

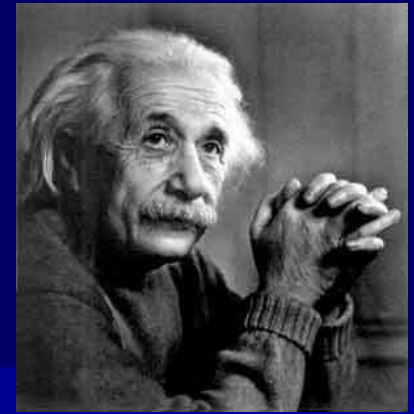
Periodontoloji'de Lazer Kullanımı

Prof. Dr. YAŞAR AYKAÇ

Lazer Nedir?

- **Light Amplification with Stimulated Emission of Radiation**
- x-ışınlarından kızılötesine kadar değişen dalgaboylarında
- Parlak ve yönlenmiş
- Dalgaboyu boyutunda noktasal odaklanabilirlik.
- Eş fazlı, sonsuz sinüs dalgası (veya dalga paketi, darbeli lazer için)
- Ana elemanlar:
Lazer ortamı, uyarma yöntemi, optik geri besleme

İzafiyet Teorisi

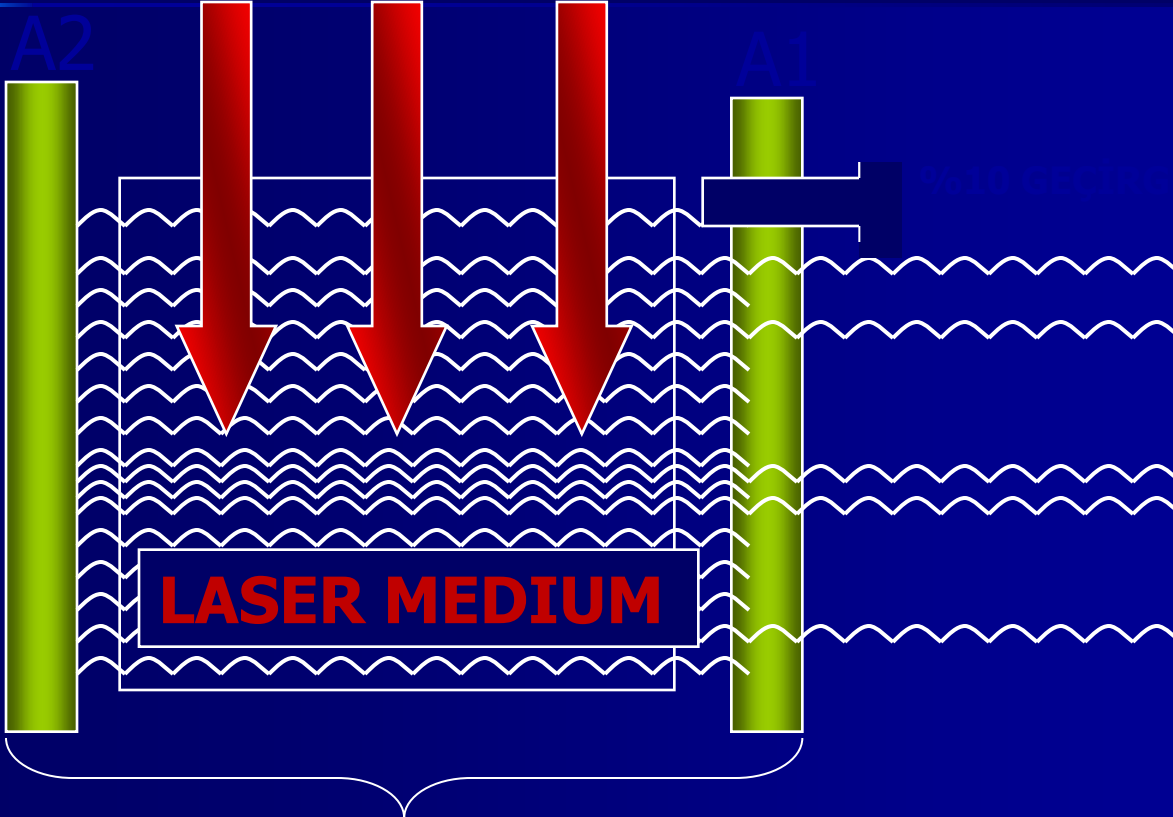
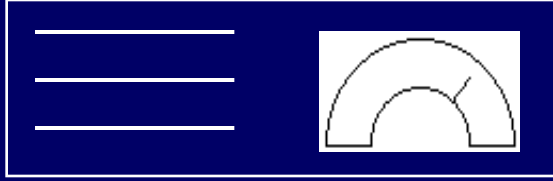


- **1-Absorbsiyon:** Foton enerjisi absorpsiyonu ile bir atomun düşük düzeydeki enerjisinin yüksek düzeye ulaşması,
- **2-Spontan Emisyon:** Yüksek enerji düzeyindeki bir atomun fotondan ayrılarak daha stabil olan düşük bir enerji düzeyine inmesi,
- **3-Stimule Emisyon:** Uyarılmış bir atomun fotonla ilişkisi ile birbirlerine çok benzer enerji absorpsiyonları sonucunda daha stabil bir enerji düzeyine inmeleri

Laser sistemlerinin etki ve kullanım alanları birbirinden farklı olmasına karşın tüm laser cihazları üç ana komponentten oluşur

- **1-Laser Medium:** Katı, sıvı, gaz yada yarı iletken olabilen laser makinasının ortamı olup, bu yapı laser ışınının **dalgalarını oluşturur ve yönlendirir**. Laserler bu ana yapıya göre sınıflandırılır. Örneğin; CO₂ laserde, laser ortamında CO₂ gazı bulunmaktadır.
- **2-Laser Tüpü:** Laser mediumun iki ucunda bulunan birbirine paralel aynalardan oluşan, **optik kavitedir**. Bu aynaların biri parlak ve tam yansıtıcı, diğeri ise ışınların çıkışını sağlayan yarı geçirgen özelliğe sahiptir.
- **3-Dış Güç Kaynağı:** Laser makinasındaki atomları uyaran ve pompalayarak yüksek enerji düzeyine getiren, mekanik, kimyasal yada optik olabilen **kaynaktır**.

ENERJİ KAYNAĞI

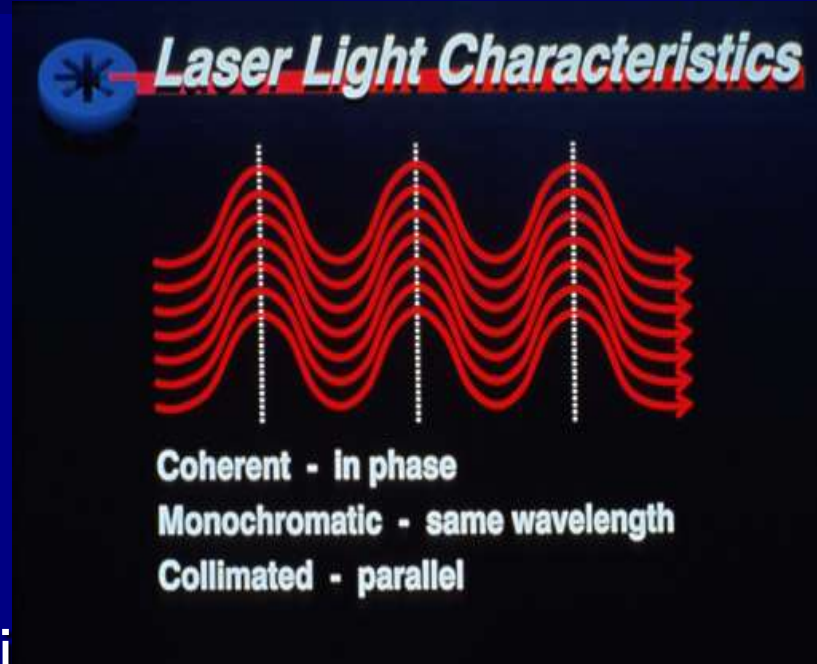


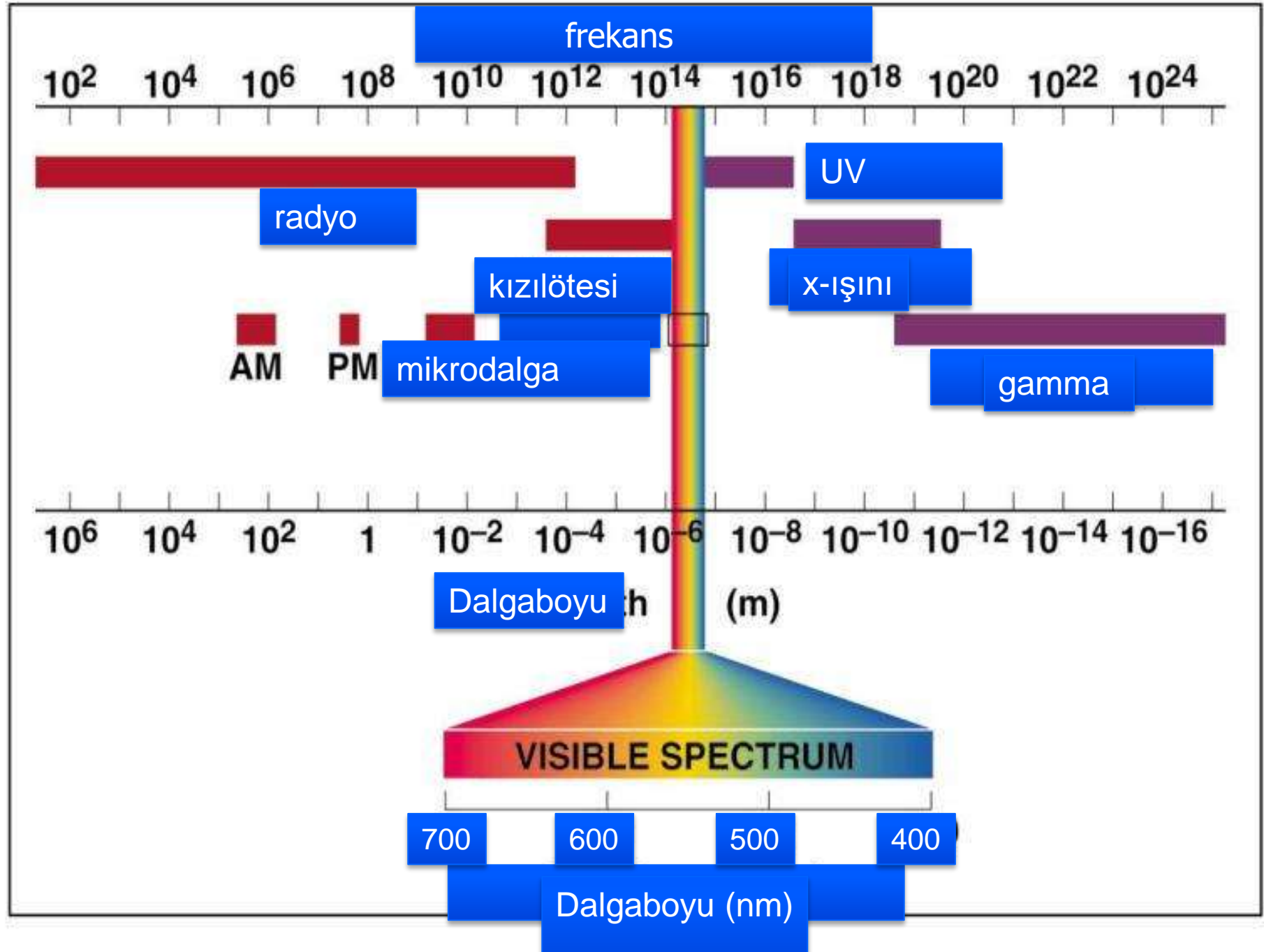
LASER MEDIUM

OPTİK KAVİTE

Laser ışınının üç karakteristik özelliği vardır

- **1-Monochromatic;** Bütün ışınların aynı dalga boyunda ve aynı enerji düzeyinde olmasıdır.
- **2-Coherent;** Bütün ışık dalgalarının zaman ve uzaklık olarak birbirlerine yapışık hareket etmesidir.
- **3-Collimated;** Laser ışığını oluşturan tüm dalgalar birbirlerine paraleldir. Bu özelliği sayesinde son derece küçük bir fokus alanına dahi yüksek enerji uygulayabilecek yapıdadır.

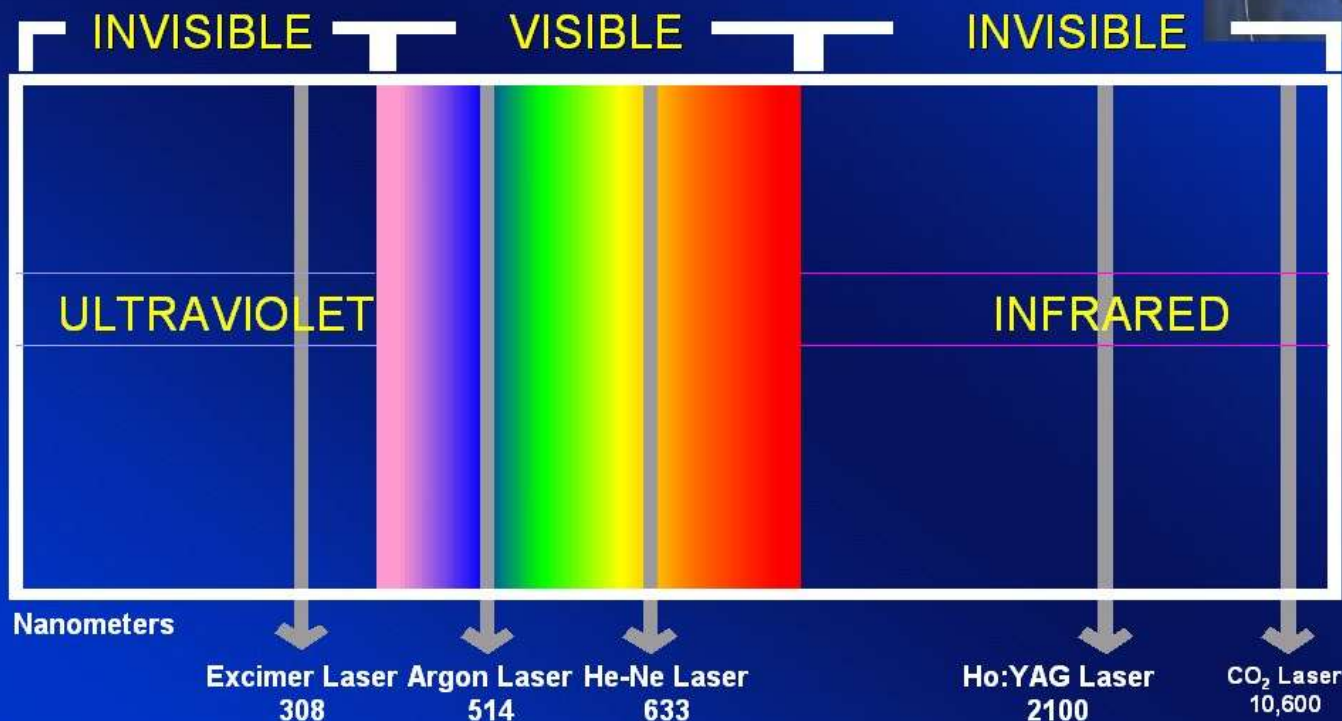




ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

- ultraviyole spektrum (UV 140-400nm),
- visible spektrum (VIS 400-700nm),
- infrared spektrum (IR 700nm ve üzeri)

Electromagnetic Spectrum



Laserin hedef dokudaki etkisini belirleyen faktörler

- ❖ ışığın dalga boyu,
- ❖ enerji densitesi,
- ❖ ekspoz süresi,
- ❖ ışığın uygulama yapısı (pulse yada sürekli),
- ❖ objenin uzaklığı,
- ❖ dokunun spesifik absorpsiyonu;
- ❖ ışınlanacak bölgenin boyutları,
- ❖ hedefin pigmentasyonu,
- ❖ dansitesi,
- ❖ su içeriği,
- ❖ minerilizasyon derecesi
- ❖ dokunun kalınlığıdır.

■ Laser Uygulama Yöntemleri:

- Contact

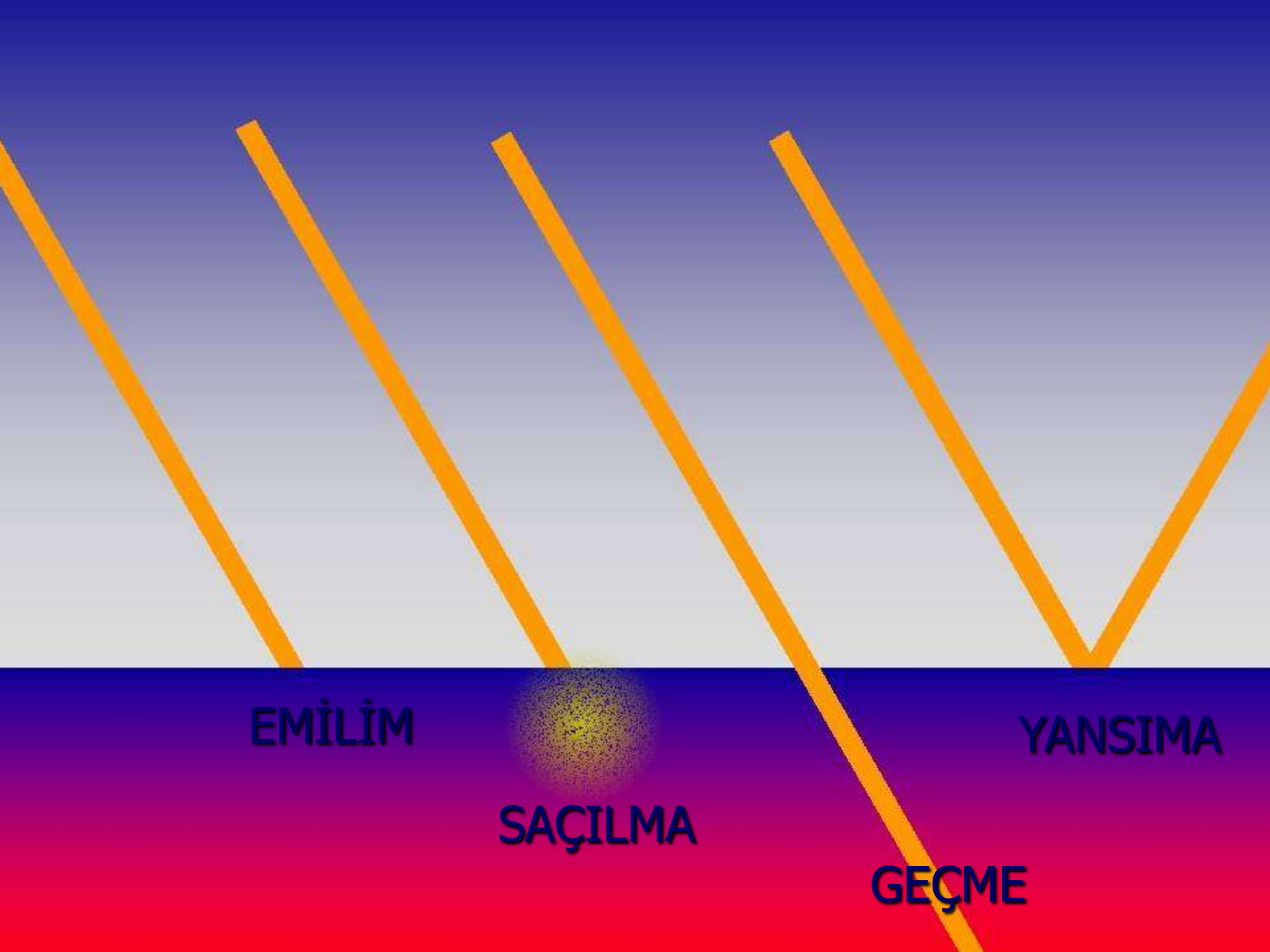
- Non-contact

Uyarı modu; **sürekli (continue)**, **aralıklı (pulse)**

Laser ışığının hedef üzerindeki projeksiyonuna **spot** denir. Spot boyutu küçüldükçe bölgedeki foton konsantrasyonu artacağından etki derinliğide artar.

Laser ışını dokuyla karşılaştığında dört tip etkileşim oluşur

- **Absorbsiyon (Emilim);** Dalgaboyuna ve fotonların enerjilerine bağlı olarak termal ve non-termal etkiler yaratacak şekilde ışının doku içerisine geçmesidir. Absorbsiyon derecesi hedef dokunun **hemoglobin** ve **melanin konsantrasyonu** ile doğru orantılı olarak artar. Absorbsiyonun yüzeysel yada derin olması uygulanan güce de bağlıdır.
- **Transmission (Derin Dokulara Geçiş);** **Penetrasyon derinliği,** belli bir dalga boyunda kullanılan ışığın ulaştığı en derin doku uzaklığıdır.
- **Reflection (Yansımada);** Dokuya çarpma sırasında bir kısım ışın demetinin **yansımada ile geri dönüşüdür.**
- **Scattering (Yüzeye çarpıp dağılma);** Yansıyan ışınların orjinal yönlerini kaybederek ilerledikleri **lateral yayılım alanlarıdır.**

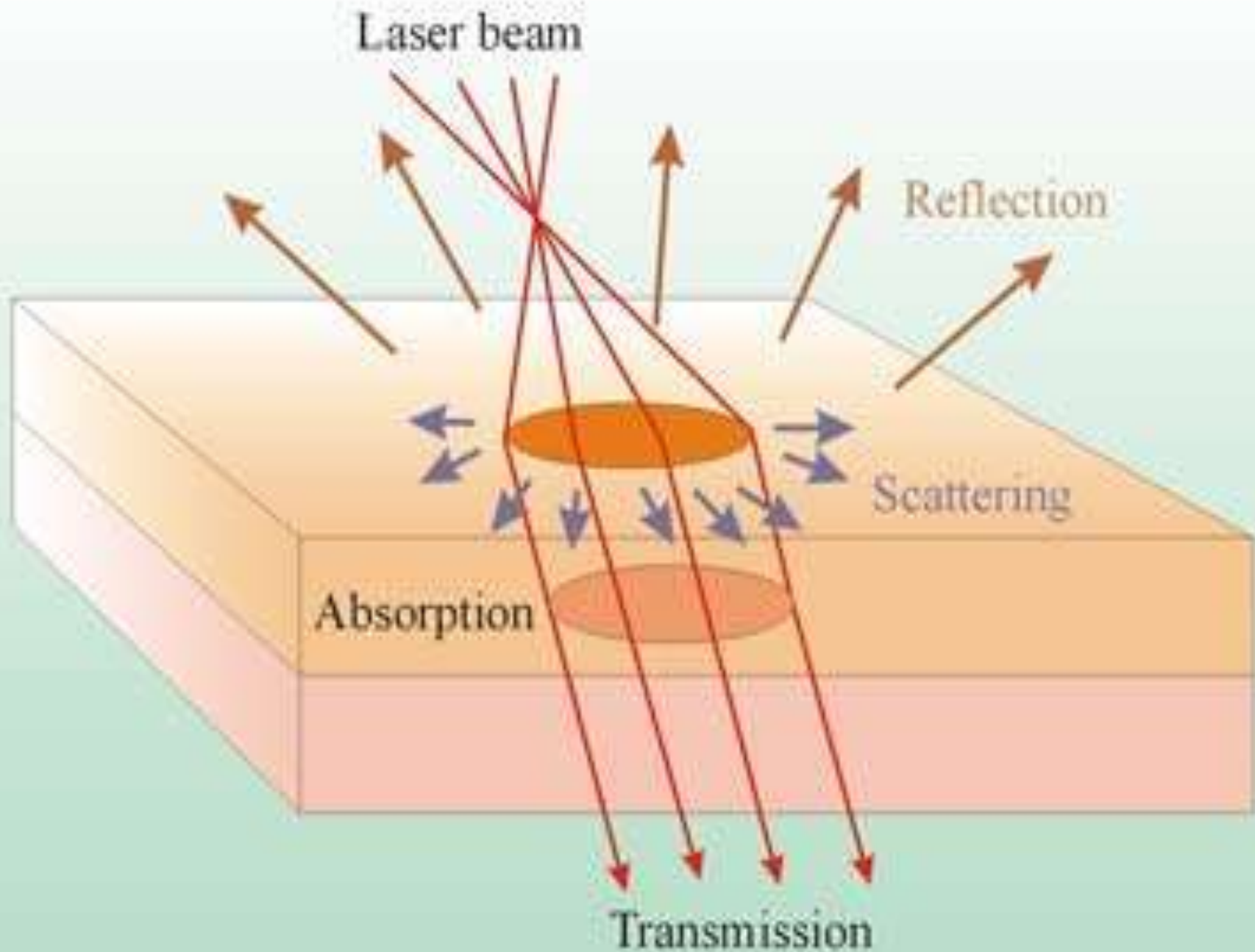


EMİLİM

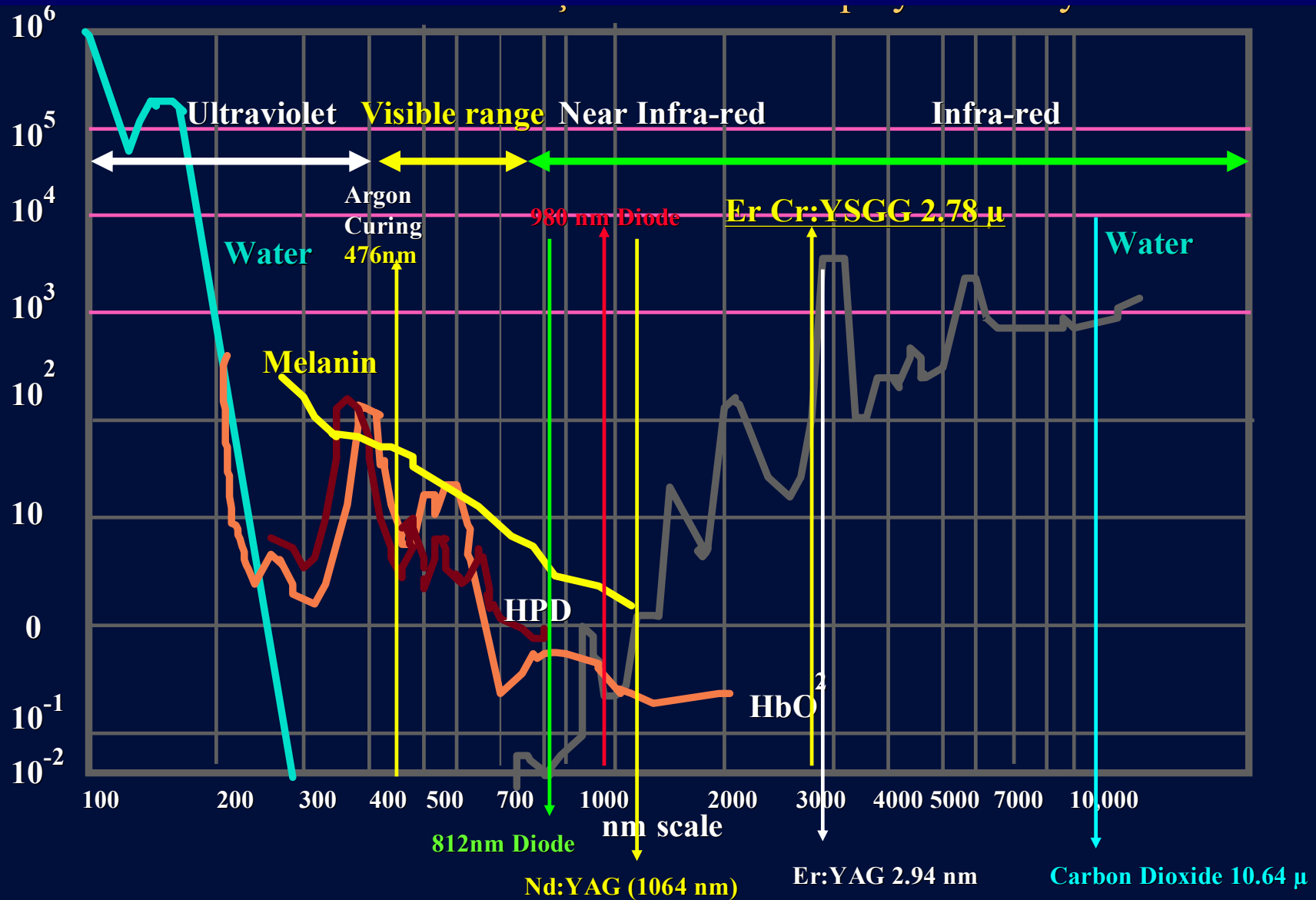
SAÇILMA

YANSIMA

GEÇME



Soğurum Spektrumu



Operasyon sırasında kullanılan laser ışınının dokuda üç tip etkisi vardır

- **Fotokimyasal etki:** Termal etkinin atom ve moleküllerde oluşturduğu kimyasal ve fiziksel değişiklikler dışında absorpsiyonla oluşan etkidir. Bu etki sayesinde laser diagnostik ve terapötik amaçla "fotodinamik terapi", "biostimülasyon" ve "doppler flowmetry"de kullanılır.
- "Fotodinamik terapi" temeli sitotoksik fotokimyasal reaksiyona dayanan deneysel bir kanser tedavisi yöntemidir. Laser ışını; uygulanan ilacı aktive ederek makrofaj ve endotelial hücrelerde lokalize olmasını sağlar. Bu etki ile tümörü besleyen damarlar yok edilerek tümör dokusunun nekrozu sağlanır .

- Laser doku iyileşmesinde düşük dozlarda “biostimülasyon” amacı ile de kullanılmaktadır.
- Laser doppler flowmetry deri ve diğer organlardaki kan akımını monitörize etmek üzere son yıllarda araştırma amacıyla kullanılan bir yöntemdir.
- Ayrıca düşük enerji dansitesinde uygulanan laserler postoperatif ağrının giderilmesi ve trismus tedavisinde de denenmektedir
- Uygulanan güç arttıkça fotokimyasal etki fototermal etkiye dönüşür.

Hansen, H.J., Thor, E.U. Low power laser biostimulation of chronic oro-facial pain; A double blind placebo controlled cross-over studying 40 patients. Pain, 43, 169-175, 1990

Liu, M., Kim, S., Park, D.S., Markowitz, K., Bilotto, G., Dörscher-Kim, J. Comparison of the effects of intra-arterial and locally applied vasoactive agents on pulpal blood flow in dog canine teeth determined by laser doppler velocimetry. Archs Oral Biol., Vol.35, 5, 405-410, 1990.

- **Fototermal etki:** Hücre içeriği ısısının 100 dereceye ulaşması ile hücre proteini kaybolur ve oluşan buhar etkisi ile hücre patlayarak yok olur. Bu etkinin derecesi uygulama sahasının soğutulması ve uygulanan güç bağlantılıdır.
- **Non-linear etki;**
- **Photoablation;** Laser ışığının yüksek foton enerjisiyle, hedef dokudaki atomik ve moleküler bağların kopmasıdır
- **Photodisruption;** Yüksek enerji düzeyinde ve kısa pulse modda kullanılan laser ışığı yüksek basınçta patlayarak dağılan bir plasma oluşturarak dokuyu iyonize edebilir. Böylece doku mekanik olarak tahrip olur. Bu etki absorpsiyondan tamamen bağımsızdır ve hava gibi transparant ortamlarda oluşabilir (optical break through)

Güç Yoğunluğu
(W/cm²)

10¹⁶

10¹²

10⁸

10⁴

10⁰

10⁻¹²

10⁻⁹

10⁻⁶

10⁻³

10⁰

10³

10⁶

Etki Süresi (s)

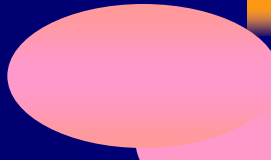
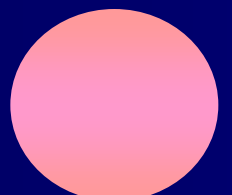
Fotodistrüpsiyon

Fotoablasyon

Vaporizasyon

Koagülasyon

Fotokimyasal
Biyostimülasyon



Yıllar içinde farklı amaçlar için geliştirilen çeşitli laser tiplerini iki ana başlıkta toplamak mümkündür

- Soft laserler (atermik)
- Hard laserler (termik)

- **Soft laserler**; Düşük enerji düzeyinde sellüler aktiviteyi stimüle ederler ancak uygulandıkları dokuda termal bir etki oluşturmazlar. Genellikle terapötik amaçla kullanılırlar. Esas etkileri **biostimulasyonla** doku rejenerasyonunda ağrıyı hafifletmek, inflamasyon ve ödemi azaltmaktır. Anestezi amacıyla kullanılan laserlerde bu gruba dahildir En yaygın kullanılan tipleri;

- HeNe (Helium-Neon)
- HeCd (Helium-Cadmium)
- GaAs (Gallium-Arsenide)
- Diode laser
- GaAlAs (Gallium Aliminyum Arsenide) laserlerdir

Soft laserlerin biyolojik etkileri;

- Hücre membranındaki protein değişimine bağlı olarak ağrı toleransında artma,
- Vasodilatasyon,
- Ödemin erken dönemde çözülmesi,
- İmmünostimulasyon,
- İntrasellüler metabolizmaların aktivasyonu,
- Baę dokusu metabolizmasını stimule ederek yara iyileşmesini hızlandırma.

- Soft laserlerin **romatoid artritli** hastalarda ağrı ve ödemi azalttığı bilinmektedir
- **kronik orofasial ağrı** tedavisinde başarıyla kullanıldığı rapor edilmiştir
- Bu tip laserlerin sıklıkla tercih edildiği dental yaklaşımlar; alveolit, oral ülserasyonlar, periodontal hastalıklar, herpes labialis, perikoronitis, hipersensitiv dentin, antikaryojenik prosedürler olarak sıralanabilir
- Carillo ve ark. gömülü yirmi yaş dişi cerrahisi sonrası soft laserleri ağrı ve ödemin azaltılmasında kullanarak başarılı sonuçlar elde etmişler, ayrıca postoperatif trismusda da azalma gözlemişlerdir.

- Goldman, J.A., Chiapello, J., Casey, H. Laser therapy of rheumatoid arthritis. *Lasers in Surg. and Med.*, 1, 93-97, 1980.
Hansen, H.J., Thor, E.U. Low power laser biostimulation of chronic oro-facial pain; A double blind placebo controlled gross-over studying 40 patients. *Pain*, 43, 169-175, 1990
Carrillo, J.S., Calatayud, J., Manso, F.J., Barberia, E., Martinez, J.M., Donado, M. A randomized double-blind clinical trial on the effectiveness of helium-neon laser in the prevention of pain, swelling and trismus after removal of impacted third molars. *International Dental Journal*, 40, 31-36, 1990.

- **Hard laserler;** Yüksek dalga boyunda ve enerji dansitesinde kesme, koagülasyon ve vaporizasyon amacıyla kullanılan laserlerdir.

Uygulamada sıklıkla tercih edilen tipleri;

- Argon,
- Argon floride,
- CO₂ (Karbon Dioksit),
- Er-YAG (Erbium yttrium aliminyum garnet),
- NdYAG (Neodymium yttrium aliminyum garnet),
- Excimer laserlerdir.

Argon laser



- Mavi-yeşil, görülebilir spektrumda,
- 488-510nm dalgaboyunda,
- CO₂ gibi gaz kaynaklı fakat NdYAG gibi fiber sistemle uygulanan laserlerdir.
- Pigmente dokular ve özellikle **hemoglobin** ve hemosiderin tarafından çok iyi absorbe edilmesi nedeni ile operasyonlarda mükemmel hemostaz sağlar.
- Su absorpsiyonu ise çok azdır.
- Kontakt ve nonkontakt modda kullanılabilir. Oral sert dokularda az absorbe edilir, yansıma yapmaz, minimal skar oluşturur. 488nmlik dalgaboyu komposit şekillendirilmesinde, 510nmlik yeşil dalgaboyu ise yumuşak doku yaklaşımlarında ve hemostaz sağlamak amacıyla kullanılır.
- En çok kullanıldığı medikal alan oftalmolojidir

Excimer laser

- Ultraviyole gruba dahil olan bu laserin aktif maddesi asal ve halojen gazdır. Dalgaboyu 190-351nm arasında olan, 100kA gücünde, ultraviyole spektrumlu pulse modda kullanılabilen laserlerdir. CO₂ ve NdYAG laserlere oranla uygulamada dokularda oluşan hasar oranı fazladır.

ErYAG laser

(Erbium yttrium aliminyum garnet)

- Özellikle su soğutma sistemi olması nedeni ile termal etkisi çok düşüktür.
- Dalga boyu 2940nm olan bu ışınlar mine ve dentin dahil tüm dokularda çok iyi absorbe olurlar. Mineralize dokularda termomekanik etki Er-YAG laser ile sağlanabilir.
- Çürük temizleme ve diş preperasyonunda tercihle kullanılır. Günümüzde endodonti ve cerrahide de uygulamaya girmiştir. Hemostatik etkisi oldukça azdır.



Er:YSGG (Yttrium Scandium Gallium Garnet)

- Dalga boyu 2.79 μm , 0-6 watt gücünde kullanılabilir
- Özel soğutma sistemi ve handpiece sayesinde kolay kullanım
- Fiber optik tüple iletilir
- Yumuşak doku cerrahilerinde ve tedavi endodonti alanında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

CO₂ laser

- Elektromagnetik spektrumun infrared kısmında yer alan, dalgaboyu 10600nm olan laser tipidir.
- CO₂ laser ışını gözle görülemeyen özellikte olduğundan, kullanım sırasında hedef alanın belirlenebilmesi için pilot ışık oluşturması amacı ile HeNe yada Diode laser ile kombine edilirler.
- Moleküler CO₂ gazı bu laserlerin ana maddesidir. CO₂ laser ışını **su içeren dokular** tarafından maksimum absorbe edilir ama penetrasyonu minimaldir. Kıkırdak, kemik, deri yada mukoza gibi bir hedef dokuyla karşılaştığında etkisini belirleyen faktör esas olarak bu dokunun **su içeriğidir**.



- Yüksek oranda su içeren oral mukozada CO₂ laserlerin absorbe edilmeside yüksek orandadır. Penetrasyon derinliği yaklaşık 0.2-0.3mm'dir. Skar oluşumu minimaldir.
- Bu tip laserlerde ışığın iletilebilmesi için birbirine geçmeli uzun kollar ve bu kolların eklem yerlerindeki aynalardan oluşan oldukça büyük bir optikal iletim sistemi gereklidir. Bu özelliği oral cerrahi uygulamaları için hedef alana yaklaşımda dezavantaj oluşturur.



Nd:YAG laser

- 10600nm dalgaboyunda, infrared laser
- Solid bir güç kaynağından neodymium iyonlarıyla beraber kristal yttrium aliminyum garnetle çalışır. Aktif madde yttrium aliminyum garnet içine yerleştirilen neodymium atomlarıdır. Işık kaynağı tipik bir kripton lambası olan kristaldir.
- Nd:YAG laser çapı 0.12mm kadar küçülebilen "fleksibil optik fiber"lar ile uygulanır. Bu da yaklaşık en küçük 2mm'lik eklemlili ayna sistemiyle uygulanan CO₂ laserlere oranla üstünlüğüdür. Çünkü bu özelliği sayesinde kolay ve sağlıklı şekilde anatomik yapılara ve özellikle ağız içinde her bölgeye ulaşabilmektedir.



- Isı koagülasyonu etkisi özellikle damardan zengin dokuların **hemostazında** kullanılır
- **Nd:YAG** temelde koagülasyon dalga boyunda olan, yüksek güçte kullanıldığında vaporezasyon oluşturan bir laserdir
- CO₂ ile karşılaştırıldığında Nd:YAG laser doku koagülasyonunda çok daha üstün etkilidir, ancak çevre dokularda oluşturduğu zarar ve değişimde o oranda fazladır. Çünkü daha **derin dokulara penetre olur**



LASERİN AVANTAJLARI

- Sinir, damar ve lenf kanallarının tamamen yakılması ve kapatılması nedeni ile **postoperatif ağrıda** %90'a ulaşan azalma,
- Operasyon sonrası ödem, iyileşme sırasında kontraksiyon ve **skar oluşumunun minimal olması**,
- Yara ağızlarında **primer kapatmaya** gerek duyulmaması,
- Mükemmel **hemostatik** özelliğiyle cerrahi alanının tamamen görülmesinin sağlanması,
- Operasyon alanındaki **sterilizasyon** özelliğine bağlı olarak postoperatif infeksiyon riskinin azalması,
- Uygulama kolaylığı,
- Dokuda oluşturduğu minimal mekanik travma,
- Malignant tümör eksizyonlarında metastaz olasılığının azalması,
- Konvansiyonel cerrahiye oranla operasyon süresinin çok kısa olmasıdır

- Laserin medikal yaklaşımlarda tercih edilmesinin en büyük nedenlerinden biride **hastaların** bu yöntemi kolaylıkla benimsemesidir. Nitekim Wigdor yaptığı kapsamlı araştırma ile hastaların özellikle dişhekimliği alanında konvansiyonel dental aletler ve yaklaşımlar yerine laser uygulamasını tercih ettiklerini rapor etmiş, bu farkı yaratan etkenlerinde temelde daha ağrısız ve kısa süreli bir tedavi yöntemi olmasına dayandığını bildirmiştir.



Dişhekimliğinde Laser

- Oral ve Maksillofasiyal Cerrahi
- Tedavi
- Endodonti
- Periodontoloji
- Ortodonti
- Protez

- Laserin medikal alanda ilk kullanımı 1970'lerin başlarında Polanyi tarafından CO2 laserle gerçekleştirilmiştir. 1977'de Kiefhaber Nd-YAG laseri ilk olarak gastrointestinal bir kanamanın kontrolünde uygulamıştır. 1971'de Hall ve ark. ve 1972'de Jako hayvan deneylerinde laserin yara iyileşmesine etkisini ve doku reaksiyonlarını rapor etmişlerdir.
- Dermatalojide ise daha çok CO2 ve Q-switched ruby laserler kullanılmaktadır.
- Ürolojide Nd-YAG laserler koagülasyon avantajlarının belirgin olmasından dolayı tercih edilmektedir.

- Shapshay ve ark. baş boyun bölgesindeki hemanjiomları Nd-YAG laserle tedavi ederek son derece başarılı sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir. Cryosurgery ve koterizasyona göre çok daha hızlı bir hemostaz ve çevre dokularda minimal destruksiyon bu yöntemin en belirgin avantajları olarak saptanmıştır.
- Cerrahi eksizyon ve CO2 laser operasyonları sonrasında oral mukoza elastisitelerinin karşılaştırılması sonucunda, laser uygulanan dokuda konvansiyonel yöntemlere oranla %75 daha az skar dokusu olduğu tespit edilmiştir.
- Laserin oral mukoza iyileşmesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise endotel hücre proliferasyonu ve fibroblastik aktivitenin laser uygulamalarında daha hızlı olduğu rapor edilmiştir.

Laserin Medikal Kullanımı

- Günümüzde birçok alanda medikal yaklaşımlarda laser yöntemi tercihle kullanılmaktadır. Oftalmolojide yıllardır özellikle argon laserler tercih edilmektedir
- Gastroentorolojideki bazı uygulamalarda en önemli komplikasyonlardan biri olan kanama Nd-YAG laserin kullanıma girmesi ile minimize edilmiştir. Argon laserlerde Nd-YAG ile birlikte endoskopik yaklaşımlarda tercih edilmektedir
- Dermatalojide ise daha çok soft laserler ve CO₂ laser kullanılmaktadır
- Ürolojide Nd-YAG laserler koagülasyon avantajlarının belirgin olmasından dolayı tercih edilmektedir
- CO₂ laserler bronkoskopilerde hem iyi bir görüş alanı hemde gerektiğinde hemostaz sağladığı için son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır
- Baş boyun bölgesindeki hemanjiomları Nd-YAG laserle tedavi ederek son derece başarılı sonuçlar alınmaktadır.

Laserin ağız cerrahisinde ve periodontal amaçlı olarak yumuşak dokuda kullanıldığı girişimler

- Epulus fissuratum,
- Papilloma,
- Verruko vulgaris,
- İnflamatuvar papiller hiperplazi,
- Fibroma,
- Proteze bağlı oluşan ülsere dokuların eksizyonu,
- Vestibuloplasti
- Tüber düzeltmeleri,
- Frenektomi,
- Gingival hiperplaziler,
- Mukozal kistler ve ranula eksizyonlarıdır.

Güvenlik önlemleri

- Laser uygulamaları öncesinde tüm personelin yeterli eğitimden geçerek laser tiplerinin özelliklerini ve kullanma kurallarını çok iyi öğrenmesi gerekir.
- Operasyon sırasında alınması gereken en önemli güvenlik önlemlerinden biri uygulama odasındaki tüm personelin ve hastanın gözlerinin korunmasıdır. Laser ışını gözde retinal ve korneal kanamaya yol açabilir. Gözdeki bu etki direkt emisyon yada özellikle dişhekimliğinde kullanılan aynalı ve parlak aletlerden yansıyan ışınlarla oluşur. Koruyucu gözlükler laser tiplerine göre değişir ve farklı özellikler taşır. CO2 laser kullanımlarında normal camlı gözlükler yeterli olurken, Nd-YAG laserde yeşil, argon laserde ise sarı renkli lens içeren koruma gözlükleri kullanılmalıdır. Hastanın gözleri de aynı şekilde ya gözlükle yada nemli bir spançla kapatılarak korunmalıdır.
- Hedef alan dışındaki tüm organ ve dokuların direkt ışınla teması engellenerek laserin termal etkisinden korunmaları sağlanmalıdır.

- Operasyon odasında patlayıcı gazlar içeren aletlerin kullanımından kesinlikle kaçınılmalıdır. Dolayısıyla genel anestezi uygulamalarında metal kaplı korumalı tüpler tercih edilir.
- Uygulama boyunca laser ışığının yansıyabileceği parlak yüzeyli veya ayna içeren enstrümanlar mutlaka örtülmelidir.
- Laser sistemlerinin içerdiği gaz, inhalasyon yolu ile respirator sistemde hasar oluşturabileceği için kullanım sırasında çıkan dumanın çok iyi aspire edilmesi ve ameliyathanede sirkülasyon sağlayan hava filtrasyon sisteminin sürekli çalışması gereklidir.
- Laser cerrahisi sırasında ameliyathane kapısına mutlaka uyarı levhası asılmalıdır.

Güvenlik Önlemleri

- Laser uygulaması yapılacak odanın kapısına uyarı levhaları koyulmalıdır.
- Uyarı işaretleri ışıklı olmalı, operasyon odasının kapısı işlem boyunca



Koruyucu Gözlük

- Standartlara uygun, laser dalgaboyuna göre hazırlanmış özel gözlükler takılmalıdır.

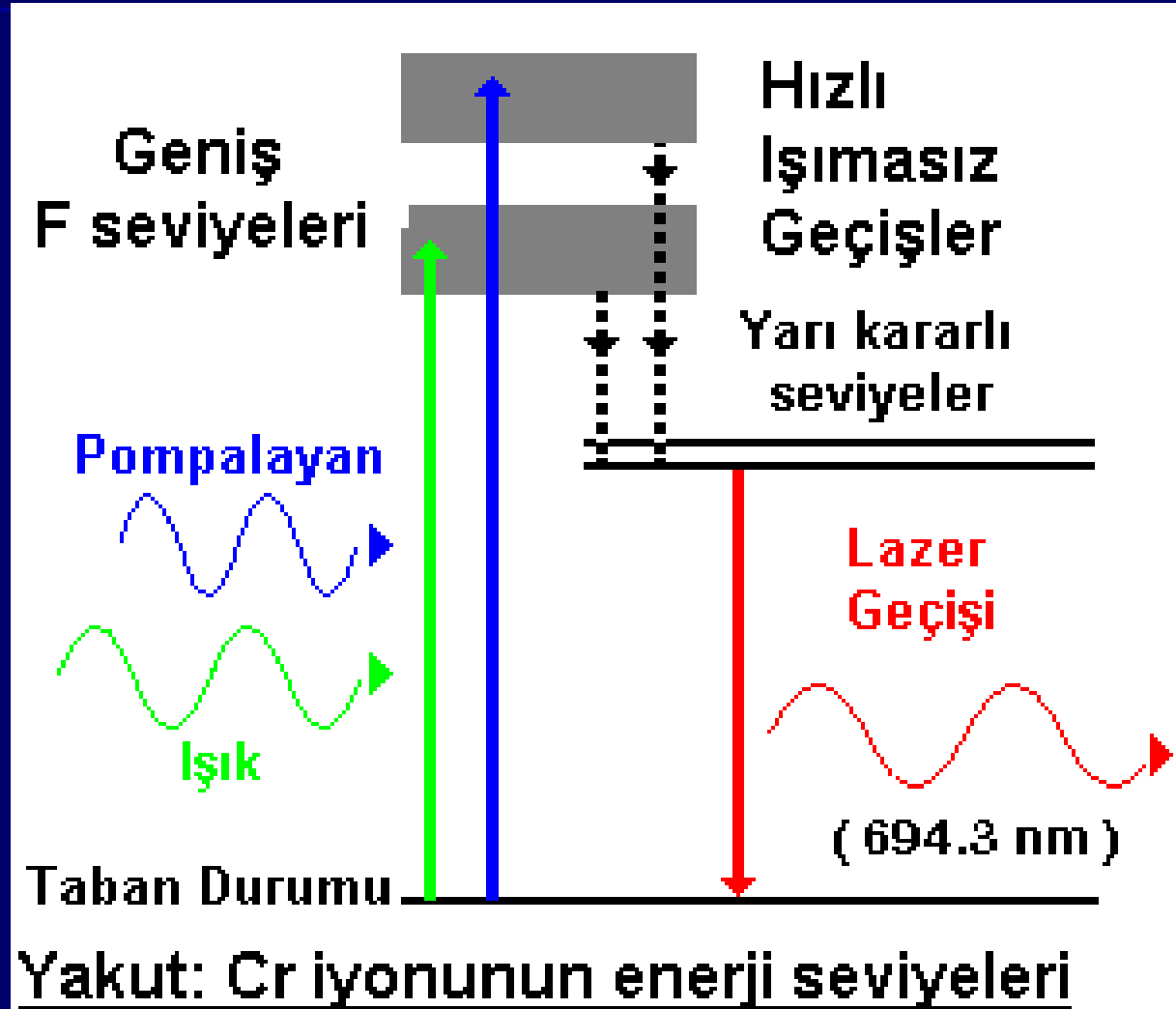


CO2 laser kullanımlarında normal camlı gözlükler yeterli olurken, Nd-YAG laserde yeşil, argon laserde ise sarı renkli lens içeren koruma gözlükleri kullanılmalıdır

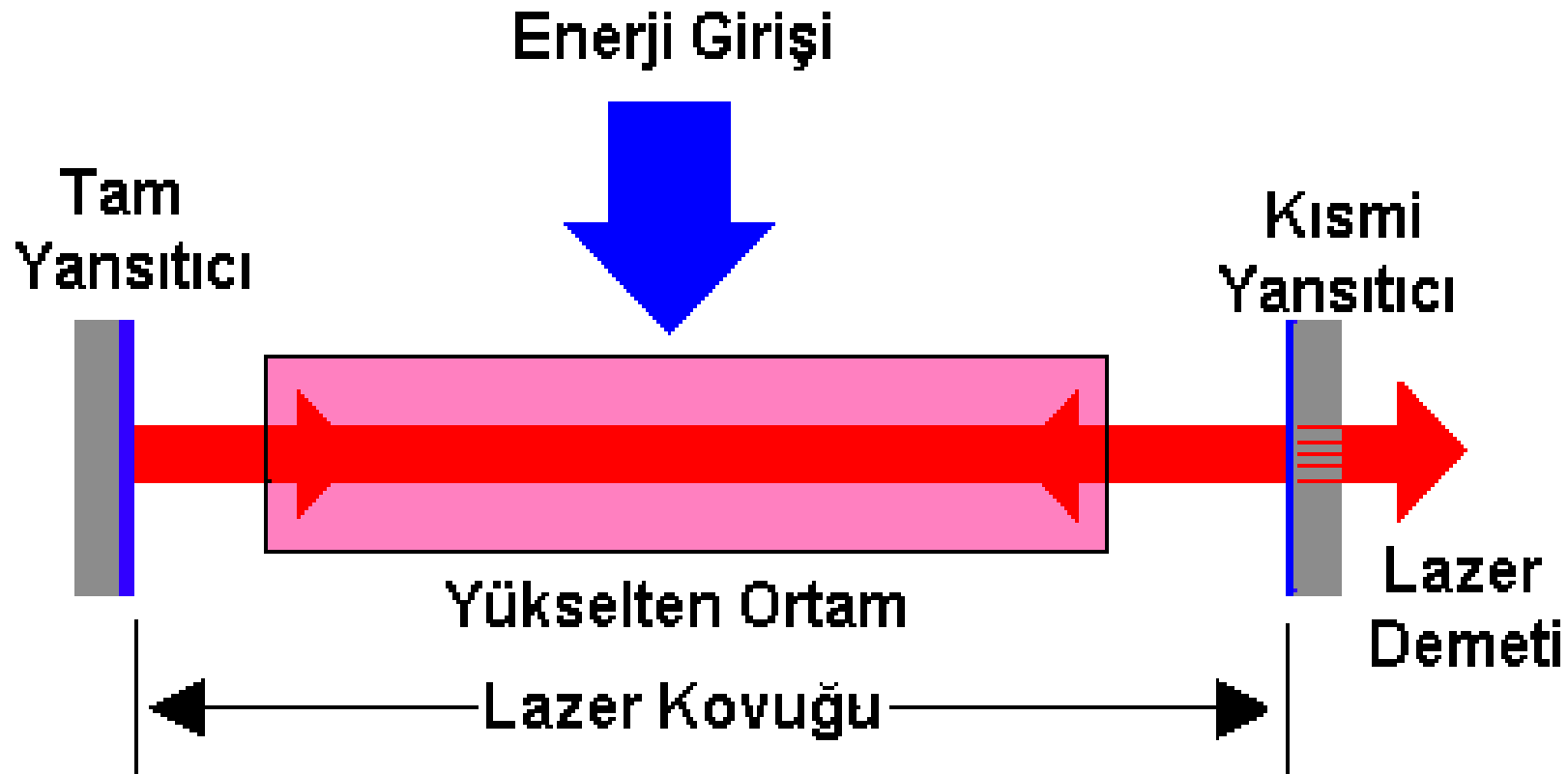
LASER SINIFLANDIRMASI

- **Class 1:** Çıplak gözde herhangi bir hasar oluşturmayan, (maximum power output gücü $40 \mu\text{W}$ (blue light) and $400 \mu\text{W}$ for red light emissions) laserler. Laser printer, CD player
- **Class 2:** 0,25 saniyeden uzun süre direkt göz temasında hasar oluşturabilen laserler (maximum output 1 mW). Laser pointer, süpermarket scanner
- **Class 3:** "soft" medikal laserler bu gruptadır. (maximal power output 0.5 W) Göz temasında (direkt yada yansıyan ışın) tehlikeli hasar oluşturur.
- **Class 4:** oral cerrahide kullanılan tüm laserler bu gruptadır. Yüksek enerji seviyesinde kesme yapan laserlerdir.

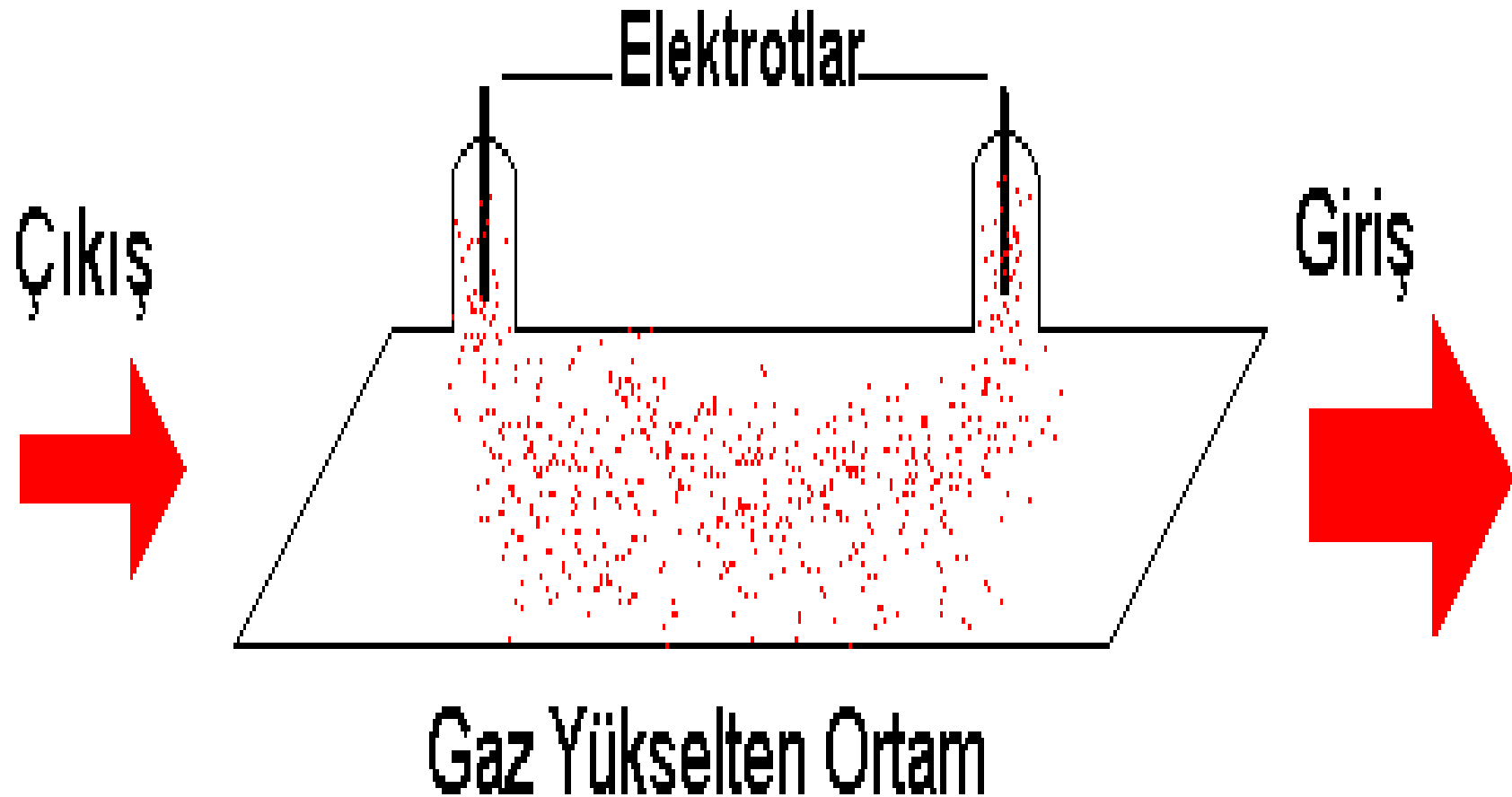
Lazerlerin Çalışma Prensipleri



Lazer Pompalama Yöntemleri: Optik Pompalama



Lazer Pompalama Yöntemleri: Elektriksel Pompalama



Lazerin Kilit Özellikleri

Lazer performansını betimleyen temel özellikler:

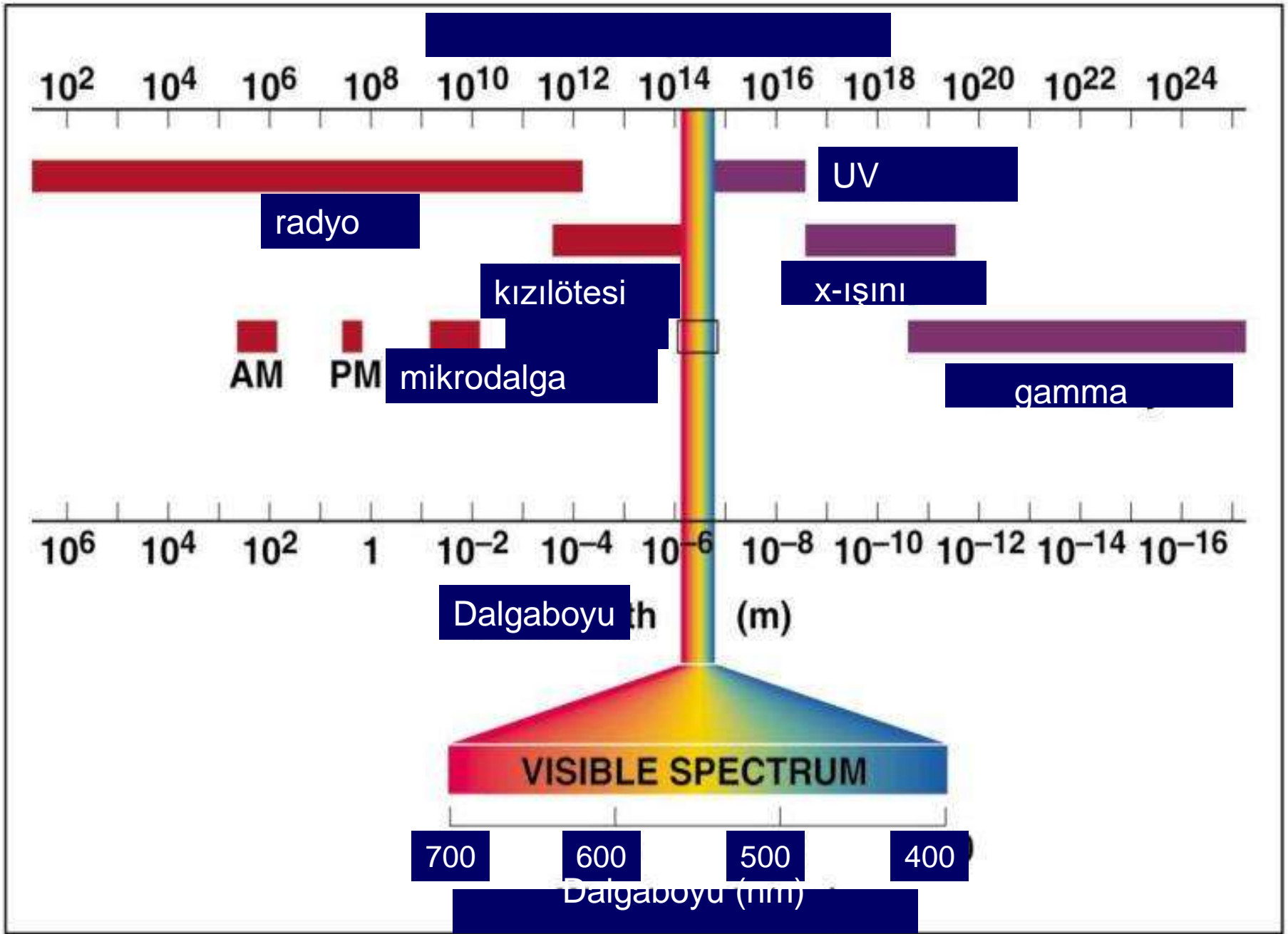
- Dalgaboyu
- Güç: ortalama ve (darbeli ise) tepe güç

Kilit Özellikler

- Sürekli veya darbeli
- Darbe enerjisi ve süresi
- Demet kesiti (M^2)

Dalgaboyu ve ışık tayfı

Dalgaboyu ışığı oluşturan fotonların enerjisine denk gelir.

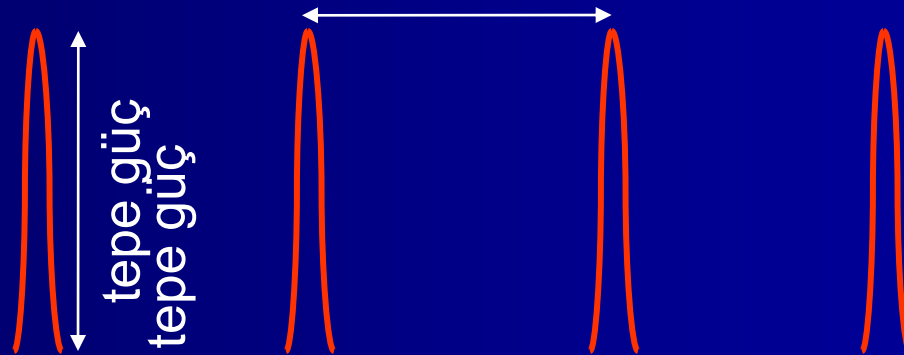


Lazerin Gücü, Sürekli ve Darbeli (Pulsed) Lazerler

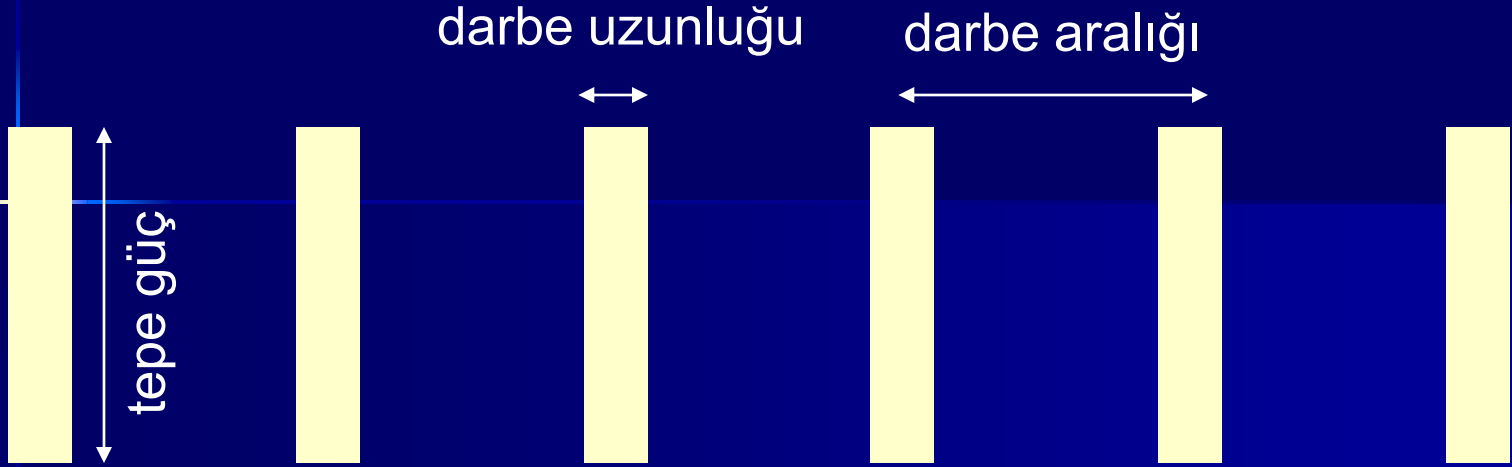
- Lazer gücü: $(\text{foton sayısı}) \times (\text{foton enerjisi}) / (\text{birim zaman})$, Watt
- Güç ölçer (powermeter) ile ortalama değeri ölçülür.
- Sürekli ışımaya yapan bir lazer için $\text{güç} = \text{ortalama güç}$
- Darbeli lazer ise ardarda ışık darbeleri üretir:

darbe aralığı

*tekrar frekansı = 1 / darbe aralığı, örn.
10 ns, 100 MHz*



Darbeli Lazerler



$$\text{tepe güç} = (\text{darbe enerjisi}) / (\text{darbe uzunluğu})$$

$$10 \text{ kW} = 1 \text{ J} / 100 \text{ } \mu\text{s}$$

$$\text{ortalama güç} = (\text{darbe enerjisi}) \times (\text{tekrar frekansı})$$

$$10 \text{ W} = 1 \text{ J} \times 10 \text{ Hz}$$

Demet Kesiti Özellikleri

- İdeal olarak demet kesiti tek kip (single-mode) barındırır
Çok-kipli ışık ilerlerken dağılır ve tam odaklanamaz.
- Yüksek güçlerde tek-kipli korumak zor olabilir.
- M^2 ölçümü ile karakterize edilir (ışığın ne kadar dağıldığının ölçüsü):
tek-kip için $M^2 < 2.0$ (ideali $M^2 = 1.0$)

temel kip
(fundamental mode)

diğer kipler

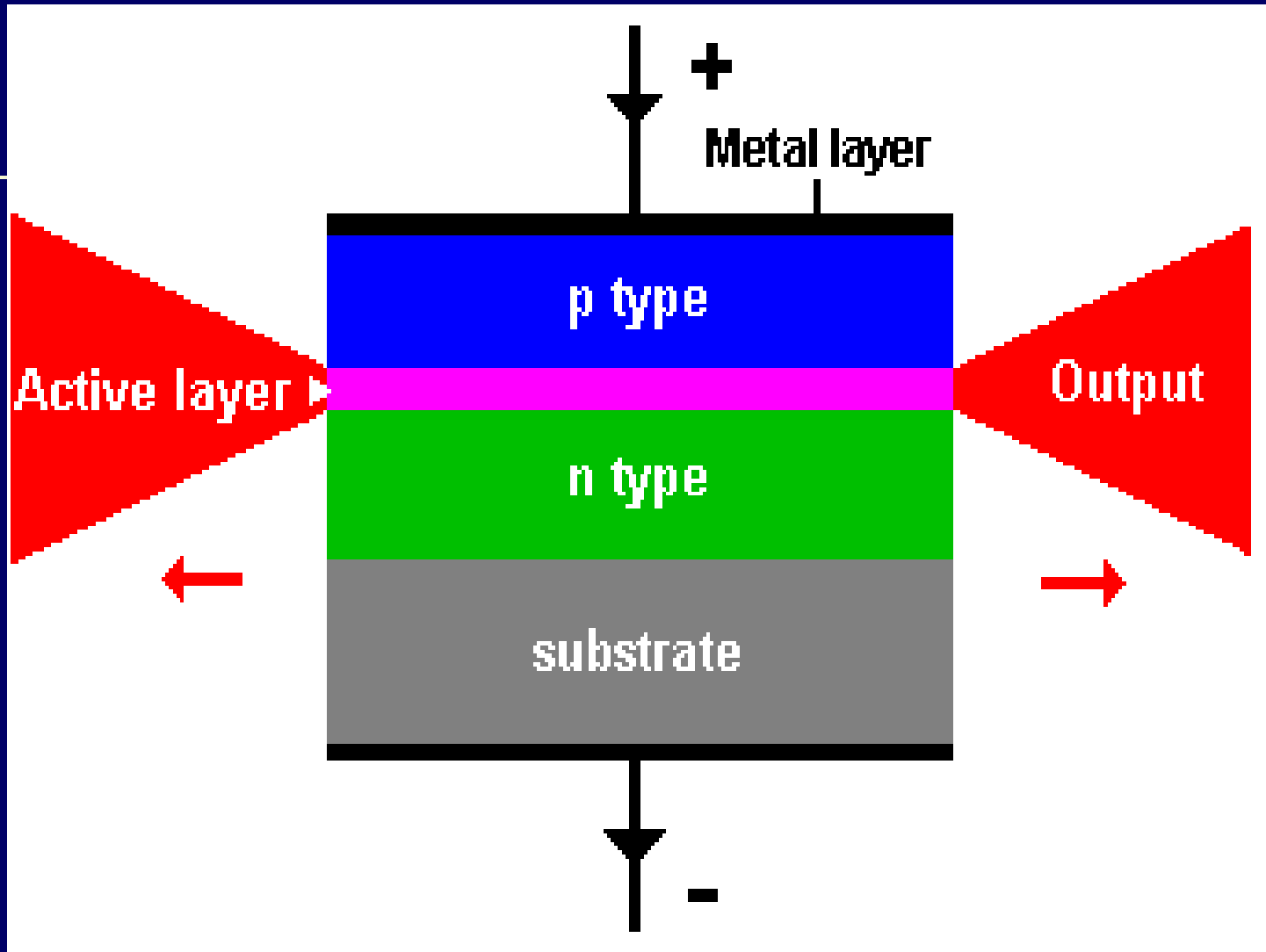
■ Ana Lazer Tipleri

Lazer Çeşitleri

- Yarıiletken (Diyod) Lazerler
- Gaz Lazerleri ve Kimyasal Lazerler
- Katıhal Lazerleri
- Fiber Lazerler

Lazer Çeşitleri: Yarıiletken Lazerler

- Çeşitli dalgaboylarında, ucuz, ...
- Yüksek güçte ciddi hüzme kalitesi (beam quality) problemleri
- Dolayısıyla bu lazerler direk olarak değil, üstün optik özellikli bir lazeri pompalamakta kullanılmaktadır.



Lazer Çeşitleri: Kimyasal Lazerler

| Lazer İsmi | Dalga Boyu |
|---|-----------------------|
| Karbondioksit Lazeri (CO₂) | 9.35 – 10.6 μm |
| Karbonmonoksit Lazeri (CO) | 4.7 – 6.2 μm |
| Döteryum-Florür Lazeri (DF) | 3.8 μm |
| Hidrojen Florür Lazeri (HF) | 2.5 – 3.0 μm |
| Oksijen-İyot Lazeri (I ₂ :O ₂) | 1.3 μm |

Lazer Çeşitleri: Katı-hal Lazerleri

Katı-hal lazerleri pratik özellikleriyle büyük avantaj sağlıyor

Ayara hassasiyet (misalignment) kullanım zorluğu getiriyor.

Sadece bazıları diyod lazerle pompalanabilir - pahalı ve karmaşık pompa

Nd:YAG, Nd:cam, Nd:YLF $\lambda=1.04-1.06 \mu\text{m}$

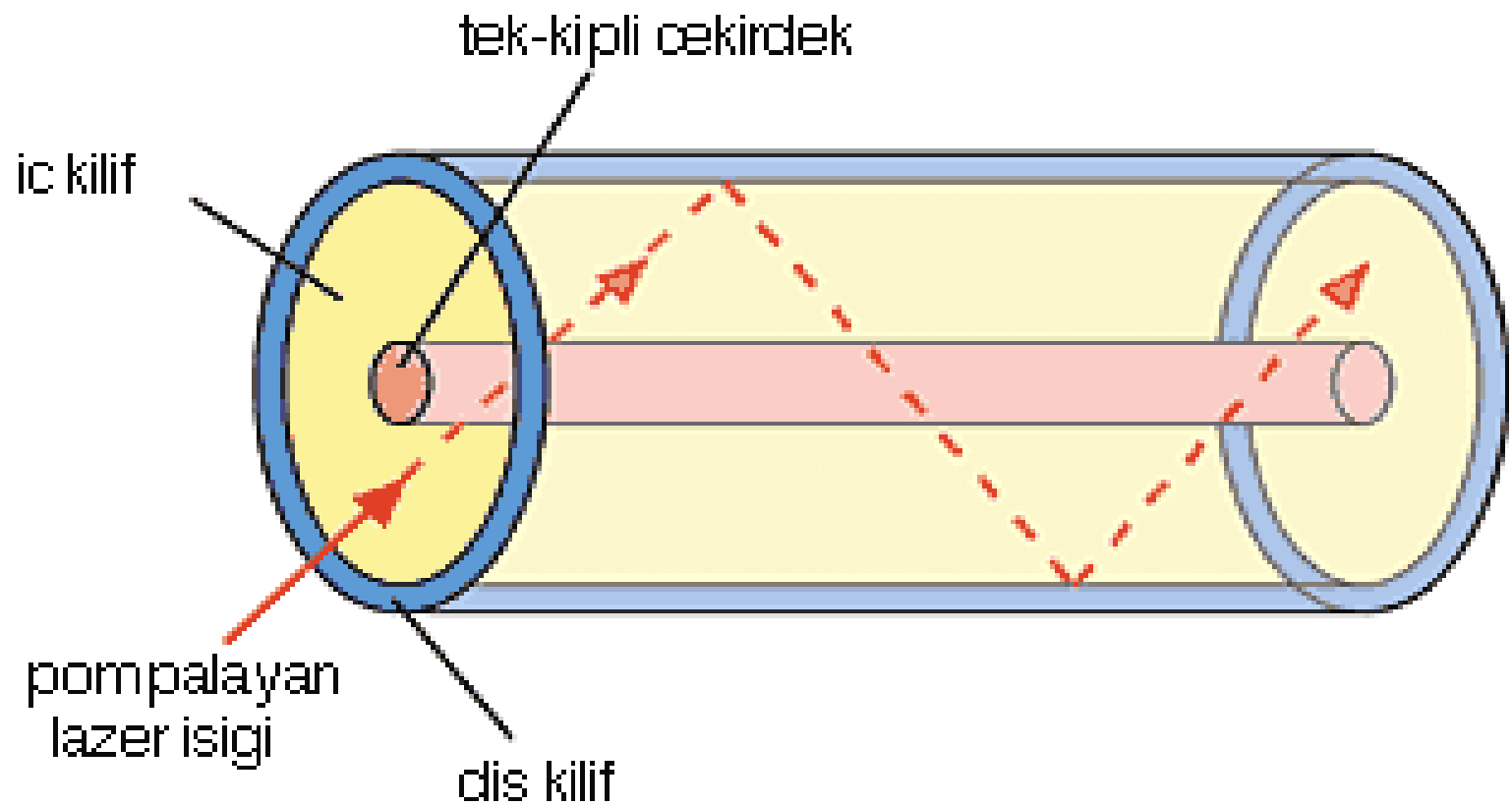
■ Yb:YAG, Yb:cam $\lambda=1.05 \mu\text{m}$

■ Er:YAG $\lambda=1.5, 2.9 \mu\text{m}$

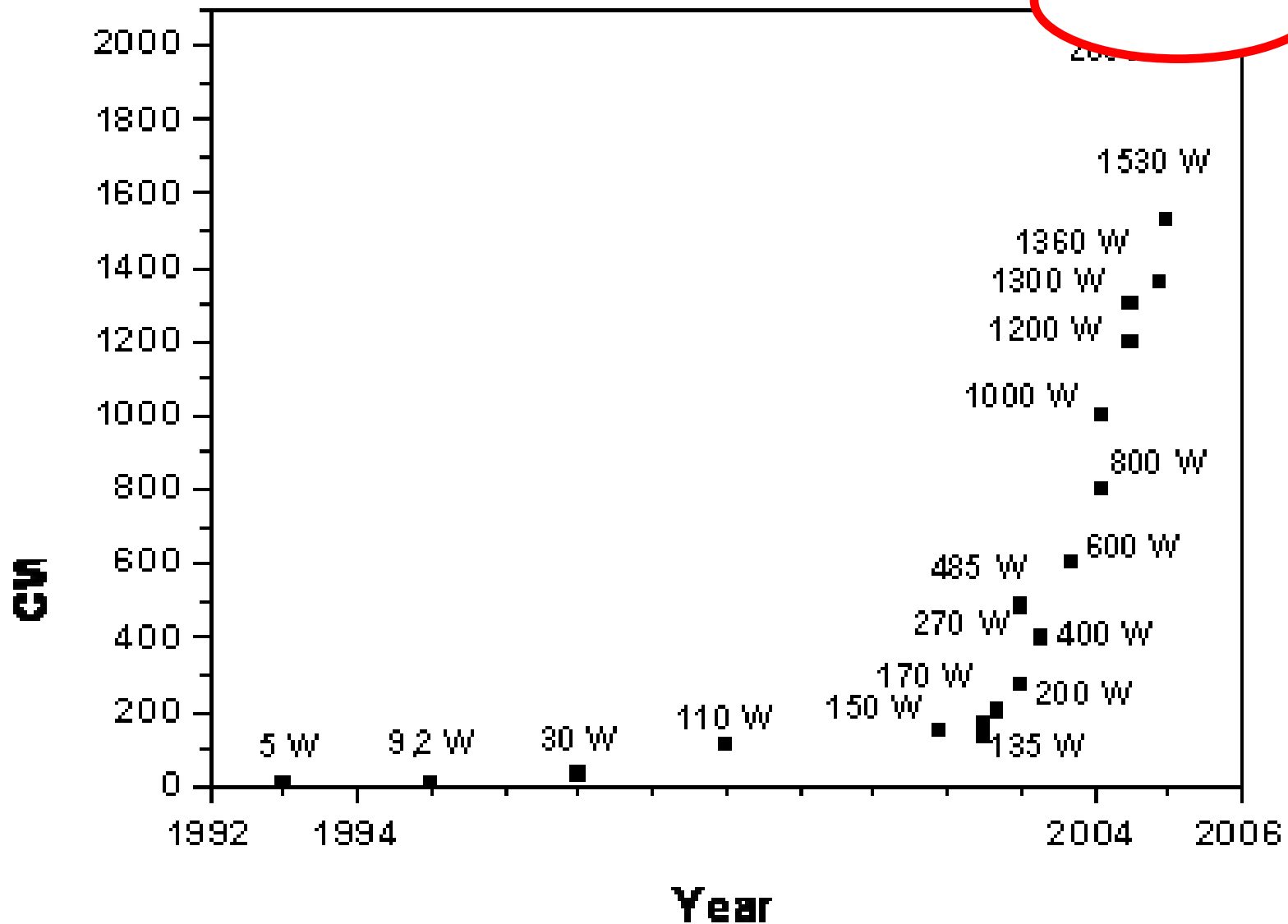
■ Ti:yakut $\lambda=0.7-1.0 \mu\text{m}$

Lazer Çeşitleri: Fiber Lazerler

- Pratik açıdan en üstün lazerler, yeni bir teknoloji:
 - düşük maliyet
 - bekaa (robustness)
 - küçük ebat
 - yüksek güç
- Yakın geçmişe kadar düşük güçlü, son 2-3 yıldır hızla artıyor.
- Dünyada en yoğun olarak çalışılan, çok hızlı gelişmelerin olduğu lazer tipi



Fiber Lazerlerinde Güç Gelişimi

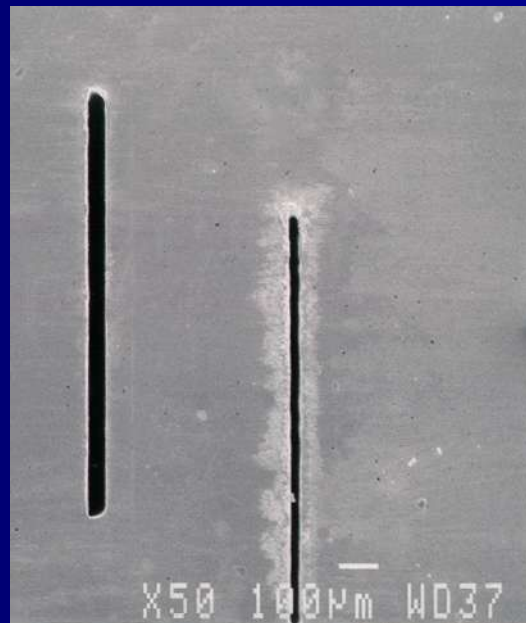


Lazer Madde Etkileşimi

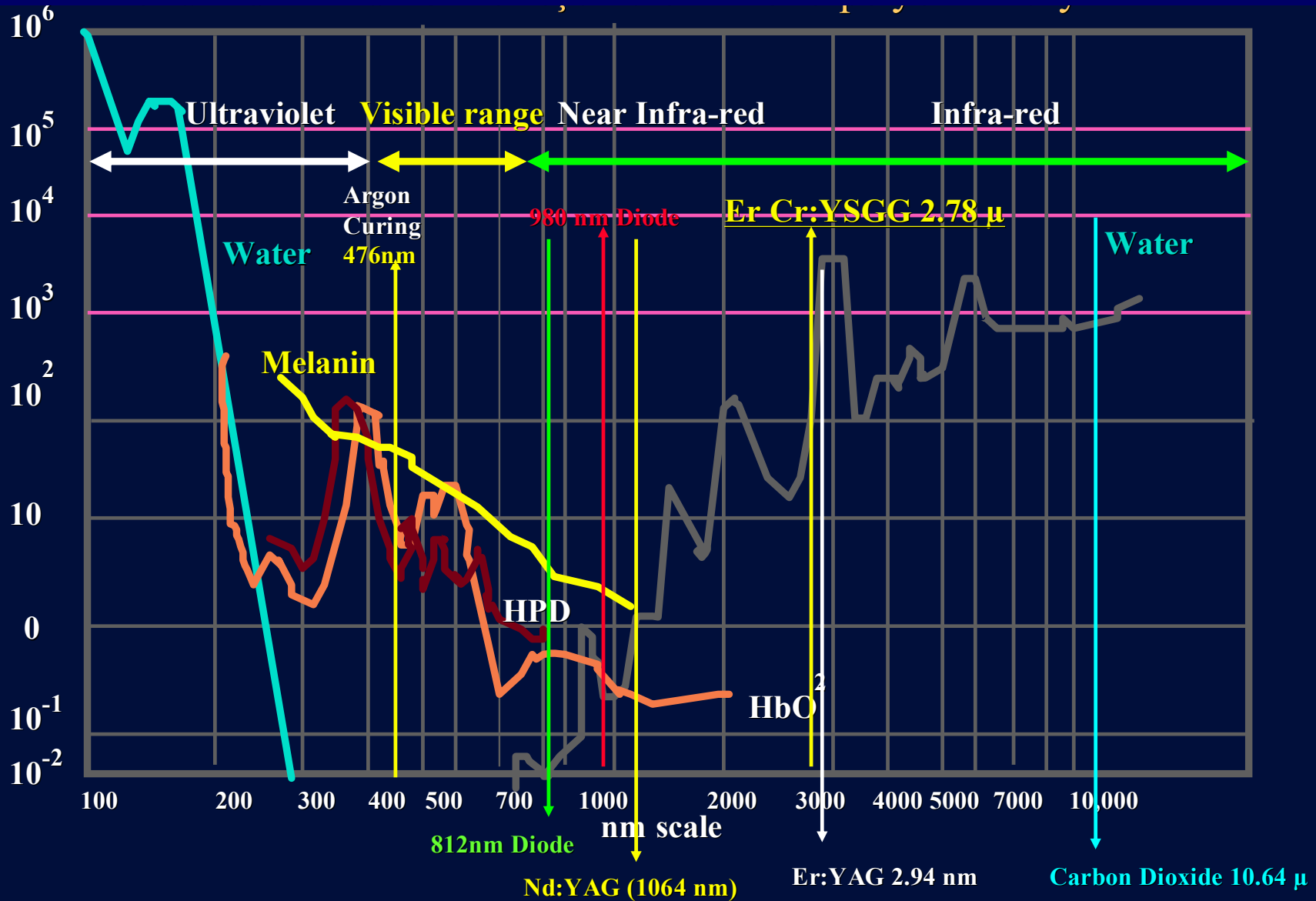
- Lazer ile materyale hasar veya kontrollü İşleme
- Etki mekanizmaları:

Etki mekanizmaları:

- Termal (ısıtarak), yüksek (kW) ortalama güç, darbe gereksiz
- Moleküler seviyede yapı bozarak, yüksek tepe güç (MW, GW), darbe şart
- Ekleşim darbe uzunluğuna göre ikiye ayrılabilir:
 - Nanosaniye veya daha uzun, termal etkiler birlikte
 - Femtosaniye, termal etkiler önemsiz, noktasal etki



Soğurum Spektrumu



Güç Yoğunluğu
(W/cm²)

10¹⁶

10¹²

10⁸

10⁴

10⁰

10⁻¹²

10⁻⁹

10⁻⁶

10⁻³

10⁰

10³

10⁶

Etki Süresi (s)

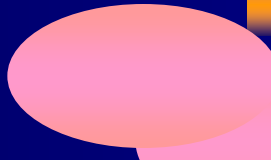
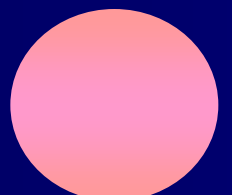
Fotodistrüpsiyon

Fotoablasyon

Vaporizasyon

Koagülasyon

Fotokimyasal
Biyostimülasyon



Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

- CO₂ (karbondioksit) lazer (10640 nm)
 - Argon lazer (488-512 nm)
- Nd:YAG lazer (1064 nm)
- Nd:YAG harmoniği (KTP vb. ile) (532 nm)
- Er:YAG lazer (2940 nm)

Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

- Diyod lazerler

(810-950 nm)

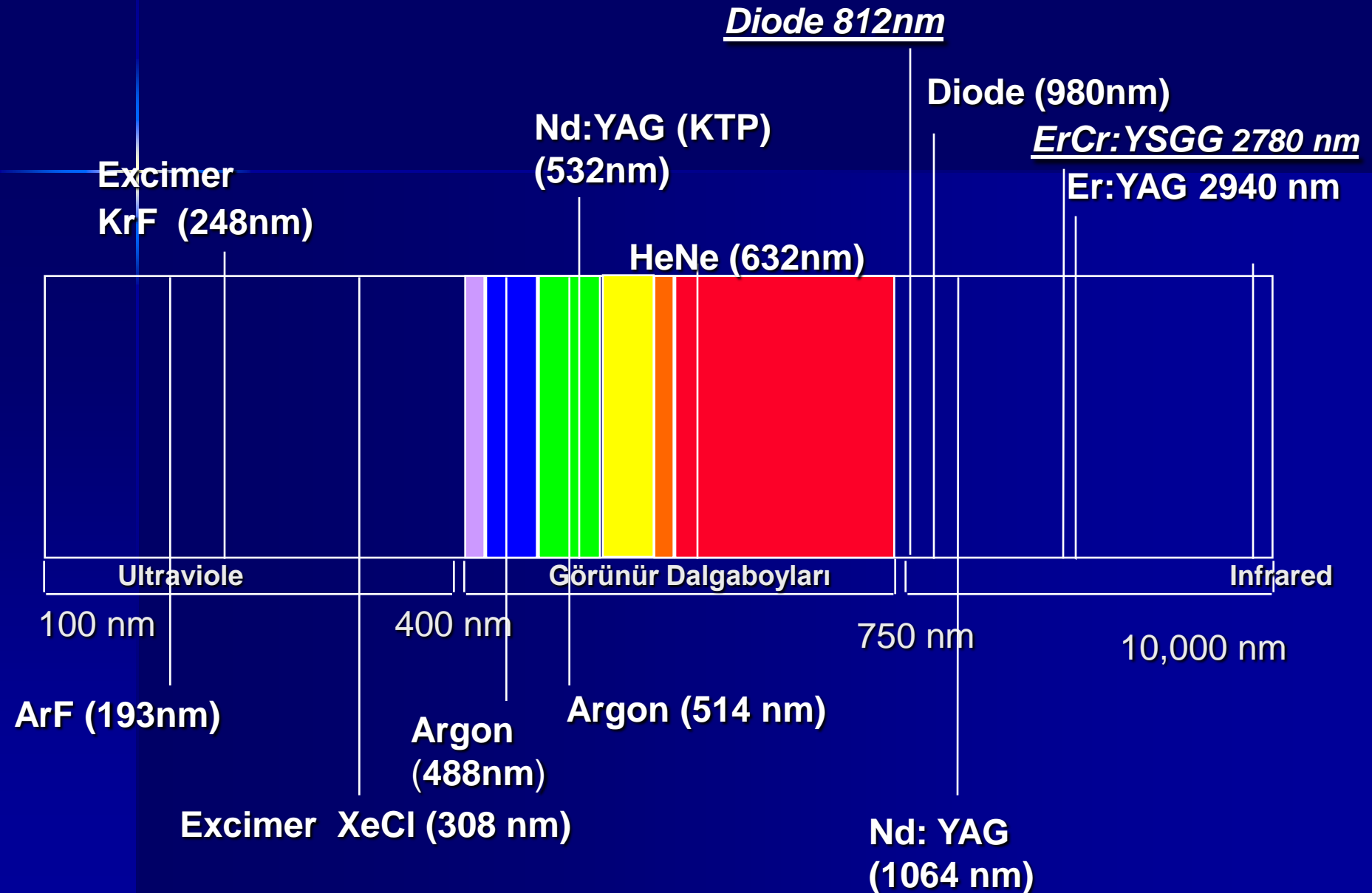
- Er,Cr: YSGG

(2780

mn)

Elektromanyetik Dalga Spektrum

Laserler elektromagnetik spektrumdaki yerleri ve özellikleri gözönüne alınarak sınıflandırılırlar.



Argon Lazeri

- Aktif medium: **Argon gazı**
- Çok sayıda dalgaboyunda ışımaya, en yaygın kullanılan:
 - 488 nm (mavi)
 - 514 nm (yeşil)
- Çürük teşhisinde kullanılır.

Argon Lazeri

- Sert diş dokusu üzerindeki çürük bölge floresan özellik gösterip renk deęiřtirir
- Dezavantajı: Pahalı, büyük, güç tüketimi yüksek, eski teknoloji

Yarıiletken Diyod Lazerler

- Hemostatik etkileri görece zayıftır
- İnsizyon, koagülasyon periodontal cep temizliği ve küretaj
- Darbesiz (sürekli ışımaya) kullanımında dokularda ısı birikecektir

Yarıiletken Diyod Lazerler

■ Avantajları/dezavantajları:

- Ekonomik olması
- Boyutlarının küçük olması, taşınması ve kurulması kolay olması
- Kısa darbeler mümkün değil
- Küçük odak noktaları mümkün değil: M^2 çok büyük

Nd:YAG Lazerler (1064 nm)

- Pigmente dokular tarafından iyi, sert dokular tarafından çok az soğurulur
- Hemostatik özelliği yüksek

Nd:YAG Lazerler (1064 nm)

- Avantajları/dezavantajları:
 - Yaygın olmasının avantajları
 - Nanosaniye darbeler mümkün
 - 10 W'a kadar M^2 çok iyi, odaklanabilir
 - Nanosaniye fiber lazerler daha üstün
 - Fiber ile taşınabilir

Ho:YAG Lazerler (2100 nm)

- Su soğurumu yüksek
- Diş sert dokuları tarafından soğurumu düşük
- Avantajları/dezavantajları:
 - Su soğurma avantajı
 - Zor dalga boyu (teknik açıdan)
 - Fiber ile taşınmaz

Er,Cr:YSGG ve Er:YAG Lazerler

- Er-Cr:YSGG lazerler: **(2790 nm)**
- Er:YAG **(2940 nm)**
- Özellikleri benzer
- Su molekülleri tarafından etkin soğurulma
- Diş hekimliği alanında başarılı: suda yüksek soğurma ile

Er,Cr:YSGG ve Er:YAG Lazerler

- Avantajları/dezavantajları:
 - Su soğurma avantajı
 - Zor dalga boyu (teknik açıdan)
 - Kısa darbeler mümkün gözüküyor
 - Fiber ile taşınmaz
- Patlamalar ile dokular arasındaki bağlar buharlaşır
- Patlamalar sonucu mikroçatlaklar oluşturabilir..

Hangi uygulamalar laser kullanımını için daha uygun adaydır?

- Hastalara en iyi hizmet verilmesine odaklanılan çalışma ortamları
- Hasta konforunu artırma
- Frez, neşter ve iğne gibi klasik tedavi modellerine daha az invaziv alternatifler aramak
- Emsallerine göre diş camiasında farklılaşmak eğiliminde olanlar
- Muayenehanede daha heyecanlı, enerji dolu bir ortam yaratma arzusu
- Muayenehanelerinde kendileri, personelleri ve hastaları için stresi azaltmak isteyen diş hekimleri
- Gelirini verimli bir şekilde artırmak isteyenler
- Daha tatmin edici bir muayanehane hayatı isteyenler

Hasta İçin 10 En nemli Avantaj

- 1. Hastalar için koltukta çok daha rahat bir tedavi ¹**
- 2. Diş hekimliği korku ve řüphesini azaltır ²**
- 3. Daha az iğne ve anestezi ³**
- 4. Vakaların çođunda minimum ya da hiç kanama olmaz ⁴**

5.Daha az post-operatif şişme ve daha hızlı iyileşme

6.Post-operatif enfeksiyon ihtimalinde azalma

7.Daha hassas ve seçici doku kaldırma

8.Çocuklar ve korkusu olan hastalara çok daha konforlu alternatif

9.Hasta ve personal için minimum ağrı ve rahatsızlık

10.Her randevuda daha çok iş (hasta için daha az randevu!)

CO₂ (karbondioksit) Lazerler

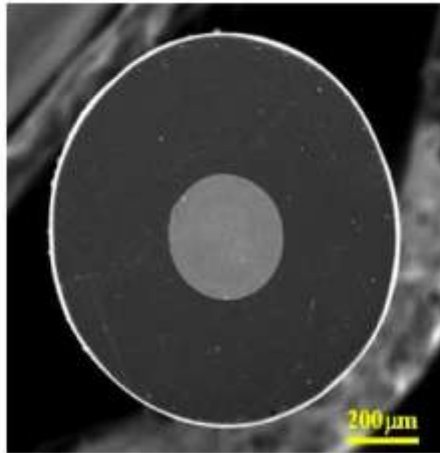
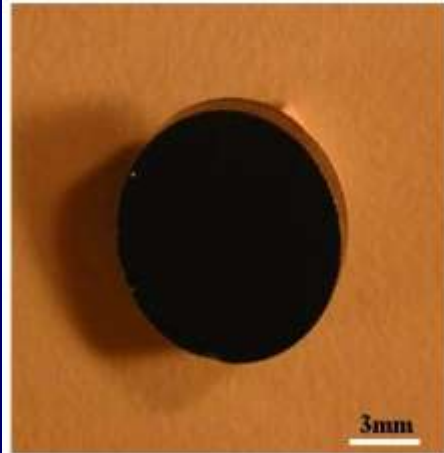
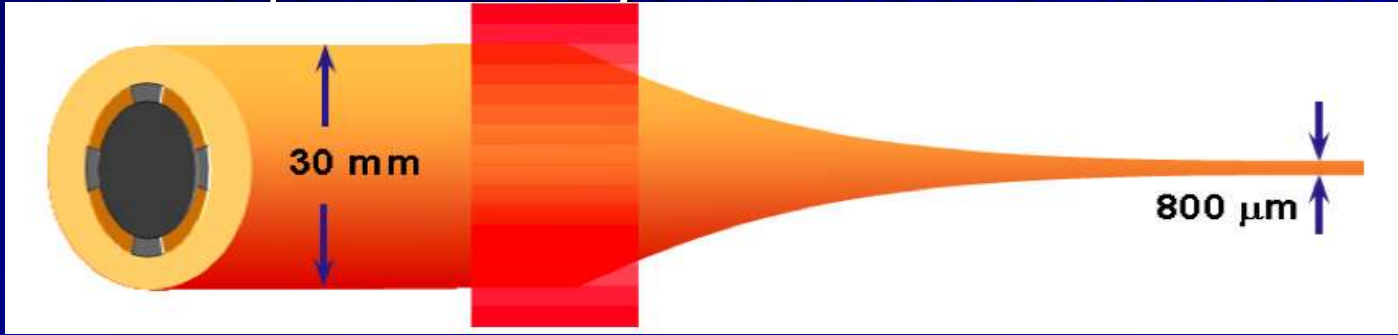
- Dalga boyu ~**10.6 μm**
- Yumuşak dokular için uygun: penetrasyonu çok sığdır.
- Sürekli ışıma veya darbeli (uzun darbeler, μs, ms)
- Su molekülleri tarafından etkin soğurular
- Dezavantajları: yüksek dalgaboyu, büyük odak noktası, kısa darbeler mümkün değıil, güç verimliliğı çok kötü

CO₂ (karbondioksit) Lazerler

- Avantajları/dezavantajları:
 - Yaygın ama eskiyen teknoloji
 - Fiber ile taşınmaz
 - Su soğurma avantajı
 - Zor dalga boyu (teknik açıdan)
 - Güç verimliliği çok kötü, M² kötü (odaklanamaz)

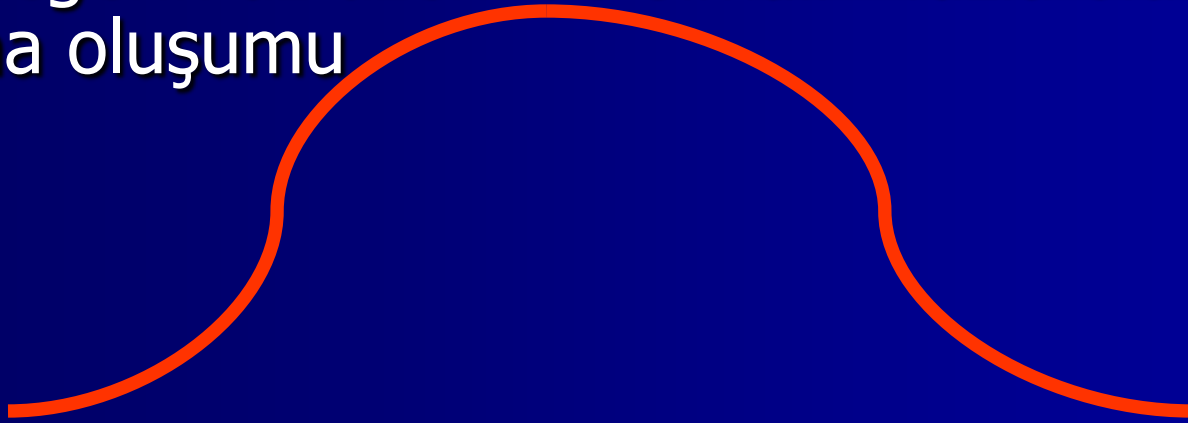
Yeni Fiberlerle İletim (CO₂ Lazer için)

- Normal fiberlerin malzemesi bu dalgaboyunda soğurduğundan lazerin ışığının iletiminde kullanılamaz.
- Yeni kuşak chalcojenide fiberler ile mümkün:



Lazerin Önemli Özellikleri

- Darbeli lazerlerde tepe güç önemli
- Eşik değerin az üzerinde olmalı - fazla olursa plazma oluşumu



$$\text{tepe güç} = (\text{darbe enerjisi}) / (\text{darbe uzunluğu})$$

$$10 \text{ kW} = 1 \text{ J} / 100 \text{ ms}$$

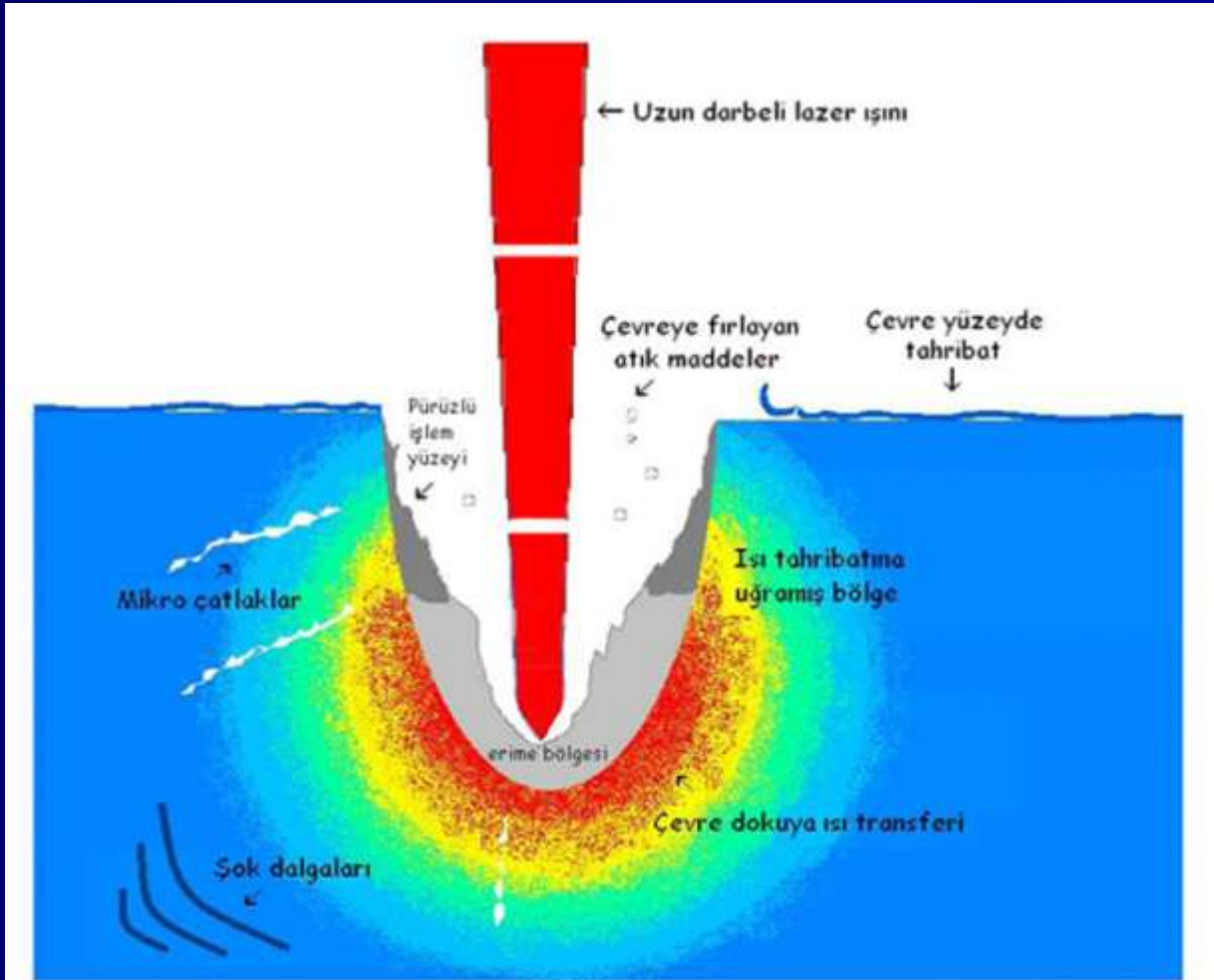
$$\text{ortalama güç} = (\text{darbe enerjisi}) \times (\text{tekrar frekansı})$$

$$10 \text{ W} = 1 \text{ J} \times 10 \text{ Hz}$$

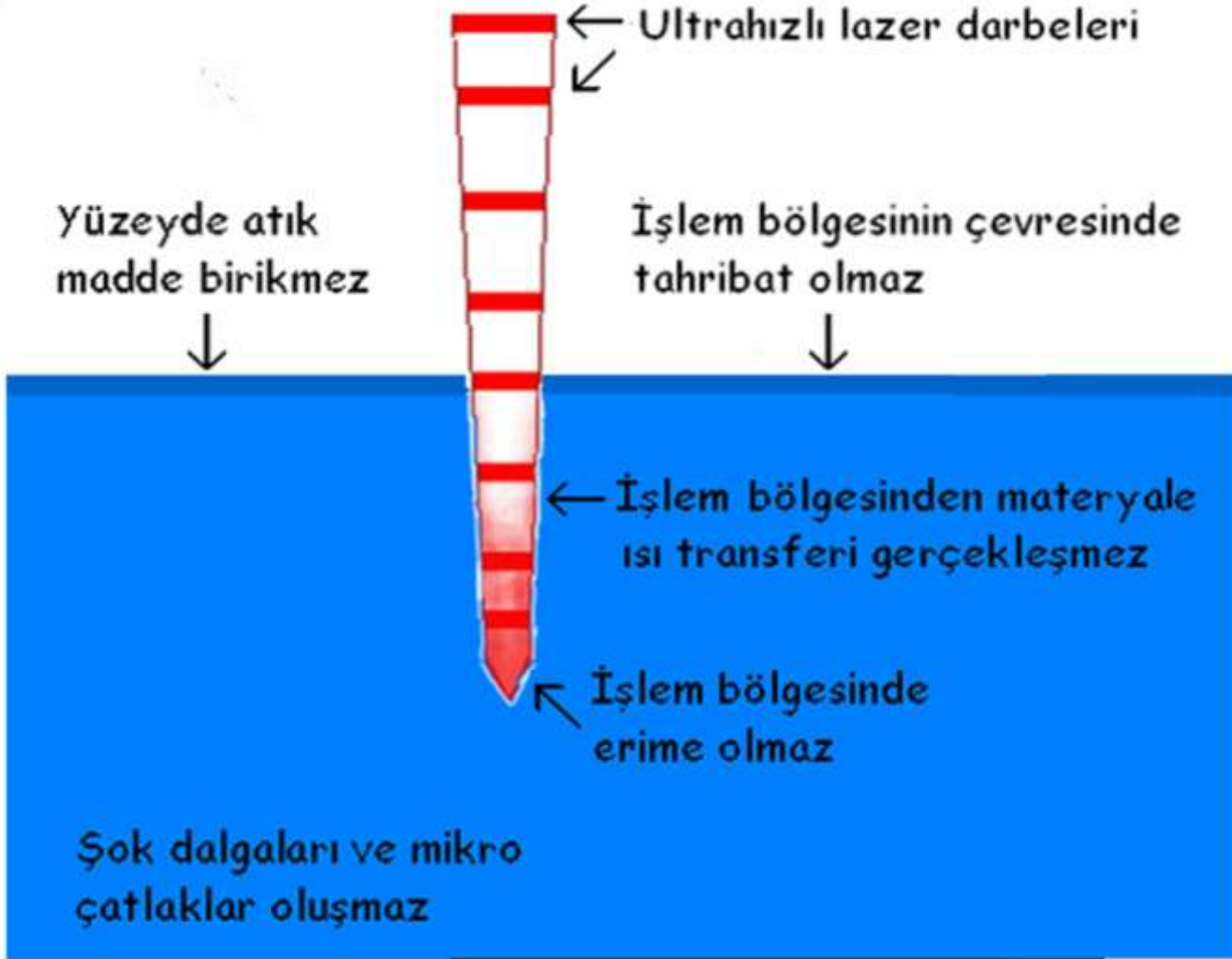
Femtosaniye Lazerler ve Diş Hekimliği

- Klasik Yöntem: Uzun Darbelerle/Darbesiz Malzeme İşleme

Klasik Yöntem: Uzun Darbelerle/Darbesiz Malzeme İşleme



Femtosaniye Darbelerle Malzeme İşleme



Femtosaniye Darbelerle Malzeme İşleme

$$\text{tepe güç} = (\text{darbe enerjisi}) / (\text{darbe uzunluğu})$$

$$10 \text{ MW} = 1 \mu\text{J} / 100 \text{ fs}$$

$$\text{ortalama güç} = (\text{darbe enerjisi}) \times (\text{tekrar frekansı})$$

$$0.1 \text{ W} = 1 \mu\text{J} / 100 \text{ kHz}$$

Çok yüksek güçler çok kısa süreler için!!!

$$100 \text{ fs} = 100 \text{ ns} / 1,000,000 = 1 \text{ saniye} / (\text{milyon} \times \text{milyar})$$

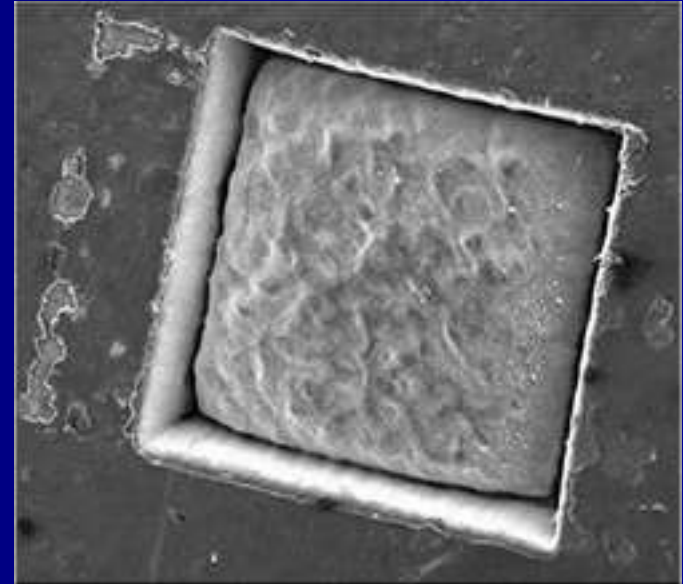
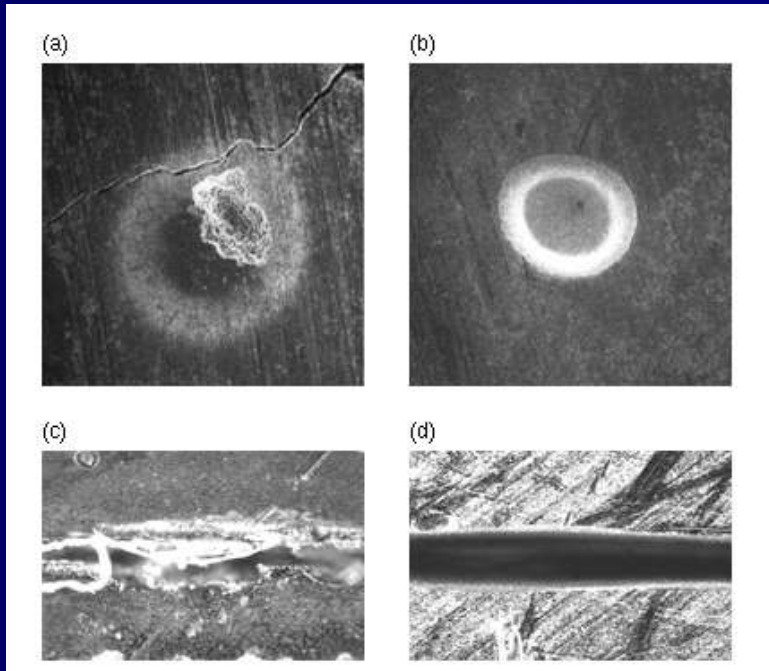
Isınma ortalama güce dayalı, malzemeye etki ise tepe güce

Fikir: Tepe gücü yüksek, ortalama gücü düşük tutmak...

Diş Uygulamaları

- Femtosaniye lazerlerin dişe uygulamasında ön çalışmalar yapılmıştır.
- Er:YAG lazerlerden farklı olarak termal ve mekanik stres oluşmuyor.
- Temel sorun lazerin masrafı (300-400k) ve "robust" olması, ancak bu grupların elinde fiber lazer yok.
- Güçlendirilmiş bile olsa bir fiber lazer 5 kat daha ucuz olabilir.
- Hemen her şey kesilebilir: diş minesi, yumuşak doku

Diş Uygulamaları



ns darbeler ile

fs darbeler ile

Nanocerrahi için Femtosaniye Fiber Lazerler Projesi

Tıbbi ve biyolojik uygulamalar için femtosaniye fiber
lazerlerin geliştirilmesi

Proje ortakları:

- Yaşar Aykaç

Periodontoloji Anabilimdalı, Diş Hekimliği Fakültesi,
Ankara Üniversitesi

- Uygur H. Tazebay

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bilkent
Üniversitesi