
Octrooiraad



[10] A **Terinzagelegging** [11] **7602337**

Nederland

[19] NL

- [54] **Werkwijze voor het scheiden van isotopen.**
- [51] Int.Cl²: B01D59/34.
- [71] **Aanvrager: Exxon Research and Engineering Company te Linden, New Jersey, Ver. St. v. Am.**
- [74] **Gem.: Dr. S. Rosenthal c.s.
Vereenigde Octroobureaux
Bezuidenhoutseweg 105
's-Gravenhage.**

-
- [21] **Aanvraag Nr. 7602337.**
- [22] **Ingediend 5 maart 1976.**
- [32] **Voorrang vanaf 23 april 1975.**
- [33] **Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).**
- [31] **Nummer van de voorrangsaanvraag: 570850.**
- [23] --
- [61] --
- [62] --

-
- [43] **Ter inzage gelegd 26 oktober 1976.**

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

Exxon Research and Engineering Company LINDEN, New Jersey,
Verenigde Staten van Amerika

Werkwijze voor het scheiden van isotop:n.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het scheiden van isotopen, waarbij bij een eerste stap infrarode straling wordt gebruikt voor het selectief exciteren van een isotoop van een isotoomengsel onder omstandigheden, waarbij een meervoudige infrarood-fotonenabsorptie plaatsvindt, en de geëxciteerde isotoop in een tweede stap wordt omgezet in een vorm, die uit het mengsel kan worden verwijderd. De tweede stap is beperkt tot de combinatie van thermische elektronen met de geëxciteerde isotoop voor het vormen van negatieve ionen, welke een unimoleculaire ontleding ondergaan teneinde een ionfragment te vormen, dat daarna van het isotoomengsel kan worden afgescheiden.

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze om een stof in twee of meer delen te scheiden in elk waarvan de hoeveelheid isotopen van een bepaald element verschilt van de hoeveelheid isotopen van hetzelfde element in de stof. Bij een bepaalde uitvoeringsvorm heeft de uitvinding betrekking op een werkwijze voor een selectieve isotooptrillingsexcitatie van gasvormige stoffen, bij voorkeur met de algemene formule MF_6 , waarbij M wordt gekozen uit de groep bestaande uit U, S, W, Se, Te, Mo, Re and Tc, meer in het bijzonder UF_6 en SF_6 , door een meervoudige infrarood-fotonenabsorptie gevolgd door een gelijktijdig en/of daarna hechten van thermische elektronen aan de door trillingen geëxciteerde stoffen teneinde negatieve ionen te vormen, die tot ionenfragmenten worden ontleed en van de niet-geëxciteerde stoffen worden gescheiden. De stoffen met de formule MF_6 , welke door trillingen tot een kritische energie worden geëxciteerd, zullen worden ontleed tot MF_5 -species, bij voorbeeld UF_5^- en SF_5^- . De op deze wijze verkregen ionen kunnen op een bekende wijze worden afgescheiden. Deze negatieve ionen zullen worden verrijkt in de isotoop van de species, welke door trillingen aan een voorkeursexcitatie zijn onderworpen. De uit de niet-geëxciteerde stof gevormde negatieve ionen b.v. UF_6^- en SF_6^- kunnen ook worden opgezameld teneinde een fractie te verkrijgen, welke

in de niet-geëxciteerde isotoop is verrijkt.

5 Ter toelichting van de uitvinding wordt gewezen op de stand der techniek, welke betrekking heeft op een fotochemische isotoopscheiding. Het Amerikaanse octrooischrift 2.713.025 en het Britse octrooischrift 1.237.474 zijn goede voorbeelden van werkwijzen voor het fotochemisch
10 scheiden van de isotopen van kwik. De eerste eis, die aan fotochemische isotoopscheiding wordt gesteld, is, dat men zodanige omstandigheden zoekt, dat atomen of moleculen van een isotoop van een bepaald element licht sterker absorberen dan atomen of moleculen van een andere isotoop van het element. Kwik is een vluchtig metaal en vormt gemakkelijk een atomaire lamp. Deze atomen absorberen ultraviolet licht bij 2537 Å. De absorptielijn van Hg^{202} is over ongeveer 0,01 Å verschoven ten opzichte van de absorptielijn van Hg^{200} .
15 Aangezien de absorptielijnen bijzonder smal zijn, kan men licht met een kritisch smal golflengtegebied gebruiken voor het exciteren van of Hg^{200} of Hg^{202} .

20 De tweede eis, welke aan een fotochemische isotoopscheiding wordt gesteld, is, dat die atomen of moleculen, welke door licht worden geëxciteerd, een of ander proces ondergaan, dat de atomen of moleculen, welke niet zijn geëxciteerd, niet ondergaan of tenminste niet zo snel ondergaan. Een kwant van ultraviolet licht met een golflengte van 2537 Å geeft aan een kwikatoom een excitatie van 112,7 kcal/mol, welke energie door het kwikatoom wordt geabsorbeerd. Het aantal kwikatomen, dat bij kamertemperatuur tot deze
25 energie thermisch wordt geëxciteerd, is bijzonder klein en derhalve worden door licht geëxciteerde atomen niet verdund door atomen, welke langs thermische weg worden geëxciteerd. Atomen met deze grote excitatie gaan gemakkelijk reacties aan met H_2O (zoals in het bovengenoemde Amerikaanse octrooischrift is beschreven) of met
30 O_2 , HCl of butadieen (zoals in het bovengenoemde Britse octrooischrift is beschreven), welke reacties bij kamertemperatuur niet optreden bij niet-geëxciteerd kwik.

35 Uraan evenwel is een zeer vuurvast metaal, dat slechts bij zeer hoge temperatuur kookt. Derhalve brengt het gebruik van het beschreven proces met uraniumatomen in plaats van kwik moeilijkheden

met zich mede. De meest vluchtige vorm van uraan is UF_6 . $U^{235}F_6$ en $U^{238}F_6$ absorberen beide ultraviole; licht en doen dit praktisch in dezelfde mate bij alle golflengten in het ultraviolet; derhalve voldoet een ultraviolet-excitatie van UF_6 niet aan de eerste eis van de fotochemische isotoopscheiding. UF_6 zal evenwel ook infrarood licht in het gebied om 626 cm^{-1} (de V_3 -band) en 189 cm^{-1} (de V_4 -band) absorberen. De V_3 en V_4 -banden van $U^{235}F_6$ worden respectievelijk verschoven doch de grootte van deze verschuivingen is klein vergeleken met de breedte van de banden; met andere woorden vallen de infrarood-absorptiespectra van $U^{238}F_6$ en $U^{235}F_6$ niet precies met elkaar samen doch overlappen zij elkaar bij alle golflengten, zodat indien een isotoop licht absorbeert ook het andere dit in sterke mate doet. Derhalve is de infrarood excitatie van UF_6 door absorptie van een enkel infrarood foton een proces met een beperkte isotoopselectiviteit.

Soortgelijke problemen doen zich voor bij andere species, zoals zwavel. De dampamenstelling van zwavel is zeer complex en wordt bepaald door de temperatuur van het systeem. Een van de meest vluchtige verbindingen van zwavel is SF_6 . $^{32}SF_6$ en $^{34}SF_6$ absorberen beide in vacuüm ultraviolet licht en met een eventuele exceptie wat betreft de vibronische structuur is er geen verschil in de absorptiespectra. SF_6 absorbeert infrarode straling in het gebied om 948 cm^{-1} en het infrarode absorptiespectrum van $^{32}SF_6$ en $^{34}SF_6$ vertoont een isotoopverschuiving. In dit geval is het in tegenstelling met UF_6 mogelijk gebieden van het infrarode absorptiespectrum te zoeken, waar een isotoop licht absorbeert en de andere dit in sterke mate niet doet. Het thermische "hot band" species beperkt evenwel het gebruik van een enkele fotonexcitatie bij het gereed maken van de species for scheiding.

De tweede eis voor isotoopscheiding levert ook enige moeilijkheden bij UF_6 , SF_6 en andere MF_6 -species. MF_6 -moleculen, die door infrarood licht worden geëxciteerd, verschillen niet noodzakelijkerwijs van moleculen, welke door thermische excitatie tot hetzelfde energieniveau zijn geëxciteerd. De meeste processen, welke de fotogeëxciteerde moleculen zullen ondergaan, zullen ook worden ondergaan door

die moleculen, welke thermisch tot hetzelfde energieniveau zijn geëxciteerd. Deze verdunning van de fotogeëxciteerde moleculen met thermisch geëxciteerde moleculen verlaagt verder de isotoop-scheidingsfactor.

5 De uitvinding voorziet in een werkwijze met drie stappen, welke kan worden beschreven voor de isotoopscheiding van UF_6 . Bij de eerste stap worden de UF_6 -moleculen, welke wat betreft isotopen moeten worden gescheiden, met een krachtige infrarode laser gedurende een periode van minder dan 10^{-3} sec onder zodanige
10 omstandigheden bestraald, dat tenminste 0,1% van de $U^{235}F_6$ of $U^{238}F_6$ moleculen, welke worden bestraald, een energie van meer dan 2400 cm^{-1} absorberen, hetgeen equivalent is met een trillingsenergie-inhoud van $4\sqrt{3}$. Dit kan geschieden door gebruik te maken van een sequentiële meervoudige fotonenabsorptie dat wil zeggen, dat indien
15 UF_6 wordt bestraald met een energiedichtheid, welke groter is dan 10^4 watt per cm^2 per torr druk van UF_6 in de aanwezigheid van een tweede gas, waarbij dit tweede gas een partiële druk van tenminste 5 maal de partiële druk van het UF_6 heeft, het UF_6 sequentiëel vanaf de grondtrillingstoestand tot de eerste geëxciteerde trillingstoestand naar de tweede geëxciteerde trillingstoestand
20 naar de derde geëxciteerde trillingstoestand naar de vierde geëxciteerde trillingstoestand enz. kan worden geëxciteerd, waarbij de isotoop selectiviteit van elke excitatiestap toeneemt naarmate de sequentiële excitatie voortgaat. Deze excitatie kan ook worden verkregen door een aantal andere multifoton-absorptieprocessen van bekend type, welke geen van alle noodzakelijkerwijs de aanwezigheid van het tweede gas vereisen. Soortgelijke omstandigheden gelden voor SF_6 en andere MF_6 -species. Er wordt op gewezen, dat een doeltreffende isotoopscheiding door elektronenhechting vereist, dat de bij voorkeur
30 geëxciteerde moleculen boven de thermische trillingsenergie-inhoud worden geëxciteerd. Dat wil zeggen, dat de bij voorkeur geëxciteerde moleculen met tenminste 4 kwanten volgens de $\sqrt{3}$ -trillingsmodus moeten worden geëxciteerd.

35 De tweede stap volgens de uitvinding is de reactie van de door trillingen geëxciteerde stof b.v. UF_6 , SF_6 en andere MF_6 -species met

7602337

thermische elektronen, waarbij deze thermische elektronen op een bekende wijze worden gevormd. De verhouding van thermische elektronen tot het totale MF_6 -species dient ten minste 0,1 te zijn. Men kan bij een experimentele inrichting een ladingsneutraliteit onderhouden door gebruik te maken van bevende middelen, welke later zullen worden toegelicht. De totale tijd waarin het MF_6 -species in aanraking is met de thermische elektronen zowel voor als na de bestraling, dient kleiner te zijn dan 10^{-3} .

De redenen voor de bovenstaande eisen en de voorkeur voor thermische elektronen zijn complex en houden verband met het probleem van de thermische verdunning. Zoals boven is aangegeven, zullen UF_6 -moleculen evenals andere door trillingen geëxciteerde stoffen, die op een isotoop selectieve wijze door een infrarood laser worden geëxciteerd, worden verdund met UF_6 of andere MF_6 -moleculen, die langs thermische weg tot dezelfde energieniveau's worden geëxciteerd. Volgens de uitvinding kan dit ongewenste verdunningseffect tot een minimum worden teruggebracht door een belangrijke fractie (meer dan 0,1%) van de isotoop, welke in het geval van UF_6 of U^{235}F_6 of U^{238}F_6 kan zijn, snel te exciteren. Wanneer de fotogeëxciteerde (door trillingen geëxciteerde) moleculen eenmaal zijn gevormd, zullen zij door een reactie met de thermische elektronen in ionen worden omgezet en door de-excitatieprocessen worden verwijderd. De thermisch geëxciteerde moleculen zullen ook door een reactie en de-excitatie worden verwijderd doch er zullen steeds nieuwe thermisch geëxciteerde UF_6 -moleculen uit niet-geëxciteerde UF_6 -moleculen worden gevormd. Derhalve zal na bestraling door de infrarood laser de verhouding van fotogeëxciteerde moleculen tot thermisch geëxciteerde moleculen steeds afnemen en zal de ongewenste verdunning continu toenemen. Onder de meeste omstandigheden zal de levensduur van b.v. het fotogeëxciteerde UF_6 gelijk zijn aan 10^{-3} sec of minder en volgens de uitvinding dient zowel de bestralingstijd als de contacttijd kleiner te zijn dan 10^{-3} sec teneinde het verdunningseffect tot een minimum terug te brengen.

Aangezien deze zeer beperkte tijd beschikbaar is voor een reactie tussen het fotogeëxciteerde UF_6 en de thermische elektronen, is het

7602337

nodig de thermische elektronen in een grote overmaat ten opzichte van het fotogeëxciteerde UF_6 te gebruiken teneinde een acceptabel doeltreffende terugwinning van laatstgenoemde stof te verkrijgen. Derhalve moet volgens de uitvinding de verhouding van thermische elektronen tot b.v. het totale UF_6 tenminste gelijk zijn aan 0,1.

Het gebruik van thermische elektronen als het reagens waarmee het fotogeëxciteerde UF_6 reageert, is om een aantal redenen gunstig. In de eerste plaats bestaat er een algemeen voordeel bij het gebruik van thermische elektronen ten opzichte van andere reagentia. De hechtingssnelheidsconstante van de thermische elektronen is, zoals bekend, zeer groot, groter dan elke bekende snelheidsconstante van een chemische reactie. In de tweede plaats is het bekend, dat wanneer een door trillingen geëxciteerd molecuul met een niet-geëxciteerd molecuul botst, de excitatie kan worden overgedragen, waarbij het eerstgenoemde molecuul niet-geëxciteerd wordt en het laatstgenoemde molecuul geëxciteerd wordt. Dit proces wordt een V-V-overdracht genoemd en kan een bijzonder doeltreffend proces zijn. Indien men tracht het fotogeëxciteerde UF_6 met een moleculair reagens te laten reageren, kan de V-V-overdracht leiden tot een snel verloren gaan van het fotogeëxciteerde UF_6 . Door gebruik te maken van thermische elektronen, welke geen V-V-overdracht kunnen ondergaan, wordt dit gevaar vermeden.

In de derde plaats hebben thermische elektronen het voordeel, dat zij gemakkelijk in situ worden gevormd door heliumgas door deeltjes, welke uit radio-isotopen worden geëmitteerd, of andere bekende middelen te bombarderen.

In de vierde plaats zullen de species, welke worden gevormd bij de hechting van thermische elektronen aan geëxciteerd SF_6 , UF_6 en andere MF_6 -species, zeer snel dissociëren en tot MF_5^- -species leiden. Dit moleculen, welke niet het kritische inwendige energiecontact bezitten, zullen slechts MF_6^- vormen. De twee species kunnen dan door een aantal op zichzelf bekende methoden worden gescheiden.

Hiertoe kunnen b.v. chemische reacties van de ionen behoren, een en ander zodanig, dat $MF_5^- + X \rightarrow X^- + MF_5$ wanneer MF_5 een precipitaat is, en $MF_6^- + X \rightarrow X^- + MF_6$, wanneer MF_6 een gasfasespecies is.

Uit de bovenstaande toelichting blijkt duidelijk op welk punt

7602337

de uitvinding zicht onderscheidt van de stand der techniek. Zo leert het Amerikaanse octrooischrift 3.443.087 het scheiden van $U^{235}F_6$ van $U^{238}F_6$ door een daarvan selectief met een infrarood laser te exciteren, daarna de geëxciteerde moleculen met ultraviolet licht te ioniseren en de ionen terug te winnen door middel van elektrische en/of magnetische velden of chemische reacties. In een artikel, getiteld "Photochemical Isotope Separation As Applied to Uranium" (Union Carbide Corporation Nuclear Division, Oak Ridge Gaseous Diffusion Plant, 15 maart 1972, K-L-3054, Revision 1, pagina 29), bespreken Farrar en Smith het bovengenoemde Amerikaanse octrooischrift en geven zij een ongunstig commentaar op de praktische uitvoerbaarheid van de voorgestelde tweede foto-ionisatiestap. Als een alternatief suggereren zij fotodissociatie.

Het Britse octrooischrift 1.284.620, het Duitse octrooischrift 1.959.767 en het Duitse octrooischrift 2.150.232 leren het gebruik van infrarode straling voor het selectief exciteren van moleculen, welke dan een chemische reactie ondergaan, welke de niet-geëxciteerde moleculen drager ondergaan. Er wordt slechts een voorbeeld van een dergelijke reactie gegeven, de thermische ontleding van $U(BH_4)_4$.

In alle bovenstaande literatuurplaatsen wordt uitdrukkelijk vermeld, dat de energie, welke bij de foto-excitatiestap aan de moleculen wordt medegedeeld, die is van een infrarood foton, welke voor UF_6 kleiner is dan de excitatie van tenminste 2400 cm^{-1} , zoals dit volgens de uitvinding wordt voorgesteld. Geen van de bovengenoemde literatuurplaatsen toont of suggereert het voordeel van het exciteren van een aanmerkelijke fractie van of $U^{235}F_6$ of $U^{238}F_6$ en het daardoor reduceren van de thermische verdunning, terwijl deze literatuurplaatsen evenmin de noodzaak tot een zeer korte bestralingstijd en een zeer korte contacttijd aangeven of suggereren, evenmin het gebruik van thermische elektronen voor het op een doeltreffende wijze terugwinnen van het fotogeëxciteerde UF_6 aangeven of suggereren, evenmin het gebruik van unimoleculaire ontleding van door trillingen geëxciteerde negatieve ionen, verkregen door de hechting van thermische elektronen als een middel voor het doeltreffend terugwinnen van het fotogeëxciteerde SF_6 , UF_6 en andere MF_6 -species aangeven of suggereren.

760 2337

Zwavel met een natuurlijke isotoopverdeling kan overeenkomstig het hieronder onder verwijzing naar figuur 1 aangegeven schema worden gescheiden.

5 Zwavel wordt op een bekende wijze omgezet in SF₆-damp en in de zone 1 met helium gemengd. Dit mengsel wordt toegevoerd aan de reactiezone 2 waarin het mengsel in een gepulsieerde modus wordt bestraald met een CO₂-laser (3) en het bestaande mengsel tegelijkertijd in aanraking wordt gebracht met thermische elektronen uit een bron 4 daarvan, welke b.v. een elektronenkanon kan zijn. De op deze
10 wijze gevormde ionen nl. SF₆⁻ en SF₅⁻ worden verwijderd door middel van een ionenextractor 5 en van elkaar gescheiden door middel van een massafilter 6, dat uit een aangelegde elektromagnetisch veld kan bestaan. Of SF₅⁻, dat verrijkt is aan ³²S of SF₆⁻, dat in de ³⁴S is verrijkt, kan door instelling van massafilter in de opzamelzone 7 worden opgezameld.
15

De CO₂-laser wordt bedreven bij de P (12) en P(14)-overgangen van de 10,6 μ band bij een energiedichtheid van 10⁴ watt/cm² per torr van SF₆ bij een bestralingstijd van 10⁻⁸ tot 10⁻⁶ sec voor het verschaffen van moleculen van ³²SF₆ met een inwendige energie van
20 3760 tot 4000 cm⁻¹. De partiële druk van SF₆ in de reactiezone wordt op een waarde van 10⁻⁴ tot 10 torr gehouden. De thermische elektronen worden verschaft bij een partiële druk van 0,01 - 100 maal de partiële druk van SF₆ en helium wordt verschaft bij een partiële druk van 0,01 - 1000 maal de partiële druk van SF₆.

25 De contactering van het SF₆, de thermische elektronen en het helium geschiedt bij de equivalente temperatuur van 40^oK - 600^oK gedurende een periode, kleiner dan 10⁻³ sec.

Onder de bovenstaande omstandigheden vindt de reactiereeks SF₆⁺ + e⁻ → (SF₆)⁺ → SF₅⁻ + F plaats met isotoopselectiviteit en
30 kan het SF₅⁻ op een bekende wijze worden teruggewonnen waaronder bij wijze van voorbeeld een massafiltering via een aangelegde elektromagnetisch veld.

Het proces kan op een continue wijze plaatsvinden. Het gasmengsel in de reactor wordt aan voldoende laserpulsen onderworpen om de gewenste mate van omzetting van SF₆ te verschaffen. Indien een sterkere
35

7602337

verrijkingsgraad gewenst is, kunnen door bekende middelen de opgezamelde produkten worden omgezet in SF_6 en kan het proces volgens de uitvinding worden herhaald. Indien het niet-ontlede SF_6 niet tot het gewenste niveau is uitgeput, kan op een soortgelijke wijze een verdere uitputting worden verkregen door het proces volgens de uitvinding te herhalen. De methode om de isotopscheiding in stappen te laten verlopen teneinde gewenste verrijkningsniveau's in het produkt en verarming in de uiteinden daarvan te verkrijgen, zijn bekend. Wanneer het gewenste verrijkningsniveau eenmaal is bereikt kan het produkt door bekende methoden in de gewenste chemische vorm worden gebracht. Ofschoon de voorkeursuitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding dient voor het scheiden van de isotopen van zwavel zijn soortgelijke omstandigheden doch andere laserfrequenties en andere kritische inwendige energie-inhouden nodig voor de species UF_6 , enz. Zoals boven is vermeld, worden de inwendige energie-eisen echter in elk geval door de vakman berekend rekening houdende met de eis, dat het bij voorkeur geëxciteerde molecuul door tenminste vier kwanten volgens de ν_3 -trillingsmodus moet worden geëxciteerd.

7602337

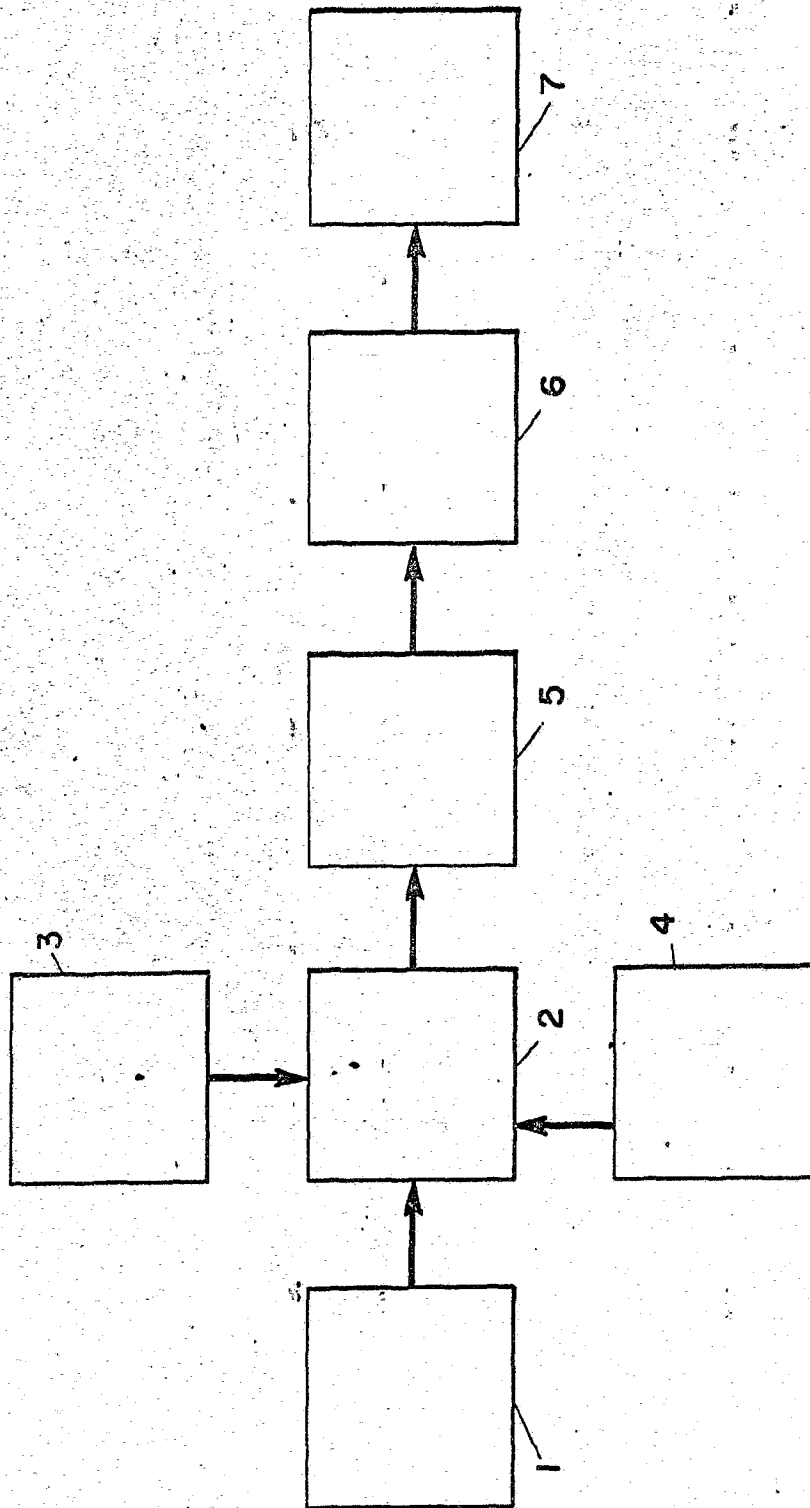
CONCLUSIES

1. Werkwijze voor het scheiden van isotopen, met het kenmerk, dat een stof, welke een isotoomengsel omvat, wordt bestraald onder omstandigheden, waarbij een isotoop selectief wordt geëxciteerd en meer dan een foton absorbeert teneinde een door trillingen geëxciteerde stof te vormen, een thermisch elektron met de geëxciteerde stof wordt gecombineerd teneinde negatieve ionen te vormen, welke een unimoleculaire ontleding ondergaan teneinde een ionenfragment te vormen, dat van het isotoomengsel kan worden gescheiden, en het ionenfragment wordt opgezameld.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de stof de algemene formule MF_6 heeft, waarbij M wordt gekozen uit de groep bestaande uit U, S, W, Se, Te, Mo, Re en Tc.
3. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de selectief geëxciteerde isotoop tenminste vier kwanten volgens de $\sqrt{3}$ -trillingsmodus absorbeert.
4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat M wordt gekozen uit de groep bestaande uit S en U.
5. Werkwijze volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat M gelijk is aan U.
6. Werkwijze volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de verhouding van thermische elektronen tot MF_6 tenminste 0,1 bedraagt.
7. Werkwijze volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de tijd gedurende welke MF_6 en de thermische elektronen met elkaar in contact zijn, kleiner is dan 10^{-3} sec.
8. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat tenminste 0,1% van de isotopen, welke worden bestraald, tenminste vier kwanten volgens de $\sqrt{3}$ -trillingsmodus absorbeert.
9. Werkwijze voor het scheiden van een isotoomengsel van SF_6 in twee of meer delen, in elk waarvan de hoeveelheid isotopen van zwavel verschillen van de hoeveelheden isotopen van zwavel in het mengsel met het kenmerk, dat in de reactiezone een gasvormig mengsel van SF_6 en helium wordt bestraald, de partiële druk van SF_6 in de reactiezone op 10^{-4} - 10 torr wordt gehouden en de partiële druk van

7602337

helium op een waarde van 0,01 - 1000 maal de partiële druk van SF₆ wordt gehouden, waarbij een CO₂ laser in de 10,6 μ band bij een energiedichtheid van tenminste 10⁴ watt/cm² per torr SF₆ gedurende een bestralingstijd van 10⁻⁸ - 10⁻⁶ sec werkzaam is voor het
5 verschaffen van geëxciteerde moleculen van ³²SF₆ met een inwendige energie van 3760-4000 cm⁻¹, en tegelijkertijd het gasvormige mengsel met de thermische elektronen bij partiële druk met een waarde van 0,01 - 100 maal de partiële druk van SF₆ wordt gecontacteerd, waarbij deze contactering plaatsvindt bij de equivalente
10 temperatuur van 40°K - 600°K gedurende een tijd, welke kleiner is dan 10⁻³ sec, waarbij de geëxciteerde moleculen van ³²SF₆ worden omgezet in ³²SF₅- en de omgezette moleculen worden opgezameld.

760 2337



7602337