

19



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer: **0 013 003**
B1

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

45 Veröffentlichungstag der Patentschrift:
08.12.82

51 Int. Cl.³: **H 01 J 37/04, H 01 J 37/10 //**
G01N23/20

21 Anmeldenummer: **79105288.9**

22 Anmeldetag: **20.12.79**

54 Verfahren zur Elektronenstrahl-Untersuchung und Elektronenstossspektrometer zur Durchführung des Verfahrens.

30 Priorität: **27.12.78 DE 2856244**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.07.80 Patentblatt 80/14

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.12.82 Patentblatt 82/49

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

56 Entgegenhaltungen:
CH-A-219 503
DE-A-2 458 025
DE-A-2 556 694
GB-A-1 454 641
US-A-3 480 774

73 Patentinhaber: **Kernforschungsanlage Jülich**
Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Postfach 1913,
D-5170 Jülich (DE)

72 Erfinder: **Froitzheim, Hermann, Dr., Horbacher**
Strasse 365, D-5100 Aachen (DE)
Erfinder: **Ibach, Harald, Prof. Dr., Kalkbergstrasse 167,**
D-5100 Aachen-Verlautenheide (DE)
Erfinder: **Bruchmann, Heinz-Dieter, Burgstrasse 36,**
D-5173 Aidenhoven-Dürboslar (DE)
Erfinder: **Lehwald, Sieghard, Dr., Artilleriestrasse 45,**
D-5170 Jülich (DE)

EP 0 013 003 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Verfahren zur Elektronenstrahl-Untersuchung und Elektronenstoßspektrometer zur Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Elektronenstrahl-Untersuchung, insbesondere von Festkörpern, bei dem die von einem Emissionssystem kathodisch emittierten und elektronenoptisch gebündelten Elektronen zumindest einer Energieselektion in einer Zylinderkondensator-Ablenkeinheit unterworfen und abschließend mit einem Detektor nachgewiesen werden. Sie umfaßt ferner ein Elektronenstoßspektrometer zur Durchführung des Verfahrens mit elektrostatischen Zylinderkondensator-Ablenkeinheiten als energiedispersive Einheiten, das insbesondere für Stoßenergien zwischen 1 und 1000 eV konzipiert ist.

Elektronenstoßspektrometer (auch »Elektronen-Energieverlust-Spektrometer« oder abgekürzt »Elektronenspektrometer« genannt) werden zur Analyse von Gasen und Festkörpern verwendet, wobei die relevante Information in Form charakteristischer Energieverluste nach Stoß der Elektronen mit Gasmolekülen oder einer Festkörperprobe erhalten wird. In neuerer Zeit ist die Anwendung zur Aufnahme von Schwingungsspektren von Adsorbaten und damit der Einsatz in der Katalysatorforschung von besonderem Interesse. Dazu muß die Energieauflösung der verwendeten Spektrometer im Bereich von $\Delta E = 5 - 10$ meV liegen. Insbesondere bei dieser Anwendung wird ein möglichst hoher Strom bei gegebener Auflösung ΔE angestrebt.

Es ist ein besonderes Charakteristikum solcher Untersuchungen, daß hierbei der wesentliche Teil der Elektronen von der Probe spiegelnd reflektiert werden. Dies gilt auch für solche Elektronen, die durch Anregung von Adsorbatschwingungen Energieverluste erlitten haben (H. Ibach, J. Vac. Sci. Technol. 9, 713 (1972) und E. Evans and D. L. Mills, Phys. Rev. B5, 4126 (1972)). Aufgrund dieser physikalischen Gegebenheiten wird durch die Anwesenheit der Probe – abgesehen von einer Strahllenkung – der Strahlengang im Hinblick auf die Fokussierungsbedingungen nicht beeinflusst und der Vergleich verschiedenartiger Spektrometer kann durch Vergleich ihrer Eigenschaften in direktem Durchschuß ohne Anwesenheit der Probe erfolgen.

Es ist bekannt, daß der Strom durch Raumladungseffekte begrenzt wird (H. Ibach, Applications of Surf. Sci. 1, 1 (1979)). Dadurch ergibt sich eine Abhängigkeit des transmittierten Stromes am Detektor I_D proportional zu $\Delta E^{5/2}$. Verschiedene Ausführungsformen elektrostatischer Elektronenstoßspektrometer unterscheiden sich in dem erzielten Vorfaktor g der Gleichung

$$I_D = g \Delta E^{5/2} \quad (1)$$

der zugleich ein Maß für die Güte des Spektrometers darstellt. Bei Einstellung der höchstmöglichen Auflösung wird ein zusätzlicher Abfall des transmittierten Stromes durch verstärkte Bildfehler bei niedrigen Elektronenenergien bedingt. Die erzielbare Auflösung $\Delta E_{\min}$ (üblicherweise gemessen als Energiebreite bei halbem Signalstrom; englisch »FWHM«), bei der der Strom noch Gleichung (1) folgt, ist deshalb ebenfalls ein Maß für die Spektrometerqualität.

Elektronenstoßspektrometer für die beschriebenen Anwendungen sind mit verschiedenartigen energiedispersiven Elementen realisiert worden. Insbesondere sind Zylinderkondensatoren, Kugelkondensatoren und sogenannte Zylinderspiegel bekannt geworden. Die entsprechenden Werte für g und die beste erzielte Halbwertsbreite (als Maß für die Auflösung) sind, soweit in bisherigen Arbeiten Angaben über den Strom am Detektor gemacht wurden, in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

	$g \left(\frac{A}{(eV)^{5/2}} \right)$	$\Delta E_{\min} \text{ (meV)}$	Prinzip
Preston et. al., J. of Physics E. Sci. Instruments, 6, 661 (1973)	$3,6 \cdot 10^{-6}$	26	Kugelkondensator
Simpson, Rev. Sci. Instruments, 35, 1698 (1964)	$1,69 \cdot 10^{-8}$	5	
Stradling, Vacuum, 27, 595 (1977)	$6,3 \cdot 10^{-7}$	100	
Andersson, Solid State Commun. 21, 75 (1977)	$2,1 \cdot 10^{-9}$	6,8	Zylinder-spiegel
Firmenprospekt Vacuum Generators	$5 \cdot 10^{-7}$	8,5	Zylinder-kondensator

Danach werden mit Kugelkondensator- oder Zylinderspiegel-Ablenkeinheiten besonders hohe Auflösungen erzielt. Da jedoch Fertigung und Handhabung von Zylinderkondensator-Ablenkeinheiten erheblich einfacher sind, ist es die Aufgabe der Erfindung, Elektronenstoßspektrometer mit Zylinderkondensator-Ablenkeinheiten so zu verbessern, daß günstigere Werte für g und $\Delta E_{\min}$ erhalten werden.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art erreicht, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Elektronen in der Ebene senkrecht zur Zylinderkondensatorachse auf die Eintrittsblende (3 bzw. 3') des Kondensators (1 bzw. 2) fokussiert werden, während parallel zur Zylinderkondensatorachse eine Fokussierung auf den Detektor (12) erfolgt.

Eine solche Strahlführung aufweisende Elektronenstoßspektrometer mit einem eine Kathode und ein Linsensystem umfassenden Emissionssystem für einen auf die Eingangsblende des Monochromators fokussierten Elektronenstrom, der in den Zylinderkondensator-Monochromator zur Energieselektion der Elektronen eintritt, die vom Monochromator gebündelt herkommend auf die Probe fallen und nach Reflexion an derselben über ein Linsensystem in einen Zylinderkondensator-Analysator gelangen und nach Energieselektion und Durchgang durch die Ausgangsblende des Analysators auf einen Detektor auftreffen, sind somit gekennzeichnet durch ein senkrecht beziehungsweise parallel zur Monochromator-Zylinderachse derart unterschiedlich gestaltetes Emissionssystem, daß die Elektronen senkrecht zur Zylinderachse in bekannter Weise auf die Eingangsblende des Monochromators zu fokussiert werden, während parallel zur Zylinderachse eine Fokussierung auf den Detektor erfolgt, sowie durch ein Linsensystem zwischen Monochromator und Analysator mit fokussierender Wirkung senkrecht zur Zylinderachse, dagegen ohne fokussierende Wirkung parallel zur Zylinderachse.

Vorzugsweise umfaßt das Emissionssystem zu diesem Zweck einen Repeller an der Kathode, dessen fokussierend wirkende Fläche unterschiedliche Krümmungsradien parallel und senkrecht zur Monochromator-Zylinderachse aufweist, wobei der Radius des Krümmungsprofils in der durch die Monochromator-Zylinderachse gehenden Ebene größer ist als senkrecht dazu.

Ferner ist vorzugsweise die Höhe h der Schlitze in den Eingangs- und Ausgangsblenden größer als die Wurzel aus Bahnradius r und Schlitzbreite s .

Durch die Erfindung wird der systembedingte Nachteil von Zylinderkondensatoren, der darin besteht, daß diese energiedispersiven Elemente nur in einer Ebene fokussieren, ausgeglichen. Dadurch werden die, wie im Ausführungsbeispiel dargelegt, erzielten Werte für g und $\Delta E_{\min}$ besser als bei den bisher bekannt gewordenen Konstruktionen, wobei als zusätzlicher Vorteil die vergleichsweise einfache Fertigung von Zylinderkondensatorsystemen zum Tragen kommt.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird zunächst anhand von Fig. 4 die Funktion der typischen Bauelemente eines Elektronenstoßspektrometers beschrieben:

Elektronenstoßspektrometer enthalten mindestens je ein energiedispersives System als Monochromator 1 und als Analysator 2. Solche energiedispersiven Systeme sind selbstfokussierend, das heißt Elektronen der erwünschten Energie werden von der Eintrittsblende 3, 3' auf die Austrittsblende 4, 4' abgebildet. Im Falle von Zylinderkondensatoren als energiedispersiven Elementen sind Ein- und Ausgangsblende üblicherweise in der Form von Längsschlitzen (»Schlitzblenden«) ausgebildet und die Selbstfokussierung erfolgt nur in der Ebene senkrecht zur Zylinderachse, (Aufsichtebene in Fig. 4; im folgenden als Spektrometerebene bezeichnet.)

Ein Elektronenstoßspektrometer enthält ferner ein — im folgenden als Emissionssystem bezeichnetes — geeignetes System zur Strahlerzeugung 5 (mit emittierender Kathode 6, Repeller 7 und gegebenenfalls Fokussierungselementen 8), sowie ein Linsensystem 9 beziehungsweise 10 zwischen Monochromator 1 und Probe 11 beziehungsweise Probe 11 und Analysator 2, welches der Strahlführung dient sowie der Abbildung der (im übrigen am Target 11 reflektierten) Elektronen vom Austrittsspalt 4 des Monochromators 1 in den Eintrittsspalt 3' des Analysators 2. Der Nachweis der Elektronen erfolgt abschließend im Detektor 12. 13 bezeichnet eine Versorgungseinheit.

Bei den bisher bekannt gewordenen Elektronenstoßspektrometern auf der Basis von Zylinderkondensatoren sind Emissionssystem und Linsensystem entweder zirkulärsymmetrisch zur Strahlachse ausgebildet worden (D. Roy und J. Carette in »Electron spectroscopy for surface analysis«, ed. by H. Ibach, Springer 1977) oder aber es wurde auf jede Fokussierung senkrecht zu der in Fig. 4 gezeichneten Ebene verzichtet (N. Propst und Th. C. Piper, J. Vac. Sci. Technology 4, 53 (1967) und H. Ibach, J. Vac. Sci. Technology 9, 713 (1972)).

Beide vorbenannten Bauformen sind offensichtlich der Eigentümlichkeit der Zylinderkondensatoren, nur in der Ebene senkrecht zur Zylinderachse zu fokussieren, nicht optimal angepaßt:

Beim zirkulärsymmetrischen System kann zum Beispiel durch geeignete Wahl der Spannungen ein Fokus der Kathode in den Eintrittsspalt des Monochromators gelegt werden. Offensichtlich entsteht dann aber wegen der Zirkulärsymmetrie ein Bündel, welches nach dem Fokus nicht nur in der Spektrometerebene, sondern auch senkrecht dazu divergiert. Da der Zylinderkondensator senkrecht zur Spektrometerebene nicht fokussiert, geht der überwiegende Teil der Elektronen der Nutzung im Detektor verloren. Entsprechendes gilt für die weiteren abbildenden Einheiten. Der Verzicht auf jede abbildende Wirkung senkrecht zu der aus Fig. 4 ersichtlichen Spektrometerebene führt offensichtlich ebenfalls zu großen Verlusten.

Gemäß der Erfindung wird dem gegenüber durch die oben definierte Ausbildung des Emissionssystems senkrecht zur Spektrometerebene praktisch ein Parallelstrahlenbündel gebildet, wobei im übrigen Linsensystem verwendet werden, die in der Spektrometerebene den Austrittsspalt des Monochromators auf den Eintrittsspalt des Analysators abbilden, senkrecht zur Spektrometerebene den Strahl jedoch nicht beeinflussen, wodurch der vom Kathodensystem in dieser Richtung im Detektor ausgebildete Fokus unbeeinflusst bleibt.

Offensichtlich ist ein solches Emissions- und Linsensystem den Abbildungseigenschaften von Zylinderkondensatoren in optimaler Weise angepaßt. Die entsprechenden Eigenschaften von Emissionssystem und Linsensystem werden erfindungsgemäß durch eine entsprechende Gestaltung der Elektroden erzielt.

Die vorgeschriebene Strahlführung führt nun nicht nur — wie vorstehend dargelegt — zu einer guten Stromausbeute am Detektor, sondern sie bringt auch Vorteile für die Auflösung des Systems. Die energetische Auflösung eines Zylinderkondensators ist gegeben durch

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{s}{r} + \frac{h^2}{\pi^2 r^2} + \frac{2}{3} \alpha^2 \quad (1)$$

wobei s und h Schlitzbreite und -höhe von Eingangs- und Ausgangsblende (3, 3' und 4, 4' in Fig. 4), r der Radius des Zylinderkondensators, E die Energie der Elektronen im Zylinderkondensator (1, 2) und α die Winkeldivergenz senkrecht zur Zylinderachse sind. Der zweite Term der Gleichung ergibt sich, wenn Strahlen den Zylinderkondensator derart durchsetzen, daß sie von einem Punkt am oberen Rand des Eingangsschlitzes (3) zu einem Punkt am unteren Rand des Ausgangsschlitzes (4) gelangen können. Durch die erfindungsgemäße Strahlführung werden solche Elektronenbahnen ausgeschlossen, wodurch der zweite Term entfällt mit dem Resultat einer entsprechend verbesserten Auflösung bei gegebener Energie der Elektronen im Monochromator. Da, wie dem Fachmann bekannt ist, die Energie nicht beliebig erniedrigt werden kann infolge der örtlichen Inhomogenität des Oberflächenpotentials, bedeutet der Wegfall des Terms 2 in Gleichung (2) auch einen grundsätzlichen Vorteil im Hinblick auf die maximal erzielbare Auflösung. Dieser theoretische Befund läßt sich experimentell bestätigen. Zur Erzielung einer maximalen Auflösung sollten im übrigen lokale Inhomogenitäten des Oberflächenpotentials möglichst klein gehalten werden. Dazu wurden bei einigen bisher bekanntgewordenen Spektrometern zusätzlich Ausheizvorrichtungen oder Beschichtungen mit Edelmetallen vorgesehen (Phys. Rev. 173, 222 (1968)). Zur Vermeidung von Aufladungen der Elektroden und zur Reduktion der Sekundärelektronenproduktion ist ferner die Beschichtung mit Acetylenruß bekanntgeworden (J. A. Prested, J. Phys. E. Scientific Instruments 6, 661 (1973)).

Eine solche Beschichtung mit Kohlenstoff erweist sich auch beim erfindungsgemäßen Spektrometer als zweckmäßig, wobei überraschenderweise ein besonders günstiges Verhalten des Systems erreicht wird, wenn die Kohlenstoffbeschichtung in der Form von Graphit vorgesehen wird, wie sie insbesondere durch Tauchen der Elektroden in eine Suspension von kolloidalem Graphit und kurzzeitiges »Aufbacken« der Beschichtung erhalten wird.

Nachfolgend wird die Erfindung an Hand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die angeführten Zeichnungen beschrieben; es zeigt schematisch:

Fig. 1 ein Emissionssystem;

Fig. 2 dessen Linsenprofil;

Fig. 3 Kurven für den gemessenen Strom am Detektor in Abhängigkeit von der Energiebreite ΔE ; und

Fig. 4 den Aufbau eines Spektrometers;

Das in Fig. 4 skizzierte und oben beschriebene Elektronenstoßspektrometer umfaßt ein Emissionssystem, dessen verschiedene Fokallängen durch entsprechende Formgebung der Elektroden realisiert werden, wie sie aus Fig. 1 ersichtlich ist, die oben einen Vertikalschnitt und darunter einen Horizontalschnitt durch das System zeigt. Man erkennt deutlich die unterschiedliche Ausbildung in den beiden Richtungen, insbesondere die spezielle Gestalt des Repellers 7 mit einer gekrümmten Repellerfläche 7' mit in beiden Richtungen unterschiedlichen Krümmungsradien r_1 , r_2 und ein darauf abgestimmtes Linsensystem 8. Die im Spektrometer zwischen Monochromator 1 und Analysator 2 verwendeten Linsen 9, 10 haben ein längliches Linsenprofil mit abgestumpften Ecken, wie es aus Fig. 2 ersichtlich ist. Ein analoges Profil haben die Linsen 8 des Emissionssystems.

Bei dem gewählten Beispiel beträgt der Radius der Zylinderkondensatoren $r = 35$ mm und die Schlitzbreite $s = 0,15$ mm ($\sqrt{r \cdot s} \approx 2,3$ mm). Für Untersuchungen an einkristallinen Proben begrenzter Größe wurde als Schlitzhöhe $h = 4$ mm gewählt. Die Winkelhalbertsbreite ist $\alpha = 3^\circ$. Zur Prüfung der Eigenschaften des Spektrometers wurde der Strom in der Probenposition und am Detektor in Funktion der Energiebreite ΔE (Halbwertsbreite) im direkten Durchschuß gemessen (siehe Fig. 3). Die Energie der Elektronen an der Probe wurde dabei fest auf 5 eV gehalten. Die Energieauflösung des Monochromators beziehungsweise Analysators war jeweils gleich.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, folgt der Strom am Detektor der theoretischen Beziehung (Gleichung 1), ohne daß selbst bei $\Delta E = 5$ meV eine verschlechterte Abbildung durch Abweichung von dem theoretischen Potenzgesetz offensichtlich ist. Der sich aus der Kurve ergebende g Faktor beträgt $3,5 \cdot 10^{-6} \text{ A/(eV)}^{5/2}$. Eine maximale Auflösung von $\Delta E_{\min} = 5$ meV wurde erzielt. Der Vergleich

Tabelle 1 zeigt, daß als Folge der beschriebenen Erfindung erstmals Auflösungen im Bereich von 5 meV mit akzeptablem Strom (g Faktor) realisiert wurde. Ferner ermöglicht die Erfindung die Verwendung von besonders einfach zu fertigenden Zylinderkondensatoren als energiedispersive Elemente ohne Verlust an Strom und Auflösung.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Elektronenstrahl-Untersuchung, insbesondere von Festkörpern, bei dem die von einem Emissionssystem kathodisch emittierten und elektronenoptisch gebündelten Elektronen zumindest einer Energieselektion in einer Zylinderkondensator-Ablenkeinheit unterworfen und abschließend mit einem Detektor nachgewiesen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronen in der Ebene senkrecht zur Zylinderkondensatorachse auf die Eintrittsblende (3 bzw. 3') des Kondensators (1 bzw. 2) fokussiert werden, während parallel zur Zylinderkondensatorachse eine Fokussierung auf den Detektor (12) erfolgt.

10

15

2. Elektronenstoßspektrometer zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem eine Kathode und ein Linsensystem umfassenden Emissionssystem für einen auf die Eintrittsblende des Monochromators fokussierten Elektronenstrom, der in den Zylinderkondensator-Monochromator zur Energieselektion der Elektronen eintritt, und bei dem die vom Monochromator gebündelt herkommenden, selektierten Elektronen auf die Probe fallen und nach Reflexion an derselben über ein Linsensystem in einen Zylinderkondensator-Analysator gelangen und nach Energieselektion und Durchgang durch die Austrittsblende des Analysators auf einen Detektor auftreffen, gekennzeichnet durch ein senkrecht bzw. parallel zur Monochromatorzylinderachse derart unterschiedlich gestaltetes Emissionssystem (6, 87), daß die Elektronen senkrecht zur Zylinderachse auf die Eintrittsblende (3) des Monochromators (1) fokussiert werden, während parallel zur Zylinderachse eine Fokussierung auf den Detektor (12) erfolgt, sowie durch ein Linsensystem (9, 10) zwischen Monochromator (1) und Analysator (2) mit fokussierender Wirkung senkrecht zur Zylinderachse, dagegen ohne fokussierende Wirkung parallel zur Zylinderachse.

20

25

3. Elektronenstoßspektrometer nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Repeller (7) an der Kathode (6), dessen fokussierend wirkende Fläche (7') unterschiedliche Krümmungsradien (r_1 , R_2) parallel und senkrecht zur Monochromator-Zylinderachse aufweist, wobei der Radius r_1 des Krümmungsprofils in der durch die Monochromator-Zylinderachse gehenden Ebene größer ist als senkrecht dazu.

30

4. Elektronenstoßspektrometer nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe h der Schlitzes in den Eingangs- und Ausgangsblenden (3, 3', 4, 4') größer ist als die Wurzel aus Bahnradius r und Schlitzbreite s.

35

5. Elektronenstoßspektrometer nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die an der Strahlführung beteiligten Elemente eine Kohlenstoffbeschichtung aufweisen.

6. Elektronenstoßspektrometer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Kohlenstoffbeschichtung aufweisenden, an der Strahlführung beteiligten Elemente die Blenden (3, 3', 4, 4'), die Linsen (7 bis 10) und die Ablenkplatten der Kondensatoren (1, 2) umfassen.

40

7. Verfahren zur Herstellung von bei einem Elektronenstoßspektrometer nach Anspruch 5 oder 6 an der Strahlführung beteiligten Elementen, dadurch gekennzeichnet, daß diese Elemente in eine kolloidale Graphitsuspension getaucht werden.

45

Claims

1. Method for electron-beam analysis, especially of solid bodies in which the electrons, which are cathodically emitted from an emission system, and are electron-optically bundled, are subjected to at least one energy-selection in a cylinder condenser deflection unit and are finally detected by means of a detector, characterised in that the electrons are focussed onto the entry aperture (3 or 3') of the condenser (1 or 2) in the plane normal to the axis of the cylinder condenser, while a focussing onto the detector (12) takes place parallel to the axis of the cylinder condenser.

50

2. Electron-impact spectrometer for carrying out the method according to claim 1, with an emission system, comprising a cathode and a lens system, for a stream of electrons which is focussed onto the entry aperture of the monochromator, this stream of electrons entering the cylinder condenser monochromator for energy selection of the electrons, and in which spectrometer the selected electrons arriving bundled from the monochromator fall on the specimen and, after reflection at the specimen, enter a cylinder condenser analyser via a lens system, and, following energy-selection and passage through the exit aperture of the analyser, strike a detector, characterised by an emission system (6, 8) which is differently formed normal and parallel to the cylinder-axis of the monochromator in such a way that normal to the cylinder-axis the electrons are focussed onto the entry aperture (3) of the monochromator (1), while a focussing effect onto the detector (12) takes place parallel to the cylinder-axis, this spectrometer also being characterised by a lens system (9, 10) between

55

60

65

monochromator (1) and analyser (2), this lens system having a focussing effect normal to the cylinder-axis, but no focussing effect parallel to this axis.

3. Electron-impact spectrometer according to claim 2, characterised by a repeller (7) at the cathode (6), the surface (7') of this repeller having a focussing effect exhibiting dissimilar radii of curvature (r_1 , r_2) parallel to and normal to the cylinder-axis of the monochromator, the radius r_1 of the curvature-profile in the plane passing through the cylinder-axis of the monochromator being greater than the radius in the plane normal to this axis.

4. Electron-impact spectrometer according to claim 2 or 3, characterised in that the height h of the slits in the entry and exit apertures (3, 3', 4, 4') is greater than the square root of the product of the path-radius r and the slit-width s .

5. Electron-impact spectrometer according to one of claims 2 to 4, characterised in that the elements involved in guiding the beam possess a carbon coating.

6. Electron-impact spectrometer according to claim 5, characterised in that the elements involved in guiding the beam, which possess a carbon coating, comprise the apertures (3, 3', 4, 4'), the lenses (7 to 10) and the deflecting plates of the condensers (1, 2).

7. Process for manufacturing elements involved in guiding the beam in an electron-impact spectrometer according to claim 5 or 6, characterised in that these elements are dipped into a suspension of colloidal graphite.

Revendications

1. Procédé d'analyse, notamment de corps solides, par faisceau d'électrons suivant lequel on soumet les électrons émis cathodiquement par un système d'émission et concentrés par optique électronique au moins à une sélection d'énergie dans une unité de déviation à condensateur cylindrique et, ensuite, on les détecte avec un détecteur, caractérisé en ce qu'il consiste à focaliser les électrons dans le plan perpendiculaire à l'axe du condensateur cylindrique sur le diaphragme (3 ou 3') d'entrée du condensateur (1 ou 2) alors que, parallèlement à l'axe du condensateur cylindrique, une focalisation sur le détecteur (12) a lieu.

2. Spectromètre à impact d'électrons pour exécuter le procédé suivant la revendication 1 comprenant un système d'émission, ayant une cathode et un système de lentilles, pour un courant d'électrons focalisés sur le diaphragme d'entrée du monochromateur, et arrivant dans le monochromateur à condensateur cylindrique pour la sélection en énergie des électrons, qui provenant à l'état concentré du monochromateur tombent sur l'échantillon et, après réflexion sur celui-ci, arrivent par un système de lentilles, dans un analyseur à condensateur cylindrique et, après sélection suivant les énergies et passage à travers le diaphragme de sorties de l'analyseur, rencontrent un détecteur caractérisé par un système (6, 8) d'émission conformé de manière différente, perpendiculairement et parallèlement à l'axe du cylindre du monochromateur, en ce que les électrons sont focalisés perpendiculairement à l'axe du cylindre sur le diaphragme (3) d'entrée du monochromateur (1), tandis que s'effectue parallèlement à l'axe du cylindre une focalisation sur le détecteur (12), ainsi que, par un système (9, 10) de lentilles interposé entre le monochromateur (1) et l'analyseur (2), avec effet de focalisation perpendiculairement à l'axe du cylindre, mais sans effet focalisant parallèlement à l'axe du cylindre.

3. Spectromètre à impact d'électrons suivant la revendication 2, caractérisé par un repousseur (7) sur la cathode (6) dont la surface (7') à action focalisante présente, parallèlement et perpendiculairement à l'axe du cylindre du monochromateur, des rayons (r_1 , r_2) de courbure différents, le rayon r_1 du profil de courbure étant plus grand dans le plan passant par l'axe du cylindre du monochromateur que dans le plan qui est perpendiculaire à celui-ci.

4. Spectromètre à impact d'électrons suivant la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la hauteur h des fentes des diaphragmes (3, 3', 4, 4') d'entrée et de sortie est plus grande que la racine carrée du produit du rayon de parcours r et de la largeur s de la fente.

5. Spectromètre à impact d'électrons suivant l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les éléments faisant partie du guidage du faisceau présentent un revêtement en carbone.

6. Spectromètre à impact d'électrons suivant la revendication 5, caractérisé en ce que les éléments faisant partie du guidage du faisceau et présentant un revêtement en carbone comprennent les diaphragmes (3, 3', 4, 4'), les lentilles (7 à 10) et les plaques de déviation des condensateurs (1, 2).

7. Procédé de fabrication d'éléments appartenant au guidage du faisceau dans un spectromètre à impact d'électrons suivant la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que ces éléments sont plongés dans une suspension de graphite colloïdal.

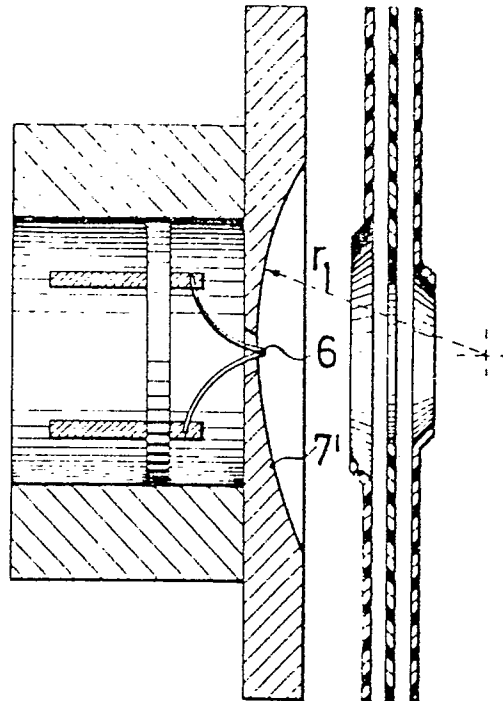
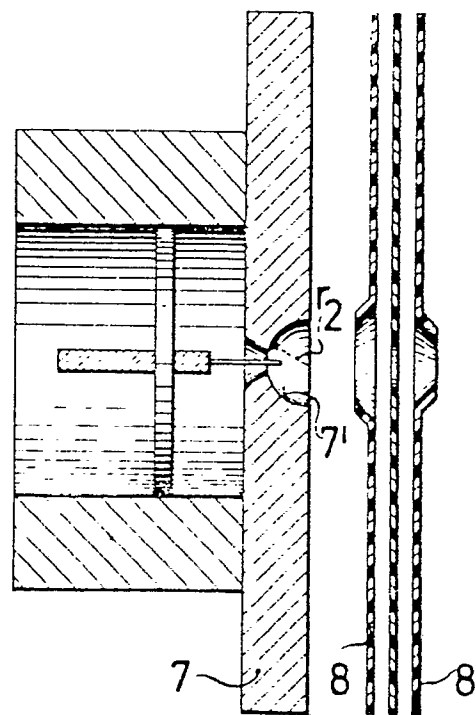


FIG. 1



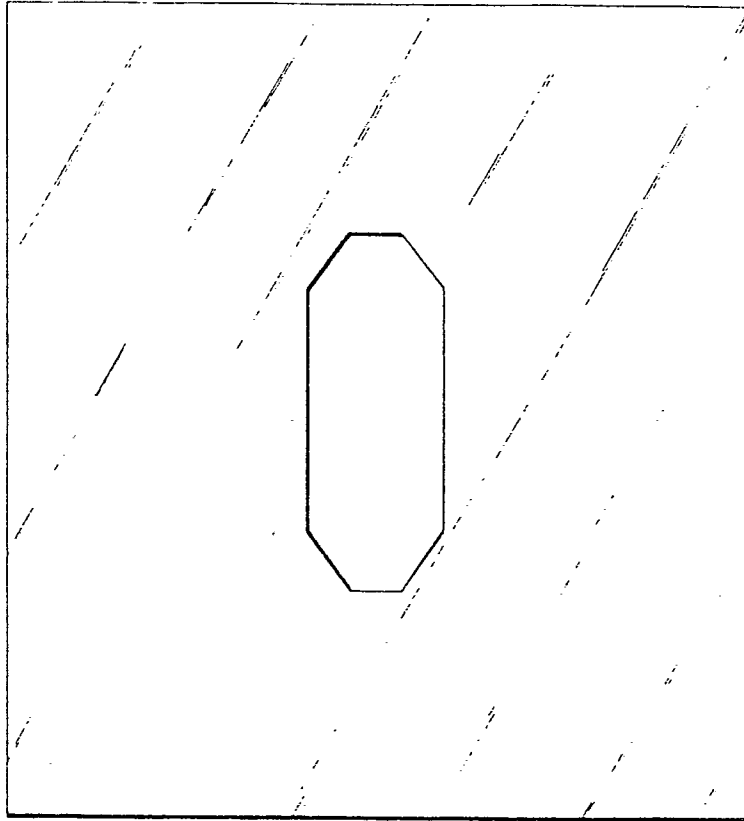


FIG. 2



FIG.3

