

⑤

Int. Cl. 2:

B 01 D 59/00

⑱ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DT 25 28 953 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 25 28 953

⑫

Aktenzeichen: P 25 28 953.6

⑬

Anmeldetag: 28. 6. 75

⑭

Offenlegungstag: 13. 1. 77

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

—

⑤④

Bezeichnung: Verfahren zur Trennung von Isotopen

⑦①

Anmelder: Gesellschaft für Kernforschung mbH, 7500 Karlsruhe

⑦②

Erfinder: Krieg, Gunter, Dipl.-Phys. Dr.; Obert, Wolfgang, Dipl.-Phys. Dr.;
7500 Karlsruhe

DT 25 28 953 A 1

Verfahren zur Trennung von Isotopen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trennung von Isotopen, mit denen Moleküle gebildet sind, die sich an den Schwingungen der Moleküle beteiligen, und die mittels Strahlung angeregt und getrennt werden können.

Es ist ein derartiges Verfahren bekannt (OS 19 59 767), jedoch beschränkt sich dieses auf die Trennung der Isotope U 235 und U 238, wobei mit der betreffenden Atomsorte Moleküle hergestellt werden, die eine Absorptionslinie (Rotations-Schwingungs-Linie) besitzen, die einer Emissionslinie eines Lasers vorzugsweise CO₂-Lasers, entspricht, sich das Uranatom an der Schwingung des Moleküls beteiligt, durch Zuführung einer oder mehrerer Reaktionspartner ein Reaktionsgemisch hergestellt wird, das durch einen Laser bestrahlt wird, und nach chemischer Umsetzung der bestrahlten Teile des Reaktionsgemisches die verschiedenen Moleküle auf bekannte Weise, z.B. durch fraktionierte Kondensation, getrennt werden. Es muß demnach monochromatisches Licht eingestrahlt werden,

. d. .

so daß nur Moleküle mit der betreffenden Isotopensorte, nicht jedoch die anderen Moleküle, angeregt werden, d.h. der CO_2 -Laser wird selektiv auf eine Linie abgestimmt. Da Molekülspektren eine Vielzahl von Absorptionslinien aufweisen, kann durch die Einstrahlung nur einer bestimmten Resonanzlinie aber höchstens ein ganz geringer Bruchteil aller Isotope selektiv angeregt werden. Es ist daher nicht möglich, nennenswerte Gasmengen selektiv angeregter Moleküle wirtschaftlich zu erzeugen. Auch ist bei Zimmertemperatur u.a. bei UF_6 , die mittlere Liniendichte so groß, daß aufgrund der natürlichen Linienbreite, der Doppler- und der Druckverbreiterung eine Überlappung der Linien auftritt. Die bisher bekannten Spektren von z.B. UF_6 zeigen, daß die Rotations-Schwingungs-Bande der UF_6 -Moleküle ein Quasikontinuum darstellt. Wird daher eine Laserlinie eingestrahlt, die mit einer Absorptionslinie des selektiv anzuregenden Moleküls zusammenfällt, so ist die Anregung nur dann selektiv, wenn im Quasikontinuum des anderen Isotops zufällig eine Lücke, d.h. keine Absorptionslinie, auftritt. Solche Lücken konnten bisher nicht gefunden werden.

Diese Nachteile können zwar in begrenztem Maße dadurch verringert werden, daß die Temperatur des Gases stark erniedrigt wird, wobei die Zahl der verschiedenen Molekülzustände, die Liniendichte, die Doppler- und die Druckverbreiterung abnimmt. Eine Temperaturerniedrigung hat jedoch gleichzeitig zur Folge, daß der Dampfdruck, d.h. die Moleküldichte des UF_6 , stark reduziert wird. Die nach erfolgter selektiver Anregung durchzuführenden chemischen Reaktionen können daher nicht mehr mit dem für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erforderlichen hohen Gasmengen ablaufen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nunmehr darin, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu bieten, bei dem es möglich ist, den Trennungseffekt dadurch zu steigern, daß ein breitbandiges und intensives Strahlungsspektrum voll ausgenutzt und eine hohe Moleküldichte verwendet werden kann.

. 3 .

Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß Isotope ausgewählt werden, bei denen die Verschiebung von Bandkanten in ihren Absorptionsspektren aufgrund des Isotopieeffektes vorhanden ist, und daß die Strahlung innerhalb desjenigen Frequenzintervalls liegt, in dem der Absorptionskoeffizient des einen Isotopes oder eines Teils der Isotopen größer ist als der des anderen bzw. restlichen Teils der Isotopen.

Zwar ist die Verschiebung von Bandkanten durch den Isotopieeffekt in den Rotations-Schwingungs-Spektren bei Molekülen bekannt. Jedoch wurde von der Fachwelt (Farrar, Smith K-L-3054, Rev. 1, March 15, 1972) der Vorteil und die Anwendbarkeit dieses Effektes zur Lösung der o.g. Aufgabe nicht erkannt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht sogar vor, daß ein Frequenzbereich für die anregende Strahlung benutzt wird, der Frequenzen aufweist, die ausschließlich das eine Isotop oder einen Teil von Isotopen vollselektiv anregen.

Die besonderen und z.T. als erfinderische Ausgestaltungsformen der o.g. Verfahren zu betrachtenden Vorteile sind darin zu sehen, daß eine gleichzeitige Anregung sehr vieler (bei UF_6 z.B. von etwa 10^5) Absorptionslinien, d.h. eines großen Teils aller Moleküle des einen Isotops möglich ist und die Lichteinstrahlung, z.B. bei UF_6 , einem ausgewählten der denkbaren Moleküle, z.B. für den Fall der vollen Selektivität innerhalb eines etwa $0,65 \text{ cm}^{-1}$ breiten Frequenzbereiches erfolgen kann, der zwischen den Bandkanten der beiden Isotopen liegt, so daß Doppler- und Stoßverbreiterung (etwa $5 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$) nicht stören. Es kann daher bei hohen UF_6 -Moleküldichten, d.h. bei Temperaturen von etwa 300 K, eingestrahlt werden, so daß die anschließend mit herkömmlichen Mitteln durchzuführenden chemischen Reaktionen mit genügend hohen Reaktionsraten ablaufen.

. 4 .

Durch die geeignete Auswahl der Temperatur kann zudem das Maximum der Besetzungsdichte in den Bereich der Bandkanten verlagert werden, wodurch die Ausbeute bei den o.g. Verfahren zusätzlich verbessert wird. Weiterhin ist es möglich, diese Verfahren zur Messung der Konzentration bzw. Konzentrationsverhältnisse von Isotopen anzuwenden.

Ein weiterer Vorteil wird dadurch gewonnen, daß der Abstand der Bandkanten bei Isotopen Molekülen (z.B. mit $0,65 \text{ cm}^{-1}$ bei UF_6) relativ groß ist und die Lichtquelle nicht unbedingt ein Laser zu sein braucht. Es kommt vielmehr jede Lichtquelle in Frage, deren Spektrum z.B. auf das o.g. Frequenzintervall eingengt wird. Dies gilt auch für andere Isotopensorten, wie z.B. die des Schwefels in der Verbindung SF_6 mit einer Isotopieverschiebung $\Delta \nu = 6,64 \text{ cm}^{-1}$ der ν_3 -Bande sowie bei HD und H_2 ein $\Delta \nu/\nu$ von 12%.

Die Erfindung wird mittels eines ausgewählten, das erfindungsgemäße Verfahren nicht begrenzenden Ausführungsbeispiels anhand von drei Figuren näher erläutert.

Die Isotopieeffekte bei Molekülspektren sind um Größenordnungen größer als die bei Atomspektren. Dementsprechend eignet sich das Verfahren besonders auch für Isotope mit kleinen relativen Massenunterschieden, d.h. für Isotope der schweren Elemente. Eine vollselektive Anregung von Isotopen-Molekülverbindungen wird möglich, wenn in einen Frequenzbereich eingestrahlt wird, der zwischen Bandkanten z.B. der beiden Isotope U 238 und U 235 der Molekülverbindung UF_6 liegt. Das Spektrum des leichten Isotops U 235 ergibt sich aus dem des schweren Isotops U 238, in dem alle Frequenzen des schweren Isotops um einen konstanten Wert der Schwingungsisotopieverschiebung erhöht werden. Ein zusätzlicher Isotopieeffekt ergibt sich im allgemeinen infolge der Molekülrotation. Diese bewirkt beim Übergang vom schweren auf das leichte Isotop eine Änderung derart, daß die Absorptionslinien des leichten Isotops U 235 zusätzlich zu höheren Frequenzen ver-

- 5.

schoben werden. Der Rotationsisotopieeffekt ist im allgemeinen jedoch klein im Vergleich zum Schwingungsisotopieeffekt. Bei symmetrischen Molekülen wie z.B. beim UF_6 verschwindet er sogar völlig.

Die Figur 1 zeigt für UF_6 als Gas schematisch die Absorption A als Funktion der Frequenz ν im Bereich der Bandkanten 1 und 2 beider Isotope U 238 und 235. Obwohl das Spektrum 3 und 4 eines jeden Isotops ein Quasikontinuum darstellt, ist eine selektive Anregung des leichten UF_6 -Isotops möglich. Im punktiert gezeichneten Bereich 5 kann vollständig selektiv angeregt werden. Im übrigen Bereich 6 zwischen den Bandkanten 1 und 2 kann eine teilweise selektive Anregung erzielt werden, d.h. die leichten Isotope U 235 werden im Vergleich zum schweren Isotop U 238 bevorzugt angeregt. Experimente haben eine Schwingungsisotopieverschiebung von $0,65 +$ oder $- 0,09 \text{ cm}^{-1}$ geliefert.

Die Figur 2 zeigt gemessene Absorptionsspektren 7 und 8 beider UF_6 -Isotope U 238 und U 235. Es ist die Absorption A gegenüber der Wellenlänge λ in μ aufgetragen. Nach Normierung der beiden Kurven 7 und 8 auf gleiche Amplitude ist unter Berücksichtigung der in der Detailzeichnung nach Figur 3 angegebenen Öffnungsfunktion 9 des verwendeten (eines nicht näher dargestellten) Spektrometers und der vorhandenen Nulllinie 10 (Untergrund) zu erkennen, daß in dem Bereich zwischen den Bandkanten eine vollständige bzw. teilweise selektive Anregung des leichten Isotops U 235 gelingt (siehe Fig. 2 rechts). Der Abstand 11 der Bandkanten beträgt $\Delta\nu \approx 0,65 \text{ cm}^{-1}$.

GESELLSCHAFT FÜR
KERNFORSCHUNG MBH

Karlsruhe, den 25. Juni 1975
PLA 7533 Ga/jd

Patentansprüche :

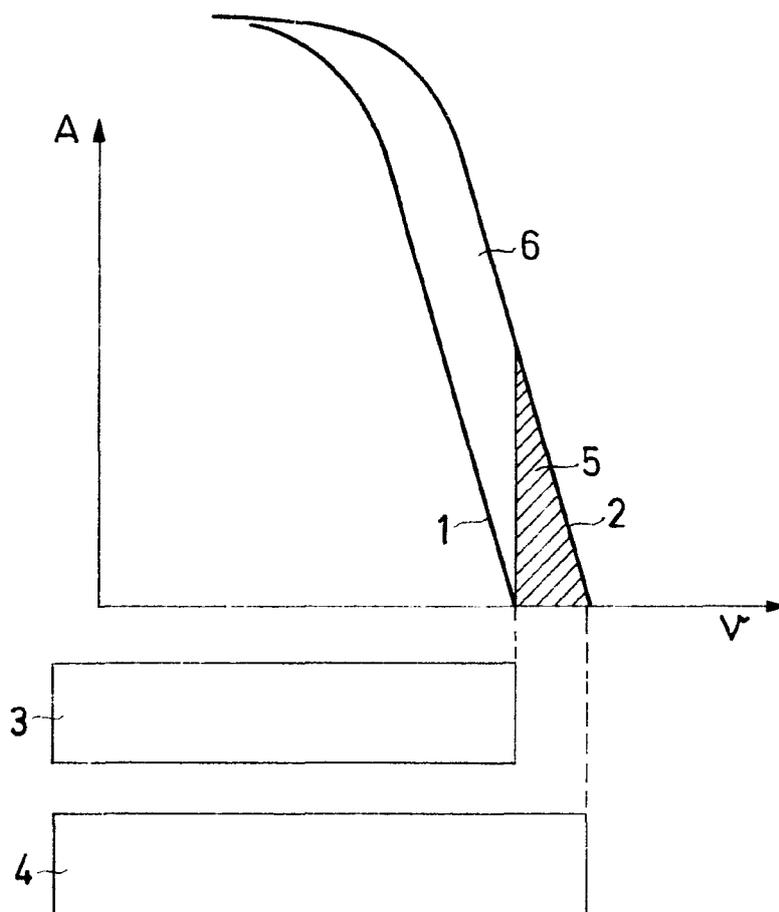
1. Verfahren zur Trennung von Isotopen, mit denen Moleküle gebildet sind, die sich an den Schwingungen der Moleküle beteiligen, und die mittels Strahlung angeregt und getrennt werden können, dadurch gekennzeichnet, daß Isotope ausgewählt werden, bei denen die Verschiebung von Bandkanten in ihren Absorptionsspektren aufgrund des Isotopieeffektes vorhanden ist, und daß die Strahlung innerhalb desjenigen Frequenzintervalls liegt, in dem der Absorptionskoeffizient des einen Isotopes oder eines Teils der Isotopen größer ist als der des anderen bzw. des restlichen Teils der Isotopen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Frequenzbereich für die anregende Strahlung benutzt wird, der Frequenzen aufweist, die ausschließlich das eine Isotop oder einen Teil von Isotopen vollselektiv anregen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine natürliche Lichtquelle oder ein Laser verwendet werden, deren Strahlungsfrequenzen dem Frequenzbereich entsprechen.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß durch Wahl der Temperatur das Verfahren optimiert wird.
5. Anwendung des Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, gekennzeichnet durch die Bestimmung der Konzentration bzw. der Konzentrationsverhältnisse der Isotopen.

-7.
Leerseite

PLA 7533

.9.

Fig.1



609882/0565

Fig.2

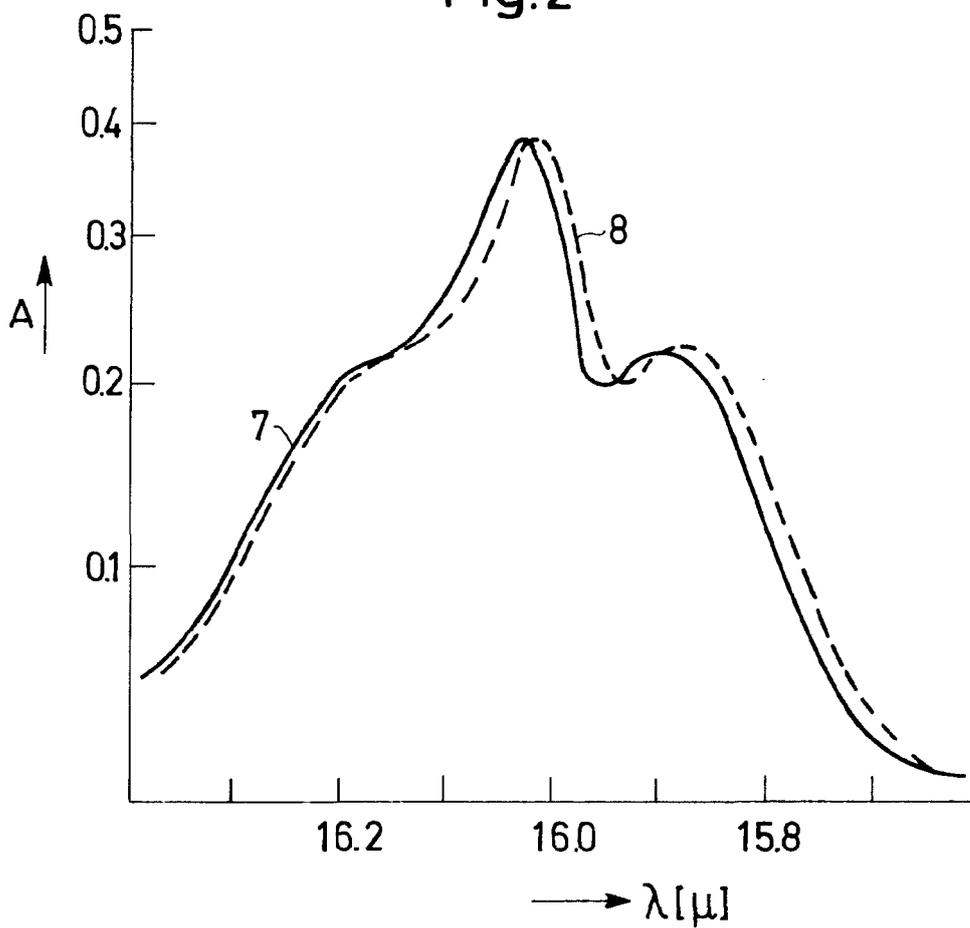
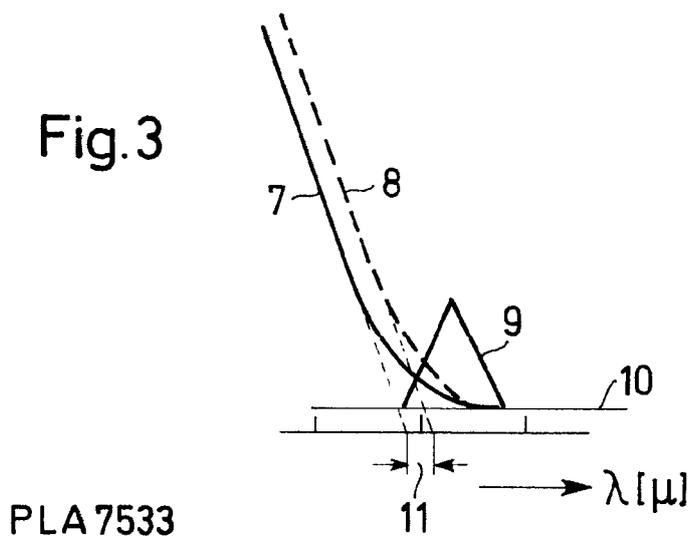


Fig.3



PLA 7533