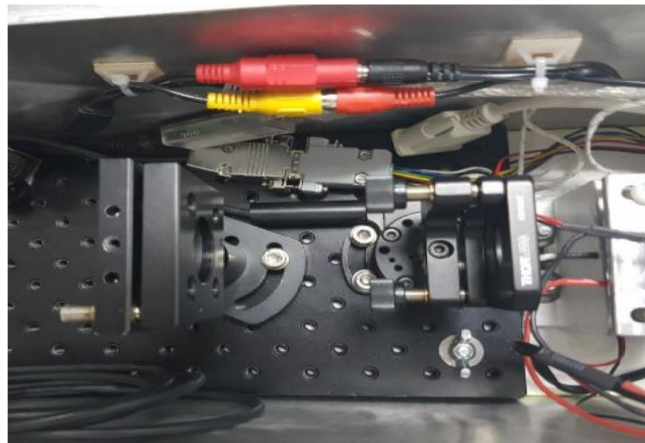
Birinci aşama soğutma, lazer kafa sıcaklığının absorbe edilmesi için kullanılan ve sıcaklığın alüminyum blok üzerine aktarılmasını sağlayan Termoelektrik Soğutucudur. Alüminyum blok üstü ile lazer kafa tabanı zımpara ve keçe ile parlatılıp termal macun sürüldükten sonra arasına birinci aşama termoelektrik soğutucu yerleştirilmiş ve lazer kafa ile alüminyum blok vidalı bağlantı ile sıkıştırılmıştır. Termoelektrik soğutucunun elektrik bağlantısı da kabin üzerinde bulunan soketlere bağlanarak dış ortam güç kaynağına jak ile bağlanacak aşamaya getirilmiştir (Şekil 3.19.).



Şekil 3.13. Lazer kafa ve lazer termoelektrik soğutucu montajı.

3.3.4. Kırınım Izgarası ve Açısal Motor Kontrol Ünitesi Montajı

Kırınım ızgarası ve açısal motor kontrol ünitesinin kabin iç tabanına montajı için, iç tabana 300x150 mm ölçülerinde, vidalama delik merkezler arası 20x20 mm olan montaj plakası sabitlenmiştir. Montaj plakası üzerine açısal motor kontrol ünitesi ve kırınım ızgarası vidalı bağlantı olarak montaj edilmiştir (Şekil 3.20.).



Şekil 3.14. Kırınım ızgarası ve açısal motor kontrol ünitesi

3.3.5. Nem ve Kabin İçi Sıcaklık Kontrol Cihaz Montajı

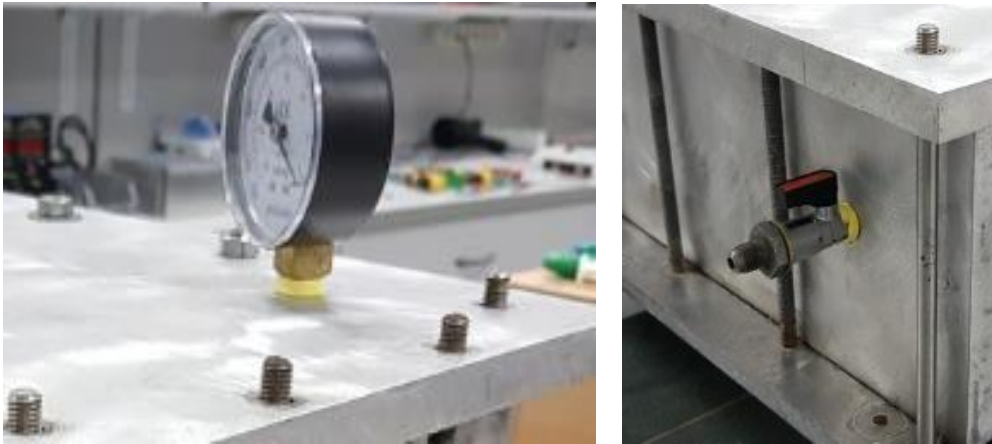
Kabin içerisindeki nemin %0 RH olması düşünülmektedir. Kabin içerisindeki nem değerinin ölçülmesi için Thorlabs TSP-01 Sıcaklık ve Nem Kontrol ünitesi, kabin içi yan yüzeyine monte edilmiş, 9 Pinli konnektörler yoluyla dış ortamdaki bilgisayara aktarılarak ölçümlerin yapılması sağlanmıştır (Şekil 3.21.).



Şekil 3.15. Nem ve sıcaklık kontrolü montajı.

3.3.6. Vakum Basınç Manometresi ve Vakum Pompa Bağlantı Vanası Montajı

Kabin içerisindeki nemi almak ve kabin iç basıncını 1 mbar mertebesine düşürmek için pompa bağlantı vanası ve basınç değerini gözlemek için vakum manometresi montajı yapılmıştır. Vana bağlantısı için kabin yan yüzeyine, manometre için kabin üst kapağına 3/8" iç vida açılarak, teflon bant ile sızdırmazlığı sağlanacak şekilde montajları gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.22.).



Şekil 3.16. Manometre ve vakum basınç vana montajı.

3.4. Platformun Matematiksel Modellemesi

Lazer kafa üzerinde toplam ısı yük hesabı yapılırken aşağıda verilen eşitliklerden faydalanılacaktır. Bu eşitliklerin toplamı bize toplam ısı yükü verecektir. Toplam ısı yük bulunduktan sonra bu ısı yükün atmosferik ortama atılması için;

3.4.1. Lazer Kafa Soğutma Yükü Hesabı

Lazerin bağlı olduğu alüminyum kafa haznenin kütle ısı transfer etkisi ($Q_{Kütle}$).

$$Q_{kütle} = mcp\Delta T/t$$

- m Toplam kütle (Alüminyum lazer kafa kütlesi 0.20 Kg)
- cp Malzemenin ısı kapasitesi (Alüminyum için $cp = 960 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$) [71].
- ΔT İlk ve son sıcaklıklar arasındaki fark (tson-tilk) ($\Delta T = (298 - 217) \text{ K}$)
- t Kütlenin son sıcaklığa inebilmesi için geçen süre (1200 saniye)

Lazer kafanın iletim yolu ile olan ısı transfer etkisi (Q_{iletim}).

$$Q_{iletim} = kA\Delta T/\Delta z \quad (2)$$

- k Isı iletim katsayısı ($k = 130 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$) [71].
- A Isı iletim yüzey alanı (Lazer kafa yüzey alanı $A = 9 \times 10^{-4} \text{ m}^2$)
- ΔT İlk ve son sıcaklıklar arasındaki fark (tson-tilk) ($\Delta T = (298 - 217) \text{ K}$)
- Δz Ortam kalınlığı (AD 590 Isı sensörünün TEC'e olan uzaklığı) ($\Delta z = 0.027 \text{ m}$)

Lazer kafanın taşınım yolu ile olan ısı transfer etkisi ($Q_{taşınım}$).

$$Q_{taşınım} = hA\Delta T \quad (3)$$

- A Isı iletim yüzey alanı (Lazer kafa taşınımına maruz kalan yüzey alanı)($A=0.066 \text{ m}^2$)
- ΔT Ortam sıcaklığı ve TEC yüzey sıcaklığı arasındaki fark ($t_{ortam}-t_{TEC}$) ($\Delta t=81 \text{ }^\circ\text{C}$)
- h Isıl taşınım katsayısı (1Atm, 298K hava şartları için $h = 10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$)

(Sistemde vakum olduğu için; $\sim 1 \text{ mbar}$ basınç ortamında $\rightarrow h= 0,037 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ alınmıştır [62].

Lazer kafanın ışıınım yolu ile olan ısı transfer etkisi ($Q_{ışıınım}$).

$$Q_{ışıınım} = \varepsilon\sigma A(T_{hot}^4 - T_{cold}^4) \quad (4)$$

- ε Kara Cisim ışıınması $\varepsilon = 1$
- σ Stefan-Boltzmann sabiti $\sigma = 5,6703 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$
- A Soğutulan yüzey alanı (Lazer kafa ışıınımına maruz kalan yüzey alanı)

$$A = 6,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

ΔT ; Ortam sıcaklığı ve TEC yüzey sıcaklığı arasındaki fark ($t_{ortam}-t_{TEC}$)

$$\Delta T = 298 - 217 = 81 \text{ K}$$

Lazer diyottan gelen elektrik ısı transfer etkisi (Q_{lazer}).

$$P_{lazer} = UI \text{ (Elektriksel güç)} \quad (5)$$

$$Q_{lazer} = P_{lazer} \%30W \quad (6)$$

Lazere uygulanan elektriksel yükün sadece %30'u ısı enerjisiye dönüşmektedir [17].

I_{LD} Lazer Diyot'a verilen elektrik akımı ($I = 0,055 \text{ A}$).

U_{LD} Lazer Diyot'a verilen voltaj ($U = 2,6 \text{ V}$).

Akım ve gerilim değerleri HL6535MG diyot lazerin katalog eşik akımı ve çalışma voltajı değerleridir.

TEC'den gelen elektrik kaynaklı ısı transfer etkisi (Q_{TEC}).

$$P_{TEC} = U_{TEC}I_{TEC} \quad (6)$$

I_{TEC} Termoelektrik Soğutucuya verilen elektrik akımı ($I_{TEC} = 3,93 \text{ A}$).

U_{TEC} Termoelektrik Soğutucuya verilen voltaj ($U_{TEC} = 8,3 \text{ V}$).

Toplam lazer kafa soğutma yükü (Q_T).

$$Q_T = Q_{k\ddot{u}tle} + Q_{iletim} + Q_{ta\ddot{s}ınım} + Q_{ı\ddot{s}ınım} + Q_{lazer} + Q_{TEC} \quad (7)$$

3.5. Platformun Çalıştırılması

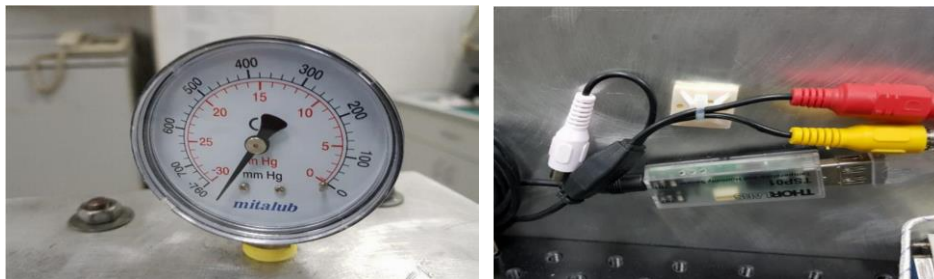
3.5.1. Platformun Mekanik Bağlantıları ve Çalıştırılması

Sistem içerisindeki havanın vakumlanması ve nemin dış ortama atılması için, sistem üzerindeki vana bağlantısına, 3/8" vidalı hortum ve vakum pompası bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Vakum pompası çalıştırılarak vakumlama ve sistem içerisindeki nem alma işlemi sağlanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.17. Vakum sisteminin bağlantısı ve çalıştırılması.

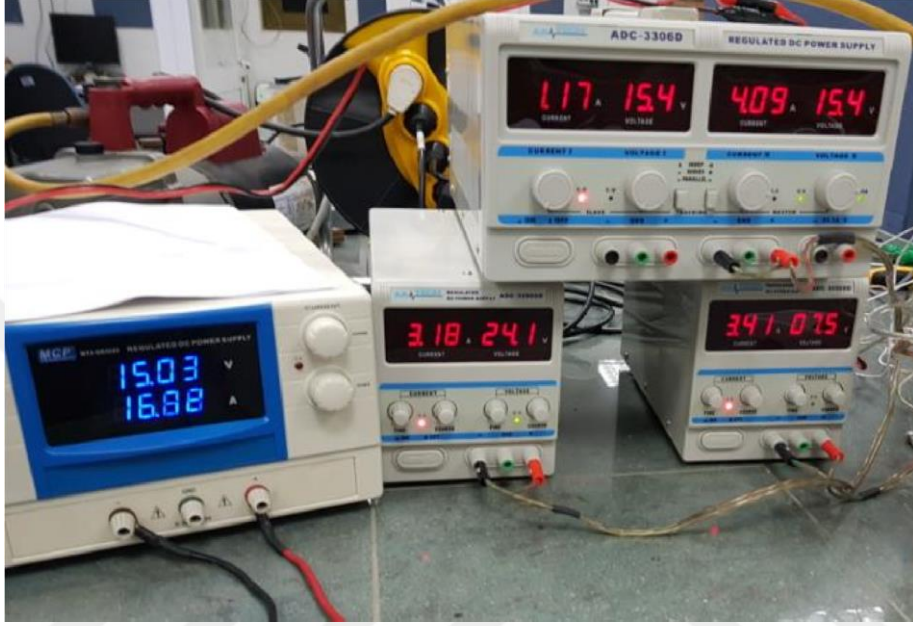
Vakum değeri cihaz üzerindeki analog vakum manometresi ile nem değeri de sistem içerisinde bulunan sıcaklık ve nem ölçer cihazlar ile ölçülebilmektedir (Şekil 3.24).



Şekil 3.18. Vakum manometresi ve ortam sıcaklık - nem ölçümü (Thorlabs TSP01).

3.5.2. Platformun Elektrik Bağlantıları ve Çalıştırılması

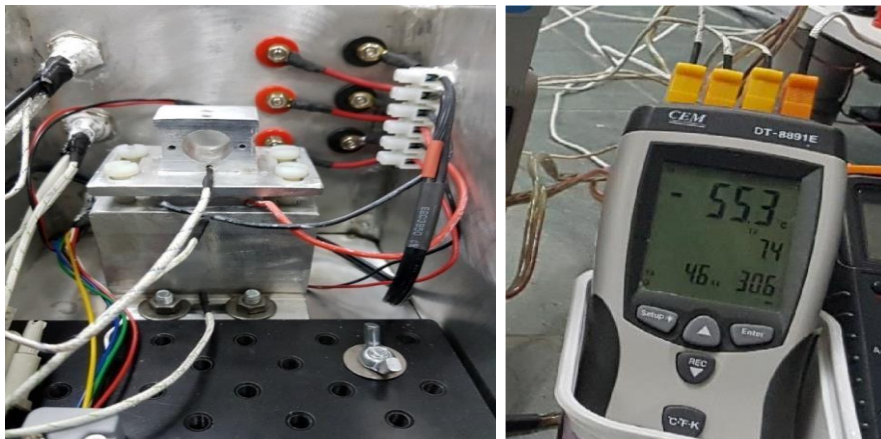
Sistem içerisinde ve dışında bulunan her bir Termoelektrik Soğutucu ve Taban Soğutucu Fanı için ayrı ayrı olmak üzere, farklı gerilimler uygulanabilecek şekilde, DC Güç Kaynaklarına bağlanmış ve yapılan deneyler de Termoelektrik Soğutucuların ve soğutucu fanın gerilim değerleri değiştirilmek suretiyle performans testleri yapılmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.19. Termoelektrik soğutucular ve fan enerji bağlantıları.

3.5.3. Platformun Veri Kabloları Bağlantısı ve Çalıştırılması

Lazer kafa alüminyum blok, alüminyum blok kabin iç tabanı arasında bulunan Termoelektrik Soğutucuların soğuk ve sıcak taraflarının ölçümleri için kullanılan K tipi sensörler ile sıcaklıkların ölçülüp, hissetmiş oldukları sıcaklık değerleri veri bağlantı kabloları ile kabin gövdesindeki soketler üzerinden sıcaklık ölçüm cihazına aktarılmaktadır (Şekil 3.26).

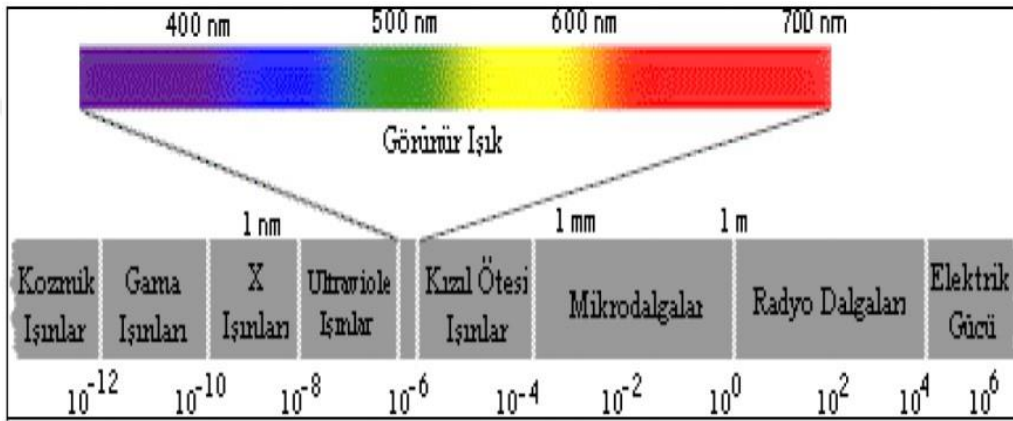


Şekil 3.20. K tipi sensörler ve sıcaklık ölçümleri.

3.6. Platforma Lazer ve Lazerleme İçin Harici Optik Düzeneğin Kurulması, Çalıştırılması

Tasarlanan platform içine lazer kafasının montajının yapılması, geri besleme ünitesi kırınım ızgarasının montajı, lazer kafasından çıkan lazer ışını ve kırınım ızgarası geri besleme ışınlarının hizalanması sonuç olarak lazer ışınının güçlendirilmesi, güç ölçümünün yapılması ve dalga boyunun ölçülmesi planlanmaktadır.

Lazer Diyot olarak, deneysel çalışmalar için, göz sağlığı açısından düşük enerjili olması, ayarlamaların rahat yapılabilmesi, görünür kırmızı ışık vermesi açısından(Şekil 3.27.); $\lambda = 658 \text{ nm}$, $P = 80 \text{ mW}$, tekil mod lazer diyot (Thorlabs-Hitachi HL6535MG) seçilmiştir.



Şekil 3.21. Görünür Işık dalga boyu ve renk dağılımı.

Deneysel kullanım için seçilen lazer'in katalog değerleri Şekil 3.28. de verilmiştir.

Laser Diode FVLD-445-100S



FVLD-445-100S is a single mode laser diode with 100mW CW output power at 445nm. It is supplied in a 5.6mm TO can with Photo Diode and Zener Diode. The laser diode is suitable for the use in various opto-electronic applications.

Absolute Maximum Ratings:

Operating Parameters	Symbol	Rating	Unit
Optical Output Power	P_{out}	120	mW
Reverse Current	$I_{r(LD)}$	85	mA
PD Reverse Voltage	$V_{r(PD)}$	5	V
Storage Temperature	T_{slg}	-40 to +85	°C
Operating Temperature (Case)	T_c	-10 to +60	°C

Optical and Electrical Characteristics:

Operating Parameters	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Optical Output Power	P_{out}	-	-	100	mW
Wavelength	λ	440	445	450	nm
Threshold Current	I_{th}	10	25	50	mA
Forward Current	I_f	80	100	140	mA
Forward Voltage	V_f	4.5	5.3	6.0	V
Slope Efficiency	η	0.8	1.3	1.8	W/A
Beam Divergence Parallel*	$\theta_{ }$	7	8.5	12.5	deg.
Beam Divergence Perpendicular*	θ_{\perp}	17	23.5	25	deg.
Beam Pointing Accuracy $_{ }$	$\theta_{ }$	-	-	± 2.5	deg.
Beam Pointing Accuracy $_{\perp}$	θ_{\perp}	-	-	± 3.0	deg.
Monitor Current	I_m	0.2	1.0	2.0	mA

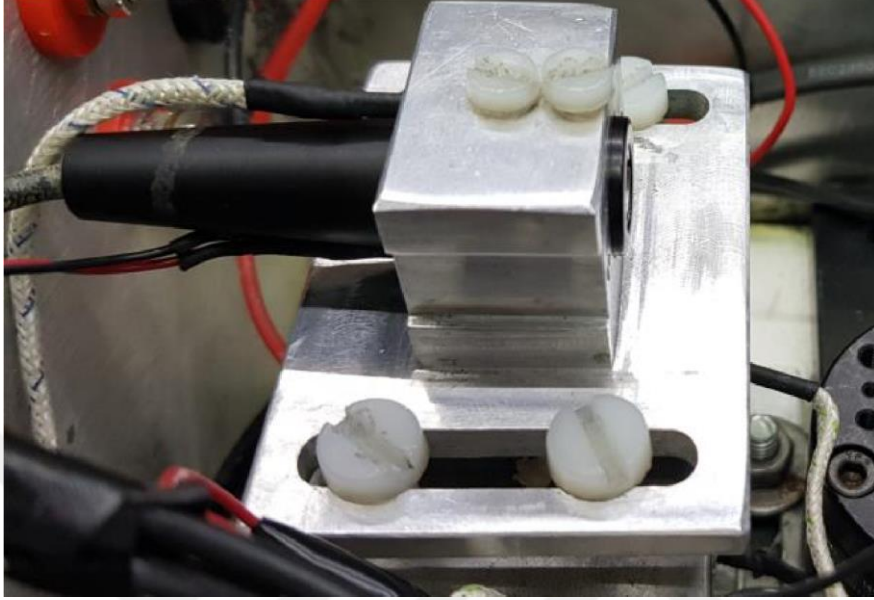
* Full Width Half Maximum

Şekil 3.28. Deneysel amaçlı seçilen 658nm dalga boylu lazerin katalog değerleri.

3.6.1. Lazer'in Lazer Kafasına Montajı

Lazer Diyot kendisine ait özel kılıfa, daha sonrada soğutulmasını sağlayacak olan özel tasarladığımız, Termoelektrik Soğutucu üzerine monte ettiğimiz alüminyum kafa içerisine yerleştirilip plastik vidalarla sıkılmıştır (Şekil 3.29). Yerleştirme yapılırken lazer çıkış ışınının görüntüsü olan oval

şeklin büyük çapı yatay düzleme paralel olacak şekilde gelmesine dikkat edilmiştir. Lazer çıkış ışınının kovuktan çıkış ölçüleri yaklaşık, yatayda 100 mikron, dikeyde 10 mikron gibi bir değerde olması, bu yerleştirmelerin önemini göstermektedir. Yatayda veya bilhassa dikeyde olacak olan mikron mertebesindeki bir sapma, lazer ışınının geri beslemesine engel olacak ve lazerleme oluşmayacaktır.

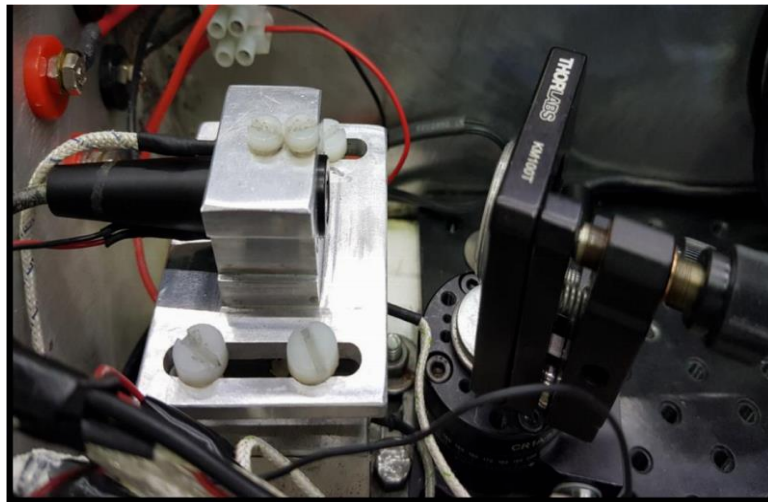


Şekil 3.22. Lazer Diyot'un özel kılıf ve soğutucu aluminyum kafaya montajı.

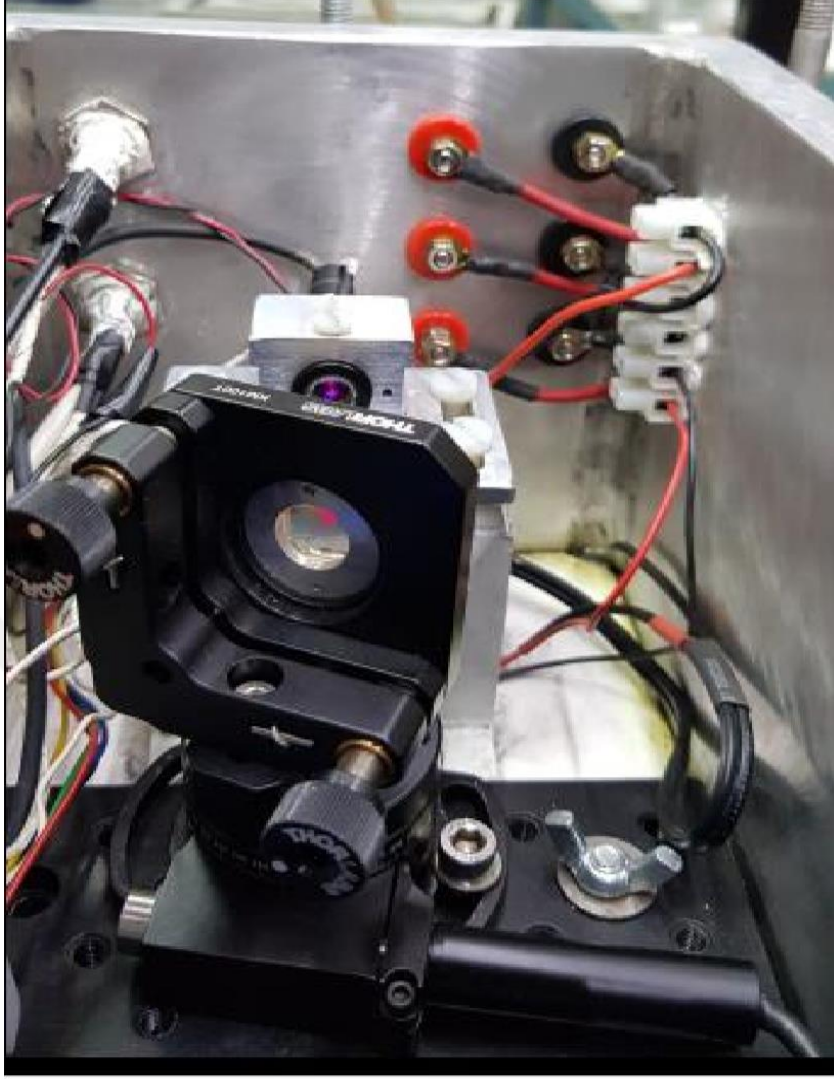
3.6.2 Geri Besleme Ünitesinin Kurulması, Lazerlemenin Elde Edilmesi

Geri besleme ünitesi: Kırınım ızgarası, Kırınım ızgarasının yerleştirildiği el ile hassas açısal ayarların yapıldığı gövde ve bu gövdeyi 360 ° döndürebilen bilgisayar kontrollü motordan oluşmaktadır.

Lazer ışınının kırınım ızgarasının tam ortasına gelecek (Şekil 3.30) ve lazer kovuğu çıkışına mümkün olduğu kadar minimum uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.31).



Şekil 3.23. Geri besleme ünitesi yerleşimi.



Şekil 3.24. Geri besleme ünitesi yerleşimi.

3.6.3. Lazerlemenin Elde Edilmesi

Kırınım ızgarası önce lazer çıkışına dik olacak şekilde yaklaşık yerleştirilmiş daha sonra kırınım ızgarasının bağlı olduğu gövde üzerindeki vidalar ve açısal dönmeyi sağlayan bilgisayar kontrollü motor sürücüsüne, sadece açı değil, dakika olarak ta hassas açısal hareket vererek lazer kovuğuna geri besleme sağlanmıştır.

Sonuç olarak lazer ışınının daha çok parlaması, daha güçlü ışık vermesi gözlemlenmiştir (Şekil 3.32.).



Şekil 3.25. Lazerlemenin Elde Edilmesi

Asıl hedef, kırınım ızgarasının üzerindeki çentiklerin belirli bir açı sonrası tekrar lazer çıkışına dik olarak gelmesi ve bu değerde lazerlemenin oluşturulması olduğu için, bu açısal değere kırınım ızgarasını çevirmek ve o değerde lazerlemenin oluşmasını sağlamaktır.

Teorik olarak, Litrow Konfigürasyonuna göre;

$$\sin^{-1} \theta = \frac{\lambda}{2d}$$

Burada;

$$d = 1/1200 \text{ mm} \text{ (Kırınım ızgarası çentikler arası mesafe. Katolog değeri)}$$

$$\lambda = 658 \text{ nm}$$

$$\theta = \text{ArcSin} \frac{\lambda}{2d} = \text{ArcSin} \left(\frac{0,658 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \frac{1}{1200} \cdot 10^{-3}} \right) \quad \theta = 23,21^\circ$$

Teorik düşünce ile açısal olarak $\theta = 23,21^\circ$ `lik bir kırınım ızgarasının döndürülmesi tekrar lazerlemenin oluşacağı değerdir.

Fakat pratikte, gerek lazer kafasının bulunduğu düzlem, gerekse kırınım ızgarasının bulunduğu düzlem birbirleri ile aynı paralellikte olmama ihtimali, lazer ışınında mikron mertebede geliş açısının

değişmesine sebep olmakta, geri beslemeyi sağlamamakta ve lazerleme oluşmamaktadır. 23° ve 24° aralığında tekrar manuel düğme ayarları ve motorun hassas açısal hareketleri ile bu aralıkta lazerleme yakalanmıştır.

Bu lazerleme işleminin tespitinde, lazer diyotun elektrik beslemesi fabrikasyon lazerlemenin başlayacağı minimum akım değeri olan 52,1 mA ve o anki lazer kafasının sıcaklığı olan $19,77^{\circ}$ sürekli ve sabit olacak şekilde Lazer Kombi Kontrolör ile sabitlenmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.26. Lazerleme için kombi kontrolör ayarları.

4. BULGULAR ve TARTIŞMALAR

Tez çalışması iki aşamada bitirilmiştir. Birinci aşamada lazerle ilgili hedeflenen deneyleri çalıştırmak için platform içi ortam şartlarını sağlamak (%0 nem, ultra düşük sıcaklık, 1mbar basınç değeri), ikinci aşamada normal şartlarda ve hedeflenen şartlarda lazer ışınının gerekli ayarlamalarını yaparak değişimlerini gözlemlemek.

Birinci aşamada, ortam şartlarında platform içinin vakumlama işleminin neticesi olarak, 1mbar basınç değerine çok kısa sürede inilmiş fakat platform içerisindeki nemin tamamen dış ortama atılması yaklaşık 3,5 saat sürmüştür. Bu süre, daha güçlü vakum pompası kullanılması ile kısaltılabilir. Bu işlem bir defaya mahsus yapılacağı için bu sürenin kullanılması kaçınılmazdır.

Bu aşamada en sıkıntılı durum lazer kafasının ultra sıcaklıklara inilmesi durumudur. Bunun için termoelektrik soğutucular ve bunların birbirleri ile kaskat bağlanmaları, ayrıca termo elektrik soğutucuların beslenen gerilim ve akıma göre çalışma performanslarının olumlu veya olumsuz değişebilmesi ve bunların tespit edilmesi önem arz etmektedir.

4.1. Kaskat Termoelektrik Soğutucuların Performans Testleri ve Sonuçları

Elimizde bulunan çeşitli soğutma güçlerindeki termoelektrik soğutucuların birbirlerine aktaracağı maksimum ısı transferini sağlayacak güç oranları ve uygulanacak elektriksel gerilim değerleri yapılan deneysel çalışmalarla tespit edilmiştir. Aşağıda bu deneysel çalışmaların veri değerleri tablo ve grafik olarak aktarılmıştır.

Deneysel çalışma esnasında ısı transferinin lazer kafa üzerinden dış ortama(atmosfere) atılana kadar geçen her aşamadaki kaskat TEC'ler, tabandan itibaren sırasıyla çalıştırılmıştır. Bu sayede TEC'ler üzerinde ısıl birikme, TEC'lerin ters tepki yapmasının önüne geçilmiştir.

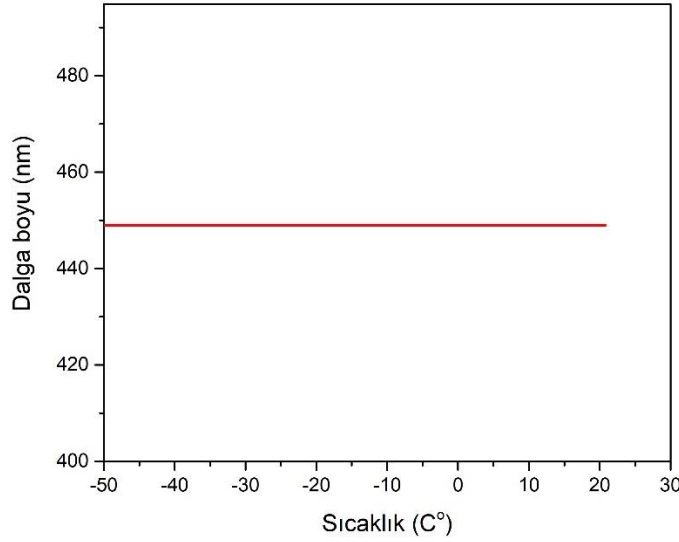
DENEY 1 445nm Lazer Diyotun Farklı Sıcaklıklarda Akım Çıkış Gücü Değişim Verileri

Çizelge 4.1'de farklı sıcaklıklarda 20,87 C° - -50 C° arası ve dalga boyu göstermektedir.

Tablo 4.1. Farklı sıcaklıklarda dalga boyu çıkış

Sıcaklık °C	Dalga Boyu nm
20.87	449
12.4	449
0	449
-10	449
-15	449
-20	449
-25	449
-30	449
-35	449
-40	449
-45	449
-50	449

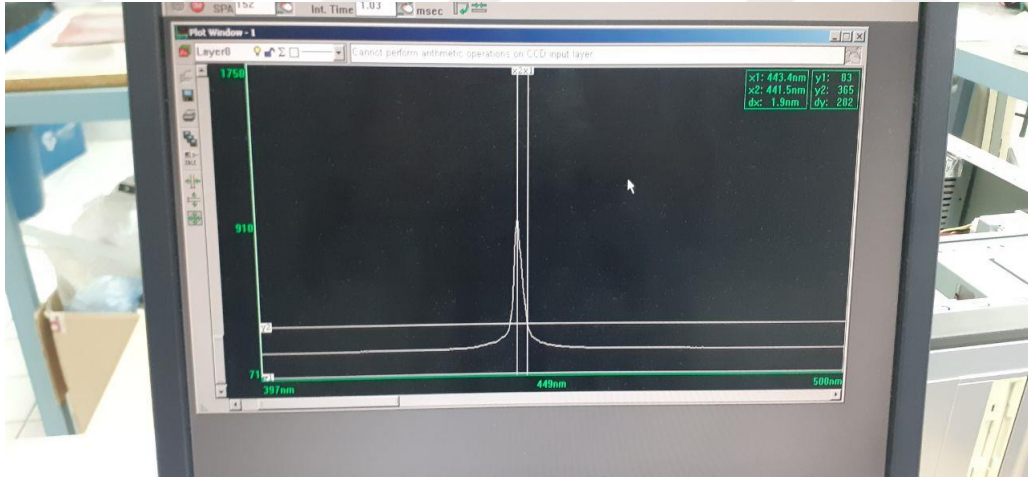
Şekildeki(4.1.) sıcaklık dalga boyuna karşı grafiği göstermektedir.



Şekil 4.1. Sıcaklığın dalga boyuna karşı grafisi

Grafiğe göre dalga boyu 20,87 C° - -50 C° sıcaklıklar arasında değişmemektedir (449 nm dir).

farklı sıcaklıklarda 20,87 C° - -50 C° arası ve 25.51 A lazer akımıyla dalga boyu 449 nm vermiştir.



Şekil 4.2. Dalga boyu tarama aralık grafiği 1. Ölçümü

Yapılan deneyler sonucunda kullanılan yarıiletken lazer diyotların tamamında soğutma işleminin lazerleme işlemi için gerekli olan eşik akımını daha düşük değerlere çektiği görülmüştür. Sıcaklık artışı ise lazerleme işleminin başlayabilmesi için daha yüksek akım değerlerine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Farklı sıcaklıklar için elde edilen akım çıkış gücü grafiklerinde bu net bir şekilde görülmektedir. Yarıiletken lazer diyotların dalga boyunu incelediğimizde ise dalga boyunun hem sıcaklıktan hem de akımdan etkilendiği görülmektedir. Düşük sıcaklıklarda lazer ışığına ait dalga boyu

değeri tipik dalga boyu değerinden küçük, yüksek sıcaklıklarda ise dalga boyu değeri tipik değerden yüksektir. Akımla dalga boyu değişimine bakıldığında akımla dalga boyunun arttığı görülmektedir. Bu da bize istenilen dalga boyu için seçicilik sağlamaktadır. Herhangi bir çalışmada kullanılacak lazer ışını dalga boyu akım ve sıcaklığa bağlı olarak istenilen değerde sabit tutulabilir. Lazerlerin ışığının dalga boyu hassas değişimlerle 0,1 nm mertebesinde değişmektedir. Bu değişimler sıçrama (mode hopping) şeklinde olmaktadır. Elde edilen akım dalga boyu ve sıcaklık dalga boyu değişim grafiklerinde bu sıçrama açık bir şekilde görülebilmektedir. Diğer lazerlere göre daha yeni olan 520 nm AlGaIn tipi yeşil renk diyotların ışık karakteristikleri diğerlerine göre kesmeli ışığa sahip yarıiletken lazer farklılık göstermektedir. 445 nm yarı iletken lazer diyot -48 °C sıcaklıklardan daha düşük sıcaklıklarda lazerleme işlemi yapmamaktadır. -50 °C ile -31 °C sıcaklıklar arasındaki akıma değişimine karşı lazer ışığı optik çıkış gücü grafikleri incelendiğinde lazerleme bölgesinde gücün lineer değişmediği görülebilir. Yarı iletken lazer diyotların sabit sıcaklık ve aynı akımda optik güçleri karşılaştırıldığında her bir lazerin gücünün farklı olduğu görüldü. Yapılacak çalışmalarda amaca uygun yarıiletken lazer diyotun seçilmesi için elde edilen grafiklerden faydalanılabilir.

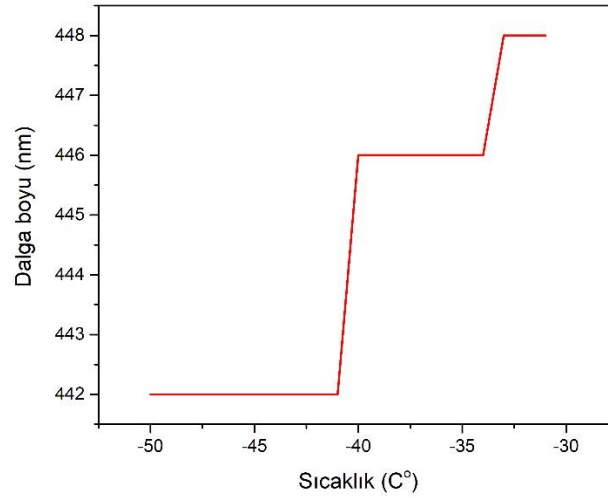
Çizelgedeki 4.2. farklı sıcaklıklarda, farklı lazer akımlarda ve farklı güçlerde dalga boyları göstermektedir.

Tablo 4.2. Farklı sıcaklıklarda, farklı lazer akımlarda ve farklı güçlerde dalga boyları göstermektedir

<i>Lazer Akım (A)</i>	<i>Gücü mW</i>	<i>sıcaklık</i>	<i>Dalga boyu(nm)</i>
0.150	10:15	-50°C	442
0.200	19:86	-50°C	442
0.250	30:17	-50°C	442
0.300	39:10	-50°C	442
0.350	47:40	-50°C	442
0.400	55:05	-50°C	442
0.450	64:42	-50°C	442
0.500	75:70	-50°C	442
0.550	86:94	-50°C	442
0.600	96:08	-50°C	442
0.650	102: 3	-50°C	442
0.700	108:6	-41°C	442

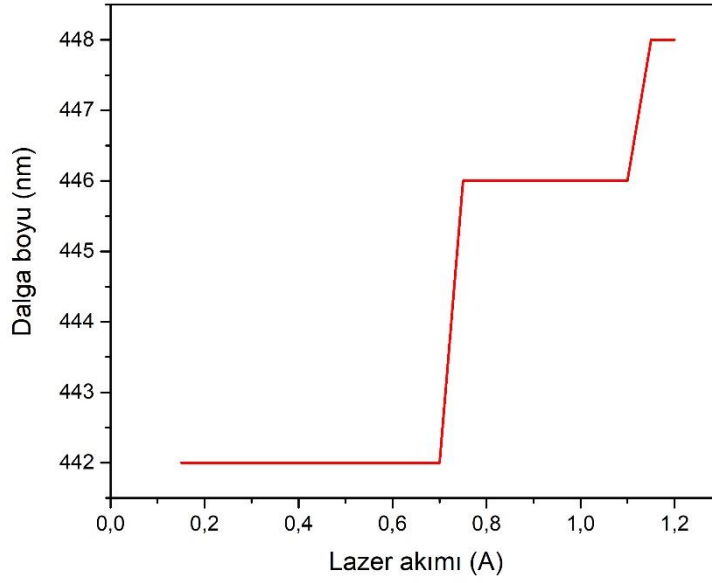
0.750	118:5	-40°C	446
0.800	130	-38°C	446
0.850	142:2	-37°C	446
0.900	151:6	-37°C	446
0.950	158:2	-36°C	446
1.000	165	-35°C	446
1.050	177:1	-34°C	446
1.100	190:1	-34°C	446
1.150	198:7	-33°C	448
1.200	204:8	-31°C	448

Şekildeki (4.3) sıcaklık dalga boyuna karşı grafiği göstermektedir. Dalga boyu -50 C°, -41C° sıcaklıklar arasında sabittir (442 nm dir). -40C°, -34C° sıcaklıklar arasında dalga boyu 446 nm dir. -33C°, -31C° dalga boyu 448 nm dir.



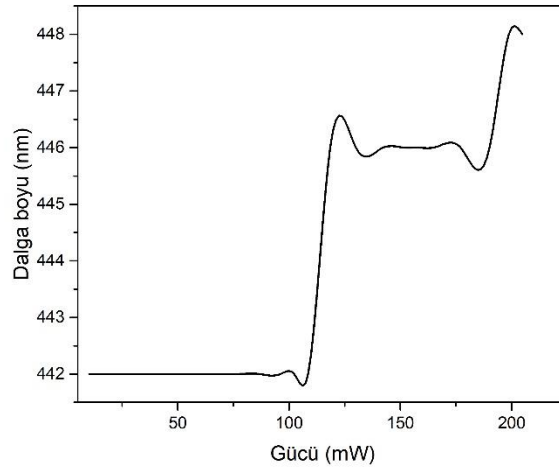
Şekil 4.3. Sıcaklığın dalga boyuna karşı grafişi.

Şekildeki(4.4) lazer akımı dalga boyuna karşı grafiği göstermektedir. Dalga boyu 0,15- 0,7 lazer akımlar arası sabittir (442 nm dir). 0,75- 1,1 lazer akımlar arası dalga boyu 446 nm dir. 1,15- 1,12 lazer akımlar arası dalga boyu 448 nm dir.



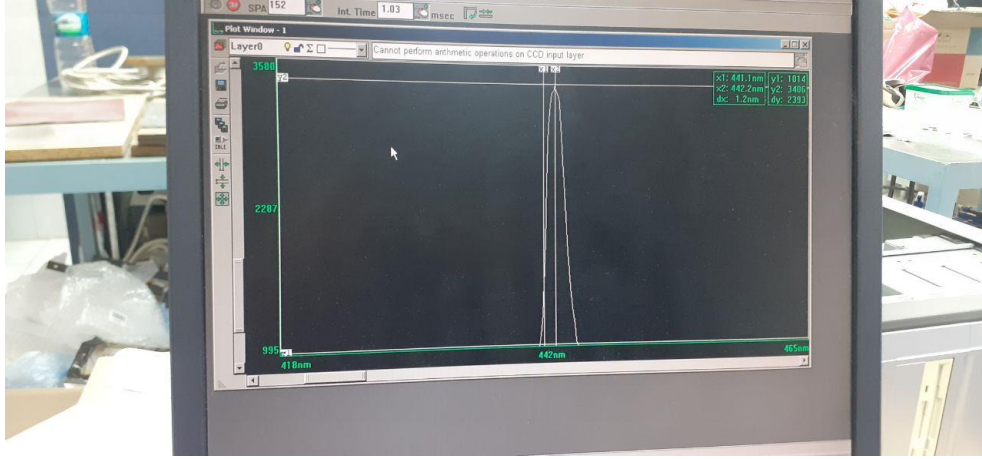
Şekil 4.4.Lazer akımının dalga boyuna karşı grafisi.

(4.5)Şekildeki lazer gücü dalga boyuna karşı grafiği göstermektedir.



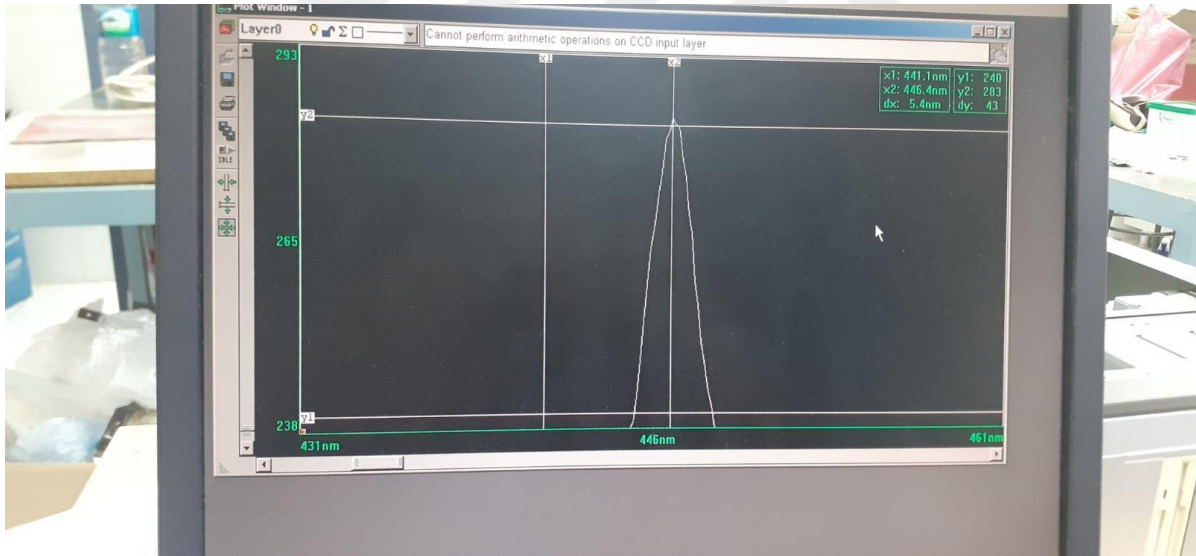
Şekil 4.5. Lazer gücünün dalga boyuna karşı grafisi.

Farklı sıcaklıklarda (-50 C°- -41 C°) arası, 0,15 A-0,7 A arası lazer akımıyla dalga boyu 442 nm vermiştir.



Şekil 4.6. Dalga boyu tarama aralık grafiği 2. Ölçümü.

Farklı sıcaklıklarda (-40 C° - -34 C°) arası, $0,75\text{ A}$ - $1,1\text{ A}$ arası lazer akımıyla dalga boyu 446 nm vermiştir



Şekil 4.7. Dalga boyu tarama aralık grafiği 3. Ölçümü.

Yapılan deneylerde elde edilen verilerden oluşturulan tablolar ve grafik çizimleri sonucunda görüldüğü gibi, inilebilen en düşük sıcaklık değeri -50 C° , ikinci deneyde elde edilmiştir. Tablolardaki data değerleri ve grafik çizimlerinde $\%0$ nem ve manometre`de ölçülen 1 mBar vakum basıncı değerlerinede ulaşılmıştır. Bundan sonraki aşama olan lazer uygulama deneyleri, elde edilen bu sonuçların ulaşıldığı iki numaralı deney düzeneği kullanılarak yapılacaktır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan deneylere göre lazerler bazı sonuçlar ve öneriler vardır. Sıcaklık değişimine göre ve lazer akımı ve gücü sabit tutularak dalga boyu ölçümü yaparak lazerin karakterizasyonunun incelenmiştir. lazer akımı değişimine göre dalga boyu ve güç ölçümü yaparak lazerin karakterizasyonunun araştırılmıştır. Lazer kafası ve soğutma sistemini içeren çalışma ortamındaki nemi en az indirmek için emiş sistemi kullanılmıştır. Yarı iletken diyot lazerin önüne konan bir kollektör merceği, yoğunlaşmanın onu etkilemesini önlemiştir. Vakum kapağın içine yerleştirilerek nemin algılanmasında kullanılmıştır. Fanlar, termoelektrik soğutucular ve bir vakum pompası için güç sağlanmıştır. Nem sensörü ve basınç sensörlerinden alınan değerlerle vakum pompasının çalışması kontrol edilmiştir. Bağıl nem'in % 0 olduğu ve 1mbar basınç değerine ulaşıldığı noktada vakum pompası durdurulmuştur ve platformun vakum vanası kapatılmıştır. Lazerlerin ışığının dalga boyu hassas değişimler ile 0,1 nm mertebesinde değişmiştir. Akım ile dalga boyu değişimine incelediğinde akım ile dalga boyunu arttığı görülmüştür. Şekil (4.2) de çıkan dalga boyu tarama aralığı 443,4 nm ile 441,5 nm aralığında 1,9 nm' lik bir değişimdir. Şekil (4.3) de çıkan dalga boyu tarama aralığı 441,1 nm ile 442,2 nm aralığında 1,2 nm' lik bir değişimdir.

Şekildeki (4.1) lazer akımı 25,51 A değerinde sabit tutularak ve 20,87 C° - -50 C° sıcaklıklar arası değişimle çıkan dalga boyu 449 nm dir ve hiç değişmemiştir. Şekil (4.6) de lazer akımı 0,15 A değerden 0,7 A değere kadar dalga boyu 442 nm de sabit kalmıştır, ama lazer akımı 0,75 A değerinde dalga boyu değişmiştir ve 446 nm olmuştur. Ayrıca lazer akımı 0,75 değerden 1,1 A değere kadar dalga boyu 446 nm değerinde sabit kalmıştır. Sonra da lazer akımı 1,15 A değerinde değişmiştir ve 448 nm olmuştur. Çizelge (4.2) de lazer akımı artmasıyla lazer gücü arttığı görülmektedir. Sıcaklık derecesi 0,65 A - 1,2 A lazer akımı arasında arttığı görülmektedir. Ayrıca sıcaklık derecesi 102,3 mW – 204,8 mW lazer gücü arasında arttığı görülmektedir. Yarı iletken lazer diyotların dalga boyunu araştırdığımızda dalga boyunun sıcaklıktan ve akımdan etkilendiği göstermektedir. Akım ile dalga boyu değişimine incelendiğinde akımla dalga boyunun arttığını göstermektedir. Yarı iletken lazer diyotların sabit sıcaklıkta ve aynı akımla optik güçleri karşılaştırıldığı zaman her bir lazerin gücünün farklı olduğu görülmüştür. Akım ile dalga boyu değişimine bakıldığı zaman akım ile dalga boyunu arttığı görülmüştür. 445 nm yarı iletken kırmızı lazer diyot -50 C° sıcaklıklardan daha az sıcaklıklarda lazerleme işlemi yapılmamaktadır. Herhangi bir çalışmada kullanılacak lazer ışını dalga boyu akım ve gücüye bağlı olarak istenilen değerinde sabit tutulabilir. Yarı iletken lazer diyotların sabit sıcaklık ve aynı akımda optik güçleri karşılaştırıldığı zaman her bir lazerin gücünün farklı olduğu görülmüştür. 445 nm yarı iletken lazer diyot ayrı bir tez konusu olarak incelendiği zaman bilime pek yararlı katkılar sunabilir.

KAYNAKLAR

A.

- Ali osman özdemir mersin üniversitesi 2019
- Yari iletken diyot lazerler için mikro bölgesi elektronik sıcaklık kontrollü lazer haznesitasarimiyüksek. Aydın R., Lazer ve Temel Uygulamaları ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, 2016, p16.
- . Akkoyun S., and Bayram T., Fizik ve Geometrik Optik 1&2, Seçkin yayıncılık, 2018,13-16

B.

Bülent harun kılıç mersin üniversitesi 2021

Vakum ortamında düşük sıcaklıklı, taranabilen harici optik geri beslemeli diyot lazer sistemi platformunun tasarlanması, kurulması ve çalıştırılması.

- . Billings C. W., Tabak J.,Çeviri Tanrıöver G., Tübitak Popüler Bilim Kitapları, 2006, 5-9
- Bennets S., Hardman K. S., Debs J. E., McDonald G. D., Kuhn C. C. N., Close J. D., and Robins N. P., . External cavity diode lasers with 5kHz linewidth and 200nm tuning range at 1.55µm, Optics Express, 2014: 22; 10643-10654.

D.

Dutta S., Elliott D. S., and Chen Y. P., Mode-hop free tuning over 135 GHz of external cavity diode lasers without antireflection coating, App. Phys. B, 2012: 106; 629-633.

F.

M.W. Fleming and A.Mooradian, Spectral Characteristics of External-cavity Controlled Semiconductor Laser, IEEE. J. QE. Vol:7, pp. 44... ,1981.

Fleming M. W. And Mooradian A., Spectral Characteristic of external-cavity controlled semiconductor lasers,IEEE Journal of Quantum Electronics 1981: QE-17;(1),44-59.

Fortin G., and McCarthy N., Continious Tuning of diode laser over 8.4 THz near 1550 nm with a chirped grating, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 2011:17; (6), 1499-1503.

. Fang Z., Cai H., Chen G., Qu R., Single Frequency Semiconductor Lasers, Springer, 2017

G.

Gamze balkız çetin mersin üniversitesi 2019

405 nm dalga boylu, yansıtımlı kırınım ızgaralı harici optik geri beslemeli diyot lazer sistemi.

Galbacs G., Review of Applications and Experimental Improvements Related to the Diode Laser Atomic Spectroscopy, Appl. Spectros. Rev., 2006.

. Galbacs G., A review of applications and experimental instruments related to diode laser atomic spectroscopy, Applied Spectroscopy Reviews, 2006: 41; 259-303.

K.

- . Köksal F., Köseoğlu R., Spektroskopi ve Lazerlere Giriş, Nobel Yayınları, 2010, 251-278
- . D. A. Klinmann and P. P. Kisliuk, Discrimination against unwanted orders in the Fabry – Perot Resonator, Bell. Syst. Tech. J., Vol: 41 , pp. 453.. ,1962.
- T. R. Koelher and J. P. Goldsborough, Tree-reflector Optical Cavity for Mode Discrimination, Bull. Amer. Phys. Soc., Vol:7, pp. 446.. ,1962.
- . Letokhov, Lazer İşaretlemede (M. Stuke, Ed.), s. 153-168, Springer-Verlag, Berli (1992).

L.

- Ludeke R., Harris E.P., Tunable GaAs laser in an external dispersive cavity, Appl. Phys., 1972, 20, 499-500.
- . Lazerin 50. Yılı özel sayısı, Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı 510, Mayıs 2010.
- . Luvsandamdi E., Spießberger S., Schiemangk M., Sham A., Mura G., Wicht A., Peters A., Erbert G. and Tränkle G., Development of narrow linewidth, micro-integrated cavity diode lasers for quantum optics experiments in space, Applied Physics B, 2013: 111; 255-260.
- . Loh H., Lin Y., Teper I., Cetina M., Simon J., Thompson J. K. and Vuletic V., Influence of grating parameters on the linewidths of external-cavity diode lasers, Applied Optics, 2006: 45; (36), 9191-9197.

P.

- . Pedrotti F.L., Pedrotti L.S., Pedrotti L.M., Çeviri Metin Özdemir, Palme Yayıncılık 2014.
- Peltier nedir? Nasıl çalışır, <https://teknolojiprojeleri.com>

H.

- Hayashi I., Panish M.B., Foy, P.W., Sumski, S., Junction lasers which operate continuously at room temperature Apply. Phys. Lett., 1970, 17, 109-111.
- . Hawthorn C. J., Weber K. P. and Scholten R. E., Littrow configuration tunable external cavity diode laser with fixed direction output beam, Review of Scientific Instruments, 2001: 72; (12), 4477-4479.
- . Henry C. H. , Theory of linewidth of semiconductor lasers, IEEE Journal of Quantum Electronics, 1982: QE18; (1), 259-263.

J.

- Joseph T. Verdeyen, Laser Electronics, Prentice Hall New Jersey, 1989.
- . Jechow A., Raab V., Menzel R., Cenkier M., Stry S., and Sacher J., 1W tunable near diffraction limited light from a broad area laser diode in an external cavity with a line width of 1.7MHz, Optics Communications, 2007: 277; 161-165.

R

- RMT Ltd Thermoelectric Cooling, <http://www.rmtltd.ru/>,

S.

- Sabit dede mersin üniversitesi 2019

Algaas ve algan tipi lazer diyotların 223 kısıcıklıklarında ışık karakteristiklerinin akımve sıcaklığa bağlı olarak incelenmesi.

T

Topdemir H. G., Işığın Öyküsü, Tübitak Popüler Bilim Kitapları 263, 2006, 9-189

Thermoelectric Handbook www.lairdthermal.com

Tombez L., Cappelli F., Schilt S., Di Domenico G., Bartalini S., and Hofstetter D., Wavelength tuning and thermal dynamics of continuous-wave mid-infrared distributed feedback quantum cascade lasers, *Applied Physics. Letters*, 2013: 103; (3), 1-5.

Tellurex Corporation, www.tellurex.com 2010

Tarakçıoğlu N., Özcan M., Lazerler ve Materyal İşleme Uygulamaları, Atlas Yayın, 2004.

Tunable diode lasers, Toptica Photonics, www.toptica.com.

. Thomson D. J. and Scholten R. E. Narrow linewidth tunable external cavity diode laser using wide bandwidth filter, *Review of Scientific Instruments*, 2012: 83; 023107.

W

Wieman E., Hollberg L., Using diode lasers for atomic physics, *Rev. Sci. Instrum.*, 62 (1), 1991, 1-20.

Wieman E., Pritchard E., Wineland D. J., Atom cooling, trapping and quantum manipulation *Rev. Mod. Phys.*, 1999.

. Wilson J., Hawkes J. B., Çeviri İbrahim Okur, Optoelektronik, Değişim Yayınları, 2000.

Wyatt R. And Devlin W. J., 10 kHz linewidth 1.5 μ m InGaAsP external cavity laser 55nm tuning range, *Electronic letters*, 1983: 19 (3), 110-112.

. Wieman C. E., Holberg L., Using Diode Lasers for atomic physics, *Review of Scientific Instruments*, (1991); 62, 1-20.

. Wang W., Major A. and Paliwal J., Grating stabilised external cavity diode lasers for Raman spectroscopy, *Applied Spectroscopy Review*, 2012: 47; 116-143.

Z.

Zülfü doğan mersin üniversitesi 2019

520 nm dalga boylu harici optik geri beslemelidiyot lazer sistemi için çizgisel geometrili hacimf azlı kırınım ızgaralı lazer kovuğu tasarlanması, kurulması ve çalıştırılması.

