



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

229846

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
H 01 S 3/395 ✓

(22) Přihlášeno 15 02 83

(21) [ZV 1020-33]

(40) Zveřejněno 15 09 83

(45) Vydáno 15 09 86

(75)

Autor vynálezu

KRAJČEK VLASTIMIL ing. CSc., PRAHA

(54) Způsob získávání inverze chemického laseru

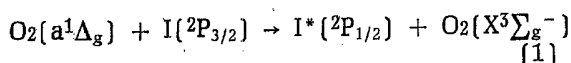
1

Vynález se týká způsobu získání inverze chemického laseru, který by umožňoval využití vysoké hustoty energie obsažené v metastabilních stavech molekul, vznikajících například chemickou reakcí, pro získání inverze vybuzením aktivních center s dostatečnou rychlostí pro použití v impulsních laserech vysokých energií. Jako aktivní centra mohou sloužit například volné atomy. Takovéto lasery se používají pro výzkum řízené termojaderné syntézy. Požadované světelné impulsy se pohybují v oblasti jednotek až desítek nanosekund a jejich energie do desítek kJ.

2

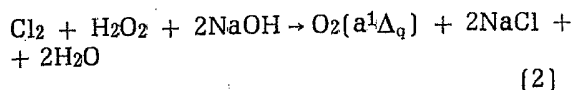
Vynález se týká způsobu získání inverze chemického laseru, který by umožňoval využití vysoké hustoty energie obsažené v metastabilních stavech molekul, vznikajících například chemickou reakcí, pro získání inverze vybuzením aktivních center s dostatečnou rychlostí pro použití v impulsních laserech vysokých energií. Jako aktivní centra mohou sloužit například volné atomy. Takovéto lasery se používají pro výzkum řízené termojaderné syntézy. Požadované světelné impulsy se pohybují v oblasti jednotek až desítek nanosekund a jejich energie do desítek kJ.

V současné době se využívá například rezonančního přenosu energie mezi metastabilní úrovní molekuly kyslíku $O_2(a^1\Delta_g)$ a atomem jodu I:

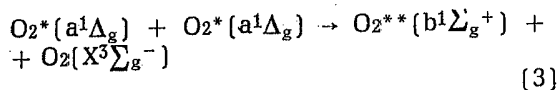


$$k_1 = 7.6 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s}$$

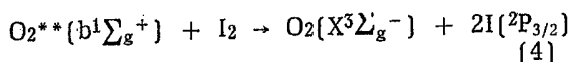
Přirozená doba života $O_2(a^1\Delta_g)$ je 45 min., lze ho proto připravovat chemickou cestou, například chemickou reakcí:



s účinností $95 \pm 5 \%$. Atomární jod pro reakci (1) se získává na základě reakcí:

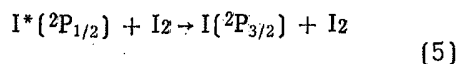


$$k_3 = 2 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^3/\text{s}$$



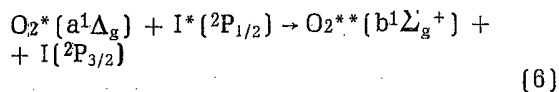
$$k_4 = 2.3 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{s}$$

Proto je možné získávat potřebnou inverzi v tomto laseru směřováním par molekulárního jodu s proudícím kyslíkem $O_2(a^1\Delta_g)$. Tímto způsobem bylo dosaženo kontinuálního režimu činnosti laseru o výkonu 100 W. Provoz tohoto laseru probíhal při parciálním tlaku $O_2(a^1\Delta_g)$ asi 130 Pa. Pro činnost tohoto laseru platí některé omezující faktory, které znemožňují zvýšit koncentraci $I(^2P_{1/2})$ a tím dosáhnout požadované úrovně inverze pro impulsní režim vysokých výkonů. Především je důležitá malá koncentrace $O_2^{**}(b^1\Sigma_g^+)$, která neumožňuje zvýšit množství I_2 v systému. Projevuje se negativní vliv rychlé reakce:

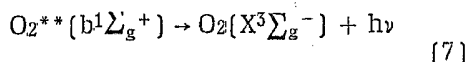


$$k_5 = 3.6 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^3/\text{s}$$

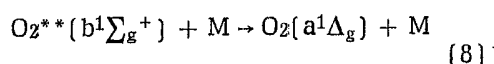
Se zvyšováním koncentrace $O_2(a^1\Delta_g)$ se zkracuje doba života tohoto stavu a systém vyžaduje technicky obtížně dosažitelné rychlosti míchání par jodu s kyslíkem. Projevuje se vliv reakcí:



$$k_6 = 2.6 \cdot 10^{-14} \text{ cm}^3/\text{s}$$



$$k_7 = 7.7 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$$



$$k_8 = 1.0 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^3/\text{s}$$

Dále se projevuje vliv příměsí v plynech a zhášení metastabilních stavů srážkami molekul se stěnami. V zahraničí byla navržena teoretická možnost zvýšení akumulované hustoty energie při současném zachování života na technicky reálné hodnotě na základě podstatného podchlazení směsi laseru, aby se snížily vhodným způsobem rychlosti jednotlivých reakcí. Byla odhadnuta celková účinnost, včetně regenerace použitých chemikálií v okolí 6 %. Předpokládána extrahovaná energie 100 kJ (15 J/l) s dvacetinásobným průchodem světla zesilovačem. Doba mezi jednotlivými průchody světla asi 200 ns, aby mohlo dojít k výměně energie podle rovnice (1).

Nevýhodou tohoto systému je náročná chladicí soustava a nutnost rychlého mechanického míchání par jodu s kyslíkem, která omezuje zvýšení koncentrace

$$[O_2(a^1\Delta_g)] \quad [I]$$

a tím zvýšení rychlosti reakce (1). Zvýšení rychlosti této reakce by umožnilo zkrácení doby mezi průchody světla zesilovačem a zvýšilo účinnost extrakce energie ze zesilovače. Zkrácení této doby by také zjednodušilo konstrukci zesilovače. Získání atomárního jodu na základě reakce (4) není také optimální, vzhledem k nízké koncentraci $O_2^{**}(b^1\Sigma_g^+)$ a reakci (5).

V současné době se také používá fotodisociační jodový laser, v kterém se získávají vybuzeňené stavy atomů jodu fotodisociací UV zářením sloučenin typu CsF_7I . Laserový přechod jodu odpovídá vlnové délce 1.315 μm a UV záření odpovídající maximu účinného průřezu fotodisociace má vlnovou délku 273 nm. Užitečná šířka UV pásma 41 nm.

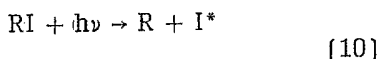
Nevýhodou fotodisociačního laseru je nízká účinnost způsobená nevýhodným poměrem energie kvant potřebných pro fotodisociaci ($h\nu_L$) a kvanty laserového záření ($h\nu_L$):

$$\frac{h\nu_f}{h\nu_L} = 4.82$$

(9)

Také se projevuje malá účinnost zdrojů UV záření potřebných pro fotodisociaci a malá hustota uchované energie v kondenzátorových bateriích. V současných kondenzátorech se dosahuje 100 J/l (0.1 J/g) a účinnost laseru 0.1 %. Tedy pro 10 kJ laserový zesilovač je třeba kondenzátorová baterie 10 MJ, což je technicky velice obtížně realizovatelné. Pro srovnání, současné chemické generátory exitovaného kyslíku umožňují generovat energii 100 J/g.

Uvedené nedostatky čistě chemického laseru a fotodisociačního laseru nemá tento vynález, jehož předmětem jest způsob získávání inverze chemického laseru využívajícího přenosu energie od molekul v metastabilním stavu na aktivní centra, jejichž vybudování stavů je využíváno pro stimulovanou emisi laseru. Podstatou vynálezu je postup, při kterém volná aktivní centra jsou získávána v objemu pracovní náplně molekul v metastabilním stavu fotodisociací molekul obsahujících tato centra. Podstatou je dále postup, při kterém v metastabilním stavu se působí molekulami $O_2(a^1\Delta_g)$ a atomy I, získanými fotodisociací jodidu. Při řešení podle vynálezu se využívá tzv. hybridního způsobu čerpání inverze, spočívajícího v tom, že se do směsi obsahující molekuly v metastabilním stavu přidává sloučenina obsahující aktivní centra ve vázaném neaktivním stavu. Po naplnění příslušné kyvety laserového systému touto směsí se fotodisociací této sloučeniny získává impulsním způsobem v objemu pracovní látky potřebná koncentrace volných aktivních center pro rezonanční přenos energie od metastabilních stavů molekul. Tato vybudovaná centra lze využít pro stimulovanou emisi v laserovém systému. Pro získání inverze se využívá dlouhé doby života molekul v metastabilních stavech za nepřítomnosti aktivních center před zahájením fotodisociace a malého vlivu sloučenin obsahujících tyto centra na dobu života molekul v metastabilním stavu. Jako příklad hybridního způsobu čerpání inverze může sloužit směs obsahující kyslík v metastabilním stavu $O_2(a^1\Delta_g)$ a sloučeniny typu RI používané ve fotodisociačních jodových laserech (např. C_3F_7I), kde se využívá rezonančního přenosu energie na aktivní centra tvořená atomy jodu získané fotodisociací:



Při prvním průchodu laserového svazku se atomy vlivem stimulované emise vrací zpět do základního stavu a jsou opět vybudovány na základě rezonančního přenosu energie od metastabilních úrovní $O_2(a^1\Delta_g)$ podle rovnice (1). Uložená energie v metastabil-

ních úrovních molekul je při jednotlivých průchodech laserového světla přeměňována na světelnou energii laserového záření.

Výhodou uspořádání podle vynálezu je to, že odstraňuje nutnost rychlého mechanického míchání směsi, které vyžaduje klasický chemický laser. Umožňuje rychlý impulsní způsob získání inverze v celém objemu pracovní látky, nutný pro impulsní režim laseru při zachování výhod vysoké hustoty toku energie běžné v chemických laserech. Při impulsním způsobu získávání aktivních center v pracovním objemu molekul v metastabilním stavu je možné použít vyšších koncentrací těchto molekul, tím zvýšit hustotu energie uloženou v laserovém systému a zvýšit rychlost přenosu energie mezi metastabilními stavy molekul a aktivními centry (viz rovnice /1/). Uvedeným řešením se také odstraňuje nevýhoda fotodisociačního laseru a tím nízká účinnost, protože větší část uložené energie je obsažena v metastabilních úrovních molekuly a pouze zlomek energie je získáván fotodisociací. Molekuly v metastabilních úrovních lze získávat chemickou cestou až se 100% výtěžkem. Uvedené řešení odstraňuje také nutnost významného chlazení směsi, protože reálná doba míchání není určujícím faktorem dosažení vysokých hustot energií, jako v klasických chemických laserech. Odstranění velkých kondenzátorových baterií, snížení požadavků na chlazení a rychlosti proudění plynů v laseru podstatně zjednoduší technickou realizaci velkých laserových modulů (pro energie 10 kJ).

Konkrétní provedení vynálezu je možné ilustrovat na konstrukci fotodisociačního laseru čerpaného výbojkami, kdy je křemenná kyveta s pracovní náplní osvětlována UV zářením impulsních xenonových lamp. V takovémto laseru se dosahuje fotodisociací koncentrace vybudovaného jodu $4 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Jako pracovní látka se používá $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$ o koncentraci $5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Tomu odpovídá zisk pro malý signál $g = 0,04 \text{ cm}^{-1}$. Způsob získávání inverze podle vynálezu spočívá v tom, že do kyvety uvedeného uspořádání se napouští kyslík v metastabilním stavu $O_2(a^1\Delta_g)$ o parciálním tlaku 2 kPa s parami $n\text{-C}_3\text{F}_7\text{I}$ v poměru 1:1. Tedy koncentrace kyslíku v metastabilním stavu je asi 10× vyšší než koncentrace jodu získaná fotodisociací po expozici lampami. Proto bude také extrahovaná energie v laserovém záření v odpovídajícím poměru vyšší, než pro klasický fotodisociační laser.

V současné době jsou realizovány jodové fotodisociační lasery s energiemi 1 kJ. Použitím navrženého hybridního způsobu získávání inverze je možné zvýšit energii a účinnost těchto laserů tak, že se stávají perspektivní pro realizaci řízené termojaderné reakce. Vzhledem k tomu, že hustota toku energie chemických generátorů molekul v metastabilních stavech je velice vysoká

{MJ/1}, umožňují tyto generátory společně s navrženým způsobem získávání inverze konstrukce laserů s vysokými opakovacími frekvencemi a energiemi 100 J relativně jednoduchými a levnými technickými prostřed-

ky. Takovéto lasery jsou perspektivní v průmyslu jako zdroj rentgenovského záření pro litografii, nebo pro žíhání polovodičů po implantaci iontů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob získávání inverze chemického laseru využívajícího přenosu od molekul v metastabilním stavu na aktivní centra, jejichž vybuzených stavů je využíváno pro stimulovanou emisi laseru, vyznačený tím, že volná aktivní centra jsou získávána v objemu pracovní náplně molekul v metastabil-

ním stavu fotodisociací molekul obsahujících tato centra.

2. Způsob získávání inverze chemického laseru podle bodu 1, vyznačený tím, že v metastabilním stavu se působí molekulami $O_2(a^1\Delta_g)$ a atomy I., získanými fotodisociací jodidu.