

**YARI-İLETKEN DİYOT LAZERLER İÇİN MİKRO BÖLGELİ,
ELEKTRONİK SICAKLIK KONTROLLÜ LAZER HAZNESİ
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ OSMAN ÖZDEMİR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FİZİK
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
HAZİRAN- 2019**

**YARI-İLETKEN DİYOT LAZERLER İÇİN MİKRO BÖLGELİ,
ELEKTRONİK SICAKLIK KONTROLLÜ LAZER HAZNESİ
TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ OSMAN ÖZDEMİR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

FİZİK

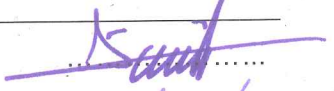


ANABİLİM DALI

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKARA**

**MERSİN
HAZİRAN - 2019**

ONAY

Ali Osman ÖZDEMİR tarafından Dr. Öğretim Üyesi İbrahim KÜÇÜKKARA danışmanlığında hazırlanan “Yarı-İletken diyot lazerler için mikro bölgesi, elektronik sıcaklık kontrollü lazer haznesi tasarımı” başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 28 Haziran 2019 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Prof.Dr. A. Murat GİZİR	
Üye	Doç.Dr. Muharrem KUNDURACI	
Üye	Dr.Öğr.Üyesi İbrahim KÜÇÜKKARA	

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 12./07/2019 tarih ve 2019.28./895 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Cahit BİLİM
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi

beyan ederim.

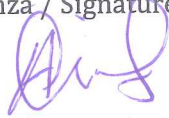
ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

28 Haziran 2019 / 28 June 2019

İmza / Signature



Öğrenci Ali Osman ÖZDEMİR / Student Ali Osman ÖZDEMİR

ÖZET

YARI-İLETKEN DİYOT LAZERLER İÇİN MİKRO BÖLGELİ, ELEKTRONİK SICAKLIK KONTROLLÜ LAZER HAZNESİ TASARIMI

1980'li yılların başında oda sıcaklığında çalışabilen ilk yarı-iletken diyot lazer (Lazer Diyotu, LD) üretildi. 1990'lı yılların sonlarına doğru diyot lazerler, akortlanabilir lazer sistemleri içinde yeni ve pek çok üstünlüğe sahip araçlar olarak, atomik araştırmalar konusu başta olmak üzere çok farklı temel bilim ve teknoloji alanında kullanılmaya başlandı. LD, önüne konulan bir frekans seçici eleman yardımıyla Harici Optik Salıncılı Diyot Lazer (HOSDL) sistemi adını verdiğimiz ve tek bir atomu dahi kontrol edebilen hassas bir araç haline getirildi. 2001 yılında Bose-Einstein yoğunlaşmasına ait deneysel gösterimin HOSDL ile yapılması ve çalışmanın Nobel ödülü alması, bu lazer sistemin öneminin artmasına neden oldu. HOSDL sistemleri başta atomların kuantum düzeylerinin kontrolü ve fiber optik haberleşme olmak üzere, pek çok temel ve uygulamalı araştırmanın önemli araçlarından birisi oldu. Ancak tarama aralıklarının birkaç nanometre ile sınırlı olması, mekanik, akustik ve ısıl değişimlere karşı hassas olmaları bu sistemlerin geliştirilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Yukarıda belirtilen iki sorunun çözümüne ilişkin yaklaşımımız; LD'yi -85°C ye kadar soğutabilecek ve sistemi vakum ortamında çalıştırabilecek, kullanımı kolay, çok işlevli bir platformdur.

Sunduğumuz tezde; Peltier (TEC) soğutucu kullanılarak yeni tasarlanan lazer kafası sisteminde lazer çip sıcaklığının kararlı halde (0.01 °C) tutulması hedeflenmiştir. Önerilen lazer kafası sistemiyle birlikte Lazer kafasının küçültülmesi, ısı transferinin hızlı olması, ısıl değişimlere hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi ve peltier (TEC) sistemiyle mikro bölgeli lazer kafası sıcaklığının istenilen değerde tutulması sağlanmıştır. Vakum ortamı kendi tasarladığımız hava soğutmalı pratik kullanımlı lazer platformu ile sağlanmıştır. Böylece, bu çalışma HOSDL sisteminin atom-foton etkileşimi altında yer alan kullanım alanının genişlemesine katkıda bulunuldu. Tasarlanan bu sistem nano-optik araştırmalarında, malzeme bilimi alanında, lazer spektroskopisinde, atomik araştırmalarda, kuantum girişimi konularında akortlanabilir dar bantlı lazer ışık kaynağı gereksinimini karşılayacağı öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Harici Optik Salıncılı Diyot Lazer Sistemleri (HOSDLS), Peltier (TEC), Lazer Fiziği, Lazer Spektroskopisi, Atom Fiziği, Fizik.

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

ABSTRACT

DESIGNING LASER HOUSING WITH MICRO FIELD AND ELECTRONIC TEMPERATURE CONTROLLED FOR SEMICONDUCTOR DIODE LASER

In the beginning of 1980's the first semiconductor laser diode (LD) working at room temperature was successfully operated. Two decades later, at the end of the 1990's diode lasers started to play very important role in the tunable lasers family with lots of new and useful features mainly in the atomic researches and in the different technologies. An External Cavity Diode Laser (ECDL) system, consists mainly of a LD and a frequency selective element placed in front of it which, can control even a single atom. In the year 2001 Bose-Einstein condensation experiment successfully conducted with the aid of an ECDL system. Finally this experimental work won the Nobel Prize accordingly ECDLs took the attention from the different research fields including analytical chemistry, material science, quantum optics etc. In the first place, ECDL systems were used in field of the quantum control of the atoms and as an applied fiber optic communication technology. But ECDL system had some important restrictions including sensitivity to mechanical, acoustic, thermal variations. More importantly this system's tuning ability is still restricted with a few nano-meter. Therefore, those drawbacks with the ECDL systems bring new research opportunities.

In our thesis; designing a platform that is running the LD down to -85 Celsius under vacuum with the ease of use, practical and multi functional. Our goal in this research proposal is keeping stable (0.01 °C) of laser chip temperature by using TEC in the new laser designed. It will provide that laser head is minimised, heat transfer is been fastly, thermal changes are been able to operate fastly with the laser head system suggested and the laser diode chip temperature with micro field is keeping value desired. Potential uses of the designed ECDL system are in the fields of nano-optics, material science, laser spectroscopy and atom-photon interaction.

Keywords: External Cavity Diode Laser Systems (ECDLS), Laser Physics, Laser Spectroscopy, Atom Physics, Physics, Reflective Holographic Grating.

Advisor: Assoc. Yrd. Doç. Dr. İbrahim KÜÇÜKKARA, Department of Physics, University of Mersin

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteğini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KÜÇÜKKARA'ya, yüksek lisans tez savunma sınavı jürilerim Prof. Dr. Ahmet Murat GİZİR'e, Doç. Dr. Muharrem KUNDURACIYA'ya, her konuda destekçim olan kıymetli dostum laboratuvar arkadaşım Barış POLAT'a, maddi ve manevi destekleriyle beni bu günlerime getiren annem Zühal ÖZDEMİR'e ve babam Aydın ÖZDEMİR'e, her daim arkamda duran ablam Pınar ŐENGÖNÜL'e ve eniştem Tolga ŐENGÖNÜL'e, her konuda desteğiyle bana güç veren Dilek TEKİNÖZDEMİR'e, çok sevdiğim kıymetli dostlarım Mehmet Kemal SALAHO'ya, Oğuzcan IRMAKCAN'a, Vasfi Cem DEMİR'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	ii
ONAY	iii
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR ve SİMGELER	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1. Işığın Yapısı	3
2.2. Lazer İşlemi	6
2.2.1. Radyasyon Salınması ve Soğurulması	6
2.2.2. Einstein Bağlılıkları	8
2.2.3. Nüfus Tersinmesi	9
2.2.4. Optik Geri Besleme	12
2.3. Lazerin Doğası	12
2.3.1. Tek Renklilik	12
2.3.2. Yönlenebilirlik	13
2.3.3. Parlaklık	13
2.3.4. Eş Evrelilik	14
2.4. Lazer Çeşitleri	14
2.4.1. Gaz Lazerler	14
2.4.2. Katı-Hal Lazerler	15
2.4.3. Boya Lazerler	16
2.4.4. Yarı İletken Diyot Lazerler	16
2.4.4.1. (HOSDL)Harici Optik Salıncılı Diyot Lazerler	18
2.5. Termoelektrik Soğutucular (TEC, Peltier)	20
2.5.1. Termoelektrik Etkiler	20
2.5.1.1. Seebeck Etkisi	20
2.5.1.2. Peltier Etkisi	21
2.5.1.3. Thomson Etkisi	22
2.5.2. Termoelektrik Soğutucuların Yapısı ve Çalışma Prensibi	22
2.5.3. Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler	23
2.5.4. Yarı İletkenler	24
2.5.4.1. N Tipi Yarı İletken	24
2.5.4.2. P Tipi Yarı İletken	24
2.5.5. Peltier Modüller İçin Temel Denklemler	24
3. MATERYAL ve YÖNTEM	28
3.1. HOSDLS Sistemi	28

3.1.1. Sistem Bileşenleri ve Kurulması	29
3.1.1.1. Lazer Kafası Sistemi	29
3.1.1.2. Peltier Seçimi ve Sisteme Entegre Edilmesi	29
3.1.1.3. Isı Havuzu ve Üzerine Uygulanan İşlemler	30
3.1.1.4. Nem Ölçümü ve Nemin Giderilmesi	30
3.1.1.5. Kullanılan Cihazlar ve Optik Malzemelerin Tanıtılması	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	33
4.1. Sistem Üzerindeki Biriken Isı Miktarının İncelenmesi	33
4.2. Sistemde Biriken Isı Miktarının Karakteristiğinin İncelenmesi	34
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	47



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Deneyde kullanılan peltierler.	31
Tablo 3.2. Deneyde kullanılan lazer kontrol ünitesi ve özellikleri.	31
Tablo 3.3. Deneyde kullanılan vakum ve özellikleri.	31
Tablo 3.4. Deneyde kullanılan ısı ölçer ve özellikleri.	32
Tablo 3.5. Deneyde kullanılan fan ve özellikleri.	32
Tablo 3.6. Deneyde kullanılan nem ölçer ve özellikleri.	32
Tablo 4.1. TES3=10V, HS=0V, Vakum=750 mm-Hg değerlerinin Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.	35
Tablo 4.2. TES3=10V, HS=12V, Vakum=0 mm-Hg değerlerinin Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.	35
Tablo 4.3. TES3=10V, HS=12V, Vakum=750 mm-Hg değerlerinin Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.	36
Tablo 4.4. TES3=10V, HS=0V, Vakum=0 mm-Hg değerlerinde Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.	37
Tablo 4.5. HS=12V, Vakum=750 mm-Hg değerlerindeki TEFC1-12707 sıcaklığının değişimi.	37
Tablo 4.6. HS=12, Vakum=750 mmHg değerlerindeki TEFC1-12707, TEC2-199-199-14 sıcaklığının değişimi.	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Young'ın çift yarık deneyi.	3
Şekil 2.2. Düşen fotonların, elektron kopardığını gösteren Fotoelektrik olay.	4
Şekil 2.3. Compton saçılması.	5
Şekil 2.4. Atomların uyarılması.	7
Şekil 2.5. Uyarılmış soğurma, kendiliğinden salınım ve uyarılmış salınım enerji seviyeler diyagramı.	7
Şekil 2.6. İki enerjili sistemin ısıl dengedeki nüfus durumu	9
Şekil 2.7. İki enerji seviyeli sistemin nüfus tersinmesi sonrası nüfusu	10
Şekil 2.8. Üç enerji seviyeli sistemde pompalama olmadan önceki Boltzmann dağılımı.	10
Şekil 2.9. Üç enerji seviyeli Boltzmann dağılımı içeren geçişler.	11
Şekil 2.10. Yarı iletken diyot lazerin yapısı.	17
Şekil 2.11. Yarı iletken tipine göre enerji seviyeleri	18
Şekil 2.12. a) Littrow düzenlemeleri. b) Littman-Metcalf düzenlemeleri.	19
Şekil 2.13. Seebeck Etkisi.	21
Şekil 2.14. Peltier etkisi.	21
Şekil 2.15. Bir TE modülün içyapısı.	23
Şekil 3.1. HOSDL sisteminin şematik gösterimi.	28
Şekil 3.2. Sistemde kullanılan lazer kafasının 3D modellemesi.	29
Şekil 4.1. Deney 6'da kurulan piramit sistem.	38

KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma/Simge	Tanım
HOSDL	Harici Optik Salıncılı Diyot Lazer
HOSDLS	Harici Optik Salıncılı Diyot Lazer Sistemi
TEC	Termoelektrik Soğutucu
LD	Diyot Lazer
TES3	TETS3-119-119-119-07CH4.5
HS	Hava Soğutma
TE	Termoelektrik



1. GİRİŞ

İlk diyot lazer International Business Machines (IBM) ve General Electric (GE) şirketleri tarafından 1962'de çalıştırıldı. Ancak bu lazerler GaAs temelli atmalı lazerlerdi ve çok geniş hacimli olduklarından pratik kullanıma uygun değillerdi. Daha sonra 1970'lerde Bell firması tarafından oda sıcaklığında çalışabilen ilk diyot lazer çalıştırıldı [1]. 1980'lerde de harici optik salıncılı diyot lazer konusunda çalışmalar yapılmıştır. 1981 yılında Harici optik salıncılı diyot lazer sistemlerine ve bu sistemlerin ışımalarına ait ilk kapsamlı makale Fleming ve Moradian tarafından yayınlanmıştır [2]. 80'li yılların sonunda ise harici optik salıncılı diyot lazer (HOSDL) sistemleri gelişen ve gelecek vadeden test ekipmanları arasında yerini almıştır [3].

Atom fiziği konusunda kullanılan diğer lazerlere üstünlüğü bulunan HOSDL sisteminin en önemli özelliği dar bant genişliğinde (100kHz) ışımaya yapabilmesidir [4]. Bu tür lazer sistemlerinin temel özelliği, bir tek atomu kontrol edebilecek hassas bir frekans bant genişliğine sahip olmasıdır. Gelecekte yüksek teknolojinin sınırlarını zorlayan çalışmalarda yani malzeme bilimi, nano-teknoloji ve tek molekül spektroskopisi gibi alanlarda HOSDL sistemlerinin daha da ön plana çıkması öngörülmektedir [5,6].

Günümüzde HOSDL sisteminin:

- Akustik ve mekanik etkilere karşı hassas oluşu,
- Tarama sırasında çıkış ışınının yer değiştirmesi,
- Optik bölgenin atomik rezonans bölgeyi kapsayan frekans alanının olmaması,
- Isısal değişimlere maruz kalarak çıkış frekansında değişimlerin olması,

Yetersiz kaldığı ve çözüm bulunması gereken problemleri göstermektedir [2].

HOSDL sistemleri başta atomların kuantum düzeylerinin kontrolü ve fiber optik haberleşme olmak üzere, pek çok temel ve uygulamalı araştırmanın önemli araçlarından birisi oldu. Ancak tarama aralıklarının birkaç nanometre ile sınırlı olması, mekanik, akustik ve ısısal değişimlere karşı hassas olmaları bu sistemlerin geliştirilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Yukarıda belirtilen iki sorunun çözümüne ilişkin yaklaşımımız; LD'yi yüksek seviyede soğutabilecek ve sistemi vakum ortamında çalıştırabilecek, kullanımı kolay, çok işlevli bir platformdur.

Tezde yer alan HOSDL sisteminin tarama frekans aralığının genişletilmesi için, sistemdeki lazer diyotunun sıcaklığını oda sıcaklığının oldukça ötesine taşıyarak yarı iletken çalışma sınırlarına kadar inilebileceği ve böylece tarama frekans aralığının genişletilebileceği fikri ortaya atılmıştır. Ancak bu kadar düşük sıcaklıkta ortamdaki nemin sistemdeki optik üzerinde ve dolayısıyla çıkış gücünde yarattığı olumsuz etki tam giderilebilmiş değildir. Ayrıca sözü edilen çalışmada yapılan hesaplamalarda, lazer diyotunu soğutmak için kullanılması gereken termoelektrik soğutucuların (TEC) özel üretim olması ve sistemin ciddi bir ısı yalıtım

malzemesi ile kaplanması gerektiği ifade edilmiştir. Böyle bir tasarımda lazer cihazının frekans taraması yapması da çok zor olmaktadır. Bu olumsuzluklar HOSDL sisteminin pratik kullanımını ciddi oranda olumsuz etkilemekte ve hatta olanaksız hale getirmektedir. Bu olumsuzlukların giderilmesi konusunda, cihaz vakum içinde çalıştırılmıştır.

Yeni tasarlanan lazer kafası sistemiyle birlikte Lazer kafasının küçültülmesi, ısı transferinin hızlı olması, ısıl değişimlere hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi ve peltier (TEC) sistemiyle mikro bölgesel lazer diyot çip sıcaklığının istenilen değerde tutulması sağlanmıştır. Sisteme ait lazer diyotunu vakum ortamında çalıştırarak, bu sistemin frekans tarama aralığını, oda şartlarındaki frekans tarama aralığının oldukça uzağına taşınmıştır. Vakum ortamı kendi tasarladığımız hava soğutmalı pratik kullanımlı lazer platformu ile sağlanmıştır. Böylece, bu çalışma HOSDL sisteminin atom-foton etkileşimi altında yer alan kullanım alanının genişlemesine katkıda bulunacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

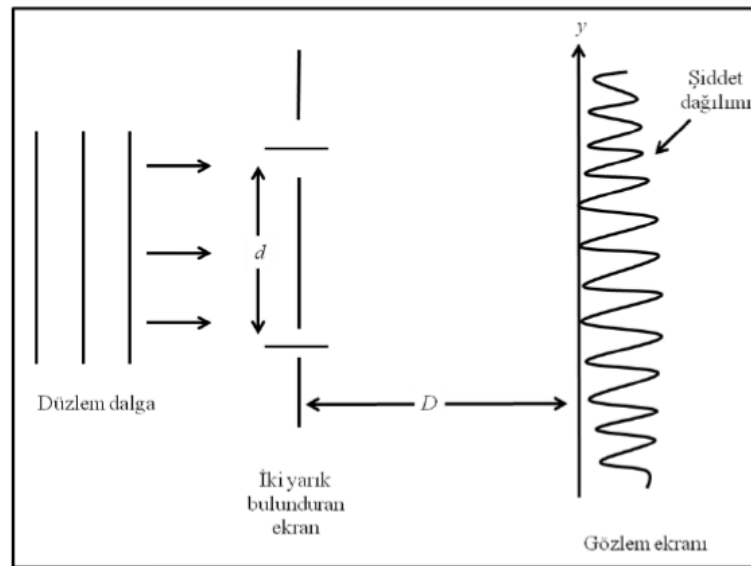
2.1. Işığın Yapısı

Işık, bir ışımının ışık kaynağından çıktıktan sonra cisimlere çarparak veya direkt olarak yansıma sonucu canlılarda görmesini sağlayan olgudur. Işık, etrafımızı saran nesnelere görebilmemizin tek yoludur. 17. yüzyıldan sonra ışığın yapısı bilim insanları tarafından sürekli tartışılmıştır. 17. yüzyılda Huygens ve Hooke ışığın dalgalardan oluştuğunu savunurken 19.yüzyılda Newton ışığın parçacıklı bir yapıda olduğunu savunmuştur. 1905'te Einstein, enerjinin parçacık gibi davranarak belli bölgelerde yoğunlaştığını öne sürmüştür. Einstein bu parçacıklara "foton" adını vermiştir [7].

Bütün parçacıklar gibi fotonlarda dalga özelliği gösterirler. Aslında ışık ışınları fotonların ilerlerken aldığı yoldur. Yani frekansları ve dalga boyları vardır. Işık bazen dalga bazen de parçacık olarak yayılır. Girişim ve kırınım içeren deneylerde dalga özelliği, Enerji değişimi içeren deneylerde parçacık özelliği gösterdiği bilinmektedir.

Işığın dalga modeli

1660 yılında Francesco Grimaldi tarafından keşfedilen ışığın kırınımına ait deneysel kanıtlara rağmen bilim adamları dalga teorisini reddetti ve uzun bir süre Newton'un parçacık teorisine bağlı kaldı. 1801 yılında Thomas Young tarafından uygun koşullar altında ışığın dalga doğasını destekleyen ilk kanıt iki kaynağın etrafındaki bazı noktalarda ışık dalgalarının yıkıcı girişimle birbirlerini yok ettikleri gözlenmiştir [8].



Şekil 2.1. Young'ın çift yarıklı girişim deneyi [9].

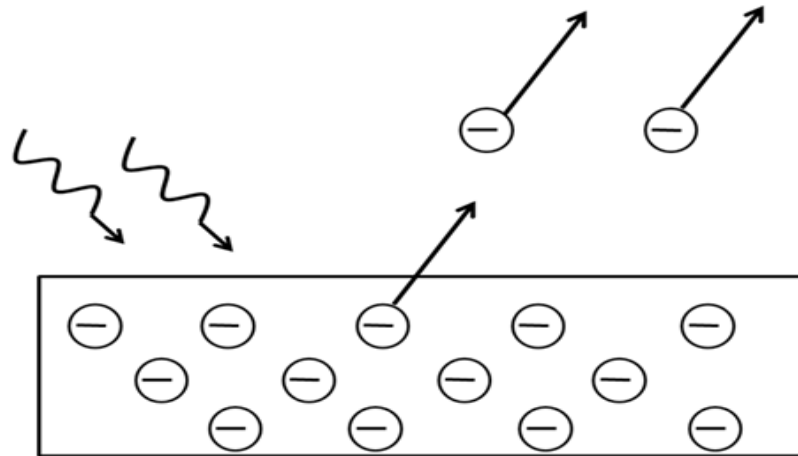
1801'de Thomas Young, ışığın dalga modelini kanıtlamış ve ışığın girişim yaptığını göstermiştir. Young dalga modeline göre; yarıklar tek renkli düzlem dalga ile aydınlatılmıştır. Yarıkların arkasına bir ekran konarak buradan gözlem yapılmış ve iki yarıktan geçen dalgalar, üst üste gelecek şekilde girişim desenini oluşturmuşlardır [10].

Birkaç yıl sonra Fransız fizikçi, Augustin Fresnel girişim ve kırınım olaylarına ilişkin yasaları geliştirdi. 1850'de Jean Foucault ışığın sıvılardaki hızının havadakinden daha az olduğunu kanıtlayarak parçacık teorisinin yetersizliğini savunmuştur. Parçacık teorisine göre ışığın hızı sıvılarda ve camlarda havadakinden daha fazla olmalıydı. 19. yüzyıldaki bu gelişmeler dalga teorisinin genel olarak kabul edilmesine neden olmuştur [11].

1873'te Maxwell'in ışığın elektromanyetik bir dalga şeklinde olduğunu belirten çalışması ışık teorisinde en önemli gelişmelerden biri oldu. Hertz, 1887'de elektromanyetik dalgaları algılayarak ve oluşturarak Maxwell teorisinin deneysel ispatını yaptı. Bunun üzerine Hertz ve diğer araştırmacılar ışığın dalgaların kırılma, yansıma ve diğer karakteristik özelliklerini gösterdiklerini gözlemlemişlerdir [12].

Işığın Parçacık Modeli

Işığın bir ışık kaynağından yayılan parçacıklar akışı olduğu 19. yüzyılın başlangıcından önce kabul edilmiştir. Bu parçacık teorisinin öncüsü Isaac Newton'dur. Parçacık modeline göre ışığın hızı; sıvılarda ve camlarda, havadakinden daha yüksek olmalıydı.



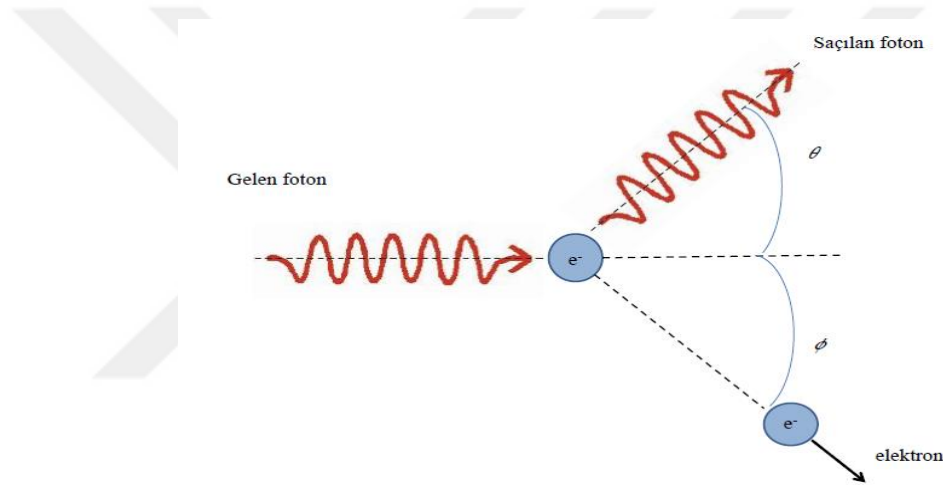
Şekil 2.2. Düşen fotonların, elektron kopardığını gösteren Fotoelektrik olay [9].

Fotoelektrik etki yüzeyi ışığın etki ettiği bir metalden elektronların yayılmasıdır. Belirsiz bir durum olan yayılan elektronun kinetik enerjisinin ışık şiddetinden bağımsız olmasıdır.

Fotoelektrik olayın ilk açıklaması 1905’de Einstein tarafından belirtilmiştir. Einstein, Max Planck tarafından geliştirilen kuantumlanma kavramını kullanmıştır. Bu kavram bir ışık dalgasının enerjisinin foton enerji paketleri içinde bulunduğunu belirtmiş ve enerjinin kuantumlanmış olduğunu öne sürmüştür. Böylece Einstein teorisinde bir fotonun enerjisi frekansıyla orantılıdır [12].

$$E = h\nu \quad (1)$$

Bu formülde; E , foton parçacıklarının enerjisi; h , Planck sabiti ve ν , frekanstır. Foton metal bir yüzeye çarptığında, $h\nu$ enerjisinin bir kısmı elektron sökmek için bir kısmı da kinetik enerjiye harcanmaktadır. Bu teoriyi yapısını Compton olayı desteklemiştir [13].



Şekil 2.3. Compton saçılması [9].

Compton saçılmasında;

- Enerji korunur.
- Çarpışma sonucu foton yok olmaz.
- Momentum korunur.

Yani;

$$E_{gelen\ foton} = E_{saçılan\ foton} + E_{elektron} \quad (2)$$

Fotoelektrik olay ile Compton saçılması arasındaki farklar; Fotoelektrik olayda ışığın sökülen elektronlar tarafından soğurulması söz konusuysen, compton saçılmasında ışığın elektrona çarparak yön değiştirmesi, yani soğurulmaması gerekmektedir. Compton olayında momentum korunumu söz konusudur. Bu sebeple ışık hareketi momentum korunumu ile açıklanabiliyorsa ışığın parçacık olabilme durumu vardır.

Dalga özelliğinde; kırınım ve girişim olayları rahatlıkla gözlenebilmektedir. Frekans, enerji ve momentum düşük seviyededir. Işığın dalga boyu artar. Compton ve Fotoelektrik olayları kolay bir şekilde gözlenmez. Parçacık özelliğinde; Fotoelektrik ve Compton olayları rahatlıkla gözlenir. Frekans, enerji ve momentum korunumu fazladır. Kırınım ve girişim olayları gözlenememektedir [9].

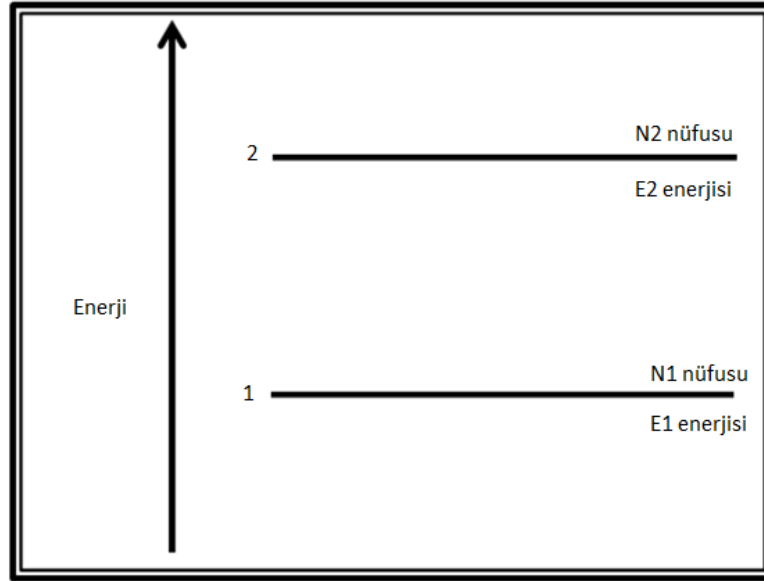
2.2. Lazer İşlemi

Lazer kelimesi “Light amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Uyarılmış ışınım yayını ile ışığın yoğunlaştırılması anlamına gelen bu terim kısaca yoğunlaştırılmış ışık anlamına gelmektedir. Lazerin prensipleri 1917 yılında Einstein tarafından ortaya konulan kuantum kavramına dayanmaktadır. T. H. Maiman ise bunu 1960 yılında ilk kez yakut üzerinde deneyler yaparak, optik frekans aralığında çalışabilen bir lazeri ortaya koymayı başarmıştır [14].

2.2.1. Radyasyonun Salınması ve Soğurulması

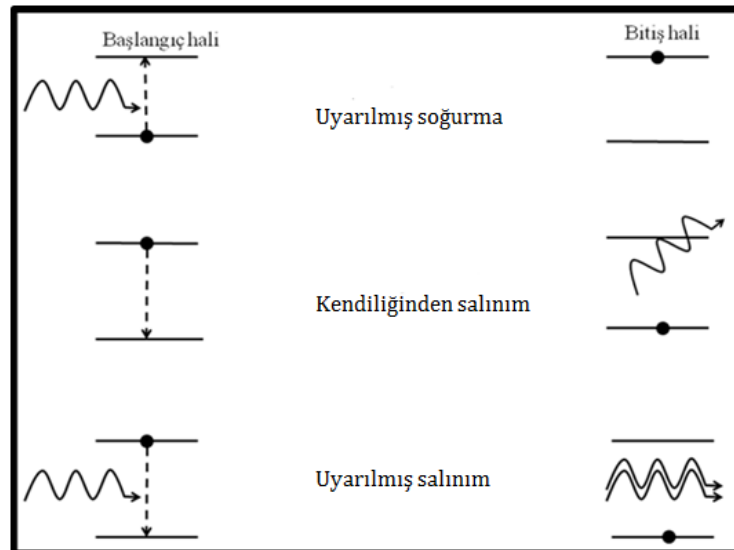
Atomdaki bir elektron iki enerji hali arasında geçiş yaparsa ya bir foton salar veya soğurur. Radyasyonun soğurulup uyarılması olayı atomdaki elektronların hareketlerinden kaynaklanmaktadır.

Bu olay, frekansı $\Delta E/h=\nu$ olan foton dalgasını gösterir. (ΔE iki enerji hali arasındaki enerjinin farkını gösterir). Eğer elektron E_1 düşük enerji seviyesindeyse bu durumda (E_2-E_1)'lik enerjiye sahip fotonların varlığında bu elektron bir foton soğurarak E_2 üst enerji seviyesine geçebilir. Alternatif olarak eğer elektron E_2 seviyesindeyse bir foton salarak taban seviyeye inebilmektedir. Bu durumda ise, elektron E_1 enerji seviyesine (Taban seviyesi) düşebilir ve düşme esnasında ortama foton salınımı yapar. Foton salınımı iki farklı yolla meydana gelebilir. Bunlardan ilki, E_2 seviyesinde bulunan bir elektronun rastgele yollar ile taban seviyesi olan E_1 düzeyine inmesidir. Bunun adına kendiliğinden salma denmektedir. Diğer bir yol ise, E_1 taban enerji seviyesinde bulunan elektronun, (E_2-E_1)'li enerjiye sahip fotonlar tarafından tetiklenerek, bir üst enerji seviyesi olan E_2 düzeyine çıkması işlemidir, buna da uyarılmış yayımlama denilmektedir.



Şekil 2.4. Atomların uyarılması.

Bu, uyarılmış salmayla gelen bir dalga genliğini uyarılmış atomlar topluluğu boyunca geçerken açıkça bir yükseltmenin yapıldığı ve büyütebileceğimiz anlamına gelmektedir. Uyarılmış salmayla benzer şekilde çalışan soğurma geçişleri yalnızca uygun enerjili foton varlığında gerçekleşebileceğinden bu duruma uyarılmış soğurma denilmektedir. Bu işlem birbirlerinin tam tersi olarak düşünülebilir.



Şekil 2.5. Uyarılmış soğurma, kendiliğinden salınım ve uyarılmış salınım enerji seviyeleri diyagramı.

Kendiliğinden salınım yapan atom, uyarılmış soğurma yapan ve uyarılmış salınım yapan atom Şekil 2.5'de gösterilmiştir. Kendiliğinden salınım yapan atom, rastgele salınım

yapacağından, uyumlu dalga üretmez. Ancak uyarılmış salınım yapan atom, aynı frekanslı dalga üretebileceğinden, uyumlu dalga da üretilmiştir [7].

Lazer ışığının oluşmasında için iki temel durum vardır. Bunlardan bir tanesi aktif ortam olduğunda atomların kendiliğinden salınım yapabilmesidir. İkincisi ise, uyarılmış atomların sayısının taban durumuna doğru ilerlemiş atomların sayısından fazla olması durumudur. Böylece uyarılmış salınımdan dolayı aktif ortamın bir ucundan giren ışın demeti daha fazla yoğunlaşmış olarak aktif ortamın diğer ucundan çıkar. Bu durum optik kazanç sağlamaktadır [15].

2.2.2. Einstein Bağlantıları

Einstein kendiliğinden salınım, soğurma ve uyarılmış salınım olaylarında birinci enerji seviyesinden ikinci enerji seviyesine geçişin (E_1 'den E_2 'ye), ikinci enerji seviyesinden birinci enerji seviyesine olan geçişin (E_2 'den E_1 'e) birbirine eşit olması gerektiğini Einstein Bağlantıları ile açıklamaktadır [8].

$$\rho_\nu = N h \nu \quad (3)$$

Burada; N , ν frekansına sahip foton sayısı; ρ_ν , enerji yoğunluğu; h , Planck sabitidir. Fotonun birinci enerji seviyesinden ikinci enerji seviyesine geçiş oranı eşitlik 4'deki gibi verilir.

$$N_1 \rho_\nu B_{12} \quad (4)$$

Burada; B_{12} , fotonun birinci enerji seviyesinden ikinci enerji seviyesine çıktığını gösteren Einstein sabitidir.

Fotonun ikinci enerji seviyesinden birinci enerji seviyesine geçiş oranı eşitlik 5'deki gibi verilir.

$$N_2 \rho_\nu B_{21} \quad (5)$$

Burada B_{21} , fotonun ikinci enerji seviyesinden birinci enerji seviyesine geçişini gösteren Einstein sabitidir.

İkinci enerji seviyesinden birinci enerji seviyesine yapılan kendiliğinden salınım eşitlik 6'deki gibi verilir.

$$N_2 A_{21} \quad (6)$$

Burada; A_{21} , Einstein sabitidir.

Toplam salınım oranı eşitlik 7'deki gibi verilir.

$$N_2 \rho_\nu B_{21} + N_2 A_{21} \quad (7)$$

Soğurma oranının Salınım oranına eşit olduğunu gösteren denklem eşitlik 8'deki gibi verilir.

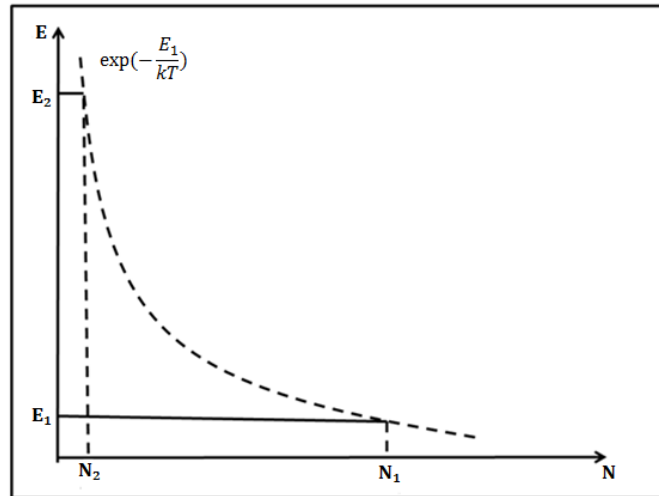
$$N_1 \rho_\nu B_{12} = N_2 \rho_\nu B_{21} + N_2 A_{21} \quad (8)$$

ρ_ν Enerji yoğunluğunu yalnız bırakırsak;

$$\rho_\nu = \frac{A_{21}/B_{21}}{\frac{B_{12}N_1 - 1}{B_{21}N_2}} \quad (9)$$

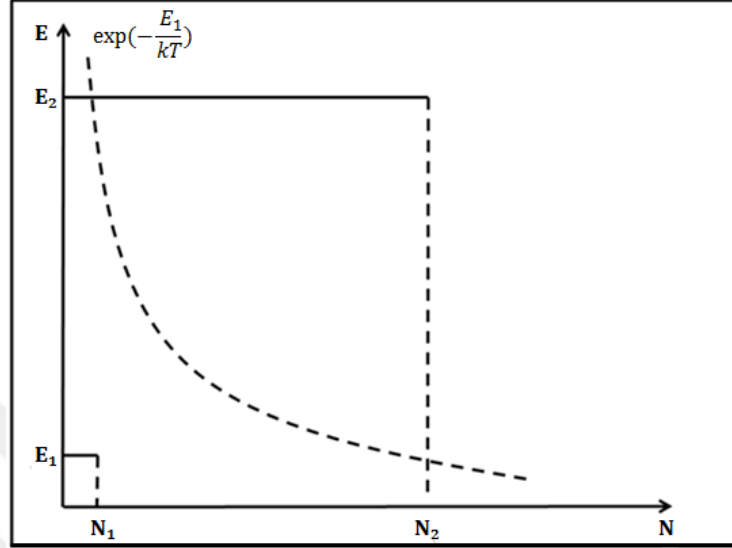
2.2.3. Nüfus Tersinmesi

Lazer ortamındaki elektronlar uygun fotonun enerjisini, enerji uyumuna göre alarak bir üst seviyeye geçmektedir [16].



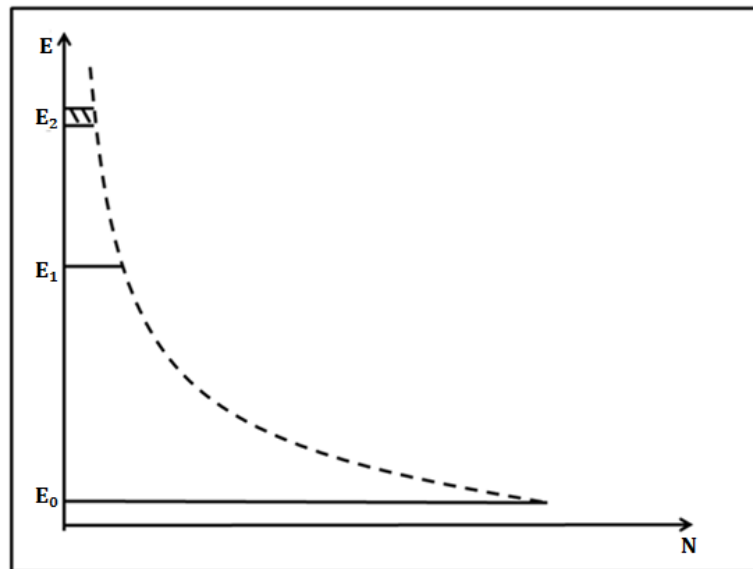
Şekil 2.6. İki enerjili sistemin ısıl dengedeki nüfus durumu.

Boltzman denklemi Isıl dengedeki bir sisteme eklenirse Şekil 2.6 elde edilir. Burada; E_1 enerji seviyesindeki nüfus oranı, E_2 enerji seviyesindeki nüfus oranından daha fazladır. İki nüfus yoğunluğu arasında yüksek bir fark vardır.



Şekil 2.7. İki enerji seviyeli sistemin nüfus tersinmesi sonrası nüfusu.

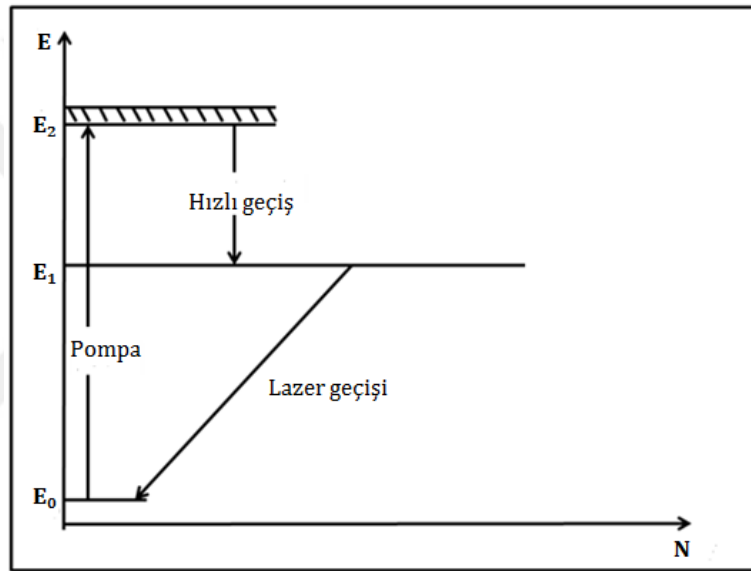
Nüfus tersinmesi için, atomu E_2 enerjili seviyeye çıkarmak amacıyla yüksek bir enerjiyle atomların uyarılması gerekmektedir. Bu uyarma işlemi 'pompalama' olarak adlandırılır. E_1 enerji seviyeli sistemin nüfusu N_1 daha küçükken, E_2 enerji seviyeli sistemin nüfusu N_2 daha büyüktür. Pompalama sonucu N_2 nüfusu artmıştır ve lazer için gerekli nüfus tersinmesi sağlanmış olur [17].



Şekil 2.8. Üç enerji seviyeli sistemde pompalama olmadan önceki Boltzmann dağılımı.

Aynı işlem üç enerji seviyeli lazer sistemlerinde de gösterilebilir. Şekil 2,8'de üç enerjili lazer sisteminin pompalama olmadan önceki durumu gösterilmiştir. Burada; nüfusun en fazla olduğu yer E_0 enerji seviyesindedir. E_1 ve E_2 enerji seviyelerine çıktıkça nüfus azalmaktadır.

E_0 'dan E_2 'ye elektronların çıkabilmesi için, yeteri miktarda E_0 düzeyindeki atomların uyarılması (pompalanması) gerekmektedir. E_2 'ye çıkan elektronların foton salmadan E_1 'e düşmesi şekil 2.8'de görülmektedir. Bu sayede E_0 ile E_1 arasında nüfus tersinmesi elde edilmektedir. Normal şartlarda hızlı E_2 ile E_1 arasındaki geçiş hızlı olmalıdır, bu yüzden o geçiş hızlı geçiş olarak adlandırılmaktadır. Bu sayede E_2 enerji düzeyinde sürekli yeni uyarılardan gelen elektronlar için yer açılmaktadır.



Şekil 2.9. Üç enerji seviyeli Boltzmann dağılımı içeren geçişler.

Üç enerjili lazer sisteminde pompalama sonucu oluşan nüfus tersinmesi Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

Şiddetli bir şekilde uyarılan atom grubu aydınlatılırsa, elektronlar E_0 'dan E_2 'ye pompalanabilirler. E_2 enerji seviyesinden E_1 enerji seviyesine ışık salmadan düşerler ve E_1 ile E_0 arasında nüfus tersinmesi meydana gelir. E_2 ile E_1 arasındaki geçiş hızlı olmalıdır. Bu nedenle yeni uyarımlar için boşluklara gereksinim vardır. E_1 ile E_0 arasındaki geçiş ise çok yavaş olmalıdır. Böylelikle E_1 enerji seviyesi yarı kararlı durumda kalmaktadır.

2.2.4. Optik Geri Besleme

Lazerde Pozitif geri besleme yapılarak özel bir frekans seçme ayarlaması yapılır ve bir titreştiriciye benzerdir. Titreştirilerek Şiddetlendirilen çıkış ışını, girişle tekrar beslendirilip daha kuvvetli hale getirilir. Bu geri besleme işlemi optik salıncılarla yapılır.

Optik beslemede, elektromanyetik ışın demetini çıkışa iletmek için bire bir ölçüde ve kısmi geçirgen iki ayna arasına konulan kazanç ortamı ile sağlanır. İlk ivmelenmesi enerji düzeyleri arasında gerçekleşen kendiliğinden salınımla meydana gelir. Sinyal aynalar aracılığıyla geri yansıtılır ve ortam boyunca yükseltilir. Tam döngü sağlandığında Ortamda sağlanan kazanç, tam kayıplarla karşılaştırıldığı zaman tam doyuma ulaşmış olmaktadır [18].

Salıncı içindeki ışık bir bütün halinde paralel iki ayna arasında ileri ve geri hareket ettiği zaman aynalardaki kırınım ve soğurma olayları, ışın demetinde kayıplara sebep olacaktır. Aynalardaki kırınım sebebiyle, ışık demetinde süreklilik sağlanamaz. Dışbükey aynalarla Kırınımdan kaynaklanan bu kayıplar düzeltilebilmektedir. Bu tip salıncılara kararsız salıncı denilmektedir. Fakat mod hacmini daha verimli şekilde kullanılır ve kayıp oranları da yüksektir. Mod hacmi ise Lazer ışığından çıkan elektromanyetik dalgaların sıkıştığı bölgeye denilmektedir. Kayıplara neden olan bir diğer etken de aynalardaki soğurmalarıdır. Bu kayıpları önlemek içinde, yansıtma özelliği iyi olan kaplamalarla aynaların yüzeyi kaplanır. Bu nedenle aynalarda soğurmaların sebep olduğu kayıplar en az seviyeye indirilmiş olur. Aynalardaki kayıp oranları düşük seviyeye indirildiğinde, geri besleme mekanizmasının verimi de artmış olur. Kazanç oranıyla kayıp oranı eşitlendiğinde ışın demeti doyum noktasına ulaşır. Daha şiddetli ve daha verimli bir lazer ışığı elde edilmiş olacaktır [9].

2.3. Lazerin Doğası

2.3.1. Tek Renklilik

Işığı radyasyon olarak adlandırabiliriz ve her radyasyonun kendine uygun bir dalga boyu (λ) ve frekansı (ν) vardır. Işık demetinin renginin belirlenebilmesi, demeti meydana getiren ışınların dalgalarının uzunluğuyla ilgilidir. Dalganın kendini tekrarladığı bölgeye dalga boyu denilmektedir. Her rengin kendine özgün bir dalga boyu aralığı vardır. Sadece beyaz ışık içerisinde görünebilir bölgedeki tüm renklerin tamamını yakınına veya hepsini barındırdığı için, birçok dalga boyunu kapsamaktadır. Bu bilgilere dayanarak Lazer ışın demeti de belirli bir dalga boyuna sahip olmaktadır [19].

Lazer ışığının rengi esas olarak tek renklidir [20]. Lazer ortamından üretilmiş dalgalar, aktif ortam eksenini boyunca ve dar bir huni içerisinde yönelmiş bir şekilde hareket

etmektedirler. (directionality). Işın demetinin içerisinde bulunan her bir dalga birbirleriyle uyum içerisinde. Bu uyum sayesinde lazer ışığını oluşturan ışınların aynı genlikte, aynı dalga boyunda ve aynı fazda olduğunu göstermektedir. Bu aynı fazda olma durumuna uyumluluk (eş fazlı olma, coherence) denilmektedir.

Birçok lazer kaynağından çıkan ışık ışını, üzerinde frekans taşıyan ışık demetinden meydana gelmektedir. Bu frekansların miktarı, Aktif ortamın geometrik durumuna ve lazer ortamına bağlıdır. Bu frekanslar genellikle boylamsal modlar olarak tanımlanmaktadır. Bu tür lazer mekanizmaları, birtakım teknikler yardımıyla içerisinde bulundurduğu frekanslardan birine lazer ışığı kitlenerek (laser mod locking), sadece o frekansta lazer ışığı çıkışı meydana gelmektedir. Bu nedenle mod frekanslarının arasındaki farklar çok düşük olmaktadır. Böylelikle bant genişliği de çok düşük olmaktadır. Frekanslar arasındaki fark ;

$$\Delta f = \frac{c}{2d_0} \quad (2.31) \quad (10)$$

ile hesaplanmaktadır [21]. Bu denklemde Δf ; birbirine en yakın olan modların arasındaki frekans farkı (Hz), C ; ışık hızı (ms/), d_0 ; lazer çukurunun (Rezonans çukuru) içerisinde bulunan aynaların birbirine olan uzaklığıdır (m).

Bu denklemle modlar arasındaki frekans farkları bulanabilmektedir. Bu nedenle ışığın saflığa, yani tek renklilik durumuna ne kadar yaklaştığı bilinmektedir.

2.3.2. Yönlenebilirlik

Lazerler için yönlenebilirlikte önemli olan açısal dağılımdır. Bu durum, lazer ortamından çıkan ışık ışığının taşıdığı enerjinin kolay bir şekilde toplanması ve toplanan bu enerjinin bir noktaya odaklanabilmesini ifade etmektedir. Lazer dışı diğer geleneksel kaynaklar düşünüldüğünde, bu sistemlerde üretilen radyasyonun toplanabilme olayının gerçekleşmesi neredeyse imkânsızdır. Lazer demeti için bu durum geçerli değildir. Çünkü lazer demetinin dağılma açısı çok küçüktür ve lazerden çok uzak mesafede bile ışık demetinin tekrar toplanıp odaklanması sağlanabilmektedir. Eğer ışık demetinin çıkış ışık gücü ve mod değeri artarsa, demetin dağılması düzeyi de artma eğilimi göstermektedir [22].

2.3.3. Parlaklık

Lazer radyasyonun en önemli özelliği, diğer ışık kaynaklarından daha parlak olmasıdır. Parlaklığı birim alan başına yayınlanan güç veya birim katı açı olarak tanımlanabilir. Bu terim birim dalga boyu aralığı başına parlaklık miktarıdır. Parlaklık radyometri gibi farklı alanlarda

ışığa olarak adlandırılmaktadır. Fakat lazer alanındaki çalışmalarda parlaklık kavramı, yukarıda tanımladığımız gibi kullanılmaktadır. Belirtilen katı açı, demet içerisinde dağıldığı koni ile tanımlanmaktadır. Bu nedenden dolayı, lazer sistemleri yüksek ölçüde doğrultulmuş demetler içerisinde büyük güçler üretebilmektedirler. Bu sebepten dolayı da oldukça yüksek parlaklığa sahip ışık kaynaklarıdır. Parlaklığı fazlalık modları da etkilemektedir. Lazerin çıkış gücü kademeli bir şekilde arttırıldığında modların sayısı da artmakta yalnız belli bir süreden sonra, parlaklık değişmemekte ve neredeyse sabit durumda kalmaktadır. lazer ışığı gücünü, birim alan başına dağıttığı sürece, yüksek seviye parlaklık meydana getirmektedir. Aynı nedenle yüksek dereceli parlaklık olayı, odaklandığı parlak çıkış noktasının boyutlarına da bağlı olmaktadır.

2.3.4. Eş Evrelilik

Işık dalgalarının doğrultu, faz ve frekanslarının aynı olması durumudur. Eş evreli lazer ışık dalgaları belirli genlik ile dalga boyuna sahiptir [14].

Lazer sisteminde uyumlu olan dalgaların tipi sinüzoidaldir. Lazer ortamında sinüzoidal dalgalar dışarıya doğru hareket ettiğinde maksimum dalga uzunluğu ve genliği sabit kalmaktadır [15].

Uyumluluğa bakılırken üç önemli durum vardır. Dalga doğrultusu, faz ve frekansı aynı olan iki dalga birbiriyle uyumludur. Uyumluluk özelliği gösteren dalgaların tipi sinüzoidaldir ve belirli bir genlik ve dalga boyuna sahiptirler. Lazer sisteminden çıkan lazer ışınları, sistemden ayrıldıktan sonra dalga uzunlukları sabit ve maksimum genliğe sahiptir [23].

2.4. Lazer Çeşitleri

2.4.1. Gaz Lazerler

En fazla kullanılan sürekli lazer ışığının oluşturulduğu ilk lazer çeşididir. İlk gaz lazer helyum-neon (He-Ne) gaz karışımıyla oluşmuştur. Helyum gazı daha fazla olduğundan elektronlar He atomlarına çarparlar.

He atomları, Ne atomlarına çarpar ve enerji aktarımı meydana gelir. Neon atomları kendi enerji seviyelerine döndüğünde kırmızı lazer ışığı yayarlar. He-Ne gaz lazerinin ışın demeti 632.8 nm dalga boyuna sahiptir [24].

1964 yılında İlk karbondioksit lazer Patel tarafından icat edilmiştir. Diğer gaz lazer çeşidi de karbondioksit (CO₂) gaz lazeridir [25].

CO₂ lazerlerden çıkan ışık diğerlerine göre çok daha fazladır. Bunun nedeni ise gaz karışımının bulunduğu tüpün çevrili olduğu aynalar tarafından ışının büyük bir bölümünün hızla geri yansıtılmasıdır.

2.4.2. Katı-Hal Lazerler

Genel olarak cam veya kristal gibi malzemeden yapılmış olan çubukların kullanıldığı lazer türüdür. Her iki tarafı parlatılmış olan çubuklar silindir şeklindedir. Katı-hal olarak isimlendirilen kavram, yarı iletken malzemelerle ilgisi olmayan bir kavramdır. Lazer olayındaki katı-hal kavramı, katı malzemenin içine lazer malzemesinin yerleştirilmesi durumudur. Bu lazer sistemindeki çubuk, kristal veya cam malzemeden oluşmuştur. Ana malzemeye katılan iyonlar, bazı geçiş metallere (nikel, kobalt, krom) veya neodimyum ve erbiyum gibi malzemeler tarafından elde edilmektedir.

Yakut Lazeri; Tarihte ilk çalıştırılmış lazer yakut lazerdir ve ilk katı-hal lazeridir. Yakut lazeri, 1960 yılında Maiman tarafından çalıştırılmıştır. Daha sonrasında oda sıcaklığında sürekli ışıklı katı-hal lazerleri elde edilmiştir.

Yakut, düşük oranlarda krom içeren alüminyum oksit kristaldir. Krom (Cr⁺³) iyonları, alüminyum iyonlarıyla (Al⁺³) yer değiştirerek, enerji seviyeleri sağlanır. Bu iyonlar önceki enerji düzeylerine geldiğinde etrafa ışık ve ısı yaymaktadır [26].

Kristal içindeki krom atomları kırmızı rengi oluşturur. Yakut lazerin etrafına yerleştirilmiş halde bulunan Ksenon flaş lambası nüfus tersinmesini meydana getirir. Yakut çubuğun iki tarafında aynalar vardır ve çubuğun iki yanı da parlatılmıştır. Aynaların bir tanesi tam yansıtıcı (%100) ayna, diğeri ise çıkış aynası olan ve kısmi yansıtıcı olarak bilinen, %65 ile %85 arasında yansıtma özelliği olan aynadır. Bu sistemdeki lazerleme olayı, flaş lambanın alüminyum oksit kafes sisteminde bulunan krom atomlarının uyarılması gerekmektedir.

Nd:YAG lazerleri; nüfus tersinmesinin oluşması için fazla pompalamaya ihtiyaç duymazlar. Bunun nedeni; kristalin iç kısmında bulunan Neodimyum (Nd) elementidir. Bir Nd⁺³ iyonu kristal örgüsüne ilave edildiğinde çevresindeki iyonların oluşturduğu elektrostatik alanı maruz kalır. Kristal örgünün elektrostatik alanı elektron enerji düzeyleri ile atomun yapılandırılması ve şiddeti ile simetri durumuna bağlı olarak farklı düzeylerde etkileşir. Elektrostatik alan yasaklı ilerlemeleri izinli hale getirmiştir.

Nd:YAG lazeri dört seviyeli bir sistemdir. Bu tip lazerler için oda sıcaklığı yeterli olmadığından daha güçlü soğutma sistemleri kullanılarak oda sıcaklığının çok altında çalıştırmaktadır.

2.4.3. Boya Lazerler

Bu tip lazerler sıvı gaz lazerler olarak da bilinirler, 190 'dan 1100 *nm* Aralığında çalışma bölgelerine sahiptirler. Boya lazerler de kendi aralarında çeşitlilik gösterir. Bu farklı tipli boya lazerleri, sistemdeki boyanın türüne göre değişmektedir. Daha yüksek ışık yoğunluğunda olan ve bu duruma uygun pompaların kullanıldığı boya lazer sistemlerinde, optik pompalamalı biçiminde çalışmaktadır [27]. Organik boyaların kullanıldığı bu lazer türüne boya lazerleri denilmektedir. Bu boyalara; Rhodamine 6G ve Xantene örnek verilebilmektedir.

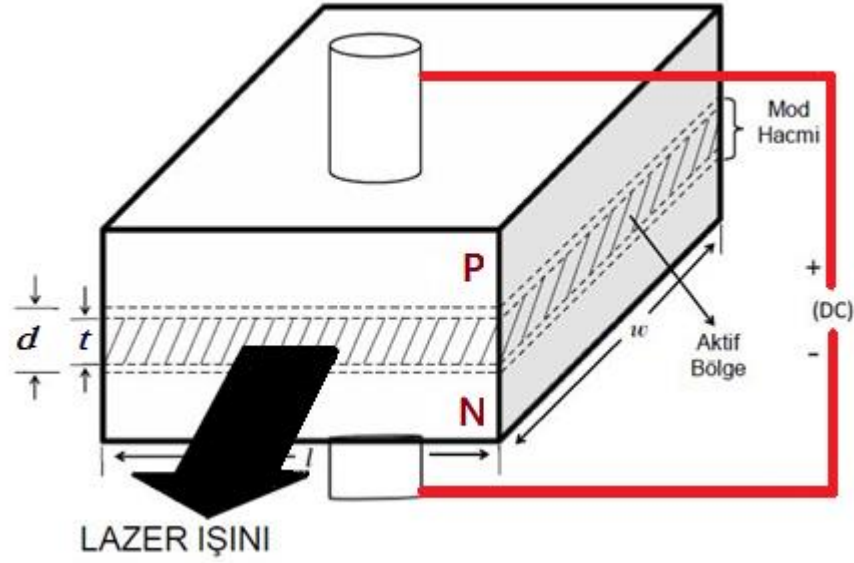
Boya lazerlerin en belirgin özelliği istenilen frekans aralığında çalıştırılabilmesidir. Boya lazer sistemin çok fazla moleküler yapısı olmasından dolayı içerisinde birçok elektron uyarılma seviyesine sahiptir. İstenilen seviyede dalga boyunu ayarlamak için, sistemdeki çukur çevresine bir alet ilave edilmektedir. İlave edilen bu alet, lazer ışınının istenilen dalga boyunda dış ortama aktarılmasını sağlamaktadır. Gözlenebilen ışık bölgelerindeki tayfın belirlenmesi bu sistemler için mevcuttur. Bu tayfın belirlenebilmesi için kullanılan boyaların karışımı ve miktarları değiştirilmektedir [28].

2.4.4. Yarı İletken Diyot Lazerler

Atomun yapısında bulunan çekirdeğin içerisinde proton ve nötron bulunur. Yörüngesinde ise elektronlar vardır. Yörüngelerin en dış kısmında ise valans bant vardır. Valans bandında yer alan elektronlar uyarıldıkları zaman iletim bandına geçiş yapmaktadır [29].

Yarı iletken malzeme yapılırken üç çeşit malzeme kullanılabilir. Bu malzemeler garmenyum, karbon ve silikondur. Bu malzemelerin tercih edilme sebepleri valans bantlarında çok sayıda elektron bulundurmalarıdır.

Yarı iletken lazerlerin diyotlarla benzer yönleri negatif ve pozitif bölgelerin bir araya gelmesiyle oluşmasıdır. Bu bölgeler iki farklı yapıda olan heterojen veya homojen olabilir. Homojen yapıların kullanım sahası oldukça azdır bunun nedeni çok düşük sıcaklıklarda çalışabilmesidir.

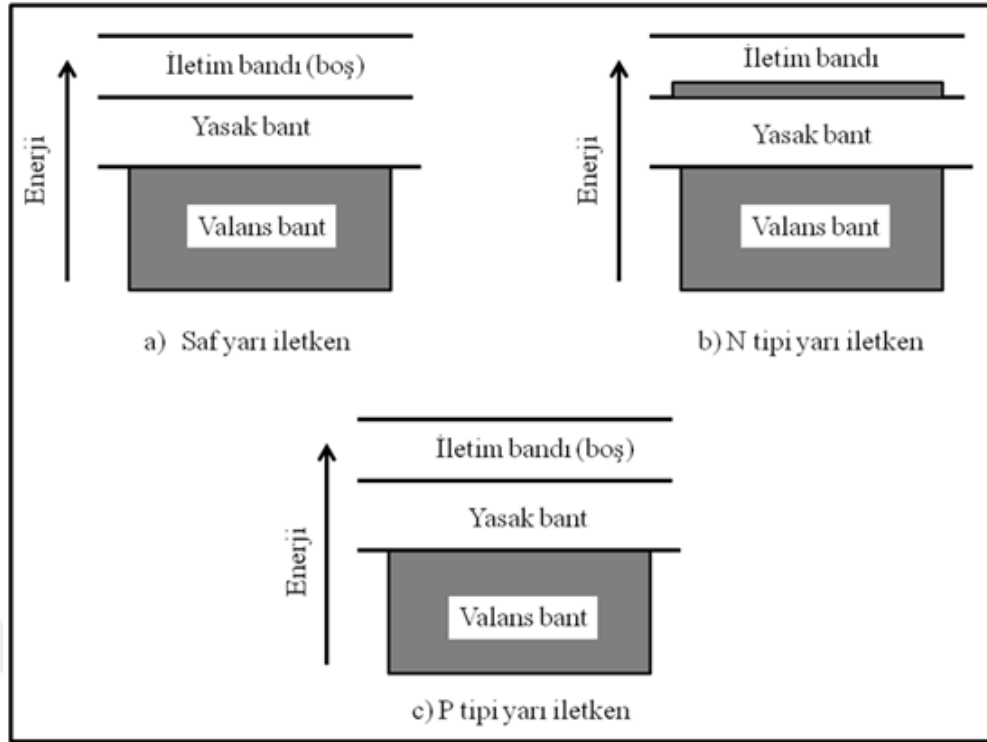


Şekil 2.10. Yarı iletken diyot lazerin yapısı.

Diyot lazerden lazer ışığı elde edilebilmesi için, Şekil 2.10'daki gibi P ve N tipi yarı iletken malzemeye ihtiyaç vardır. Yarı iletken lazerler sisteminde, N bölgesindeki elektronlar, P bölgesindeki eklem bölgesinde geçerken nüfus tersinmesini gerçekleştirecek şekilde hareketlenmektedir. Eklem bölgesine pozitif yönde gerilim uygulanarak, nüfus tersinmesi sağlanır. Nüfus tersinmesi lazer ortamındaki kazancın kayıptan büyük olması durumudur. Böylece yarı iletkenlerden diyot lazer yapımı sağlanmış olmaktadır. Yarı iletken lazerlerde $p-n$ eklem bölgesi, yansıtıcı özelliğe sahip olması ve kazanç katsayısının yüksek olması sebebiyle rezonatör yâda dalga kılavuzu olarak görev yapmaktadır [29].

Uyarılmış elektronlar farklı enerji seviyelerinde ise, başka bir banda geçiş yapar. Bir ortamdan diğer bir ortama geçiş, ışığın soğurulması ya da salınmasıyla gerçekleşmektedir. Elektromanyetik dalga olan bu enerji protonların salınım yaptığı veya soğurulmasıyla oluşan bir enerjidir. Yayılan bu dalgaya *foton* denilmektedir.

En fazla kullanılan diyot lazer galyum alüminyum arsenid ($GaAlAs$)'dir. Bu diyot lazer çeşidi sürekli çalıştırılabilmektedir. 750nm ile 820nm arası dalga boyunda ışık üretebilir. Bu tipteki lazerin performansını arttırmak için indiyum fosfor (InP) eklenebilir.



Şekil 2.11. Yarı iletken tipine göre enerji seviyeleri. a) Saf yarı iletkenin enerji seviyesi, b) N tipi yarı iletkenin enerji seviyesi, c) P tipi yarı iletkenin enerji seviyesi.

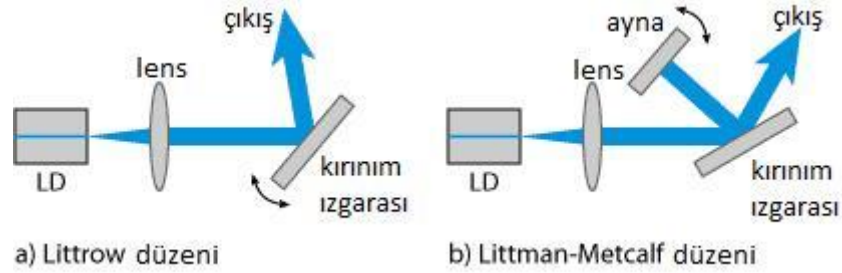
Yarı iletkenlerin enerji düzeyleri Şekil 2.11’de gösterildiği gibidir. Valans bant, enerji seviyesi en düşük olan banttır ve bünyesinde hol adı verilen boşluklar bulunmaktadır. Bu holler, elektronlar sayesinde oluşmaktadır. İletim bandına doğru ilerleyen bir elektron, valans bandında bir boşluk bırakır. Elektronlar fazla soğutulduklarında valans bantta toplanırlar. Eğer üzerinde hiç elektron bulundurmuyorsa bu banda *yasak bant* denir. En boş ve dar olan banda *iletim bandı* denir. Valans banttaki elektronlar yeterli enerjiye geldiklerinde iletim bandına geçmektedir [30].

Yarı iletken diyotlar lazerlerin çalışması için pompalama olayının gerçekleşmesi gerekir. Diyot lazerin pompalanması için gerilim uygulanmalıdır. Uygulanan bu gerilim, boşlukları ve elektronları P ve N tipi yarı iletkenlerin birleşme bölgesine itmektir. Birleşmenin olduğu bu bölgeye *eklem* denir. Birleşmeden sonra boşluklar ve elektronlar eklem bölgesinde birleşerek taşıyıcı enjeksiyonu oluşturur. Uyarılmış salınım yapabilmesi için Yarı iletken diyot lazerde, boşlukların ve elektronların bir arada bulunması gerekmektedir.

2.4.4.1. HOSDL (Harici Optik Salımcılı Diyot Lazer)

Diyot lazerlerin etkin olarak kullanılabilmesi için, harici optik geri besleme ile bant genişlikleri azaltılır ve kırınım ızgarası gibi elemanlar ile de hassas frekans seçimi yapılabilir.

Genellikle bu tür harici optik düzenlemeler Şekil 2.12’de verilen Littrow ya da Littman-Metcalf düzenlemeleri ile yapılır. Bu çeşit lazer sistemlerine **Harici Optik Salıncılı Diyot Lazer (HOSDL)** ya da **Harici Optik Geri Beslemeli Diyot Lazer** sistemleri denir.



Şekil 2.12. a) Littrow düzenlemeleri [31], b) Littman-Metcalf düzenlemeleri [32].

HOSDL sistemleri, taranabilen lazer sistemleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu lazer sistemi ile kaba tarama ve ince tarama olarak iki farklı tarama yapılabilir.

- Kaba tarama; akımın ve sıcaklığın değişimine bağlı olarak lazer çıkışının dalga boyu değişiminin sağlanmasıdır.
- İnce tarama; lazer diyotunun önünde bulunan frekans seçici eleman yardımı ile lazer diyotunun seçilen frekansta salınım yapmaya zorlanması ilkesidir.

Akortlanabilir harici optik salıncılı lazer sisteminin temelini Şekil 3,1’de gösterildiği gibi kırınım ızgarası, lazer diyotu ve mercek oluşturmaktadır. Mercek, lazer ışığının sapma açısını azaltmak ve paralel bir ışık oluşturmak için kullanılır. Burada ışığın bir kısmı kırınım ızgarasından geri yansıtılır ve lazerin aynı frekansta kalması sağlanır. Izgaranın iki özelliği vardır. Bunlar; frekans seçme ve yansıtma.

Lazerler akıma ve sıcaklığa karşı hassaslardır. Bu nedenle; akımın ve sıcaklığın sabit tutulacağı bir güç kaynağına ihtiyaç vardır.

Öncelikle lazer ve kırınım ızgarasının düzeneğe yerleşimi yapılmalıdır. Bu konuda Littrow düzeneği örnek alınabilir. Ancak Littrow düzeneğinde akortlama için kırınım ızgarasının yön değiştirmesi, sistemde sürekli ayarlamalara neden olmaktadır. Haliyle bu da, deneyin hassasiyetine zarar vermekte ve zaman kaybına yol açmaktadır. Littman-Metcalf düzeneği ile bu durum düzeltilmiştir. Burada da yerleştirilen düzenek sistemin hacmini ve maliyeti olumsuz yönde etkilemiştir.

2.5. Termoelektrik Soğutucular

2.5.1. Termoelektrik Etkiler

Termoelektrik etkiler Seebeck, Thomson ve Peltier etkileridir. İlk kez Alman fizikçi Thomas Johann Seebeck tarafından 1821 yılında keşfedilmiştir. Farklı iki metal kullanılarak bir devre oluşturularak metallerin eklem yerleri farklı sıcaklıkları gösterdiğinde pusulanın iğnesinin saptığını göstermiştir. 1934 yılına gelindiğinde Jean Christian Athanasa Peltier tarafından peltier etkisi keşfedilmiştir. Jean Christian Athanasa Peltier, birbirine bağlı iki farklı metalden oluşan bir devreden akım geçirildiğinde, akımın yönüne bağlı olarak, metallerin eklem yerlerinin bir tanesinde ısı soğururken, diğerinden ise ısı salınımı olduğunu göstermiştir [33]. Bu etki, Seebeck etkisinin tam tersi olarak düşünülebilmektedir. Bu nedenle bu iki termoelektrik etki, genellikle Seebeck- Peltier etkisi olarak bilinmektedir.

Bir diğer etki ise, William Thomson tarafından 1851 yılında ispatlanan Thomson etkisidir. Thomson etkisi, bir metal telden sıcaklık gradyanı altında akım geçirildiğinde oluşan tersinir ısı akı miktarıdır [34].

2.5.1.1. Seebeck Etkisi

Thomas Johann Seebeck 1821 yılında, farklı iki metalden oluşan bir elektrik devresinde, iki iletkenin herhangi birinin ısıtılması sonucunda, devreden bir akımın geçtiğini gözlemlemiştir [35].

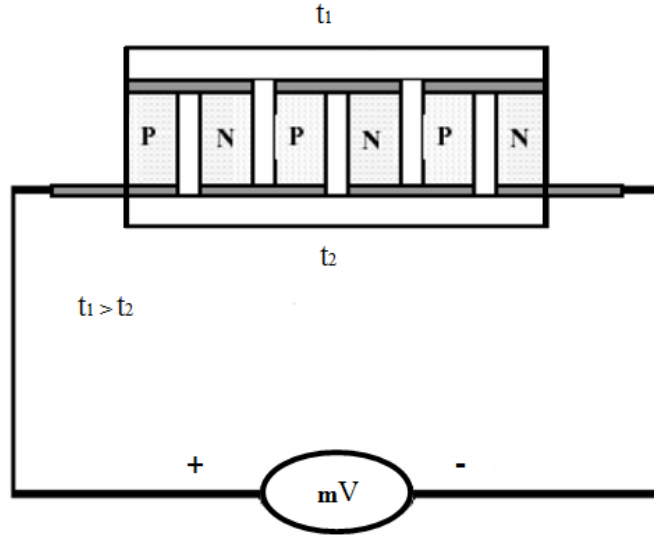
$$V = \alpha \Delta T \quad (11)$$

V: Devreden ölçülen Voltaj (Volt)

$\Delta T = T_2 - T_1$ Yarıiletken malzemelerin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı (°C)

$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$ Seebeck katsayısı veya termo emk (V / °C) dir [36].

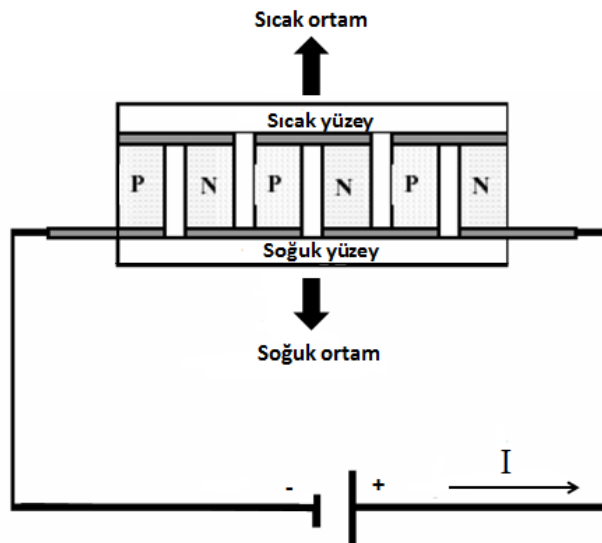
α 'nın değeri; kullanılan malzemelerin özelliklerine bağlıdır.



Şekil 2.13. Seebeck Etkisi.

2.5.1.2. Peltier Etkisi

Jean Charles Athanase Peltier tarafından 1834 yılında bulunan Peltier etkisi, Seebeck etkisinin tersi bir etkiye sahiptir. Farklı malzemelerden oluşan iki telin birleşme uçlarından akım geçirildiğinde birleşme bölgeleri soğuyacaktır [35]. İki Metal arasındaki gerilim farklı ise, biri soğuk diğeri ise sıcak etki gösterecektir. Yani P ve N yarı iletkenleri birbirine seri olarak bağlandığında yarı iletkenin bir ucundan ısı soğurulurken, diğeri ucundan ise ısı açığa çıkmaktadır [37].



Şekil 2.14. Peltier etkisi.

iki farkı yarıiletken malzemeden oluşturulan devreden doğru akım geçtiğinde, Jolue ısısı ile birlikte birleşme bölgesinden ısı emilirken, diğer birleşme bölgesinden ise ısı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan ısı seviyesi, devreden geçirilen doğru akımla doğru orantılıdır;

$$Q = \pi_{AB} I = (\pi_B - \pi_A) I \quad (11)$$

$$\pi_{AB} = Q / I \quad (12)$$

$$\pi_{AB} = a_{AB} T \quad (13)$$

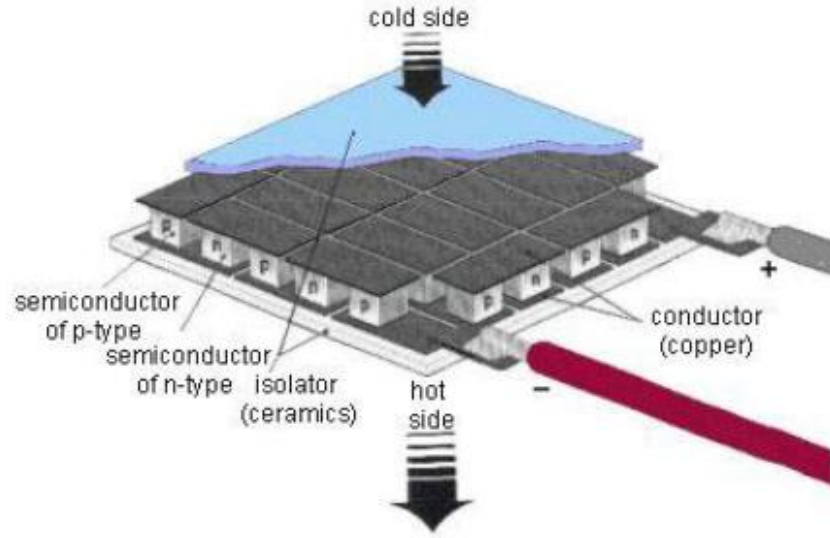
Birim zamanda soğurulan ısı miktarı Q , uygulanan akım ve Peltier etkisi ile doğru orantılıdır. Denklemden yer alan π_{AB} , Peltier katsayısıdır [33].

2.5.1.3. Thomson Etkisi

1856 yılında bulunan Thomson etkisi akım taşıyan iletkenin uçları arasında sıcaklık farkı oluşursa akım yönüne göre Jolue ısısına ilave olarak Thomson ısısı açığa çıkmaktadır. Thomson ısısı zaman, akım şiddeti ve sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır [38]. Peltier ve Seebeck etkileri altında olan bir çubuk üzerinde elektrik akımı meydana geldiğinde zamanla ısı kazanacaktır. Uygulanan sıcak ve soğuk yüzeyler veya elektrik akımının yönü değiştirildiğinde zamanla ısı kaybetmeye başlamaktadır. Bu ısı alıp verme olayına "Thomson ısısı" denilmektedir [17].

2.5.2. Termoelektrik Soğutucuların Yapısı ve Çalışma Prensibi

Termoelektrik modül parça, iki tane seramik plaka arasına n ve p-tipi yarı iletkenlerden oluşan termal çiftlerin, termal olarak paralel, elektriksel olarak seri olarak bağlanıp, lehimlemesiyle meydana gelmiş cihazlardır. Termoelektriğin yapısı aşağıdaki resimde görüldüğü gibidir.



Şekil 2.15. Bir TE modülün içyapısı [39].

Seramik plakalar; modülün soğuk ve sıcak yüzeylerini oluşturur. Elektriksel olarak ileticiler, pelletler arasında ki seri elektrik iletimini aktarır ve ana kablolarla iletilirler. Ana kablolar ise akım kaynağından aldıkları gücü iletirler.

Termoelektrik soğutma termoelektrik etkilerden biri olan Peltier etkisine dayanmaktadır. Peltier içerisinde bulunan termoelektrik madde sayesinde bir yüzeydeki ısı diğer yüzeye geçmektedir. Peltier içerisinde bulunan P ve N tip yarı iletkenler birbirine seri bağlı olarak yerleştirilmiştir. Gerilim uygulandıktan sonra elektronlar soğuk bölgeden sıcak bölgeye doğru hareket eder.

2.5.3. Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler

Termoelektrik soğutucularda N ve P tipi termo malzemelerde kullanılan yarı iletken malzemeler, BiSb, Bi₂Te₃, SiGe ve PbTe gibi alaşımlardır. Bi₂Te₃, Bizmut, Teleryum yüksek termoelektrik özellikleri nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir [40]. Üst ve alt plakalarda seramik malzeme kullanılmaktadır. Böylece elektriksel yalıtıklık, ısıl iletkenlik ve mekanik mukavemet sağlanmaktadır. Termo malzemeleri birbirine bağlayan iletken malzeme olarak alüminyum veya bakır gibi ısıl iletkenliği yüksek malzemeler kullanılmaktadır [41].

2.5.4. Yarı İletkenler

Atomlardan ayrılan elektronların devre içerisindeki hareketiyle elektrik akımı oluşmaktadır. Elektron hareketi maddelere göre değişiklik gösterebilir. Elektron hareketine göre maddeler; iletkenler, yarı iletkenler ve yalıtkanlar olmak üzere üçe ayrılır. İletkenler, elektrik akımını iyi iletirken, yalıtkanlar iletmezler. Yarı iletkenler, iletkenlik durumu iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alır. Yarı iletkenler silisyum ve germanyum elementleridir. Bu maddelere katkı olarak iletkenlik bandı enerji oranı aşağıya ve değerlik bandı enerji oranı yukarıya çekilir. Değerlik bandının yukarı çekildiği yarı iletkenlere P-tipi yarı iletken, iletkenlik bandının aşağıya çekildiği yarı iletkenlere ise N-tipi yarı iletken olarak adlandırılır [42].

2.5.4.1. N tipi Yarı İletkenler

Valans bandında dört elektron bulunduran Si veya Ge'un içerisine valans bandında beş elektron bulunan fosfor(P), arsenik(As), bizmut(Bi) gibi atomlar eklenirse elektronun ortak kullanılmasıyla kovalent bağ oluşturur. Bunun sonucunda oluşan kovalent bağdan bir elektron açıkta kalır ve bu açıkta kalan elektron herhangi bir atoma bağlı olmadığından dolayı iletkenliği artmış olur. Bu serbest haldeki elektronlar ısıyı da taşırlar. Isının akış yönü elektrik akımıyla aynı yöndedir yani negatiften pozitive doğrudur [43].

2.5.4.2. P Tipi Yarı İletkenler

Valans bandında dört elektron bulunduran Si veya Ge'un içerisine valans bandında üç elektron bulunan alüminyum, galyum, bor gibi atomlar eklendiğinde elektronlarla kovalent bağ oluşturur. Yörüngesinde 3 elektron bulunan bor, alüminyum gibi bir madde silisyum maddesine eklendiğinde atomların kurduğu kovalent bağlarda bir elektronluk eksiklik kalır. Bu eksiklikle boşluk(hole) oluşur. Bu boşluklar sayesinde elektrik akımı bu boşluklar vasıtasıyla taşınır. Ayrıca boşlukların hareket yönü ısı akışı ile aynı yöndedir [43].

2.5.5. Peltier Modüller İçin Temel Denklemler

Coefficient of Performance kelimelerinin baş harflerinden oluşan COP değeri performans katsayısı demektir. Soğutucuların en önemli özelliği soğutulan ortamdan ısı atmaktır, bu etkiyi gerçekleştirmek için ise bir temel hesaplama ihtiyacı vardır [44]. Soğutucuların verimliliği ifade eden büyüklük aşağıdaki gibi ifade edilmiştir;

$$COP = \frac{Q_L}{W_{net}} \quad (14)$$

Eğer iletimden kaynaklanan kayıplar yok ise, COP ideal değeri olan Carnot verim değeri üzerinden hesaplanabilir [33]. Eğer ideal COP değeri ise;

$$COP = \frac{T_H}{(T_H - T_L)} \quad (15)$$

Eşitliği ile bulunur.

$$a_{pn} = (a_p - a_n) = \frac{(\pi_p - \pi_n)}{T_L} \quad (16)$$

TE modülün seebeck katsayısı bulunabilir. Yani peltier soğutmasının etkisiyle kaynakta

$$(a_p - a_n)IT_L \quad (17)$$

Eşitliğine göre bir soğuma olacaktır. Ancak soğutma etkisine ters yönde

$$(T_H - T_L) \cdot (K_p + K_n) \quad (18)$$

Oranında bir ısı iletimi söz konusu olmaktadır. Burada K_p ve K_n , p-n çiftlerinin termal iletkenlikleridir. Bu ısı iletiminin yanında, Joule ısısından kaynaklanan

$$\frac{I^2(R_p + R_n)}{2} \quad (19)$$

İfadesinden gelen bir ısı yük daha vardır. Burada R_n ve R_p , çiftlerin dirençleridir.

Bu durumlardan yola çıkarak soğutma gücü için genel bir denklem yazılırsa;

$$\dot{q}_L = (a_p - a_n)IT_L - (T_H - T_L) \cdot (K_p + K_n) - \frac{I^2(R_p + R_n)}{2} \quad (20)$$

Olur.

Harcanması gerekli elektriksel iş ise aşağıdaki gibidir.

$$\dot{w} = (a_p - a_n)I(T_H - T_L) + I^2(R_p + R_n) \quad (21)$$

Buna göre TE modülün COPsi;

$$COP = \frac{(a_p - a_n)IT_L - (T_H - T_L)(K_p + K_n) - I^2(R_p + R_n)/2}{(a_p - a_n)I(T_H - T_L) + I^2(R_p + R_n)} \quad (22)$$

Olur. Buradan da anlaşılacağı üzere COP, soğutma gücüne bağlı olduğu kadar akıma da bağlıdır.

Bu soğutma uygulamaları için özel olan 3 durum vardır. Bu durumları sıralayacak olursak;

- Maksimum soğutma gücü
- Verilen sıcaklık farkı için maksimum COP
- Maksimum sıcaklık farkı

Buna göre maksimum soğutma gücünün elde edildiği Iq akımındaki COP ise,

$$COP_{qmax} = \frac{\frac{ZT_1^2}{2} - (T_H - T_L)}{ZT_H T_L} \quad (23)$$

Şeklinde bulunur.

İkinci özel ilgi alanı optimum, diğer bir deyişle maksimum COP. Bu durumu sağlayan akım değeri ise,

$$I_{COP_{qmax}} = \frac{(a_p - a_n)(T_2 - T_1)}{(R_p + R_n)[(1 + ZT_m)^2 - 1]} \quad (24)$$

Burada T_m ortalama sıcaklıktır. Yani $T_m = \frac{(T_L + T_H)}{2}$ dir. Buradan ise optimum COP

$$COP_{qmax} = \frac{T_L[(1 + ZT_m)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{T_L}{T_H}\right)]}{(T_L - T_H)[(1 + ZT_m)^{\frac{1}{2}} - 1]} \quad (25)$$

Olur.

Önemli etkisi olan bir diğer durum ise tek katlı bir TE modülün ulaşabileceği maksimum sıcaklık farkıdır. Burada amaç $(K_p + K_n)(R_p + R_n)$ 'yi mümkün olduğunca küçültmektir. Bu özellik maksimum soğutma gücünün COP formülünden bulunabilir [45].

Bu durumda çekilen ısı q=0 olursa, COP sıfıra düşer bunun sonucunda ise soğuk ve sıcak yüzeylerde $(T_H - T_L)$ sıcaklık farkı yüksek seviyelere çıkar. $(T_H - T_L)$ değeri ise $\frac{ZT_L^2}{2}$ ye eşittir.

Buna göre ;

$$\Delta T_{maks} = \frac{ZT_L^2}{2} \quad (26)$$

ΔT_{maks} daki elektrik akımı ise

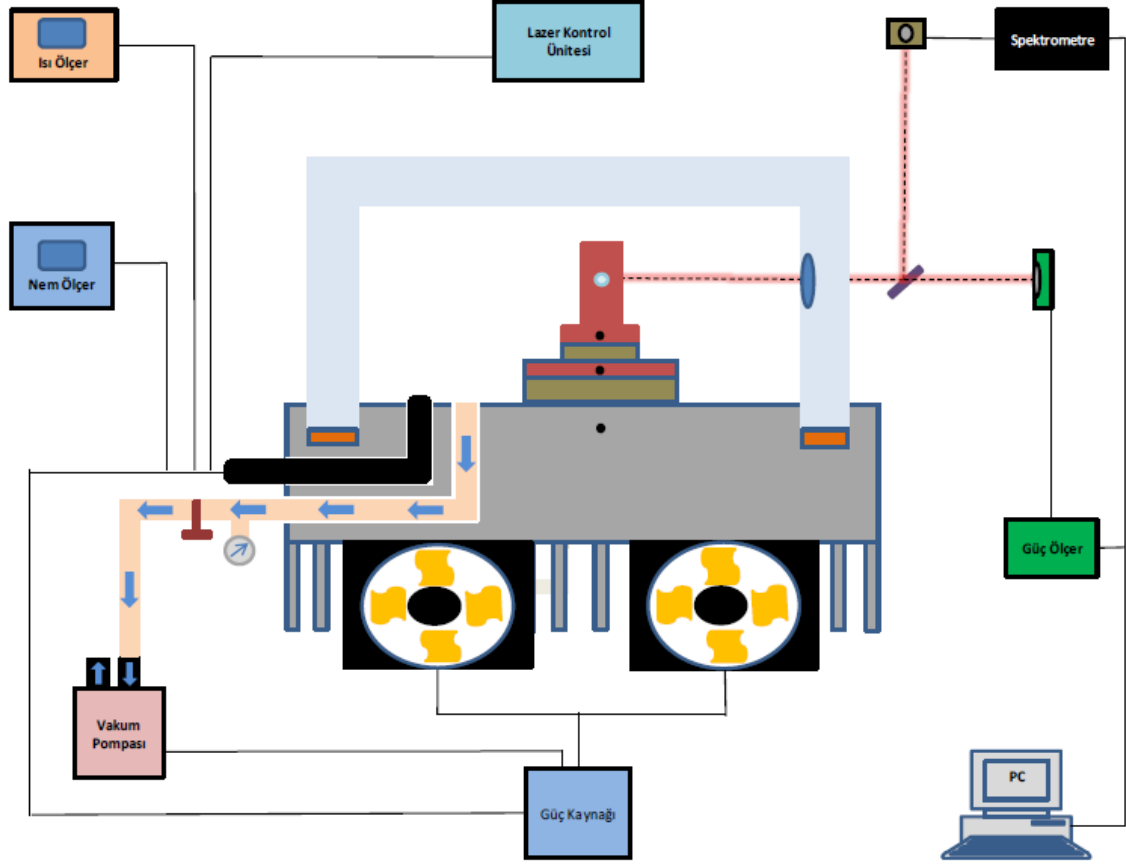
$$I_{\Delta T_{maks}} = \frac{(a_p - a_n)T_L}{(R_p + R_n)} \quad (27)$$

Olur.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Harici Optik Salıncılı Diyot Lazer Sistemi (HOSDLS)



Şekil 3.1. HOSDL sisteminin şematik gösterimi [17].

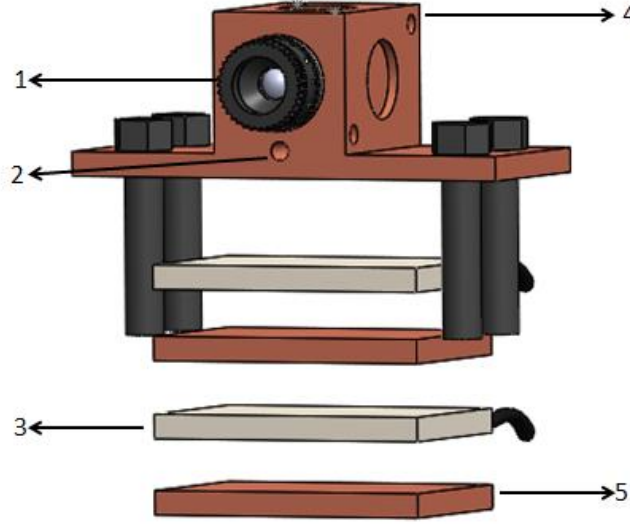
Lazer sisteminin bölümleri Şekil 3.1’de gösterildiği gibi lazer kafası, peltier, ısı vakum sistemi, fanlar (hava soğutma sistemi), havuzu (montaj platformu), lazer kontrol ünitesi, spektrometre, güç ölçer, lazer kontrol ünitesi, nem ölçer, ısı ölçer, güç kaynağı, PC ve lazer diyotudur.

Kurulan bu sistem iki ana başlıkta incelenmektedir.

- Sistemin Tasarlanması ve Kurulması
- Sistemin Çalıştırılması ve Performansı

3.1.1. Sistem Bileşenleri ve Kurulması

3.1.1.1. Lazer Kafası Sistemi



Şekil 3.2. Sistemde kullanılan lazer kafasının 3D modellemesi. 1)Lazer Tüp, 2)AD590 Isı sensör Yuvası, 3)TEC(Peltier), 4)Lazer Kafası, 5)Bakır Plaka

Lazer kafası sisteminin 3D modellemesi bakır plaka, peltier, diyot lazer tüpü ve diyot lazerden oluşturulmuştur. İstenilen ölçülerde tasarlama işlemi peltierin temas ettiği yüzeyini tümünü kapsayacak biçimde tasarlandı. Diyot lazerin yüksek sıcaklıklarda bozulmasını engellemek için peltier kullanıldı ve peltierin kullanılmasıyla diyot lazerin herhangi bir sıcaklıkta optimize edilmesi sağlanmış oldu. Birden fazla peltier kullanıldığı için aralarında sıcaklık etkisi oluşacağından peltierler arasına ısı yayıcı bakır plakalar eklenerek bu etki azaltılmış oldu. Sıcaklık ölçümünü kontrol altında tutabilmek için bakır plakalara delikler açıldı ve ısı sensörü sayesinde sıcaklık değişimlerini okumamız sağlandı.

3.1.1.2. Peltier Seçimi ve Sisteme Entegre Edilmesi

Kurulan lazer kafası sisteminde TES3-119-119-119-07CH4.5 $30 \times 30 \times 8.9 \text{ mm}^3$ ebatlarında, 6.37A akım çekebilen, maksimum 14.6V voltaj verebilen ve 26.3 W soğutma gücüne sahiptir. Kullanılan diğer peltier TEFC1-12707 dediğimiz peltierdir. Bu peltier $10 \times 10 \times 1.8 \text{ mm}^3$ ebatlarında, 0.7A akım çekebilen, 16.8V voltaj verebilen ve 7.5W soğutma gücüne sahiptir. Peltierlerin hemen altına yüzeysel olarak kaplıcak şekilde bakır plaka konuldu. Yüzeyi kaplayan bakır plakalar ısı iletiminin daha hızlı bir şekilde olmasını sağladı. Bu tür peltierlerin verimlilik oranı %70 olduğundan işlem yaparken bu duruma dikkat edildi.

Sistem bileşenleri olan peltier ve bakır plakalar arasına ısı pastası dediğimiz malzeme sürüldü.

3.1.1.3. Isı Havuzu ve Üzerine Uygulanan İşlemler

Isı havuzu yeterli ısı iletkenliğine sahip, madde yoğunluğu düşük ve yeterli ısı genleşmeye sahiptir. Kullanılan alüminyum soğutucunun ısı iletkenliği $0.48 \text{ cal/cmS}^\circ\text{C}$, elektriksel direnci $0.033 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$, ısı kapasitesi 24.2 J/Mol.K , ısı direnci $1/0.48 \text{ J/Mol.K}$ ve alüminyum soğutucunun açık hali ALMgSi0.5 'tir.

Alüminyum soğutucu ısı kanalları sayesinde ısının dışarıya çıkışını kolaylaştırmakla birlikte ayak açıkları sayesinde ısının rahatça üzerinde ilerlemesini sağlar. Vakum için kullanacağımız plexiglass malzemedan yapılmıştır. Isı havuzu olarak kullanılan alüminyum soğutucunun üzerine ısı sensörü gelecek şekilde 7 mm yuva bulunmaktadır. Herhangi bir ısı değişimini ölçmek için üzerine ısı sensörü girebilecek şekilde yuva açılmıştır. Alüminyum soğutucunun üzerinde buluna plexiglass'ın içerisinde lazer, peltier ve kablolar yer alacağından kalın ve dayanıklı malzeme olmasına dikkat edildi. Vakum ortamındaki kabloların dışarı çıkarılması için delik açıldı saydam bir şekilde yalıtımı sağlandı. Diğer bir işlem ise alüminyum soğutunun üzerine $m6$ vidası gelecek şekilde delik açıldı ve lazer kafası ile montajı sağlanmış oldu. Vakum sistemindeki en önemli durum hava alışverişini sağlamak için alüminyum soğutucu üzerinde $m6$ delik açılarak içerdeki havanın dışarı atıldı.

3.1.1.4. Nem Ölçümü ve Nemin Giderilmesi

Vakum ortamında alüminyum üzerine ilk önce Isı iletiminin daha yüksek olması için peltier ve bakır plakalar arasına ısı pastası sürüldü. Daha sonra plexiglass alüminyum üzerine hava sızdırmicak şekilde kapatıldı. Vakum pompası çalıştırılmadan önce lazer yuvası ve bakır plakalar nem tuttuğundan işleme başlamadan önce ısıtıldı. Plexiglass içerisinde bulunan nemin ölçümü CEM DT-8891E ile sağlandı. Nemin giderilmesi vakum pompası sayesinde sağlandı ve nem değişimi an ve an gözlemlendi. Sürekli denemeler yapılarak plexiglass içerisindeki nemin daha ne kadar azaltılması gerektiği hesaplandı.

3.1.1.5. Kullanılan Cihazlar ve Optik Malzemelerin Tanıtılması

Deneyde kullanılan malzemeler vakum pompası, fanlar, güç kaynağı, güç ölçer, spektrometre, nemölçer, ısıölçer, PC, diyot lazer, peltierler, lazer kontrol ünitesi.

Tablo 3.1. Deneyde kullanılan peltierler

TES3-119-119-119-07CH4.5	Ebatları 30x30x8.9mm ³ , V _{max} =14.6V, I _{max} =6.37A, Q _{max} =26.3W, ΔT _{max} =104°C
TEFC1-12707	Ebatları 10x10x1.8mm ³ , V _{max} =16.8V, I _{max} =0.7A, Q _{max} =7.5W, ΔT _{max} =74°C
TEC2-199-199-14	Ebatları 40x40x5.8mm ³ , V _{max} =24.5V, I _{max} =14.2A, Q _{max} =139.0W, ΔT _{max} =93°C

Deneyde kullanılacak olan TES3-119-119-119-07CH4.5, TEFC1-12707 peltierleri, lazer kafası sisteminin mikro bölge soğutma sıcaklığını değiştirmede kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Deneyde kullanılan lazer kontrol ünitesi ve özellikleri

Lazer kontrol ünitesi AA TECH/ADC-3306D	(30V, 6A,Çift Çıkış) Bağımsız Akım ve Gerilim Kanalları için 3 Dijit Hassasiyeti, Isınmaya Karşı Ekstra(Fan Destekli) Soğutma, Düşük Dalgalanma & Gürültü, Gerilim Akım Kontrollü İşlem, Aşırı Yük ve Ters Gerilim Koruması, Bağımsız (0-30V/0-6A) x2, Paralel 0-30V 0-12A, Seri 0-60V 0-6A, Gerilim Hassasiyeti 5V±0.25V, Çıkış Akımı 3A, Giriş Gerilimi AC 220V±%10 50Hz, Gerilim Kararlılığı ≤% 0.01 + 2 mV, Yük Kararlılığı ≤% 0.01 + 2 mV, Gerilim ve akım Göstergesi Hassasiyeti 3 dijit LED Ekran ±% 1 ±1 kelime, Çalışma Sıcaklığı -10 °C~ 40 °C(Nem Oranı< % 90), Boyutlar 343x360x170, Ağırlık 12 Kg
--	---

Güç kaynağı, TES3-119-119-119-07CH4.5 kodlu peltierlere akım ve voltaj sağlamaktadır Lazer kontrol ünitesi AA TECH/ADC-3306D TEC'i besleyerek lazer kafası sıcaklığının kararlı halde olmasını ve lazer diyota akım sağlayıcı ünite olarak görev almaktadır. Sistemde kullanılan AA TECH/ADC-3306D kontrol ünitesi tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Deneyde kullanılan vakum ve özellikleri

Vakum Pompası Sparkfun / D2028B	Voltaj değeri 12V, gücü 12W, 0 - 16 "Hg vakum aralığında.
---------------------------------	---

Vakum pompası, kapak içerisindeki havanın tahliyesinde görev almaktadır.

Tablo 3.4. Deneyde kullanılan ısı ölçer ve özellikleri

Isı Ölçer CEM / DT-8891E	Genel Özellikler: Operasyon sıcaklığı 0°C ile +50°C arasında, depolama sıcaklığı -10°C ile +50°C arasında. Sıcaklık Aralığı: K tipi ısı çiftlerinde -200°C ile +1372°C arasında, IR sıcaklık -30°C ile +550°C arasında. Görüntüleme Çözünürlüğü: 0.1°C /oF/K<1000,1°C /oF/K>1000.
--------------------------	--

Isıölçer ısı havuzunun sıcaklığı ve ortam sıcaklığını ölçmede kullanılmaktadır.

Tablo 3.5. Deneyde kullanılan fan ve özellikleri

Fanlar Akasa Viper / DFL142512L 02	Boyutları 140x140x25mm ³ , Hızı 600 - 1600RPM, maksimum hava akışı 110.61CFM, maksimum durgun hava basıncı 3.12mm H ₂ O, kirlilik düzeyi 12,5 - 26.01dB (A), maksimum voltaj 12V DC, 50.000 saat ömür.
------------------------------------	--

Fanlar, hem montaj platformu hem de ısı havuzu olarak görev yapan alüminyum soğutucunun sıcaklığını, ortam sıcaklığında tutmada görev almaktadır.

Tablo 3.6. Deneyde kullanılan nem ölçer ve özellikleri

Nem Ölçer Cem / DT-172	Boyutları 94*50*32 mm, bağıl nem ölçme Aralığı 0-100 %, doğru okuma (-2 % Rh, +2 % Rh), çözünürlüğü (-0.1 % Rh, +0.1 % Rh), sıcaklık ölçümü -40 ile 70 °C arasında.
------------------------	---

Nemölçer, ortamdaki nemin ve vakum kapağı içerisindeki nemin ölçülmesinde kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Sistem Üzerinde Biriken Isı Miktarının Bulunması

Sistemin çalışmasını etkileyen ısı birikim miktarı, pasif ve aktif ısı birikim miktarları olmak üzere iki şekilde incelenmektedir.

Aktif ısı birikim miktarı; diyot lazerlerin çalışması esnasında ortaya çıkan ısıyı temsil etmektedir. Bu nedenle yarı iletken diyot lazerlerin, açığa çıkarttığı ısı miktarlarını, aktif ısı birikmesi olarak belirtmek mümkündür. Bu tezde alınacak aktif ısı birikme parametresi, yarı iletken diyot lazerin yarattığı ısı birikmesine karşılık gelmektedir. Aktif ısı birikim miktarının hesabını yapabilmek için aşağıdaki denklem (31)'de yararlanılmaktadır.

$$Q_{act}=V i \quad (31)$$

Denklem (31)'de bulunan olan Q_{act} (W); yarı iletken diyot lazerin elektriksel gücüdür. V (V); voltaj, i (A); akım, değerleridir. Teorik olarak, elektriksel gücün %30'u alınarak, aktif ısı birikim miktarı hesaplanmış oldu.

Pasif ısı birikim miktarı; sistem üzerinde montajda kullanılan metal vidaların, metal pulların, montaj ürünlerinin ve ısı radyasyonla sisteme etki eden nesnelerin ısıları sisteme iletim yoluyla aktarılan ısı birikimi olarak açıklanmaktadır.

Pasif ısı birikmesini hesaplamada kullandığımız matematiksel denklemler, denklem (32), (33), (34) ve (35)'de verilmektedir.

$$Q_{rad}=F e s A (T_{amb}^4 - T_c^4) \quad (32)$$

Denklem (32)'de bulunan Q_{rad} (W); ısı radyasyonun sistemde biriktirdiği ısı miktarı, Stefan-Boltzmann sabiti, A (m²); F ; biçim faktörü (en kötü şartlar altında alacağı değer 1), e ; yayılma faktörü (en kötü şartlar altında alacağı değer 1), s (W/m²K⁴); soğutulan yüzeyin alanı, T_{amb} (K); ortam sıcaklığı, T_c (K); termoelektrik soğutucunun soğuk kısmının sıcaklığıdır.

$$Q_{conv}=h A (T_{air} - T_c) \quad (33)$$

Denklem (33)'te bulunan Q_{conv} (W); taşınım ile biriken ısı miktarı, h (W/ m²°C); taşınım ısı transfer katsayısı, A (m²); taşınım maruz kalan yüzün alanı, T_{air} (°C); ortamın sıcaklığı, T_c (°C); TEC'in soğuk yüzeyinin sıcaklığıdır.

$$Q_{cond} = A k \Delta T / L \quad (34)$$

Denklem (34)'te bulunan Q_{cond} (W); iletimden kaynaklı ısı birikmesi, L (m); ısı yolunun uzunluğu, k (W/m °C); malzemenin ısı iletkenliği, A (m²); malzemenin kesitsel alanı, ΔT (°C); ısı yolu boyunca sıcaklık farkıdır.

Bu sistem içerisinde vakum işlemi yapıldığından pasif ısı birikme miktarı, aşağıda gösterilen denklem (35) ile hesaplanabilmektedir.

$$Q_{pas} = A x \Delta T / \frac{x}{k} + \frac{1}{h} \quad (35)$$

Denklem (35)'te bulunan x (m); yalıtımın kalınlığı, Q_{pas} (W); kapak içerisindeki taşınım ve iletimden kaynaklı pasif ısı birikmesi, A (m²); kapağın toplam iç yüzeyi, k (W/m °C); yalıtımın termal iletkenliği, h (W/ m² °C); taşınım sıcaklık transfer katsayısı, ΔT (°C); objenin sıcaklık değişimidir. Teorik olarak istenmeyen ısı birikimleri olarak bu durumları giderebilmek için birikim miktarları bulundu ve ona uygun bir platform dizayn edildi.

4.2. Sistemde Biriken Isı Miktarının Karakteristiğinin İncelenmesi

Deney 1, 2, 3, 4, 5 'te kullanılan; T2; lazer kafası ile peltierin üst kısmı arasındaki sıcaklık değişimini, T3; peltier ile hava soğutma arasındaki sıcaklık değişimini, T4; vakum ortamındaki sıcaklık değişimini temsil etmektedir.

1.Deney: TES3=10V, HS=0V, Vakum=750 mmHg değerlerinde zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.

Başlama Koşulları:

Oda sıcaklığı: 25°C

Platform sıcaklığı: 25°C

Dış ortamın nemi: %28

TES3: 10V

HS: 0V

Vakum: 750 mmHg

Başlangıç sıcaklıkları T2=23,5°C, T3=23,4°C, T4=23,1°C olan lazer kafası sisteminin TES3 (peltier) kullanılarak lazer kafası sıcaklık değişimi tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. TES3=10V, HS=0V, Vakum=750 mmHg değerlerinin zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi

<i>Time(dk)</i>	<i>T2(°C)</i>	<i>T3(°C)</i>	<i>T4(°C)</i>
5	-9,6	-9,1	24,9
10	-29,6	-28,4	27,2
15	-36,3	-34,8	28,9
20	-38,6	-37,1	30,2
25	-39,3	-37,7	31,5
30	-39,1	-34,4	32,6
35	-38,5	-36,7	33,9
40	-38,0	-36,2	34,7
45	-37,5	-35,7	35,3
50	-37,1	-35,2	36,1
55	-36,7	-34,9	36,4
60	-36,4	-34,5	36,8

2.Deney: TES3=10V, HS=12V, Vakum=0 mmHg değerlerinin zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.

Başlama Koşulları:

Oda sıcaklığı: 25°C

Platform sıcaklığı: 25°C

Dış ortamın nemi: %28

TES3: 10V

HS: 12V

Vakum:0 mmHg

Başlangıç sıcaklıkları T2=23,8°C, T3=23,7°C, T4=23,5°C olan lazer kafası sisteminin TES3 (peltier) kullanılarak lazer kafası sıcaklık değişimi tablo 4.2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.2. TES3=10V, HS=12V, Vakum=0 mmHg değerlerinin Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.

<i>Time(dk)</i>	<i>T2(°C)</i>	<i>T3(°C)</i>	<i>T4(°C)</i>
5	-15,6	-15,2	24,5
10	-26,7	-25,5	24,5
15	-28,4	-27,3	24,5
20	-29,6	-28,3	24,4
25	-29,9	-28,7	24,4
30	-30,0	-28,8	24,6
35	-30,0	-28,8	24,4
40	-30,0	-28,8	24,4
45	-30,1	-28,9	24,3
50	-30,1	-28,9	24,3

55	-30,1	-28,9	24,2
60	-30,2	-29,0	24,2

3.Deney: TES3=10V, HS=12V, Vakum=750 mmHg değerlerinin zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi

Başlama Koşulları:

Oda sıcaklığı: 25°C

Platform sıcaklığı: 25°C

Dış ortamın nemi: %28

TES3: 10V

HS: 12V

Vakum:750mmHg

Başlangıç sıcaklıkları T2=26,8°C, T3=27,5°C, T4=26,9°C olan lazer kafası sisteminin TES3 (peltier) kullanılarak lazer kafası sıcaklık değişimi tablo 4.3'de gösterilmektedir.

Tablo 4.3. TES3=10V, HS=12V, Vakum=750 mmHg değerlerinin Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.

<i>Time(dk)</i>	<i>T2(°C)</i>	<i>T3(°C)</i>	<i>T4(°C)</i>
5	-17,9	-16,7	26,0
10	-32,1	-30,5	26,0
15	-38,7	-36,9	25,8
20	-41,1	-36,4	25,7
25	-42,4	-40,5	25,5
30	-42,9	-41,0	25,4
35	-43,1	-41,2	25,4
40	-43,2	-41,4	25,1
45	-43,3	-41,5	25,0
50	-43,4	-41,6	24,9
55	-43,5	-41,6	24,9
60	-43,5	-41,7	24,8

4.Deney: TES3=10V, HS=0V, Vakum=0 mmHg değerlerinde zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi

Başlama Koşulları:

Oda sıcaklığı: 25°C

Platform sıcaklığı: 25°C

Dış ortamın nemi: %28

TES3: 10V

HS: 0V

Vakum: 0V

Başlangıç sıcaklıkları $T_2=22,7^{\circ}\text{C}$, $T_3=22,6^{\circ}\text{C}$, $T_4=23,8^{\circ}\text{C}$ olan lazer kafası sisteminin TES3 (peltier) kullanılarak lazer kafası sıcaklık değişimi tablo 4.3'de gösterilmektedir.

Tablo 4.4. TES3=10V, HS=0V, Vakum=0 mmHg değerlerinde Zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.

<i>Time(dk)</i>	<i>T2(°C)</i>	<i>T3(°C)</i>	<i>T4(°C)</i>
5	-7,5	-7,0	25,5
10	-20,2	-19,3	27,2
15	-25,5	-24,3	29,2
20	-26,4	-25,2	30,6
25	-26,0	-24,8	31,9
30	-25,5	-24,3	32,9
35	-24,9	-23,7	33,6
40	-24,3	-23,2	34,3
45	-23,6	-22,4	35,3
50	-23,1	-21,9	35,9
55	-22,6	-21,3	36,5
60	-22,2	-21,0	37,0

5.Deney: TES3=10V, HS=0V, Vakum=0 mmHg değerlerinde zamana bağlı lazer kafası sıcaklığının değişimi.

Başlama Koşulları:

Oda sıcaklığı: 25°C

Platform sıcaklığı: 25°C

Dış ortamın nemi: %28

TEC:TEFC1-12707

HS: 12V

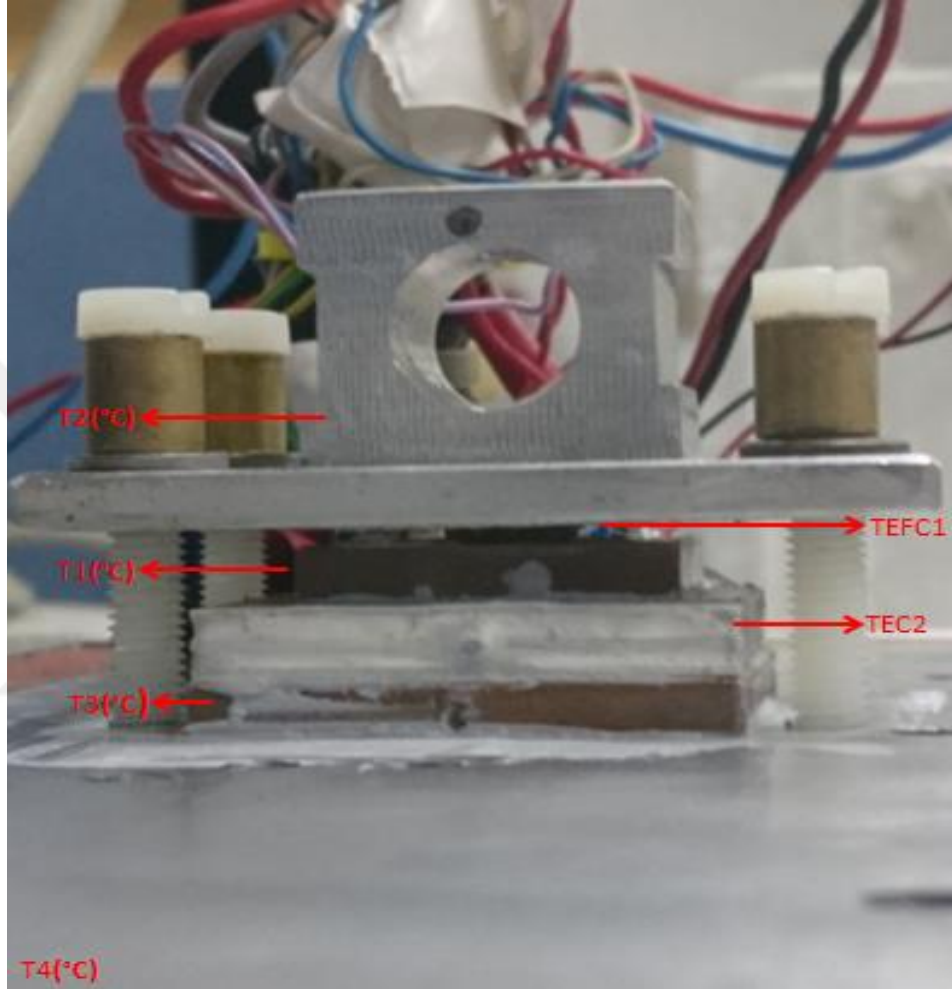
Vakum: 750 mmHg

Başlangıç sıcaklıkları $T_2=24,7^{\circ}\text{C}$, $T_3=24,6^{\circ}\text{C}$, $T_4=24,3^{\circ}\text{C}$ olan lazer kafası sisteminin TEFC1-12707 kullanılarak lazer kafası sıcaklık değişimi tablo 4.5'te gösterilmektedir.

Tablo 4.5. HS=12V, Vakum=750 mmHg değerlerindeki TEFC1-12707 sıcaklığının değişimi.

<i>Akım(A)</i>	<i>T2(°C)</i>	<i>T3(°C)</i>	<i>T4(°C)</i>	<i>Volt(V)</i>
0,05	18,8	24,2	24,1	1,3
0,10	14,7	23,9	23,7	2,3
0,15	11,6	24,0	23,6	3,5
0,20	7,9	24,0	23,6	4,5
0,25	4,8	24,0	23,6	5,6
0,30	1,5	24,0	23,6	6,7
0,35	-2,3	24,0	23,5	7,9
0,40	-4,5	24,1	23,5	8,6
0,45	-7,1	24,1	23,5	9,7

0,50	-9,0	24,2	23,5	10,6
0,55	-10,2	24,4	23,5	11,5
0,60	-11,2	24,6	23,6	12,6
0,65	-12,0	24,7	23,6	13,6
0,70	-12,6	24,9	23,6	14,5



Şekil 4.1. Deney 6'da kurulan piramit sistem.

6.Deney:

Oda sıcaklığı: 25°C

Platform sıcaklığı: 25°C

Dış ortamın nemi: %28

TEC: TEFC1-12707, TEC2-199-199-14

HS: 12 V

Vakum: 750 mmHg

Tablo 4.6. HS=12V, Vakum=750 mmHg değerlerindeki TEFC1-12707, TEC2-199-199-14 sıcaklığının değişimi.

<i>Akım(A)</i>	<i>T1(°C)</i>	<i>T2(°C)</i>	<i>T3(°C)</i>	<i>T4(°C)</i>
0,05	-13,4	-18,6	35,1	26,2
0,10	-13,8	-19,7	35,0	26,1
0,15	-14,0	-20,8	35,0	26,1
0,20	-14,3	-22,3	35,0	26,1
0,25	-15,6	-25,7	35,0	26,0
0,30	-16,6	-29,3	35,0	26,0
0,35	-17,0	-30,8	35,0	26,0
0,40	-17,0	-31,5	35,1	25,9
0,45	-17,3	-33,3	35,1	25,9
0,50	-17,3	-34,1	35,1	25,9
0,55	-17,3	-34,1	35,2	26,0
0,60	-16,8	-35,7	35,5	26,0
0,65	-16,5	-35,8	35,6	26,2

Deneye başlarken öncelikle vakum yapılarak ve 12V değerinde fanlara voltaj verilerek çalıştırıldı. Vakum pompası ve eski kapalı çevrim buzdolabı gaz pompasını seri bağlayarak daha etkin bir vakumlama sağladığımız vakum sisteminde, 750 mmHg kadar vakum yapılarak vakum vanası kapatıldı ve vakum kapak içerisinde kalan hava alındı.

Deney 1’de TES3-119-119-119-07CH4.5 peltieri kullanıldı. Hava soğutma kullanılmadan TES3=10V güç vererek ve Vakum=750 mmHg kadar vakum sağlanarak 60 dk’lık zamanda -36,4°C de lazer kafası mikro bölgede soğutuldu.

Deney 2’de TES3-119-119-119-07CH4.5 peltieri kullanıldı. Vakum kullanılmadan TES3=10V, HS=12V güç vererek ve 60 dk’lık zamanda -30,2°C de lazer kafası mikro bölgede soğutuldu.

Deney 3’te TES3-119-119-119-07CH4.5 peltieri kullanıldı. Hava soğutma 12V, TES3=10V değerinde çalıştırılarak ve Vakum=750 mmHg kadar vakum sağlanarak 60 dk’lık zamanda -43,5°C de lazer kafası mikro bölgede soğutuldu.

Deney 4’de TES3-119-119-119-07CH4.5 peltieri kullanıldı. Hava soğutma ve vakum kullanılmadan TES3=10V güç vererek 60 dk’lık zamanda -22,2°C de lazer kafası mikro bölgede soğutuldu.

Deney 5’te TEFC1-12707 peltieri kullanıldı. Hava soğutma 12V’da çalıştırılarak, TEFC1 0,05-0,70 değerleri arasında kademeli olarak akım arttırarak, Vakum=750 mm hg kadar vakum sağlanarak peltier ile lazer kafa bölgesi arasındaki sıcaklık -12,6°C kadar soğutuldu.

Deney 6’da TEFC1-12707 ve TEC2-199-199-14 peltierleri kullanıldı. Hava soğutma 12V’da çalıştırılarak, TEC2 0,05-0,65 akım değerleri arasında kademeli olarak arttırarak, Vakum=750 mmHg kadar vakum sağlanarak peltier ile lazer kafa bölgesi arasındaki sıcaklık -35,8°C kadar soğutuldu.

Tasarlama işlemi, seçilen ebatlarındaki peltierlerin, yüzeysel anlamda tümünü kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Peltierlerin kullanılmasıyla diyot lazerin hangi sıcaklıkta istenirse o sıcaklıkta optimize edilmesi ayrıca yüksek sıcaklıklara gelindiğinde diyot lazerin bozulma riski ortadan kaldırıldı.

Kullanılan Peltier soğutucuların yeni tasarlanan lazer kafası sisteminde lazer çip sıcaklığı kararlı halde tutulması sağlandı. Lazer kafasının küçültülmesiyle peltier sistemiyle mikro bölgelerde ısı transferi gerçekleştirildi.

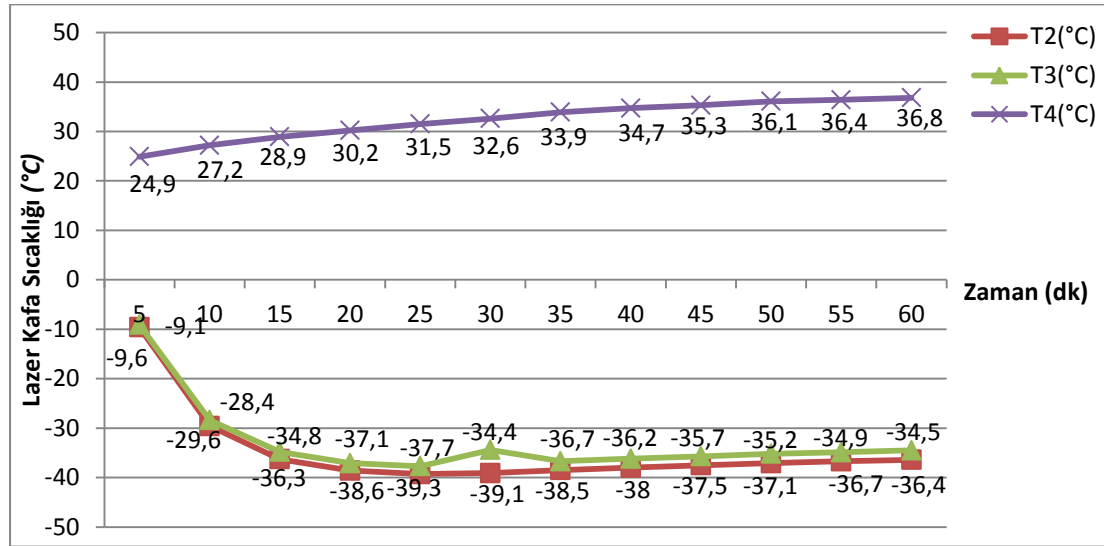


5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda ulaşılan iki ana sonuç bulunmaktadır. Bunlar;

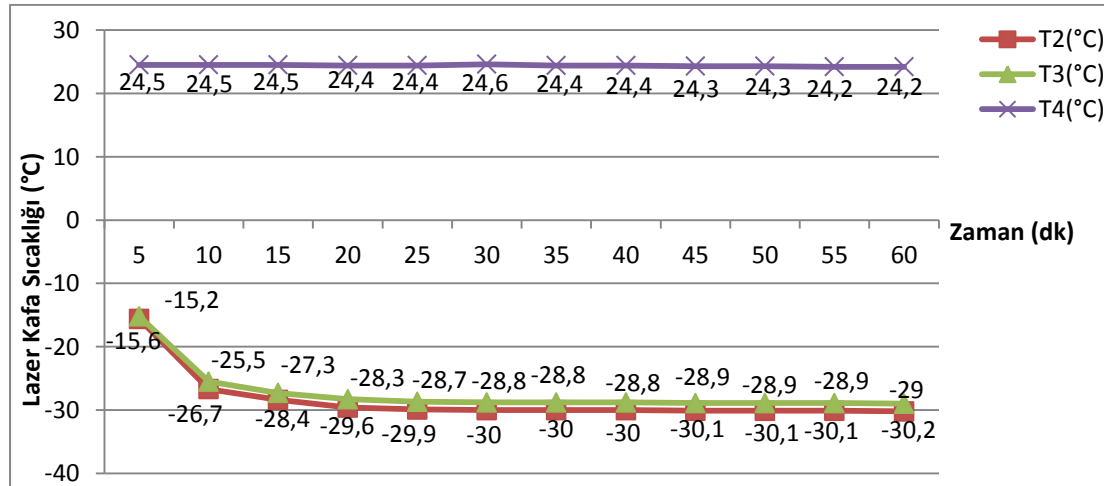
- Aktif ısı birikim miktarı; diyot lazerlerin çalışması esnasında ortaya çıkan ısı miktarı TEC(Peltier) kullanılarak giderilmesi.
- Pasif ısı birikim miktarı; Isıl radyasyon, lazer kafası ve etrafındaki nesnelerin elektromanyetik ışınım yaparak ısı üretmesinin hava soğutma sistemi ve vakum ortamında giderilmesi.

1.Deneyden çıkan sonuçlar;



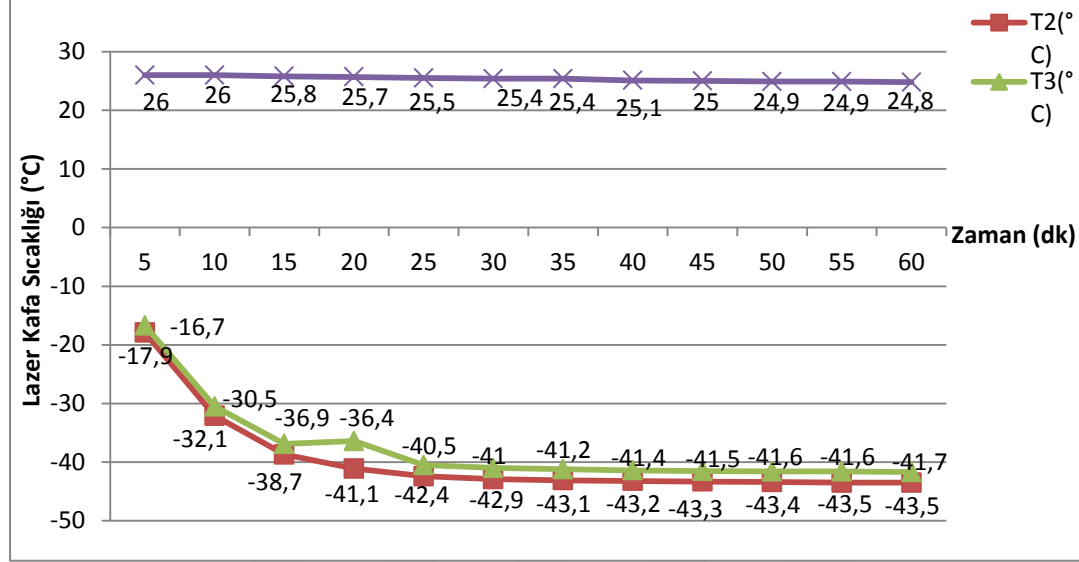
Grafik 5.1. Lazer kafası sıcaklığı $-36,8^{\circ}\text{C}$ 'ye indirilirken ısı havuzunun sıcaklığı ve lazer kafası sıcaklığı verileri.

2.deneyden çıkan sonuçlar;



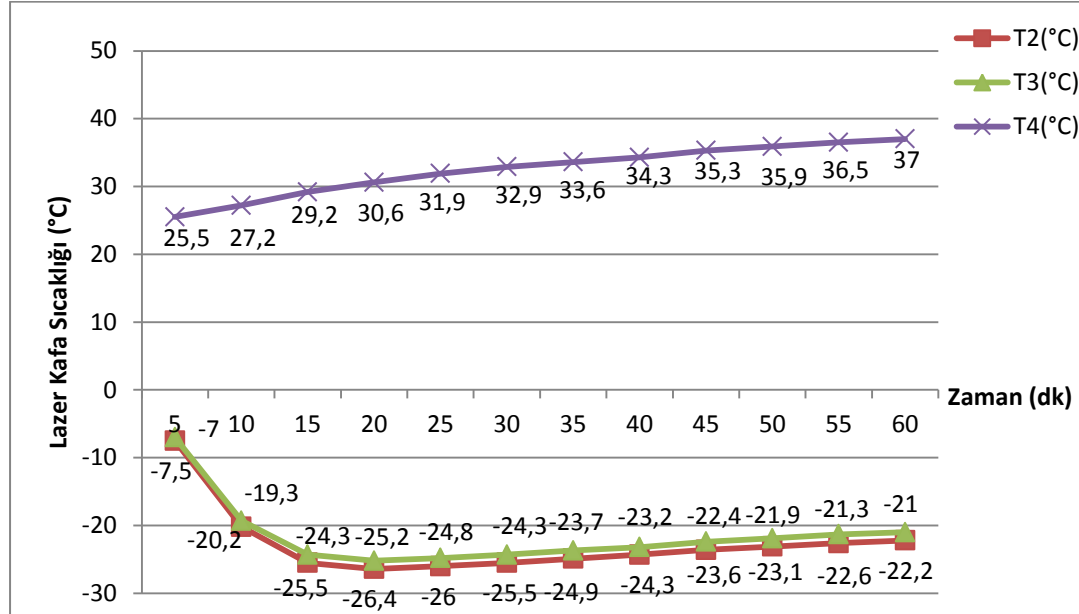
Grafik 5.2. Lazer kafası sıcaklığı $-30,2^{\circ}\text{C}$ 'ye indirilirken ısı havuzunun sıcaklığı ve lazer kafası sıcaklığı verileri.

3.deneyden çıkan sonuçlar;



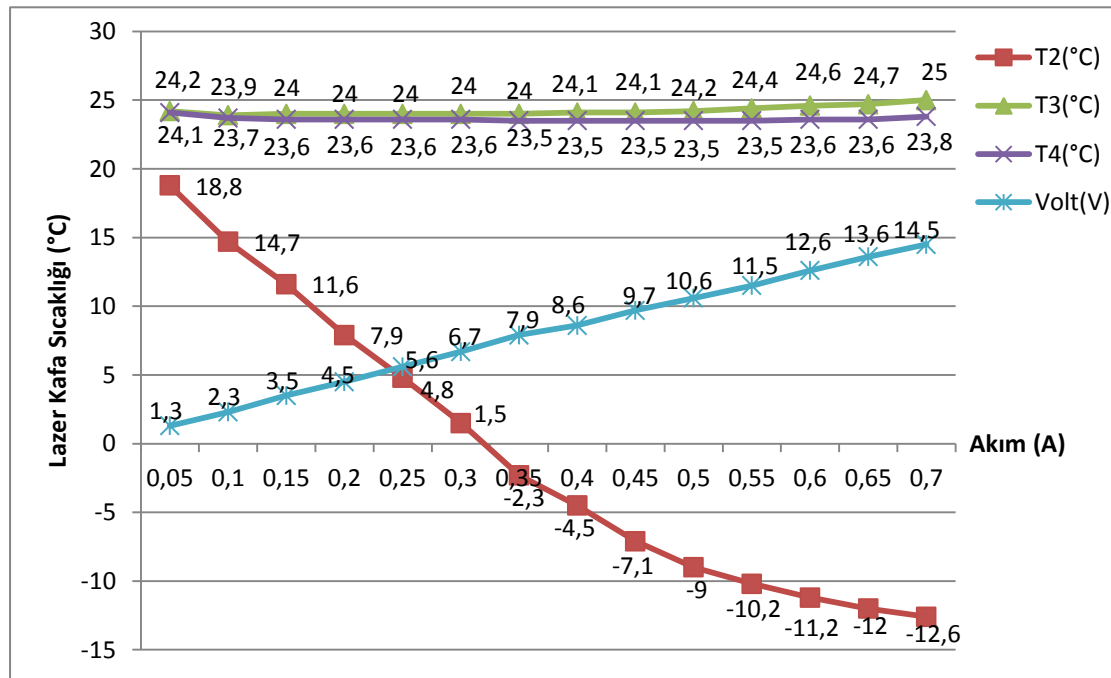
Grafik 5.3. Lazer kafası sıcaklığı $-43,5^{\circ}\text{C}$ 'ye indirilirken ısı havuzunun sıcaklığı ve lazer kafası sıcaklığı verileri.

4.deneyden çıkan sonuçlar;



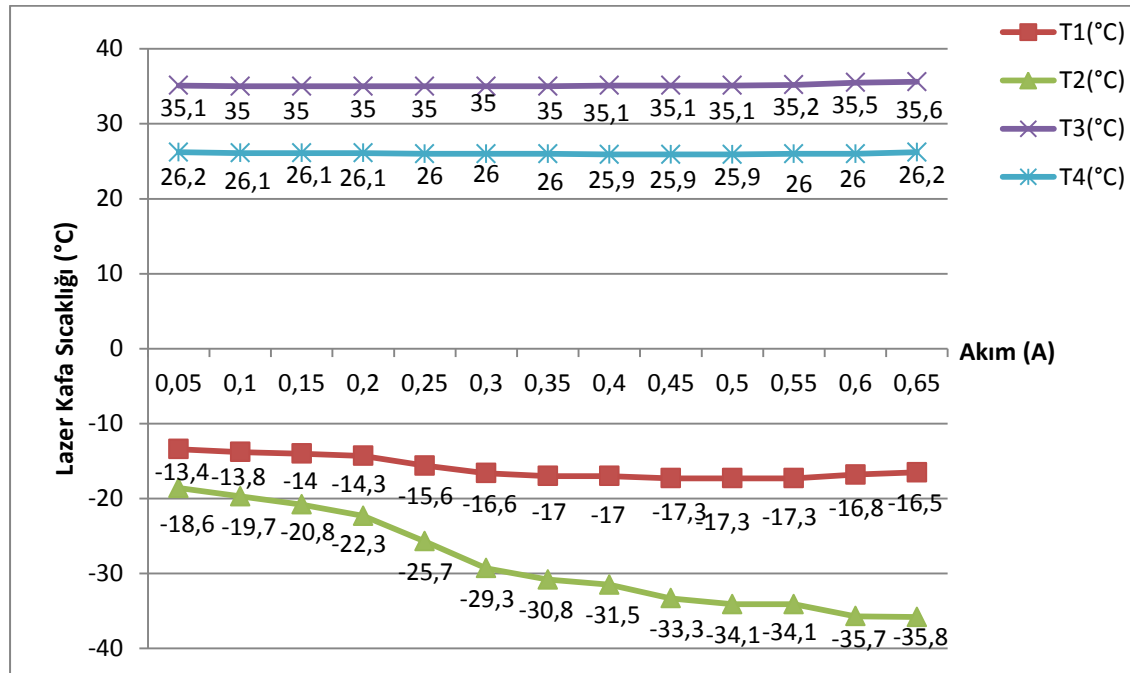
Grafik 5.4. Lazer kafası sıcaklığı $-22,2^{\circ}\text{C}$ 'ye indirilirken ısı havuzunun sıcaklığı ve lazer kafası sıcaklığı verileri.

5.deneyden Çıkan sonuçlar;



Grafik 5.5. Lazer kafası sıcaklığı -12,6°C'ye indirilirken, peltierlere verilen voltaj-akım, ısı havuzunun sıcaklığı ve lazer kafası sıcaklığı verileri.

6.deneyden Çıkan sonuçlar;



Grafik 5.6. Lazer kafası sıcaklığı -35,8°C'ye indirilirken, peltierlere verilen voltaj-akım, ısı havuzunun sıcaklığı ve lazer kafası sıcaklığı verileri.

Yukarıda çıkan deney sonuçlarından da anlaşılacağı gibi kullanılan peltierler, peltier düzenleri ve lazer kafası tasarımı beklenildiği gibi mikro bölge soğutması için yeterlidir. Kurulan bu sistem birçok yeni peltier düzenlerine imkân tanımakla beraber yüksek güç ve verimlilikte peltierler ile oda sıcaklığının çok daha altına (-75 °C gibi) inilebileceğini göstermiştir. Bilindiği gibi optik verimliliğin düşük olması ısı enerjisi dönüşümünün çok olması anlamına gelmektedir. İstendiği takdirde, oda sıcaklığının çok altındaki bir sıcaklığa lazer kafasını düşürebilen bu sistem ile üzerine dâhil edilecek optik verimliliği düşük bir lazer kullanımı da söz konusu olabilecektir.



KAYNAKLAR

- [1]. Hayashi, I. and Sumski, S., (1970). *Junction Lasers Which Operate Continuously at Room Temperature*, Apply. Phys. Lett., 109-111s.
- [2]. Fleming, M. W. and Mooradian, A., (1981). *Spectral Characteristics of External Cavity Controlled Semiconductor Lasers*, IEEE J. Quantum Electron, 17-44s.
- [3]. Zoorebedian, P., (1995). *Tunable Lasers Hand Book*, F. J. Duate Academic, London, 50-60s.
- [4]. Ludeke R., Harris E.P., (1972). *Tunable GaAs laser in an external dispersive cavity*, Appl. Phys., 20, 499-500s.
- [5]. Wieman E., and Hollberg L., (1991). *Using diode lasers for atomic physics*, Rev.Sci. Instrum, 62 (1), 1-20s.
- [6]. Wieman E., Pritchard and Wineland D. J., (1999). *Atom cooling, trapping and quantum manipulation*, Rev. Mod. Phys.
- [7]. Okur, İ. (2006). *Lazerler*, Milloni, P. W. and Eberly, J. H., "Lasers", John Wiley & Sons, New York (1988), Değişim Yayınları, İstanbul, 3-21s.178s
- [8]. Milloni, P. W. and Eberly, J. H., (2008). *Laser Physics*, John Wiley & Sons, New Jersey, 1116-120s.226-230s.
- [9]. Bacanak, S. (2014). *Harici Optik Salıncılı Yarı İletken Diyot Lazer Sistemlerinde Saydam Frekans Seçici Kırınım Ağı Kullanılması Ve Akortlama Özelliklerinin Araştırılması*", Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89s.6s.22-23s.
- [10]. Milloni, P. W. and Eberly, J. H., (2008). *Laser Physics*, John Wiley & Sons, New Jersey, 1116-120s.
- [11]. Hecht, E. (1998). *Optics*, 3rd ed.", Addison Wesley Longman, United States, 115-174s.
- [12]. Eisberg, R., Resnick R. (1974). *Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 40s.
- [13]. Verdyan, J., (1995). *Laser Electronics*, 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey, 100-150s.
- [14]. Wilson, J., Hawkes, J.F.B., (2000). *Optoelectronics*, Prentice-Hall,UK.
- [15]. Wilson, J. and Hawkes, J., (2006). *Optoelectronics*, 3rd ed., Bell & Bain Ltd., Glasgow, 257-266s,270-275s.
- [16]. Milloni, P. W. and Eberly, J. H., (2008). *Laser Physics*, John Wiley & Sons, New Jersey, 298-302s.
- [17]. Polat, B. (2014). *Akortlanabilen Harici Optik Salıncılı Yarı İletken Diyot Lazer Karakterinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi.
- [18]. Einstein, A. (1971). *Introduction to Masers and Lasers*, McGraw Hill, NY, Chapter 3.
- [19]. O'Shea, D.C., Russell W. And Rhodes, William T., (1978). *Introduction to Lasers and Their applications*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co.
- [20]. Born, M., Wolf E., (1980). *Principle of Optics 6th ed.*, Pergamon Press,Oxford.
- [21]. Siegman, A.E., (1986). *Lasers*", Mill Valley, CA University Science.
- [22]. Ready J.F. (1978). *Industrial Applications of Lasers*, Academic Press, NY.
- [23]. Wilson, J. Hawkes J.B.F., (1987). *Laser Principles and Applications*, Prentice Hall International, UK.
- [24]. Hecht, J. (2008). *Understanding Lasers*, 3rd", IEEE Press, UK, 185-203s.
- [25]. Anderson, J. D. (1976). *Gas Dynamic Lasers An Introduction*", Academic Press, New York, Chapter 3.
- [26]. Milloni, P. W. and Eberly, J. H., (1988). *Lasers*, John Wiley & Sons, New York, 414-430s.
- [27]. Sorokin, P.P, Lankard J.R., (1966). IBM J. *Research Development*, 10-162s.
- [28]. Duarte, F.J. (1990). *Technology of Pulsed Dye Lasers*, Dye Laser Principles, Academic press, New York.
- [29]. Ohtsubo, J. (2008). *Semiconductor Lasers*, 2nd ed., Springer, New York, 240-260s.
- [30]. Ye,C., (2004). *Tunable External Cavity Diode Lasers*, World Scientific Publishing, London, 14-20s.
- [31]. C. J. Hawthorn et al., (2001). *Littrow configuration tunable external cavity diode laser with fixed direction output beam*, Rev. Sci. Instrum.,72 (12), 4477.

- [32]. K. Liu and M. G. Littman., (1981). *Novel geometry for single-mode scanning of tunable lasers*, Opt. Lett. 6 (3), 117.
- [33]. Goldsmid H. J. ed. (2009). *Introduction to Thermoelectricity*, Berlin: Springer Series in Materials Science.
- [34]. Rowe, D.M. ed., (2006). *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*. New York: CRC/Taylor & Francis.
- [35]. Çengel, A.Y. ve Boles., (2008). A.M., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, 2. cilt, Derbentli, T., Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- [36]. FidanU. (2000). *Mikrodenetleyici kontrollü taşınabilir termoelektrik tıp kiti cihazı tasarımı ve uygulanması*, G.Ü Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [37]. Kong, L.B., Li, T., Hng, H.H., Boey, F., Zhang, T. and Li, S., (2014). *Waste Energy Harvesting Mechanical and Thermal Energies*, Springer, New York.
- [38]. D. M. Rowe C. M. Bhandari., (1983). *Modern Thermoelectrics*, 1-8s.
- [39]. Adeyanju A.A. and Compton W., (2010). *Theoretical Determination of a Thermoelectric Module and Heat Sinks Sizing*, International Journal of Electrical and Power Engineering, 4, 66-72s.
- [40]. Riffat, S.B, Ma, X., (2003). *Thermoelectrics: a review of present and potential applications*. Applied Thermal Engineering, 23:913-935s.
- [41]. Godfrey, S. (1996). An introduction to thermoelectric coolers. ElectronicsCooling, 2(3). <http://www.electronics-cooling.com>
- [42]. Atik, K. ve Yıldız, Y., (2010). *Güneş Pili Soğutma Sisteminin İmalatı ve Performansının Ölçülmesi, Tübitak MAG projesi, 109M010*, Kayseri, 1-60s.
- [43]. Bakan, F. (2015). *Analog Elektronik*, 6-7s.
- [44]. Yunus A. Cengel and Michael A. Boles. (2001). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. New York: McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering.
- [45]. Doğdu, M, F. (2013). *Termoelektrik Soğutucuların Performansına Doğrudan Temaslı Isı Değiştiricilerin Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, İTÜ Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Ali Osman ÖZDEMİR

Doğum Tarihi : 26.01.1991

E-mail : ao.ozdmr@gmail.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Fizik	Mersin Üniversitesi	2010-2016
Yüksek Lisans	Fizik	Mersin Üniversitesi	2016-2019

