

Laser / lézer

light amplification by stimulated emission of radiation

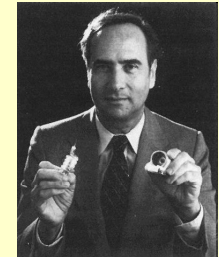
Fényerősítés a sugárzás indukált emissziója révén

Egy kis történelem

1917 - *Albert Einstein*: az indukált emisszió elméleti predikciója

1954 - *N.G. Basow, A.M. Prochorow, C. Townes*: ammonia maser

1960 - *Theodore Maiman*: az első lézer
(rubin lézer)



Egy kis történelem



Alexander Prokhorov

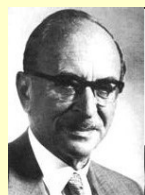


Charles H. Townes



Nicolay Basov

Fizikai Nobel-díj 1964
Lézerek és mézerek fejlesztése területén végzett úttörő munkásságukért



Gabor Denes
Fizikai Nobel-díj 1971
A holográfia kidolgozásáért

Egy kis történelem

William D. Phillips



Steven Chu



Claude Cohen-Tannoudji



Fizikai Nobel-díj 1997
az atomok lézeres hűtésére és
befogására kifejlesztett
módszerért



Zhores Ivanovich Alferov

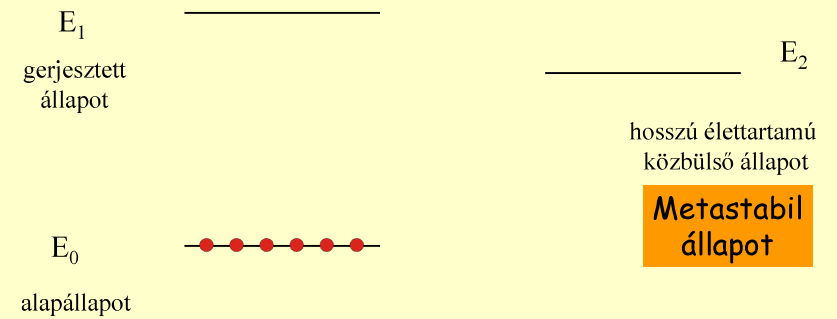


Herbert Kroemer

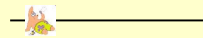
Fizikai Nobel-díj 2000
A félvezető lézerdiódákért

A lézerfény előállításának feltételei és lépései

Speciális elektron energia állapotok



Elektronállapotok betöltöttsége



Termikus egyensúly

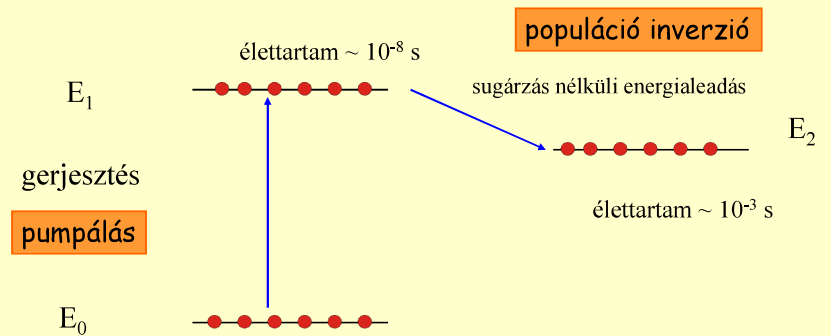
Populáció inverzió

Boltzmann eloszlás szerint:

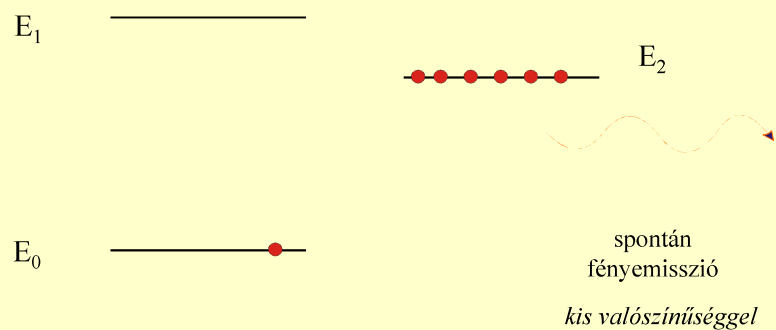
“fordított” betöltöttség

$$n = n_0 e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$$

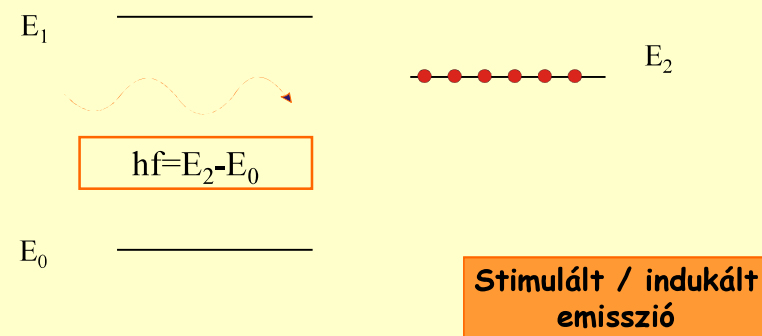
A lézerfény keletkezésének lépései



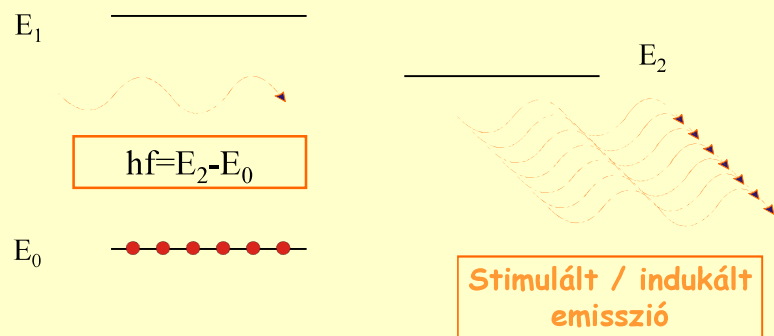
Spontán emisszió



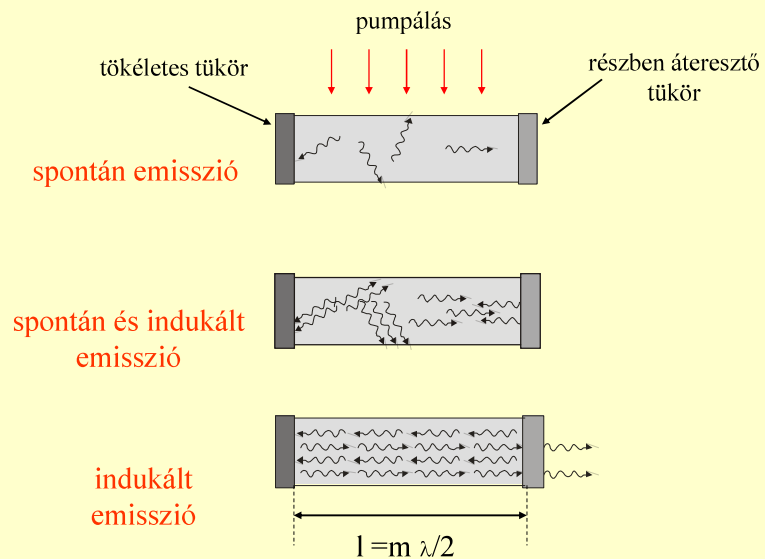
A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



A metastabil nívón lévő elektronok relaxációjának stimulálása



Lézercső – optikai rezonátor



Az indukáló és az indukált emisszió révén keletkezett fotonoknak

azonos az

energiája

fázisa

rezgési síkja

terjedési iránya.

Ezért az indukált emisszióval keletkezett fény

monokromatikus

koherens

poláros

jól fókuszálható

Az indukált emisszióval keletkezett fény

monokromatikus – keskeny spektrális sáv szélesség

koherens – interferenciaképes

időbeli koherencia

térbeli koherencia

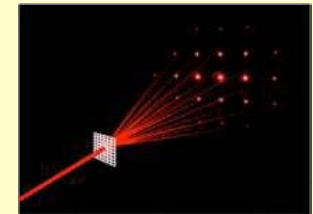
jól fókuszálható

poláros

Rövid impulzusidő lehetséges – ps , fs

Nagy teljesítmény érhető el – kW - GW

Nagy teljesítménysűrűség lehetséges



A lézerek típusai

Anyaguk szerint: *Működésük szerint:* *Teljesítményük szerint:*

szilárd

impulzus

nagy teljesítményű

gáz

folyamatos

kis teljesítményű

festék

felvezető

A lézerek típusai

Anyaguk szerint:

szilárdtest ~: fémionnal szennyezett kristályok

pl. Nd – Yag*, rubin, Ti-zafir

gáz ~

pl. helium – neon, széndioxid, argon/kripton

festék ~: szerves festékek híg oldata

pl. rodamin, kumarin

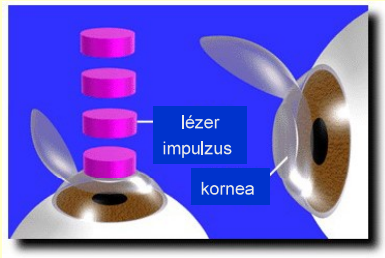
félvezető ~: p és n-típusú félvezetők kombinációjából

* ittrium-alumínium-gránát

Excimer lézer – *excited dimer*

Alapállapotban monomerek, gerjesztett állapotban stabilis komplexek vagy dimerek

Pl. nemesgázok vagy
nemesgáz és halogén keverékek



Ar ₂	126 nm
Kr ₂	146 nm
F ₂	157 nm
Xe ₂ *	172 & 175 nm
ArF	193 nm
KrF	248 nm
XeBr	282 nm
XeCl	308 nm
XeF	351 nm
CaF ₂	193 nm
KrCl	222 nm
Cl ₂	259 nm

A lézerek típusai

Teljesítményük szerint:

5 mW – CD-ROM drive

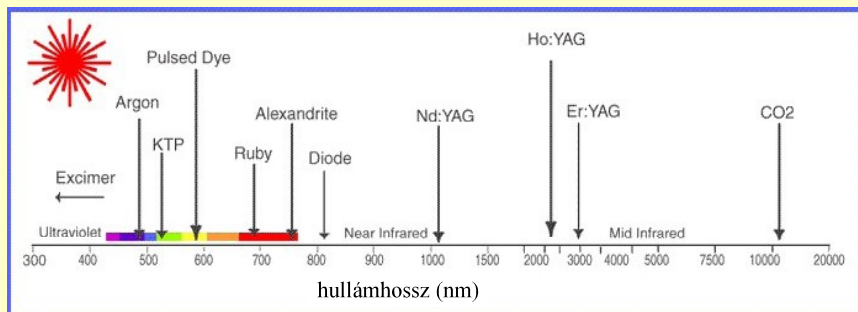
5 - 10 mW – DVD lejátszó

100 mW – CD-író

250 mW – DVD-író

1-20 W – micromegmunkálásban használt szilárdtest lézerek

30-100 W – tipikus sebészeti lézerek



Leggyakoribb lézerek az orvosi gyakorlatban

Típus	λ nm	folytonos	impulzus	alkalmazás
Széndioxid	10 600	20–100 W	10 ⁹ W	sebészet
Nd:Yag	1064	50 W	10 ⁸ W	sebészet
Argon	488 514	10 W	10 ² W	szemészet pumpálás

A lézerek alkalmazása

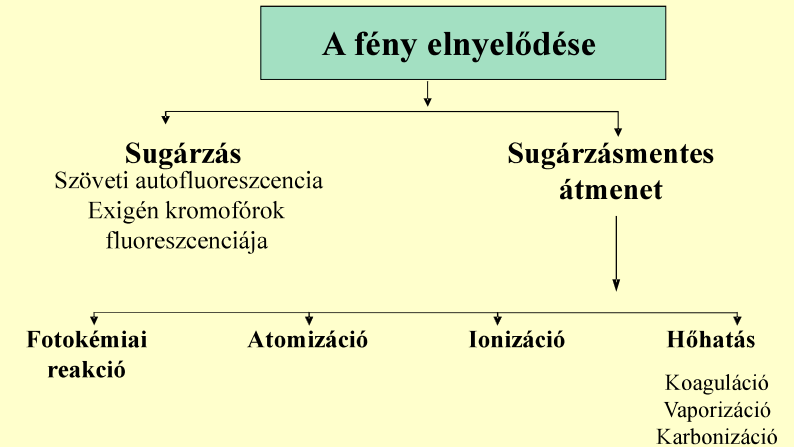
A kiválasztás szempontjai:

hullámhossz
teljesítmény
üzemmód

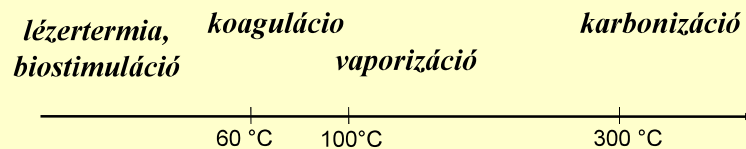
Felhasználási területek

orvos gyakorlat – sebészet, szemsebészet, bőrgyógyászat,
kozmetológia, fogászat, biostimuláció, reumatológia
fotodinamikus terápia
technika, ipar
jelátvitel, kommunikáció
kutatás, szerkezetvizsgálat

Fény által indukált folyamatok a szövetekben



Termikus hatások

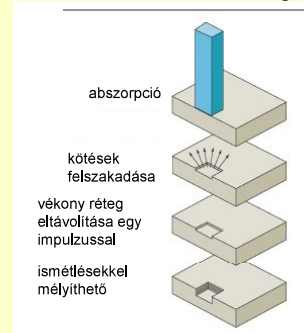


Fotoabláció (eltávolítás) - atomizáció/vaporizáció

UV lézer impulzus (10 MW/cm² - 10 GW/cm²)

Excimer lézerek (193 nm-351 nm), 10-20 ns impulzus

Refraktív kornea sebészet, szövet “contouring” (sculpting)



Fotodiszrupció

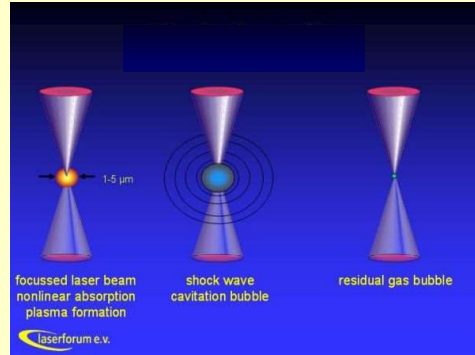
Lágy szövetekben v. testfolyadékokban nagy intenzitású, ns-os impulzusok hatására

Lökéshullám ronsolja a szöveteket

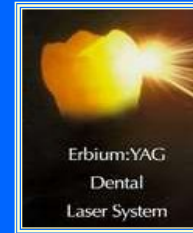
Kavitáció

Vízgőz és CO₂ tölti ki az üreget

A lökéshullám következtében ez szétáramlik a környező szövetekbe



Er:YAG lézer
2940 nm



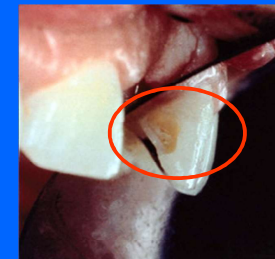
Maximális elnyelődés a vízben és a hidroxiapatitban

Vaporizáció és mechanikai hullám

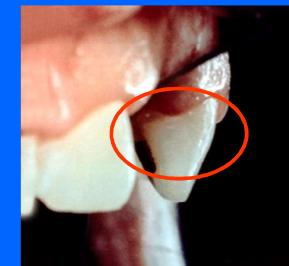
caries eltávolítása
kemény szövetek módosítása
lágy szövetek módosítása



caries eltávolítása



caries eltávolítása





Argon lézer
488, 514 nm



fogfehérítés

Nd: YAP* lézer

930, 1080,
1340 nm



frenectomia



gingivectomia

*YAIO₃:Nd

Er:YAG lézer

2940 nm

vagy

CO₂ lézer

10600 nm

„resurfacing” – ablációs technika

az epidermisz megújítására



Ráncok,
sérülések,
aknék stb.
kezelésére



Nd:YAG lézer

1064 nm

Felszíni erek fotokoaguláción alapuló
korrekciója



Vénák fotokoaguláción alapuló korrekciója



A hét kérdése

Hogyan lehet kiváltani az indukált emissziót?

Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 2.2

2.2.5

2.2.7

2.2.8

IX. 1.1

IX. 1.2

<https://www.youtube.com/watch?v=4SCzwOdg4mc>