

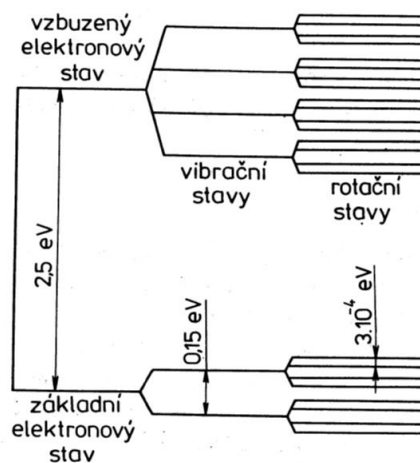
Plazmatické lasery

- Inverze populace hladin se vytváří uvnitř chladnoucího plazmatu s vysoce ionizovanými ionty
- Vytvoření plazmatu - elektrickým výbojem, silnoproudým elektronovým svazkem, produkty jaderných reakcí, chemickými reakcemi, fokusovaným laserovým svazkem.
- Pulsní režim.
- Rentgenový laser (generuje v rentgenové oblasti spektra 1 až 10^2 nm) – plazmatický laser s aktivním prostředím tvořeným mnohonásobně nabitými ionty.
- Vzhledem ke krátkým dobám života na horní laserové hladině, absenci vysoce reflektivních zrcadel v oblasti XUV a agresivnímu plazmatu (poškozuje optiku ve své blízkosti) NELZE použít rezonátor, proto využití procesu tzv. ZESÍLENÉ SPONTÁNNÍ EMISE

Tabulka 11.1: Plynové lasery

Typ	Aktivní prostředí	Vlnová délka λ [μm]	Buzení	Režim
atomární	<i>Cu</i> páry (<i>He</i>) <i>Ne</i>	0,510 0,633 1,15 3,39	el.výboj el.výboj	impulsní kontinuální
	<i>I</i>	1,315	fotodisociace např.: <i>CF₃I</i>	impulsní
iontový	(<i>He</i>) <i>Cd</i> ⁺	0,442 0,325	el.výboj	kontinuální
	<i>Ar</i> ⁺	0,488 0,514	el.výboj	kontinuální
molekulární elektronový přechod	<i>H₂</i> <i>N₂</i>	0,116 0,337	el.výboj el.výboj	impulsní impulsní
excimerový svazek	<i>ArF</i>	0,193	el.výboj	impulsní
	<i>KrF</i>	0,249	svazek elektronů	"
	<i>XeCl</i>	0,308	"	"
vibrační přechod	<i>HF</i>	2,7	chemické	kontinuální
	<i>DF</i>	4,3	"	impulsní
	<i>CO</i>	5,5	el.výboj	"
	<i>CO₂</i>	10,6	el.výboj chem.reakce expanze plynu	"
rotační přechod	<i>H₂O</i> <i>HCN</i>	118,6 a 220,2 331 a 337	rezonanční optické	impulsní

Spektrum energetických hladin molekul



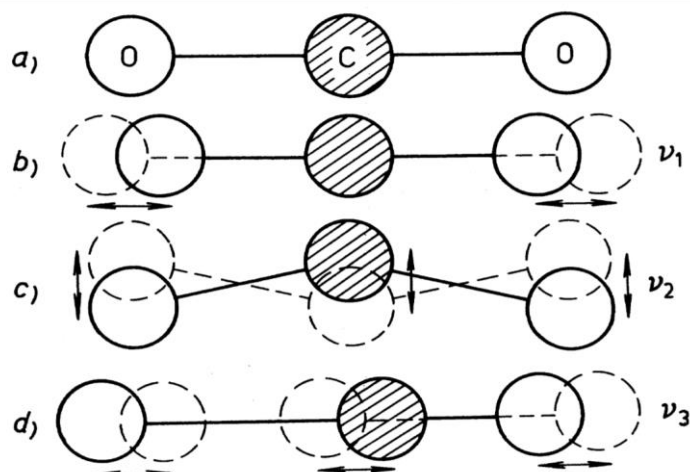
Dusíkový laser – N₂

Dusíkový laser (molekulární laser) může generovat záření v UV, viditelné i infračervené záření. Nejvíce se využívá pro generaci UV záření s vlnovou délkou 337 nm. Laser pracuje v pulzním režimu (délka pulzů několik ns).

Doba života molekuly dusíku na spodní laserové hladině je větší, než doba života na dolní hladině. Při laserové činnosti proto dochází k rychlému nasycení přechodu a zániku inverze populace hladin. Proto buzení musí být rychlé – provádí se příčným elektrickým výbojem. Dosahované zesílení je veliké. Výhoda je, že laser může pracovat bez optického rezonátoru v režimu zesílené spontánní emise.

CO₂ laser

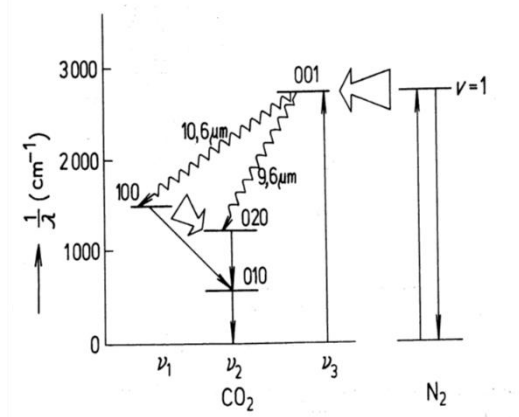
Aktivními molekulami jsou CO₂ molekuly. Ke stimulované emisi dochází při kvantových přechodech mezi různými vibračně-rotacími podhladinami základního elektronického stavu molekuly. Kmitavý pohyb atomů v molekule může být rozložen do tří nezávislých módů: symetrického, ohybového, asymetrického.



Excitace vibračních stavů molekul CO₂ se zajišťuje v doutnavém elektrickém výboji prostřednictvím nepružných srážek molekul s elektrony. Záření s vlnovou délkou 10,6 μm.

Směs plynů CO₂, N₂, He:

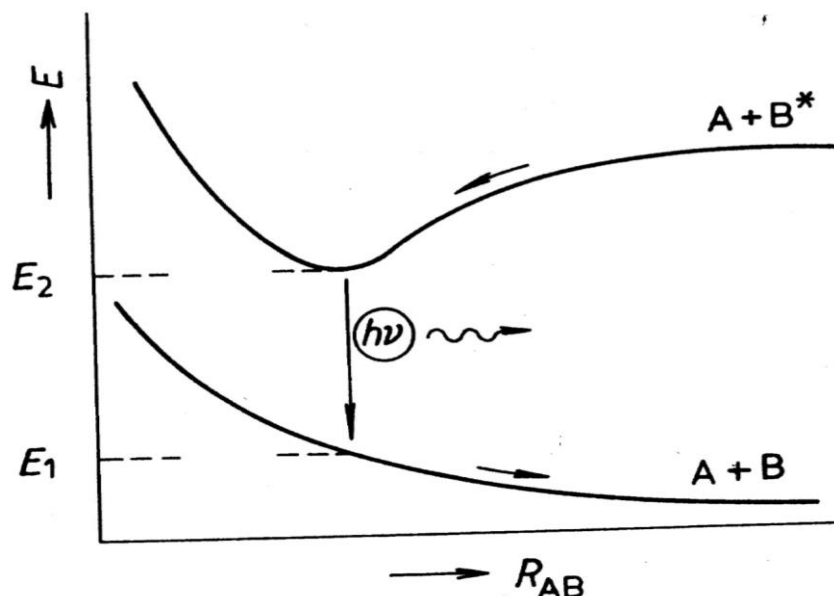
Při srážkách N₂ s CO₂ dochází k účinnému přenosu excitace od jedné komponenty ke druhé. Atomy He ve směsi – podpora depopulace dolní laserové hladiny CO₂.



Excimerové lasery

Excimer je excitovaný dimer. Je to nestabilní molekula, která vzniká jen na přechodnou dobu v důsledku vzájemného působení excitovaného atomu (nebo excitované molekuly) a atomu (molekuly) v základním stavu. Tato nestabilní molekula nemůže vzniknout, pokud oba atomy (molekuly) jsou v základním stavu.

Závislost potenciální energie E soustavy atomu A, B na jejich vzájemné vzdálenosti R_{AB} :



Pokud jsou A, B v základním stavu, je závislost potenciální energie na vzdálenosti R_{AB} monotónně klesající funkcí bez lokálních extrémů, interakce je odpudivá, stabilní molekula AB neexistuje.

Závislost potenciální energie excimeru vykazuje lokální minimum – při přiblížení atomů A a B^* se vytváří vázaný stav – excimer AB^* .

Přejde-li excimerová molekula do základního stavu (např. vyzářením fotonu), nastává rychlá disociace (řádově 10^{-14} s). Bezprostřední rozpad molekuly v základním stavu představuje velmi rychlé vyprazdňování dolní laserové hladiny.

Aktivním prostředím Excimerových laserů jsou právě excimery. Populace horní laserové hladiny N_2 je dána hustotou počtu excimerů. Populace dolní laserové hladiny je prakticky zanedbatelná.

Součinitel zesílení aktivního prostředí je $\alpha = \sigma \cdot N_2$. Buzení excimerových laserů je pulzní (elektrickým výbojem, svazkem rychlých elektronů) - vznikají ionty R^+ a vzbuzené atomy R^*

Tabulka 11.3: Excimerové lasery

Excimer	Vlnová délka [nm]	Šířka spektrální čáry [nm]
Ar_2	126,1	8,0
Kr_2	146,7	13,8
Xe_2	172,0	20,0
$ArCl$	175,0	-
ArF	193,3	1,5
$KrCl$	222,0	5,0
KrF	248,4	4,0
$XeBr$	281,8	1,0
$XeCl$	308,0	2,5
XeF	351,1	1,5
XeO	540,0	25,0
KrO	557,7	1,5
ArO	558,0	4,0

Příklad 10.1

Pro CO_2 laser ($\lambda = 10,6 \mu m$) najděte poměrné obsazení horní hladiny vzhledem k dolní, jestliže je aktivní prostředí laseru v termodynamické rovnováze při $T = 300 K$.

Řešení 10.1

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(-\frac{hc_0}{\lambda kT}\right), \text{ kde } h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s, } k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1} \text{ (Boltzmannova konst.)}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(-\frac{hc_0}{\lambda kT}\right) = 1,234 \cdot 10^{-4}$$