

# Bevezetés a lézeres anyag- megmunkálásba

FBN332E-1

Dr. Geretovszky Zsolt

2010. szeptember 15.

## Lézer, azaz a LASER

**L**ight

**A**mplification by

**S**timulated

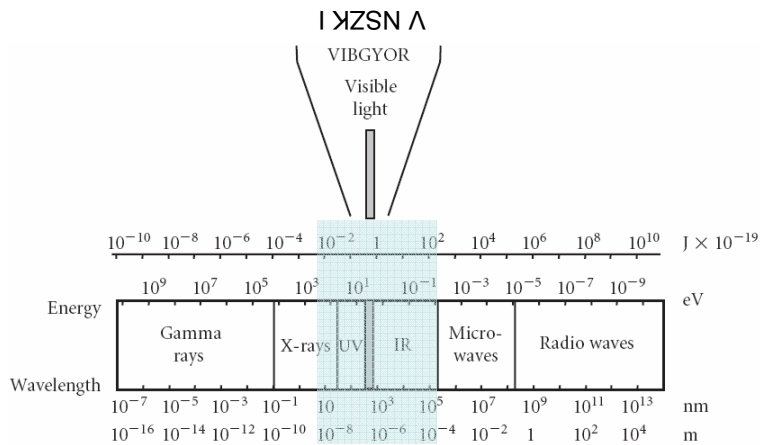
**E**mission of

**R**adiation

fényerősítés (sugárzás) kényszerített  
emissziója révén

Jóllehet a lézer működés elvét anyagok százai demonstrálni (akár olyan egzotikusak is, mint a whisky, a kínai tea, vagy *Eta Carinea* közelében található gázfelhő) a kereskedelmi forgalomban kapható lézerek alig több mint 40 aktív anyaggal működnek.

# A lézerfény tartománya



Az electromágneses spektrum (UV: ultraibolya, IR: infravörös)

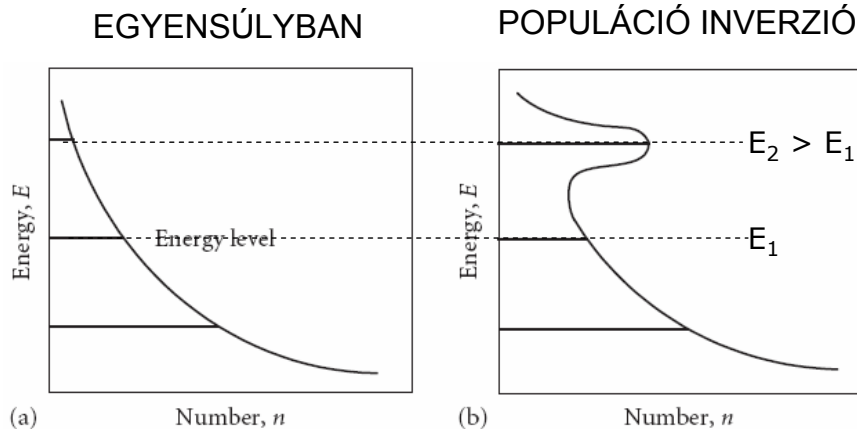
**atomok:** elektronátmenetek ( $\sim 1\text{eV}$ , keskeny)

**molekulák:** az elektronátmenetek mellett rezgési ( $\sim 0.1\text{eV}$ ) és forgási nívókat is megnyitnak ( $\sim 0.01\text{eV}$ )

**kondenzált fázisok** (folyadék, szilárdtest): a nívók kölcsönhatása miatt sávokká szélesednek

## Populáció

A populáció azt mutatja meg, hogy hogyan oszlanak el a részecskék a rendszer számára rendelkezésre álló energianívókon.



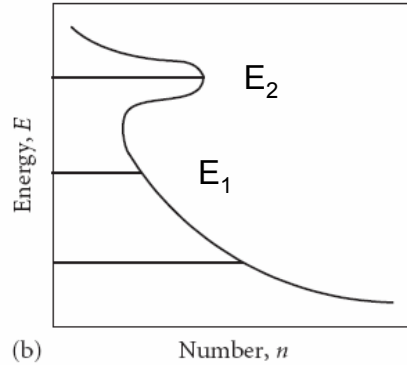
A termodinamikai egyensúly állapotában a magasabb nívók betöltöttsége exponenciálisan csökken (**Maxwell-Boltzmann eloszlás**)

Mesterségesen létrehozott (gerjesztett) állapot, melyet termodinamikai kényszer hajt az energiakibocsátás felé.

**A lézerfény keltésének első előfeltétele:**  
 $\pi(E_2) > \pi(E_1)$

# Gerjesztés

A populáció inverzió elérésének módja, mely lehet elektromos (leginkább gázok esetén) optikai (többnyire szilárdtest lézerek), kémiai

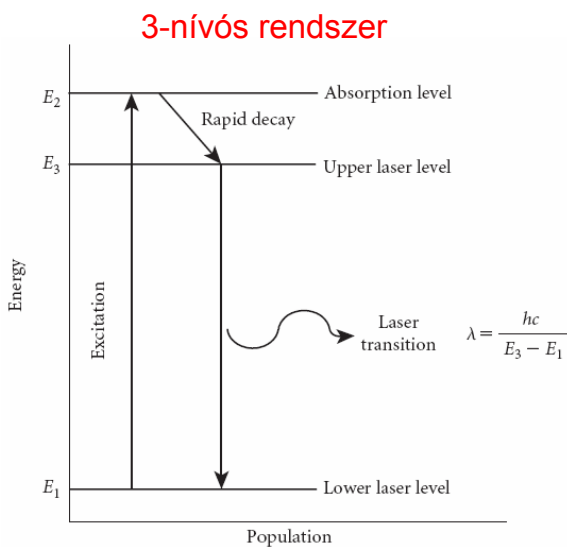


prerequisite for laser light generation

$$\pi(E_2) > \pi(E_1)$$

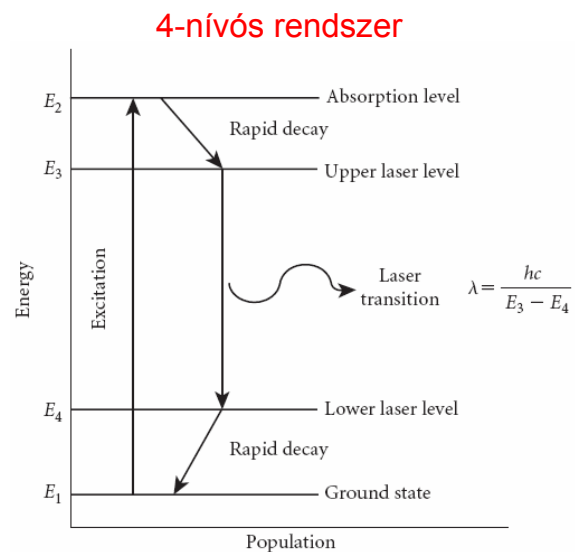
# Energia nívók

Elvben a 2-nívós rendszer is alkalmas lézerműködés kiváltására (a diódlézerek ilyen sémán alapszanak), de a 3-, illetve 4-nívó rendszerek praktikusabbak.



Teljesülnie kell, hogy:

- nagy legyen a gerjesztés
- nagy legyen az  $E_3 \rightarrow E_1$  átmenet valószínűsége
- $\tau(E_3) > \tau(E_1)$  impulzus

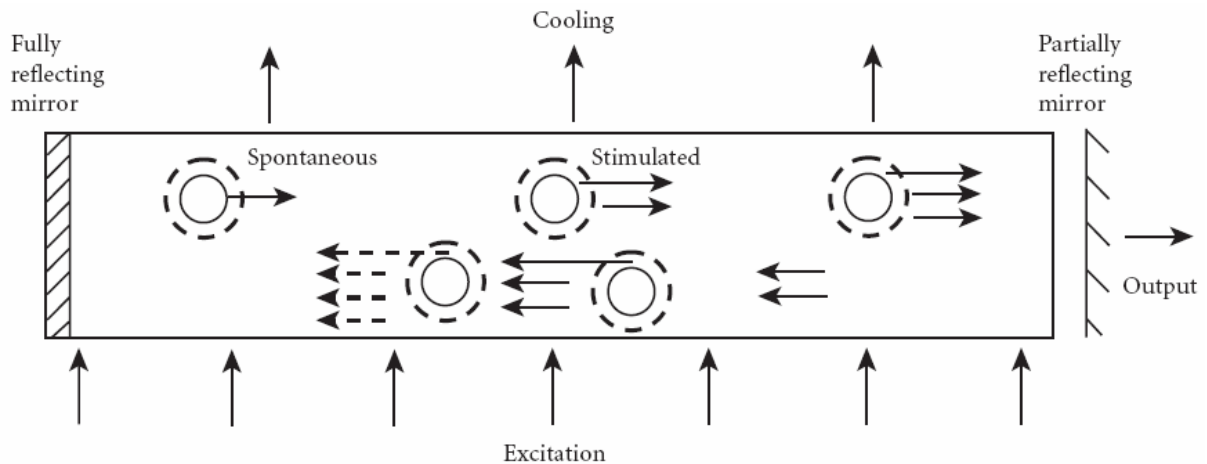


Teljesülnie kell, hogy:

- a gerjesztés kisebb is lehet
- nagy legyen az  $E_3 \rightarrow E_4$  átmenet valószínűsége
- $\tau(E_3) > \tau(E_4)$  folytonos

# Fényerősítés

Az abszorpció és emisszió mellett a fény-anyag kölcsönhatás egy harmadik típusát „igényli”, az ú.n. Kényszerített, vagy stimulált kibocsátást



Az erősítés az *optikai üregben* történik.

erősítés és veszteségek

akkor lesz önfenntartó a folyamat, ha egy körülfordulás alatt több foton keletkezik, mint amennyi elvész (pozitív erősítés)

**A lézerefény keltésének második előfeltétele:  
a pozitív erősítés**

## A lézer kimenet

Az erősítés során keletkező foton az indukált emisszió miatt az a keltő fotonnal **azonos irányban** terjed, azzal **azonos hullámhosszú, fázisú és polarizációjú**.

Emiatt aztán a lézernyaláb

- koherens
- monokromatikus
- kis divergenciájú
- nagy fényességű

A nyaláb viselkedése alapján a lézerek több szempont szerint csoportosíthatóak

- folytonos, impulzus üzemű vagy impulzus sorozatot kibocsátó
- az impulzusidő:  $0.1s - 10^{-15}s$
- impulzus ismétlési frekvencia (Pulse Repetition Rate, PRR): 1-100 kHz
- átlagteljesítmény: mW-kW (csúcsteljesítmény: TW)
- hullámhossz: egyes esetekben hangolható

# A lézerek főbb funkcionális elemei

- Aktív közeg:  
melyben a fény indukált emisszióval erősíthető
- Gerjesztés (vagy pumpálás):  
a populáció inverzió fenntartása
- Optikai üreg:  
optikai visszacsatolás biztosítása
- Kicsatoló elem:  
fény kijuttatása az üregből

+ számos további egység: tápegység, vezérlő- és hűtőrendszer, stb.

## Aktív közeg

**Gáz:** homogén, elektromosan gerjeszthető, flexibilis rezonátor geometriákat tesz lehetővé

nemesgáz, ionos, molekulák ( $N_2$ ,  $CO_2$ , CO), fémgőz (fémion (HeCd), semleges atom (Cu-gőz)), excimer (EXCited diMER)

**Folyadék:** nagyobb a részecskesűrűsége, mint a gázoknak, nagyobb emissziós sáv szélesség (-> hangolható)

festék molekulák (kb. 50 féle)

**Szilárd:** kis méretű lézerek építést teszi lehetővé, nincs szükség gázkezelő rendszerre, de ez a teljesítmény és a nyalábminőség rovására megy

- 1) Mátrixba adalkolt átmeneti és ritka földfém ionok (YAG, zafír,  $CaF_2$ , szilikát és foszfát üvegek)
- 2) félvezetők (homojunction (p- and n-típusú III-V) and heterojunction (multirétegek))

# **Charles K. Rhodes**

History of the 50 Year Ascent 1960 - 2010  
Nonlinear Path to High-Intensity Interaction