

**T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HOLOGRAM BASKI SİSTEMİNİN İNCELENMESİ  
VE SEKTÖRDEKİ YERİ**

**Meryem ERCAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MATBAA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin N. BEYTUT**

**İSTANBUL 2009**

**T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HOLOGRAM BASKI SİSTEMİNİN İNCELENMESİ  
VE SEKTÖRDEKİ YERİ**

**Meryem ERCAN  
(141101920060287)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MATBAA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin N. BEYTUT**

**İSTANBUL 2009**

T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## KABUL VE ONAY BELGESİ

### HOLOGRAM BASKI SİSTEMİNİN İNCELENMESİ VE SEKTÖRDEKİ YERİ

Meryem ERCAN'ın "*Hologram Baskı Sisteminin İncelenmesi ve Sektördeki Yeri*" başlıklı Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29.06.2009 tarih ve 2009/15-36 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin N. BEYTUT .....  
Üye : Yrd.Doç.Dr. Candan CENGİZ .....  
Üye : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin KURT .....  
Tezin Savunulduğu Tarih : 16.07.2009

### ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile Meryem ERCAN'ın Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı, Matbaa Eğitimi Programında YÜKSEK LİSANS tezi (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

*Prof. Dr. Sevil ÜNAL*  
Marmara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

# ÖNSÖZ

## HOLOGRAM BASKI SİSTEMİNİN İNCELENMESİ VE SEKTÖRDEKİ YERİ

Hologram baskı sisteminin incelenerek, hedeflenen kalitede hologramlar yapabilmek ve karşılaşılan problemleri çözebilmek amacıyla kapsamlı literatür ve uygulama içeren çalışmanın hazırlanması sırasında, güvenlik açısından yeterli detay içeren kaynak bulunmayışı ve hologram üreten sektörlerin yine güvenlik gerekçesiyle üretim tesislerine gezi amacıyla bile izin veremeyişleri gibi nedenlerle sadece elde edilebilen kaynaklarla çalışmalarımızı gerçekleştirebildik. Bütün bu sınırlı kaynaklara rağmen hologramı çeşitlerine, türlerine ve sahip oldukları ek güvenlik özelliklerine göre gruplandırdık.

Öncelikle, bu çalışmamın hazırlanmasında, başından sonuna kadar, bana büyük destek veren danışman hocam Yard. Doç. Dr. Hüseyin N. BEYTUT'a, Matbaa Eğitimi boyunca emeği geçen bütün hocalarıma teşekkür eder, Matbaa Eğitimi Bölümü'nün bu günlere gelmesinde emeği geçen tüm kişi ve kuruluşlara saygılarımı sunarım.

Ayrıca, araştırmam sırasında desteğini esirgemeyen arkadaşım Satılmış YILMAZ'a, Tempo Matbaa Kalite Kontrol Şefi İsmet GÖKDEMİR'e, Osmanlı Ambalaj San. Tic. Ltd. Şti. Satış Müdürü Ahmet Başaran BAŞ'a, KRL Hologram Ve Güvenlik Sistemleri'nden Ferman KIRALI'ye, BEP Hologram'dan Nuray YILMAZ'a ve her konuda desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan ve her zaman desteklerini gördüğüm anneme, babama, ağabeylerime ve ablama saygı ve sevgilerimi sunarım.

Bu çalışmamın, matbaacılık üzerine eğitim gören öğrencilere, bu konuyla ilgili araştırma yapan akademisyenlere, araştırmacılara ve sektörümüze yararlı olmasını dilerim.

**Haziran 2009**

**Meryem ERCAN**

# İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER.....	3
II.1. HOLOGRAFİ.....	3
II.2. HOLOGRAFİ İÇİN GEREKLİ OLAN TEMEL FİZİKSEL BİLGİLER	4
II.2.1. Girişim (Enterferans).....	4
II.2.1.1.Çift Yarıktaki Girişim Deneyi (Young Deneyi).....	4
II.2.2. Kırınım (Diffraction).....	7
II.3. HOLOGRAFİDE KULLANILAN LAZER.....	10
II.4. LAZER FİZİĞİ.....	11
II.4.1. Lazerin Çalışma Prensipleri.....	12
II.4.2. Lazer Işığının Özellikleri.....	13
II.4.3. Hologramda Kullanılan Lazer Tiplerinin Yapısal Özelliği.....	14
II.5. TEMEL HOLOGRAFİ.....	15
II.6. HOLOGRAM TÜRLERİ.....	17
II.6.1. Transmisyon (İletim) Hologram.....	17
II.6.2. Reflection (Yansıtma) Hologram.....	18
II.6.3. Multiplex ve Görüntü Hologramları.....	18
II.7. HOLOGRAM ÇEŞİTLERİ.....	19
II.7.1. 2D Hologramlar.....	19
II.7.2. 3D Hologramlar.....	20

II.7.3. 2D/3D Hologramlar.....	20
II.7.4. Dot Matrix Hologramlar .....	20
II.7.5. E-Beam Hologramlar.....	21
II.7.6. Saçılım Ağı (Diffraction Grafings) Hologramları.....	23
II.7.7. Stereogramlar (Multiplex) .....	23
II.7.8. True Color Hologramı (Gerçek Renk).....	23
II.7.9. Flip-Flop Hologram (Kinetik).....	23
II.7.10. Multigram .....	23
II.7.11. ID Holo .....	23
<b>II.8. EK GÜVENLİK ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>25</b>
II.8.1. Mikrotext (Metin ya da çizgi) .....	25
II.8.2. Hologram Üzerinde Seri Numarası .....	25
II.8.3. Tamper Evident (Basınca Duyarlı) Hologram .....	25
II.8.4. Pattern Release (Şekil Bırakan) Hologram .....	25
II.8.5. Lazer Optik Şifreleme .....	25
II.8.6. Yukarıdaki Hologramların Varyatif Kombinasyonları.....	25
<b>BÖLÜM III. ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>27</b>
<b>III.1. HOLOGRAM ÇEKİMİ İÇİN GEREKLİ OLAN LABORATUAR DÜZENEĞİ, HOLOGRAM FİMLERİ VE FOTORESİST .....</b>	<b>27</b>
III.1.1. İzolasyon Masası.....	27
III.1.2. Girişim Ölçer .....	28
III.1.3. Karanlık Oda.....	29
III.1.4. Optik Aletler Ve Optik Rakorlar .....	299
III.1.5. Işık Ölçer .....	30
III.1.6. Hologram Filmleri ve Fotoresist.....	30
<b>III.2. HOLOGRAM YAPIM AŞAMALARI .....</b>	<b>31</b>
III.2.1. Tasarım.....	31
III.2.2. Sanatsal Üretim.....	31
III.2.3. Master Hologram Üretimi .....	32
III.2.4. Master Kalıp Üretimi .....	32
<b>III.3. HOLOGRAM YAPIMI .....</b>	<b>32</b>
III.3.1. Grafik Ve Film Çalışması.....	32

III.3.2. Lazer ile Temel Transmisyon (Background) Hologram Çekimi ve Banyo Edilmesi.....	33
III.3.3. Yeniden Oluşturma ile Görüntünün Master Hologram Üzerine Aktarılması .....	36
III.3.4. Lazer İle Foreground Görüntünün Master Hologram Üzerine Aktarılması .....	37
<b>III.4. HOLOGRAM BASIMI.....</b>	<b>37</b>
III.4.1. Shim'in Oluşturulması .....	37
III.4.1.1.Elektroforming Yöntemi .....	37
III.4.2. Baskı Aşamaları.....	38
III.4.2.1.Baskı Makinasının Tanıtımı .....	38
III.4.2.2.Baskı İşlemleri .....	41
III.4.2.3.Baskı.....	44
III.4.3. Baskı Sonrası İşlemlerde Kullanılacak Olan Makineler ve İşlemleri ....	45
III.4.3.1.Folyo Kesme Ve Sarma Makinesi .....	45
III.4.3.2.Kalıp Kesme Ve Sıcak Presleme Makinesi .....	45
III.4.3.3.Plastik Kart Presi.....	45
III.4.3.4.Plastik Kart Yüzey Kaplama Presi.....	45
III.4.3.5.Manyetik Şerit Presi .....	45
<b>III.5. HOLOGRAMIN KULLANIM AMACI VE ALANLARI .....</b>	<b>46</b>
<b>III.6. IHMA VE HOMAI.....</b>	<b>47</b>
<b>BÖLÜM IV. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>48</b>
<b>BÖLÜM V. SON DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER.....</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>53</b>

# ÖZET

## HOLOGRAM BASKI SİSTEMİNİN İNCELENMESİ VE SEKTÖRDEKİ YERİ

Hologram, uygun ışıklandırma şartları altında bakıldığında cisimlerin, gerçek dünyada olduğu gibi değişik açılardan görülebileceği üç boyutlu görüntüden ibarettir. Holografi ise üç boyutlu görsel bilginin kaydedilmesi, depolanması ve tekrar gözlenebilmesini sağlayan işlemler dizisidir.

Holografi, bir cisimden çıkan dalga cephesinin lazer ışığı ile kaydedilmesi prensibine dayandığı için, çalışmaya öncelikle konuyla ilgili dalga optiğinin esas hadiseleri olan girişim ve kırınım ile lazer fiziği hakkında literatür taraması yapılarak başlandı. Ardından hologram tür ve çeşitleri, ek güvenlik özellikleri, hologram çekimi için gerekli olan laboratuvar düzeneği, hologram filmleri, hologram yapım aşamaları, ulusal ve uluslar arası firmaların literatür taramaları yapıldı.

Hologramlar, ürüne ya da belgeye eşsiz ve belirgin, kolaylıkla ayırt edilebilen görsel orijinallik kazandırmasının yanında asıl hedefi, ürünün ya da belgenin sahte ile gerçeği güvenilir bir biçimde ayırabilme özelliği kazandırmasıdır. Hologram üretimi için yüksek miktarlarda para harcanarak laboratuvar düzeneği kurulabilmekte ve güvenlik açısından üretimler gizli yapılmaktadır. Güvenlik amaçlı, çalışmalarımızda laboratuvarı gezmemiz, yapılan çalışmalar hakkında detaylı bilgi almamız ve konuyla ilgili uygulama yapmamız mümkün olamamıştır. Çeşitli firmalarla yaptığımız görüşmelerde ise hologramlar hakkında genel bilgiler elde edilebilmiştir.

Hologram üretimi ve baskısı hakkında sınırlı literatürün bulunması, üretim ve baskı aşamalarının güvenlik açısından gizli tutulması gibi nedenlerle çalışmalarımız ulaşabildiğimiz kaynaklarla sınırlı kalmıştır.

Çalışmalar sonucunda, hologram üretiminde ve baskısında dikkat edilmesi gereken hususlar ele alınmış ve kullanım alanları belirlenmiştir.

# **ABSTRACT**

## **EVALUATION OF HOLOGRAM PRINTING SYSTEM AND ITS POSITION IN THE SECTOR**

Hologram means a 3-D image of the objects enabling us to see the object from various viewpoints - if observed under an appropriate illumination- as they appear in the real world. Holography is a process ensuring the saving, storage and reobservation of 3-D visual information.

This study was initially started with a literature search for the laser physics with interference and diffraction which is the main issues of wave optics related to this study as the Holography is based on the principle of saving the wave front output from an object by a laser light. Then the types of hologram, additional safety features, laboratory set-up needed for hologram shooting, hologram film strips, hologram structuring phases and the literature searches for domestic and international companies was completed.

Apart from ensuring a unique, remarkable and clearly distinguishable visual novelty for a product or service; the main target of the hologram works is to differentiate the genuine product or service from the forged ones. Laboratories are set up with huge amount of money for hologram production and the productions are performed with great confidentiality as a measure of safety. Therefore we have been unable to enter into the laboratories and achieve comprehensive information about these works and make applications regarding to this study. So that, only common information related with the hologram works could be gained through the interviews we made with several companies.

This study is limited with the sources we have been able to reach since the number of literatures and production and print phases regarding with the hologram production and the printing are kept confidential as a safety measure.

Within this study, the issues to be considered for hologram production and printing were evaluated and the area of usage are determined.

**June, 2009**

**Meryem ERCAN**

# ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1 Çift Yarıktaki Girişim Deseni .....	5
Şekil II.2 Young Girişim Olayı ve Işık Şiddeti .....	6
Şekil II.3 Çift Yarıktaki Girişim Deneyinin Geometrisi .....	6
Şekil II.4 Dalga Boyunun ( $\lambda$ ), Yarık Aralığından (d) Küçük Olduğu Durum .....	8
Şekil II.5 Dalga Boyunun ( $\lambda$ ), Yarık Aralığına (d) Yakın Olduğu Durum .....	8
Şekil II.6 Tek Yarıktaki Kırınım.....	9
Şekil II.7 Çift Yarıktaki Kırınım .....	9
Şekil II.8 Basit Bir Lazer Aygıtı.....	12
Şekil II.9 Saçılan (collimated) ve Saçılmayan (uncollimated) Işık .....	13
Şekil II.10 He-Ne Lazer Sistemi.....	14
Şekil II.11 Temel Holografi Görünüşü.....	15
Şekil II.12 Gabor Hologramında Meydana Getiriliş Düzeni.....	16
Şekil II.13 2D Hologram .....	19
Şekil II.14 Dot Matrix Hologram.....	21
Şekil II.15 E-Beam Hologram .....	22
Şekil II.16 Stereogramlar .....	23
Şekil II.17 Tamper Evident (Basınca Duyarlı) Hologram.....	25
Şekil II.18 Pattern Release (Şekil Bırakan) Hologram .....	26
Şekil III.1 Hazır Optik Masa .....	28
Şekil III.2 Elektroforming Makinası .....	38
Şekil III.3 Embosser Baskı Makinasının Orijinal Kumanda Tablosu.....	40
Şekil III.4 Embosser Baskı Makinasında Bulunan Baskı Silindirlerinin Konumu ..	43

# BÖLÜM I

## GİRİŞ ve AMAÇ

Hologram teknolojisinin bugünkü seviyeye ulaşana kadar geçirmiş olduğu evreleri incelediğimizde, tarihçesinin Dennis Gabor'un 1948'de yayınlanan ilk makalesinde holografik kayıt esaslarını ortaya koymasıyla başladığını görüyoruz. Gabor, her bir ışık dalga tepesinin oluşturduğu desenin orijinal kaynağının bütün verilerini taşıdığını ve bu bilginin bir film üzerinde depolanıp çoğaltılabileceği teorisini ortaya atmış ve hologramın pratik olarak uygulanmasını ilk olarak 1948 yılında gerçekleştirmiştir. Bu dönemde laser ışığı olmadığından, Gabor, uygulamasında civa buharlı lambadan elde edilen ışık kullanmıştır.

İlk laserin yapımı 1960 yılında gerçekleştirildi. Rubi kristalinin aktif madde olarak kullanıldığı bu ilk laser Kaiman tarafından yapıldıktan sonra aynı yıl Javan, Bennet ve Herrot bir gaz laseri olan He-Ne (He:Helyum, Ne:Neon) laserini yaptılar. 1962 yılında Leith ve Upatnieks yayınladıkları makalede, çok şiddetli ve yüksek uyumluluğa sahip laser huzmesinin kullanılması ile hologram tekniğinin nasıl geliştirileceğini açıkladı. Laser ışığı çok şiddetli bir monokromatik radyasyon olduğu gibi, bu radyasyonun spektrumu fotoğrafik olarak kayda uygundu ve yüksek uyumluluk dolayısıyla küçük bir noktaya odaklanabildiğinden holografik görüntü hassasiyetini arttırıyordu.

Gabor hologramında kayıt ortamının lineer olmaması nedeniyle ortaya çıkan birinci dereceden büyük görüntüler, birinci dereceden görüntü ile aynı eksen üzerinde teşekkül ettiğinden bu görüntünün netliğinin bozulmasına sebep oluyordu. Gaz laserin icadıyla "eksen dışı" diye adlandırılan hologramlarda bu üst dereceli görüntüler farklı açılarda meydana geldiğinden esas görüntülerin netliğinin bozulmadığı görüldü. 1964 yılında Leith ve Upatnieks tarafından dağınmak aydınlatmalı holografi tekniği geliştirildi. Cismin önüne difüzör konulduğunda elde edilen hologram yeniden aydınlatıldığı zaman hiçbir optik araç kullanılmadan görüntünün tamamını görmek mümkün oluyordu. Daha sonraki çalışmalarda aynı

hologram üzerine birden fazla resim kaydı ve renkli cisimlerin hologramlarının çıkarılması ele alındı.

1960-1970 yılları arasında holografi ile ilgili yüzlerce kitap basıldı, bir çok makale ve habere konu oldu. Bu süre zarfında, holografi tamamen sanatsal gayelerle kullanıldı. 1980'lerden sonra holografi sergileri kapanmaya başladı, araştırma grupları azaldı ve birçok holografi sanatçısı yok oldu. 1982 yılında, kayda değer bir olay yaşandı. Paris Üniversitesinde, fizikçi Alain Aspect önderliğindeki araştırma grubu, 20. yüzyılın en önemli sayılabilecek deneylerinden birini gerçekleştirdi. Aspect'in buluşu bilimin yüzünü değiştirebilecek önemde idi. Aspect ve ekibi, belli şartlar altında, elektron gibi atomun bazı alt parçacıklarının birbirlerini ayıran mesafeye bağlı olmaksızın birbirleriyle hızlı bir şekilde iletişime geçtiklerini keşfetmişlerdir. Birbirleriyle 5 metre ya da 5 milyar kilometre uzaklıkta olmalarının hiçbir önemi yoktur. Bir şekilde, her parçacık diğerinin ne yaptığını biliyor gibi görünmektedir. Holografıyı her ne kadar fizikçiler dahi felsefi açıdan ele alsalar bile gerçek hayatta böyle bir teknolojiden yararlanmanın vazgeçilemez olduğu gerçeğini değiştirmemiş ve bu süreden sonra ticari ve askeri alanlarda da gelişim göstermeye başlamıştır. [1,2]

Günümüzde holografi çok önemli uygulamalara yönlendirilmiştir. Taklidin önlenerek korsana karşı ürün ve marka haklarının korunması, askeri ve resmi her tür belge ve değerli evrakların, banknotların v.b. korunması sağlanmaktadır.

Bu tezin hazırlanmasındaki amaç: Hologramın üretilmesinde gerekli olan ideal şartların ve malzemelerin neler olduğunun araştırılması ile ülkemiz hologram üreticilerine veya hologram baskı gerçekleştiren matbaa sektörüne yardımcı olmak ve önerilerde bulunmaktır.

## BÖLÜM II

### GENEL BİLGİLER

#### II.1. HOLOGRAFI

Holografi, Yunanca “Holos” (tamamiyle, bütün) ve “Graphein” (kaydetmek, yazmak) anlamına gelmektedir. Bu yapılan işlemlere Holografi, oluşan materyale Hologram denilmektedir.

Uzayda bir cismin varlığına ait enformasyon bize genellikle ses veya ışık dalgaları halinde ulaşır. Holografi, cisimlerden gelen dalgalardaki enformasyonu belirli bir şekilde depo edip bu enformasyonda hiçbir kayıp olmadan tekrar ortaya çıkartmayı sağlayan bir tekniktir. Tekniğe “Holografi” adını bu konuda ilk çalışmaları yapan Dennis Gabor vermiştir. [1]

Holografi, orijinal objenin üç boyutlu gerçek kaydını fotoğraf tekniğinde olduğu gibi film üzerine kaydetme tekniğidir. Fakat fotoğraf ve holografi teknikleri arasında prensip bakımından çok büyük bir fark bulunmaktadır. Fotoğraf tekniğinde, görüntü iki boyutlu bir dağılım olarak kaydedilir. Her sahnede ışığın yansıtıldığı çok sayıda nokta mevcuttur. Bu noktalardan çıkan çeşitli dalgaların meydana getirdiği tek kompleks dalgaya “cisim dalgası” denir. Bu kompleks dalga, fotoğraf tekniğinde optik bir mercekle yardımcı ile dönüştürülerek radyasyon yapan cismin görüntüsü elde edilir. Hologram tekniğinde ise cismin optik olarak meydana getirilmiş görüntüsü değil, cisim dalgasının kendisi kaydedilir. Bu kayıt uygun şekilde yeniden aydınlatıldığı zaman orijinal cisim dalgasını tekrar meydana getirmek mümkündür.

Holografi üç boyutlu bir cismin kaydedilmesi ve bunun tekrar görüntülenmesi tekniğidir. Fotoğraf iki boyutlu bir resimdir ve mercek ile çekilir. Holografi ise merceksiz çekilir ve bir cismin üç boyutlu görüntüsünü yansıtır. Holografi bir cisimden gelen küresel dalgaların genlik ve faz bakımından kaydedilmesidir. Normal fotoğrafçılıkta cisim sadece yansıyan dalganın şiddeti itibarıyla kayıt edilir. Burada faz ile ilgili herhangi bir işlem yoktur ve dolayısıyla cismin üç boyutluluk tabiatı kaybolmaktadır. [2]

## II.2. HOLOGRAFİ İÇİN GEREKLİ OLAN TEMEL FİZİKSEL BİLGİLER

Holografi bir cisimden çıkan dalga cephesinin kaydedilmesi prensibine dayandığı için, dalga optiğinin esas hadiseleri olan girişim ve kırınım ile yakından alakalıdır. [2]

### II.2.1. Girişim (Enterferans)

İki ışık dalgasının üst üste binerek, yeni bir dalga şeklinde sonuç vermesine girişim denir.

İki ışık dalgası, ışık dalgasını oluşturan elektrik ve manyetik alan vektörleri vektörel olarak toplanabildiği için girişim yaparlar. Girişim sonucu, yeni elektrik ve manyetik alan vektörlerine sahip yeni bir dalga oluşur.

Girişim olayının temelini üst üste binme (süperpozisyon) ilkesi oluşturur. Bir sistemdeki iki farklı olay, birbirini etkilemeden ayrı ayrı ele alınarak incelenebiliyorsa bu iki olay üst üste bindirilebilir denir. [3]

Işık dalgalarındaki girişim olaylarını dalga boylarının küçük olmasından dolayı (yaklaşık 400nm'den 700nm'ye kadar) gözlemek kolay değildir. Işık dalgalarında kararlı bir girişim gözleyebilmek için şu koşullar sağlanmalıdır:

- 1- Kaynaklar uyumlu yani eş fazlı (koherent) olmalıdır. Kısacası birbirlerine göre olan sabit fazı korumalıdır.
- 2- Kaynaklar tek renkli yani tek dalga boylu olmalıdır.
- 3- Üst üste binme (süperpozisyon) ilkesi uygulanabilmelidir. [5]

#### II.2.1.1.Çift Yarıktaki Girişim Deneyi (Young Deneyi)

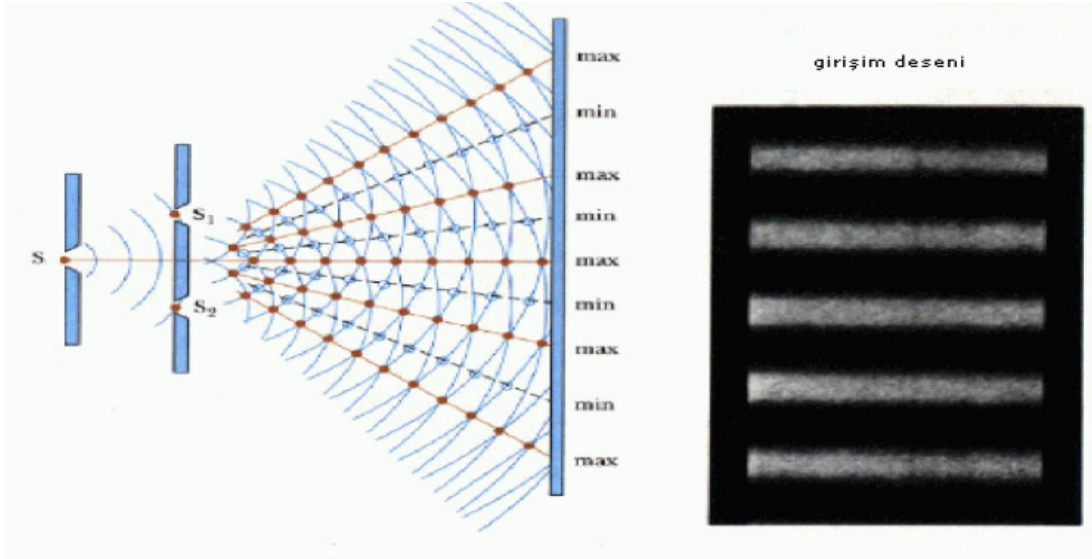
1801 yılında İngiliz fizikçisi Young, ışıkla bir deney gerçekleştirmiştir. Yaptığı deneyde Young, ışığı dar bir yarıktan geçirmiştir. Yarıktan geçen ışık yayılmış olup, daha sonra önde bulunan yan yana iki yarıktan geçmiştir. Bu iki yarıktan, ilk yarıktan aynı uzaklıkta bulunmaktadır. Işık yine yarıklardan geçerek yayılmaya uğramıştır. Young, yaptığı deney sonunda geçen ışığın, bir seri aydınlık ve karanlık bantlardan (saçaklar) oluştuğunu gözlemiştir.

Aydınlık ve karanlık saçaklar girişim olayının bir sonucudur. Aydınlık saçaklarda, dalgalar aynı fazdadır. Bunlar ışığı üst üste bindirerek daha parlak hale getirirler. Ekranda ışığı doğrudan görmeyen merkezi aydınlık saçak çok ilginçtir. Karanlık saçaklarda ise, dalgalar aynı fazda değildir. Bu bakımdan, dalgalar

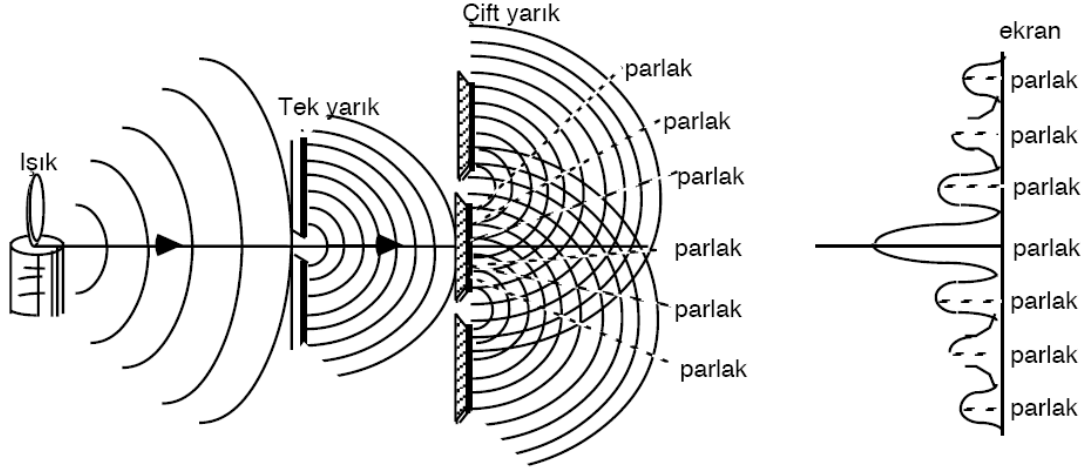
birbirlerinin etkilerini yok ederler veya yıkarlar. Böylece bu bölgelerde karanlık oluşur.

Küçük bir S yarığı, bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında, S yarığı Huygens prensibine göre bir kaynak gibi davranır. Bu yarıktan geçen ışık dalgaları koherent özelliktedir. Çünkü, yarığın boyutları çok küçük olduğundan, ışık kaynağından gelen ışık dalgalarından ancak bir teki belli bir anda yarıktan geçebilir. Yarığın arkasına, üzerinde iki tane yarık bulunan bir yüzey yerleştirilirse, iki koherent (eş fazlı) ışık kaynağı elde edilmiş olur.

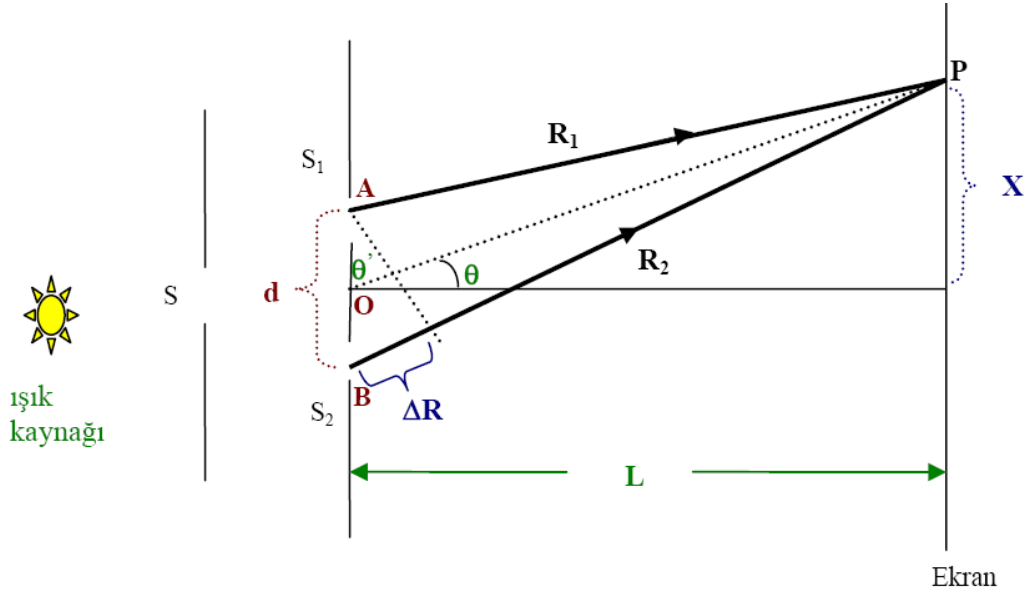
Koherent (eş fazlı) dalgaların üst üste binmesi sonucu, bir ekran üzerinde arda yer alan aydınlık (maksimum) ve karanlık (minimum) bantlardan oluşmuş desene girişim deseni denir.  $S_1$  ve  $S_2$  den çıkan ışık ışınları, ekranda herhangi bir noktada yapıcı girişim oluştururlarsa aydınlık, söndürücü girişim oluştururlarsa karanlık bantlar oluşur. Bu aydınlık ve karanlık bantlara saçak adı verilir.



**Şekil II.1.** Çift yarıқта girişim deseni (Çizim ölçekli değildir). [3]



Şekil II.2. Young girişim olayı ve ışık şiddeti. [4]



Şekil II.3. Çift yarıktaki girişim deneyinin geometrisi (Çizim ölçekli değildir). [3]

Ekran üzerindeki bir P noktasına,  $S_1$  ve  $S_2$ 'den çıkan ışık ışınları  $R_1$  ve  $R_2$  yollarını alarak ulaşırlar. Eğer yol farkı ( $\Delta R = R_2 - R_1$ ) sıfır veya dalga boyunun tamsayı katlarına eşit ise ışınlar ekrana aynı fazda ulaşmışlardır. Başka bir deyişle, iki dalga tepesi veya iki dalga çukuru P noktasına ulaşmıştır. Bu durumda yapıcı girişim olur. Eğer yol farkı yarım dalga boyunun katlarına eşit ise, dalgalar arasında  $180^\circ$  faz farkı vardır. Yani bir dalga yola çıktığında maksimum iken, diğeri minimumdur; başka bir deyişle ekrana bir dalga tepesi ile bir dalga çukuru ulaşmıştır. Bu durumda ise söndürücü girişim oluşur.

Burada, merkezden merkeze yarıklar arası uzaklık  $d$ , yarıkların ekrana olan uzaklığı  $L$  yanında çok küçük alınır,  $R_1/R_2$  olur. Bu yaklaşıklıkta  $\theta=\theta'$  elde edilir. Buna göre yol farkı, yapıcı ve söndürücü girişim koşulları şu şekilde yazılabilir:

$$\text{yol farkı} = \Delta R = R_2 - R_1 = d \sin \theta$$

( $d$ : yarıklar arası uzaklık,  $\Delta R$ : Yol farkı,  $\lambda$ : dalga boyu)

$$\Delta R = d \sin \theta = n \lambda \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \rightarrow \text{Yapıcı girişim koşulu}$$

$$\Delta R = d \sin \theta = (n + \frac{1}{2}) \lambda \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \rightarrow \text{Söndürücü girişim koşulu}$$

$n$ 'ye girişimin mertebesi denir. [3]

### II.2.2. Kırınım (Diffraction)

Kırınım sözü fizikte, "Işık, ses ve radyo elektrik dalgalarının karşılaştığı bazı engelleri dolanarak geçmesi." anlamında kullanılmaktadır. [6]

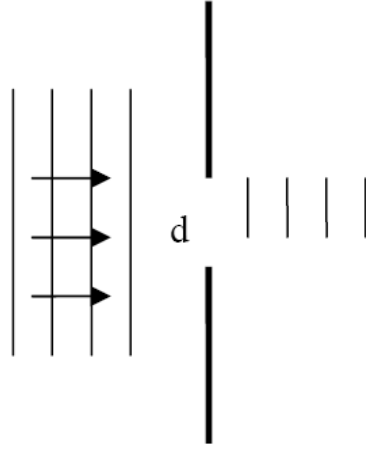
F. Grimaldi 'nin 1600'lerde yapmış olduğu araştırma "kırınma" dediği, ışığın doğrusal yayılmasından sapması olayı üzerine yapılmış ve yayınlanmış ilk ayrıntılı çalışmaydı. [8]

Işık hareketi sırasında, yeterince dar bir aralıktan ya da keskin kenarlı bir engelden geçerken, yarığın ya da engelin köşelerine yakın yerlerden bükülme özelliğine sahiptir. Yarığı ya da engeli geçen ışık her yönde yayılır (gölge olması beklenen yerde de ışık yayılır). Bu olaya kırınım adı verilir. Temelde kırınım ve girişim olayları özdeştir. Kırınımı oluşturmanın tek yolu dalgayı dar bir aralıktan geçirmek değildir. Benzer etkiler, dalgalar saydam olmayan engele çarptıklarında da gözlenir.

Sonlu sayıda, ayrı, uyumlu (coherent) kaynakların katkılarının üst üste gelmesine girişim denir. Sürekli bir kaynak dağılımının katkılarının üst üste gelmesi ile kırınım oluşur. Kırınıma pek çok eş fazlı dalga kaynağının girişiminin bir sonucu olarak bakabiliriz. Kırınım olayı ışığın dalga karakterinin bir sonucudur. [3]

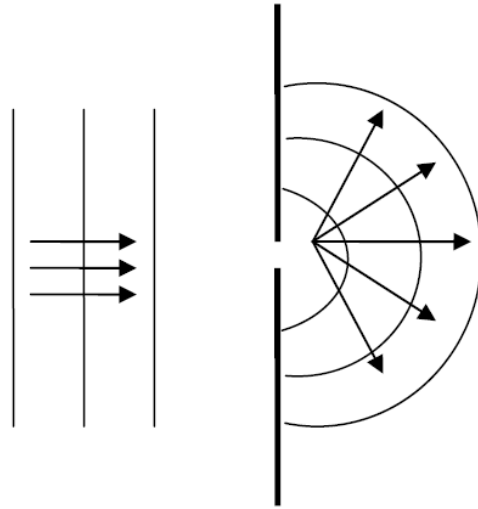
Işığın dalga özelliği Thomas Young'ın bir çift yarıktan ışık geçirerek bir kırınım dokusu oluştuğunu göstermesi ile ispatlanmıştır. [6]

Kırınımın gözlenebilmesi için; yarık aralığının ( $d$ ), ışığın dalga boyu ( $\lambda$ ) ile kıyaslanabilecek büyüklükte (yarık aralığının yaklaşık dalga boyu mertebesinde) veya daha küçük olması gerekir.



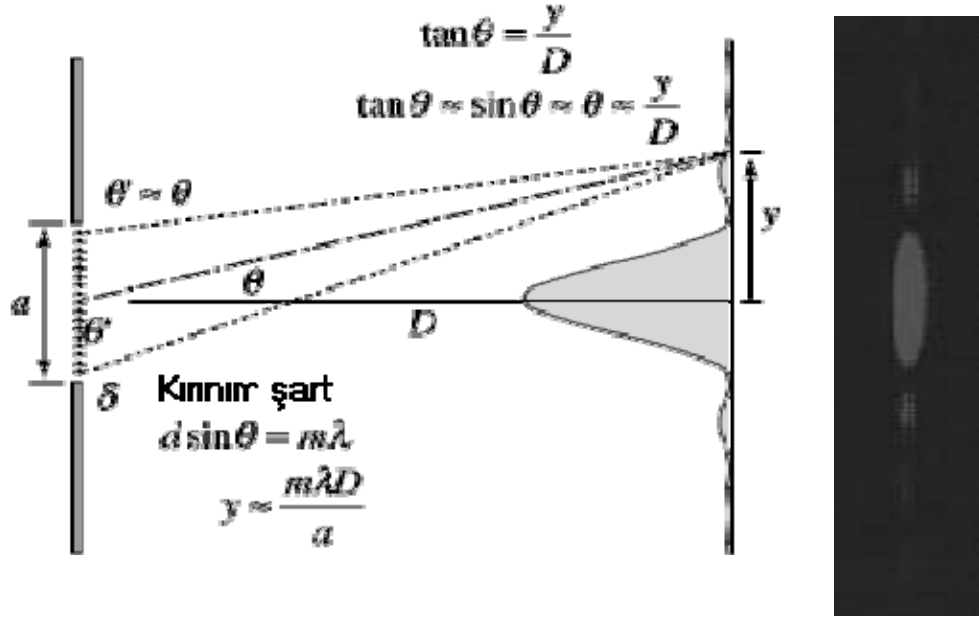
**Şekil II.4.** Dalga boyunun ( $\lambda$ ), yarık aralığından ( $d$ ) küçük olduğu durum. [3]

$\lambda < d$  olduğunda hemen hemen gözlenebilir bir kırınım olmaz. Dalga kendi ışını boyunca doğrusal bir yolda ilerlemeye devam eder. Eğer yarığın karşısına bir ekran koyulursa, ekran üzerinde parlak bir nokta oluşur. [3]

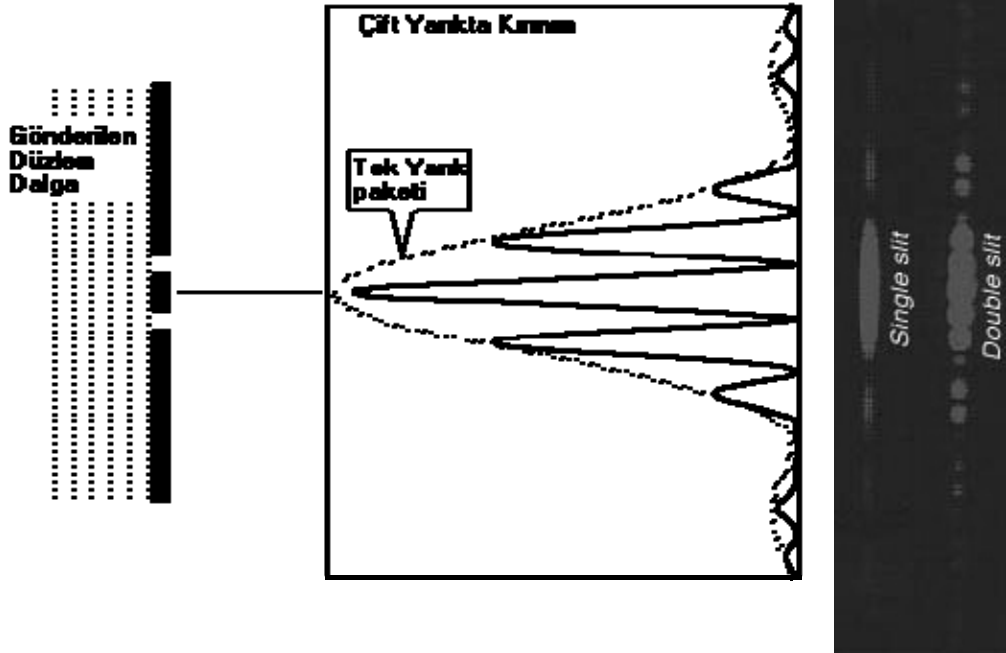


**Şekil II.5.** Dalga boyunun ( $\lambda$ ), yarık aralığına ( $d$ ) yakın olduğu durum. [3]

$\lambda \approx d$  olduğunda, kırınım etkileri hissedilir. Işık, yarığın ötesinde her yöne yayılır. Yarık küresel dalgalar yayan bir kaynakmış gibi davranır. Yarık dalga boyuna göre çok küçükse ( $d < \lambda$ ) kırınım daha da belirginleşir.



Şekil II.6. Tek yarıқта kırınım (Çizim ölçekli değildir). [7]



Şekil II.7. Çift yarıқта kırınım (Çizim ölçekli değildir). [7]

### II.3. HOLOGRAFİDE KULLANILAN LAZER

Holografi, ışık dalgalarının girişimi sonucu elde edilir. Girişim konusunda bahsedildiği gibi girişim elde edilmesi için koherent (eş fazlı), monokromatik (tek renkli) bir kaynağa ihtiyaç vardır. İşte bu koherent ve monokromatikliği sağlayan kaynağı lazer ışınları gerçekleştirir.

Lazerin prensipleri daha 1917 yıllarında A.Einstein tarafından atılmıştır. Einstein, radyasyon ve madde arasındaki etkileşmeyi açıklamak için (etkilenmiş emisyon) ve (popülasyon ters çevirme) olaylarını ortaya atmış ve açıklamıştır. Ancak Einstein'ın bu teorisinin gerçekleştirilmesi için atomun ve maddenin yapısı ile malzeme biliminde daha ileri düzeyde bilgilere ve teknolojik imkanlara ihtiyaç bulunuyordu. Bu nedenlerle bu harika ışığın üretilmesi 1960'lı yıllara kadar mümkün olamamıştır.

Einstein teorisinin gerçekleştirilmesi çalışmaları 1950 yıllarında başlamış ve 1954 yılında ilk Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (MASER); Gordon, Zeiger ve Townes tarafından gerçekleştirilmiştir. Bir moleküle çarpan foton (ışığı oluşturan en küçük parçacık) ile o molekülden salınan foton diğer iki fotonu üretecek olan başka iki moleküle çarpacaktır. Böylece bütün fotonların aynı yönde hareket ettiği bir reaksiyon şekli gerçekleşecektir. Bu etkiye MASER denir.

İlk lazerin yapımı 1960 yılında gerçekleştirildi. Rubi kristalinin aktif madde olarak kullanıldığı bu ilk lazer Kaiman tarafından yapıldıktan sonra aynı yıl Javan, Bennet ve Herriot bir gaz laseri olan He-Ne laserini yaptılar. [2]

Teknik olarak yapımı gerçekleştirildikten sonra lazer ışınları bilimde, teknikte, tıpta, biyolojide, haberleşmede, askeri alanlarda, endüstride mikro-elektronik devrelerden masif metal ve diğer katkı cisimlerin kesilmesi, delik açılması, kaynak ve benzeri işlemlere, cerrahiden ilaç sanayisine kadar geniş bir uygulama alanı bulabilmektedir. [2,10]

## II.4. LAZER FİZİĞİ

Lazer tek renkli, oldukça düz, yoğun ve aynı fazlı paralel dalgalar halinde genliği yüksek, güçlü bir ışık demetidir. [9]

Lazer (LASER) terimi, ‘ışığın (şiddetini) uyarılmış ışımaya yoluyla yükseltilmesi’ anlamına gelen İngilizce “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Türkçe telaffuzuna uyumu açısından burada ‘Lazer’ yazılışı kullanılmıştır. [10]

Beyaz ışık birçok renkten (dalga boyundan) oluşan bir ışık demetidir. Monokromatik ışık ise tek bir renkten (dalga boyundan) oluşmuştur. Lazer eş fazlı (coherent) yayılım yapar. Birden fazla dalga boyu ihtiva eden güneş ışığı veya bir lambadan yayılan ışık ise eş fazlı olmayan (incoherent) yayılım yapar ve yayıldığı mesafeye bağlı olarak şiddetini kaybeder. Eğer bir rengi diğerlerinden ayırıp kullanmaya kalkarsak, bu da monokromatik bir ışık olur ancak polikromatikle aynı özellikleri taşıdığından eş fazlı olmayan “incoherent” ışık kaynakları olarak adlandırılır. Bunlar çeşitli veya tek dalga boyundan oluşan her yöne yayılma/dağılma özelliği gösteren ve mesafeye bağlı olarak şiddetini çok çabuk kaybeden ışıklardır. Monokromatik bir ışık kaynağını oluşturan ışınların dalgalarının tümünün aynı frekansta ve aynı fazda titreşmesi özelliği gösteren ışıklara eş fazlı (coherent) ışıklar denir.

Lazerler kızılötesinden (IR) başlayıp morötesine (UV) kadar uzanan ışık şiddeti artırılmış eş fazlı ışınımlardan oluşan ışın demetleridir. Burada eş fazlı ışınım, lazerin aşırı yoğunluğu ve uzun mesafede çok az sapması olan saf bir renkte (frekansta) olması anlamındadır. Lazer sistemleri, içerisinde depolanan ışın demetlerini eş fazlı olarak daha güçlü bir saf ışınım olarak yayma özelliğine sahiptirler. [10]

Lazer ışığının hızı diğer ışıklar gibi boşlukta saniyede 300.000.000 metredir. Frekansın ünitesi Hertz (Hz)’ dir ve dalgayı oluşturan titreşimin saniyede kaç defa olduğunu belirtir. Frekans ve hız bilindiği takdirde dalga boyunu,

$$\lambda : c / f \quad (\lambda : \text{dalga boyu, } c: \text{hız, } f: \text{frekans})$$

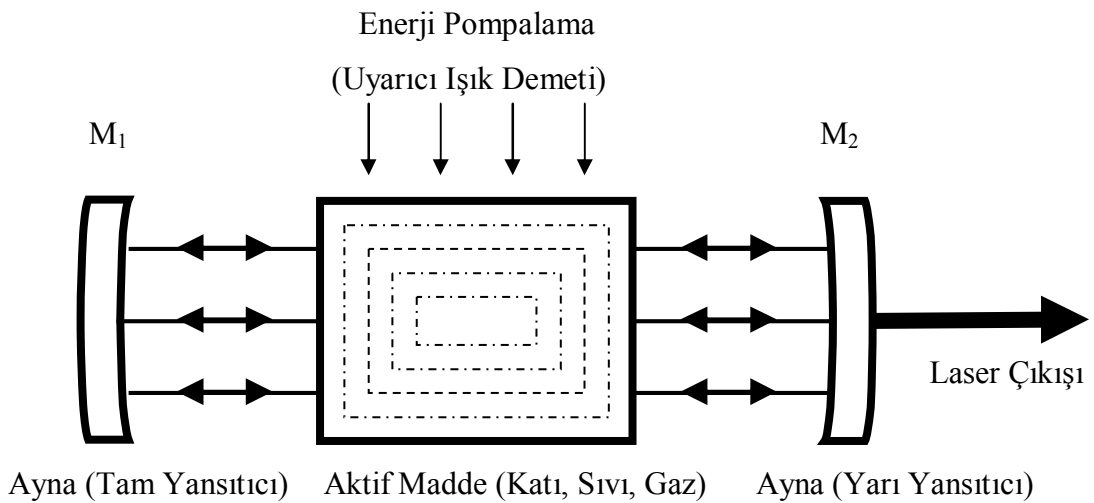
olarak bulmak mümkündür. Dalga boyunun ünitesi metredir. Bugünkü lazer teknolojisinde genellikle dalga boyu 0,1 ile 10 mμ arasında olan lazer ışınları vardır. [5]

#### II.4.1. Lazerin Çalışma Prensipleri

Her elementin atom yapısında yalnız o elemente özgü olan elektron yerleşim düzeni vardır; yani o elementteki atomların elektronları kararlı yörüngeleri olan belli bir enerji düzeyinde bulunurlar. Yörüngelerinde kararlı olarak bulunan elektronların, dışardan gelen bir enerji ile uyarılıp bir üst yörüngeye çıkararak tekrar eski kararlı konumuna dönmesi sırasında aldığı enerjiyi dışarı salma işlemi lazerin ana prensibini oluşturmaktadır. [10]

Lazer aygıtı aktif madde, pompalama sistemi ve karşılıklı duran en az iki aynadan (rezonatör) oluşmaktadır. Lazer ışığı da, diğer ışık kaynaklarında olduğu gibi atomların yüksek enerji düzeylerinden aşağı enerji düzeylerine geçerken yayınlanan bir ışımadır. Ancak bu olayda atomlar rezonatörde elektromanyetik dalgaların etkisi ile faz, yön ve polarizasyon bakımından tamamen aynı yapıda olan ışımaya neden olur. Bu ışınlar yerel ve zamansal olarak koherenttir (eş fazlıdır). [2]

Optik bakımdan saydam, bir ucunda tam yansıtıcı, diğer ucunda yarı yansıtıcı iki ayna bulunan bir tüp alınır. Bu tüp gaz, sıvı veya katı bir madde ile doldurulur. Dışarıdan ışık verme, elektrik akımı geçirmek suretiyle veya kimyasal bir yolla elde edilen enerji, ortamdaki atomlara ulaşır. Atomlar bu enerjiyi emerler. Fazla enerji, atomları kararsız hale getirir. Kendisine bir foton çarpan, uyarılmış ve kararsız atom, fazla enerjiyi foton neşrederek verir. Fotonlar, benzer şekilde diğer fotonların neşrini sağlar. Uçlara ulaşan fotonlar, aynalardan yansiyarak geri dönerler ve olay devam eder. Uyarma ve tahriklerde ortamdaki fotonlar artar. Atomların hemen hemen hepsi, foton yaymaya başlayınca kuvvetlenen ışık, yarı yansıtıcı uçtan dışarı çıkar. Bu, lazer ışımıdır. [11]



Şekil II.8. Basit bir lazer aygıtı (Çizim ölçekli değildir). [2]

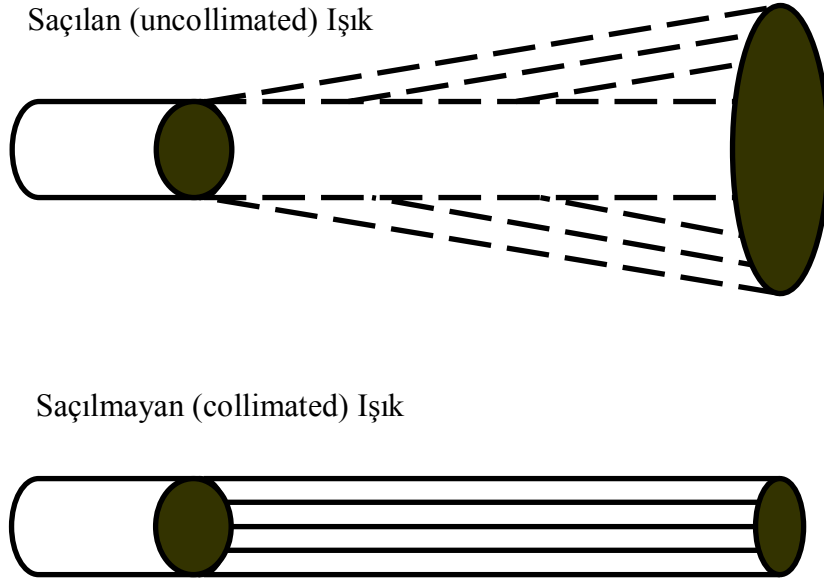
#### II.4.2. Lazer Işığının Özellikleri

Lazer ışığının genel özellikleri şöyledir:

1. Işığı eş fazlıdır, bütün dalgalar birbiriyle tam uyumludur. Lazer ışık dalgalarının, zamansal ve uzaysal olarak herhangi bir noktadaki genliği ve fazı ile bir başka noktadaki genliği ve fazı arasında sabit bir bağıntı (fixed relation) vardır. Lazerin bu özelliği holografide çok önemlidir.

2. Işık tek renklidir (monokromatik). Tek renkliliğin anlamı tek renkte ışık üretmesi yada tek bir dalgaboyunda ışık vermesidir. Eş fazlılık ile tek renklilik arasında yakın ilişki vardır. Tek renklilik özelliği eş fazlılığın bir sonucudur. Yani eş fazlı olan ışık dalgaları tek renkli olabilirler. Bir ışık kaynağının eş fazlılık özelliğinin ölçüsü eş fazlılık uzunluğu (coherence length) veya eş fazlılık zamanı (coherence time) ile ifade edilir.

3. Lazer ışınları dağılmayan (collimated ) ışıklardır. Fotonlar birbirine paraleldir. Lazerin en iyi bilinen özelliği tek bir çizgi gibi, yayılmadan gidebilmesidir. [2,5,10,11]



**Şekil II.9.** Saçılan (collimated) ve Saçılmayan (uncollimated) Işık  
(Çizim ölçekli değildir). [11]

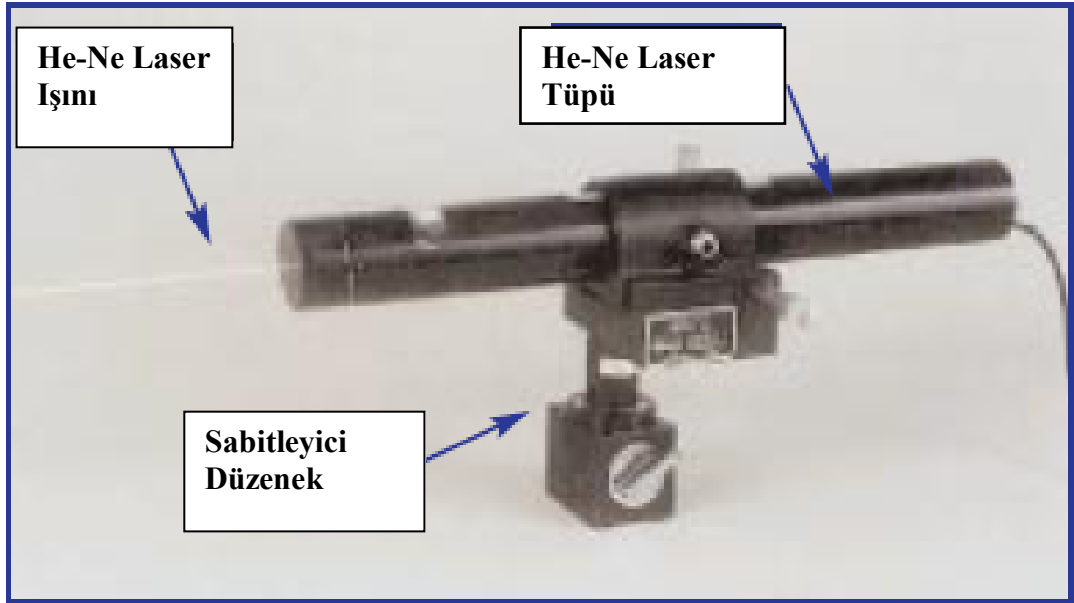
### II.4.3. Hologramda Kullanılan Lazer Tiplerinin Yapısal Özelliği

Kaliteli hologramların meydana getirilmesinde en çok kullanılan ışık kaynağı gaz lazerdir.

Gaz lazerler, aktif ortamı gaz olan lazer türüdür. Aktif ortam; moleküllerden ( $\text{CO}_2$ ), atomlardan (He-Ne) veya iyonlardan ( $\text{Ar}^+$ ) oluşur. Gaz lazerler arasında en yaygın olanı He-Ne (Helyum-Neon) olup  $0,6328 \mu$  dalga boyunda çalışır. Bu tip lazer, devamlı ışık veren bir sistemdir. İyonize argon lazer ise  $0,4880 \mu$  dalga boyunda çalışır.

Gaz lazerler ultraviyole (UV) ışık, elektron tabancası, elektrik akımı ve kimyasal reaksiyonlar kullanılarak pompalanmaktadır.

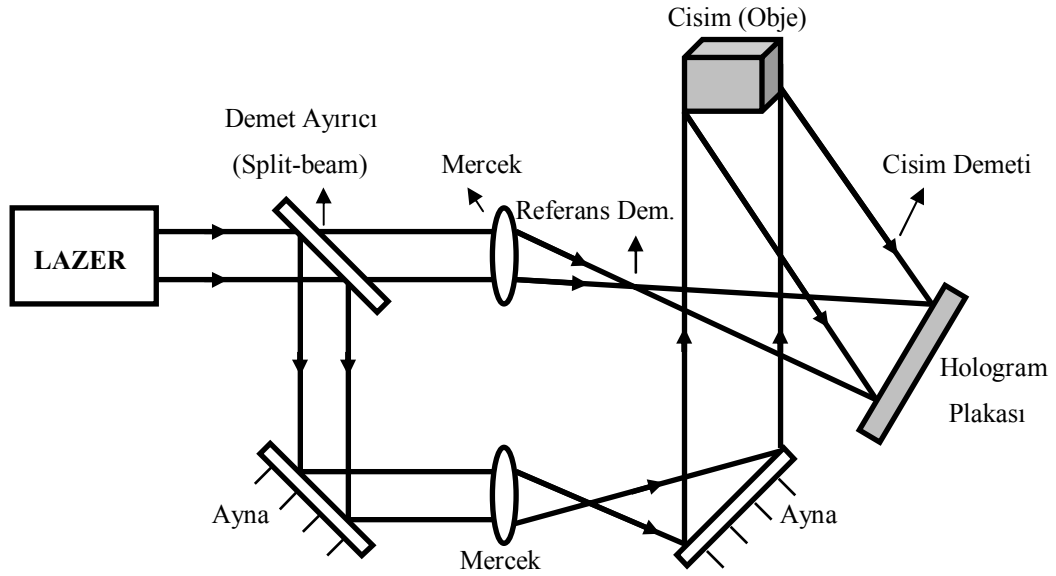
[1, 2, 10, 11]



Şekil II.10. He-Ne Lazer Sistemi. [11]

## II.5. TEMEL HOLOGRAFI

Holografi en basit olarak Őu Şekilde meydana gelir. Lazer ışınları “split-beam” (Şua ışın bölücü) metodu ile iki ışına ayrılır. Bu ışıklardan birine referans ışını (Őuası veya demeti), ötekine cisim (obje) ışını (Őuası veya demeti) denir. Referans ışını direkt filme (ışığa duyarlı plakaya) gönderilir. Bu işlemde referans ışının bir mercek (lens) ile yayılması sağlanır ve bir ayna ile yolu tayin edilir. Cisim ışını ise nesneye (objeye) gönderilir. Bu ışında bir mercek ile yayılarak, bir ayna ile yönü belirlenmiŐ olur. Bu iki ışının film üzerinde birleŐmeleri (girişim) sonucu hologram elde edilmiş olur. Sonra bu holograma referans ışının gönderilmesiyle çekilen cismin görüntüsü yeniden elde edilmiş olur. [5, 14, 16]

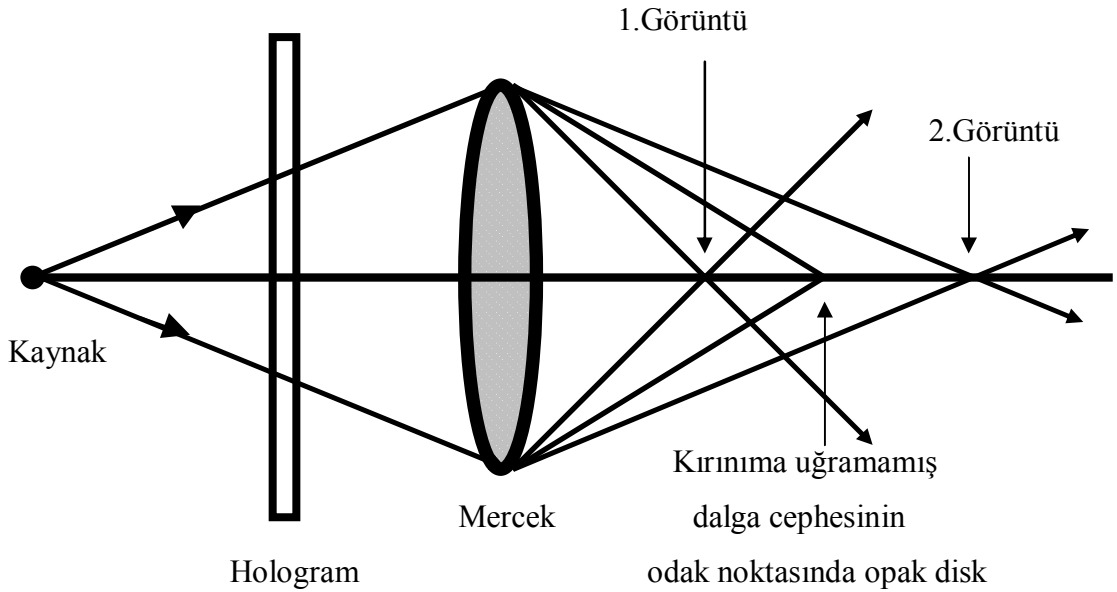


Şekil II.11. Temel holografi görünüşü (Çizim ölçekli değildir). [2,23]

Güneş veya benzer ışık kaynakları çok değişik ve farklı dalgalıylarında ışıklar saçarlar. Lazer ışığı ise bağıntılı tek bir dalgalıyoyu yaymaktadır. Eğer işimiz nesnemizi basit bir Şekilde lazer ışığı ile aydınlatmak ve fotoğraf çekmekse, sadece nesneye ait farklı ışık yoğunlukları kaydedilmiŐ olur. Tabi ki çarpıp geri geldikten sonra ışığın fazı hakkında hiçbir bilgi yakalanmamıŐ olur. İşte bu hayati bilgiyi kaydedebilmek için referansa (standarda veya desteğe) ihtiyaç vardır. Aynı Şekilde bir ölçmecinin ölçümlerini yapabilmesi için bir desteğe, referansa ihtiyacı olduğu gibi bizim de dalgalıylarının faz farklarını kaydetmek üzere bir standarda veya

referansa ihtiyacımız vardır. Böylece holografik başlangıç için gerekli hayati boyutları ve derinliği sağlayan bilgi, ancak elde edilmiş olunur. [5]

Hologramın pratik olarak uygulanması ilk olarak 1948 de Denis Gabor tarafından gerçekleştirildi. O zamanlar lazer henüz keşfedilmemişti. Bu nedenle, kullanılan radyasyon ışıktı. Civa buharlı lambadan elde edilen ışık filtre edilerek monokromatik hale getirildi. Uyumluluk için bir iğne deliği aydınlatıldı. Gabor, deneyinde yarı saydam bir ortam kullandı. Yarı saydam olan ortamdaki cisim ve referans dalgaları bir fotoğraf kağıdı üzerinde belirli bir girişim şekli meydana getirdiler. Banyo edildikten sonra fotoğraf kağıdı üzerine orijinal ışık düşürüldüğünde aynı optik eksen üzerinde hakikî ve zahirî görüntüler meydana geldiği görüldü. Her iki görüntü aynı eksen üzerinde bulunmakta ve aydınlatan huzme tarafından gölgelenmekte ve kötü bir görüntü oluşmaktadır. Kötü bir görüntü olmasına karşın Gabor yaptığı deneylerle bir girişim deseninin orijinal cisimle ilgili bütün bilgileri taşıdığını ve girişim deseninden insanın cismini yeniden oluşturabileceğini kanıtladı. [1,5]



**Şekil II.12.** Gabor hologramında meydana getiriliş düzeni

(Çizim ölçekli değildir). [1]

1962 yılında, Michigan Üniversitesi'nde Leitn ve Upatnieks Gabor'un bu keşfinin ardından çok bir zaman geçmesine rağmen, baştan inceleyerek holografının yeniden doğmasını sağladılar. Gabor gibi onlar da ilk deneylerini bir filtrelenmiş civa ark lambasıyla yaptılar. Leitn ve Upatnieks, o zaman kendilerinin bile göremedikleri büyük avantajlara sahip eksen dışı referans ışığını keşfettiler. Ali

Javan ve diğeri tarafından 1960 yılında sürekli dalga lazerinin geliştirilmesinden sonra Leith ve Upatnieks lazeri kullanmaya başladılar ve görüntülerin üç boyutluluğunu keşfettiler. Gabor'un 12-14 yıl önce holografı konusunda bulduğu önermeyi eksen dışı holografı olarak geliştirmiş oldular.

Eksen dışı terimi referans demetinin ve cisim demetinin aynı yönden gelmedikleri anlamına gelmektedir. Doğal olarak bunu gerçekleştirmek için iki farklı demete yani ikiz demete sahip olmak gerekmektedir. Lazer bir homojen koherent ışık demeti verdiğinden, orijinal demetten bir demet daha çıkartılabilir. Bu bir optik cam parçasından başka bir şey olmayan bir demet ayırıcı yardımıyla yapılır. Orijinal demetin bir parçası camdan geçer ve bir parçası ise gelen ışığı olarak aynı açıda yansıtılır. Bu cisimden önlenen demetle ilişkisi bakımından sonsuz sayıda açıda referans demeti getirilebilmesine olanak sağlar. [1,5]

## **II.6. HOLOGRAM TÜRLERİ**

Çok çeşitli hologram türleri vardır. Çeşitli türler arasındaki temel farklılıkları ve bunlarla ilgili olarak kullanılan terimleri öğrenmek önemlidir. Hologramlar yapılış şekilleri ve oynatma için bilgi içerme ve depolama yolları bakımından farklılık gösterebilirler. [5]

### **II.6.1. Transmisyon (İletim) Hologram**

İletim hologramları görüş ışığını nakleden berrak bir pencere olup, azami derinlik içerir. Ancak holografik görüntü yalnızca yatay bir düzlemdir. Dikey veya yukarı/aşağı bakıldığında hologramlar renkli bir gökkuşağı veya ışık demeti içinde hareket ederler. Nakil hologramlar çoğunlukla "Gökkuşağı Hologramı" olarak adlandırılır.

Bir hologramı yeniden oynatmak için referans ışığının oluşturma sırasında sahip olduğu açı ilişkisiyle aynı açıda hologram geri parlamalıdır. Transmisyon hologram terimi buradan kaynaklanmaktadır. Transmisyon, yalnızca referans demetinin görüntünün yeniden oluşturulması amacıyla hologramdan iletilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Bir başka deyişle, bir transmisyon türünde hologram, girişim desenlerinin şifresini çözmek ve yeniden oluşturmak, görüntüyü vermek amacıyla referans demetinin hologramda iletilmesi gerektiği anlamına gelir. Oynatma için koherent ya da yarı koherent ışık olmalıdır. Aksi takdirde görüntü net olmayacaktır.

### II.6.2. Reflection (Yansıtma) Hologram

Yansıtma hologramları görüş ışığını yansıtan, yüksek kontrastlı ve koyu arka yüzeylidir. Holografik görüntü hem yatay hem de dikey düzlemde oluşur.

İnce hologram diye adlandırılan ve bir koherent ya da yüksek filtrelenmiş oynatma kaynağı gerektiren bir düzlem holograma göre bir yansıtma ya da kalın hologram beyaz ışıkta veya çok farklı dalgaboyları içeren ışıkta oldukça tatmin edici şekilde izlenebilir. Bunun için ön şart ışığın bir slayt projektör ışığı veya kalem ışığı veya bulutsuz bir havada güneş ışınları gibi bir nokta kaynağından gelmesi ve bir düz çizgi hattı halinde olması gerekliliğidir.

Reflection hologramında girişim saçakları emülsiyonun kalınlığında tabakalar oluşturacak şekilde birbirlerine yakın şekilde paketlenirler. Girişim saçakları arasındaki aralık sabit kalır. Eğer “ $d$ ” ya da birinci girişim saçığı ile ikinci girişim saçığı arasındaki mesafe ise, örneğin 2 mikron ise o zaman diğer girişim saçakları tabakaları arasındaki mesafe de 2 mikron olacaktır. Bu mesafe hologramın oluşturulmasında kullanılan ışık dalgaboyunun ve aynı zamanda referans ve cisim demeti arasındaki açı farkının bir fonksiyonudur. Bu tabakalanma, yansıtma hologramının doğru uzunlukta olmayan renklerden ya da ışık dalgaboylarından herhangi birini emmesine ya da yansıtmasına olanak verecektir. Girişim saçığı aralığına eş düşen dalgaboyu yansıtılacak dalga boylarının çok kısa ya da çok uzun olan tepeleri sonuç olarak düzlemlerden birini kaçırarak ve emülsiyonun siyahlığı içine emilecektir.

Bir yansıtma tipi hologramda, oynatma ışığı ya da yeniden oluşturma demeti, hologramın izleyici ile aynı tarafından gelir. Girişim desenine bağlı olarak çarpan ışığın bazı kısımları yansıtılır, bazıları yansıtılmaz. Eğer hologram doğru şekilde yapılmışsa sonuçta bir görünür üç boyutlu görüntü oluşacaktır. Daha önce transmisyon tipinde belirtildiği gibi yeniden oluşturma demeti hologramdan geçmeli ve hologramın karşı tarafından izleyiciye gelmelidir. Diğer taraftan yansıtma hologramında oynatma kaynağı hologramın izleyici ile aynı tarafından gelir. [5,13,14]

### II.6.3. Multiplex ve Görüntü Hologramları

Multiplex hologram, fotoğrafik bilginin holografik olarak depolanmasıdır. Birinci aşamada konunun bir dizi fotoğrafı veya bir miktar filmi pozlanır. Çekilen karelerin veya kadrjaların sayısı, bitmiş haldeki hologramda konunuzla ilgili olarak

ne kadar fazla bakış açısı istediğimize bağlıdır. Örneğin; eğer konunuz 360°'lik görüntüsü isteniyorsa konu etrafında her hareket derecesi için 3 kare çekilir (genellikle kamera sabit kalır ve cisim döndürülür). Bu 1080 kare çekilmesi demektir. Film banyo edilir, holografik laboratuara geçirilir ve bir lazer kullanılarak her holografik film kesigi için bir konu olarak filmin her karesini kullanılarak bir dizi “kesik” hologram yapılır. Kesikler genellikle yaklaşık 1mm genişliğinde olurlar. Sonra ağartılırlar. Git gide büyüyen vitrin ve reklamcılık holografisinde kullanılmaktadır.

Görüntü hologram ise, konu veya sahne ile holografik film arasına doğru lensin yerleştirilmesiyle oluşturulur. Böylece konu doğrudan doğruya film üzerine odaklanır ve bu odaklanmış görüntüden bir hologram yapılır. Bir görüntü hologramı yapmanın başka bir yolu da, bir orijinal ya da master hologramın odaklanmış gerçek görüntüsünü kopyalamaktır. Görüntü hologramı bir kaplanmış akkor ampulden gelen sıradan beyaz ışıkla oynatılabilir. Bir görüntü hologramı yansıtma veya transmisyon tipinde olabilir.

## II.7. HOLOGRAM ÇEŞİTLERİ

Hologramlar, yapım tekniklerine göre aşağıdaki gruplara ayrılır.

### II.7.1. 2D Hologramlar

Bu hologramlar iki boyutlu grafikler ile hazırlanırlar. Özellikle küçük ve çok sayıda yazı veya şeklin kullanılacağı hologramlarda tercih edilebilirler. Zemin içermediğinden derinlik hissi vermezler. Ön plana çıkması istenen herhangi bir öge, diğer tür hologramlara göre daha iyi vurgulanabilir.



Şekil II.13. 2D Hologram

### **II.7.2. 3D Hologramlar**

Herhangi bir objenin görüntüsünün 3 boyutlu olarak ışığa hassas yüzey üzerine kayıt edilmesidir. Bu tip hologramda objenin gerçek görüntüsünü farklı açılardan incelemek mümkündür. [18,20]

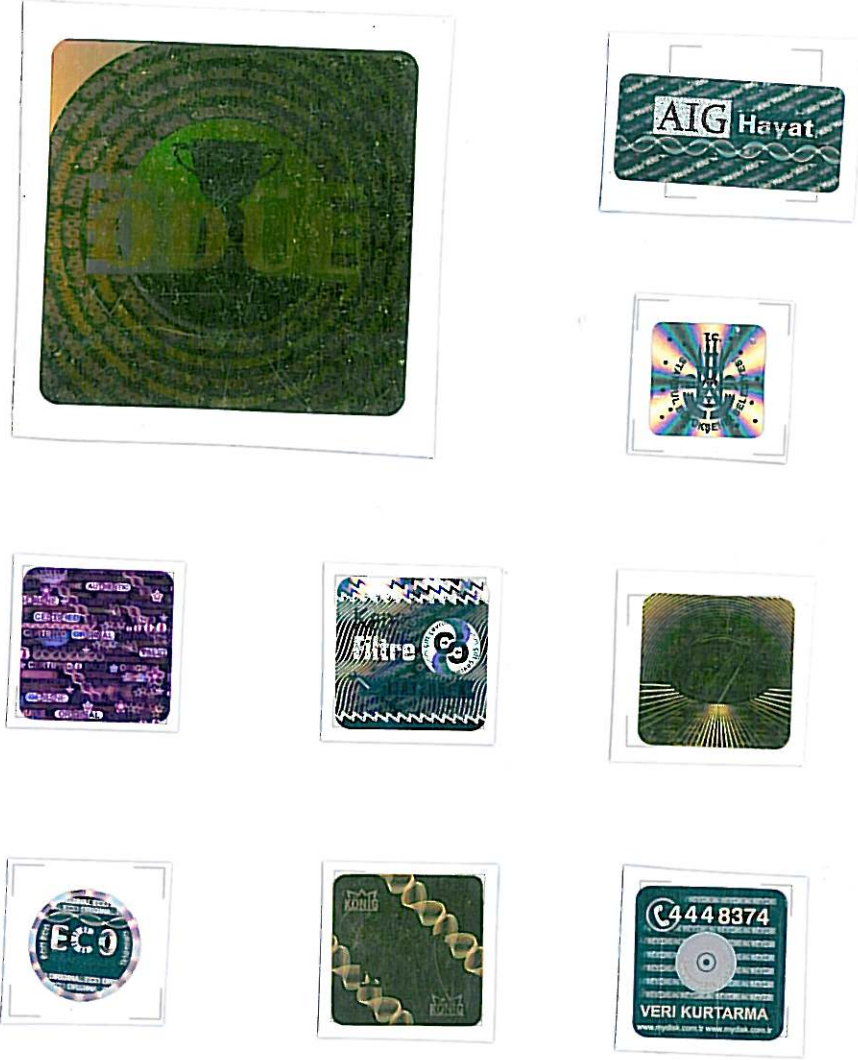
### **II.7.3. 2D/3D Hologramlar**

Eğer bir karşılaştırma yapılırsa, 2D hologramlarda tek yüzey üzerinde bulunan görüntü 2D/3D hologramlarda iki hatta üç katman üzerine işlenir. Bu yüzeyler ön plan, orta plan ve arka plan olarak adlandırılır. Üst üste geldiklerinde derinlik oluştururlar. Genelde ön planda marka ya da vurgulanmak istenen öge, arka planda ise düzenli veya düzensiz yerleştirilen biçimler, yazılar bulunur. Orta katmanda ise bir görünüp bir görünmeyen (Flip-Flop) herhangi bir grafik bulunabilir.

### **II.7.4. Dot Matrix Hologramlar**

Dot matrix teknolojisinde iki boyutlu dokular, mikroskobik piksellerin yan yana gelmesiyle oluşturulur. Dot matrix hologram, hologram içerisinde, bilgisayarla yaratılmış sonsuz noktanın kullanılmasına izin verir. Bu hologram tipi, birçok küçük noktanın bir araya gelmesi sonucu oluşur ve her bir nokta ayrı bir yansıtma yapısına sahiptir. Her noktacık, rengi ve yerleşimi bağımsız olarak kontrol edilebilen farklı holografik pozlamaya sahiptir. Bir dot matrix hologramda, noktalar küçüldükçe aralarındaki boşluk da dolayısıyla azalacak, görüntüde seçebileceğiniz detaylar artacak ve daha kaliteli hale gelecektir. Çok canlı renkler ve parlak efektler yaratmaya elverişlidir. Bu efektler son kullanıcının da rahatlıkla algılayabileceği şiddette ve netlikte görünürler. Diğer hologram teknikleriyle birlikte de uygulanabilen bir teknolojidir. Böylelikle derinlik içeren, parlak görünümlü, pek çok güvenlik unsurunu bünyesinde bulunduran hologramlar elde edilir. [18,20,24,28]

Diğer hologramlarda da olduğu gibi dot matrix hologramlarda da çeşitli zemin renklere sahip örnekler mevcuttur. Bu çeşitli renkleri sağlayan etken hologramın aktarıldığı hammaddenin sahip olduğu renge bağlıdır. Örneğin bir dot matrix hologramın zemin rengi yeşil ise bu hologramda kullanılan hammaddenin renginin yeşil renkte olmasındandır.



Şekil II.14. Dot Matrix Hologramlar

#### II.7.5. E-Beam Hologramlar

En son bulunan holografik teknolojilerden biri olan e-beam yüksek çözünürlüklü hologramlar yaratmaya imkan verir. Elektron demeti teknolojisidir. Elektron demetinin, vakum ortamda yönlendirilerek istenilen görüntünün yüzeye işlenmesi sağlanır. Bu teknoloji ile mikro boyutların ötesinde nano ölçeklerde yazı, şekil ve dokular kusursuz bir biçimde yüzeye aktarılır. Çok keskin ve ince çizgiler oluşturulabilir. Parlaklık konusunda rakipsiz olan e-beam sayesinde pürüzsüz alanlar yaratmak mümkündür. Gerçek renk kombinasyonu sayesinde grafikler, ışık yansımalarının herhangi bir yerinde istenilen değerlerde görünürler. [15,16,18,20,24,25,28]

Diğer hologramlarda da olduğu gibi E-Beam hologramlarda da çeşitli zemin renklere sahip örnekler mevcuttur. Bu çeşitli renkleri sağlayan etken hologramın aktarıldığı hammaddenin sahip olduğu renge bağlıdır. Örneğin bir E-Beam hologramın zemin rengi sarı ise bu hologramda kullanılan hammaddenin renginin sarı renkte olmasındandır.



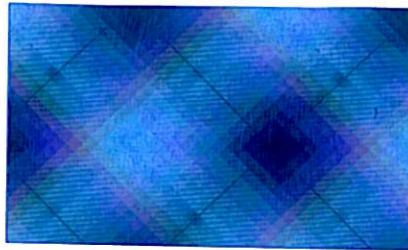
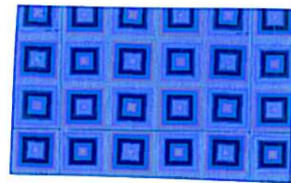
Şekil II.15. E-Beam Hologramlar

### II.7.6. Saçılım Ağı (Diffraction Grafings) Hologramları

Bu tür hologramlar, gerçek görüntü vermezler. Ancak çok ilgi çekici prizmatik şekiller yaratırlar. Değişik açılardan gökkuşağı etkileri oluştururlar. [5]

### II.7.7. Stereogramlar (Multiplex)

Çok boyutlu etki oluşturmak için holografik proses uygulanan, hareket içeren hologramlardır. Hareketli cisimler, özel efektler ve bilgisayar grafikleri stereogramlar oluşturmak için kullanılabilir. [5,17,19,20]



Şekil II.16. Stereogramlar

### **II.7.8. True Color Hologramı (Gerçek Renk)**

Gerçek renkli hologram, fotoğrafik kalitede bir resim çalışmasıyla meydana gelir. Sahteciler orijinal fotoğrafa ulaşamazsa, hologram, gerçek fotoğrafı yansıtamaz. Sahteciliği engellemek için çok güzel bir yoldur.

### **II.7.9. Flip-Flop Hologram (Kinetik)**

Flip-Flop hologramlar, değişik açılardan bakıldığında, iki farklı görüntü meydana getirebilir. Bakış açısı yatay (soldan sağa) veya dikey (yukarı-aşağı) değiştiğinde, hologram içerisinde farklı görüntüler meydana gelir. [16,19,20]

### **II.7.10. Multigram**

Bu yeni tip hologram, daha yüksek güvenlik oluşturmak amacıyla, iki veya daha çok tipteki hologramların (2D/3D, DOTMATRIX, E-BEAM vb.) birleştirilmesi ile oluşturulan yeni hologram tipidir. [18]

### **II.7.11. ID Holo**

Holografik film üretilirken hammaddesine karıştırılan DNA kodu sayesinde, sadece o ürüne özel bir güvenlik özelliğine sahip olur.

Özel elektronik okuyucusu sayesinde filmin ve ürünün güvenlik sistemine sahip olduğunu görsel olarak bildirir.

Belirlenen şifreleme sistemi ile ürün sadece firma için üretilir ve kaydedilir. Başkası tarafından kullanılamaz. [15,24]

## **II.8. EK GÜVENLİK ÖZELLİKLERİ**

### **II.8.1. Mikrotext (Metin ya da çizgi)**

Hologram üzerindeki mikro metin ya da görüntü çıplak gözle görülemez. Bir mercek yardımıyla kolaylıkla ayırt edilebilir.

### **II.8.2. Hologram Üzerinde Seri Numarası**

Seri numaraları ya da artan numaralar, hologram üzerinde ek güvenlik özelliğidir. Genellikle malların yönetimini kolaylaştırmak ve kaçakçılıkla savaş için kullanılır.

### **II.8.3. Tamper Evident (Basınca Duyarlı) Hologram**

Hologram görüntüsüne zarar verilmeden yerinden çıkarılamaz. Yerinden çıkarıldığı takdirde, görüntüsü zarar görür ve tekrar kullanılamaz.

Şekil II.16'da bulunan hologram örneklerini yerinden çıkartmaya çalıştığınızda yüzeyinde bulunan şeffaf koruyucu tabakanın kalktığını ve açığa çıkan yüzeye tırnağınızda dokunduğunuzda hologramın çizildiğini ve özelliğini kaybettiğini görürsünüz.

### **Şekil II.17. Tamper Evident (Basınca Duyarlı) Hologram**

### **II.8.4. Pattern Release (Şekil Bırakan) Hologram**

Bu etiket, yerinden söküldüğünde, sökülen yüzeyde önceden tasarlanan yazıyı ya da görüntüyü bırakır. Bu yazı ya da görüntü kırmızı, siyah ve diğer renklerde olabilir.

Şekil II.17.'de bulunan hologram örneğini yerinden çıkartmaya çalıştığınızda bal peteğine benzer şekil bırakarak hologramın özelliğini kaybettiğini ve başka bir yerde kullanılamayacağını görürsünüz.

### **Şekil II.18. Pattern Release (Şekil Bırakan) Hologram**

#### **II.8.5. Lazer Optik Şifreleme**

Üretilen hologramın herhangi bir yerine yerleştirilen yazı veya şekil, lazer ışını gönderen bir okuyucu sayesinde ekranda görünür. Şifre çıplak gözle algılanamaz.

#### **II.8.6. Yukarıdaki Hologramların Varyatif Kombinasyonları**

Daha güçlü görsel etki ve ek güvenlik özellikleri istenilen yerlerde kullanılır.

[16,25,28]

## BÖLÜM III

### ÇALIŞMALAR

#### III.1. HOLOGRAM ÇEKİMİ İÇİN GEREKLİ OLAN LABORATUAR DÜZENEĞİ, HOLOGRAM FİMLERİ VE FOTORESİST

##### III.1.1. İzolasyon Masası

Piyasada hazır izolasyon veya optik masalar olmasına rağmen aşağıda basit bir izolasyon masasının yapılışı anlatılmıştır.

İzolasyon masasının yapılması genel olarak basittir. Eğer 3/4 inç kontraplak ve marangozda boyutlara uygun kestirebileceğiniz 4x1 inç keresteye sahip olmanız işi basitleştirecektir. Bağlantılar arasında meydana gelebilecek hava boşluklarını doldurmak ve tamamen yekpare bir birim haline getirmek için çatı katranı kullanılabilir.

Malzeme Listesi:

- 5 düzine 2" (inç) #8 düz kafalı ağaç vidası
- 5 düzine 1/2" #8 düz kafalı ağaç vidası
- 1 galon çatı katranı
- 1 adet 1020 iç lastik
- 1 adet 4'x4' (ayak) 8 ölçü levha metal
- 3 adet 3/4"x 4'x 4' iç kontraplak
- 4 adet 4"x10"x4' kereste
- 2 kutu düz siyah spreyc boya

İç lastiğin üzerinde asılı duran bu masa titreşimleri hızlı bir şekilde düzelterek bir hava yüzdürme sistemidir ve bir cismin ve optik parçaların 6328 Å dalgı uzunluğunun yarısına kadar izole edilmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilir. İzolasyon masasının bir sert zemin üzerine konulması önemlidir. Tahta zeminler tavsiye edilmez.



**Şekil III.1.** Hazır optik masa. [29]

### III.1.2. Girişim Ölçer

İzolasyon masasının sağlamlığını kontrol etmek için bir girişim ölçer kullanılabilir. Işık demeti ayırıcısını, iki aynayı ve merceği konumlandırmak suretiyle, aynaların mesafelendirilmesinde kesirli bir dalgaboyu değişikliğini gösterecek olan görünür girişim saçakları elde edilir.

Girişim saçakların (çizgilerin) görülebilmesi için şu işlemler yapılır:

- Ayna 1, ışık demeti lazer tüpünün aşağısına geri yönlendirmek için konumlandırılır.
- Demet ayırıcı araya konur ve ayna 1'in konumu dokunularak biraz kaldırılır.
- Ayna 2 konumlandırılır ve hem onu hem de demet ayırıcıyı karton plak ekran üzerindeki bütün noktalar aynı yatay çizgide olacak şekilde yatırılır (İki takım olacak ve her takımda 2 parmak demet olacaktır).
- Ayna 2'yi döndürmek suretiyle 2 takım mümkün olduğunca üst üste getirilir. 60x mikroskop merceğinin araya konumlandırılır.

Ekran üzerinde beliren siyah ve kırmızı çizgiler iki aynadan gelen iki düzlem dalgası arasındaki yapıcı ve bozucu girişimi temsil eder. Bunlar bir hologram yapılması için kaydedilmesi gereken girişim türleridir. Zemin üzerinde yürümek, zıplamak, bağırarak gibi hareketlerde bu titreşimler girişim saçaklarının muhtemelen bulanıklaşmasına neden olacaktır. Eğer filmin pozlanması sırasında girişim saçakları bulanıklaşırsa bir hologram elde edilemeyecektir. Fakat pozlamanın bir kısmı sırasında bulanıklaşırsa bir hologram elde edilir. Ne var ki, görüntü çok az kontrasta

sahip olacaktır. Çünkü pozlanmış bilgilerin ancak bir kısmı girişim olacak, geri kalanı ise bir bilgiye sahip olmayan ışık pozlanmasından başka bir şey olmayacaktır. Ortadaki girişim saçığı deseninin nefes alır gibi bir görüntüsü vardır. Bu normaldir ve masa üzerindeki hava basıncındaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Eğer bu görüntü tutulursa holografideki en önemli şartlardan biri olan STABİLİZASYON sağlanmış olur.

### III.1.3. Karanlık Oda

Karanlık oda için ışık sızmayacak şekilde duvarları siyah boya ile boyanmış bir oda yapılabilir. 4x8' ölçülerde olabilir. Eğer bunun kurulması mümkün değilse birkaç siyah perdenin satın alınması ve bunların tavana asılmasıyla bir seçenek yapılabilir. Bu tip karanlık odada ışık sızması nedeniyle yalnızca akşamları ya da loş ışıkta kullanılabilir.

### III.1.4. Optik Aletler Ve Optik Rakorlar

Burada transmisyon ve yansıtma hologramların yapılması için gerekli minimum optik parçalar ve girişim ölçer test düzeneği vardır.

Malzeme Listesi:

- 3 adet 2x2" ön yüzey aynaları (Edmund #40, 040 51x76mms)
- 1 adet 2x2" düz cam, ışık ayırıcı için (Edmund #2269 52x 113mms)
- 2 adet 60x mikroskop objektif mercekler (Edmund #30,049)

Aralarında 10cm mesafe olacak şekilde konulmuş iki adet buzlu cam bir cisim ışık demeti yayıcısı olarak kullanıp bir objektif merceğine gereksinim duyulmayabilir. Böylece mercek temizleme ve demet hizalama sorunlarından kurtulunur ve daha ucuza mal edilmiş olur. Eğer bir mercek kullanılacaksa mercekleri ayrılmalı ve demeti yaymak için son, en küçük mercek kullanılmalıdır.

Optik rakorlar ise ağaç veya alüminyumdan yapılmış bu optik parçaları masa üzerinde taşıyan aletlerdir. Bu rakorlar elle yapılacağı gibi firmalardan hazır olarak satın alınabilir. Fakat unutulmamalıdır ki, yansıtmaları önlemek için bu rakorların siyaha boyanmaları gerekmektedir. Bunlar içinde en önemlisi stabilizasyonu muhafaza edebilmektir.

### III.1.5. Işık Ölçer

Holografik düzeneklerinin bir kısmı oldukça duyarlı bir ışık ölçer gerektirir. Bir güçlü yayılan lazer ışık demetinin düşük düzeyi, bilinen bir ışık ölçer ile ölçülmesi mümkün değildir. Bu nedenle aşağıda elektronik parça satıcılarının çoğundan elde edilebilecek bir basit doğru ışık ölçer, bir Kadminyum Sülfid fotoselli Triple V-O-M ölçer tanıtılmıştır.

Bunu kullanmak için ilk önce fotosel tellerini ölçerin fişine ve fişi de “COM” ve “V-O-M” reseptörlerine takılır. Herhangi bir kutupsallık şartı aranmamaktadır. Bu nedenle tellerden herhangi birini şebekeye ve diğeri reseptöre bağlanabilir.

#### **Çalıştırmak için:**

- Kırmızı şalteri x1K OHMS işaretine döndürülür.
- Fotoseli bir parlak ışığın oldukça yakınına konur ve iğne en üst skaladaki “O” işareti üzerine gelinceye kadar yandaki düğme çevrilir.
- Işık demeti yoğunluğu ölçmek için, ölçer skalasının daha parlak ışığı, fotoselin üzerine daha kısık ışığı ise, skala numarasının üzerine gelecek şekilde okunması gerektiği unutulmamalıdır. Örneğin; “50” değeri, “100” değeri parlaklığının iki katıdır.

### III.1.6. Hologram Filmleri ve Fotoresist

Hologram lazer ışığı ile çekilmektedir. Çekim için ışığa hassas materyal gereklidir. Bu nedenle hologram, gerekli tüm bilgileri içeren yüksek derecede ayrımlı çok iyi siyah beyaz fotoğraf filmidir denilebilir.

Resim taşıyıcı olarak fotokimyasal film veya cam plakalar kullanılır. Bu plakalar çok ince ve hassas taneli gümüşhalojenid tabakasına sahiptirler. Holografide kullanılan foto malzemenin ışık duyarlılığı düşük, çözümleme ise çok yüksektir. Film çözümlenmeleri (hassasiyeti) milimetre başına düşen çizgi sayıları ile ölçülür. Holografik filmler belirli bir ışık dalgaboyuna hassas olmak üzere hazırlanmışlardır. Her bir çeşit film bir kod numarasına sahiptir. Örneğin; AGFA 8E75 kırmızı bölgede hassastır ve bu yüzden yakıt veya He-Ne lazerlerinde kullanılır. Kodak 649F aynı yerlerde kullanılır ama 10 kat daha yavaştır. Kodak 120 levhası veya SO173 filmi AGFA 8E75’e çok benzer ama onun kadar hassas değildir.

Holografide bu kadar hassas çözümlenmeli filmlerin kullanılma sebebi, çok küçük ışık dalgaboylarının kaydedilmesinden ileri gelmektedir. He-Ne lazerine ait

ışık dalgaboyları yaklaşık olarak 24 mikroiçtir ya da bir inç uzunluğun 24 milyonda biridir. Bu yüzden böyle hassas bir tanecik yapısına ihtiyaç vardır.

Bazı hologram çeşitleri için gümüşhalojenid yerine fotopolimer (Polaroid) ve dikromejelatin kullanılmaktadır. [5,13]

### **Fotoresist**

Hologramların çoğaltılabilmesi için bir fotoresist tabaka bulunan plaka (cam) üzerine kopya edilmesi gerekmektedir.

Fotoresist, son yıllarda entegre elektronik devrelerinde hazırlanmasında kullanılan özel türde fotopolimerlere denir. Bunlar uygun plaka üzerine sürülerek, pozlandırmadan sonra develop edilerek polimer türüne göre pozitif veya negatif bir görüntü elde edilir.

Hologram çekimi için ışığa duyarlı yani fotoresist kaplanmış bir cam levhaya ihtiyaç vardır. Bu cam fotoresist, kaplanmadan önce yüzeyindeki pisliklerden arındırılır. Temizleme işleminde cam, çamaşır suyunda bir gün bekletilir, deionize su (saf su) ile yıkanır. Sonra bulaşık makinasında üç defa yıkanır. Ardından kurutulur ve camın yüzeyindeki su lekelerinin giderilmesi için Primer banyosunda 4 veya 5 saat bekletilir. Lekelerden arındırılmış temiz cam “spin coating” yöntemi ile lazer ışığına duyarlı fotoresist madde ile homojen bir şekilde kaplanır. Kaplanan cam plaka fırında ısıtılarak fotoresist maddenin üzerinde sabitlenmesi sağlanır. Fotoresist kaplı camın arkası siyaha boyanır ve cam üzerine gelecek olan ışığın geriye yansımaması sağlanmış olur. [5,13]

## **III.2. HOLOGRAM YAPIM AŞAMALARI**

### **III.2.1. Tasarım**

Hologram tasarımının yapıldığı ilk aşamadır. Müşteri isteğine göre 2D/3D, 3D veya hareketli görüntüler istenilen renk paletine göre tasarlanırlar.

### **III.2.2. Sanatsal Üretim**

Hologramda kullanılması belirlenen şekiller, kamera çekimine hazır hale getirilirler. 2D/3D görüntüler bilgisayarlarda, 3D görüntüler 1:1 oranında imal edilen modeller kullanılarak optik yöntemlerle ve stereogramlar özellikle hologram için çekilen 35mm film kullanılarak üretilirler. Hareketli görüntüler ve gerçek

renklerin oluşturulması günümüzün “State of Art” optik ve bilgisayar tekniklerine dayanmaktadır.

### **III.2.3. Master Hologram Üretimi**

Master hologram üretimi üç ayrı işlemi kapsamaktadır.

Birinci Aşama: Hologram üretimi için gerekli foto duyarlı film veya cam, seçilen taban malzemenin üzeri “spin coating” yöntemi ile kullanılan lazer dalgaboyuna duyarlı kimyasal malzeme ile kaplanarak üretilir.

İkinci Aşama: Master hologram için gerekli fotoresist plaka seçilen taban materyalin üzerine “spin coating” yöntemi ile lazer dalga boyuna duyarlı fotoresist madde ile kaplanmasıyla üretilir.

Üçüncü Aşama: Mastar hologramın oluşturulması için birinci ve ikinci aşamada üretilen fotoğrafik ve holografik elemanlar birleştirilerek, lazer ışığına hassas fotoresist kalıp üzerine Master hologram oluşturulur.

Master hologram üretimi, tüm üretim safhaları içinde çevre koşullarına, kimyasalların saflığına aşırı bağımlı olması sebebiyle en pahalı ve riskli bölümdür.

### **III.2.4. Master Kalıp Üretimi**

Baskı için Master Shim (kalıp), fotoresist master plakadan elektroplating yöntemi ile üretilir. [5,13,25]

## **III.3. HOLOGRAM YAPIMI**

Burada bir 2D/3D hologramın oluşturulması için gerekli olan aşamalar anlatılmıştır.

### **III.3.1. Grafik Ve Film Çalışması**

2D/3D hologram, arka plan görüntüsü denilen background (3D) ve ön plan görüntüsü denilen foreground (2D)'tan oluşmaktadır. Müşterinin istekleri doğrultusunda bu görüntüler artırılabilir. Bu hologram yapımında negatif bir görüntü elde edileceği için negatif çalışan fotopolimerler kullanılmıştır. Film çekim aşaması için background, foreground ve maske film olmak üzere üç ayrı film kullanılır. Bu filmler, müşteri tarafından hologram yapılması için verilen orijinal (yazı, şekil vb.) bilgisayarda hazırlanması ve film çıkışlarının alınmasıyla elde edilir. Bilgisayarda

kullanılan programlar, Mac veya PC uyumlu Freehand, Illüstratör gibi her türlü çizim, yazı ve şekil yapılabilen programlar olabilir.

Grafik, işin büyüklüğüne göre montajlı bir şekilde 6x6 inç'lik bir karenin içine yapılır. Eğer hologram çekilecek nesne film değil cisim ise bu optik masa üzerine iyi bir şekilde monte edilerek çekiminin yapılması gerekir.

### **III.3.2. Lazer ile Temel Transmisyon (Background) Hologram Çekimi ve Banyo Edilmesi**

Hologram çekimi için optik masa üzerinde bütün optik aletler, rakorlar çekilecek olan film ve aktarılacak olan lazer ışığına duyarlı foto malzeme uygun bir şekilde konumlandırılır. Aktarılacak olan foto malzeme uzun dar bir cama kaplanmıştır. Bu dar uzun cama  $H_1$  (hologram 1) denilir. Sonradan yeniden oluşturmada bu cam kullanılacaktır. Camın sadece bir yüzeyinde ışığa (lazer ışığı) duyarlı malzeme vardır. Arka yüzeyine herhangi bir şey sürülmemiştir. Yeniden oluşturmada cama vurulan ışık camdan geçecek şekilde şeffaf bırakılmıştır. Bu yüzden transmisyon denilmektedir. Öncelikle bu cama background (3D) görüntünün filmi (hologramı) çekilir. Çekilecek olan film önceden hazırlanmış background filmidir.

#### **Cekim Basamakları:**

1) Lazeri, yön aynasını, cisim yön aynasını, demet ayırıcısı (beam-splitter), referans yön aynasını ve foto duyarlı camın yerleştirileceği cam tutucuyu yaklaşık olarak konumlarına yerleştirilir. Foto duyarlı cam tutucu cisim alanın karşı tarafında anahtar vidalarına sahip olmalıdır.

2) Çekilecek film alanının merkezi için bir şerit parçası kullanarak bu elemanların uygun yerleşimi ölçülür. Hem referans demeti yolu hem de cisim demeti yolu demet ayırıcıdan düzenek boyunca çekilecek foto duyarlı cama kadar eşit uzunlukta olmalıdır.

3) Lazer açılır ve demet düşürmek için elemanları ayarlanır. Referans demetinin düşürülmesi için foto duyarlı cam tutucunun içine bir beyaz karton parçası konulur. Demet kartonun ortasına vurmalıdır.

4) Demet ayırıcıdan yansıyan iki demet görülür. Bunlar, birinci ve ikinci demet yansımadır. İkinci yansımayı kesmek için bir siyah karton parçası kullanılır.

5) Referans demetine 60x mercek yerleştirilir. Bir 1,5 mm ışık demetinin, bir 2 mm çapındaki merceğin içinde yönlendirilmesi güç olabilir. İlk önce mercek indirilir ve rakoru ayarlanır. Böylece demet mercek tutucunun tepesinden mercek yönünde süzülür. Sonra yayılmış demetin mevcut olduğunu görünceye kadar mercek dikkatlice kaldırılır. Merceği, foto duyarlı cama tutucunun içindeki kartonu dolduruncaya kadar ayarlanır. Eğer kartonun üzerindeki iç içe halkalar görülürse, bunlar mercekteki kusur ya da mercekteki toz olabilirler. Mercek dokusu temizlenir, eğer halkalar yine duruyorsa halkaları karton dışına çıkartacak şekilde merceği yuvası içinde döndürülür.

6) Çekilecek olan filmi (background) koherent hacminin ortasına gelecek şekilde yerleştirilir.

7) Diğer 60x merceği ya da bir çift buzlu cam difüzörü, beş numaralı aşamadaki notta belirtilen aynı tekniği kullanarak demetin içinde konumlandırılır. Yayılmış demet, nesneyi tam olarak aydınlatmayabilir. Bu ise cisim yön aynasının arkası yerine önüne koyulması gerektiği anlamına gelir.

8) Demet yoğunluk oranlarının ölçülmesi nihai görüntüde iyi bir kontrast elde etmek için çok önemlidir. Işık ölçer alınır ve ışık ölçer bölümünde belirtilen gerekli hazırlıklar gerçekleştirilir. Optimum demet oranı 2:1 ile 5:1 arasındadır. Referans demet, cisimden foto duyarlı cama yansıyan ışıktan 2x ile 5x arasında daha parlak olmalıdır.

9) Bir diyafram gibi kullanmak için lazerin önüne bir parça siyah karton konulur. Ölçme için;

a) Işıklar kapatılır.

b) Demet ayırıcı ile cisim yön aynası arasında bir yere bir siyah karton parçası konularak cisim demeti bloke edilir.

c) Fotoseli, mercekten gelen referans demetine karşı yatırılmış foto duyarlı cam tutucudaki kartona karşı yerleştirilir.

d) Ölçerin üst skalası okunur (bir kalem fener kullanılabilir).

e) Demet ayırıcı ile referans yön aynası arasında bir yere karton konularak referans demeti bloke edilir.

f) Fotoseli, filme bakan foto duyarlı cam tutucudaki kartona karşı düz konur.

g) Ölçerin skalasındaki değer okunur. Ölçerin geriye doğru değer verdiği unutulmamalıdır. Demet ne kadar parlaksa sayı o kadar düşük olacaktır.

h) Eğer oranlar 5:1'in üstünde ya da 2:1'in altında ise, cisim merceği filme biraz daha yaklaştırılır ya da biraz daha uzaklaştırılır veya referans merceğin foto duyarlı cam tutucuya biraz daha yaklaştırılır veya uzaklaştırılır. Cismin ve foto duyarlı camın halen tamamen aydınlatmakta olduğundan emin olmak için kontrol edilir.

**10)** Karanlıkta yalnızca emniyetli ışık açıkken foto duyarlı camı emülsiyonlu tarafı filme bakacak şekilde tutucuya yerleştirilir ve vidaları sıkıştırılır. Masanın hareketinin durmasını sağlamak ve havanın normale dönmesine olanak vermek için 1 dakika geri çekilip beklenir.

**11)** Siyah karton diyaframı kaldırılır ve lazer demetinin doğrudan doğruya önünde 10 saniye havada tutulur.

**12)** Kartonu tamamen kaldırıp ışık demetinin foto duyarlı camı ve filmi aydınlatmasına olanak verilir. Denemeler sonucu pozlama süresinin lazer çıkışına, filmin yansıtma özelliklerine, demetlerin parlaklığına, filmin ve kimyasal maddelerin yaşına ve D-19 sıcaklığına bağlı olduğu görülmüştür. Pozlama süresi tecrübeler sonucu bulunmaktadır ve ideal süre bu şekilde verilir. Burada 20 saniye verilmiştir. Her pozlamada lazer açılıp kapanmaz. Bunun yerine pozu başlatmak ve sona erdirmek için karton diyafram kullanılır.

**13)** Karton diyafram indirilir. Foto duyarlı cam çıkartılır ve emülsiyonlu taraf yukarı gelecek şekilde D-19 banyosunun içine konulur ve pozlanan kısmın orta grilikte olup olmadığını kontrol etmek için 30 saniyede bir karıştırılır. Eğer film 5 dakikalık banyo süresi içinde griye dönmezse pozlama çok kısa olmuştur ya da referans demetindeki karton blok bırakılmış olabilir ve eğer film banyonun birinci dakikası içinde çok koyulaşırsa pozlama oldukça uzun olmuştur. Banyo malzemesi içindeki optimum süre 2-3 dakikadır.

**14)** Foto duyarlı cam yeterince karanlık olduğunda, cam stop su banyosunun içine konur ve 30 saniye kadar karıştırılır.

**15)** Stop banyosundan çıkarılır ve film 2 dakika tespit banyosunun içinde karıştırılır.

16) Cam bir küçük elektrik ampulünün önünde tutarak ve filmi bakarken yatırmak suretiyle herhangi bir görüntünün olup olmadığı çabuk bir şekilde kontrol edilir. Eğer her şey yolunda ise renklerden bir gökkuşağı görülür.

17) Cam, su altında 10 dakika yıkanır, 30 saniye boyunca Photo-F1 çözeltisi içinde karıştırılır ve emülsiyonun herhangi bir yüzeye temas etmemesi sağlanarak kurumaya bırakılır.

18) Pozlama sırasında meydana gelebilecek titremeler, sabit olmayan film ya da ışık demeti oranlarının kötü kontrastı nedeniyle hiçbir görüntü oluşmayabilir ya da kötü görüntü oluşabilir.

### III.3.3. Yeniden Oluşturma ile Görüntünün Master Hologram Üzerine Aktarılması

Yeniden oluşturmada background görüntülü  $H_1$  (dar uzun cam) kullanılır. Bu sefer çekilecek film  $H_1$  olur. Aktarılacak olan ise master hologram  $H_2$  (hologram 2) denilen fotoresist kaplı 30x30 cm ebadında bir camdır. Bu camın arkası ışık geçirmemesi için siyaha boyanmıştır.

Yeniden oluşturma işleminde sadece referans demeti kullanılır. Referans demeti  $H_1$ 'e gönderilir.  $H_1$ , referans demetini içinden geçirerek ışığı kırar ve çekilen filmin görüntüsünü yeniden oluşturur. Bu görüntü fotoresist kaplı olan  $H_2$  cama aktarılır. Aktarma işleminde  $H_2$  öne doğru yani  $H_1$  yaklaştırılırsa derinlik kazanmış bir görüntü elde edilmiş olur. Kısaca burada çekilmesi istenilen görüntü  $H_2$ 'nin yerinin oynatılmasıyla elde edilir. Tabi bu işlemlerden önce bütün elemanlar optik masa üzerinde düzgün ayarlanmalı ve demet ayırıcı yerine cisim yön aynası konulmalıdır. Bu şekilde lazer ışığının hepsinin bir referans demeti (ışığı) haline gelmesi sağlanır.  $H_2$ 'nin yani master hologramın çekiminden önce, sonradan çekilecek olan foreground görüntünün sağlanması için  $H_2$ 'nin önüne maske filmi yerleştirilir. Bu şekilde istenen yerlerin pozlanması ve istenmeyen yerlerin pozlanmaması sağlanır.

Bu yeniden oluşturma işleminde iyi olması için gerçek görüntü projeksiyon sistemi kullanılması düşünülebilir. Herhangi bir hologram, kendisinden çıkan gerçek görüntü dalgalarına sahiptir. Bu dalgalar genellikle, oldukça fazla tahrif olurlar. Burada, iyi bir gerçek görüntü sağlayan bir düzenek sağlanmalıdır.

### III.3.4. Lazer İle Foreground Görüntünün Master Hologram Üzerine Aktarılması

Yeniden Oluşturma işlemi bittikten sonra  $H_1$  ve maske film yerinden çıkarılır. Maske filminin yerine çekilecek olan foreground (2D) filmi konulur. Foreground filmleri müşterinin istekleri doğrultusunda birden fazla da olabilir. Optik masa üzerinde background çekimin düzeneğinin aynısı konumlandırılır ve transmisyon çekimindeki işlemlerin aynısı yapılır. Burada görüntü  $H_2$ 'e aktarılır. Eğer ikinci bir foreground filmi çekilecek ise cisim aynası yeri kaydırılarak belirli bir açı verilmiş olur. Yalnız bu açılar  $30^0$  ile  $45^0$  arası verilmelidir. Çünkü emülsiyon toleransı bakımından sınırlıdır. Sonra oluşan bu hologramda, bu açılar sayesinde hologramın çeşitli renklerde görülmesi sağlanmaktadır. [5]

## III.4. HOLOGRAM BASIMI

Foreground çekimi bittikten sonra  $H_2$  (fotoresist kaplı cam) HCl (Hidroklorür) asitte banyo edilir. Bu şekilde poz gören yerler  $H_2$ 'de kalır, poz görmeyen yerler banyoya karışır. Sonra suyla yıkanır ve kurutulur.

### III.4.1. Shim'in Oluşturulması

Banyosu yapılmış fotoresist cam Ag (Gümüş) ile kaplanarak yüzeyi iletkenlik kazanmış olur. Fotoresist cam üzerinde görüntü tamamen belirginleştikten sonra elektroforming laboratuvarına götürülür.

#### III.4.1.1. Elektroforming Yöntemi

Bu laboratuvarında shim'in oluşturulması için, çeşitli çözeltilerin bulunduğu tanklar ve elektroliz için gerekli araçlar bulunur.

Fotoresist cam, tank içinde asılı duran bir metal parça üzerine uygun bir şekilde yerleştirilerek kimyasal maddelere dayanıklı bantla yapıştırılır. Fotoresist cam metal parça üzerine yerleştirildikten sonra kenarlar bir fırça yardımı ile Ag sürülür. Fotoresist kaplı cam metal parça ile birlikte Nikel Sülfat+Borik Asit+Antipit karışımı içerisine atılarak gerekli voltaj ve akım verilerek elektroliz olayına tabi tutulur. Bu şekilde Nikel parçacıkları fotoresist cam üzerine kaplanmış olur.

Burada Borik Asit çözeltinin ph dengesini ayarlamak için kullanılır. Antipit ise çözeltinin yüzey gerilimini ayarlamak için kullanılır.

Bu elektroliz olayı 24 saat sürer. Elektroliz olayı tamamlandıktan sonra ana shim fotoresist cam üzerinde oluşur. Yüzeyindeki kimyasal maddeler temizlenir. Shim deionize su ile temizlendikten sonra hava basıncı veya azot ile kurutulur. Hazırlanan shim'in kalınlığının istenilen ölçülere uygun olması gerekmektedir. Bu uygunluğu sağlamak için voltaj ve akımı yavaş yavaş yükselttilerek kalınlık değerleri ölçülür. Bekleme süresi de kalınlığa etkindir.



**Şekil III.2.** Elektroforming makinası. [29]

### **III.4.2. Baskı Aşamaları**

#### **III.4.2.1. Baskı Makinasının Tanıtımı**

Azami 15x30 cm büyüklüğündeki hologramları yapıştırabilen makinenin iki işlevi vardır. Birincisi; kağıt, plastik gibi taban malzeme üzerine 15-25 mikron kalınlığındaki folyoyu sıcak presleme ile yapıştırır. İkincisi; kendinden tutkallı etiket üretimi için 23-50 mikron kalınlığındaki holografik metalize polyester folyoları presler.

Makine programlanabilir ısı kontrolü ileri geri ayarlanabilir hızda olmalı, rulo gerginliği kontrol edilebilmelidir.

Aşağıda bir hologram baskı yapan Embosser Baskı Makinesi'nin tanıtımı yapılacaktır.

**1) Web Tension (Unwind):** Hologram baskı malzemesinin yüklendiği merdane ile taşıyıcı merdaneler arasındaki gerginliğin ve gevşekliğinin değerini gösteren göstergedir. Gösterge değerleri Newton olarak ifade edilir. Bu değerler 0 ile 200 N arasındadır.

2) Torque Current (Unwind): Baskı malzemesinin takıldığı merdanenin dönüş turunun belirtildiği göstergedir. Gösterge değerleri % ile ifade edilir.

3) Web Speed: Makinenin baskı süratini gösteren göstergedir. Makinenin sürati metre/dakika ile belirtilmektedir. Maksimum baskı hızı dakikada 20 metredir.

4) Web Tension (Rewind): Baskılı materyalin toplandığı merdane ile taşıyıcı merdaneler arasındaki gerginlik ve gevşeklik değerini gösteren göstergedir.

5) Torque Current (Rewind): Baskılı kağıdın toplandığı merdanenin dönüş turunun belirtildiği göstergedir.

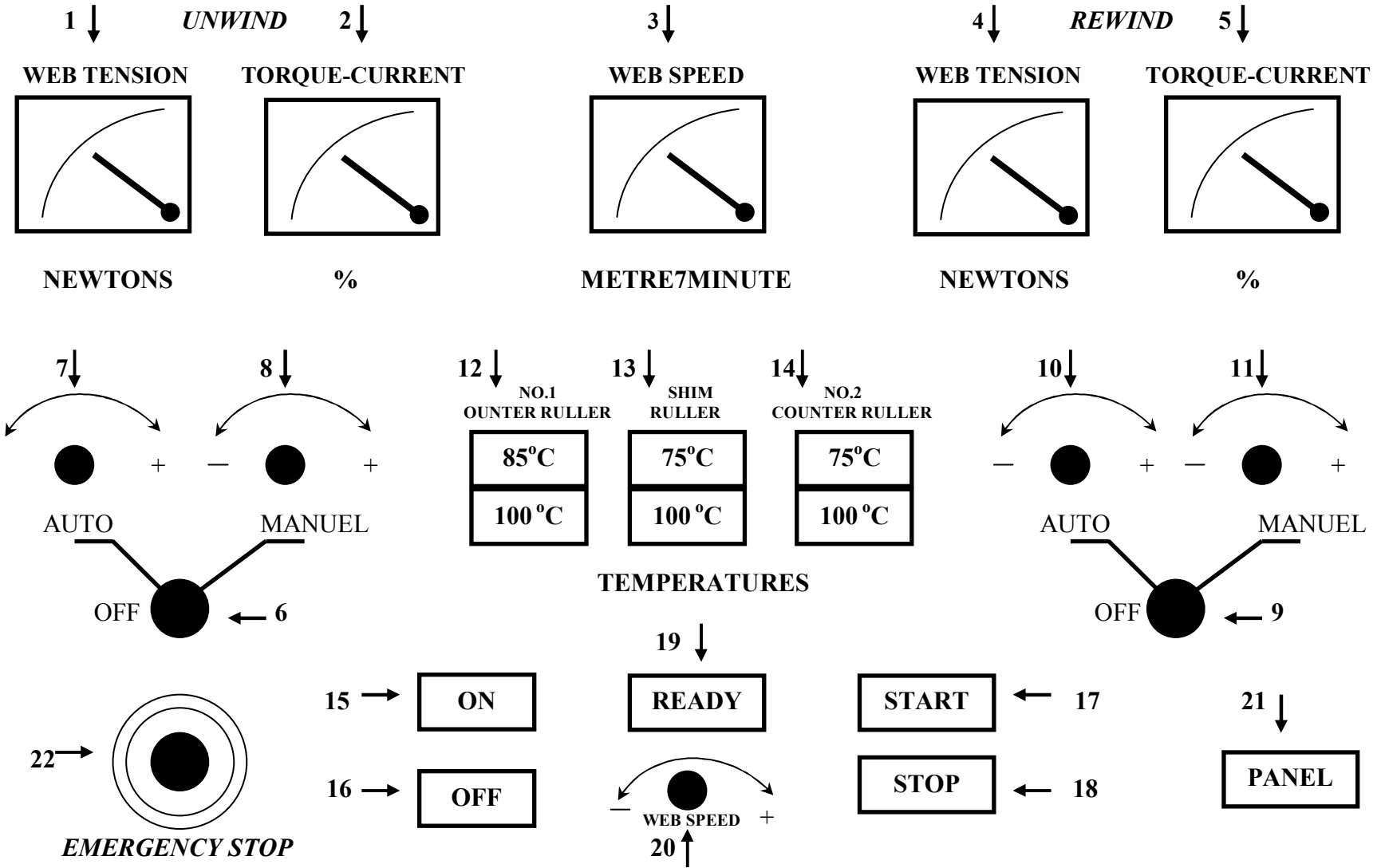
6) Merdaneler arasındaki gerginlik, gevşeklik ve sarma hızının ayarlandığı ibredir. İbre manuel ayarlandıktan sonra otomatiğe getirilerek baskıya devam edilir. Bu ibre Unwind merdanelerin ayarında kullanılır.

7) Yedi numaralı ibre (+) ve (-) yönde hareket ettirilerek PET-1 ile taşıyıcı merdaneler arasındaki gerginlik ve gevşekliği ayarlar.

8) Sekiz numaralı ibre PET-1 hazne merdanesinin dönüş hızını ayarlar. Ayarlama manuel yapıldıktan sonra otomatiğe bağlanır.

9) Dokuz numaralı ibre basılı olan kağıtların rulo üzerine toplandığı PET-2 merdanesi ile taşıyıcı merdaneler arasındaki gerginlik, gevşeklik ve sarma hızlarını ayarlamaktadır.

Sekil III.3. Embosser Baskı Makinasının Orijinal Kumanda Tablosu [5]



**10)** PET-2 Rewind merdanesi ile taşıyıcı merdaneler arasındaki gerginlik ve gevşekliği ayarlamak için kullanılır.

**11)** PET-2 Rewind merdanesinin dönüş ve sarma hızını ayarlar.

**12)** Counter Ruller (No:1): 1 No'lu silindirin sıcaklık değerlerinin ayarlandığı ve sıcaklık yükselmesinin gözlemlendiği dijital bir kumanda göstergesidir.

**13)** Shim Ruller: Shim'in sarıldığı silindirin sıcaklık değerlerinin ayarlandığı dijital bir kumanda göstergesidir. Sıcaklığın yükselmesi, istenilen sıcaklık değeri girildikten sonra silindirlerin ısınmaya başlaması ile göstergenin sürekli olarak ile takip edilir.

**14)** Counter Ruller (No:2): 2 No'lu silindirin sıcaklık değerlerinin ayarlandığı ve sıcaklık yükselmesinin gözlemlendiği dijital bir kumanda göstergesidir.

**15)** On: Silindirlerin sıcaklığını açar.

**16)** Off: Silindirlerin sıcaklığını kapatır.

**17)** Start: Makinanın motorunu çalıştırır.

**18)** Stop: Makinanın motorunu durdurur.

**19)** Ready: Sıcaklık istenilen seviyeye ulaştıktan sonra silindirlerin baskıya hazır olduğunu gösteren ışıklı göstergedir.

**20)** Web Speed: Makinaya yol vererek silindirleri harekete geçirir. İbrenin (+) yönde çevrilmesi makinanın hızını artırır, (-) yönde çevrilmesi hızını düşürür. Makinanın maksimum baskı süratı 20 metre/dakikadır.

**21)** Panel: Makinenin elektrik bağlantısı açık olduğunda bu gösterge yanarak kontrol panelinin açık olduğunu gösteren ışıklı göstergedir. [5]

### **III.4.2.2.Baskı İşlemleri**

Shim'in Baskıya Hazırlanması:

**1)** Shim'in hazırlanacağı masanın üstünde iş harici hiçbir alet ve malzeme bulunmamalıdır.

**2)** Shim'in bıçak izi için hazırlanmış transparan bir şablon, shim yüzeyine ayarlanarak yerleştirilir.

**3)** Shim üzerinde iş harici kısımlar kesilir.

**4)** Shim'in kesilen kenarlarının arka yüzeyi düzgün ve pürüzsüz olmalıdır.

**5)** Bu pürüzler keskin bir bıçakla kazınır veya ince zımpara ile fazla bastırılmadan hafifçe kazınır.

6) Shim üzerinde ölçüm yapılırken görüntüye dokunulmamalı ve shim altına bir kağıt konmalıdır.

7) Transparan şablon shim üzerinde ayarlandıktan sonra beyaz bir bantla yapıştırılmalıdır.

8) Sivri ve delici metal kalem ile şablon delinerek shim üzerinde kesim için rehberler oluşturulur.

9) Belirtilen rehber delikler, cetvel ile gönyelenerek köşelerden kesilir.

10) Kesim yapılırken shim'in yüzeyi kağıt havlu ile tutularak çizilmeden kesilmelidir.

11) Shim kenarları kesilirken kenarlarda belirtilen rehberler 90<sup>0</sup>'lik açı ile kesilmelidir.

12) Shim kesilirken yüzeyde kağıt havlu, onun üstüne de bir dergi koyularak kesilmelidir.

13) Shim yüzeyinde yağ ve kir lekesi var ise bulaşık deterjanı sıcak su karışımı ile temizlenerek kurutulmalıdır. Yüzey pamuk veya yumuşak bir bez ile temizlenmelidir ve basınçlı hava ile kurutulmalıdır.

14) Shim taşınırken dik tutulmalı, kıvrılıp burkulmamalıdır.

15) Shim takılırken bağlantı lamalarının ağzı bir parçayla kaldırılarak rahat bir şekilde yerleştirilmesi sağlanmalıdır.

16) Shim her iki lamaya belirtilen şekilde takıldıktan sonra vidalar sıkılarak boşluklar alınır. Gözle kontrol edilip ortalandıktan sonra hassas olarak kumpasla ayarlanır.

17) Kumpasla ayar yapılırken sağdan ve soldan, yukarıdan ve aşağıdan eşit paylar bırakılarak tam ortaya yerleştirilmesi sağlanır.

18) Ayar sırasında shim'e hareket verilirken yüzey yumuşak kağıt havlu ile tutulmalıdır.

19) Ayarlar her taraftan kontrol edilerek sabitleme vidaları sıkılır.

20) Önce lamaları alüminyum tablaya sabitleyen vidalar sıkılır. Daha sonra shim'i tutan vidalar boşlukları alındıktan sonra sabitlenir.

### **Shim İle Çalışırken Dikkat Edilecek Hususlar:**

1) Shim'in temizliğinde bulaşık deterjanı ve deionize su kullanılmalıdır.

2) Shim dik tutularak taşınmalıdır.

3) Shim ile çok titiz çalışılmalıdır.

- 4) Shim ile yumuşak ve düzgün yüzeylerde çalışılmalıdır.
- 5) Shim'in yüzeyinde yumuşak kağıt havlu kullanılmalıdır.

#### **Shim'in Makineye Takılması:**

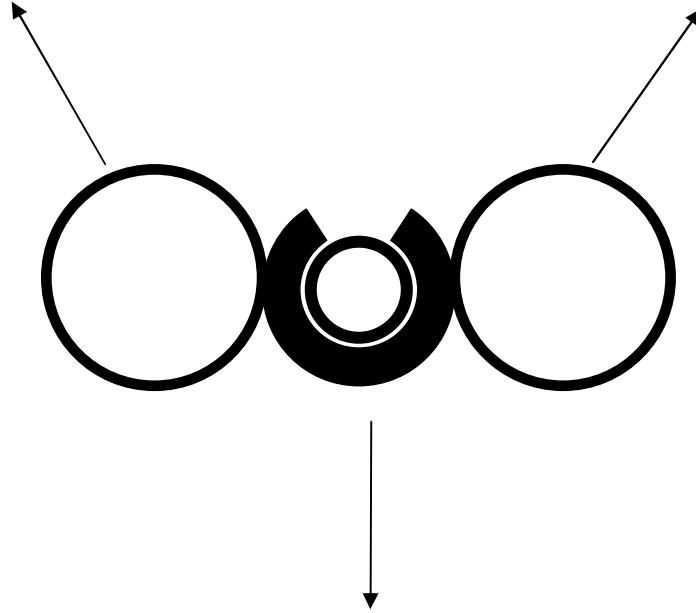
- 1) Makinenin üstünde hiçbir anahtar, vida vb. takım bulundurulmamalıdır.
- 2) Shim tam olarak yerleştirilmeden önce silindir hareket ettirilerek yüzeydeki toz, yağ ve pislikler ıslak bez ile temizlenir ve basınçlı hava ile kurutulur.
- 3) Shim silindire takılarak gerilir. Germeye ortadaki vidalardan başlanır ve diğer vidalarda sıkılarak germe işlemi yapılır.
- 4) Gerginlik ayarı sıcaklık verildikten sonra tekrardan kontrol edilir.
- 5) Bütün bu ayarlar yapıldıktan sonra makine baskıya hazır hale gelmiştir.

#### **1 nolu baskı silindiri**

Yüzeyi sert ve kauçuk esaslı bir malzemeyle kaplanmış

#### **2 nolu baskı silindiri**

Shim'deki 1 nolu silindirin basamadığı alana baskı yapar.



#### **Shim'in takıldığı silindir.**

Bu silindirin baskı alanı diğer silindirlerin çapının yarısına eşittir.

**Şekil III.4.** Embosser Baskı Makinasında Bulunan Baskı silindirlerinin konumu [5]

Yüzeyi kauçuk malzeme ile kaplanmış silindirler ile çalışılırken olması gereken silindir sıcaklıkları:

- 1 ve 2 nolu silindirler ortalama 65<sup>0</sup>C
- Shim'in takıldığı silindir ortalama 145<sup>0</sup>-150<sup>0</sup>C

Çelik silindirlerde çalışılırken olması gereken silindir sıcaklıkları:

- 1 ve 2 nolu silindirler ortalama 100<sup>0</sup>C
- Shim'in takıldığı silindir ortalama 100<sup>0</sup>C

### **III.4.2.3.Baskı**

- 1) Shim silindire takılır.
- 2) Basılacak olan materyalin toplanması için PET-1 merdanesine takılır.
- 3) Basılan materyalin toplanması PET-2 merdanesine boş rulo takılır.
- 4) Basılan materyal silindir ve merdanelerden geçirilerek PET-2 merdanesine toplanır ve bantla yapıştırılır.
- 5) Silindirlerin sıcaklık değerleri kumanda tablosundaki dijital göstergelerden girilerek silindirlerin ısınması beklenir.
- 6) Silindirler belirtilen sıcaklık değerlerine geldiğinde makine çalıştırılır.
- 7) Unwind ve rewind merdanelerinde gerginlik, gevşeklik ve sıkma ayarları yapılarak kontrol edilir.
- 8) Optik gözden basılan materyalin hareketi shim üzerinde sağa ve sola olan boşlukları ortalanarak ayarlanır.
- 9) Ayarlar istenilen düzeye geldiğinde makinaya yol verilerek baskıya geçilir.
- 10) Önce 1 nolu silindirin basınç kolu indirilir ve basınç (forsa) ayarı yapılır.
- 11) Daha sonra 2 nolu silindirin basınç kolu indirilir ve basınç ayarı yapılır.
- 12) Baskı istenilen düzgünlükte ise iki baskı arasındaki boşluk makinenin ön tarafındaki koldan ayarlanarak sabitlenir.
- 13) Gerekli basınç ve baskı ayarı yapılır.
- 14) Baskıda istenilen düzgünlük elde edildikten sonra makineye yol verilerek baskıya devam edilir.

Geliştirilen hologramların çok sayıda kopyasının düşük maliyetlerle üretilebilmesi için kağıt, ince plastik (Poliester veya OPP (Oriented Polypropilen) film veya metal (Alüminyum) folyo üzerine, holografik görüntüyü oluşturan karmaşık mikroskopik şekillerin shim ile basılması gerekir.

Anlatılan bu hologram üretiminde alüminyum folyo üzerine baskı gerçekleştirilmektedir. Asetat tabanlı bu folyonun alüminyum tarafına basılmaktadır. Basılan folyonun kopyalanmasını ve mikroskopik şekillerin enformasyon kaybını önlemek için folyonun üzerinde metalize termo plastik lak tabakası mevcuttur. [5]

### **III.4.3. Baskı Sonrası İşlemlerde Kullanılacak Olan Makineler ve İşlemleri**

#### **III.4.3.1.Folyo Kesme Ve Sarma Makinesi**

27 inç çap ve 40 inç genişliğinde, 15-25 mikron kalınlığında Al (Alüminyum) folyo ve 23-50 mikron kalınlığında metalize polyester folyo rulodan istenilen genişlikte kesilip rulo yapılmasında kullanılır.

İşlem sırasında folyo gerginliği her an kontrol edilmelidir. Bu nedenle makine elektronik kontrollü fren, debriyaj ve hız kontrol sistemine sahiptir.

#### **III.4.3.2.Kalıp Kesme Ve Sıcak Presleme Makinesi**

Geliştirilmiş hologramlar özel bir kalıpla kesilerek seçilen taban malzemeye sıcak preslenir. Çeşitli kesme kalıp uygulamalarına sahip makinenin taban malzemeyi lamine etme özelliği de vardır.

#### **III.4.3.3.Plastik Kart Presi**

Plastik kartlar üzerine hologramı sıcak presleyen makinedir. Hologramın X-Y koordinatlarının çok hassas olarak kontrol edildiği makinenin tüm işlevi bilgisayar kontrollüdür.

#### **III.4.3.4.Plastik Kart Yüzey Kaplama Presi**

Plastik kart yüzeyinin tamamının hologramla kaplanmasında kullanılan sıcak prestir.

#### **III.4.3.5.Manyetik Şerit Presi**

Plastik kart üzerine manyetik şerit yapıştırılmasında kullanılan bilgisayar kontrollü sıcak presleme makinesidir. [5]

### III.5. HOLOGRAMIN KULLANIM AMACI VE ALANLARI

Taklitçiliğe karşı güvenlik sistemlerinde hedeflenen amaç; sistemin, sahte ile gerçeği güvenilir bir biçimde ayırabilme yeteneğine sahip olmasının sağlanmasıdır.

Hologramlar, ürüne ya da belgeye eşsiz ve belirgin, herhangi bir araca gereksinim duyulmadan kolaylıkla ayırt edilebilen görsel orijinallik kazandırır.

Gelişmiş ülkelerde tren biletinden paraya kadar her türlü resmi belgede hologram kullanılmaktadır. Ayrıca birçok firma güvenliğin yanı sıra promosyon ve prestij amacıyla hologram kullanmaktadır. [5]

Hologram kullanımı her geçen gün büyümekte ve genişlemektedir. Aşağıda, hologramın kullanıldığı alanlardan bazı örnekler verilmiştir:

- Promosyon Olarak Basılan Kupon,
- Teknoloji ürünleri
- Resim
- Etiketler
- Flexible Paketleme (Ambalaj İmalatı)
- Paketleme Kağıdı
- Kırtasiye
- Cep Telefonları ve aksesuarları
- Kuyumculuk
- Mücevherat ve takı
- Saat
- Kimyasallar
- Deterjanlar
- Organik Tarım ürünleri ve Tohumlar
- İnşaat Malzemesi ve donanımı
- İlaç sanayi
- Kozmetik ürünler
- Gıda ürünleri
- Otomotiv
- Yedek Parça
- Makine
- Hediyelik eşya
- Oyuncak
- Ev Elektronik ve Beyaz Eşya
- Elektrik-Elektronik uygulamaları ve parçaları
- Bilgisayar ve yedek parçaları
- Spor malzemeleri
- Şişelenmiş İçme Suyu
- Damga ve Posta pulu
- Kargo Zarfları
- Çek karneleri
- Sigorta Poliçeleri
- Tahvil ve Hisse Senetleri
- Kredi ve ATM kartları
- Tapu Belgeleri
- Teminat Mektubu ve İpotek Belgeleri
- Kimlik kartları
- Taşıt Tescilleri
- Araç ruhsatları

- Pasaport ve Vize
  - Güvenlik Dokümanları
  - Üyelik ve Kimlik Kartları
  - Ürün veya Marka Sertifikaları
  - Sertifikalar (diplomalar, transkriptler, vb.)
  - Gizli Belge ve Kıymetli Evraklar
  - Üyelik ve Ödül Belgeleri
  - Uçak, tren, gemi ve otobüs biletleri
  - Yol geçiş biletleri
  - Telefon Kartları
  - Kitap / Ansiklopedi vb.
  - Konser ve gösteri biletleri
  - Kaset / CD / VCD / DVD gibi medya araçları
  - Markalı Giyim Etiket ve Aksesuarları
  - Tekstil ürünleri
- [14,16]

### III.6. IHMA VE HOMAI

Üretilen hologramların kaydı ve takibi, önde gelen üreticilerin 1992 yılında bir araya gelerek kurdukları Uluslararası Hologram Üreticileri Birliği (IHMA) tarafından yapılmaktadır. IHMA, İngilizce “International Hologram Manufacturers Association” anlamına gelen kelimelerin baş harflerinden oluşmaktadır.

Kayıt altına alınan hologramlar sahteciliğe karşı dünya çapında koruma ve denetim altında tutulmaktadır. Ayrıca, üretilen ve kayda geçirilen her hologram için IHMA tarafından sertifika verilir. [5,15]

HOMAI, Hindistan Hologram Üreticileri Birliği anlamına gelen, İngilizce “Hologram Manufacturers Association of India” kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. HOMAI 1998 yılında kurulmuş ve tescillenmiştir. Kâr amaçlı kurulmamıştır. Millî bir kuruluş olup hologramlı imalat (üretim) işiyle uğraşanları bir düzene sokup, bir çatı altında toplamıştır. Sağlıklı bir iş ortamını ve rekabetçi bir çevre oluşmasını en son teknolojiyle sahtecileri yakalamayı ve sanayi alanında büyüyen bir iş hacmi oluşmasını amaçlar. HOMAI üyeleri; HOMAI çalışma kurallarına bağlıdır, telif haklarına riayet ederler, yüksek güvenlik standartlarına uyarlar ve gayri resmi işlerden uzak dururlar. Kanunsuz yollardan çıkar elde etmek isteyenlerin karşısında kendilerinden emin bir şekilde dururlar. [17]

## BÖLÜM IV

### SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Hologram, çok hassas üretim safhalarından geçmektedir. Eğer ürününüzün veya belgenizin güvenliği için hologram istiyorsanız, bunun için öncelikle IHMA'ya üye olan bir distribütörle görüşmeniz gerekecektir. Görüşmeler neticesinde hangi çeşit hologram istediğinizi belirleyip, kurumunuza ait marka tescil belgenizle birlikte kurumunuzun logosunu vermeniz gerekmektedir. Distribütör logonuzun tasarım çalışmalarını yapıp sizin onayınıza sunacaktır. Onaylanan tasarım üretim tesisine mail yolu ile gönderilir. Hologramın üretiminden teslimine kadar geçen süre 30 gündür. Bunun 15-20 günü kalıp hazırlama işlemi içindir. Hologramınız yurtdışında üretilip getiriliyorsa teslimat için gümrükçü ile çalışmanız gerekmektedir.

Aynı firmaya ikinci kez hologram siparişi verecekseniz, hologramın teslimatı için 10 gün yeterlidir. Çünkü daha önce kurumunuz için hazırlanan hologram kalıbına bir müşteri numarası verilerek kalıp sadece sizin için saklanmaktadır.

Hologramlar, fazlasıyla ilgi çekicidir ve göze hitap eder. Holografî, üç boyutlu dünyamızı iki boyutlu ortam üzerine kaydederek hiçbir yardımcı araç kullanılmasına gerek kalmadan çıplak gözle iki boyutlu ortam üzerinde her üç boyutu da görebilmemizi sağlayan yegâne kayıt ve görüntü teknolojisidir. Hologramlar; etiket, laminasyon, sıcak damgalama gibi yollarla hemen her yüzey üzerine uygulanabilir.

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlediği bilinmektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte sahte ürünlerde de artış olmuştur. Hologram baskı, ürünün ya da belgenin, sahtesiyle orijinalini ayırt etmede eşsiz bir çözümdür. Çünkü hologramların taranması, fotokopi yoluyla çoğaltılması veya aynısının basılması mümkün değildir. Hologramlar, aynı zamanda uygulandıkları yüzeyden ayrıldıklarında zarar görür, bu da hologramların amaç dışı kullanılmasını engeller.

Dünya Ticaret Örgütü'nün (WTO) yapmış olduğu araştırmalarda, tüm dünyadaki ticaretin % 6'sının korsan ya da taklit olduğu belirtilmiştir. Ancak WTO'da belirtmektedir ki, bu oran sadece resmi kayıtlardır ve bu oranın çok daha

yüksek olduğu bilinen bir gerçektir. Günümüzde, alanında gelişmiş markalar hatta yerel markalar dahi çok ciddi bir tehdit altındadır: “Taklit Ürünler”. Bu markaların öz varlıkları, uzun yıllar süren çaba ve masraflar tehdit edilmekte ve çoğunlukla pazarları haksız rekabet sonucu zayıflamaktadır. Taklit ürünler, orijinal üründe mevcut olmayan defolar içerebildiği için söz konusu ürünlerin marka imajını zedelemektedir. Tüm bunlardan sonra en önemli sonuç ise pazar payının bölünerek satış eğrisinin inişe geçmesi ve var olan haklı kazancın büyük kısmının korsanlar tarafından gasp edilmesidir. [16]

## BÖLÜM V

### DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

1- Holografi çekiminde çok küçük ışık dalgaboyları da kaydedildiği için çok hassas çözümlenmeli filmler kullanılmalıdır.

2- Hologram üretiminde kullanılan ışık eş fazlı, tek dalga boyuna sahip ve üst üste bindirilebilir özellikte olmalıdır. Bu şartları ise lazer ışık sağlamaktadır.

3- Hologram, cisim demeti ile referans demetinin girişimi sonucu oluşmaktadır. Bu demetlerin girişim oluşturabilmesi için aynı fazda olması gerekir. Bu nedenle tek bir lazer ışığı kullanılarak şua bölücü (split-beam) optik cam yardımıyla ışık ikiye ayrılır.

4- Hologram yapımında kullanılan oda steril olmalı, duvarları ışık sızdırmayacak şekilde siyah boya ile boyanmalıdır.

5- Holografi çekiminde kullanılan optik parçalar ve malzemeler masa üzerine yerleştirilmektedir. Bu nedenle masanın titreşimi engelleyecek şekilde izole edilmesi ve sert bir zemin üzerine yerleştirilmesi gerekir.

6- Holografi çekiminde yürümek, zıplamak, bağırarak gibi hareketlerde oluşan titreşimler girişim saçaklarının yani görüntünün bulanıklaşmasına neden olur. Bu nedenle titreşim oluşturacak faktörler ortadan kaldırılmalıdır.

7- Hologram üretiminde kullanılan optik parçaları masa üzerinde taşıyan, ağaç veya alüminyumdan yapılmış olan malzemelere optik rakorlar denir. Bu rakorların ışık yansımalarını önlemesi için siyaha boyanmaları gerekmektedir.

8- Hologramlar görsel imaj sağlamanın yanında özellikle güvenlik amaçlı kullanılmaktadır. Ürünün imajını korumak, sahtesi ile orijinali ayırt edebilmek için hologram kullanılmalıdır.

9- Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte sahtecilik de artmıştır. Buna paralel olarak yeni hologram çeşitleri üretilmiş ve bu çeşitlere ek güvenlik özellikleri de kazandırılmıştır.

10- Hologram üretim tesislerinde güvenilir insanlarla çalışılmalı ve bilgiler güvenlik açısından dışarıya sızdırılmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Yazgan, B.; Akyel, C.: *Holografi Ve Mühendislikte Uygulama Alanları*, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, Türkiye, (1978) 1-4
- [2] Ekşi, A.: “Endüstriyel Laser Ve Uygulaması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (1988) 1-46
- [3] Ozansoy, A.: Girişim Ve Kırınım, Ankara Üniversitesi Fizik Bölümü (2008) 1-5  
80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/aozansoy/girisim.pdf  
(10.12.2008)
- [4] Işık Ve Renk, Ünite 11  
[www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/EHSM/1221/unite11.pdf](http://www.aof.anadolu.edu.tr/kitap/EHSM/1221/unite11.pdf)  
(12.01.2009)
- [5] Camgöz, M.: “Hologram Baskı Tekniğinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (1998) 1-47
- [6] <http://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1r%C4%B1n%C4%B1m>  
(01.03.2009)
- [7] Polat, O.; Konya, S.: “Girişim Ve Kırınım”, Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği, Ankara, Türkiye, (2004) 1-3  
<http://www.google.com.tr/search?hl=tr&q=k%C4%B1r%C4%B1n%C4%B1m&meta=> (11.03.2009)
- [8] Yıldız, Y.: “Tek Fant Difraksiyonu”, Fizik III Difraksiyon Raporu, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü, 1-4  
[http://www.fizikmetu.com/fizik/soru\\_bankasi/KIRINIM.doc](http://www.fizikmetu.com/fizik/soru_bankasi/KIRINIM.doc)  
(11.03.2009)
- [9] [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/index.php?kategori\\_id=9&soru\\_id=248](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/index.php?kategori_id=9&soru_id=248) (09.03.2009)
- [10] Şeker, N.: “Katkılı Polimerde Laser Işığının Saçılması Yardımı İle Hedef Ve Performans Tespiti”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2002) 10-19
- [11] Tabakoğlu Ö., Bozkulak Ö.: “Laserler” Boğaziçi Ö.; Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü Bülten, Biyomedikal Kılavuz  
[www.bme.boun.edu.tr/bulten/kilavuz/laserler.pdf](http://www.bme.boun.edu.tr/bulten/kilavuz/laserler.pdf) (10.02.2009)

- [12] <http://www.sorucevap.com/ismeslek/sektorel/elektrik-elektronik/ders.asp?208737> (07.04.2009)
- [13] Özgan, M.: “Hologram Baskı Hazırlama Aşamaları”, Matbaa Üretim Yöntemleri Ve Planlanması Ders Ödevi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2006) 2-5
- [14] <http://www.hologram.com.tr/html/turleri.html>  
(18.02.2009)
- [15] <http://www.bephologram.com/uretim.asp>  
(11.11.2008)
- [16] <http://mthologram.com/hologram.htm>  
(07.06.2008)
- [17] <http://www.homai.org/about-homai-2007/hologram-types-and-ranges.html>  
(10.04.2009)
- [18] <http://www.mtmpazarlama.com.tr/hologram.html>  
(18.02.2009)
- [19] <http://www.akbmatbaa.com/hologramterimleri.html>  
(01.12.2008)
- [20] <http://www.holomall.com/why%20hologram.htm#D>  
(07.06.2008)
- [21] <http://www.hologramexpert.com/Hologram%20Product%20Photo.htm>  
(16.02.2009)
- [22] <http://www.hologramsolution.com/Hologram.htm>  
(18.02.2009)
- [23] <http://simple.wikipedia.org/wiki/Holography>  
(18.02.2009)
- [24] Yılmaz, N.: *Kişisel Görüşme*, (Bep Hologram), (2008)
- [25] Kıralı, F.: *Kişisel Görüşme*, (Kıralı Tanıtım Hiz. İç Ve Dış Tic.), (2009)
- [26] ?, İ.: *Kişisel Görüşme*, (Tempo Matbaası), (2009)
- [27] Baş, A.B.: *Kişisel Görüşme*, (Osmanlı Ambalaj San.Tic.Ltd.Şti.), (2009)
- [28] Utkan F.: *Ambalaj Bülteni*, Şan Ofset, İstanbul, Türkiye, ( Ekim 2006) 56-58
- [29] <http://www.hlhologram.com/Hologram.htm>  
(16.11.2008)

## ÖZGEÇMİŞ

15.07.1978 tarihinde Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kayseri’de, lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2002 yılında Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Matbaa Eğitimi Bölümü’ne kayıt yaptırdı. 2003 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Matbaa Eğitimi Bölümü’ne yatay geçiş yaptı. 2006 yılında Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Matbaa Eğitimi Bölümü’nde birincilik derecesiyle lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matbaa Eğitimi Yüksek Lisans Programına girerek lisansüstü eğitimine başladı.