

Sanayide Lazer Uygulamaları ve Güvenliği



Prof. Dr. Elif Kaçar
Kocaeli Üniversitesi

Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi

elifk@kocaeli.edu.tr

<http://latarum.kocaeli.edu.tr/>

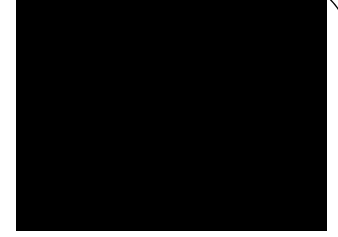


Sanayide Lazer Uygulamaları ve Güvenliği

SUNU PLANI

- Lazer Nedir ? Nasıl alışır?
- Sanayide Lazer Uygulamaları
- Lazerle alıřma Güvenliği

Lazer nedir? Nasıl çalışır?



Light **A**mplification **S**timulated **E**mission **R**adiation

LASER

Uyarılmış Işıma ile Kuvvetlendirilmiş Işık

TARİHÇE

1917: Albert Einstein (uyarılmış ışımının varlığı öne sürdü)

1953: Charles Hard Townes Arthur Leonard Schawlow Alexander Prokhorov,
Nikolai G. Basov, Joseph Weber (MASER: mikrodalga bölgesinde geliştirilen lazer)

1960: Theodore H. Maiman (ilk Yakut LAZER'i yaptı - Hughes Laboratuarları)

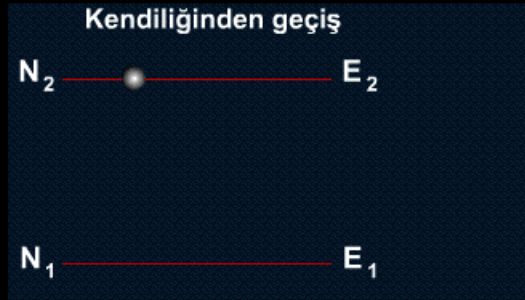
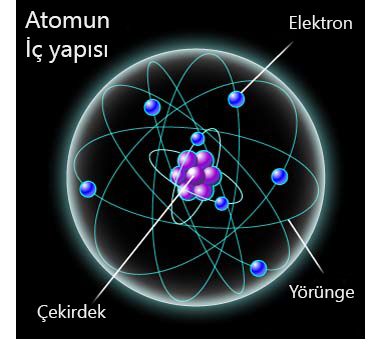
Günümüze kadar farklı özelliklere sahip, çok çeşitli lazerler ÜRETİLDİ !

Lazer nedir? Nasıl çalışır?

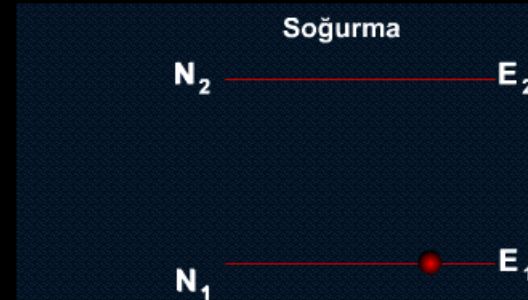
Light **A**mplification **S**timulated **E**mission **R**adiation

LASER

Uyarılmış Işıma ile Kuvvetlendirilmiş Işık



Atomun kararlılığının korunması için çekirdek elektronu merkeze doğru çeker. Bu durum Coulomb Kuvvetiyle ifade edilir.



Dışardan gelen $h\nu$ enerjili foton elektronu üst seviyeye çıkarır. Bu durum elektronun fotonu soğurmasıyla olur.

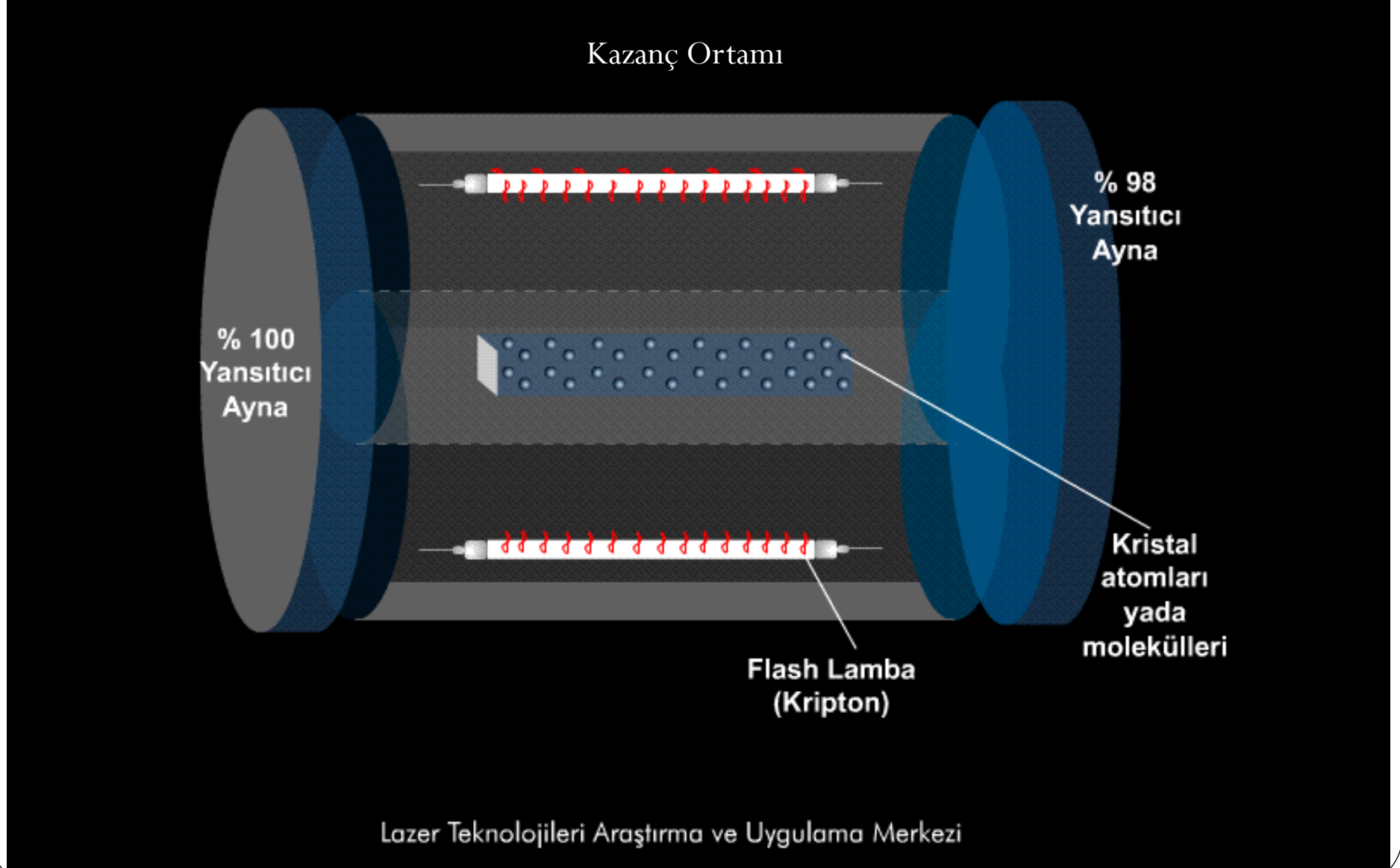


Dışardan gelen $h\nu$ enerjili foton uyarılmış seviyedeki elektrona çarparak aynı enerjili bir foton daha yayılmasını sağlar. Sonuçta $h\nu$ enerjisine dahil iki foton yayılır.

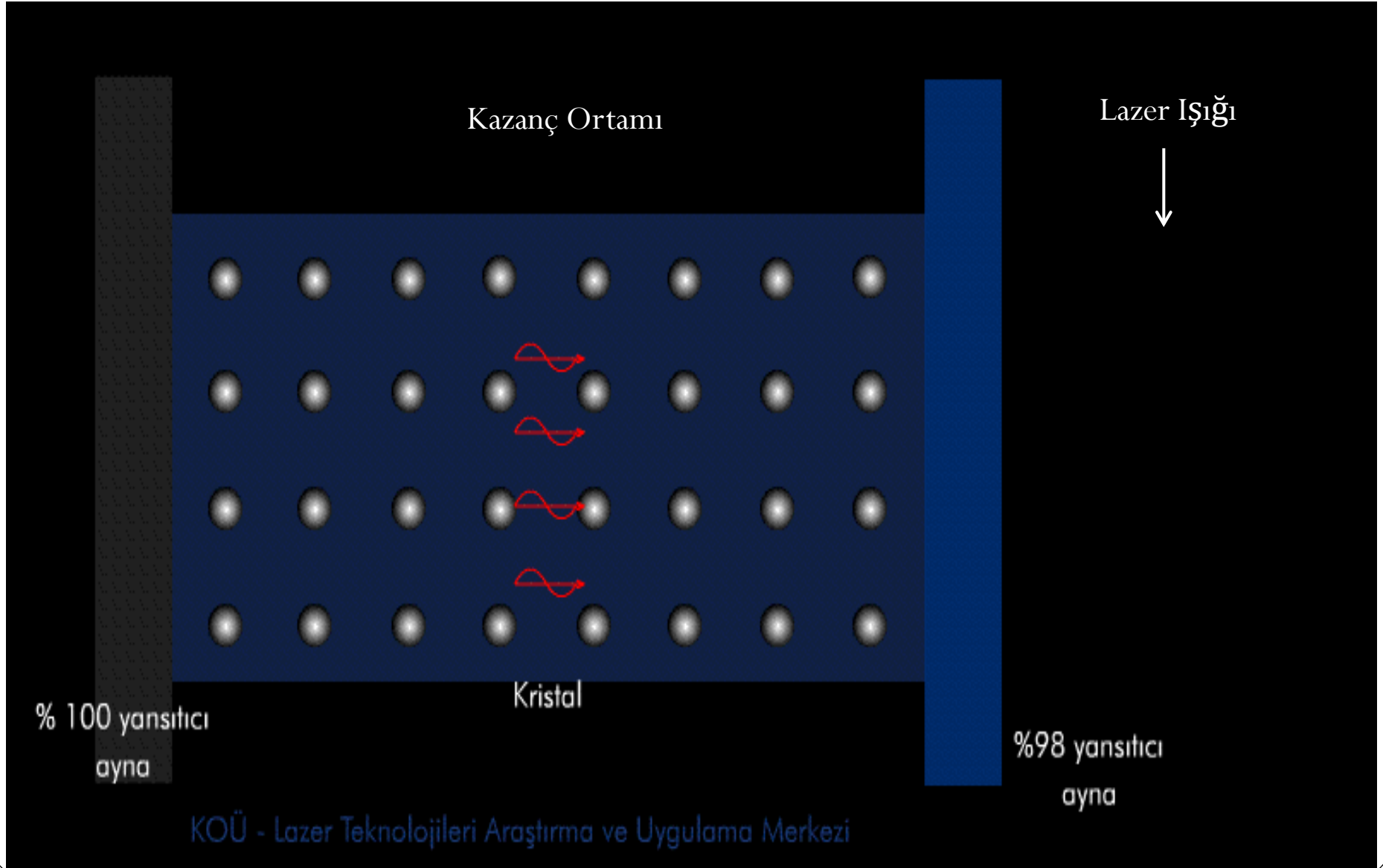


Albert Einstein
(1916)

Lazer nedir? Nasıl çalışır?

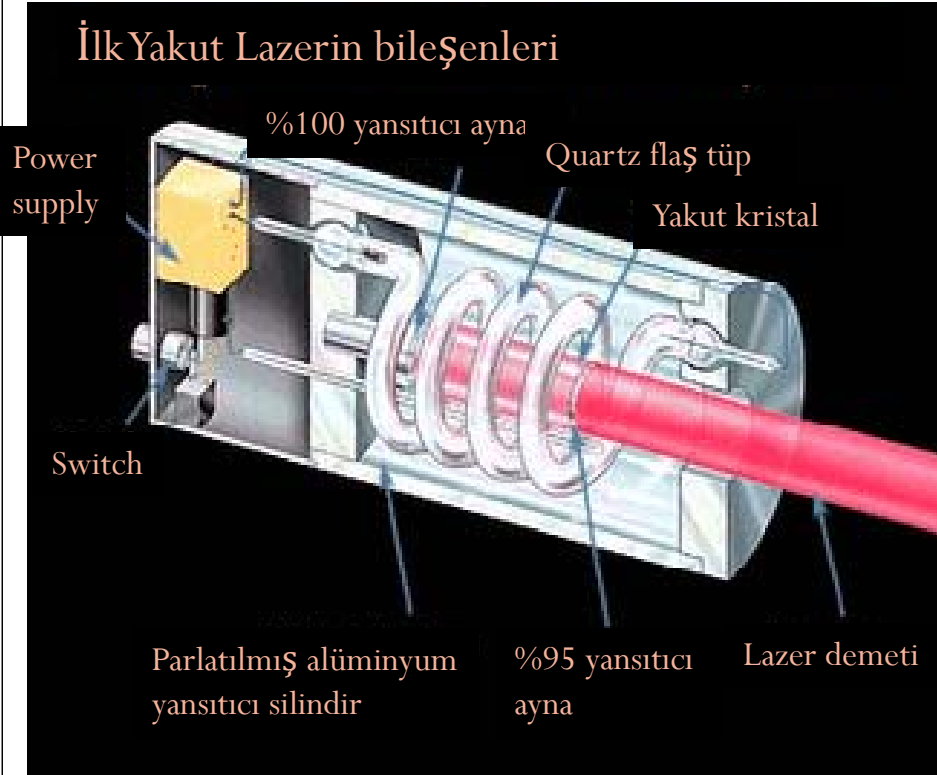


Lazer nedir? Nasıl çalışır?

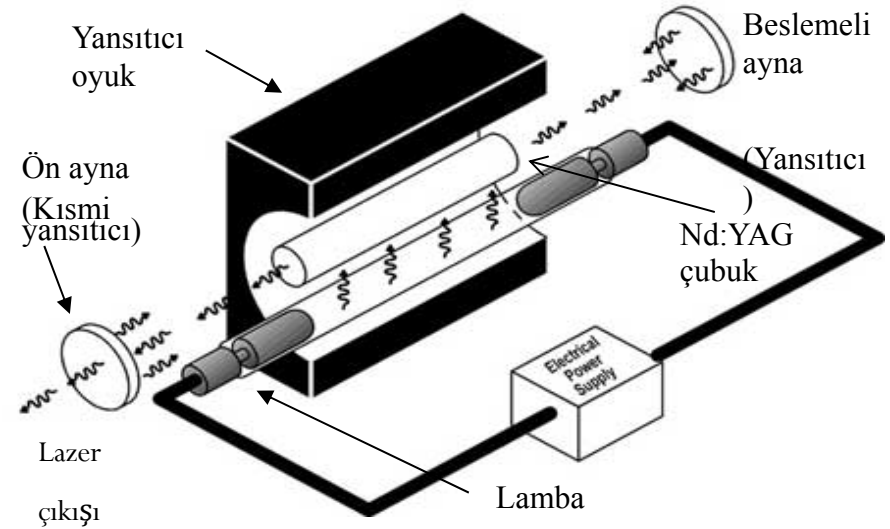


Lazer nedir? Nasıl çalışır?

İlk Yakut Lazerin bileşenleri



**İlk üretilen YAKUT LAZER:
1960 – T. Maiman**



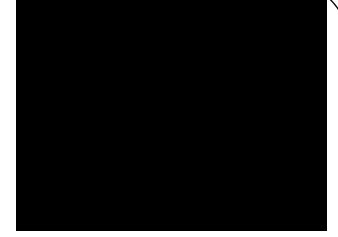
YAG Rod 8*185



The Copyright of This Picture Belongs to MASTER LASER™

Nd-YAG LAZER:
Neodyum katkılı
Yitrium-
Aluminyum-
Garnet ortama
sahip bir katı hal
lazeridir.

Lazer nedir? Nasıl çalışır?



ÖZELLİKLERİ

- YÖNELİMLİ (Directional)
- TEK RENKLİLİK (Monochromatic)
- UYUMLULUK (Coherent)

Normal bir ışık kaynağına göre;

- Dar bir frekans dağılıma sahiptir
- Daha yüksek şiddete sahiptir
- Paralleleştirme (yönlendirme) derecesi çok büyüktür
- Çok daha kısa atım süresine sahiptir

Araba Farı



Güneş



Lazer



Lazer nedir? Nasıl çalışır?

LAZER ÇEŞİTLERİ (Kazanç Ortamlarına Göre)

Gaz Lazerleri

•Atom Lazerleri

Helyum-Neon Lazeri

•Molekül Lazerleri

CO₂ Lazeri

Nitrojen Lazeri

Uzak kızıl-altı Lazeri

Excimer Lazeri

•İyon Lazerleri

Argon İyon Lazeri

Kripton İyon Lazeri

•Metal Buharı Lazerleri

Bakır Buharı Lazeri

Altın Buharı Lazeri

Sıvı Lazerleri

- Boya Lazerleri

Diğer Lazerler

- X-Işını Lazerler
- Serbest Elektron Lazerleri
- Fiber Lazerler**

Katı-hal Lazerleri

Yakut Lazeri

Nd-YAG Lazer

Ti-Safir Lazeri

Yarı-İletken Lazerler

Diyot Lazeri

Lazer nedir? Nasıl çalışır?

LAZER ÇEŞİTLERİ (Lazer Işıma Süresine Göre)

Sürekli Dalgaboylu (CW)

Tek atımlı (Normal Mod)

Tek Atımlı (Q-Anahtarlama)

Mod Kilitlemeli Lazerler

Güç aralığı mili-watt (10^{-3}) daha küçük - 10^{12} W, peta-watt 10^{15} W ,

Dalgaboyu aralığı 10^{11} – 10^{17} Hz frekansına bağlı olarak mikrodalgadan x-ışını spektral bölge arasındadır.

Atım enerjisi Mega Joule (10^6 J) kadar yüksek olan lazerler vardır [LLNL].

Atım süresi Atto saniye (10^{-18} s) kadar küçük olabilir.

DELME, KESME, KAYNAK, MARKALAMA, İŞLEME, KAPLAMA



Lazer nedir? Nasıl çalışır?

DALGABOYU BÖLGELERİ



Mikrodalga - Kelebekler

Uzak kızılötesi: 10 - 1000 μm ;

Orta kızılötesi: 1 - 10 μm ;

Yakın kızılötesi: 0.7 - 1 μm ;

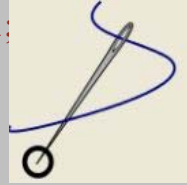
Görünür: 0.4 - 0.7 μm , veya 400 - 700 nm

Morötesi: 0.2 - 0.4 μm , veya 200 - 400 nm;

Vakum morötesi: 0.1 - 0.2 μm , veya 100 - 200 nm;

Sınır morötesi: 10 - 100 nm;

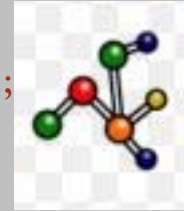
Yumuşak x-ışını: 1 nm - yaklaşık 20-30 nm'ye (bazıları EUV ile üst üste gelir)



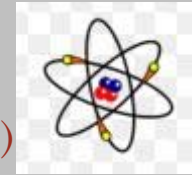
İğne ucu



Tek hücreliler



Moleküller

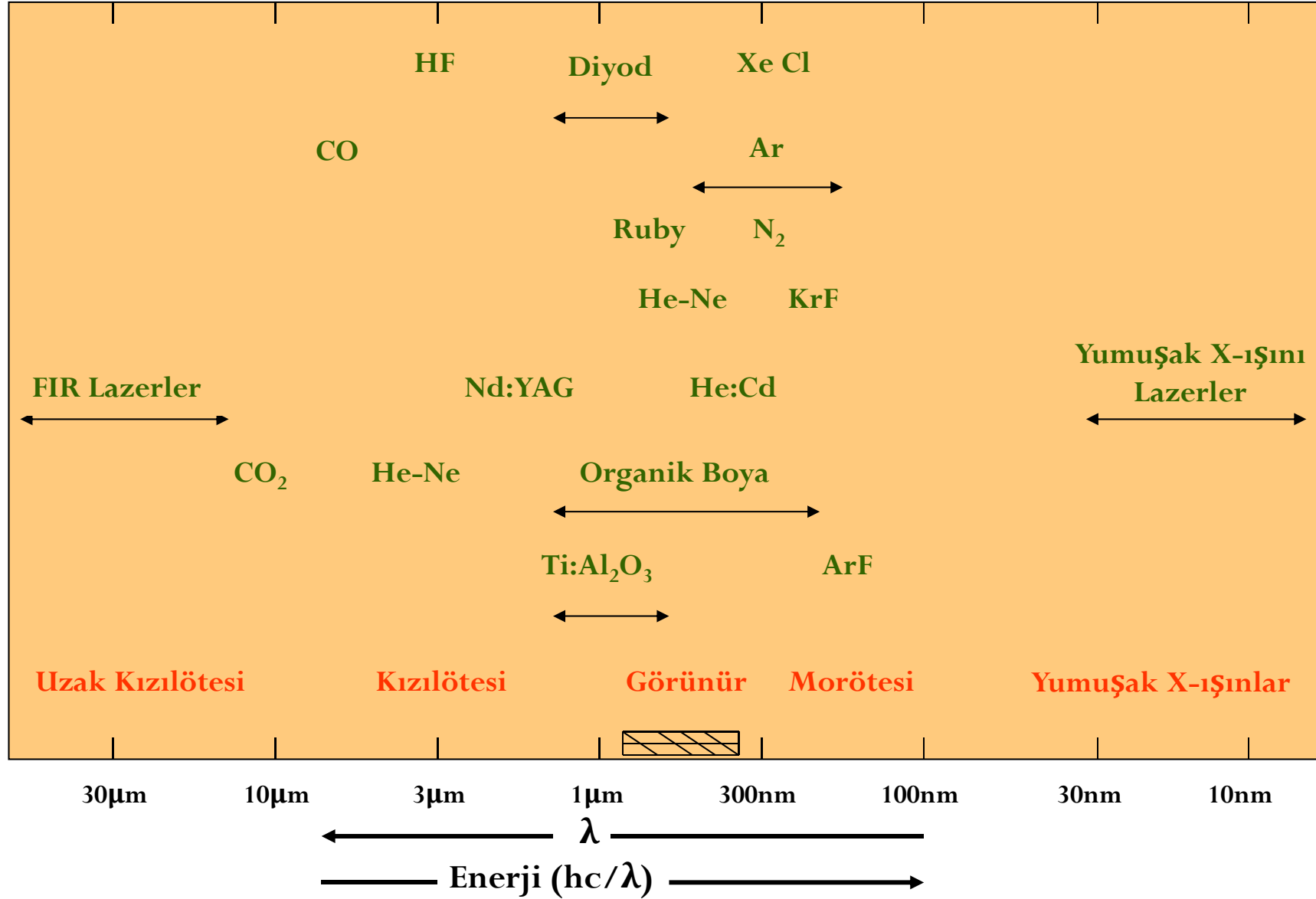


Atomlar

Gama ışını - Atom çekirdeği



Lazer nedir? Nasıl çalışır?



Sanayide Lazer Uygulamaları

LAZER'İN UYGULAMA ALANLARI

Tıpta
Malzeme işleme
Askeri Alanda
Telekomünikasyonda
Litografi
Uzay Teknolojilerinde
Gösteri ve Eğlence
Sektöründe



LAZERLE MALZEME İŞLEME

Lazerle Delme
Lazerle Kesme,
Lazerle Kaynak,
Lazerle aşındırma
(yüzey işleme, sertleştirme,
markalama,
fonksiyonelleştirme)

LAZERLE İŞARETLEME

Lazerle Mesafe ölçme

LAZERLE MALZEME ANALİZİ

Lazerle Oluşturulan Plazma
Spektroskopisi

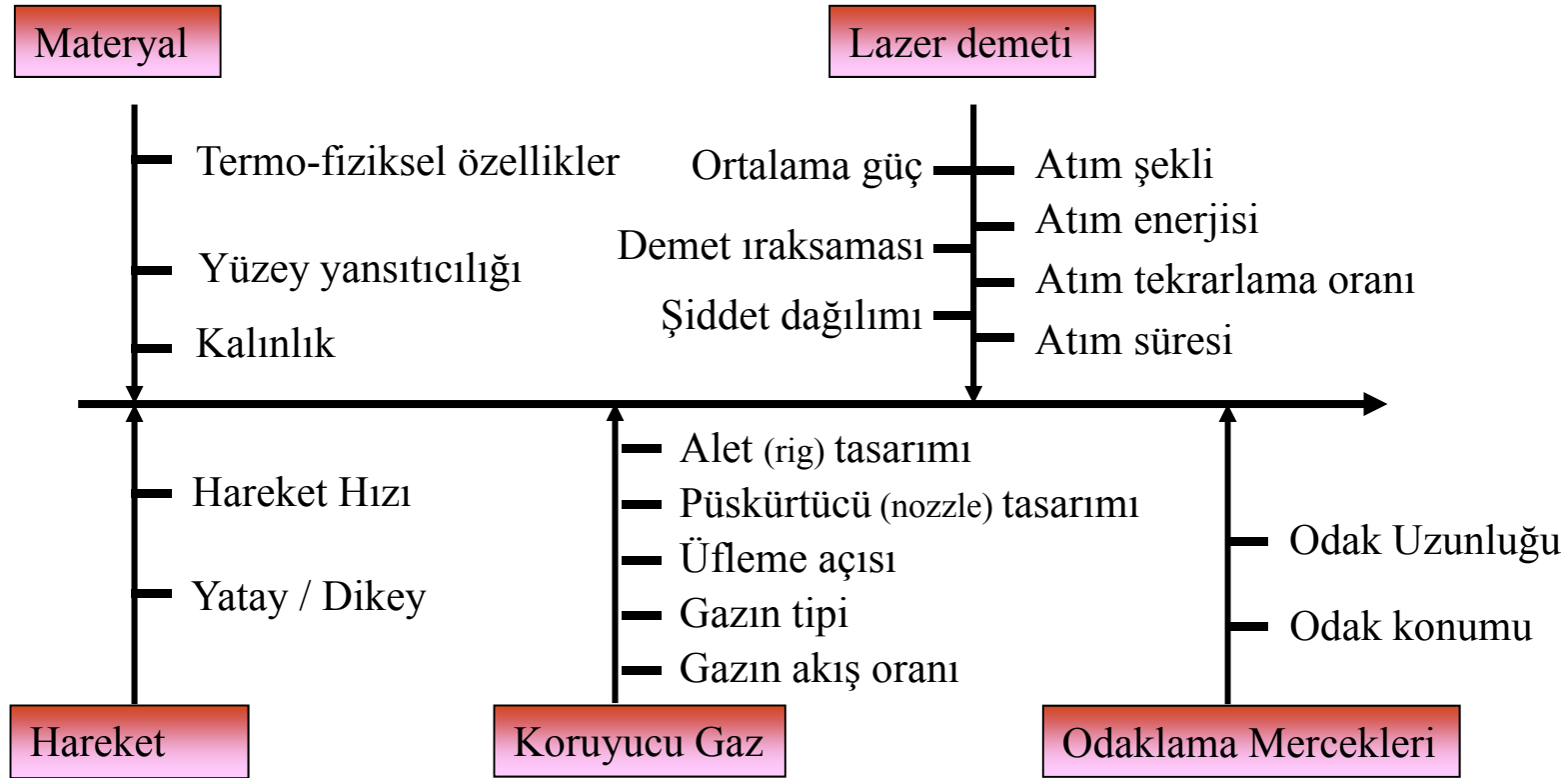
LAZERLE SİNERLEME

-Lazerle 3 Boyutlu malzeme
üretimi

ATIMLI LAZERLE DEPOLAMA

Sanayide Lazer Uygulamaları

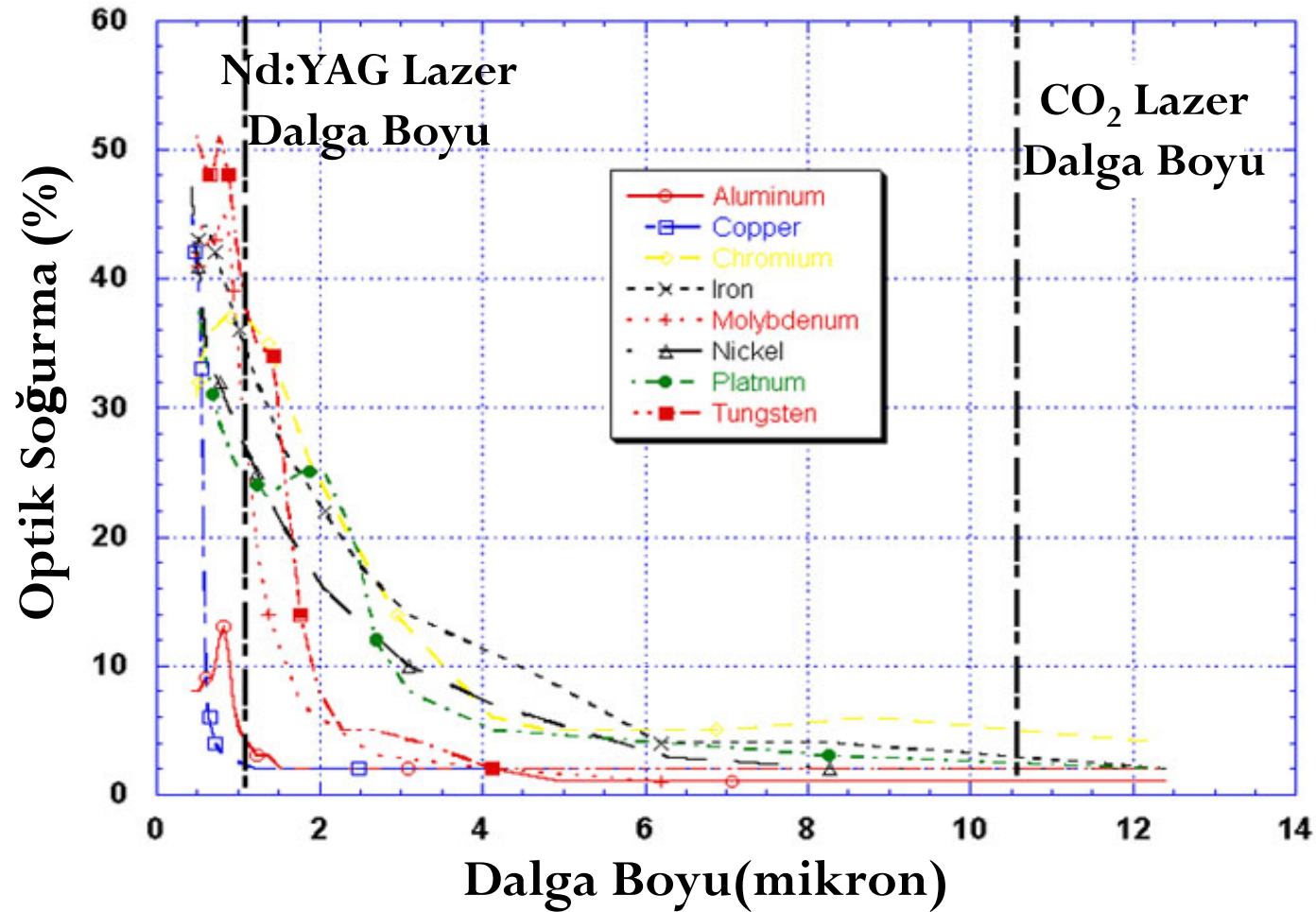
LAZERLE MALZEME İŞLEME – PARAMETRELER ???



Sanayide Lazer Uygulamaları

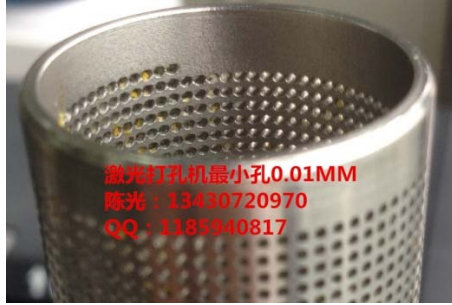
Nd:YAG lazerlerin metal yüzeyler tarafından soğurulması CO₂ lazerden daha iyidir.

Optik soğurmanın dalga boyunun fonksiyonu olarak değişimi



Sanayide Lazer Uygulamaları

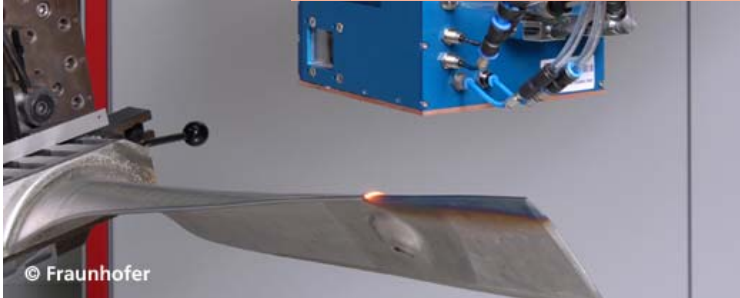
Lazerle Delme



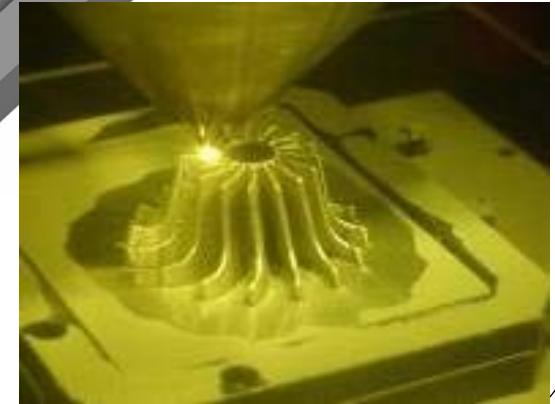
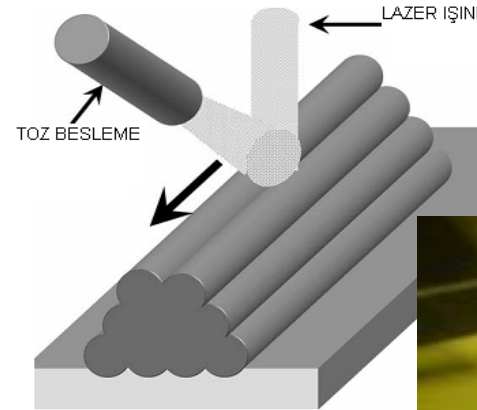
Lazerle Kaynak



Lazerle Yüzey Sertleştirme



Lazerle 3B Sinterleme



Sanayide Lazer Uygulamaları

Lazerin Sanayideki Pazarı – 2015

2013 yılı ile karşılaştırıldığında, 2014 yılında dünya genelinde lazer satışları %6 büyüdü ve 9,203 milyar dolara ulaştı. Tahminlere göre de 2015 yılında da %6 artış ile 9,754 milyar dolara ulaşması beklenmektedir.

İletişim ve optik depolama pazarı lazer sanayisinde en büyük yeri kaplar, ardından **malzeme işleme ve litografi** lazerleri takip eder. Ve 2014 için **tıp ve estetik** lazer satışları ise **Ar-Ge ve askeri** alandan önce gelir.

Lazerlerin Uygulama alanlarının dağılımı



<http://www.strategies-u.com/index.html>

Source:

Strategies Unlimited

Sanayide Lazer Uygulamaları

Malzeme İşleme ve Litografi - Lazer Harcamaları

•2014'te imalatta kullanılan endüstriyel lazerler için toplam market 2013 satışlarına göre % 6 artış gösterdi ve 2,6 milyar dolara ulaştı.

* 2014'te malzeme işleme uygulamalarında kullanılan fiber lazerler global lazer marketin toplam harcamalarının %29'unu oluşturur . Açıkça görülür ki fiber lazerlerin büyümesi devam etmektedir,

Endüstriyel Lazer Harcamaları (US\$M)

Lazer Tipi	2013	2014	%	2015	%
CO ₂	863	884	2	877	1
Katı hal	456	444	-3	431	-3
Fiber	841	960	14	1085	13
Diğer	327	343	5	366	7
Total	2487	2631	6	2759	5

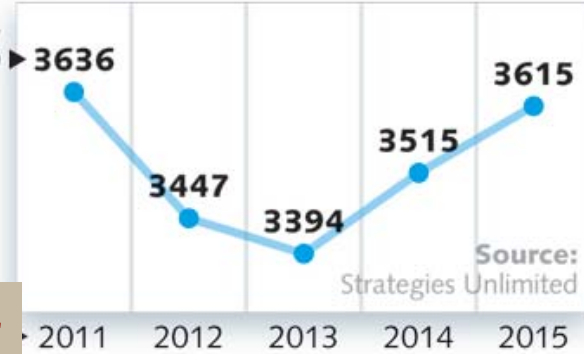
Source: Strategies Unlimited

<http://www.strategies-u.com/index.html>

Sanayide Lazer Uygulamaları

Harcamalar (US\$M)

İletişim ve optik depolama

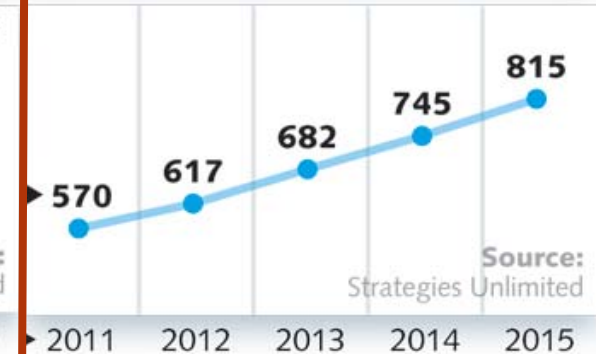


YIL

Malzeme işleme ve Litografi



Tıp ve Estetik



Harcamalar (US\$M)

Enstrümantasyon ve sensörler



YIL

Bilimsel ve Askeri Araştırma



Eğlence ve gösteri



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Tarihçe (Lazerlerin Güvenli Kullanımı)

1960 - Lazer keşfedildi (Hughes Araştırma Laboratuvarları)

- Aynı zamanda diğer birçok laboratuvara derme çatma lazer montajı yapılması ile **tehlikelerinin farkına varıldı !**
- Lazer kullanımı sırasındaki tehlikelere karşı **kontrol önlemlerinin** alınması konusunda Amerika'daki büyük şirketler ve hükümet uzmanları hemfikir oldular !
- Öncelikle **“maximum permissible exposures - MPEs : İzin verilen Azami Maruziyet”** belirlendi ve biyo-etki uzmanları ile birlikte **Lazerler sınıflandırıldı:**

Class I: Tehlikeli olduğu tanılanmadı.

Class II: Görünür dalgaboyları; 0.25 s'den daha uzun süre demete doğrudan bakıldığında zarar verir.

Class IIIa: Çıplak gözle kullanılabilir, fakat geniş demet çaplarında beş kat daha yüksek güce kadar izinli

Class IIIb: Doğrudan göze maruziyette zararlı, sınıfın üst ucunda cilde zararlı

Class IV: Doğrudan göz veya deriye maruziyet zararlı ve yüzeylerden yansıyan ışımalar zararlı olabilir

1968 - Bu sınıflandırma şeması FDA and the ANSI Z136 toplulukları tarafından adapte edildi ve CDRH standardının ilk çalışmaları yapıldı.

(FDA: Yiyecek ve İlaç idaresi, ANSI: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
CDRH: Cihazlar ve Radyolojik sağlık merkezi)

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Tarihçe (Lazerlerin Güvenli Kullanımı)

1973 – “Z136.1 Lazerlerin güvenli kullanımı” için ilk ANSI standardı
(ANSI: American National Standards Institute)

1974 – Uluslar arası Elektroteknik Birliđi tarafından “Lazer ürünlerinin güvenli kullanımı standardı” ilk versiyonu 825 oluşturuldu.

(IEC: The International Electrotechnical Commission)

Bu standart CENELEC (Elektrik Elektronik Standartları) için Avrupa birliği tarafından onaylandı.

1984 - IEC 60825 ilk versiyon basıldı ve 2007’de revize edildi.

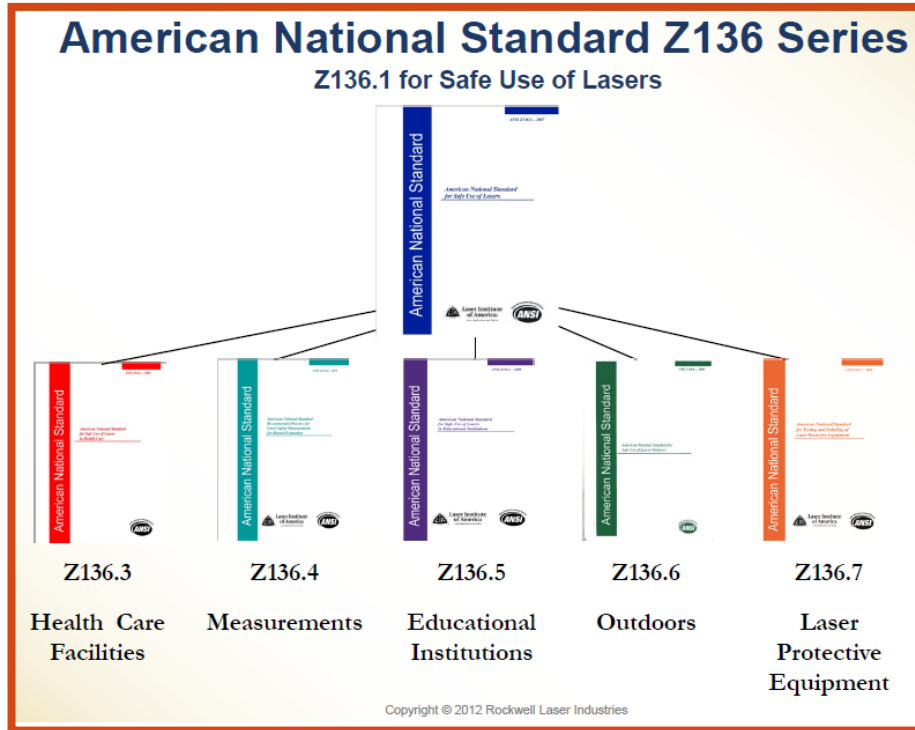
1992 – CDRH (Amerika) ve IEC (Avrupa) standardı arasındaki farklar “Laser Notice 50” adında sanayi için rehber doküman çıkarılarak Avrupa ürünlerinin Amerikada kullanımı kolaylaştırıldı.

1994 - IEC TC 76 standardı oluşturuldu (IEC standartları CIE standartlarına adapte edilerek)
(CIE: Uluslar arası ışık komisyonu)

IEC TC 76 standardı, lazer temelli cihazlar için **ISO 11553** serisi standartların sürdürülebilirliğinden sorumludur. (ISO: Uluslar arası standartlar organizasyonu)

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerlerin Güvenli Kullanımı – 2007 (ilk versiyon 1973)



ANSI Z136.1 Lazerlerin Güvenli Kullanımı

ANSI Z136.2 Fiber optik iletişim sistemlerinde yararlanılan Lazer diyot ve LED kaynaklarının güvenli kullanımı

ANSI Z136.3 Halk sağlığında lazerlerin güvenli kullanımı

ANSI Z136.4 Lazer güvenlik ölçümleri için Önerilen Uygulama

ANSI Z136.5 Eğitim kurumlarında lazerlerin güvenli Kullanımı

ANSI Z136.6 Lazerlerin açık havada güvenli kullanımı

ANSI Z136.7 Lazer koruyucu donanımların test edilmesi ve etiketleme

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerlerin Güvenli Kullanımı – 2012

The Newest Member of the ANSI Z136 Series



ANSI Z136.8 (2012) Safe Use of Lasers in Research, Development or Testing

Copyright © 2012 Rockwell Laser Industries

ANSI Z136.8 - **Araştırma, geliştirme ve test etme** sırasında lazerlerin güvenli kullanımı
ANSI Z136.9 - **İmalat ortamında** lazerlerin güvenli kullanımı
ANSI Z136.10 - **Eğlence ve Gösterilerde** lazerlerin güvenli kullanımı

DRAFT Standards Z136.1 for Safe Use of Lasers



Z136.9

Manufacturing

Z136.10

Entertainment,
Displays &
Exhibitions

Copyright © 2012 Rockwell Laser Industries

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerlerin Güvenli Kullanımı

ANSI Z136.1 – Lazerlerin güvenli kullanımı

Lazer güvenlik standartlarının Z136 serilerinin ana belgesi ve köşe taşıdır; yurt genelinde **sanayi, askeriye, tıp ve eğitim uygulamalarında** lazer güvenlik programlarının temelidir. Yedi lazer tehlike sınıflandırmasının her biri için kontrol tedbirleri tanımlayarak lazerler ve lazer sistemlerinin güvenli kullanımı için rehberlik sağlar.

ANSI Z136.3 – Halk sağlığında lazerlerin güvenli kullanımı

Tüm sağlık hizmeti ortamlarında lazer güvenliği üzerine tanımlayıcı doküman olarak geçerlidir. **Tanısal, kozmetik, koruyucu ve tedavi edici uygulamalar** için lazerlerin güvenli kullanımı için rehberlik sağlar. Bu standart, kurulum, çalıştırma, kalibrasyon ve onarım ile görevli tüm personelin kullanımına yöneliktir. Lazer kullanan **hastaneler, tıp merkezleri, kaplıcalar ve klinikler** için bir zorunluluktur!

ANSI Z136.9 – İmalat ortamında lazerlerin güvenli kullanımı

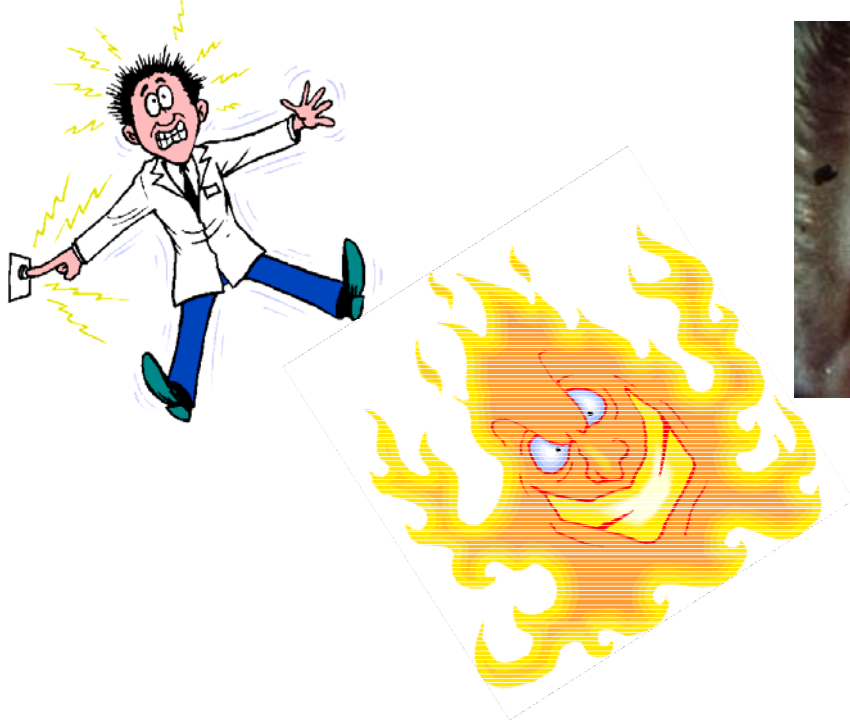
Bu standart, 180 nm ve 1 mm arasında dalga boylarında çalışan lazer sistemlerinin güvenli kullanımı için akılcı ve yeterli bir rehberlik sağlar. “**İmalat ortamında**” kullanılan lazerlere maruz kalma potansiyeli olan bireyleri koruma amacıyla; bu standart **hem kamu hem de özel sektörde lazer güvenliğini** sağlamak için politika ve prosedürleri içerir.

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Işın kaynaklı olmayan tehlikeler

- Lazer sistemi
- Sistemin bulunduğu ortam
- İşlenen malzeme



Işın kaynaklı tehlikeler (Lazer Demetinin Biyolojik Etkileri)

- Göz zedelenmesi
- Deri zedelenmesi



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

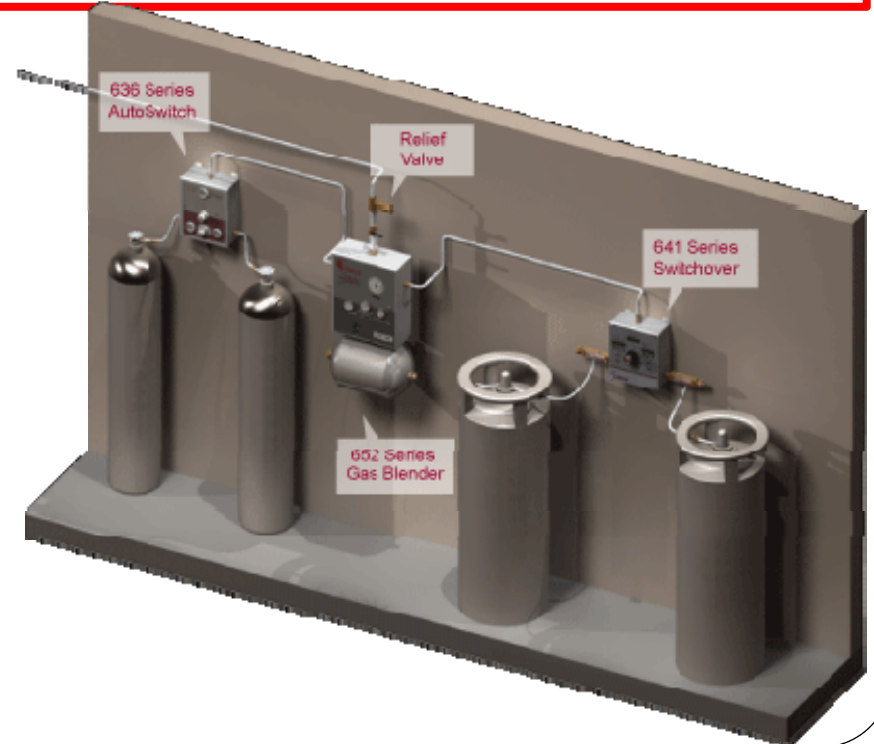
Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Işın kaynaklı olmayan tehlikeler

* Delme, kesme, kazıma gibi işlemler sırasında ortaya çıkabilecek **tehlikeli duman ve buharı** azaltmak için yeterli havalandırma bulunmalıdır !

* Harici gaz kullanılıyorsa, **gaz sızıntılarına karşı** ortam havalandırması yeterli olmalıdır !

* **Basıncılı tüpler devrilmeye karşı** emniyeti alınmış şekilde zincirle sabitlenerek muhafaza edilmelidir !



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Işın kaynaklı olmayan tehlikeler

* Lazer cihazları **elektrik çarpması** tehlikesinden dolayı sadece yetkili kişiler tarafından açılmalıdır !

* **Kurulum, arıza, bakım** gibi koruyucuların de-aktive edildiği durumlarda eğitim almış yetkili teknik kişiler müdahaleyi gerçekleştirmelidir. !

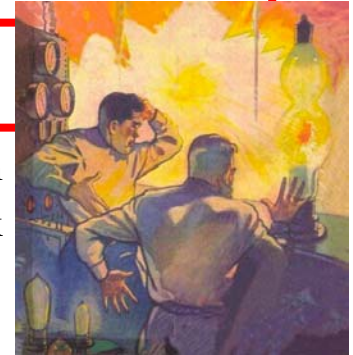


* Yüksek basınçlı ark lambaları, flamanlar, veya lazer kaynak ekipmanları yüksek basınçlara (**lamba patlamaları veya parçalanmalarına** yol açabilecek) dayanabilecek koruyucu hazneler (housing) içerisinde bulundurulmalıdır.

* Lazer işlemi sırasında parçalanabilecek optik elemanlar ve lazer hedefi kapalı olmalıdır.

* **Su soğutma sistemi, filtre** kullanılan lazerlerin periyodik bakımları düzenli olarak yaptırılmalı ve takip edilmelidir. !

* Kullanım esnasında **su sızıntısı veya yağışma** fark edildiğinde; cihaz çalışıyorsa derhal durdurularak kablosu fişten çekilmeli ve teknik servise haber verilmelidir !

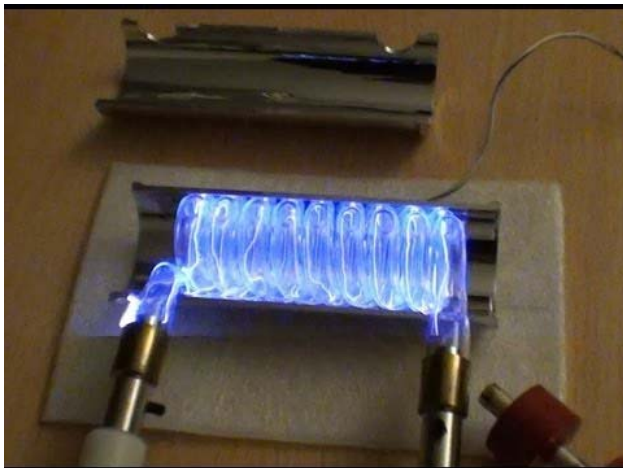


Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Işın kaynaklı olmayan tehlikeler

* Lazer deşarj tüplerinden, pompalama lambalarından ve lazer kaynak plazmalarından yayılacak **Mor ötesi (UV) ışınlarına maruz kalmayı** azaltacak şekilde perdelenmelidir. !



* **Tali Radyasyon:** Lazer ışınması dışında lazer ya da lazer sisteminin çalışması sırasında ortaya çıkar (bazı plazma tüpleri ile ilişkili **Radyo Frekans (RF)** enerjisi, yüksek voltaj ile ilişkili **x-ışını**) Bu ışınlar, kabul edilebilir değerlerin altında tutulmalıdır !

* Özellikle **IV sınıf lazerlerin kasası, odaklanmış IIB sınıfı lazerlerin sınırları,** kapatılan malzemeler 10 W/cm^2 üzerinde şiddete maruz kaldıklarında potansiyel **yangın tehlikesi** oluştururlar. Plastik malzemelerin kasa malzemesi olarak kullanımı engellemiştir değildir, ancak doğrudan maruz kalma durumlarında yanma ve zehirli duman çıkarma potansiyeline sahiptir. Alev almaz malzemeler kullanılmalıdır.



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

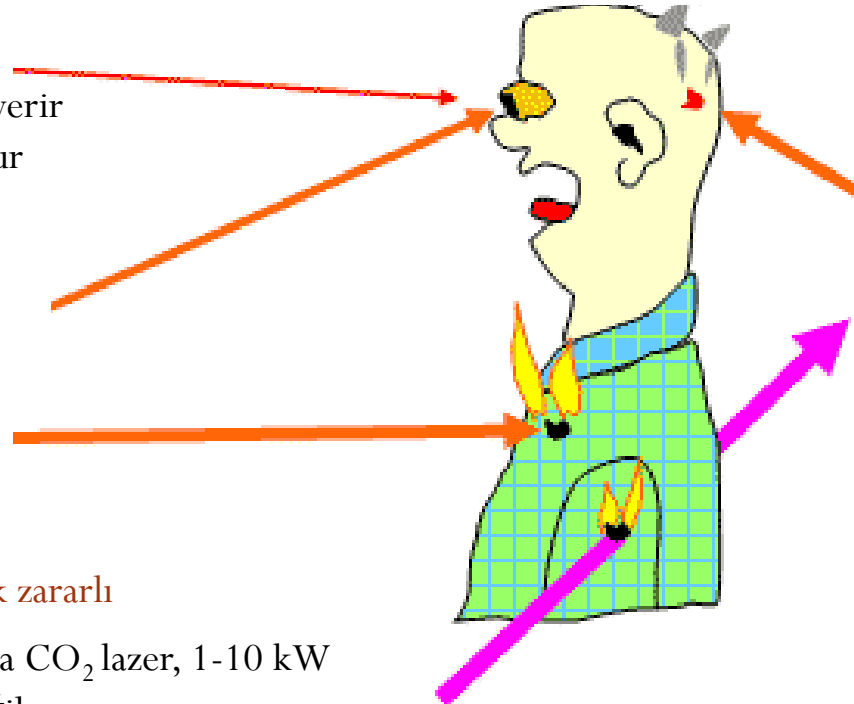
Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Işın kaynaklı tehlikeler (Lazer Demetinin Biyolojik Etkileri)



Lazer ışınları **göz veya deri** yoluyla soğurulduğunda, dokuların kimyasal dengesini bozabilir, dokuda sıcaklık artmasına bağlı deformasyonlara sebep olabilir.

- Lazer pointer, 3 mW
Oldukça parlak: retinaya hızlıca zarar verir
Fakat: göz kırpma refleksi yardımcı olur
- Küçük Nd:YAG Lazer, 100 mW
Görünmez – göz kırpma refleksi YOK
- Göz için çok zararlı
- Büyük Nd:YAG Lazer, 10 W
Deri ve elbiseleri yakar
- Küçük Nd:YAG Q-anahtarlı atımlar
Küçük bir ortalama çıkış gücü bile çok zararlı
- Endüstriyel yüksek güçlü Nd:YAG veya CO₂ lazer, 1-10 kW
Kaynak için, göz ve cilt için yararlı değil

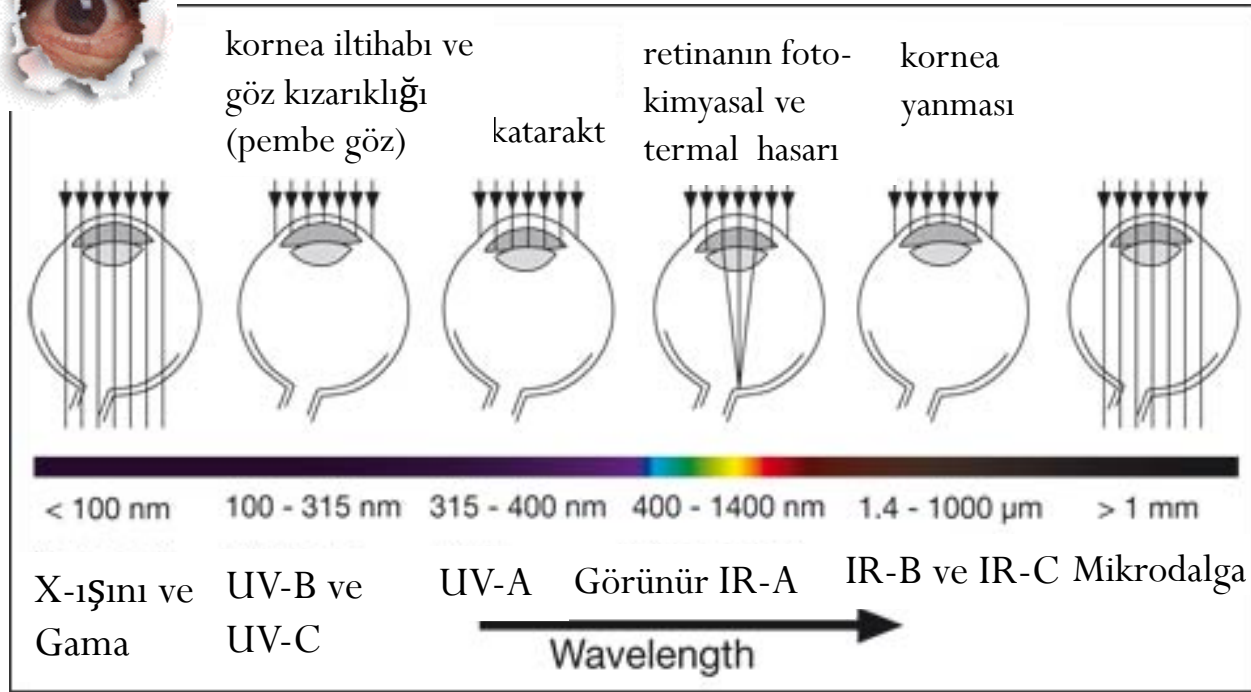


Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Işın kaynaklı tehlikeler

(Lazer Demetinin Biyolojik Etkileri)



Lazer ışımaya en hassas olan organ: **GÖZ**

En çok etkilenen bölgeler: **kornea, mercek, ve retina**

Zararın derecesi: **Lazerin dalgaboyu, gücü Gözbebeği büyüklüğü**

Retina zararı – Körlük
Lazer yanığı – baş ağrısı, gözlerin aşırı sulanması görme alanında uçuşan noktalar
Küçük kornea yanıkları – göze yabancı cisim kaçmış hissi

Lazer retina yaralanması çok ciddidir, çünkü gözün odak büyütmesi (optik kazanç) yaklaşık 100,000 kattır. Bunun anlamı, göze uygulanan 1 mW/cm^2 şiddeti retinada 100 W/cm^2 ye ulaşır !!

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Deri yoluyla soğurulan ışınlar **yanıklara** sebep olabilir. Işının dalga boyuna göre deride farklı tabaka seviyelerinde soğurulur.

Lazerin **çeşidi**, **çıkış gücü** ve **maruziyet süresine** göre zarar verme derecesi değişebilir.

Işın kaynaklı tehlikeler (Lazer Demetinin Biyolojik Etkileri)

Foto-biyolojik Spektral bölgesi	GÖZ	DERİ
Mor öresi C (200 nm – 280 nm)	Foto - Kornea iltihabı	Kızartı (güneş yanığı), Deri kanseri Hızlandırılmış deri yaşlanması
Mor öresi B (280 nm – 315 nm)	Foto - Kornea iltihabı	Renk değişiminde artış
Mor öresi A (315 nm – 400 nm)	Fotokimyasal katarakt	Pigment kararması, Deri yanması
Görünür (400 nm – 780 nm)	Fotokimyasal ve termal retina hasarı	Pigment koyulaşması Işığa duyarlı reaksiyonlar Deri yanması
Kızılaltı A (780 nm – 1400 nm)	Katarakt ve retinal yanma	Deri yanması
Kızılaltı B (1.4 mm – 3.0 mm)	Kornea yanması, sulu flare, katarakt	Deri yanması
Kızılaltı AC(3.0 mm – 1000 mm)	Kornea yanması	Deri yanması

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Tehlike Sınıfı	USA: FDA / CDRH (ANSI Z136.1)	IEC 60825
Sınıf 1	Göze veya deriye zarar vermez . Kapalı sistemlerdeki kullanılan lazerlerdir	
Sınıf 1M	TANIMSIZ	Odaklama optikleri ile kullanılmadığı sürece, göze ve deriye bir zararı yok
Sınıf 2A	Görüntülemeye yönelik olmayan Görünür lazerlerdir. Zararsızdır (Maksimum 1000 saniye)	TANIMSIZ
Sınıf 2	Görünür Lazerdir .Göz refleksi korumaya yeterlidir. 0.25 saniye kadar maruziyette zararsızdır. < 1mW	
Sınıf 2M	TANIMSIZ	Odaklama optikleri ile kullanılmadığı sürece 0.25 saniyeye kadar maruziyette zararı yoktur.
Sınıf 3A	Görünür Lazerdir. Odaklama optikleri ile kullanılmadığı sürece Sınıf 2'de olduğu gibidir .	TANIMSIZ
Sınıf 3R	TANIMSIZ	Sınıf 3A yerine geçer. Odaklanmadığı sürece tehlikeli değildir (1 - 5 mW) Görünür (5 x Sınıf 2) Görünmez (5 x Sınıf 1)
Sınıf 3B	Orta – güçlü lazerler 5 - 500 mW (görünür veya görünmez) / Korumasız bakıldığında göze zarar verir . Saçılarak ya da nüfus ederek zarar vermez. / Genellikle deriye zarar vermez. 10 J/cm ²	
Sınıf 4	Yüksek güçlü lazerlerdir(> 500 mW) (görünür veya görünmez) / Demetin kendisi, yansımaları ve saçılmaları göze ve deriye zarar verir. / Işın kaynaklı olmayan tehlike (Yangın tehlikesi,zehirli duman..)	

***Lazer tehlike sınıfları, üreticiler tarafından belirlenir ve sistem/cihaz üzerinde etiketlenir.**

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

UYARI İŞARETLERİ

Sınıf 1 (Class 1)



Lazer Yazıcı

Sınıf 1A (Class 1A)



Süper market lazer tarayıcılarda

Sınıf 2 (Class 2)



Helyum-Neon, Lazer pointer

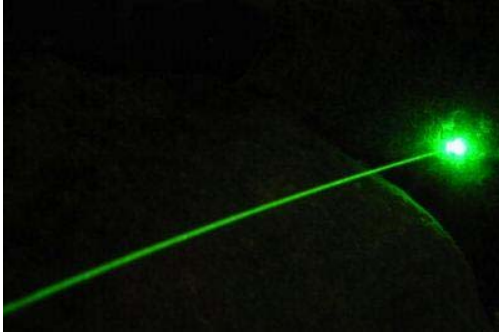
LASER RADIATION
DO NOT VIEW DIRECTLY WITH OPTICAL
INSTRUMENTS
CLASS 1A LASER PRODUCT

CAUTION
DO NOT LOOK DIRECTLY INTO THE LASER BEAM
Eye damage may occur if the laser beam is directed into the
eyes for more than 10 seconds

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

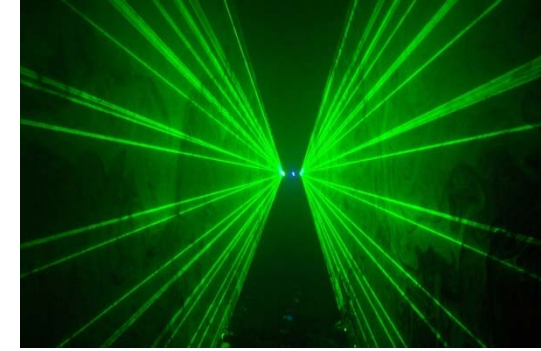
Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

Sınıf 3A (Class 3A)



UYARI İŞARETLERİ

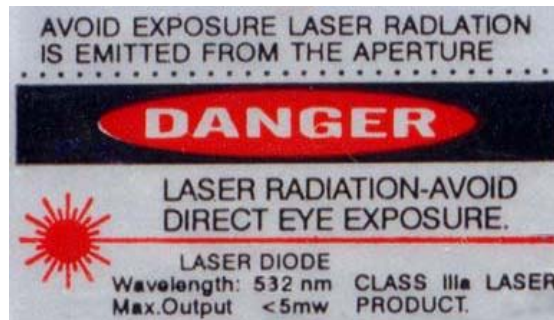
Sınıf 3B (Class 3B)



LASER RADIATION
AVOID DIRECT EYE EXPOSURE
CLASS IIIa LASER PRODUCT



Spektroskopi, Gösteri lazerleri

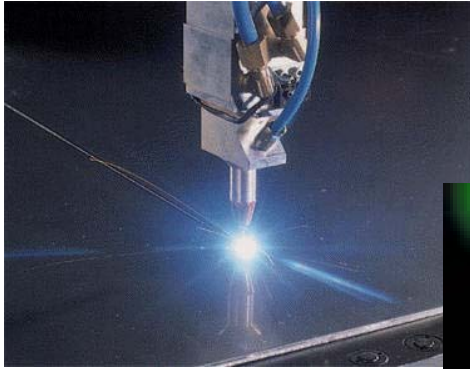


Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

UYARI İŞARETLERİ

Sınıf 4A (Class 4A)



Delme Kesme, kaynak işlemlerinde kullanılan lazerlerdir.

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

GÖZ KORUMA: 3b ve 4 Sınıfı lazer ile çalışırken direkt ve yansıyan ışın demetlerinin maruziyetini azaltmak için koruyucu gözlük takmak gereklidir.

Koruyucu gözlüğün seçimi?

* **Optik Yoğunluk (OD: Optical Density)** Lazere karşı kullanılan koruyucu gözlüklerin belirlenmesinde kullanılır. Belirli bir dalga boyundaki iletim değeridir.

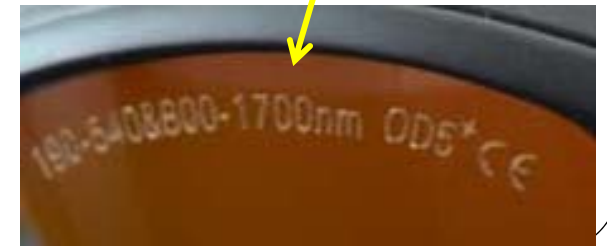
$OD = \log_{10} (1 / T)$ $T: İletim$ $OD = 5$ ise ışının milyonda biri geçer.

* **Lazer çıkışının dalga boyu:** Göze ulaşabilecek ışının dalga boyuna özgü koruma sağlanmalıdır.

* **Çalışma şekli:** Sürekli dalga veya darbeli lazer ışını demeti
Lazerin kullanılacağı ortam şartları

* Yansıyabilecek ışın demetinden oluşabilecek en fazla güç yoğunluğu
Maruziyet süresi

* Rahat ve kullanışlı olması



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

CİLT KORUMA

* Ultraviyole ışın maruziyetleri yanıklara (güneş yanığı etkisi) sebep verebilir ve kanser riskini artırabilir.

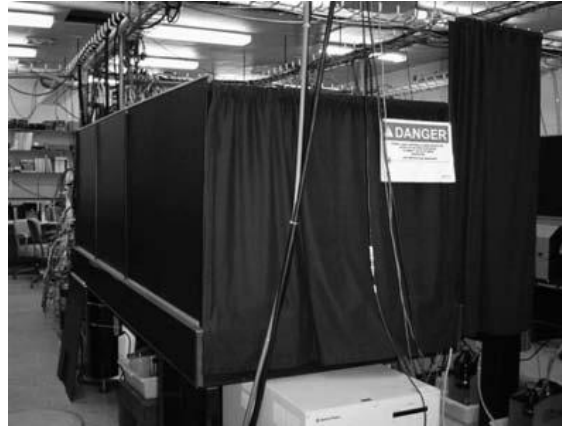
Deri korunması;

- koruyucu perdeler
- yüz koruyucuları
- laboratuvar önlüğü
- eldiven

ile sağlanmalıdır.

*Yüksek enerji gücüne sahip lazer ışın demetleri veya açık sistemlerde çalışma deri için tehlike oluşturabilir.

Deri korunması sağlanmadan çalışılmamalıdır.



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

LAZERLE YAPILAN ÇALIŞMALARDA ALINMASI GEREKEN TEDBİRLER

- * GÖZ ve CİLT maruziyetini önlemek için gerekli tedbirler
- * Genel Emniyet Kuralları
- * Mühendislik Kontrolleri
- * İdari (Administrative) Kontroller
- * Sağlık ve Güvenlik İşaretleri

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

GENEL EMNİYET KURALLARI

- * Lazer ışın demetleri veya **optik yolları** yönü kapıya ve pencereye dönük olmamalıdır. Işın yolları göz seviyesinden aşağıda veya yukarıda konumlandırılmalıdır. Camlar, pencereler opak materyallerle kaplanmalıdır.
- * Gücü ne kadar düşük olursa olsun ışın demetlerinin **göze gelmesinden** her durumda kaçınılmalıdır.
- * Işın demetlerine veya yansımalarına maruz kalmamak için **koruyucu bariyer, zırh** veya **kapalı kabin** sistemler kullanılmalıdır.
- * Lazer cihazı kapalı bir odada çalıştırılıyorsa, **odanın kapısı kapalı** tutulmalı ve kapı üzerine **uyarıcı bir levha** asılmalıdır.
- * Lazerin kullanıldığı odada **ayna** bulunmamalıdır.
- * Çalışmaya başlamadan önce **saat, yüzük, bilezik veya küpe** gibi ışığı yansıtabilecek takı ve aksesuarları çıkarılmalıdır.
- * Sadece gerekli **eğitimi almış yetkili kişiler** tarafından lazer kullanılmalıdır

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

MÜHENDİSLİK KONTROLLERİ

- * Lazerler; zararlı ışınları MPE (İzin verilen azami mazuriyet) seviyesinin altında kalmasını sağlayacak **koruyucu kapalı kabin sistemler** (protective housing) içinde muhafaza edilmelidir.
- * Sınıf 3b ve 4 lazer cihazları koruyucularının **otomatik kilidi** (interlock) olmalıdır. Kapak açılmasına karşı otomatik **lazer kapatma switchli (anahtar)** sisteme sahip olmalıdır.
- * Güvenlik kilidinin devre dışı bırakılması halinde **sesli veya görsel uyarıcı ikaz** sistemleri yapılır.
- * Sınıf 3b ve 4 lazer cihazları lazer ünitesinde **harici anahtar kilit** (master switch) elemanı bulunmalıdır. Anahtar devre dışı bırakıldığında sistem çalıştırılmamaktadır.
- * Yüksek güçlü lazerlerin (Sınıf 3b ve 4) bulunduğu ortamın kapısı veya lazer cihazının kapağı, lazer cihazı çalışırken açılacak olursa, cihazın ürettiği **lazer ışın demetini kesen sisteme** sahip olmalıdır.
- * Sınıf 3b ve 4 lazer cihazlarında çalışma göze zararlı ışın gelmeyecek şekilde yerleştirilmiş **görüş portalından** (viewing portal) izlenmelidir

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

MÜHENDİSLİK KONTROLLERİ

- * Açık ışın demetleriyle yapılan 3b ve 4 sınıfı lazerlerde odaya giren kişilerin zarara uğramaması için kapılar açıldığında **ışını kesen otomatik kilit sistemi** veya girişe **lazer perdesi** kurulmalıdır. Gerektiğinde kapı girişlerine lazerin çalıştığını gösteren **ışıklı görsel tabelalar** konulabilir.
- * Sınıf 2,3 ve 4 lazerlerde ışımaya maruz kalmamak için ışın demetleri kapalı sistem içine alınabilir, **demet durdurucu ve zayıflatıcılar** kullanılabilir.
- * Lazerlerin kapalı sistem içine alınmadığı durumlarda **kontrollü giriş-çıkışlar, koruyucu kapak/paravan/perde, alan kontrolleri, göz koruması, eğitim, prosedürel kontroller** ile güvenlik önlemleri alınmalıdır.
- * Işın demetlerinin kapalı sistem içinde olmadığı durumda **lazer kontrollü alan** oluşturulmalıdır. İzin verilebilir maksimum ışın dozunu aşan alanlarda uygun **uyarı işaretlemesi, yetkili personel girişi ve alan kontrolü** sağlanmalıdır.

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

İDARİ (ADMİISTRATIVE) KONTROLLER

- * Her sınıfa (2,3,4 için) uygun **uyarı işaretleri** laboratuvar kapılarında veya sistemin/cihazın bulunduğu alanda asılı olmalıdır.
- * Lazer sistemi ile ilgili **kurulum, kullanım, bakım ve temizlikle ilgili prosedürler** hazırlanmalıdır.
- * Göz ve cilt koruması için gerekli **kişisel koruyucu donanımlar** giyilmelidir.
- * Lazer odasının **kapısı daima kilitli** tutulmalıdır. Lazer kullanımı yanında başka çalışmaların da yapıldığı ortak laboratuvarlarda alan kişilerin lazer alanından geçmeyeceği şekilde planlanmalıdır.
- * Herhangi bir yaralanmaya veya acil duruma karşı laboratuvarında **tek kişi çalışılmamalıdır.**
- * Çalışmaya başlamadan önce veya bir kaza durumunda **göz muayenesine** gidilmelidir.
- * Öz değerlendirme **kontrol listesi** üzerinden durum analizi yapıp varsa eksiklikler belirlenmelidir.

Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

SAĞLIK VE GÜVENLİK İŞARETLERİ

- * Sınıf 2, 3 ve 4 lazer cihazları **tehlike sınıfını**, **çıkış enerji gücünü** ve **dalgaboyunu** içerecek şekilde lazer kullanılan alanlara, girişlere asılmalı veya cihazların üzerine yapıştırılmalıdır.
- * lazer kullanılan alanın dışına lazerin çalıştığını gösteren “Lazer Devrede” renkli görsel uyarı levhaları



Sanayide Lazerle Çalışma Güvenliği

Lazerle çalışma sırasında olası tehlikeler ve Korunma ?

SAĞLIK VE GÜVENLİK İŞARETLERİ

* Lazer sağlık ve güvenlik işaretleri



TEHLİKE İşaretleri
Aşırı yüksek güçlü veya yüksek atım enerjisine sahip Sınıf 4 lazerl



UYARI İşaretleri
Sınıf 3R, 3B ve çoğu Sınıf 4

DİKKAT İşaretleri
Sınıf 2 ve 2M



Sanayide Lazer Uygulamaları ve Güvenliği



Kaynaklar:

DOKÜMANLAR

- * TARİHÇE: <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=42583>
- * market segments - <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-51/issue-01/features/laser-marketplace-2015-lasers-surround-us-in-the-year-of-light.html>
- * laser market research <http://www.strategies-u.com/index.html>
- * OSHA Technical Manual (OTM)-Sectin III, Chapter 6, Laser Hazards
- * <https://www.lia.org/store/ANSI%20Z136%20Standards>
- * <http://fens.sabanciuniv.edu/sites/fens.sabanciuniv.edu/files/lab-safety/manuals/laser-safety-manual-tr.pdf>
- * https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_6.html
- <http://oregonstate.edu/ehs/book/export/html/381>
- göz zararları <http://oregonstate.edu/ehs/laser/training/laser-biological-hazards-eyes>
- USA ve Avrupa standartları http://www.globalspec.com/learnmore/optical_components_optics/lasers/nitrogen_lasers

FOTOĞRAFLAR

- * Welding - <http://weldingprojects.org/>
- * Drilling - <http://tr.aliexpress.com/item/Laser-drilling-machine/2051844257.html>
- * Hardening - http://www.cla.fraunhofer.org/en/laser_heat_treatment/laser_hardening.html
- * Optical absorbtion vs wavelength <http://www.uslasercorp.com/applications.html>
- Göz ve deri yanıkları <http://www2.lbl.gov/ehs/safety/lasers/bioeffects.shtml>
- Kesme vantilatörü http://www.alibaba.com/product-detail/Laser-Cutting-Fume-Extractor-for-Industrial_390309323.html
- Koruyucu gaz http://www.concoa.com/laser_welding_systems.html
- Kaynak <http://www.industrial-lasers.com/articles/print/volume-28/issue-5/features/laser-hybrid-welding-powerful-factory-floor-process.html>
- İaser power issue https://www.rp-photonics.com/laser_safety.html
- Göz lazer http://www.sukhamburg.com/products/Laser_Safety_Goggles.html
- Koruyucu elbiseler <http://www.gettyimages.com/detail/photo/laser-centre-research-scientists-in-high-res-stock-photography/140492446>



Sanayide Lazer Uygulamaları ve Güvenliği



Teşekkürler...

Dr. Elif KAÇAR

Kocaeli Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü
Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi

E-posta: elifk@kocaeli.edu.tr, ekacar2001@yahoo.com

Tel: +90 262 303 2067