
Octroiraad



[10] A **Terinzagelegging** [11] **7510040**

Nederland

[19] NL

[54] Chemische verbrandingslaser, alsmede werkwijze voor het continubedrijf van een dergelijke laser.

[51] Int.Cl²: H01S3/22.

[71] Aanvrager: TRW Inc. te Redondo Beach, Californië, Ver.St.v.Am.

[74] Gem.: Ir. H.J.G. Lips c.s.
Haagsch Octrooibureau
Breitnerlaan 146
's-Gravenhage.

[21] Aanvraag Nr. 7510040.

[22] Ingediend 26 augustus 1975.

[32] Voorrang vanaf 11 september 1974.

[33] Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).

[31] Nummer van de voorrangsaanvraag: 504950.

[23] --

[61] --

[62] --

[43] Ter inzage gelegd 15 maart 1976.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruck van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

46 205/BS/WVR

TRW Inc., Redondo Beach, Cal., Verenigde Staten van Amerika

Chemische verbrandingslaser, alsmede werkwijze voor het
continubedrijf van een dergelijke laser.

De uitvinding heeft betrekking op een chemische ver-
brandingslaser, alsmede op een werkwijze voor het continu
bedrijven daarvan.

Als reactiemiddel voor een chemische verbrandingslaser
5 is reeds stikstoftrifluoride voorgesteld uit verschillende
vakkringen. In het Amerikaanse octrooischrift 3.688.215
wordt de toepassing van NF_3 beschreven bij een chemische
continulaser. Bij de inrichting volgens dit Amerikaanse
octrooischrift wordt de laser evenwel aangedreven door een
10 elektrische boog van voldoende vermogen om de gasvormige
reactantiemiddelen te dissociëren. Een belangrijk nadeel van
deze bekende inrichting is het gebruik van het boogvermogen,
nodig om de laser aan te drijven. Een aanzienlijke hoeveel-
heid elektrische uitrusting is vereist teneinde de ver-
15 schillende tientallen of honderdtallen kilowatts vermogen
voort te brengen, noodzakelijk om de laserboog te verkrijgen.
Deze vereiste maakt, dat de bekende laser moeilijk transpor-
teerbaar is en gecompliceerd voor toepassing, waar draagbaar-
heid, beweegbaarheid en compactheid gewenst zijn.

20 In Chemical Physics Letters, vol. 8, No. 2, blz.214-216
worden door Jensen en Rice mislukte pogingen beschreven om
binaire mengsels van NF_3 en waterstof tot laserwerking te
brengen door aanslaan met een xenonflitslamp. Jensen e.a.
merken evenwel op, dat reeds eerder onderzoekers in staat
25 waren om een gepulseerde waterstoffluoridelaser te bedrijven
door aanslaan van een NF_3 + waterstofmengsel met een
elektronenbundel. Jensen e.a. vonden, dat het laseren kon worden
tot stand gebracht door gebruik te maken van NF_3 en waterstof,
indien chloortrinitride aan het mengsel werd toegevoegd. In
30 toevoeging aan het feit, dat het hier gaat om een pulslaser
in plaats van een continu golflaser, vertonen de systemen
ontwikkeld door Jensen e.a. het voor de hand liggende nadeel,
dat een extra explosief gas nodig is om het NF_3 + waterstof-

7510040

mengsel werkzaam te maken.

Het is nu het doel van de uitvinding de hierboven genoemde nadelen te vermijden en een doelmatige chemische verbrandingslaser te verschaffen, die een continu golfbedrijf
5 kan leveren.

Een door verbranding aangedreven waterstoffluoride (HF) of deuteriumfluoride (DF) chemische laser kan worden bedreven door gebruik te maken van stikstoftrifluoride en een materiaal dat waterstof of deuterium als reactiemiddelen
10 beschikbaar heeft. In het geval van de DF chemische laser wordt het stikstoftrifluoride tot reactie gebracht met een waterstofhoudend materiaal, zoals waterstof, ammoniak, acetyleen, benzeen, of hydrazine door injectie van de reactie-
15 inert verdunningsmiddel, en bij bekrachtiging wordt een hypergolische reactie tot stand gebracht, welke temperaturen voortbrengt, voldoende hoog om het stikstoftrifluoride te dissociëren in fluoratomen, fluormoleculen en stikstofmoleculen.

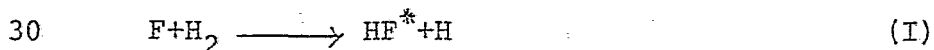
20 De produkten van de verbrandingsreactie worden vervolgens geïnjecteerd in een optische resonantieholte tezamen met een verwarmd deuteriumhoudend gas, waarbij de fluoratomen en moleculen reageren met het deuterium voor het voortbrengen van DF moleculen, waarvan een onevenredig grote fractie
25 in aangeslagen vibratietoestanden verkeert, waardoor een partiële populatie-inversie wordt voortgebracht in de bovenste vibratieniveaus van het DF molecuul met betrekking tot de grondtoestand, zodat er een laserwerking optreedt. Het deuteriumfluoride gasprodukt wordt verwijderd uit de
30 holte door middel van een cryogeen, een chemische, een mechanisch of een ejectiepompgaan. De laserbundel wordt geëmitteerd uit de holte met behulp van spiegels, die dwars op de gasflux zijn gelegen. De door stikstoftrifluoride verbranding aangedreven laser verschaft een middel om een
35 continue golflaser voort te brengen, die compact is en nagenoeg onafhankelijk van enige uitwendige elektrische

7510040

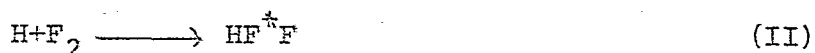
energievereisten. Door gebruik te maken van stikstoftrifluoride en een waterstofhoudend gas, zoals ammoniak of benzeen, zijn de gevaren en hanteringsproblemen inherent geassocieerd met het bedrijven van bekende waterstoffluoride en deuterium-fluoridelasers nagenoeg weggenomen.

De uitvinding zal thans nader worden toegelicht onder verwijzing naar de tekening, waarin een dwarsdoorsnede in schematische vorm is te zien van een apparaat, dat voor de uitvinding kan worden toegepast.

Volgens de uitvinding wordt een veilig, inert, niet corrosief gasvormig reactiemiddelsysteem verschaft voor toepassing bij door verbranding aangedreven chemische lasers met een continue golfuitgang. Stikstoftrifluoride verschaft een stabiele niet corrosieve bron van fluorgas, terwijl er minder koeling nodig is dan bij fluor zelf om het vloeibaar te krijgen, en is inert met waterstof tot 350°C, maar kan soepel branden met waterstof, ammoniak, acetyleen, benzeen of hydrazine, wanneer het eenmaal is ontstoken. Een overmaat van stikstoftrifluoride reageert in de verbrandingskamer met een waterstofhoudende bron. De chemische reactie bij hoge temperatuur in de verbrandingskamer dissocieert de overmaat stikstoftrifluoride tot stikstofmoleculen en fluormoleculen. De verhouding van fluoratomen tot fluormoleculen wordt in de verbrandingskamer zo dicht als praktisch mogelijk is gehouden bij 100 %. Algemeen verdient het de voorkeur om tussen de 80 en 100% fluoratomen in de verbrander te hebben in vergelijking met de fluormoleculen. Deze voorkeur is gebaseerd op het feit, dat de reactie :



een veelvoud sneller is dan de reactie :



De grotere reactiesnelheden zijn gewenst teneinde

7510040

te waarborgen, dat de laserstof wordt opgewekt in de optische trilholtte voordat de concentratie van deactiverend materiaal zoals de grondtoestand van het HF molecuul in het geval van een HF laser een waarde opbouwt, voldoende om het laserproces te verlagen of te stoppen.

De verhouding van de fluoratomen tot de fluor-moleculen in de verbrander wordt bepaald door de druk en de temperatuur in de verbrander en door de verhoudingen van de hoeveelheid waterstof of deuteriumreactiemiddelen en de hoeveelheid van het verdunningsmiddel voor het stikstoftrifluoride. Wiskundig uitgedrukt geldt :

$$\beta = \text{mols } \frac{(\text{verdunningsmiddel} + \text{verbrandingsmiddel})}{\text{mols F}}$$

waarbij β kan zijn gelegen tussen ongeveer 4 en 12 en bij voorkeur 6 tot 8 bedraagt. Het verdunningsmiddel in de formule is stikstof, helium of lucht, en het verbrandingsmiddel is het waterstoffluoride of deuteriumfluoride in zijn grondtoestand, dat is gevormd in de verbrandingskamer. Een gedeelte of al het stikstofverdunningsmiddel kan zijn gevormd door de dissociatie van NF_3 , en een deel ervan kan worden geïnjecteerd door een separate stikstofbron. De drukken in de verbrandingskamer kunnen lopen vanaf minder dan 1 psia tot verschillende honderden psia en hangen in het bijzonder af van de gassen die worden ingevoerd in de verbrandingskamer, alsook van de specifieke geometrische vorm van de inrichting.

Wanneer wordt gewerkt met de DF^* laser-modus, wordt stikstoftrifluoride in overmaat van de stoichiometrische hoeveelheid geïnjecteerd in de verbrandingskamer samen met een waterstofbrongas en een inert verdunningsmiddel. Het waterstofbrongas kan zijn gekozen uit waterstof, ammoniak, acetyleen, benzeen of hydrazine. Wanneer wordt gewerkt in de HF^* laser-modus wordt stikstoftrifluoride in overmaat van de stoichiometrische hoeveelheid geïnjecteerd in de verbrandingskamer samen met een deuteriumbrongas en een

7510040

inert verdunningsmiddel. Het deuteriumbrongas kan zijn gekozen uit deuterium, deuterio-ammoniak, deuterio-acetyleen of deuterio-hydrazine. Het inerte verdunningsmiddel kan zijn gekozen uit stikstof, helium of lucht. De mengselverhoudingen in het gebied van 5:1 tot 15:1 aan gewicht van stikstoftrifluoride tot waterstof- of deuteriumbrongas kunnen worden gebruikt.

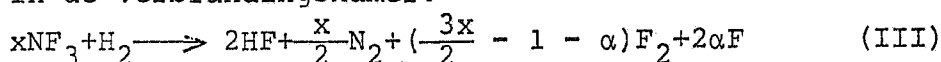
De ontsteking van de gassen in de verbrandingskamer is vereist, maar wanneer de gassen eenmaal zijn ontstoken, reageren zij hypergolisch. Het ontstekingsstelsel voor de gassen in de verbrandingskamer kan bestaan of uit een ontsteker van het hete gloeiplugtype of een weerstandsverhitter, welke het waterstofbrongas of het deuteriumbrongas voorverhit tot temperaturen, die voldoende hoog zijn om ontsteking te waarborgen, wanneer het hete waterstofbrongas of deuteriumbrongas wordt gemengd met de stikstoftrifluoride. Temperaturen in het gebied van 400 tot 600°C zijn daarbij geschikt.

Gassen van de verbrandingskamer worden via mondstukken of openingen gedreven in een optische resonantieholte bij supersonische snelheden, waarbij zij reageren met additioneel waterstofbrongas of deuteriumbrongas, dat separaat wordt geïnjecteerd in de holte teneinde de laserstoffen HF* of DF* te vormen. Bij de HF* lasermodus wordt waterstofbrongas geïnjecteerd in de holte. Bij de DF* lasermodus wordt deuteriumbrongas geïnjecteerd in de holte. Het additionele waterstofbrongas of deuteriumbrongas wordt voorverhit en wordt geïnjecteerd in een laserholte via secundaire openingen of mondstukken verspreid tussen de ontlading van de mondstukken of openingen van de verbrandingskamer. Wanneer de gedeutereerde vorm is geïnjecteerd in de laserholte, wordt de niet-gedeutereerde vorm geïnjecteerd in de verbrandingskamer, waardoor laserwerking wordt veroorzaakt in het 3,6 tot 4,0 μ gebied, dat de karakteristieke frequentie is van zijn vibratie-geëxciteerd DF*. Wanneer de niet-gedeutereerde vorm is geïnjecteerd in de laserholte, kan de gedeutereerde vorm

worden geïnjecteerd in de verbrandingskamer, waardoor de laserwerking optreedt in het 2,5 tot 2,9 μ golflengtegebied, wat de karakteristieke frequentie is van in zijn vibratie aangeslagen HF*. Het zal duidelijk zijn, dat andere gebieden van coherente straling kunnen worden verkregen door simultaan waterstof en deuteriumverbindingen te injecteren in de holte en de temperatuur en druk van de gassoorten, geïnjecteerd in de holte te modificeren.

De totaalreactie kan als volgt worden weergegeven:

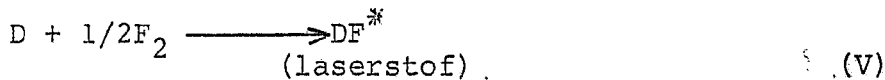
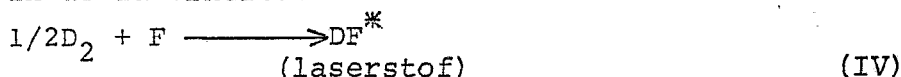
In de verbrandingskamer:



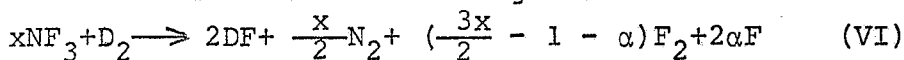
, waarbij x = het aantal mols NF_3 per mol H_2 , en

α = fractie van F_2 moleculen, gedissocieerd tot F atomen.

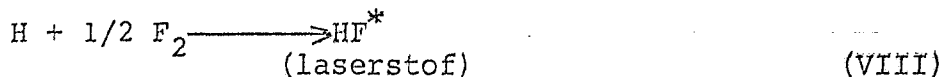
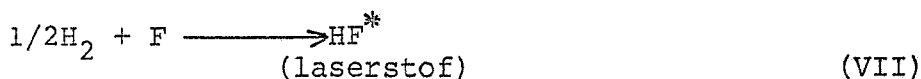
In de laserholte:



Alternatief in de verbrandingskamer:



In de laserholte:



Volgend op de laserwerking worden de gassen snel verwijderd uit de optische resonantieholte door injectie, mechanisch, chemisch of cryogeen pompen. De chemische laser volgens de uitvinding maakt het gemakkelijk mogelijk een reactietemperatuur in de verbrandingskamer te krijgen van meer dan 1600°K, waardoor gasvormig fluor bijna of geheel wordt gedissocieerd tot atomair fluor. Aangezien de verbranding en dissociatie van de reactiemiddelen plaatsvindt in een enkelvoudige kamer, is het ontwerp van de laser volgens de uitvinding vereenvoudigd. Verder kunnen, aangezien de fluordissociatiereactie niet afhankelijk is van warmte-

7510040

overdracht via de wanden, de wanden van de verbrandingskamer worden gekoeld zonder een nadelige invloed op de voortbrenging van atomair fluor. Voor lange perioden van continu golfbedrijf is koeling in hoge mate gewenst teneinde een reactie te vermijden tussen het zeer corrosieve fluor en de wanden van de verbrandingskamer.

In de tekening is de chemische laser volgens de uitvinding schematisch getoond, en bestaat deze uit de verbrandingskamer 1 voorzien van inlaatpoorten 5, 6 en 7 voor de reactiemiddelen stikstoftrifluoride, een waterstof- of deuteriumbrongas, en een gekozen inert verdunningsgas. In bepaalde uitvoeringen volgens de uitvinding kan het verdunningsmiddel worden geïnjecteerd in de waterstof- of deuteriumpoorten in hetzij de verbrandingskamer of de holte, of simultaan door beide poorten. Inlaatpoort 8 maakt het mogelijk een waterstofbrongas of een deuteriumbrongas te laten doorgaan door koelspiralen 9 teneinde de warmte weg te nemen van de wand van de verbrandingskamer en het waterstofbrongas voor te verhitten en te dissociëren voorafgaand aan de injectie daarvan in de optische resonantieholte via de poorten 4, die zijn gelegen tussen de mondstukken of openingen 2, waar doorheen de gasvormige produkten van de verbrandingskamer doorgaan. In het geval, waarin het brongas hydrazine is of ammoniak, of de gedeutereerde isotopen daarvan, kan de voorverhitting worden gebruikt voor het dissociëren van het brongas in zijn elementaire bestanddelen.

De ontstekingsstarter 10, bijvoorbeeld een gloeiplug of vonkplug, is gelegen in de verbrandingskamer voor het verschaffen van een startmiddel voor de reactiegassen, die stabiel zijn bij gewone temperaturen. Indien de starter 10 niet gewenst is, kunnen de reactiegassen worden verhit door uitwendige middelen, bijvoorbeeld een elektrische weerstandsverhitter of een gasgenerator, welke warmte opwekt uit de zelfontleding van hydrazine.

Regeneratieve koelspiralen 9 zijn aangebracht aan de buitenste omtrek van de verbrandingskamer 1 en zorgen voor

een gekoeld wandcontact met de reactiemiddelen van de verbrandingskamer. Geliquificeerd waterstofbron- of deuteriumbrongas vormt het koelmedium, dat wordt gecirculeerd door de spoelen 9. Deze regeneratieve koeling biedt verschillende voordelen in het in de praktijk brengen van de uitvinding. Eén voordeel komt voort uit het opslaan van het waterstofbrongas of deuteriumbrongas in vloeistofvorm. Het grotere gemak van het hanteren van vloeibare materialen in vergelijking met gasvormige materialen brengt de transporteerbaarheid van het systeem terug tot realistische termen. Wanneer waterstof- of deuteriumverbindingen worden gebruikt als koelmedium, wordt er een merkbaar voordeel verschaft door hun latente warmte van absorptie na dissociatie van de component in waterstof of deuterium en het andere element. Deze absorptiewarmte kan oplopen tot verschillende megawatts per pond van de verbinding per seconde. Zodoende kan een relatief klein compact volume vloeibaar waterstofbrongas of deuteriumbrongas worden gebruikt teneinde de verbrandingskamer 1 te koelen in plaats van grote volumes water die niet altijd beschikbaar zijn.

Ook andere koeltechnieken en materialen kunnen worden gebruikt voor het koelen van de verbrandingskamer. Zo kunnen bijvoorbeeld additioneel aan het doorlaten van het waterstofbrongas door koelspiralen 9 deze spiralen worden uitgerust met vinnen teneinde luchtkoeling te verschaffen. Indien de warmtebelasting op de wanden van de verbrandingskamer te groot is om te worden behandeld door het waterstofbrongas of brongas alleen, kunnen separate secundaire wikkelingen worden toegevoegd teneinde supplementaire vloeibare of gasvormige koelmiddelen te vervoeren.

De holte-injectiemondstukken 2 zorgen er voor, dat fluoratomen en fluormoleculen in verwarmde toestand kunnen uittreden uit de verbrandingskamer en kunnen combineren met het waterstofbrongas of deuteriumbrongas, dat wordt geïnjecteerd in de holte, zodat in vibratie aangeslagen HF^* en DF^* moleculen worden voortgebracht. Uitlaatspruit 11 is aange-

7510040

bracht centraal en axiaal ten opzichte van de verbrandingskamer 1 en definieert de optische resonantieholte 3 onmiddellijk aangrenzend aan mondstukken en openingen 2. De laserwerking treedt op langs de laseras 12 dwars op de gasstroom vanaf de reactie tussen het atomaire fluor, ingevoerd in de holte vanaf de verbrandingskamer 1 en het waterstof of deuterium afkomstig van het waterstofbron of deuteriumbrongas, rechtstreeks geïnjecteerd in de holte 3 via poorten 4.

De achterspiegel 13 en de uitgangsspiegel 14 zijn aangebracht aan tegenover gelegen zijden van de holte 3 voor het versterken en emitteren van laserstraling, voortgebracht in holte 3 door stimulatie van de in vibratie geëxciteerde HF^* of DF^* moleculen. De achterspiegel 13 en de uitgangsspiegel 14 bestaan uit volledig gepolijste en geconfigureerde spiegels, welke in grote en configuratie kunnen variëren in overeenstemming met de grootte en configuratie van de optische resonantieholte 3.

Bij een kenmerkend laserbedrijf wordt waterstof, ammoniak, of hydrazine geïnjecteerd in de verbrandingskamer 1 samen met stikstof, helium, of lucht, en stikstoftrifluoride in overmaat van de stoichiometrische samenstelling. Het resulterende mengsel wordt gestart door warmte van de starter 10 en de reactie gaat hypergolisch verder. Temperaturen van $1600^{\circ}K$ tot $3000^{\circ}K$ worden verkregen in de verbrandingskamer en de overmaat stikstoftrifluoride wordt gedissocieerd in de fluoratomen en stikstof- en fluormoleculen. Het drukgebied in de verbrandingskamer bedraagt kenmerkend 1 psia tot 300 psia. De fluorrijke gassen stromen dan door mondstukken of openingen 2, waarbij zij uitzetten tot supersone snelheden en worden geïnjecteerd in de holte 3, waar de gedeutereerde isotoop van waterstof, ammoniak, of hydrazine wordt geïnjecteerd onder het vormen van DF^* , dat de laserwerking voortbrengt. De drukken in de holte 3 worden kenmerkend gehouden op ongeveer 1 tot 20 torr, hetgeen geschikt is voor laserwerking. De statische temperaturen van de supersone flux in de holte 3 aan de ingang tot de holte

7510040

kunnen variëren van ongeveer 200°C tot 600°C. Algemeen gaan de uitlaatgassen, die uittreden uit de holte 3 door de uitlaatspruit 11, en indien gewenst door een vernauwd gedeelte 15, dat functioneert als een venturi of diffusor teneinde verder stroomafwaarts een drukherstel mogelijk te maken. De uitlaatgassen kunnen worden geïnjecteerd in de atmosfeer of worden gepompt door mechanische, chemische of cryogene middelen en geheel of gedeeltelijk worden teruggewonnen.

10

- C o n c l u s i e s -

1. Chemische laser, g e k e n m e r k t d o o r een verbrandingskamer, middelen voor het afzonderlijk invoeren van reactiemiddelen, bestaande uit stikstoftrifluoride en een bron van een isotope vorm van het element met atoomnummer één, gekozen uit de groep bestaande uit waterstof, ammoniak, hydrazine, acetyleen, benzeen, en gedeutereerde isotopen daarvan in de genoemde verbrandingskamer, ontstekingsmiddelen voor het ontsteken van de genoemde reactiemiddelen, koelmiddelen voor de wanden van de verbrandingskamer, waardoor een andere isotope vorm van de genoemde bron van het element met atoomnummer één wordt verwarmd, een optische resonantieholte, middelen voor het invoeren van atomair en moleculair fluor in de holte, middelen voor het afzonderlijk invoeren in de genoemde holte van een andere isotope vorm van de genoemde bron, die is verwarmd in de genoemde koelmiddelen, middelen voor het verwijderen van gasvormige produkten uit de genoemde holte, en middelen voor het richten van de verkregen laserstraling langs een optische as in een coherente bundel.

7510040

2. Laser volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat een inert verdunningsmiddel, gekozen uit de groep, bestaande uit lucht, stikstof, en helium, wordt ingevoerd in de verbrandingskamer gelijktijdig met de reactiemiddelen.

5 3. Werkwijze voor het voortbrengen van continu golfbedrijf van een chemische laser, gekenmerkt door

het ontsteken van een mengsel van stikstoftrifluoride en een bron van één isotope vorm van het element, dat het atoomnummer één heeft, gekozen uit de groep, bestaande uit
10 waterstof, ammoniak, hydrazine, acetyleen, benzeen, en gedeutereerde isotopen daarvan in een verbrandingskamer,

het continu toevoeren van reactiemiddelen, bestaande uit het genoemde stikstoftrifluoride en de genoemde bron in de genoemde kamer voor het voortbrengen van stikstof- en
15 fluoratomen en -moleculen,

het koelen van de genoemde kamer met een andere isotope vorm van de genoemde bron van het element met atoomnummer één door het verwarmen van deze andere isotope vorm,

de aanwezigheid van een optische resonantieholte,
20 het separaat invoeren van de genoemde andere isotope vorm in de genoemde holte,

het laten reageren van de genoemde fluoratomen en -moleculen met de andere isotope vorm van de genoemde bron in de genoemde holte voor het voortbrengen van een populatie-
25 inversie van in vibratie geëxciteerde moleculen, welke zorgen voor stralingsstimulatie,

het wegnemen van gasvormige reactieprodukten uit de genoemde holte, en

30 het richten van de verkregen straling in een coherente uitgangsbundel langs een optische as.

4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat een inert verdunningsmiddel, gekozen uit de groep bestaande uit lucht, stikstof, en helium wordt ingevoerd in de verbrandingskamer gelijktijdig met de reactie-
35 middelen.

7510040

5. Werkwijze volgens conclusie 3 of 4, met het kenmerk, dat de populatie van de fluoratomen, welke intreden in de holte groter is dan die van de fluormoleculen, die de holte binnenkomen.

6. Werkwijze volgens conclusie 3 of 4, met het kenmerk, dat de populatie van de fluormoleculen, die de holte binnenkomen groter is dan die van de fluoratomen, die de holte binnenkomen.

10 7. Werkwijze volgens één der conclusies 3 tot 6, met het kenmerk, dat de genoemde verbrandingskamer wordt gekoeld door de dissociatiewarmte van een verbinding, die een andere isotope vorm bevat van de genoemde bron van het element met atoomnummer één.

7510040

