



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 885 T2 2005.04.07**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 914 669 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H01J 37/244**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 885.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB97/01731**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 928 378.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/000853**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.06.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **08.01.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.05.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **28.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.04.2005**

(30) Unionspriorität:
9613728 01.07.1996 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, FR, IT, LI, NL

(73) Patentinhaber:
K E Developments Ltd., Cambridge, GB

(72) Erfinder:
**COWHAM, John, Michael, Cambridge CB3 7RL,
GB**

(74) Vertreter:
Brose und Kollegen, 82319 Starnberg

(54) Bezeichnung: **DETEKTORVORRICHTUNGEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Detektorvorrichtung und insbesondere Vorrichtungen zum Erfassen von Elektronen, die aus der Probe austreten, welche durch ein Scanelektronenmikroskop oder dergleichen untersucht werden.

[0002] Bei einem üblichen Lichtmikroskop wird die zu untersuchende Probe mit sichtbarem Licht beleuchtet – das heisst Photonen mit Wellenlängen in dem Bereich, für welchen das menschliche Auge empfänglich ist – und dann entweder unter Verwendung des reflektierten Lichtes aufgenommen, um eine Information über dessen Oberfläche und Form zu erzeugen in der Weise, wie irgendein normales Objekt durch das Auge betrachtet wird oder dass unter Verwendung des Lichtes, welches durch die Probe hindurch geschickt wurde, aufgenommen wird, um Details der inneren Konstruktion zu erfassen. Vergrößerungslinsen und Spiegel können verwendet werden, um die Größe des Bildes zu vergrößern und um die Probe größer erscheinen zu lassen, so dass Merkmale enthüllt werden, die das bloße Auge nicht sehen kann, wobei jedoch unvermeidlich ein Punkt erreicht wird – bei etwa 2000-facher Vergrößerung – wo eine weitere Vergrößerung unmöglich ist, da die zu sehenden Gegenstände nahezu die gleiche Größe oder sogar etwas kleiner sind als die Wellenlänge des verwendeten Lichts (und so, dass tatsächlich das Licht um sie herum wandert, statt auf sie aufzutreffen, wobei ohne eine Interaktion nichts der Probe enthüllt werden kann). Die "durchschnittliche" Wellenlänge des sichtbaren Lichtes liegt bei etwa 600 Nanometer (0,6 Mikrometer); zum Zwecke der Verdeutlichung kann ein Lichtmikroskop verwendet werden, um ein Bakterium oder Bazillus zu untersuchen, da diese vergleichsweise groß sind (etwa 10 Mikrometer und mehr in der Länge), es kann jedoch nicht verwendet werden, um klare Bilder von Viren zu liefern, welche bei einer Querabmessung von lediglich 1 Mikrometer oder weniger zu klein sind, um bei Verwendung von Licht in irgend einem feinen Detail sichtbar zu sein.

[0003] Das Elektronenmikroskop löst dieses Problem teilweise, indem Elektronen an Stelle von Licht verwendet werden, um die Probe zu beleuchten. Elektronen können sich als Wellenform ziemlich ähnlich wie die Photonen von Licht benehmen, jedoch mit einer sehr viel kürzeren Wellenlänge (üblicherweise von etwa 0,001 Mikrometer und weniger); sie können folglich verwendet werden, um Objekte "zu betrachten", wie Viren und Einzelheiten von Objekten, die viel zu klein sind, um mit einem konventionellen Lichtmikroskop klar sichtbar zu sein.

[0004] Es gibt zwei Haupttypen von Elektronenmikroskopen. Bei dem ersten und älteren Typ, der als Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) bekannt ist, wird die Gesamtheit einer sehr dünnen Probe mit

Elektronen, wie in einem Lichtmikroskop diese mit Licht beleuchtet wird, beleuchtet – dies entspricht etwa dem Anschalten einer Glühlampe in einem Raum – und die Elektronen, die durch die Probe hindurch gelangen, werden auf einen Bildschirm fallen gelassen, welcher sie in ein sichtbares Bild umwandelt. Bei dem zweiten und neueren Typ, welcher als Scanelektronenmikroskop (SEM) bekannt ist und welches die Art ist, mit der sich die vorliegende Erfindung hauptsächlich befasst, wird ein Punkt aus einem sehr schmalen Elektronenstrahl hergestellt und in feinen Streifen über die Probe gescannt, etwa wie mit einer Fackel in einem Raum zu wedeln, und ein Bild wird aus den Elektronen aufgebaut, welche aus dem Scanpunkt heraus treten (in etwa der gleichen Weise wie ein vollständiges Fernsehbild aus dem Licht aufgebaut wird, welches von dem Phosphor des Fernsehbildschirms ausgestrahlt wird, wenn dieser in Streifen mit einem einen Punkt bildenden Elektronenstrahl gescannt wird).

[0005] Der auf ein Ziel – die Probe – in einem SEM auftreffende Elektronenstrahl kann mehrere verschiedene Arten von austretenden Elektronen erzeugen. Am offensichtlichsten sind hier diejenigen Elektronen, welche durch die Probe hindurch übertragen werden und von der Rückseite "betrachtet" werden; bei dieser Betriebsart ist das Mikroskop als scannendes Transmissionselektronenmikroskop oder STEM wirksam. Als nächstes gibt es die Elektronen des Strahles, welche von der Oberfläche der Probe reflektiert oder "zurückgestreut" werden; die Erfindung befasst sich hauptsächlich mit diesen. Letztlich gibt es die Elektronen, die in den Atomen entstehen, aus denen die Probe besteht und welche aus diesen Atomen durch Kollision mit den Elektronen des Scanstrahls herausgeschlagen wurden; das Freisetzen dieser Elektronen ist als "sekundäre Elektronenemission" bekannt.

[0006] Der Elektronenstrahl kann ferner andere zweckdienliche und verwendbare Energieformen hervorrufen, die von der Probe ausgestrahlt werden. Beispielsweise bestehen einige Proben aus einem Material, welches, wenn es von Elektronen getroffen wird, eine elektromagnetische Strahlung abgibt; in Abhängigkeit von dem Material kann diese Strahlung die Form von Röntgenstrahlen einnehmen oder sie kann sich selbst als sichtbare Lichtphotonen manifestieren. Die Emission derartiger Photonen ist als Kathodolumineszenzemission (CE) bekannt.

[0007] Um von den Wirkungen des Elektronenstrahls zu profitieren, muss das SEM irgendeine Form des Sammelns der austretenden Elektronen und der Umwandlung derselben in ein sichtbares Bild aufweisen. Ferner ist es, da die Intensität der gesammelten Elektronen unvermeidlich vergleichsweise niedrig ist – einfacher ausgedrückt erscheint die Probe nicht sehr hell – üblich, direkt oder indirekt entwe-

der die Elektronen selbst oder das durch sie gebildete Bild zu verstärken, bis es zweckdienlich ist, für das menschliche Auge gesehen zu werden. Ein übliches Verfahren, um dies zu erreichen, besteht darin, die Elektronen dazu zu bringen, auf einen Szintillator aufzutreffen – eine Einrichtung (oder Material), welches Lichtblitze angibt, wenn es durch Elektronen getroffen wird – und dann das so geformte Licht auf einen Fotomultiplikator zu richten, welcher die Lichtblitze in merklich große Elektrizitätsimpulse umwandelt ("zurück", wie vorher, in Elektronen, jedoch nun in so großen Mengen, dass sie verwendbar sind, um übliche Anlagen, wie Fernsehröhren oder Kathodenstrahlröhren, zu betreiben und zu steuern). Es ist dies, die primäre Erfassung der gesammelten Elektronen (und speziell der zurückgestreuten Elektronen) durch ihre Umwandlung in Licht unter Verwendung eines Szintillators und die Einspeisung des so geformten Lichts in eine Fotomultiplikatorröhre oder dergleichen, womit sich die vorliegende Erfindung hauptsächlich befasst.

[0008] Zur Zeit verwendet eines der erfolgreicheren erhältlichen Detektorsysteme eine aus Vollmaterial bestehende fingerähnliche Lichtführung (üblicherweise aus einem transparenten Akrylkunststoff, obwohl Glas oder Quarz ebenfalls verwendet werden können), bei dem am Ende der Seitenfläche eine Schicht von Szintillatormaterial (typischerweise ein Phosphor) vorhanden ist. Der Finger ist mit seinem anderen Ende nahe dem Eingabeschirm einer Fotomultiplikatorröhre (PMT) oder dergleichen montiert und steht von dieser vor und ist derart orientiert, dass die Szintillatorschicht auf die Probe zuweist und ragt in den Weg der rückgestreuten Elektronen derart, dass diese auf die Schicht auftreffen und diese zum Ausenden von Licht bringen. Dieses Licht gelangt dann durch die Schicht in den Körper des Fingers, welcher es (durch totale innere Reflexion) längs zum entfernten Ende leitet, wo es nach aussen in die PMT scheint. Eine derartige Anordnung ist beispielsweise aus der JP-A-07192678 bekannt.

[0009] Dieser Typ von Detektorsystem, welches seit einigen Jahren in Betrieb ist, ist ziemlich gut, weist jedoch trotzdem eine Anzahl von Nachteilen auf, wobei der größte, sich aus den in Konflikt miteinander stehenden Anforderungen der Szintillatorschicht ergibt. Das Problem besteht darin, dass die Schicht dick und relativ opak den Elektronen gegenüber sein muss, um die besten Chancen des Einfangs und somit der Erzeugung von Lichtimpulsen von den meisten Elektronen, die auf sie auftreffen, zu haben (an Stelle sie ohne Licht zu erzeugen als Verlust hindurchzulassen) und dennoch muss sie gleichzeitig höchst vorzugsweise dünn genug sein, um die so erzeugten Lichtimpulse in den Körper des Lichtführungsfingers hindurchzulassen, an Stelle von der Schicht absorbiert und durch die Schicht geschwächt und somit vergeudet zu werden.

[0010] Es ist dieses Problem, dass die vorliegende Erfindung versucht, zu lösen – und um dies zu tun, schlägt die Erfindung eine Lösung vor, die auf den ersten Blick so einfach ist, dass sie offensichtlich erscheint, obwohl sie bisher vollständig übersehen wurde. Das Problem wird durch eine Anordnung gemäß Anspruch 1 gelöst. Insbesondere wird erfindungsgemäß eine verbesserte Version des Licht richtenden Fingers vorgeschlagen, welcher an Stelle der auf der Seitenfläche angebrachten Schicht aus Szintillatormaterial an dem in den Strom rückgestrahlte Elektronen eingeführten Ende einen Elektronenrezeptor aufweist, der derart angeordnet ist, dass er eine Fläche aufweist, die in einem Winkel steht, um somit die empfangenen Elektronen längs des Fingers zu der PMT zu reflektieren, wobei das Szintillatormaterial als Überzug auf der Fläche angebracht ist. Es ist offensichtlich, dass auf diese Weise die PMT tatsächlich auf die Szintillatorschicht "blickt" und somit das Licht direkt von der Vorderseite oder Eingangsseite der Schicht empfängt, an Stelle wie in dem oben beschriebenen Detektor nach dem Stand der Technik tatsächlich auf die Rückseite oder Ausgangsseite der Schicht zu blicken. Folglich muss das durch die Schicht ausgesandte Licht nicht durch die Schicht hindurch wandern, um zu der PMT zu gelangen und wird folglich auch nicht durch die Schicht geschwächt – und ein Detektorsystem nach der vorliegenden Erfindung ist folglich mehrfach, sogar zig-fach sensitiver als das nach dem Stand der Technik.

[0011] Es ist offensichtlich, dass, wenn die Elektronen sammelnde Führung gemäß der Erfindung oder Leiter nach der Erfindung, bei welcher der Elektronenempfänger mit der mit dem Szintillator überzogenen Fläche im Winkel in Richtung des Konverters gerichtet ist, dann der Konverter tatsächlich "darauf sieht" und somit das Licht direkt von der Vorderseite oder Eingangsseite der Szintillatorschicht empfängt.

[0012] Der Elektronen sammelnde Lichtleiter nach der Erfindung dient zur Verwendung in einem Elektronenmikroskop, insbesondere einem Scanelektronenmikroskop (SEM). Es ist nicht notwendig, an diesem Punkt die Einzelheiten von SEM's zu diskutieren, jedoch ist es möglicherweise zweckdienlich, darauf hinzuweisen, dass die Grundbestandteile einer derartigen Einrichtung in einer der Figuren der beiliegenden Zeichnungen gezeigt sind. Es ist ferner zweckdienlich, zu bemerken, dass der enge Elektronenstrahl, den ein SEM produziert, durch eine Elektronenkanone mit hohem negativem Potential häufig um 20.000 Volt (20 kV) erzeugt wird, dass jedoch der Betrieb der meisten SEM's tatsächlich zwischen 1 kV und 30 kV möglich ist (und tatsächlich arbeiten einige SEM's sogar in einem noch größeren Bereich von Spannungen). Der Betrieb bei niedrigeren kV's ist von besonderer Bedeutung; somit ist, je niedriger die Spannung, desto niedriger die Beschädigung der Probe durch auftreffende Elektronen, während bei

etwa 1,5 kV die austretenden Elektronen grob durch die auftreffenden Elektronen ausgeglichen werden, so dass die Probleme, die durch den Spannungsaufbau hervorgerufen werden, reduziert werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden die austretenden Elektronen zum größten Teil direkt auf der Szintillatorschichtoberfläche (und das Licht direkt von dieser ausgestrahlt) aufgenommen; es besteht keine dazwischen liegende Grenzschicht, die durchdrungen werden muss, so dass das System nicht nur bei höheren kV's gut arbeitet, sondern sogar die Elektronen niedrigerer Energie (niedrigerer Spannung) eine zweckdienliche Lichtausbeute gewährleisten.

[0013] Die Elektronen sammelnde Lichtleitvorrichtung nach der Erfindung ist für die Anbringung an einem Konverter gedacht. Die Mittel der Anbringung können die jeweils Zweckdienlichen für den speziell verwendeten Konverter sein; es kann ein Kupplungsring mit Gewinde oder eine Bajonettfassung sein – während der Konverter selbst jede zweckdienliche Licht umwandelnde und verstärkende Einrichtung sein kann, wie beispielsweise eine Fotomultiplikatorröhre (PMT). Eine typische Fotomultiplikatorröhre ist die Bialkaliröhre Typ R268, die von Hamamatsu in Japan vertrieben wird.

[0014] Die Elektronen sammelnde Lichtleitvorrichtung nach der Erfindung weist ein langgestrecktes Lichtleitgehäuse auf, welches an einem Ende an dem Konverter befestigbar ist und am anderen Ende einen Elektronenrezeptor aufweist. Dieses Gehäuse kann eine Anzahl von Formen einnehmen einschließlich der Form eines transparenten, als Festkörper ausgebildeten "Rohrs", sehr ähnlich dem, welcher nach dem Stand der Technik verwendet wird, wobei jedoch die bevorzugte Form die eines auf der Innenseite reflektierenden (hohlen) Rohres ist. Ein derartiges Rohr kann jeden zweckdienlichen Querschnitt aufweisen und kann auf jede zweckdienliche Weise konstruiert sein. Ein bevorzugtes Rohr jedoch ist das eines rechteckigen Querschnitts mit einer Keilform (das sich nach unten in Richtung des Rezeptorendes verjüngt, um somit in den begrenzten Raum oberhalb der Probe zu passen) und wird aus vier getrennten langgestreckten ebenen Metallplatten hergestellt, die je auf ihren "Innen"-Flächen reflektierend gemacht wurden. Die Platten, welche aus einem nicht magnetischen, jedoch leitenden Material, typischerweise Aluminium, bestehen sollten, können hochglanzpoliert sein, um die reflektierenden Oberflächen zu erzeugen, oder sie können einen reflektierenden Überzug erhalten (was entsprechend der Natur des durch den Szintillator ausgesandten Lichts zweckdienlich sein kann; somit werden Goldbeschichtungen für Infrarot bevorzugt).

[0015] Die bevorzugte Form des langgestreckten Lichtführungsgehäuses ist die eines innen reflektierenden Rohres, welches an einem Ende an dem Kon-

verter befestigbar ist und am anderen Ende einen Elektronenrezeptor aufweist. Dieses Rohr ist insbesondere bevorzugt keilförmig und verjüngt sich nach unten vom Konverterende, wo es derart bemessen ist, dass es über die Eingabefläche des Konverters passt in Richtung der Spitze oder Rezeptorende, wo es derart bemessen ist und insbesondere breit, jedoch dünn ausgebildet ist, um in den begrenzten Raum zwischen der Probe und dem Ausgang des SEM zu passen. Wie bei anderen Detektoren sollte die Spitze so dünn wie möglich sein, um in den verfügbaren Raum zu passen, während es gleichzeitig so dick wie möglich sein sollte, um ein wirksames Sammeln und Übertragen der kleinen, durch den Szintillator ausgesandten Lichtsignale zu gewährleisten. Diese im Widerspruch zueinander stehenden Erfordernisse machen einige Kompromisse notwendig und im Falle des Systems nach vorliegender Erfindung mit der erheblich verbesserten Empfindlichkeit kann ein Teil dieses Wirkungsgrades, soweit zweckdienlich, geopfert werden, um die Spitze dünn zu halten. Bei einer bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung weist die Spitze eine Dicke von etwa 4 mm auf.

[0016] Das Gehäuse der Elektronen sammelnden Lichtleitvorrichtung ist an einem Ende an dem Konverter montierbar und weist am anderen Ende einen Elektronenrezeptor auf. Der Rezeptor ist eine flächennextensive Einrichtung – das heißt er erstreckt sich, um eine erhebliche Fläche abzudecken, und folglich von dieser die austretenden Elektronen zu sammeln (die einen zweckdienlich großen Festwinkel von der Probe gegenüber liegend definiert) – und ist derart angeordnet, dass das was man als "Arbeits"-Fläche benennen kann – die Fläche von ihm, welche die aus der Probe austretenden Elektronen empfängt – im Winkel steht, um so die empfangenen Elektronen längs des Leitgehäuses zum Montageende zu reflektieren. Auf dieser Fläche befindet sich eine Szintillatorschicht.

[0017] In der einfachsten Form ist der Rezeptor lediglich ein starres tragendes Substrat – eine Platte oder plattenähnliches Bauteil – mit der Szintillatorschicht auf deren Arbeitsfläche und ist am Ende des Gehäuses (in irgendeiner zweckdienlichen Weise, jedoch bevorzugt abnehmbar, so dass sie leichter ausgewechselt oder ersetzt werden kann) montiert, wobei die Fläche im Winkel steht, um sowohl auf die Probe und (längs des Gehäuses) auf den Konverter zu sehen. Bei einer etwas komplexeren Bauweise ist das Rezeptorsubstrat ein dünner Keil, wobei die Keiloberfläche, die die Szintillatorschicht trägt und im Winkel steht, um sowohl der Probe als auch dem Konverter zugewandt zu sein. In jedem Falle ist der Winkel der Fläche lediglich jeder Winkel, der es der Fläche ermöglicht, direkt Elektronen von der Probe zu empfangen und es ermöglicht, dass das Licht, welches von der Oberfläche der Szintillatorschicht

austritt, direkt in die Leitvorrichtung scheint, ohne zuerst durch irgendeinen Teil der Dicke der Schicht hindurchzumüssen. Winkel von etwa 20° bis 40° , insbesondere um etwa 20° bis 30° , bezüglich der Tragebene der Probe scheinen sehr zufriedenstellend zu sein, obwohl größere Winkel bessere Resultate ergeben, muss ein Kompromiss zwischen der Größe des Winkels und der begleitenden Dicke des Rezeptors gefunden werden. Zur Zeit beträgt der bevorzugte Winkel 22° .

[0018] Es muss jedoch, unabhängig davon, ob eine einfache Platte oder ein komplexerer Keil verwendet wird, für den Elektronenstrom von der Elektronenkanone des SEM's möglich sein, zu der Probe zu gelangen und über diese zu scannen, während die Elektronen sammelnde Leitvorrichtung nach der Erfindung eingebaut ist, wobei der Rezeptor direkt in einer Linie zwischen der Kanone und der Probe liegt, was normalerweise bedeutet, dass der Rezeptor eine Öffnung aufweist, die allgemein in seiner Mitte liegt und durch welche der Elektronenstrahl hindurchgelangen kann, um die Probe zu beleuchten. Diese Öffnung ist zweckdienlich ausreichend groß, so dass der scannende Elektronenstrahl unbehindert hindurchgelangen kann selbst bei größten Vergrößerungen (wenn er die größte Fläche der Probe scannt). Eine Öffnungsgröße von etwa 3 mm Durchmesser ist für die meisten SEM's ausreichend.

[0019] In zweckdienlicher Weise ist die Öffnung mit einem Leiterrohr ausgekleidet, welches sich geringfügig über die Oberfläche der Szintillatorschicht des Rezeptors erstreckt; dies hat die Wirkung, dass die Fleckbildung des Elektronenstrahls – der im wesentlichen runde Querschnitt des Elektronenstrahls – nicht durch die kleinen Flächen lokaler Ladungen der Schicht nahe der Öffnung verformt wird. Das Rohr, welches nahezu aus jedem leitenden, innen reflektierenden Material sein kann, obwohl poliertes Aluminium bevorzugt wird, schirmt gleichzeitig die bevorzugte, geringfügig asymmetrische Form des Rezeptors von dem Elektronenstrahl ab, wodurch die Möglichkeit einer astigmatischen Verformung auf Grund asymmetrischer Näherungseffekte verringert wird.

[0020] Die Größe und Form des mit Szintillator beschichteten Rezeptorsubstrats kann sein wie auch immer zweckdienlich zum Sammeln der austretenden Elektronen; es gibt jedoch spezielle Probleme für die dies konstruiert sein sollte. Insbesondere und wie sich aus der einfachen Geometrie und der im Winkel stehenden Anordnung der Arbeitsfläche des Rezeptors zusammen mit der großen Größe des Rezeptors im Vergleich zur Probe und dem Abstand zwischen diesen ergibt, bedeutet dies, dass hinsichtlich des ausgestrahlten Lichts, welches von den zurückgestreuten Elektronen, die auf die Szintillatorschicht auftreffen, hergeleitet wird, dass die Menge des Lichtes, welches in die Lichtleitvorrichtung aus der Fläche

der Schicht, die am nächsten der Leitvorrichtung liegt, erheblich größer ist als von der Fläche, die am weitesten von der Leitvorrichtung entfernt liegt. Hinzu kommt, dass andere Faktoren, wie die Licht blockierende Natur der Elektronenstrahlöffnung des Rezeptors und des dazu gehörigen vorstehenden Rohres, die gleiche Art von gleichgewichtsstörender Wirkung aufweisen. Mit anderen Worten, hat das System den -Nachteil, dass es mehr Licht überträgt und scheint empfindlicher zu sein und zwar von der Seite des Rezeptors, welche dem Konverter zugewandt ist. Dieser Effekt ist sehr schwierig, vollständig auszuschalten, wobei jedoch durch Erzeugung eines Rezeptors mit asymmetrischer Fläche (bei welcher die Öffnung für den Strahl näher zur Konverterseite angeordnet ist) und durch Verwendung einer konkaven Arbeitsfläche – entweder durchgehend gewölbt oder in zwei oder mehreren flachen Abschnitten – kann die Wirkung erzeugt werden, dass das Licht von der fernerer Seite des Szintillators stärker hervortritt als das Licht von der näher liegenden Seite. Durch genaue Einstellung der effektiven Anteile der Fläche zu jeder Seite des Elektronenstrahls kann eine Position gefunden werden, in welcher etwa eine gleiche Sammlung und Übertragung von beiden möglich ist.

[0021] Das Material des Rezeptorsubstrats ist insbesondere bevorzugt ein guter elektrischer Leiter, wodurch die auf der getragenen Szintillatorschicht von den gesammelten Elektronen erzeugte Ladung sehr viel leichter zu Erde (Erdung) abgezogen werden kann. Typischerweise ist das Substrat, wie das Lichtleitgehäuse, aus Metall, beispielsweise aus Aluminium.

[0022] Der Elektronenrezeptor weist eine Szintillatorschicht auf seiner Arbeitsfläche auf. Diese Szintillatorschicht kann jede zweckdienliche Form aufweisen und kann aus jedem zweckdienlichen Material bestehen. Was die Form betrifft, ist sie zweckdienlicherweise nicht mehr als eine dünne Schicht auf dem Rezeptorsubstrat, typischerweise 10 bis 100 Mikrometer dick (je dicker die Schicht, desto besser die Chance, dass alle Elektronen gefangen werden, jedoch gleichzeitig desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass ein tief in der Schicht ausgesandtes Lichtphoton nicht nach aussen zurückgelangt). Was das Material betrifft, kann es beispielsweise ein Phosphor, typischerweise der übliche P47-Phosphor sein, welcher hochsensitiv ist und Licht im Bereich von 440 nm aussendet (was nahe der üblichen verwendeten Bialkali PMT entspricht), jedoch gibt es eine Anzahl anderer Phosphorarten, von denen einige bessere Niedrig-kV-Eigenschaften aufweisen und von denen einige eine höhere Sensitivität bei hohen kV's haben. Alternativ kann an Stelle der Verwendung von Phosphor der Szintillator eine andere Art von Licht aussendendem Material verwenden. Somit sind Ein-Kristall-Szintillatoren aus Yttrium-Aluminium-Granat (YAG) oder Yttrium-Aluminium-Perovskit (YAP) ge-

eignet, um die Fähigkeiten der Erfindung weiter zu vergrößern; diese Materialien sind ganz besonders sensitive Szintillatoren. Sowohl YAG als auch YAP sind ebenfalls in Pulverform erhältlich, was direkt verwendet werden kann, um die im Winkel stehende Rezeptorfläche zu beschichten und sind auch sehr viel weniger teuer.

[0023] Das Detektorsystem nach der Erfindung stellt eine erhebliche Verbesserung gegenüber den zur Zeit verwendeten Detektoren dar. Seine Sensitivität ist sehr viel höher als vergleichbare Einheiten und seine Leistung bei niedrigen kV ist erheblich besser als die der meisten Konkurrenzprodukte. Aufgrund seiner hohen Sensitivität und seiner vergleichsweise dünnen Spitze ist dieser neue Detektor ideal für die Verwendung mit Feldemissions-SEM's (welche insbesondere für die höchsten Vergrößerungen verwendet werden und bei sehr niedrigen Strömen der Probe arbeiten; zurückgestreute Erfassung unter diesen Bedingungen war ausgesprochen schwierig, jedoch die neue Vorrichtung nützt aufgrund ihrer hohen Sensitivität bei diesen kritischen Anwendungsfällen). Hinzu kommt, dass das dünne Profil der Vorrichtung nach der Erfindung diese für die Verwendung mit Hochdruck-SEM's sehr zweckdienlich macht, bei denen wegen der Gasmoleküle, die verbleiben, zurückgestreute Elektronen und sogar der Primärelektronenstrahl lediglich über eine kurze Entfernung wandern können, ehe sie geschwächt oder verstreut werden, so dass die Probe sehr dicht an der elektronischen Linse angeordnet werden muss, wodurch die Länge des zurückgelegten Weges verringert wird und die Bedingung für einen dünnen Detektor unverzichtbar gemacht wird.

[0024] Letztlich kann das Detektorsystem nach der Erfindung ebenfalls mit erheblichem Vorteil in STEM-Systemen bei sowohl den SEM und den TEM verwendet werden. In diesem Falle wird die Szintillatorspitze hinter der Probe angeordnet, um die Elektronen zu empfangen, die unmittelbar durch die dünne Probe hindurchgelangt sind. Helle Feldbilder können mit dem Detektor unmittelbar hinter der Probe gesehen werden und Dunkelfeldbilder, wenn der Detektor auf einer Seite angeordnet wird. Aufgrund seiner über die Maßen hohen Sensitivität kann der Detektor in einer erheblichen Entfernung bezüglich der Seite einer STEM-Probe angeordnet werden, wodurch er lediglich diejenigen Elektronen aufnimmt, welche sehr breit verstreut wurden. Diese Information gibt weitere Kenntnisse über die Probe ihrer Zusammensetzung und Dicke.

[0025] Im Folgenden werden Ausführungsformen lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden schematischen Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

[0026] Fig. 1 die Hauptbestandteile eines typischen

Scanelektronenmikroskops;

[0027] Fig. 2A, B eine Elektronen sammelnde Lichtleitvorrichtung nach der Erfindung bei der Verwendung mit einem Scanelektronenmikroskop;

[0028] Fig. 3A–C verschiedene Formen eines Elektronenrezeptors, der mit einer Elektronen sammelnden Lichtleitvorrichtung der in Fig. 2 gezeigten Art verwendbar sind.

[0029] Das schematisch in Fig. 1 dargestellte Scanelektronenmikroskop wird verwendet, um höchst vergrößerte Abbildungen einer Feststoffprobe zu erhalten. Es arbeitet durch Erzeugung eines feinen Stroms oder Strahls von Elektronen **11**, die aus einer Elektronenkanone **12** kommen. Der Strahl wird durch verschiedene begrenzende, formende und richtende Öffnungsplatten **13**, **14** und elektrostatische und magnetische Linsen geleitet (von Kondensatorwicklungen **15**, **16** und Objektivfokussierelektrode **17**), so dass er einen sehr kleinen Fleck auf der Feststoffprobe **18** bildet. Der Elektronenstrahl wird von Seite zu Seite und von oben nach unten in einer Weise gescannt, die ähnlich dem einer Fernsehröhre ist, wobei Scanwicklungen **19** verwendet werden; die gescannte Fläche der Probe ist extrem klein. Das Ganze ist in einer Vakuumkammer **21** enthalten.

[0030] Wenn der Elektronenstrahl auf die Probe trifft, werden einige der Elektronen zurückreflektiert ("rückgestreut": siehe Fig. 2). Diese Elektronen enthalten wertvolle Informationen über die Oberfläche der Probe, von welcher sie abgeprallt sind. Sie können in einem zweckdienlichen Detektorsystem gesammelt werden, welches das empfangene Signal in eine modulierte Spannung umwandelt. In dem Detektorsystem nach der Erfindung ist eine Elektronen sammelnde Lichtleitvorrichtung **22** auf einem Lichtverstärker (in diesem Falle eine Fotomultiplikatorröhre **23**) montiert und sammelt die zurückgestreuten Elektronen durch einen Elektronenrezeptor **24** an seiner Spitze (die Einzelheiten dieser sind in den Fig. 2 und 3 veranschaulicht).

[0031] Durch hier nicht dargestellte Mittel wird die Ausgangsspannung des Fotomultiplikators des Detektorsystems verstärkt und an die Modulationselektrode einer Kathodenstrahlröhre (CRT) angelegt und liefert ein fernsehähnliches Bild der gescannten Fläche der Probe. Die Vergrößerung wird durch das Verhältnis zwischen der gescannten Fläche auf der Probe und der auf der CRT gesteuert. Die Größe der CRT ist im Wesentlichen eine feste Größe, so dass zur Vergrößerung der Verstärkung die gescannte Fläche der Probe verkleinert werden muss. Umgekehrt zur Verringerung der Verkleinerung ist es notwendig, die gescannte Fläche zu vergrößern.

[0032] Um hohe Vergrößerungen zu erzeugen (und

für das SEM kann der Vergrößerungsbereich zwischen $\times 10$ und $\times 100.000$ oder manchmal höher erwartet werden) muss der Durchmesser des Elektronenstrahls, welcher über die Probe gescannt wird, so klein wie möglich gehalten werden – im schlechtesten Falle sollte dieser nicht größer als $1/100$ und vorzugsweise nicht größer als $1/1000$ der Breite des erzeugten Bildes sein. Diese feine Fokussierung erfolgt dadurch, dass der Strahl durch die verschiedenen Kondensierungs- und Fokussierungsstufen **15**, **16**, **17** geleitet wird. Außerdem muss der Strahl rund und nicht elliptisch oder auf andere Weise verzerrt gehalten werden. Dies wird durch Astigmatismussteuerungen (nicht dargestellt) gesteuert, welche künstlich die Form strecken, um ihren Querschnitt rund zu halten.

[0033] Das SEM arbeitet normalerweise mit der Elektronenkanone bei einem hohen negativen Potential. Wie zuvor erwähnt, liegt diese Spannung häufig bei 20.000 Volt (20 kV), jedoch ist der Betrieb der meisten SEM's zwischen 1 kV und 30 kV möglich. Einige SEM's arbeiten über einen weiteren Bereich von Spannungen; der Betrieb bei den niedrigeren kV's ist bei der vorliegenden Erfindung von besonderer Bedeutung, obwohl die Vorrichtung ebenfalls eine gute Leistung bei sämtlichen üblichen kV's aufweist. Der Strom in dem Elektronenstrahl ist sehr klein und liegt üblicherweise im Bereich zwischen 1 Picoampere zu 10 Nanoampere (10^{-12} bis 10^{-8} Ampere).

[0034] SEM's erzeugen den Elektronenstrahl aus unterschiedlichen Typen von Elektronenkanonen. Diese schließen Kanonen ein, welche Elektronen durch thermionische Emission von einer beheizten Kathode erzeugen und Kanonen, welche die Elektronen durch Feldemission erzeugen, bei denen die Elektronen aus einer sehr dünnen Spitze mit Hilfe hohen Extraktionsspannungen extrahiert werden. Einige SEM's verwenden eine Kombination beider Verfahren. Das Feldemissions-SEM erzeugt allgemein einen geringeren Strom im Elektronenstrahl, wobei jedoch der resultierende Elektronenstrahl (oder Sondengröße) erheblich kleiner sein als bei thermionischer Emission.

[0035] Wenn der Elektronenstrahl **11** auf die Oberfläche einer Probe **18** auftrifft, können verschiedene Dinge passieren. So werden Sekundärelektronen – Elektronen, welche aus der Atomstruktur der Probe durch die hohe Energie des Elektronenstrahls gelöst werden – durch Kollision des Strahls mit der Probe erzeugt. Sekundärelektronen ergeben allgemein lediglich Informationen über die äußerste Oberfläche der Probe. Ein anderer Effekt besteht in der rückgestreuten Elektronenemission, wo einige derjenigen Elektronen, welche ursprünglich auf die Probe mit hoher Geschwindigkeit auftreffen, von der Oberfläche reflektiert werden oder abprallen.

[0036] Die Rückstreuung hängt von der elementaren Zusammensetzung der Probe ab. Allgemein nimmt mit Zunahme des Atomgewichts der Probe der Rückstreukoeffizient zu. Dies bedeutet, dass bei einer Probe, die verschiedene Phasen unterschiedlicher Materialien enthält, die zurückgestreuten Elektronen, wenn sie wirksam gesammelt werden, den Unterschied zwischen Bereichen hoher Ordnungszahlen und niedriger Ordnungszahlen zeigen. Dieser Effekt ist allgemein monoton, d. h. der Rückstreukoeffizient nimmt nahezu linear mit der Ordnungszahl zu. Der Elektronenstrahl hoher Energie durchdringt eine kleine Distanz in das Innere der Probe. Je tiefer er vordringt, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Elektronen wieder zurückgestreut werden. Diejenigen, die tiefer eindringen, verlieren aufgrund von mehrfachen Kollisionen einen Teil ihrer Energie und zum Zeitpunkt, wo sie austreten, können sie nicht bei 180° bezüglich des eingestrahnten Elektronenstrahls austreten, sondern werden weiter verstreut und treten in unterschiedlichen Winkeln aus.

[0037] Zurückgestreute Elektronen bewegen sich aufgrund ihrer hohen Energie allgemein in einer geraden Linie, so dass sie ziemlich leicht erfasst werden können. Es ist jedoch schwierig, alle von ihnen aufgrund der Tatsache zu erfassen, dass sie üblicherweise in einem festen Winkel um 180° emittiert werden und um derartige Partikel hoher Energie in einen Detektor durch ein elektrostatisches Feld anzuziehen, wäre eine Spannung von vielen 1000 Volt erforderlich, was erhebliche Verformungen des primären Elektronenstrahls hervorrufen würde, so dass der Betrieb mit hoher Auflösung hierdurch unmöglich wäre. Zurückgestreute Elektronen müssen folglich bei ihrer eigenen Energie gesammelt werden. Der ideale Detektor ist theoretisch ein halbkugelförmiger, welcher oberhalb der Probe eingebaut ist, um sich zur Abdeckung eines vollen festen Winkels von 180° herumwölbt, wobei dies jedoch nicht tatsächlich durchführbar ist. Nicht nur muss ein Loch auf der Oberseite freigelassen werden, durch welches der Elektronenstrahl eindringen und die Probe erreicht werden kann, wobei dieses Loch groß genug sein muss, um den scannenden Strahl nicht auf irgendeine Weise zu behindern, sondern an den Seiten der Probe muss ein freier Spalt sein, so dass die Bewegung der Probe unter dem Strahl nicht behindert wird. Das Sammeln muss daher durch einen Flächenbereich einer Rezeptorfläche erfolgen, die kleiner ist als gewünscht.

[0038] Der Strom in dem primären Elektronenstrahl liegt üblicherweise zwischen 1 pA und 10 nA; der Strom in der gesamten rückgestreuten Elektronenemission kann erheblich kleiner als dies sein. Falls ein sehr sensibler Verstärker eingebaut wäre, könnte ein Signal bei den verwendeten höheren Sondenströmen erzeugt werden, jedoch würde bei niedrigeren

Strömen nichts sichtbar sein. Folglich ist ein verbessertes Verfahren der Erfassung erforderlich.

[0039] Verschiedene, der Öffentlichkeit zugängliche Detektoren wurden zum Sammeln dieser bedeutenden rückgestreuten Elektronen erzeugt. Einer der oben erwähnten besteht aus einem (rückziehbaren), aus Akryl bestehenden Lichtleitfinger, welcher oberhalb der Probe und unmittelbar unterhalb der letzten Linse sitzt (an dem Punkt, wo die Elektronen aus der elektronischen Optik und dem Scansystem austreten). Der Detektor hat in sich ein kleines Loch oder manchmal einen Schlitz, durch welchen der Elektronenstrahl hindurchgelangen kann; auf seiner Oberfläche der Probe am nächsten liegend ist eine Schicht aus Szintillatormaterial, typischerweise ein Phosphor, angeordnet. Wenn die rückgestreuten Elektronen auf den Szintillator auftreffen, werden sie in Licht umgewandelt, welches durch die Szintillatorschicht hindurchgelangt und längs des Fingers weitergeleitet zu einer PMT oder ähnlichem Lichtdetektor gelangt. Dieses System stellt ein vergleichsweise wirksames Mittel zum Erfassen dieser rückgestreuten Elektronen dar. Es hat jedoch verschiedene Nachteile. Der Bedeutendste davon besteht darin, dass aus Gründen, die mit der Geometrie der Absorption und der Schwächung gefolgt durch multiple Reflektionen und anderen Faktoren zusammenhängen, der Fingerunabhängigkeit von seiner Form eine höhere Sensitivität in Richtung der PMT aufweist. Dies bedeutet, dass ein empfangenes Signal eine Seite der Probe bevorzugt und diese Asymmetrie erzeugt ein Signal, welches einige üblicherweise unerwünschte topografische Informationen enthält. Dies kann ein Problem darstellen, wenn nach Unterschieden in der Zusammensetzung der Probe bei kleinen Ordnungszahlen gesucht wird.

[0040] Diese Art von Detektor weist ferner ein weiteres größeres Problem auf; da er aus Akryl hergestellt ist, ist er elektrisch nicht leitend und die absorbierten Elektronen würden ihn normalerweise laden, bis weitere Elektronen abgestoßen werden. Um dies zu vermeiden, muss das Akryl leitend gemacht werden, indem üblicherweise eine metallische (oder ähnliche) Schicht aufgetragen wird. Dies hat jedoch ebenfalls Nachteile; falls diese Schicht zwischen dem Szintillatormaterial und der Lichtleitvorrichtung aufgetragen wird, wird dieser Überzug ebenfalls den Durchgang von Licht in die Lichtleitvorrichtung begrenzen, während sie, falls sie oben auf das Szintillatormaterial aufgetragen wird, dann als Barriere gegenüber den auf dieser Oberfläche anlangenden Elektronen niedrigerer Energie wirkt.

[0041] Für eine effiziente Übertragung von Licht zu der PMT müsste diese Art von Finger so dick wie möglich sein, wobei jedoch dies schwierig ist, da in dem Bereich zwischen der Linse und der Probe der Platz sehr begrenzt ist (typische Arbeitsdistanzen

zwischen Linse und Probe betragen 12 mm und für hohe Auflösungsarbeiten muss dies noch kleiner sein). Folglich wird der Detektor in einer Dicke von etwa 6 mm hergestellt, was einen Kompromiss zwischen Dicke und Wirkungsgrad darstellt.

[0042] Ein dritter Effekt des Bombardierens einer Probe mit Elektronen besteht in der Kathodolumineszenzemission (bestimmte Proben erzeugen bei Erregung durch einen Elektronenstrahl geringe Lichtmengen). Diese kleinen erhaltenen Signale werden in ähnlicher Weise wie die rückgestreuten Signale gesammelt, jedoch ohne die Notwendigkeit eines Szintillators.

[0043] Ein vierter Effekt besteht in der Elektronenabsorption. Wenn der Elektronenstrahl auf die Feststoffprobe auftrifft, durchdringen einige der Elektronen die Oberfläche und treten nicht mehr an der Oberfläche auf. Diese werden absorbiert und gelangen schnell zur Erdung durch die Probe. Eine Abbildung ist aus diesem Signal möglich, indem dieser kleine absorbierte Strom durch einen sehr empfindlichen Verstärker geleitet wird.

[0044] Ein noch weiterer Effekt besteht selbstverständlich in der Elektronentransmission (wie in einem TEM). Bei einer sehr dünnen Probe fließt der Elektronenstrahl unmittelbar durch die Probe. Falls ein zweckdienlicher Detektor hinter der dünnen Probe angeordnet ist, empfängt dieser Signale, die überwiegend aufgrund der Dicke und der Zusammensetzung der Probe variieren.

[0045] Die vorliegende Erfindung betrifft eine verbesserte und effizientere Form von Detektor für rückgestreute Elektronen. Dieser ist schematisch in den **Fig. 2** gezeigt.

[0046] Das Detektorsystem nach der vorliegenden Erfindung besteht aus einer Elektronen sammelnden Lichtleitvorrichtung zur Anbringung an einen Lichtverstärker **31**. Die Leitvorrichtung umfasst ein langgestrecktes Lichtleitgehäuse **22**, welches mit einem Ende an dem Verstärker **31** montierbar ist und am anderen Ende – das Ende, welches im Betrieb in den Konus rückgestrahlter Elektronen (wie **e**), die aus der Probe austreten, eingeführt wird (durch nicht dargestellte Mittel) – einen flächenextensiven Elektronenrezeptor (allgemein **32** in **Fig. 2B**) trägt, der derart angeordnet ist, dass seine Arbeitsfläche **33** im Winkel steht, um empfangene Elektronen **e** längs des Gehäuses zum Montageende zu reflektieren und der auf dieser Fläche eine Szintillatorschicht **34** aufweist.

[0047] Das Rezeptorsubstrat ist ein dünner Keil **35** aus poliertem Aluminium und bei der veranschaulichten Ausführungsform ist das Material der Szintillatorschicht **34** ein Phosphor, welcher direkt auf dem Substrat abgelagert ist. Dieser dünne Keil weist ein Loch

36 durch seine Mitte auf, durch welches der Elektronenstrahl **11** hindurchläuft. Das Loch ist mit einem Aluminiumrohr **37** mit polierter Bohrung ausgekleidet, welches sich geringfügig unter die untere Fläche **33** erstreckt, wo der Keil mit dem Phosphor **34** beschichtet ist, so dass die Punktbildung des Elektronenstrahles nicht durch kleine Flächen lokaler Ladungen des Phosphors verformt wird. Das Rohr **37** schirmt die geringfügig asymmetrische Form des Keils **35** gegenüber dem Elektronenstrahl **11** ab, wodurch die Möglichkeit einer astigmatischen Verformung aufgrund asymmetrischer Näherungseffekte verringert wird.

[0048] Der Keil **35** ist derart gewinkelt, dass die PMT einen direkten Blick auf seine Arbeitsfläche **33**, **34** hat, jedoch in einem Winkel, und ist am Ende des – tatsächlich "innerhalb" – Lichtrohres **22** montiert, welches hier aus vier Aluminiumplatten (nicht getrennt gezeigt.) aufgebaut ist. Die Lichtleitvorrichtung verjüngt sich nach unten zum Rezeptorende und ermöglicht es, dass das vom Szintillator ausgestrahlte Licht (wie **38**) entweder direkt zu dem PMT oder durch eine oder mehrere innere Reflektionen übertragen wird. Das Ausgangssignal der PMT wird dann verwendet, um das Bild eines Videosystems **39** zu steuern.

[0049] Wie bei anderen Detektoren sollte die äußerste Spitze so dick wie möglich sein, um eine höchst wirksame Übertragung der kleinen Lichtsignale zu gewährleisten; in diesem speziellen Fall jedoch ermöglicht die verbesserte Sensitivität des Systems einen Teil dieses Wirkungsgrades zu opfern, um die Spitze klein zu halten (wie gezeigt, weist diese eine Dicke um 4 mm auf).

[0050] Wie oben bereits erläutert, weist das soweit beschriebene Detektorsystem nach der Erfindung immer noch den Nachteil auf, dass es auf der der PMT zuweisenden Seite sensibler ist. Dieser Effekt ist sehr schwierig zu beseitigen, wobei jedoch durch Erzeugung eines Rezeptors mit einer geformten Arbeitsfläche **33** – einer konkaven Oberfläche, entweder gewölbt oder in zwei oder mehreren Ebenen – das Licht von der entfernten Seite der Szintillatorschicht stärker hervorgehoben werden kann als das Licht von der der PMT naheliegenden Seite. Die **Fig. 3** zeigen Rezeptoren mit einer "flachen" Arbeitsfläche (**Fig. 3A**) und mit geformten Flächen (**Fig. 3B, C**). Durch sorgsame Einstellung der Proportionen der Fläche auf jeder Seite des Elektronenstrahls kann eine Konfiguration gefunden werden, in welcher eine gleichmäßige Sammlung von allen Seiten möglich ist.

Patentansprüche

1. Elektronen sammelnde Lichtleitvorrichtung zur Verwendung in einem Scanelektronenmikroskop

(SEM; **21**) zum Empfang eines Elektronenstromes (e), der von einer Probe (**18**) reflektiert wurde, zum Umwandeln der Elektronen in Photonen und Leiten der Photonen zu einem Konverter (**23, 31**), welcher die Photonen in ein elektrisches Signal umwandelt, dessen Output in ein Videowiedergabegerät geleitet werden kann, wobei die Leitvorrichtung zur Anbringung an dem Konverter (**23, 31**) dient und ein langgestrecktes Lichtleitgehäuse (**22**) aufweist, welches an einem Ende an dem Konverter (**31**) montierbar ist und am anderen Ende des Lichtleitgehäuses, dem Ende, welches in den von der Probe (**18**) austretenden Elektronenstrom (e) eingeführt wird, einen flächennextensiven Elektronenrezeptor aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektronenrezeptor (**32**) derart angeordnet ist, dass er eine Fläche (**33**) hat, welche für den Empfang des Elektronenstromes (e), welcher von der Probe reflektiert wird, angeordnet ist, und abgewinkelt ist, um die empfangenen Elektronen längs des Gehäuses (**22**) zum Befestigungsende zu reflektieren und ferner auf der Fläche (**33**) eine Szintillatorschicht (**34**) hat, an welcher im Betrieb empfangene Elektronen (e) in Photonen (**38**) umgewandelt werden, welche dann von der Eingangsfläche der Schicht (**34**) in Richtung des Konverters (**31**) abgestrahlt werden.

2. Leitvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das langgestreckte Lichtleitgehäuse (**22**) die Form einer auf der Innenseite reflektierenden hohlen Röhre hat.

3. Leitvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Röhre (**22**) einen rechteckigen Querschnitt mit einer Keilform aufweist, welche sich nach unten in Richtung des Empfangsendes verjüngt.

4. Leitvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Röhre (**22**) aus vier getrennten langgestreckten ebenen Metallplatten hergestellt ist, die je auf ihrer Innenfläche reflektierend gemacht wurden.

5. Leitvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenrezeptor (**32**) die Form eines dünnen Keils (**35**) aufweist, wobei die Oberfläche des Keils die Szintillatorschicht (**34**) trägt und abgewinkelt ist, um sowohl der Probe (**18**) als auch dem Konverter (**31**) gegenüber zu liegen.

6. Leitvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenrezeptor (**32**) eine allgemein zentrisch darin angeordnete Öffnung (**36**) aufweist, durch welche der Elektronenstrahl (**11**) hindurch gelangen kann, um die Probe (**18**) zu beleuchten, und dass diese Öffnung (**36**) mit einem leitenden Rohr (**37**) ausgekleidet ist, welches sich geringfügig über die Oberfläche der

Szintillatorschicht (34) des Rezeptors erstreckt.

7. Leitvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenrezeptor (32) eine asymmetrische Fläche (33) aufweist, wobei die Strahlöffnung (36) näher an der Seite des Konverters angeordnet ist.

8. Leitvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenrezeptor (32) eine konkave Arbeitsfläche (33) aufweist.

9. Scanelektronenmikroskop mit einem Videoabbildungssystem, welches einen Konverter (23, 31) enthält, der die Photonen in ein ein Videoabbildungsgerät speisendes elektrisches Signal umwandelt, wobei das Mikroskop ferner eine Elektronen sammelnde Lichtleitvorrichtung (22) nach einem der vorstehenden Ansprüche enthält, und wobei die Lichtleitvorrichtung (22) an dem Konverter (23, 31) montiert ist, um den Lichtinput für diesen zu gewährleisten.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

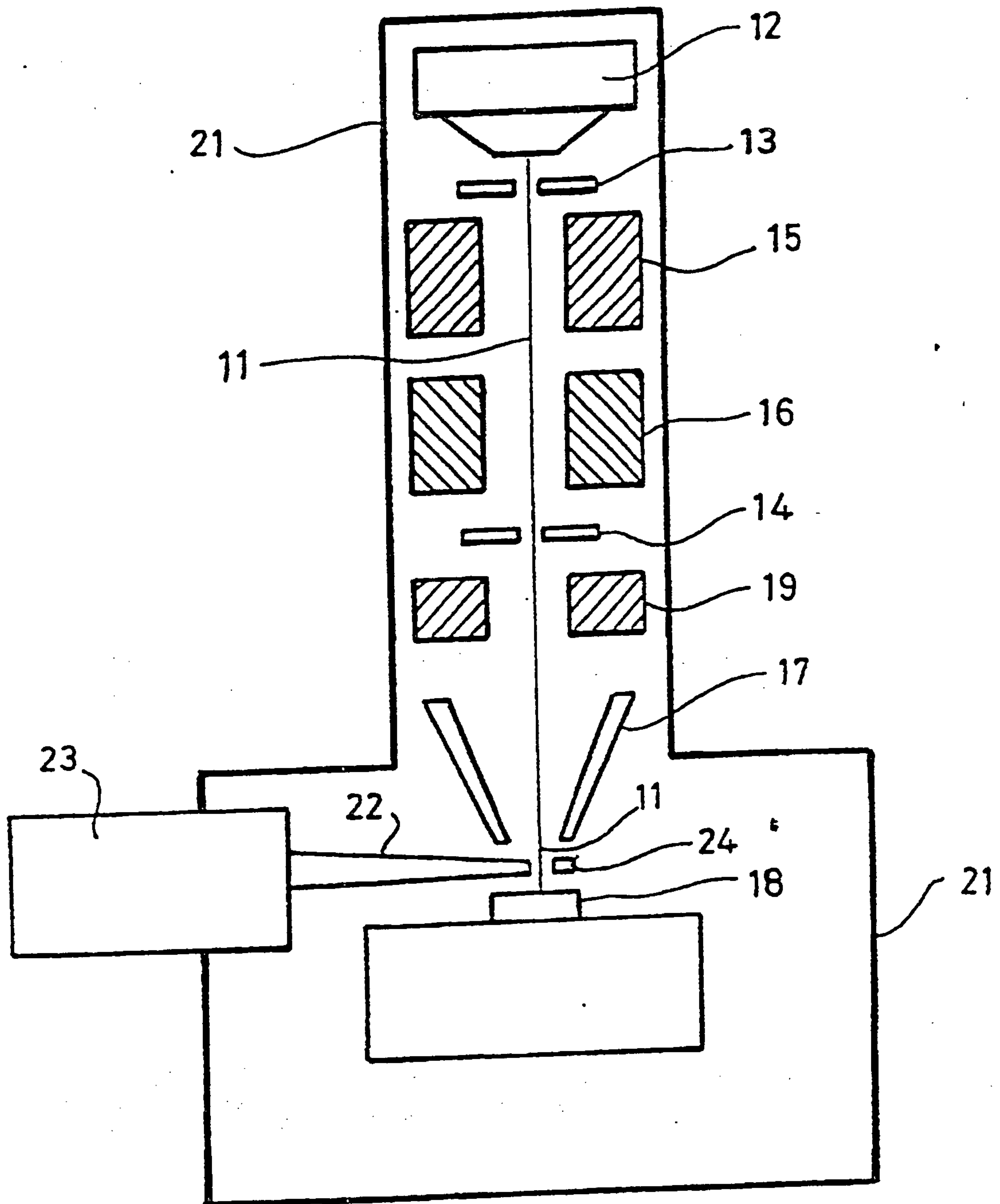


Fig. 1

