

51

Int. Cl. 3:

G 01 T 1/02

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DE 29 26 491 A 1

11

Offenlegungsschrift 29 26 491

21

Aktenzeichen: P 29 26 491.3-33

22

Anmeldetag: 30. 6. 79

43

Offenlegungstag: 8. 1. 81

30

Unionspriorität:

32 33 31

—

54

Bezeichnung: Passives Dosimeter

71

Anmelder: Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, 7500 Karlsruhe

72

Erfinder: Hassib, Gabor, Dr.; Piesch, Ernst, Dipl.-Phys.; 7514 Leopoldshafen

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DE 29 26 491 A 1

Patentansprüche:

- ① Passives Dosimeter zum Nachweis von Radon und/oder Thoron und deren Folgeprodukte mit einer Diffusionskammer, die zwei Stirnseiten aufweist, wovon die eine mittels einer Kernspurdetektorfolie oder einem integrierenden α -Detektor und die andere mittels einem für Radon und/oder Thoron durchlässigen Filter abgeschlossen ist, und mit der der Radon- und Thoronzerfall und die daraus resultierenden Folgeprodukte nachgewiesen werden, gekennzeichnet durch eine zweite, der Diffusionskammer (3) im Aufbau entsprechende Kammer (2), deren eine Stirnseite (9) von der der Diffusionskammer (3) gegenüberliegenden Seite des Filters (1) und deren zweite Stirnseite (11) von einer weiteren Kernspurdetektorfolie oder integrierenden α -Detektor (5) abgeschlossen ist und durch Öffnungen (6) in der zweiten Kammer (2), durch die das auszumessende Gas mit Radon und Thoron und Folgeprodukten in die zweite Kammer (2) hineintritt.
2. Passives Dosimeter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kammern (2 und 3) unter Zwischenlage des Filters (1) miteinander fest verbindbar sind, und daß die beiden Kernspurdetektorfolien oder integrierenden α -Detektoren (4 und 5) mittels Kappen (8 und 7) an den jeweiligen Stirnseiten (11 und 12) der Kammern (2 und 3) befestigbar sind.
3. Passives Dosimeter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung beider Kammern (2 und 3) mittels eines Schraubenschlusses (13) erfolgt.
4. Passives Dosimeter nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (6) schräg zum Filter (1) hin verlaufende Bohrungen oder Schlitzlöcher sind.

5. Verfahren zur Energiediskriminierung der Kernspuren in den Kernspurdetektorfolien nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorfolien (4 u. 5) durch eine chemische Vorätzung vorbehandelt werden, wobei die den einzelnen α -Teilchenreichweiten entsprechende Schichtdicke schon vor dem eigentlichen Ätzvorgang zur Sichtbarmachung der Kernspuren abgelöst werden, und daß erst nach der Bestrahlung der Detektorfolien (4 u. 5) eine elektrochemische Ätzung zur Sichtbarmachung der Kernspuren vorgenommen wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine Ätzkammer (14) mit mehreren axial durchgehenden Bohrungen (15) zur Aufnahme der Ätzflüssigkeit und durch eine Abschlußkappe (16), mit der die Detektorfolien (4 oder 5) zur Ätzung auf der einen Stirnseite (17) der Ätzkammer befestigt und mit der Ätzflüssigkeit in den Bohrungen (15) in Kontakt gebracht wird.

2926491

Kernforschungszentrum
Karlsruhe GmbH

3

Karlsruhe, den 27.6.1979
PLA 7926 Ga/wk

Passives Dosimeter

- 1 -

030062/0421

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein passives Dosimeter zum Nachweis von Radon und/oder Thoron und deren Folgeprodukte mit einer Diffusionskammer, die zwei Stirnseiten aufweist, wovon die eine mittels einer Kernspurdetektorfolie oder einem integrierenden α -Detektor und die andere mittels einem für Radon und/oder Thoron durchlässigen Filter abgeschlossen ist, und mit der der Radon- und Thoronzerfall und die daraus resultierenden Folgeprodukte nachgewiesen werden.

Ein wesentlicher Beitrag zur natürlichen Strahlenbelastung ist auf den Einfluß von Radon/Thoron und deren Folgeprodukten zurückzuführen. Diese α -Radionuklide kommen in der freien Atmosphäre vor und gelangen nach einem α -Zerfall als freies Ion bzw. an Aerosolen gelagert in die Lunge. Entsprechend dem Radium- und Thoriumgehalt im Boden und im Baumaterial beträgt die mittlere Inhalationsdosis der Bevölkerung infolge Radon- und Folgeprodukten 775 mrem/Jahr bezogen auf die gesamte Lunge. In geschlossenen Wohnhäusern, vor allem aber in Bergwerken, können unter Umständen das 10- bis 100-fache dieser Lungenbelastung vorkommen. Bei der Messung von Radon- und Folgeprodukten steht man vor der Aufgabe, die Strahlenbelastung vor allem der Folgeprodukte zu ermitteln, da das Edelgas Radon ^{222}Rn nur kurzzeitig in der Lunge verweilt, während die an Aerosolen angelagerten kurzlebigen Folgeprodukte im Bronchialraum zurückbleiben (die folgenden Tabellen 1 und 2 geben diese Zerfallreihen für Radon und Thoron wieder):

Tabelle 1:

Name	Isotop	Halbwertszeit	Strahlenart	E_{α} MeV
Radon	^{222}Rn	3.823 d	α	5.49
RaA	^{218}Po	3.05 min	α	6.00
RaB	^{214}Pb	26.8 min	β, γ	--
RaC	^{214}Bi	19.7 min	β, γ	--
RaC	^{214}Po	164 μs	α	7.69
RaD	^{210}Pb	21 a	β, γ	--

Tabelle 2:

Name	Isotop	Halbwertszeit	E_{α} Mev
Thoron	^{220}Rn	55.65 s	6.29
Th A	^{216}Po	0.15 s	6.78
Th B	^{212}Pb	10.6 h	--
Th C'	^{212}Po	0.3 μs	8.78
Th C''	^{208}Tl	3.1 min	--

Die Messung von Radon/Thoron und Folgeprodukten erfolgt nach dem derzeitigen Stand der Technik hauptsächlich mit batteriebetriebenen Geräten, die über ein Filter Luft durchsaugen und die am Filter abgeschiedenen Folgeprodukte ausmessen. Hierbei werden im wesentlichen drei Methoden angewandt, bei denen jeweils eine bestimmte Luftmenge durch ein Filter gepumpt wird [1]:

1. Kusnetz-Methode

Nach einem Luftdurchsatz von 10 Liter (ca. 5 Minuten-Pumpdauer) werden am Filter Radonfolgeprodukte gesammelt und nach einer Wartezeit von 40 bis 90 Minuten die α -Aktivität gemessen. Mit Hilfe der Kusnetz-Korrekturkurve bestimmt man die potentielle α -Energie der Radionuklide in WL (Working Level).

2. Instant-Working-Level-Meter

Hier erfolgt die α/β -Aktivitätsmessung des Filters sofort nach Probenahme bzw. nach einem Luftdurchsatz von etwa 5 Liter.

3. Messung der α -Energiekonzentration

Nach einer kurzzeitigen oder langzeitigen Abscheidung der Folgeprodukte an einem Filter werden hier die kurzlebigen α -Strahler RaA und RaC' α -spektroskopisch getrennt nachgewiesen und nach einer Meßzeit von ca. 2 Stunden nach Probenahme direkt als α -Energiekonzentration angezeigt [2].

[1] IAEA Safety Series No. 43, "Manual on Radiological Safety in Uranium and Thorium Mines and Mills"

[2] B. Haider, W. Jacobi, BMBW-FB-K-72-14, 1972.

Die Konstruktion entsprechend langfristig integrierender Radondosimeter beschränkt sich im wesentlichen auf zwei Ausführungsformen. Das aktive Radondosimeter pumpt Luft durch ein Filter und mißt insbesondere die α -Teilchen der Zerfallprodukte mit einem Thermolumineszenzdosimeter oder einem Kernspurdetektor. Nachteilig ist, daß ein TLD auch die Gammauntergrundstrahlung nachweist und auf der Dosimeteroberfläche Staubteilchen gesammelt werden, was zu einer Fehlmessung führen kann [4, 6]

Bei Verwendung von Kodak LR-115-Zellulose-Nitratfolien können wegen der hohen Absorption der α -Teilchen in Abdeckfolien hinter unterschiedlich dicken Abdeckungen im Kernspurfilm drei verschiedene α -Energiegruppen, nämlich RaA, RaC' und ThC' getrennt nachgewiesen werden. In allen diesen Fällen muß jedoch ein batteriebetriebenes Gerät mit einer Pumpe eingesetzt werden (IAEA Symp. on Advances in Radiation Protection Monitoring, Stockholm, 26.-30 June 1978, P. Duport et al).

Eine von Frank et al (Radon Workshop, Feb. 1977, HASL-325, S. 6 - 8) beschriebene Diffusionskammer läßt Radon durch ein Filter in das Meßvolumen ein, in welchem nach etwa 5 Stunden Gleichgewicht zwischen Radon und Folgeprodukten auftritt. Dieses Dosimeter mißt im wesentlichen ausschließlich Radon über die Folgeprodukte, nachdem sich zwischen Radon und den Folgeprodukten ein Gleichgewicht eingestellt hat. Für den Strahlenschutz von Interesse ist jedoch die Ermittlung der Lungenbelastung vor allem durch Folgeprodukte. In einem Wohnraum oder in einem Bergwerk wird infolge Ventilation der Raumluft bzw. Bewetterung des Stollens zwischen Radon und Folgeprodukten kein Gleichgewicht erwartet. Die Messung der Radonkonzentration über die Folgeprodukte in einer Diffusionskammer kann demnach bei ungünstigen Verhältnissen (10% Gleichgewicht) zu einer entsprechenden Überschätzung der Lungenbelastung bis zu einem Faktor 10 führen.

[4] J.Huber, B.Haider, W.Jacobi, Proc. of NEA Specialist Meeting Radon Monitoring, p. 139, 1978

[6] G.M.Hassib, E.Piesch, Proc. of NEA Specialist Meeting Radon Monitoring, p. 35, 1978

Die einem passiven Dosimeter gemäß der Erfindung gestellte Aufgabe besteht darin, den Meßeinfluß von Radon/Thoron zu trennen und ausschließlich Radon/Thoron-Folgeprodukte nachzuweisen, welche jedoch wegen ihrer unterschiedlichen α -Energie einen unterschiedlichen Beitrag zur α -Energiekonzentration ergeben, was insbesondere auch der Nachteil der bekannten Diffusionskammer ist, wo keine Unterscheidung zwischen RaA, RaC' und ThC' möglich ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe so gelöst, wie es in den Merkmalen des Anspruchs 1 wiedergegeben ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungsformen sind in den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 4 beschrieben.

Im Gegensatz zu den bekannten Dosimetern wird also erfindungsgemäß ein passives Radon/Thoron-Dosimeter benutzt, welches ohne Pumpe arbeitet und in welchem ein Kernspurdetektor oder integrierender α -Detektor langzeitigen Einsatzes (1 Woche bis 3 Monate) α -Teilchen von ^{220}Rn / ^{222}Rn und deren Folgeprodukte aus einem definierten Luftvolumen registriert. Im Gegensatz zu den aktiven unter Gasdurchfluß arbeitenden Dosimetern werden also bei dem passiven Dosimeter neben den Folgeprodukten auch α -Teilchen von ^{222}Rn und/oder ^{220}Rn nachgewiesen, die den Detektor aus den vorgegebenen, gleichen Volumen der Meßkammern mit in Aufbau gleicher Geometrie erreichen. Das effektive Volumen, aus dem der Nachweis der α -Teilchen erfolgt, wird durch die Reichweite der α -Teilchen in Luft bzw. durch die Detektoreigenschaft bestimmt.

Die seither verwendete Methode einer Trennung verschiedener α -Energiegruppen basiert auf dem experimentellen Befund, daß die Reichweite von α -Teilchen in einer Kernspurdetektorfolie, z.B. in Makrofol-Polykarbonat, durch die α -Energie bestimmt wird. Bei konventioneller Ätzung des Kodak LR-115 Detektors werden Ätzgruppen bzw. Kernspuren sichtbar, wenn die dünne rotgefärbte Detektorschicht durchgeätzt wird, so daß bei einer mikroskopischen Auswertung helle Löcher auf rotem Untergrund erscheinen. Zur Absorption der α -Teilchen und Diskriminierung verschiedener α -Energiegruppen wird daher die Detektorfolie in bekannter Weise mit unterschiedlich dicken Kunststoff-Folien abgedeckt.

2926491

Diese Methode ist nicht optimal, so daß erfindungsgemäß ^{noch} ein Verfahren und eine Vorrichtung vorgeschlagen werden (s. Anspruch 5 und 6), die eine chemische Vorätzung der Detektorfolie vorsehen bzw. ermöglichen, wobei ein erheblicher Teil der ^{der} α -Teilchenreichweite entsprechenden Schichtdicke schon vor dem eigentlichen Ätzvorgang zur Sichtbarmachung der Kernspuren abgelöst wird. Erst bei einer anschließenden elektrochemischen Ätzung werden Kernspuren sichtbar.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen mittels der Fig. 1 - 5 näher erläutert, wobei insbesondere die Fig. 1 ein Dosimeter (Explosionsdarstellung) und die Fig. 4 und 5 eine Ätzkammer zeigen.

Das in Fig. 1 dargestellte passive Dosimeter besteht aus einer Diffusionskammer 3 und einer im Aufbau identischen, seitlich geöffneten Kammer 2, in welche Radon/Thoron mit dem jeweiligen Anteil an Folgeprodukten eintreten kann.

Beide Kammern 2 und 3 weisen außen eine zylindrische Form und innen eine kegelstumpfförmige Ausnehmung 18 und 19 auf. Die Kegelstumpfseiten mit geringerem Durchmesser (Kegel wegen Strahlung, ausgehend von Folgeprodukten, die sich auf der Innenwand ablagern) sind den Kernspurdetektorfolien 4 bzw. 5 zugewandt, die die beiden Stirnseiten 12 bzw. 11 der Kammern 3 bzw. 2 auf der einen Seite abschliessen. Gehalten werden die Folien 4 und 5 mittels Kappen 7 und 8, welche auf die Kammern 2 und 3 aufgeschraubt werden können (entsprechende Gewinde).

Die Kegelstumpfseiten mit größerem Durchmesser sind einem gemeinsamen Filter 1 zugewandt, wobei die Stirnseite 9 und 10 der Kammern 2 und 3 auf jeweils einer der Seiten des Filters 1 zur Auflage kommen. Das Filter 1 ist nur für Radon/Thoron durchlässig; nicht jedoch für Aerosole usw. Beide Kammern 2 und 3 werden mittels des Schraubverschlusses 13 (Ring mit Innengewinde und entsprechende Außengewinde im Bereich der Stirnseiten 9 und 10 der Kammern 2 und 3) unter Zwischenlage des Filters 1 aneinandergedrückt.

030062/0421

Die Wandung der zweiten Kammer 2 weist Bohrungen oder Schlitze 6 auf, die zur Oberfläche des Filters 1 hingerichtet sind. Durch sie diffundiert das Gas mit dem Radon/Thoron und deren Folgeprodukte in die Kammer 2 hinein. Das passive Dosimeter 2, 3 kann mit einem Clip 22 versehen sein, mit dem es an Kleidung oder dgl. befestigbar ist.

Durch das Fiberglasfilter 1 diffundiert dann ausschließlich Radon/Thoron in die Kammer 3 ein, während sich die im auszumessenden Gas befindenden Folgeprodukte auf dem Filter 1 und nur an der Innenseite von Kammer 2 niederschlagen. Nach längerer Zeit wird in Kammer 3 das hereindiffundiert Radon/Thoron mit ihren neu entstandenen Folgeprodukten im Gleichgewicht stehen. Dasselbe Gleichgewicht stellt sich auch für den Radon/Thoron-Anteil in Kammer 2 ein. Die Detektorfolien 5 und 4 werden daher folgende α -Teilchen nachweisen:

Kammer 2: Rn-Zerfall und daraus resultierende Folgeprodukte und Anteil der Folgeprodukte in der Luft (Gas).

Kammer 3: Rn-Zerfall und daraus resultierende Folgeprodukte.

Aus der Differenz der Detektoranzeigen der Folien 5 und 4 kann der Anteil der in der Atmosphäre vorliegenden Folgeprodukte getrennt von einem Radoneinfluß ermittelt werden. Die Rn-Konzentration ergibt sich aus der Direktanzeige der Folie 4. Damit wird der Meßeffekt durch Rn unterdrückt, der bei einem aktiven Dosimeter nicht auftritt. Die konische Innenform der Kammern 2 und 3 verringert den Einfluß von Folgeprodukten, die sich an den Seitenwänden absetzen (gleicher Anteil in Kammer 3 und 2).

Die Verhältnisse auf die Auswertung (gebräuchliche Auswertungen) der Folien 4 und 5 sind in Fig. 2 (relative optische Dichte, aufgetragen gegen abgetragene Schichtdicke in μm für Energie E_α in MeV, bei einer Vorätzung mit $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ und 6N KOH im Volumenverhältnis 4:1, Raumtemperatur) für eine elektrochemische Nachätzung (ECE) in z.B. Makrofol nach erfolgter Vorätzung dargestellt. Die Nachätzung erfolgt z.B. mit 20% Alkohol in 6N KOH, einer elektrischen Spannung von $800 \text{ V}_{\text{eff}}$, Frequenz 2 kHz, Raumtemperatur über 4 Stunden.

2926491

Die Fig. 3 zeigt nochmals die α -Reichweiten (Pfeillängen) in μm in Abhängigkeit von den Energien E_α in z.B. Makrofol. Die Pfeile gehen von der Oberfläche der Folien 4 bzw. 5 aus; der nach ECE sichtbare Teil der Kernspuren ist mit Kreuzchen markiert (frontaler Einfall der Teilchen).

Die Anwendung einer konventionellen Vorätzung führt im Falle der Erfindung zu einer gezielten Entfernung der Oberflächenschicht. Die Ätzdauer kann auf die entsprechende α -Energie bzw. den entsprechenden α -Strahler abgestimmt werden. Einige interessante Verhältnisse für Folgeprodukte sind in der folgenden Tabelle 3 aufgestellt.

Tabelle 3:

Isotope	entfernte Detektorschicht in μm	Vorätzungszeit in Stunden
Ra A	8.4	3.56
Ra C'	15.0	6.36
Th C'	25 μ	10.60

Interessieren z.B. nur diese drei Energiegruppen, so kann eine einzige spezielle Ätzkammer 14 verwendet werden, wie sie in Fig. 4 und 5 dargestellt ist (die Anzahl der Energiegruppen kann ausgedehnt werden). Fig. 4 zeigt im Schnitt die zylinderförmige Ätzkammer 14 mit drei um die Rotationsachse 20 gleichmäßig verteilten und parallel zu ihr durchgehenden Bohrungen 15 (s. auch Fig. 5). Sie können mit Vorätzflüssigkeit für unterschiedliche Ätzzeiten und/oder in unterschiedlicher Konzentration gefüllt werden. Auf einer der Stirnseiten 17 der Ätzkammer 14 wird eine Folien 4 oder 5 unter Zwischenlage einer Dichtung 21 mittels einer Schraubverschlußkappe 16 gleichzeitig in Kontakt mit allen Bohrungen 15 bzw. den darin enthaltenen Ätzflüssigkeiten gebracht. Entsprechend der Anzahl der Bohrungen 15 ist die Anzahl der gleichzeitig diskriminierbaren Energiegruppen.

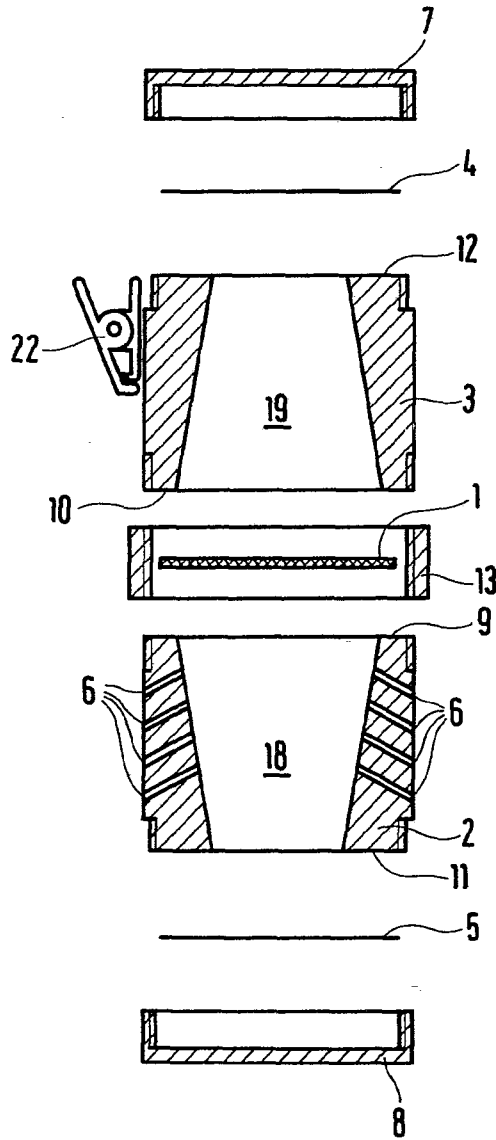
030062/0421

11
Leerseite

- 15 -
2926491

Nummer: 29 26 491
 Int. Cl.²: G 01 T 1/02
 Anmeldetag: 30. Juni 1979
 Offenlegungstag: 8. Januar 1981

Fig. 1

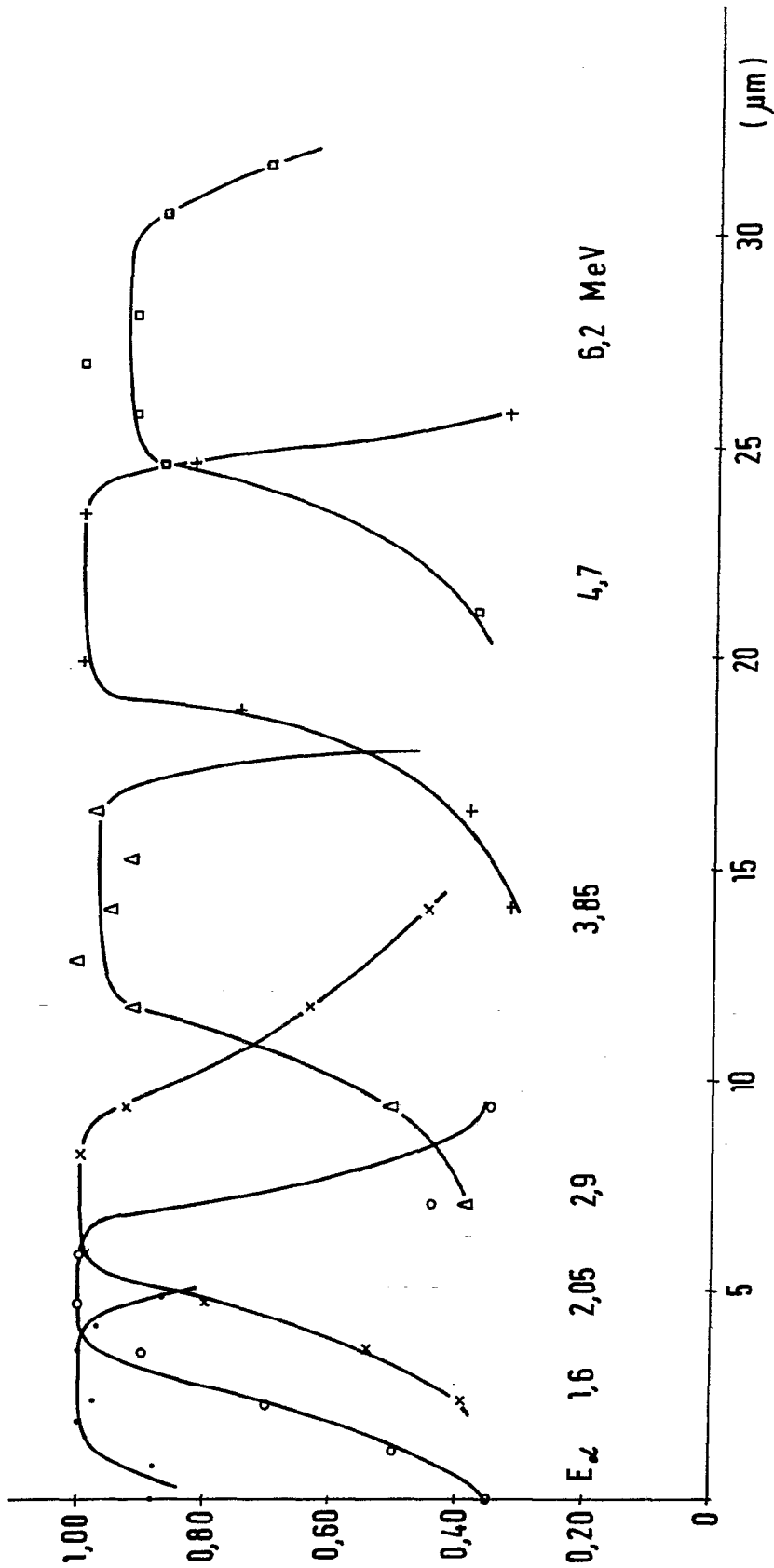


030062/0421

ORIGINAL INSPECTED

2926491

Fig. 2



030062/0421

Fig. 3

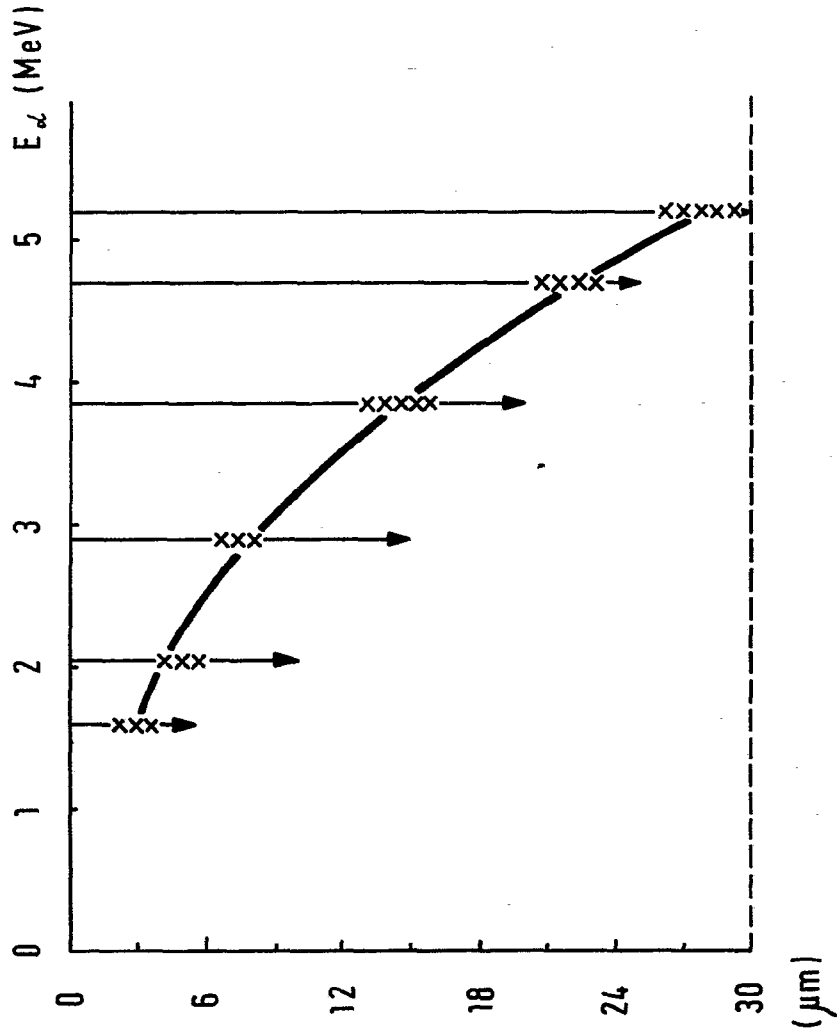


Fig. 4

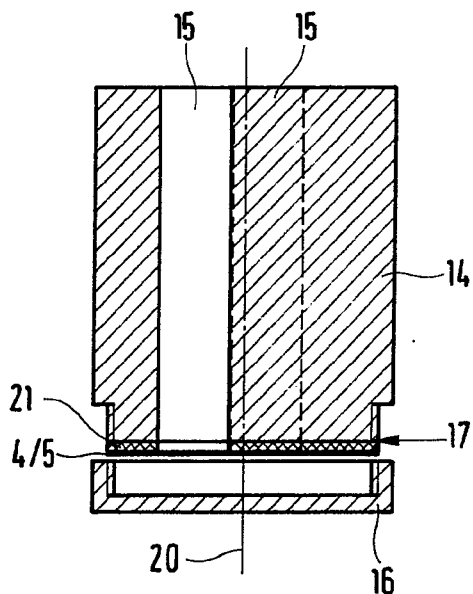


Fig. 5

