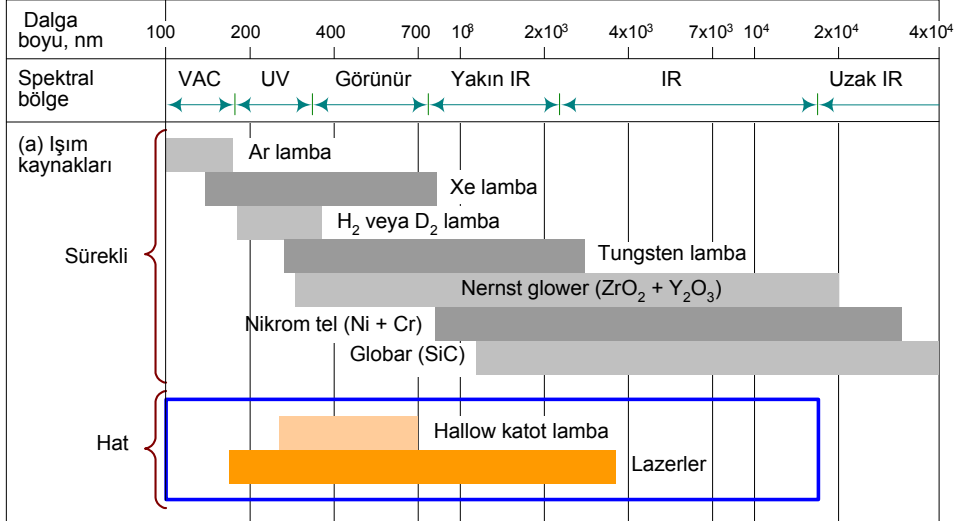


OPTİK SPEKTROSKOPİSİ CİHAZLARI IŞIN KAYNAKLARI

Ref. Işın Kaynakları, Dalga Boyu Seçiciler, Örnek Kapları, Dedektörler

Spektroskopik çalışmalara uygun olması için, bir kaynağın kolay algılanabilecek ve ölçülebilecek yeterli güçte bir ışın demeti üretmesi gerekir. Ayrıca çıkışı da kararlı olmalıdır. Bir kaynağın ışın gücü, tipik olarak, onu besleyen elektrik gücü ile üstel fonksiyonla değişir. Bu nedenle istenilen kararlılıkta ışın gücü almak için düzeltilmiş güce gereksinim vardır. Veya, bazı cihazlarda, kaynak çıkışı bir referans demeti ve bir örnek demeti olarak ikiye bölünür. Birinci demet doğrudan bir transduserine gider, ikinci demet önce örnekten geçer ve sonra kıyaslama transduserine gelir. (Bazı cihazlarda bir transduser bulunur, ve örnek ve referans demetleri ile sırayla ışınlandırılır.) İki transduser çıkışının oranı analitik parametre olarak kullanılır. Böylece kaynak çıkışındaki dalgalanmalar büyük ölçüde yok edilmiş olur.



http://www2.fiu.edu/~cai/index_files/Chapter%207%20Components%20of%20Optical%20Instruments.ppt

Optik spektroskopide kullanılan sürekli ve hat kaynakları

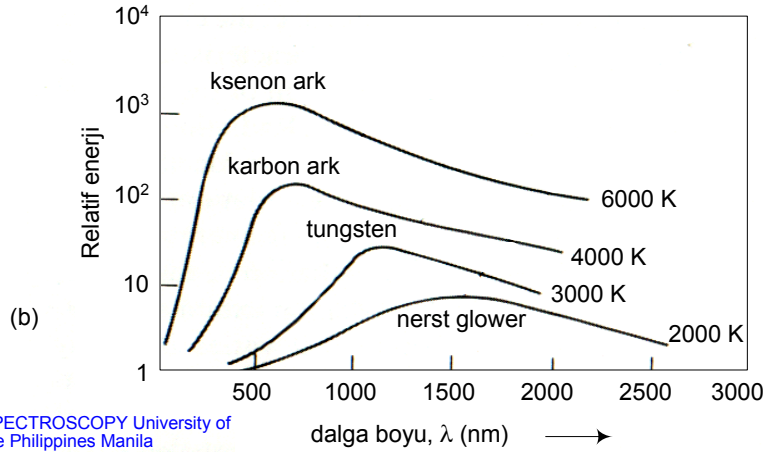
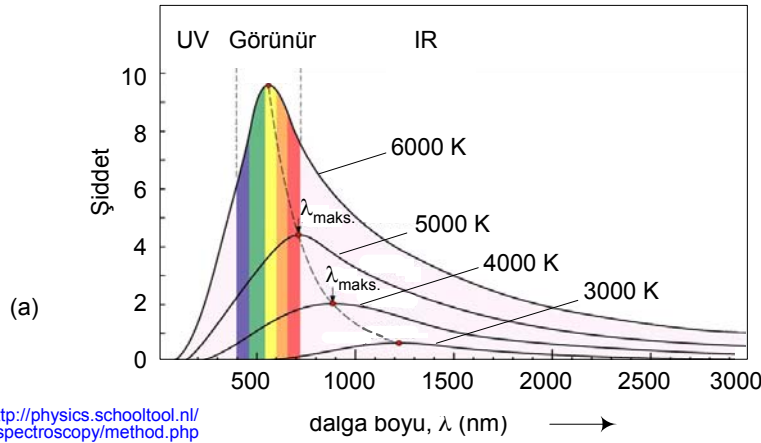
Termal Işık Kaynakları

Planck kanunu: $\rho_v(T) = \frac{8 \pi h v^3}{c^3} \frac{1}{e^{hv/kT} - 1} \text{ J s/m}^3$ $I_v = \rho_v c/4 \text{ J/m}^2$

Stefan Boltzmann kanunu: $I = 5.6705 \times 10^{-8} T^4 \text{ W/m}^2$

Wien displacement kanunu: $\lambda_{\text{maks}} T = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}$

Kirchhoff kanunu: Termal dengede bir cismin (veya yüzeyin) emissivitesi, onun absorbtivitesine eşittir. Siyah cisim: emissivite = 1 Gri cisim: emissivite < 1



(a) Siyah cisim, ve (b) termal ışık kaynakları spektrumları

Sürekli Kaynaklar

1. Termal Işın Kaynakları

IR Bölge Termal Işın Kaynakları

a. Nernst glower	400-20000 nm	IR moleküler absorpsiyon
b. Globar (SiC)	1200-40000 nm	IR moleküler absorpsiyon
c. Nikrom tel	750-20000 nm	IR moleküler absorpsiyon

Görünür Bölge Termal Işın Kaynakları

a. Tungsten (W) filament lambalar	350-2200 nm	görünür/ yakın-IR moleküler absorpsiyon
b. Tungsten halogen lambalar	240-2500 nm	UV/görünür/yakın-IR moleküler absorpsiyon

2. Gaz Deşarj Lambalar

a. H ₂ ark lambalar	160-380 nm	UV moleküler absorpsiyon
b. D ₂ ark lambalar	160-380 nm	UV moleküler absorpsiyon
c. Ksenon ark lambalar	250-600 nm	moleküler fluoresans
d. Civa ark lambalar	<300-700 nm	görünür, UV

Hat-Kaynakları

1. Gaz (buhar) deşarj lambalar (civa, pen-ray, sodyum)	UV/ görünür	atomic absorpsiyon, atomic fluoresans, Raman
2. Hollow katot lambalar (HCL)	UV/görünür	atomic absorpsiyon, atomic fluoresans
3. Elektrotsuz deşarj lambalar (EDL)	UV/ görünür	atomic absorpsiyon, atomic fluoresans
4. Lazerler	UV/ görünür /IR	Raman, moleküler absorpsiyon, moleküler fluoresans

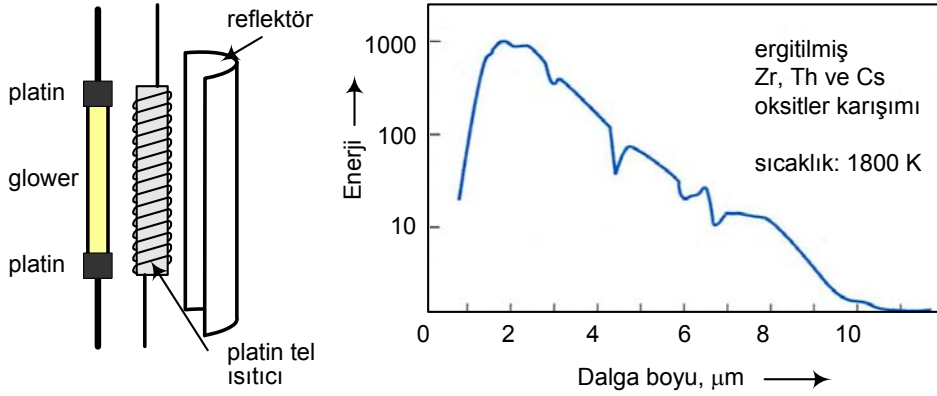
1. Termal Işın Kaynakları

IR Bölge Termal Işın Kaynakları

a. Nernst Glower

Nernst glower infrared spektroskopide kullanılır; çalışma aralığı ~400- 20000 nm dir.

Nernst glower (ZrO_2 , Y_2O_3 , ThO_2 , CsO gibi), nadir toprak metal oksitlerinin ergitilip sıkıştırılmasıyla hazırlanmış 1-2 mm çapında ve 20 mm kadar uzunluğunda, silindirik şeklinde bir malzemedir. Silindirin iki ucuna, akım geçmesi için platin teller kaynatılmıştır. Malzemenin elektrik direnç katsayısı negatiftir, ve önce kırmızıya dönünceye kadar dış bir kaynakla (elektrikle) ısıtılır ve sonra istenilen sıcaklığın sağlanması için yeterli miktarda akım geçirilir. Sıcaklığın artmasıyla (~2000 K) direnç azalacağından kaynak devresi akımı sınırlayacak şekilde dizayn edilmelidir; aksi halde, glower hızla çok ısınır ve bozulur.



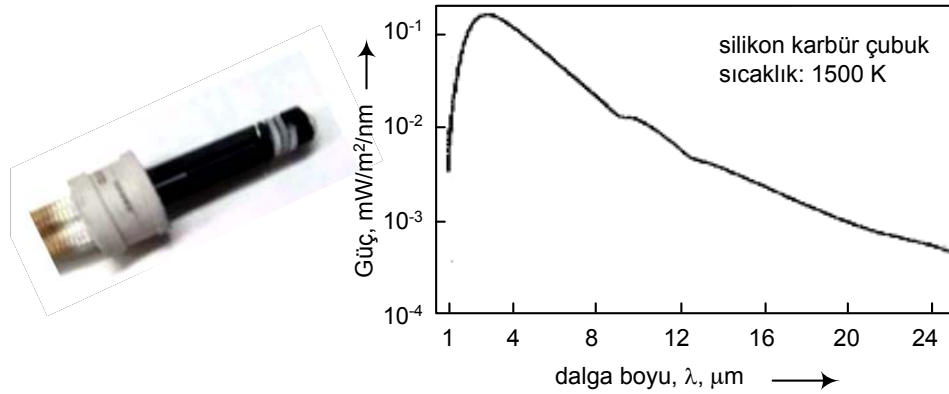
Nernst Glowerin şematik diyagramı ve 2200 K sıcaklıktaki spektrumu

b. Globar (SiC)

IR spektroskopide en çok kullanılan ışın kaynaklarından olan globarların dalga boyu aralığı, genellikle 1200-40000 nm'dir.

Globarlar ~1100 K sıcaklıkta çalışan silisyum karbürden yapılmış ve bir dış ısıtma devresine gerek olmayan kaynaklardır. Bu da Nerst globar gibi elektrikle ısıtılır, ancak direnç katsayısının pozitif olması avantajına sahiptir. Ark oluşmaması için, elektrik bağlantı noktalarının su ile soğutulması gerekir.

Globar da Nernst Glower gibi siyah cisim emisyon eğrisi verir, ancak çeşitli dalga boylarındaki relatif enerjilerinin değişik olması nedeniyle bu iki kaynağın eğrilerinde biraz farklılık vardır. Genellikle daha yüksek dalga boylarında globarın enerjileri Nernst glowerden daha yüksektir. Bu kaynaklar arasındaki seçim uygulamanın özelliklerine göre yapılır. Globar ve Nerst glowerin spektral enerjileri 5 μm 'nin altındaki bölgeye kadar birbiriyle kıyaslanabilir seviyededir. Bu bölgede Globarın verdiği ışının şiddeti daha yüksektir.



c. Nikrom Tel

Nikrom tel (veya akkor tel) kaynak infrared spektroskopide kullanılır; çalışma aralığı ~750- 20000 nm dir. Bu kaynağın şiddeti, Globar veya Nerst glower göre biraz düşüktür, fakat kullanım süresi onlardan daha uzundur. Kaynak sıkıca sarılmış spiral şeklinde akım geçirilerek ısıtılan bir nikrom (Ni+Cr) veya rodyum tel dir, Seramik bir silindire kaynatılmış rodyum bir tel de benzer özellikte bir kaynak görevi yapar.

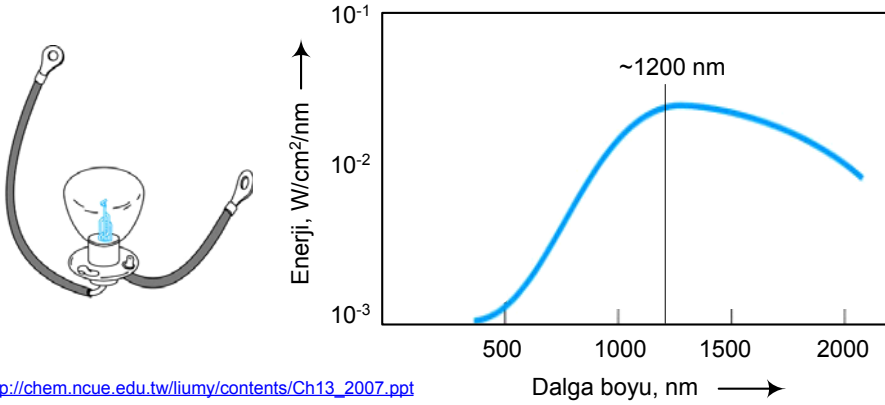
Görünür Bölge Termal Işın Kaynakları

a. Tungsten (W) Filament Lambalar

Görünür ışık ve yakın-infrared ışın için en çok kullanılan kaynak tungsten filament lambalardır. Bu kaynağın enerji dağılımı bir siyah cisme yakındır ve bu nedenle de sıcaklığa bağlıdır. Enerji pikleri, artan sıcaklıklarda daha kısa dalga boylarına doğru kaymaktadır. Ultraviyole ışın elde edilebilmesi için çok yüksek sıcaklıklarda uyarılan bir kaynağa gereksinim vardır; örneğin, tungsten/halojen lambalar 240-2500 nm'de çalışabilen ve UV, görünür ve yakın IR absorpsiyonda kullanılabilen bir kaynaktır.

Absorpsiyon cihazlarının çoğunda, tungsten filament çalışma sıcaklığı ~ 3000 °K dolayındadır. Bir tungsten lambanın çalışma aralığı 350-2500 nm dir. Spektrumun yakın IR bölgesinde şiddet maksimum değere ulaşır. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi maksimum değer yaklaşık 1200 nm dolayındadır.

Görünür ışık bölgesinde, bir tungsten lambanın enerji çıkışı çalışma voltajının yaklaşık dördüncü kuvveti ile değişir. Bu nedenle kararlı bir ışın kaynağı için voltajın yakından kontrol edilmesi gerekir. Bu amaçla sabit voltaj transformerleri veya elektronik voltaj regülatörleri (voltaj düzenleyiciler) kullanılır. Veya, lamba 6 V'luk bir pil ile çalıştırılır, pil iyi koşullarda bulundurulursa oldukça kararlı bir voltaj alınır.



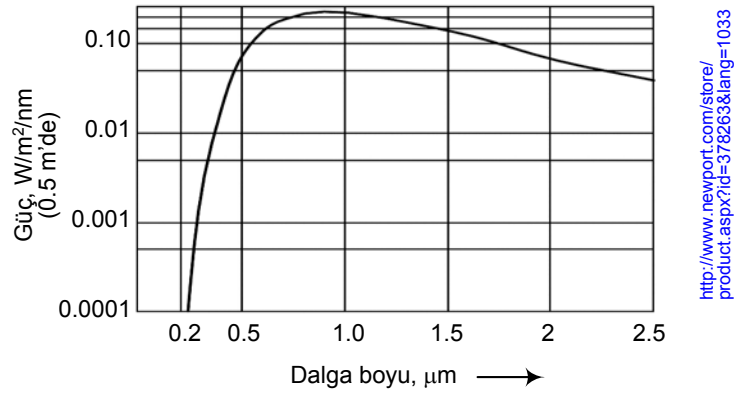
http://chem.ncue.edu.tw/liumy/contents/Ch13_2007.ppt

Bir tungsten filament lamba ve spektrumu

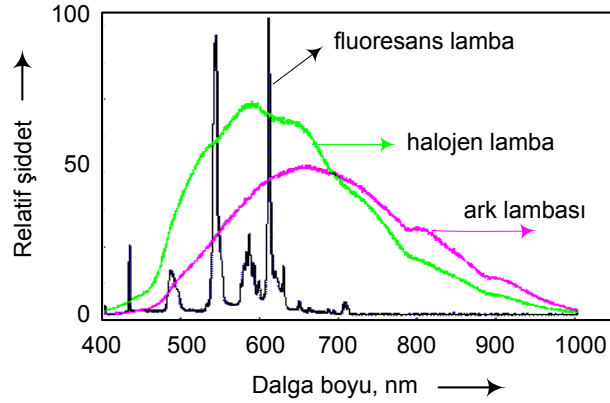
b. Tungsten-Halojen Lambalar

Tungsten-halojen lambalar görünür ve yakın UV bölgede (240-2500 nm) çok kullanılan ışık kaynaklarıdır. Lamba filamenti, halojen olmayan lambalardan daha yüksek sıcaklıklara (~ 3500 K) kadar yükseltilebilir.

Halojen lambalarda az miktarda iyot veya brom gibi bir halojen bulunur. Çalışma sırasında meydana gelen uçucu tungsten halojen bileşiği, tungsten üzerinde birikerek yüksek sıcaklıkta tungstenin yanmasını engelleyen bir deposit oluşturur.



Bir tungsten halojen lambanın spektrumu

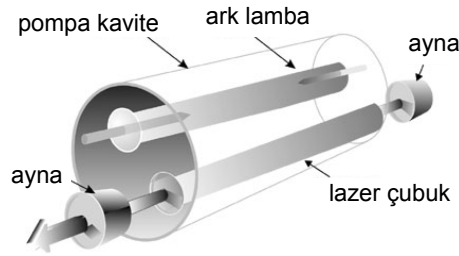


Çok kullanılan bazı fluoresans, halojen ve ark lambaların spektrumları

2. Gaz Deşarj Lambalar

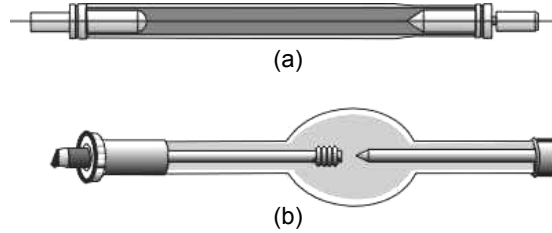
Ark lambalar sürekli ışın kaynaklarıdır. İki tip ark lambası vardır; doğrusal ve kısa-ark lambalar.

Doğrusal ark lambalar silindirik şeklindedir; delik çapı 4-7 mm, ark uzunluğu 5-15 cm dolayındadır. 1-3 atm. gazla doldurulur. Bu lambalar, spektral emisyon şekilleri lazer çubukların absorpsiyonlarıyla kıyaslanabilir olduğundan, katı-hal lazerler için pompa kaynak gibi davranırlar. Aşağıdaki şekilde doğrusal bir ark lamba ile katı-hal lazer pompalama için tipik bir sistem gösterilmiştir.



Bir katı hal lazerin sürekli ark lamba pompalama konfigürasyonu

Kısa-ark lambalarda elektrotlar arasındaki mesafe daha kısadır, 1 mm'den daha azdır. Bu nedenle de nokta kaynaklar gibi davranırlar.



Tipik bir doğrusal (üstte) ve kısa (altta) ark lamba şemaları

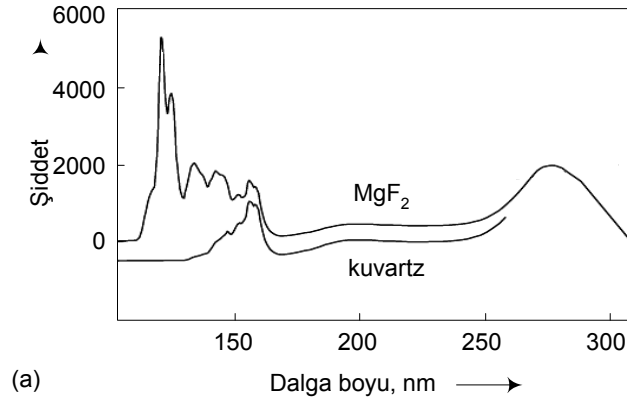
Ark lambalar çeşitli gazlarla doldurulabilir; örneğin, kripton, ksenon, civa, ve civa-ksenon gibi.

a. Hidrojen Ark Lambalar

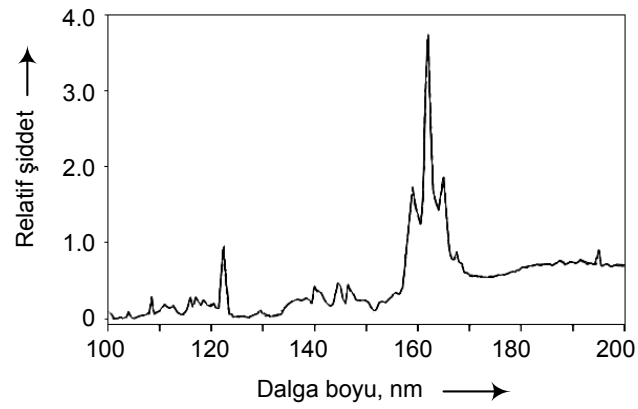
Ultraviyole bölgede sürekli bir spektrum, hidrojenin (veya deuteryumun) elektrikle uyarılmasıyla elde edilir. Kullanılan ceketle 160-380 nm dalga boyu aralığı emisyonu sınırlandırılır.

İki tip hidrojen lambası vardır. Bunlardan yüksek-voltaj lambaların potansiyeli 2000-6000 V arasındadır ve alüminyum elektrotlar arasında bir elektrik deşarjı (boşaltması) yaparlar; yüksek şiddette ışın üretilmesi halinde lambaların su ile soğutulması gerekir. Düşük-voltaj lambalarda, ısıtılmış oksit-kaplı bir filament ile bir metal elektrot arasında ark oluşturulur. Isıtılan filament, 40 V kadar bir voltaj uygulandığında bir dc akım veren elektronlar çıkarır; sabit şiddetler elde edilmesi için bir düzeltilmiş güce gereksinim vardır.

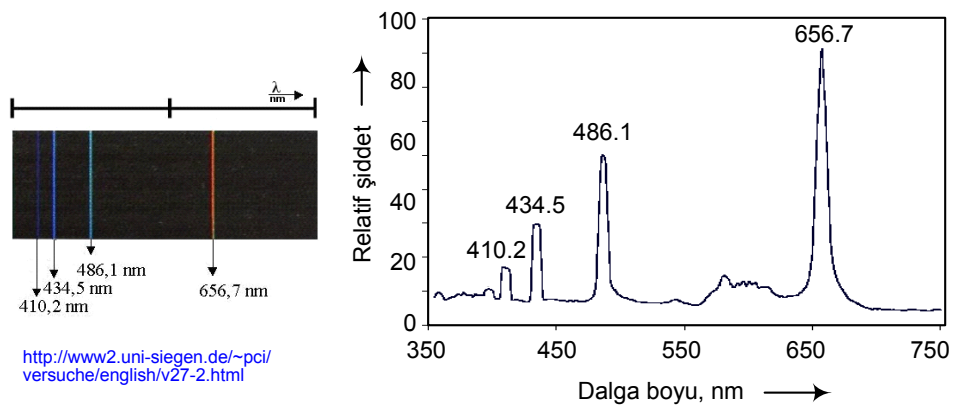
Hidrojen deşarj lambalarının en önemli özelliği iki elektrot arasındaki açıklığın şeklidir; bu, deşarjı dar bir alana sıkıştırır. Sonuçta 1-1.5 mm çapında yüksek şiddette bir ışın topu üretilir.



MgF₂ ve kuvarz pencereleli hidrojen deşarj lambasının 150-300 nm aralığındaki emisyon spektrumları



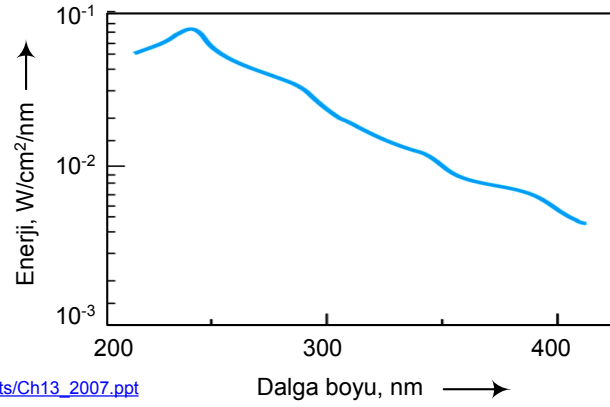
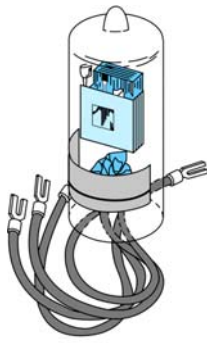
Hidrojen lambanın 100-200 nm aralığındaki spektrumu



Hidrojen lambanın 350-750 nm aralığındaki spektrumu

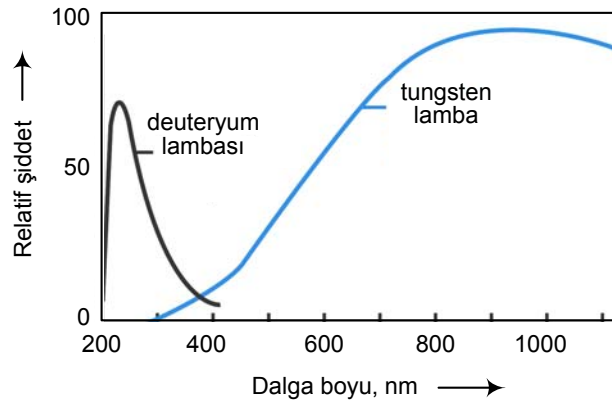
b. Deuteryum Ark Lambalar

Hidrojen yerine deuteryum kullanılması durumunda oluşan ışık topu biraz daha büyük olur. Yüksek-voltaj ve düşük-voltaj D₂ lambalarının ikisi de 160-380 nm aralığındaki UV bölgede sürekli bir spektrum verirler. Bu bölgede cam kuvvetli absorpsiyon yaptığından tüplerin kvartzdan yapılması gerekir. Deuteryum lambanın maksimum şiddeti ~225 nm dolayındadır.



http://chem.ncue.edu.tw/liumy/contents/Ch13_2007.ppt

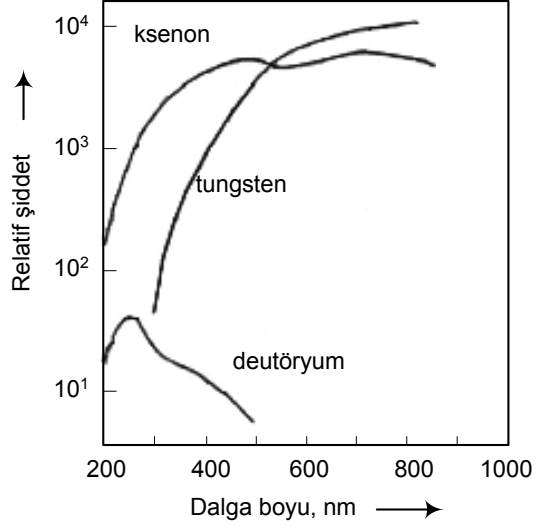
UV bölgede çalışan bir deuteryum lambası ve spektrumu



http://www.sussex.ac.uk/Users/qc25/teaching/QCanalytic1_files/QCanalytic1.ppt

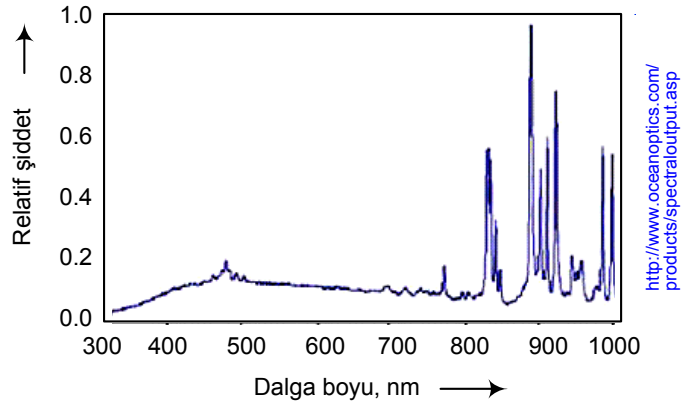
Bir tungsten ve deuteryum lambanın spektrumları

Çeşitli lambaların relatif çıkışları



c. Ksenon Ark Lambalar

Ksenon ark lamba, genellikle moleküler fluoresans çalışmalarda kullanılan sürekli bir ışık kaynağıdır; lamba, bir ksenon atmosferinden akım geçirilmesiyle şiddetli ışın üretir. Spektrum 250-600 nm aralığında sürekli ve ~500 nm'de şiddetli piki bulunur. Bazı cihazlarda lamba, yüksek basınçta (10-20 atm.), bir kapasitörden düzenli deşarjlar yapılarak aralıklı olarak çalıştırılır; böylece yüksek şiddetler elde edilir.

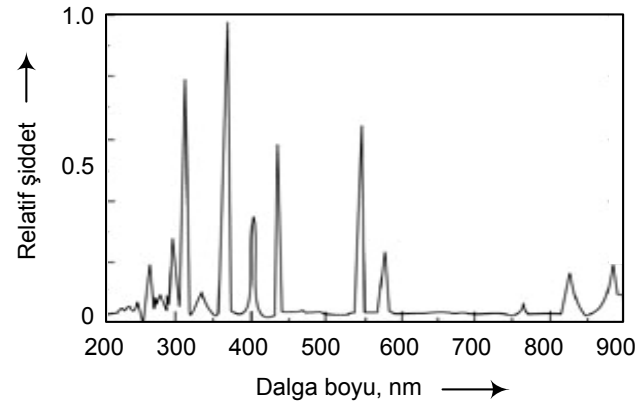
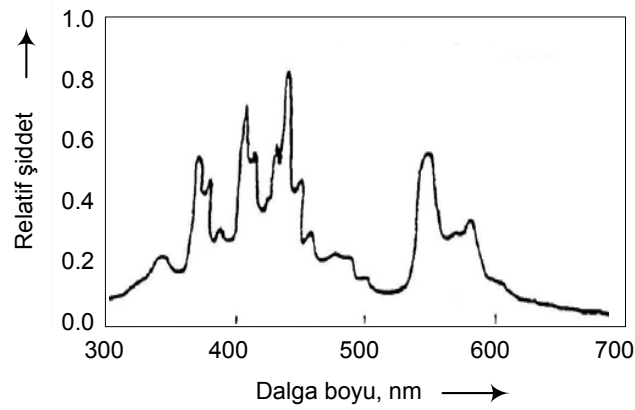


Bir ksenon lambanın emisyon spektrumu

d. Civa Ark Lambalar (Yüksek Basınç)

Civa ark lambalar ultraviyole (kuvvetli) ve görünür bölgelerde ışık verirler. Emisyon spektrumu <300 nm dalga boylarına kadar uzanır. Çok yüksek basınçlarda bile (100 atm. gibi) bazı elektronik geçiş bantları tamamen yok edilemez.

Lambada, oda sıcaklığında az miktarda argon veya ksenon gibi uyarıcı bir gazla sıvı civa bulunur. Deşarj uyarıcı gazla başlar, lamba ısındığında civa buharlaşır ve beş-on dakikalık ısınma periyodundan sonra civa emisyon spektrumu tamamlanır.



HAT KAYNAKLARI

Hat kaynakları birkaç ayrı hat emitleyen kaynaklardır; atomik absorpsiyon spektroskopisi, Raman spektroskopisi, refraktometre, ve polarimetrede kullanılırlar.

1. Gaz (Buhar) Deşarj Lambalar

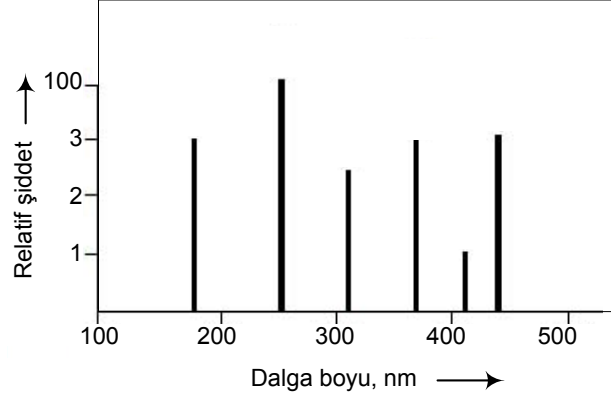
Hat kaynakları olarak kullanılan gaz deşarj lambaları düşük basınçlarda çalışır; düşük basınç çarpışma etkileşimini azaltacağından spektrum hat şeklini alır.

Bir buhar lambası düşük basınçta bir gaz element içeren şeffaf bir zarftır. Zarf içindeki bir çift sabit elektrot arasına bir potansiyel uygulandığında elementin özel hat spektrumu uyarılır. Metalin iyonlaşması elektronlar ve iyonların meydana gelmesini ve böylece iletimin oluşmasını sağlar. Yeteri kadar metal buharı üretilmesi için bir ön ısıtmaya gereksinim vardır; bir kere başlatıldıktan sonra akım kendi kendini besler.

En çok kullanılan gaz deşarj lambaları civa buharı, spektroskopik cihazların dalga boyu kalibrasyonunda kullanılan civa-kalem (Hg pen-lamp), ve sodyum buharı kaynaklardır. Ayrıca, HPLC'de UV dedektörü olarak da kullanılırlar.

a. Civa Buharı Lambası (Düşük Basınç)

Düşük basınç civa lambalar çok kullanılan bir UV hat kaynağıdır; bunlar, kısa dalga boyunda (~254 nm dolayında) ışık emitlerken, yüksek basınç civa lambalar tüm UV-görünür bölge spektrumunda ışık emisyonu yapar. Bu kaynaklar, floresans ve germisidal (ozon verir) lambalarla aynı grupta bulunur.

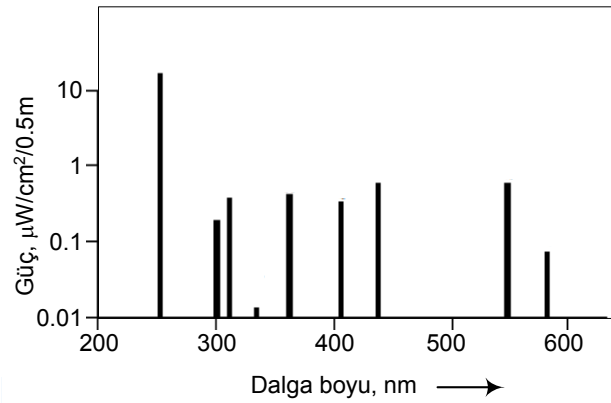


Bir düşük basınç civa lambanın hat spektrumu

b. Hg-Kalem-Lambalar (Pen-Ray)

Spektroskopik cihazların dalga boyu kalibrasyonunda kullanılan çeşitli lamba tipleri arasında (Xe, Ar, Ne ve Kr) en hassas ve ekonomik olanı pen-ray hat kaynaklarıdır; sıcaklığa karşı hassas değildir ve yaşam süresi 5000 saat dolayındadır.

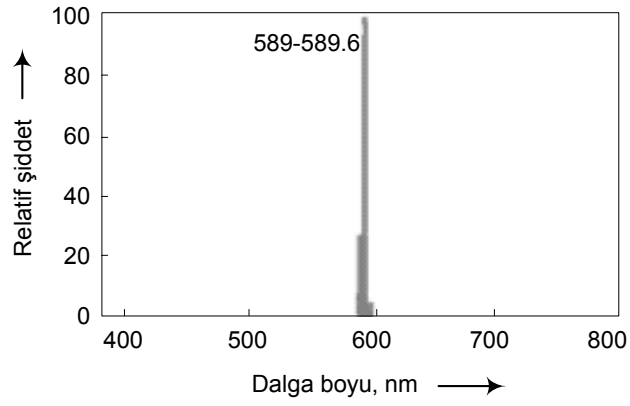
Civanın buharlaşmaya başlaması için lambanın 2 dakika, tam kararlı hale gelmesi için 30 dakika ısıtılması yeterlidir; bu sürenin sonunda ortalama şiddet sabittir. Civanın tamamı buharlaştıktan sonra spektrumda sadece civa hatları görünür, argon hatları kaybolur.



Bir düşük basınç civa(argon) lambanın hat spektrumu

c. Sodyum Buharı Lambası

Alçak basınç sodyum lambası, katı sodyum ile az miktarda neon ve argon gazı içeren bir gaz deşarj tüpüdür. Lamba çalıştırılmaya başlandığında gazdan küçük bir akım geçer ve zayıf bir kırmızılık oluşur; birkaç dakika sonra sodyum buharlaşır. Sodyum buharı sarıdır; tam monokromatik emisyon özelliğindedir ve 589-589.6 nm'de bir çift bant verir.

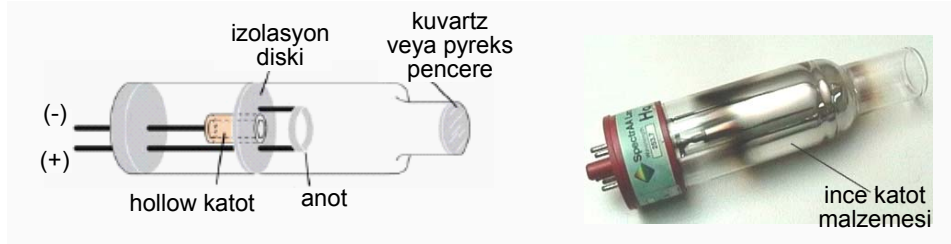


Bir alçak basınç sodyum lambası spektrumu

2. Hollow Katot Lambalar (HCL)

Hallow katot lambaları çok sayıda elementin hat spektrasını verir. UV, görünür, atomik absorpsiyon ve atomik fluoresans spektroskopide kullanılır

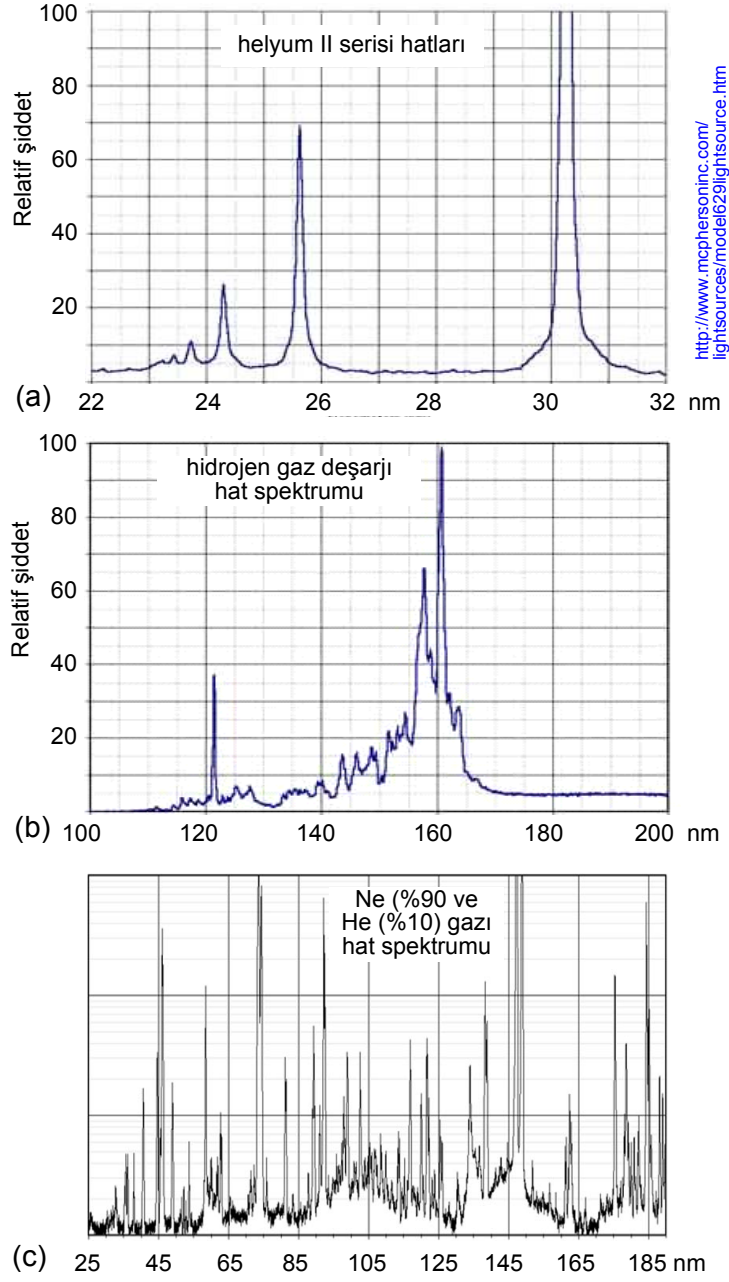
Bunlarda kapalı bir cam tüp içinde tungsten bir anot ile silindirik bir katot bulunur. Cam tüp 1-5 torr basınçta helyum, neon veya argon gibi gazlarla doldurulmuştur, katot, spektrumu alınacak metalden yapılmıştır.



Elektrodlar arasına bir potansiyel uygulandığında gaz iyonlaşır ve iyonların elektrodalara doğru hareket etmesiyle 5-10 mA dolaylarında bir akım doğar. Eğer potansiyel yeteri kadar büyükse gaz halindeki katyonların kinetik enerjisi katot yüzeyinden bazı metal atomlarını çıkarabilecek ve bir atomik bulut yaratabilecek seviyededir; bu işleme "püskürtme" denir. Püskürtülen metal atomlarının bir kısmı uyarılmış haldedirler ve bilinen şekilde kendi karakteristik ışınını yayarlar. Sonunda metal atomları katot yüzeyine veya tüpün cam duvarlarına geri düfüzlenir. Katodun silindirik yapısı ışını tüpün belirli bir bölgesinde yoğunlaştırır; bu dizayn geri dönen metal atomlarının cam duvarlar yerine katoda yönelmelerini de sağlar.

Hallow katot lambanın verimi geometrisine ve çalışma potansiyeline bağlıdır. Yüksek potansiyeller, dolayısıyla yüksek akımlar daha büyük şiddette ışın yaratırlar. Bu avantaj, emisyon hatlarında Doppler genişlemesi etkisinin artışı nedeniyle kısmen azalır. Ayrıca, yüksek akımlar atom bulutundaki uyarılmamış atomların sayısını da artırır; bunlar ise uyarılmış atomlardan çıkan ışını absorblama yeteneğindedirler. Bu kendini-absorblama, özellikle emisyon bandının merkezinde, ışının şiddetini düşürür.

Hallow katot tüpleri çeşitli şekillerde üretilir. Bazılarının katotları bir kaç metal karışımından hazırlanır; bu tip lambalarla bir elementten daha fazla elementin analizi yapılabilir.



Bir hallow katottan elde edilen: (a) helyum II serisi hatları, (b) hidrojen gaz deşarjı hat spektrumu, (c) Ne (%90 ve He (%10) gazı hat spektrumu

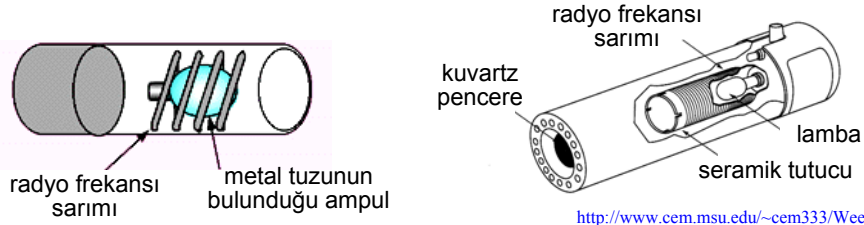
3. Elektrotsuz Deşarj Lambalar (EDL)

Elektrotsuz deşarj lambalar UV, görünür, atomik absorpsiyon ve atomik fluoresan spektroskopide kullanılan ışık kaynaklarıdır.

EDL lambalar hallow katot lambaya benzer. Hallow katot lamba atomik absorpsiyon spektroskopik uygulamalarda çok yeterli bir ışık kaynağı olmasına karşın, bazı hallerde kullanılması olanaksızlaşır. Çok uçucu maddelerle çalışmalarda hallow katot lambanın düşük şiddeti ve yaşam sürecinin kısa oluşu sorun yaratır. Bu durumda, elektrotsuz deşarj lambaları gibi, daha parlak ve daha kararlı kaynaklar gerekir

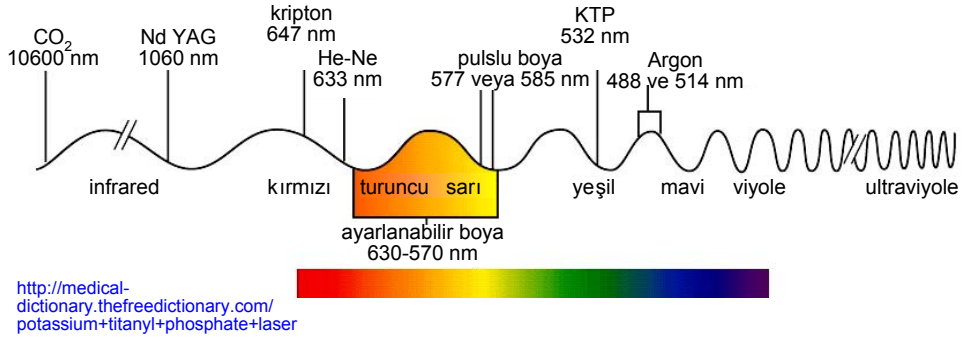
EDL, birkaç torr basınçta bir inert gaz ile az miktarda analizi yapılacak metal (veya metal tuzu) içeren, sızdırmazlık sağlanmış bir kuvarz tüptür. Bir radyo frekansıyla veya mikrodalga güçlü bir sarımla önce inert gaz (örneğin, argon) iyonlaştırılır; iyonlaşan argon metale çarpar ve metalin atomlarını uyarır.

Elektrotsuz deşarj lambaların çıkışı, hallow katot lambalardan daha yüksektir; yine de kullanımı onlar kadar yaygın değildir.



<http://www.cem.msu.edu/~cem333/Week03.pdf>

4. Lazer Kaynaklar



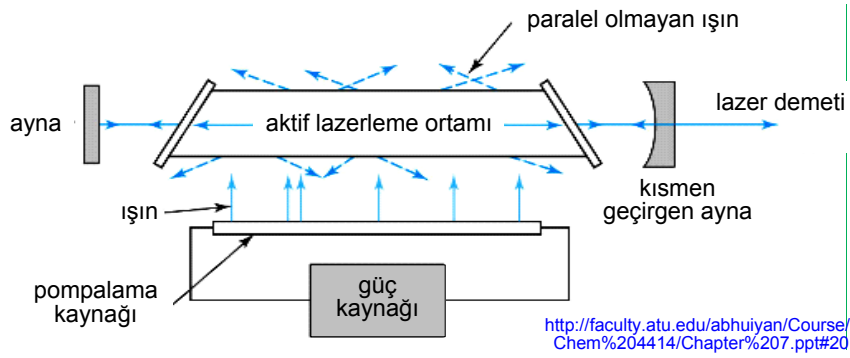
Çeşitli lazer tiplerinin elektromagneik spektrumdaki relatif konumları

İlk lazer 1960'da yapıldı. O zamandan bu güne kadar kimyacılar yüksek resolusyonlu spektroskopide, yaşam süreci 10^{-9} - 10^{-12} s olan kinetik çalışmalarda, atmosferdeki fevkalade küçük maddelerin saptanması ve tayin edilmesinde, ve izotopik seçici reaksiyonların incelenmesinde bu kaynakların kullanıldığı çok sayıda yöntem geliştirdi. Lazer kaynakları, ayrıca, Raman spektroskopisi, emisyon spektroskopisi ve Fourier transform infrared spektroskopisi ile yapılan birkaç rutin analitik yöntemde de önemli kaynaklardır.

Lazer (Laser) sözcüğü "Light Amplification by Stimulated Emisyon of Radiation" (uyarılmış ışın emisyonu ile ışığın kuvvetlendirilmesi) tarifindeki kelimelerin baş harflerini bir araya getirerek türetilmiştir. Işığı-kuvvetlendirme özelliği nedeni ile lazer çok dar, ve fevkalade kuvvetli ışın demetleri üretir. Uyarılmış emisyon işlemiyle yüksek derecede monokromatik (band genişlikleri 0.01 nm veya daha az) ve çok ahenkli (uyumlu) bir ışın demeti elde edilir. Bu eşsiz özellikleri ile lazerler spektrumun ultraviyole, görünür, ve infrared bölgelerinde kullanılan önemli kaynaklardır. Bir kaynaktan gelen ışının oldukça az sayıda dalga boyu veya bandlar içermesi zorunluluğu lazerleri de sınırlamıştı (ilk lazerler). Son zamanlarda bulu-

nan boya lazerleri ile bu sınırlama çözülmüştür; lazer kaynağının "ayarlanabilir" olmasıyla, çalışma aralığı içindeki herhangi bir dalga boyunda dar bir ışın bandı alınabilmektedir.

Şekilde tipik bir lazer kaynağı kısımlarının şematik görünümü verilmiştir. Sistemin kalbi bir "lazerleyici ortam" dır. Bu ortam yakut gibi bir katı kristal, galyum arsenür gibi bir yarı iletken, bir organik boya çözeltisi, veya bir gaz olabilir. Lazerleyici malzeme bir dış kaynaktan gelen ışınla aktiflendirilir veya "pompalanır", böylece oluşan özel enerjili birkaç foton, aynı enerjili bir fotonlar şelalesinin üretimini başlatır. Pompalama, bir elektrik akımı ile veya bir elektrik deşarjı ile yapılabilir. "Gaz lazerler" in aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, dış ışın kaynakları yoktur; bunun yerine güç kaynağı, gaz dolu bir hücredeki bir çift elektroda bağlanır.



Tipik bir lazer kaynağının şematik görünümü

Bir lazer, normal olarak bir osilatör gibi çalışır; üretilen ışın, bir çift ayna aracılığı ile ortamdaki sayısız kere ileri-geri gider gelir. Her geçişte yeni fotonlar oluşur ve büyük bir kuvvetlenme meydana gelir. Tekrarlanan geçişlerle yüksek derecede paralel bir demet elde edilir (paralel olmayan ışın birkaç kez yansdıktan sonra ortamın kenarlarından kaçarak uzaklaşır). Kullanılabilir bir lazer demeti elde edebilmek için aynalardan biri yeteri kadar ince bir yansıtıcı madde ile kaplanır; böylece demetin bir bölümü yansıtılmaz, fakat geçirilir.

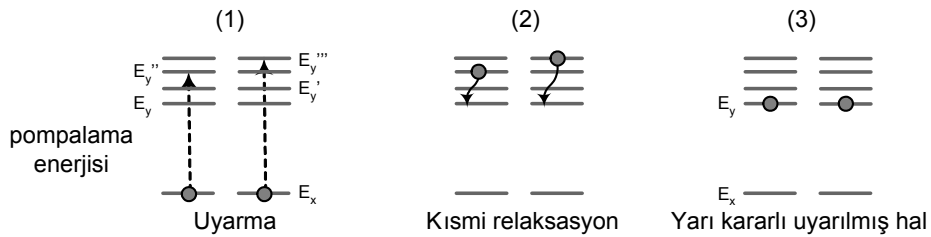
Lazerin etkisi dört işlemin incelenmesiyle anlaşılabilir,

- pompalama,
- kendiliğinden emisyon (fluoresans),
- uyarılmış emisyon, ve
- absorpsiyon.

Olayı açıklamak amacıyla, lazer malzemesinin yapıldığı moleküller, iyonlar, veya atomlardaki çeşitli elektronik enerji seviyelerinden sadece ikisi üzerinde duralım; şekilde görüldüğü gibi, iki elektronik seviyenin enerjileri E_y ve E_x dir. Şekilde, yüksek elektronik seviyede, birbirinden biraz farklı titreşim enerji seviyelerinden bir kaçta (E_y , E_y' , E_y'' , E_y''' , gibi,) gösterilmiştir. Düşük elektronik halin (E_x), ilave seviyeleri ise, gerçekte bulunmasına rağmen, şekilde gösterilmemiştir.

Pompalama

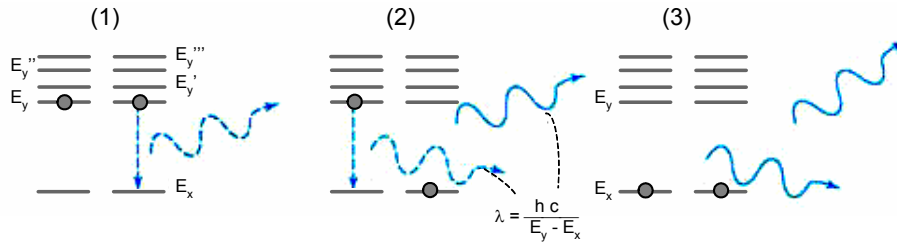
Lazer olayı için gerekli olan pompalama işlemi, bir lazerin aktif taneciklerini bir elektrik deşarjı, bir elektrik akımı geçirilmesi, şiddetli bir ışın kaynağıyla karşılaş-tırma, veya bir kimyasal tanecikle etkileştirerek uyarma işlemidir. Pompalama sırasında, aktif taneciklerin birkaç yüksek elektronik ve titreşim enerji seviyeleri oluşur. Şekil-a1 diyagramında bir atomun (veya molekül) E_y'' enerji seviyesine yükselmesi gösterilmiştir; ikinci bir tanesi, birinciden biraz daha yüksekte bulunan E_y''' titreşim seviyesine uyarılmıştır. Uyarılmış "titreşim" hallerinin yaşam süresi kısadır; $10^{-13} - 10^{-14}$ s sonra, saptanamayacak miktarda bir ısı çıkışı ile, en düşük uyarılmış titreşim seviyesine (E_y diyagramındaki E_y' 'ye) relaksasyon olur. Lazer malzemelerinin bazı uyarılmış hallerinin yaşam süreleri karşıtı olan uyarılmış titreşim hallerinden oldukça uzundur (10^{-3} s veya daha fazla). Uzun-yaşam hallerine "yarı kararlı" hal denir.



(a) Pompalama (elektriksel, ışın, veya kimyasal enerjiyle uyarma)

Kendiliğinden Emisyon (Fluoresans)

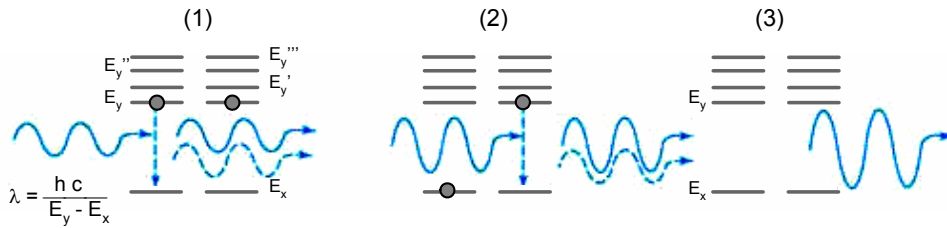
Fluoresansın incelenmesinde de anlatıldığı gibi, uyarılmış bir elektronik haldeki bir tanecik kendiliğinden ışın emisyonu ile, fazla enerjisinin bir kısmını veya hepsini kaybedebilir. Bu işlem, aşağıdaki diyagramda gösterilmiştir. Fluoresans ışının dalga boyu iki elektronik hal, ($E_y - E_x$) arasındaki enerji farkı ile doğrudan ilişkilidir. Aynı zamanda, fotonun emitlendiği an ve yön de uyarılmış her elektron için farklıdır. Yani kendiliğinden emisyon rasgele bir işlemdir; buna göre, b1 diyagramındaki taneciklerden biri tarafından üretilen floresans ışın, ikinci tanecik tarafından üretilenden yön ve faz bakımından farklıdır (b2 diyagramı). Bu nedenle kendiliğinden emisyonla "ahensiz" ışın alınır.



(b) Kendiliğinden (spontane) emisyon

Uyarılmış Emisyon

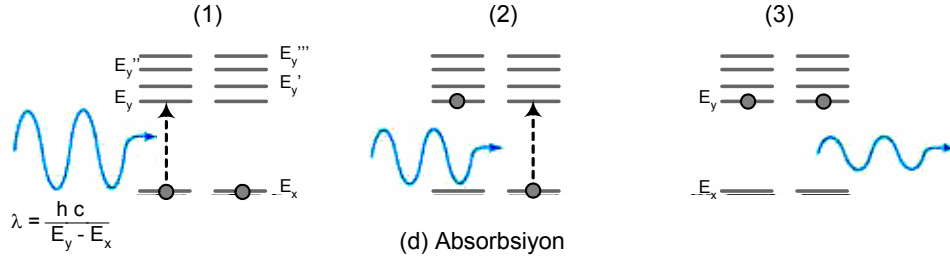
Lazer davranışının temeli olan uyarılmış emisyon Şekil-c'de gösterilmiştir. Burada uyarılmış lazer tanecikleri ile, kendiliğinden emisyonla çıkan fotonlarla aynı enerjideki ($E_y - E_x$) fotonlar (dış bir kaynaktan üretilen) çarpıştırılır. Bu tip çarpışmalar uyarılmış taneciğin "hemen" daha düşük enerji haline geçmesine, ve aniden işlemi uyarıcı fotonun enerjisine tam eşit enerjisine bir foton emitlenmesine yol açarlar. Çok önemli bir nokta, "emitlenen foton, olayı başlatan fotonla aynı fazdadır. Yani, uyarılmış emisyon gelen ışınla tümüyle ahenslidir".



(c) Uyarılmış (stimulated) emisyon

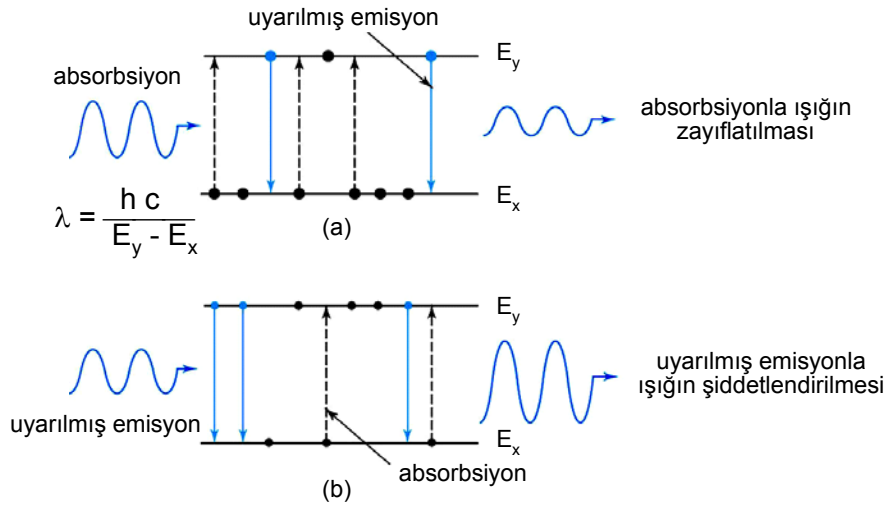
Absorbsiyon

Absorbsiyon, uyarılmış emisyon işlemine rakip bir işlemdir. Burada, enerjileri tam $(E_y - E_x)$ 'e eşit olan iki foton, d3'deki gibi yarı-kararlı uyarılmış hale geçerek absorblanırlar; d3'deki diyagram, a3'deki diyagramla aynıdır.



Yerleşimin Tersyüz Olması ve Işığın Kuvvetlendirilmesi

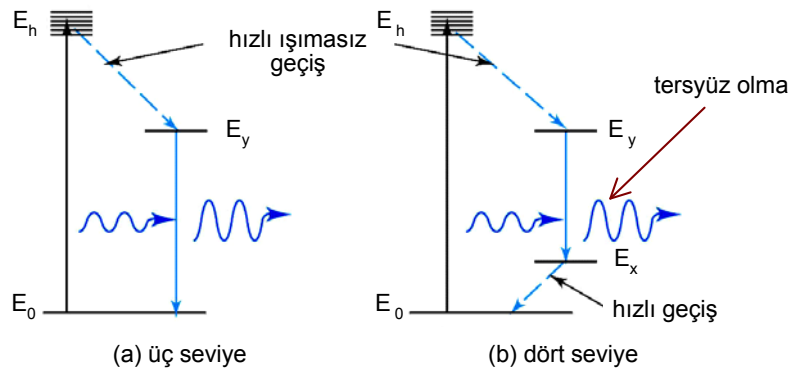
Bir lazerde ışığın kuvvetlendirilmesi için uyarılmış emisyonla üretilen fotonların sayısının absorpsiyonla kaybolanlardan daha fazla olması gerekir. Bu koşul sadece daha yüksek enerji halindeki taneciklerin sayısının daha düşük haldekinden fazla olmasıyla gerçekleşebilir; bu durum, normal enerji halleri dağılımının tersine dönmesi, yani "yerleşimin tersyüz" olması demektir. Yerleşimin tersine dönmesi pompalama işlemiyle meydana getirilir.



Işığın, (a) normal bir yerleşimden, ve (b) tersyüz bir yerleşimden, geçişi

Üç - ve Dört - Seviyeli Lazer Sistemleri

Şekilde çok kullanılan iki lazer sisteminin basitleştirilmiş enerji diyagramları verilmiştir. Üç-seviyeli sistemde lazer ışını, uyarılmış E_y halinden temel E_0 haline geçişle üretilir; dört-seviyeli bir sistemde ise geçiş E_y halinden, E_x halinedir (E_x , temel hal E_0 'dan daha büyük bir enerjiye sahiptir). Ayrıca, E_x ile E_0 arasındaki geçişin hızlı olması da önemlidir.



İki tip lazer sistemi için enerji seviye diyagramları

Dört-geçişli sistemde, lazer hareketi için gerekli olan yerleşimin tersyüz olması durumuna daha çabuk ulaşılır. Bunu daha iyi açıklamaya çalışalım: Lazer taneciklerinin büyük bir kısmı, her iki sistemde de (oda sıcaklığında), temel-hal olan E_0 enerji seviyesinde bulunur. Bunların %50'den fazlasını üç-seviyeli sistemin E_y seviyesine çıkarmak için, yeterli miktarda enerjiye gereksinim vardır. Tersine, dört-seviyeli sistemin E_y seviyesindeki lazerleyici taneciklerin sayısının E_x seviyesindekilerden daha fazla olması için sadece yeteri derecede pompalama işlemi kafidir. Ancak bir taneciğin E_x halindeki yaşam süresi kısa olduğundan E_0 'a geçiş hızlı olur; bu nedenle de E_x halindeki tanecik sayısı E_0 ve E_y 'ye kıyasla ihmal edilebilir. Bu durum, dört-seviyeli lazer durumunda pompalama enerjisinin az miktarda artırılmasıyla yerleşimin tersyüz haline ulaşılır.

Bazı Tipik Lazer Dalga Boyları

Lazer tipi	Dalga boyu, nm
Argon fluorür (UV)	193
Kripton fluorür (UV)	248
Ksenon klorür (UV)	308
Nitrojen (UV)	337
Argon (mavi)	488
Argon (yeşil)	514
Helyum neon (yeşil)	543
Helyum neon (kırmızı)	633
Rodamin 6G boya (ayarlanır)	570-630
Yakut (CrAlO ₃) (kırmızı)	694
Nd:Yag (NIR)	1060
Karbon dioksit (FIR)	10600

Yararlanılan Kaynaklar

Principles of Instrumental Analysis, D.A.Skoog, D.M. West, II. Ed. 1981

<http://faculty.atu.edu/abhuiyan/Course/Chem%204414/Chapter%207.ppt#20>

http://faculty.uml.edu/david_ryan/84.314/Instrumental%20Lecture%204.pdf

<http://physics.schooltool.nl/irspectroscopy/method.php>

http://utopia.cord.org/cm/leot/course04_mod05/mod04_05.htm

<http://www.mcphersoninc.com/lightsources/model629lightsource.htm>

<http://www.oceanoptics.com/products/spectraloutput.asp>