



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 24 325 T2** 2005.09.08

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 970 503 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H01J 37/244**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 24 325.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB99/00056**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 900 089.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/039367**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.01.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **05.08.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.03.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.09.2005**

(30) Unionspriorität:

**15362 29.01.1998 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, NL**

(73) Patentinhaber:

**FEI Co., Hillsboro, Oreg., US**

(72) Erfinder:

**KNOWLES, Ralph, NL-5656 AA Eindhoven, NL;  
HARDT, A., Thomas, NL-5656 AA Eindhoven, NL;  
SMITH, D., Peter, NL-5656 AA Eindhoven, NL**

(74) Vertreter:

**Vossius & Partner, 81675 München**

(54) Bezeichnung: **Gasgefüllter Rückstreuelektronendetektor für Rasterelektronenmikroskop unter kontrollierter Umgebung**

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]** Diese Erfindung betrifft das Gebiet atmosphärischer Rasterelektronenmikroskope („ESEM“) und insbesondere einen Gas-Rückstreuelektronendetektor für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop, der dazu bestimmt ist, in der gasförmigen Umgebung des ESEM nur ein Rückstreuelektronensignal zu sammeln.

**[0002]** Als Hintergrund, die Vorteile eines atmosphärischen Rasterelektronenmikroskops liegen gegenüber dem Standard-Rasterelektronenmikroskop („SEM“) in seiner Fähigkeit, Bilder mit hoher Auflösung von feuchten oder nichtleitenden Proben (z.B. biologischen Materialien, Kunststoffen, Keramiken, Fasern) zu erzeugen, die in der üblichen Vakuumumgebung des SEM äußerst schwierig abzubilden sind. Das atmosphärische Rasterelektronenmikroskop läßt es zu, daß die Probe in ihrem „natürlichen“ Zustand gehalten wird, ohne sie Störungen auszusetzen, die durch Trocknen, Einfrieren oder Vakuumbeschichtung verursacht werden, die normalerweise für eine Hochvakuum-Elektronenstrahluntersuchung erforderlich sind. Außerdem dient der verhältnismäßig hohe Gasdruck, der in der ESEM-Probenkammer leicht toleriert wird, effektiv dazu, die Oberflächenladung abzuleiten, die sich normalerweise auf einer nichtleitenden Probe aufbauen würde, wobei sie eine Bildfassung mit hoher Qualität blockiert. Das atmosphärische Rasterelektronenmikroskop läßt außerdem eine direkte Echtzeituntersuchung eines Flüssigkeitstransportes, einer chemischen Reaktion, einer Lösung, einer Hydratation, einer Kristallisation und anderer Prozesse zu, die bei verhältnismäßig hohen Dampfdrücken stattfinden, die weit über denen liegen, die in der normalen SEM-Probenkammer zugelassen werden können.

**[0003]** Typischerweise wird in einem ESEM der Elektronenstrahl durch eine Elektronenkanone emittiert und geht durch eine elektronenoptische Säule mit einem Objektivlinsenaufbau, die eine Enddruckbegrenzungsöffnung an ihrem unteren Ende aufweist. In der elektronenoptischen Säule geht der Elektronenstrahl durch Magnetlinsen, die verwendet werden, um den Strahl zu fokussieren und auf die Enddruckbegrenzungsöffnung zu richten.

**[0004]** Der Strahl wird anschließend durch die Enddruckbegrenzungsöffnung in eine Probenkammer geführt, wobei er auf eine Probe auftrifft, die auf dem Probentisch gehalten wird. Der Probentisch ist angeordnet, um die Probe annähernd 1 bis 25 mm unter der Enddruckbegrenzungsöffnung zu halten, um den Elektronenstrahl mit der Probe wechselwirken zu lassen. Die Probenkammer ist unter der optischen Vakuumsäule angeordnet und ist imstande, die Probe, die von Gas, typischerweise Wasserdampf mit einem Druck von annähernd zwischen 1,3 N/m<sup>2</sup> und 6,6 kN/m<sup>2</sup> (10<sup>-2</sup> und 50 Torr), umgeben ist, mit der Enddruckbegrenzungsöffnung ausgerichtet zu halten, so daß eine Oberfläche der Probe dem Ladungsteilchenstrahl ausgesetzt werden kann, der aus der Elektronenkanone emittiert wird und durch die Enddruckbegrenzungsöffnung geführt wird.

**[0005]** Wie im US-Patent Nr. 4,992,662 angegeben, war es das ursprüngliche Konzept eines atmosphärischen Rasterelektronenmikroskops, wie es im US-Patent Nr. 4,596,928 vorgeschlagen wird, die Probenkammer in einer gasförmigen Umgebung zu halten, so daß die gasförmige Umgebung als ein Konditionierungsmedium diene, um die Probe in einem flüssigen oder natürlichen Zustand zu halten. Zusätzlich wird die Nutzung der gasförmigen Umgebung der Probenkammer als Medium zur Verstärkung der Sekundärelektronensignale im US-Patent Nr. 4,785,182 beschrieben.

**[0006]** In dem atmosphärischen SEM des US-Patents Nr. 4,823,006 wurde eine Elektronenstrahluntersuchung von nicht präparierten Proben in voller Größe bei Hochvakuum-Druck möglich gemacht, infolge der Kombination einer Drucksteuerung und einer Signaldetektionseinrichtung, die vollständig in der Magnetobjektivlinse der Elektronenstrahlsäule eingebaut ist. Die Gestaltung des atmosphärischen SEM des US-Patents Nr. 4,823,006 erfüllte die gleichzeitigen Anforderungen nach einer Drucksteuerung, Elektronenstrahlfokussierung und Signalverstärkung, während sie keine praktischen Begrenzungen für die Probenbehandlung oder das mikroskopische Auflösungsvermögen lieferte.

**[0007]** Das US-Patent Nr. 4,880,976 beschreibt die Gestaltung und den Notwendigkeit eines Gas-Sekundärelektronendetektors für ein ESEM. Der nachfolgende Stand der Technik beschreibt verbesserte Sekundärelektronendetektoren und Detektoren, die Rückstreuelektronen detektieren, wie im US-Patent Nr. 4,897,545.

**[0008]** Jedoch ist festgestellt worden, daß es wünschenswert ist, einen zweckbestimmten Gasdetektor bereitzustellen, der dazu bestimmt ist, nur ein Rückstreuelektronensignal zu sammeln. Außerdem ist festgestellt worden, daß es wünschenswert ist, einen Doppелеlektronendetektor bereitzustellen, der zwischen den Sekundär- und Rückstreuelektronendetektion-Betriebsarten umgeschaltet werden kann.

**[0009]** Es werden viele unterschiedliche Arten von Signalen in einem herkömmlichen Rasterelektronenmik-

roskop („SEM“) erzeugt, wenn der Primärelektronenstrahl die Probe trifft. Die beiden wichtigsten Elektronensignale sind:

- a) Sekundärelektronen („SE“), die die Bilder mit der höchsten Auflösung erzeugen, die die Topographie der Oberfläche der Probe zeigen; und
- b) Rückstreuielektronen („BSE“), die ein Bild mit einer niedrigeren Auflösung erzeugen, wobei jedoch das Signal sehr empfindlich für Änderungen der Dichte des Probenmaterials ist. Die BSE-Bilder werden auch häufig verwendet, um die Verteilung unterschiedlicher Materialkomponenten der Probe zu zeigen.

**[0010]** Das herkömmliche Hochvakuum-SEM weist als Standard einen SE-Detektor auf, und die meisten Benutzer erwerben außerdem einen getrennten BSE-Detektor.

**[0011]** Zusätzlich ist ein grundlegender Aspekt eines ESEM-Detektors die Verstärkung des Elektronensignals in der gasförmigen Umgebung der Probenkammer. Dies ist wichtig, da die in einem SEM verwendeten Elektronensignalpegel normalerweise zu klein sind, um direkt an einen Verstärker angeschlossen zu werden. Das Rauschen aus dem Verstärker wäre zu groß, um das SEM zu einem praktischen Instrument zu machen. Im herkömmlichen Hochvakuum-SEM wird das Sekundärelektronensignal (mit einem vernachlässigbaren zusätzlichen Rauschen) durch einen Sekundärelektronenvervielfacher als Teil einer komplexen Anordnung verstärkt, die ursprünglich durch Everhart und Thornley beschrieben wurde. Folglich wird dieser Typ Detektor für gewöhnlich als der Everhart-Thornley-(E-T)-Detektor bezeichnet. Der E-T-Detektor wird im ESEM nicht funktionieren, da sich die verwendete Hochspannung in der Gasumgebung des ESEM entladen wird.

**[0012]** Folglich ist es äußerst wünschenswert, einen Gasdetektor bereitzustellen, der in einem ESEM verwendet wird, der dazu bestimmt ist, eine Verstärkung der Signale auf einen ausreichend hohen Pegel zu bewirken, um das Rauschen der folgenden Elektronik niedrig zu machen.

**[0013]** Die Signalverstärkung in der gasförmigen Umgebung eines ESEM wird in [Fig. 1](#) schematisch dargestellt. Wie darin gezeigt, stellt ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop eine Vorrichtung zur Erzeugung, Verstärkung und Detektion von Sekundär- und Rückstreuielektronen bereit, die von einer Oberfläche einer Probe ausgehen, die untersucht wird. Ein Elektronenstrahl **10** wird durch eine (nicht gezeigte) Elektronenkanone durch eine elektronenoptische Säule eines Objektivlinsenaufbaus **11** emittiert. Die optische Vakuumsäule weist eine Enddruckbegrenzungsöffnung **14** an ihrem unteren Ende auf. Ein Strahl **10** wird in eine Probenkammer **16** gerichtet, wobei er auf eine Probe **18** trifft, die auf einem Probentisch **20** gehalten wird. Der Probenträger oder Tisch **20** ist innerhalb der Probenkammer **16** angeordnet und ist so angeordnet, daß er die Probe **18** annähernd 1 bis 25 mm und vorzugsweise 1 bis 10 mm unter der Enddruckbegrenzungsöffnung **14** hält, um den Elektronenstrahl mit der Probe wechselwirken zu lassen. Die Probenkammer ist unter der optischen Vakuumsäule angeordnet und ist imstande, die Probe **18**, die von Gas, vorzugsweise Stickstoff oder Wasserdampf, mit einem Druck von annähernd zwischen 1,3 N/m<sup>2</sup> und 6,6 kN/m<sup>2</sup> (10<sup>-2</sup> bis 50 Torr) umgeben ist, mit der Druckbegrenzungsöffnung ausgerichtet zu halten, so daß eine Oberfläche der Probe dem Ladungsteilchenstrahl ausgesetzt werden kann, der von der Elektronenkanone emittiert und durch die Druckbegrenzungsöffnung **14** emittiert wird.

**[0014]** Die ESEM-Detektoren verwenden ein elektrisches Feld im Gas, um ein Elektronensignal zu verstärken. Wenn der Primärstrahl **10** die Probe **18** trifft, werden Elektronen freigesetzt. Das Elektronenfeld zwischen der Probe **18** und der Detektorelektrode **22**, die auf einer positiven Spannung gehalten wird, beschleunigt ein Signalelektron, wie bei **24**, bis es ausreichend Energie hat, um ein Gasmolekül zu ionisieren, das ebenfalls ein weiteres Elektron freisetzt, wie durch die Bezugsziffer **27** in [Fig. 1](#) dargestellt. Die beiden Elektronen werden weiter beschleunigt, um dadurch mehr Elektronen freizusetzen, wie bei **28**. Dieser Prozeß kann eine ausreichende Verstärkung für den Elektronenstrom erzeugen, damit er direkt zu einem rauscharmen Verstärker **30** geschickt werden kann. Die Verstärkung liegt typischerweise im Bereich von 100 bis 2000. Das Verstärkungsprinzip trifft auf jedes Elektron zu, das sich im Gas befindet. [Fig. 1](#) veranschaulicht die Verstärkung der energiearmen „Sekundärelektronen“, die auf der Oberfläche der Probe erzeugt werden.

**[0015]** Elektronen können im Gas auch durch Rückstreuielektronen („BSE“) erzeugt werden. Dies sind Hochenergie-Elektronen aus dem Primärstrahl, die von der Probe reflektiert werden. Die BSEs weisen eine hohe Geschwindigkeit auf und diese hohe Geschwindigkeit reduziert die Wahrscheinlichkeit, daß die BSE ein Molekül im Gas zwischen der Probe und dem Detektor treffen werden. Folglich ist festgestellt worden, daß nur ein kleiner Bruchteil der BSE eine nützliche Gaswechselwirkung erzeugen werden. Folglich wird der größte Teil der Signale, die durch die Detektorelektrode gesammelt werden, durch Verstärkung der Sekundärelektronen erzeugt.

**[0016]** Das US-Patent Nr. 5,362,964 beschreibt Verbesserungen der Gestaltung eines Gasdetektors für ein ESEM, um die SE-Sammlung zu maximieren, während die Sammlung von Signalen minimiert wird, die durch andere Quellen, wie z.B. BSE erzeugt werden. Es ist daher wünschenswert, eine Detektoranordnung für ein ESEM bereitzustellen, die dazu bestimmt ist, nur Signale zu sammeln, die durch die BSE erzeugt werden.

**[0017]** Das US-Patent 4,897,545 von Danilatos beschreibt eine Mehrelektrodenstruktur, wobei die unterschiedlichen Elektroden unterschiedliche Anteile der SE- und BSE-Information sammeln. Einige Elektroden sammeln ein Signal, das reich an SE ist, und einige sammeln ein Signal, das reich an BSE ist. Das 545-Patent jedoch betrifft keinen Elektrodendetektor, der nur das BSE-Signal sammelt. Außerdem existiert ein Stand der Technik, der Rückstreuielektronen (BSE) in Sekundärelektronen (SE) umwandelt und dann das resultierende SE-Signal sammelt – aber nur in Hochvakuum-SEMs. Jedoch ist die Nutzung dieses Umwandlungsprinzips, um einen BSE-Signaldetektor in einer gasförmigen Umgebung zu erzeugen, nicht vorhanden.

**[0018]** Daher ist es eine Aufgabe der Erfindung, einen verbesserten Elektronendetektor für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop bereitzustellen, der die oben erwähnten Mängel des Stands der Technik vermeidet.

**[0019]** Es ist außerdem eine Aufgabe dieser Erfindung, einen verbesserten Elektronendetektor für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop bereitzustellen, der in der Form eines zweckbestimmten Gas-Elektronendetektors vorliegt, der dazu bestimmt ist, nur Rückstreuielektronensignale zu sammeln.

**[0020]** Es ist ferner eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop bereitzustellen, das eine Verstärkung der Elektronensignale auf einen ausreichend hohen Pegel bewirkt, um das Rauschen der folgenden Elektronik niedrig zu machen.

**[0021]** Es ist noch eine andere Aufgabe dieser Erfindung, ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop bereitzustellen, das das Umwandlungsprinzip verwendet, um einen BSE-Signaldetektor in einer gasförmigen Umgebung bereitzustellen.

**[0022]** Verschiedene andere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung ohne weiteres verständlich werden, und die neuartigen Merkmale werden insbesondere in den beigefügten Ansprüchen dargelegt werden.

**[0023]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung, wie im Anspruch 1, betrifft sie einen zweckbestimmten Gas-Elektronendetektor für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop, das dazu bestimmt ist, nur Rückstreuielektronensignale zu sammeln.

**[0024]** In einem atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop, das diese Erfindung nutzt, wird ein Elektronendetektor eingesetzt, und es wird ein Elektronenstrahl durch eine Elektronenkanone erzeugt, der durch eine elektronenoptische Säule geht, bis der Elektronenstrahl fokussiert und über den Durchmesser der Enddruckbegrenzungsöffnung abgetastet wird, die am unteren Ende der elektronenoptischen Säule vorgesehen ist. Die Enddruckbegrenzungsöffnung trennt das verhältnismäßige hohe Vakuum der elektronenoptischen Säule von dem verhältnismäßig niedrigen Vakuum der Probenkammer.

**[0025]** Die Probenkammer ist unter der elektronenoptischen Säule angeordnet und ist imstande, die von Gas umgebene Probe mit der Enddruckbegrenzungsöffnung ausgerichtet zu halten, so daß eine Oberfläche der Probe dem fokussierten Elektronenstrahl ausgesetzt ist. Ein Probentisch ist innerhalb der Probenkammer angeordnet und ist so angeordnet, daß die Probe annähernd 1 bis 10 mm unter der Enddruckbegrenzungsöffnung gehalten wird, um den fokussierten Elektronenstrahl mit der Probe wechselwirken zu lassen. In der Probenkammer wird die Probe auf einem Druck zwischen etwa  $1,3 \text{ N/m}^2$  und  $6,6 \text{ kN/m}^2$  ( $10^{-2}$  und 50 Torr) und vorzugsweise annähernd  $0,13$  bis  $1,3 \text{ kN/m}^2$  (1 bis 10 Torr) gehalten.

**[0026]** Um einen zweckbestimmten Gasdetektor bereitzustellen, der dazu bestimmt ist, nur Rückstreuielektronensignale zu sammeln, weist die vorliegende Erfindung einen Detektoraufbau auf, der eine negativ gespannte Wandlerplatte aufweist, auf die Rückstreuielektronen auftreffen, die von der Oberfläche der Probe ausgehen, um dadurch Sekundärelektronen auf deren Oberfläche zu erzeugen. Diese Sekundärelektronen werden als „umgewandelte Rückstreuielektronen“ bezeichnet. Die Wandlerplatte dient außerdem als die Enddruckbegrenzungsöffnung zwischen der Probenkammer und der Elektronensäule.

**[0027]** Außerdem weist der Detektoraufbau ferner ein Detektorglied auf, das nur die umgewandelten Rück-

streuelektronen sammelt, die durch die Wandlerplatte erzeugt werden. Wie unten detaillierter erläutert wird, kann dieses Detektorglied in der Form eines Sammelgitters, einer Sammelplatte oder eines Kollektorrings vorliegen.

**[0028]** Im Betrieb geht der Elektronenstrahl durch eine zentrale Öffnung in der Wandlerplatte und dann durch eine Öffnung im Detektorglied, bevor er die Probe in der Probenkammer trifft. Das Detektorglied wird auf einem Potential von null gehalten und sammelt folglich das an der Probe erzeugte Sekundärelektronensignal nicht. Die Rückstreuelektronen werden durch eine Öffnungsanordnung im Detektorglied gehen und die Wandlerplatte treffen. Als Ergebnis davon werden Sekundärelektronen an der Oberfläche der Wandlerplatte erzeugt (die „umgewandelten Rückstreuelektronen“). Die umgewandelten Rückstreuelektronen werden dann im Gas der Probenkammer durch das elektrische Feld, das zwischen der Wandlerplatte und dem Detektorglied erzeugt wird, auf dieselbe Weise verstärkt, in der die Sekundärelektronen in den herkömmlichen Gas-Sekundärelektronendetektoren verstärkt werden. Um eine ausreichende Verstärkung des umgewandelten Rückstreuelektronensignals im Gas zu erhalten, liegt der Abstand zwischen der Wandlerplatte und dem Kollektor-Gitter/Platte/Ring vorzugsweise im Bereich von annähernd 1 bis 5 mm. Daher sammelt die Detektorgliedanordnung (d.h. das Sammelgitter, die Sammelplatte oder der Kollektoring) kein Sekundärelektronensignal von der Probe, sondern sammelt nur ein verstärktes umgewandeltes Rückstreuelektronensignal ein.

**[0029]** Der Wirkungsgrad der Wandlerplatte kann erhöht werden, indem die Wandlerplatte aus einem Material hergestellt wird, das die Rückstreuelektronen wirksam in Sekundärelektronen umwandelt. Daher besteht in den bevorzugten Ausführungsformen die Wandlerplatte vorzugsweise aus Gold oder ist mit Magnesium oder anderen Materialien überzogen, von denen bekannt ist, daß sie eine hohe Ausbeute von Sekundärelektronen aus den Rückstreuelektronen erzeugen.

**[0030]** Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop, das aufweist: eine Einrichtung zum Erzeugen und Richten eines Elektronenstrahls aus einer Elektronensäule auf eine Probe, die von einer gasförmigen Umgebung einer Probenkammer umgeben ist, und eine Doppeldetektor-Einrichtung zur Detektion von sowohl Sekundärelektronensignalen als auch Rückstreuelektronensignalen, die von der Probe ausgehen, und die zum Umschalten zwischen der Detektion von Sekundärelektronensignalen und Rückstreuelektronensignalen imstande ist, wobei die Detektoreinrichtung in der gasförmigen Umgebung der Probe angeordnet ist.

**[0031]** Ein ESEM dieser Art ist aus dem US-Patent Nr. 5,250,808 bekannt. In diesem Patent wird ein Doppeldetektor offenbart, wo durch Änderung der Spannungszustände ein SE-, ein BSD- oder ein Mischsignal detektiert wird. Für die Sekundärelektronen findet eine Gasverstärkung durch das elektrische Feld zwischen der Probe und der Detektorplatte statt, für die Rückstreuelektronen findet keine solche Verstärkung statt.

**[0032]** Es ist außerdem eine Aufgabe der Erfindung, ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop mit einem Doppeldetektor bereitzustellen, in dem eine Gasverstärkung für die Signale, die durch Sekundärelektronen verursacht werden, und das Signal, das durch Rückstreuelektronen verursacht wird, verwendet wird.

**[0033]** Zu diesem Zweck ist die Erfindung gemäß einem zweiten Aspekt dadurch gekennzeichnet, daß die Doppeldetektor-Einrichtung eine Wandlerplatte aufweist, die auf eine Spannung  $V_2$  vorgespannt ist, auf die Rückstreuelektronen auftreffen, die von der Oberfläche der Probe ausgehen, um dadurch umgewandelte Rückstreuelektronen zu erzeugen, und ferner eine Einrichtung zur Sammlung von Sekundär- und Rückstreuelektronensignalen aufweist, die auf eine Spannung  $V_1$  vorgespannt ist und unter der Wandlerplatte in der Probenkammer angeordnet ist, und wobei  $V_g$  die Spannung ist, um die erforderliche Verstärkung der Elektronensignale in der gasförmigen Umgebung der Probenkammer zu erhalten, so daß Sekundärelektronensignale nur dann durch die Doppeldetektor-Einrichtung detektiert werden, wenn  $V_1$  gleich  $+V_g$  ist und  $V_2$  gleich  $+V_g$  ist, Rückstreuelektronensignale nur dann detektiert werden, wenn  $V_1$  0 V und  $V_2$   $-V_g$  ist, und sowohl Sekundär- als auch Rückstreuelektronensignale detektiert werden, wenn  $V_1$   $+V_g$  ist und  $V_2$  zwischen  $-V_g$  und  $+V_g$  liegt.

**[0034]** Auf diese Weise wird eine einfache, kostengünstige Elektronendetektor-Anordnung erhalten, die leicht zwischen einer Sekundärelektronendetektion, einer Rückstreuelektronendetektion oder beiden zusammen umgeschaltet werden kann, und in der das Signal, das durch Rückstreuelektronen verursacht wird, verstärkt wird infolge der Umwandlung der Rückstreuelektronen in umgewandelte Rückstreuelektronen durch die Wandlerplatte und die anschließende Verstärkung dieser umgewandelten Rückstreuelektronen im Gas der Probenkammer durch das elektrische Feld, das zwischen der Wandlerplatte und dem Sammelgitter erzeugt wird. Dieser Doppелеlektroden-Detektoraufbau nutzt die Wandlerplatte und eine der Detektorglied-Anordnungen (d.h. das Sammelgitter, die Sammelplatte oder den Sammelring), die oben erläutert wurden. Jedoch werden in der

Doppeldetektoranordnung vorbestimmte Spannungen an die Wandlerplatte und das Detektorglied angelegt, um nur Sekundärelektronensignale, Rückstreuelektronensignale oder beides zu sammeln.

**[0035]** Wenn daher  $V_g$  die Spannung ist, um die erforderliche Verstärkung des Elektronensignals zu erhalten, werden Sekundärelektronensignale durch den Doppeldetektor nur detektiert, wenn die Wandlerplatte auf die Spannung von  $+V_g$  vorgespannt ist und das Detektorglied auf eine Spannung von  $+V_g$  vorgespannt ist. Mit dieser Doppeldetektoranordnung werden Rückstreuelektronensignale nur detektiert, wenn die Wandlerplatte auf eine Spannung von  $-V_g$  vorgespannt ist und das Detektorglied auf 0 V vorgespannt ist. Zusätzlich können sowohl Sekundär- als auch Rückstreuelektronensignale detektiert werden, wenn die an das Detektorglied angelegte Spannung  $+V_g$  ist und die an die Wandlerplatte angelegte Spannung zwischen  $-V_g$  und  $+V_g$  liegt. Folglich ist eine Doppелеlektronendetektor-Anordnung entworfen worden, die leicht zwischen einer Sekundärelektronendetektion, einer Rückstreuelektronendetektion oder beiden zusammen umgeschaltet werden kann.

**[0036]** Um den Doppeldetektoraufbau für einen kürzeren Gasweg zu verbessern, ist ein Isolierkegel unter der Wandlerplatte abgedichtet. Die Öffnung des Isolierkegels bildet die Druckbegrenzungsöffnung, die daher der Probe sehr viel näher liegt.

**[0037]** Um ein „topographisches“ oder Rückstreuelektronenbild zu zeigen, ist das Detektorglied zusätzlich so ausgebildet, daß es um die Elektronenstrahlachse symmetrisch ist. Daher liegt das Detektorglied in der Form einer geteilten Sammelvorrichtung vor. Die Signale von den beiden Segmenten der geteilten Sammelvorrichtung werden addiert, um den normalen Materialkontrast zu ergeben, und subtrahiert, um ein topographisches Bild zu erhalten.

**[0038]** Die folgende detaillierte Beschreibung, die beispielhaft gegeben wird, jedoch nicht dazu bestimmt ist, die Erfindung nur auf die spezifischen beschriebenen Ausführungsformen zu begrenzen, kann am besten in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verstanden werden. Es zeigen:

**[0039]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung, die eine Gas-Signalverstärkung in der Probenkammer eines herkömmlichen atmosphärischen Rasterelektronenmikroskops zeigt.

**[0040]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung der Elektronensäule und der Probenkammer in einem herkömmlichen ESEM.

**[0041]** [Fig. 3A](#) eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform für einen zweckbestimmten Gas-Rückstreuelektronendetektor für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung.

**[0042]** [Fig. 3B](#) ein der schematischen Darstellung der [Fig. 3A](#) entsprechendes Diagramm, das insbesondere die Wandlerplatte und das Sammelgitter in einer isometrischen Ansicht zeigt.

**[0043]** [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung, die eine andere bevorzugte Ausführungsform eines zweckbestimmten Gas-Rückstreuelektronendetektors für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0044]** [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung noch einer anderen bevorzugten Ausführungsform eines zweckbestimmten Gas-Rückstreuelektronendetektors für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung.

**[0045]** [Fig. 6](#) eine Draufsicht einer bevorzugten Ausführungsform eines mehrfach segmentierten Elektronendetektors zur Verwendung in Verbindung mit den zweckbestimmten Gas-Rückstreuelektronendetektoren der [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#).

**[0046]** [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform eines Doppелеlektronendetektors für ein ESEM gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung, der sowohl Sekundärelektronen- als auch Rückstreuelektronensignale sammelt.

**[0047]** [Fig. 8](#) eine schematische Darstellung des Doppелеlektronendetektoraufbaus der [Fig. 7](#), die einen verhältnismäßig langen Gasweg für den Primärstrahl zeigt.

**[0048]** [Fig. 9](#) eine schematische Darstellung einer Verbesserung im Doppелеlektronendetektor der [Fig. 7](#), die

insbesondere die Hinzufügung eines Isolierkegels zum Doppелеlektronendetektor zeigt, um einen kürzeren Gasweg für den Elektronenstrahl bereitzustellen.

**[0049]** Nun auf [Fig. 2](#) bezugnehmend, wird das frühere atmosphärische Rasterelektronenmikroskop der US-Patente Nr. 5,362,964 und 5,412,211 dargestellt. In diesem atmosphärischen Rasterelektronenmikroskop ist eine Vorrichtung zur Erzeugung, Verstärkung und Detektion von Sekundär- und Rückstreuelektronen vorgesehen, die von einer Oberfläche einer Probe ausgehen, die untersucht wird. Insbesondere wird ein Elektronenstrahl **32** durch eine (nicht gezeigte) Elektronenkanone durch eine elektronenoptische Säule **34** und den Objektivlinsenaufbau **31** emittiert. Innerhalb der elektronenoptischen Säule **34** wird der Elektronenstrahl einer Differentialpumpanlage ausgesetzt, wie in den US-Patenten Nr. 4,823,006 und 5,250,808 offenbart. Die elektronenoptische Säule **34** weist eine Enddruckbegrenzungsöffnung **36** an ihrem unteren Ende auf. Die Enddruckbegrenzungsöffnung **36** ist im unteren Ende eines Öffnungsträgers **35** ausgebildet. Dieser Öffnungsträger **35** wird im US-Patent Nr. 4,823,006 offenbart. Der Elektronenstrahl geht durch Magnetlinsen **37** und **39**, die verwendet werden, um die Intensität des Elektronenstrahls zu steuern. Eine Fokussiereinrichtung **40**, die innerhalb des Objektivlinsenaufbaus **31** benachbart zur Vakuumsäule angeordnet ist, ist zum Richten des Elektronenstrahls durch die Enddruckbegrenzungsöffnung **36** imstande.

**[0050]** In der früheren ESEM-Konstruktion der [Fig. 2](#) wird der Strahl anschließend durch eine Enddruckbegrenzungsöffnung **36** in eine Probenkammer **42** gerichtet, wobei er auf eine Probe **44** auftrifft, die auf einem Probentisch **46** gehalten wird. Der Probenträger oder Tisch **46** ist innerhalb der Probenkammer **42** angeordnet und ist positioniert, um die Probe **44** annähernd 1 bis 25 mm und vorzugsweise 1 bis 10 mm unter der Enddruckbegrenzungsöffnung **36** zu halten, um den Elektronenstrahl mit der Probe wechselwirken zu lassen. Die Probenkammer **42** ist unter der elektronenoptischen Säule **34** angeordnet und ist imstande, die Probe **44**, die von Gas, vorzugsweise Stickstoff oder Wasserdampf, mit einem Druck von annähernd zwischen 1,3 N/m<sup>2</sup> und 6,6 kN/m<sup>2</sup> (10<sup>-2</sup> bis 50 Torr) umgeben ist, mit der Enddruckbegrenzungsöffnung **36** ausgerichtet zu halten, so daß eine Oberfläche der Probe dem Ladungsteilchenstrahl ausgesetzt werden kann, der von der Elektronenkanone ausgeht und durch die Enddruckbegrenzungsöffnung **36** geführt wird.

**[0051]** Eine bevorzugte Ausführungsform eines zweckbestimmten Gas-Rückstreuelektronendetektors, der nur Rückstreuelektronensignale sammelt, wird in [Fig. 3A](#) dargestellt. In diesem Elektronendetektor geht der Elektronenstrahl von der elektronenoptischen Säule durch eine zentrale Öffnung **50** einer Wandlerplatte **52** und dann durch eine zentrale Öffnung **54** eines Detektorglieds **56** vor der Probe **58**. Die Wandlerplatte **52** dient auch als die Druckbegrenzungsöffnung (die **36** in [Fig. 2](#) entspricht) zwischen der Probenkammer und der Elektronensäule.

**[0052]** In der in [Fig. 3A](#) gezeigten Ausführungsform liegt das Detektorglied **56** in der Form eines Sammelgitters vor, das eine Drahtgeflechtstruktur aufweist. Die Wandlerplatte **52** und das Sammelgitter **56** werden in der gasförmigen Umgebung der ESEM-Probenkammer **60** gehalten.

**[0053]** Das Sammelgitter **56** wird auf Massepotential gehalten und sammelt folglich das Sekundärelektronensignal nicht, das an der Probe erzeugt wird. Die Wandlerplatte **52** wird durch eine Stromversorgung **62** auf einer negativen Spannung gehalten.

**[0054]** Wie in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) schematisch dargestellt, werden die Rückstreuelektronen (oder BSE) **63** durch Perforationen **64** gehen, die in der Drahtgeflechtstruktur des Sammelgitters **56** vorgesehen sind, und die Wandlerplatte **52** treffen. Dies wird Sekundärelektronen an der Oberfläche der Wandlerplatte **52** erzeugen. Der Vereinfachung halber werden diese Sekundärelektronen, die an der Oberfläche der Wandlerplatte **52** erzeugt werden, hierin als „umgewandelte Rückstreuelektronen“ bezeichnet. Diese umgewandelten Rückstreuelektronen werden im Gas der Probenkammer durch das elektrische Feld verstärkt, das zwischen der Wandlerplatte **52** und dem Sammelgitter **56** in derselben Weise erzeugt wird, in der in den herkömmlichen Gas-Sekundärelektronendetektoren Sekundärelektronen verstärkt werden, die von der Oberfläche der Probe ausgehen.

**[0055]** Außerdem ist es bekannt, daß eine Signalverstärkung in der gasförmigen Umgebung der ESEM-Probenkammer einen Abstand von annähernd 1 bis 5 mm erfordert, um eine ausreichende Verstärkung des Elektronensignals zu erhalten. Folglich sollten die Wandlerplatte **52** und das Detektorglied, wie das Sammelgitter **56** ebenso annähernd 1 bis 5 mm beabstandet sein.

**[0056]** Diese umgewandelten Rückstreuelektronensignale werden dann durch das Sammelgitter **56** zur weiteren Verstärkung durch den Signalverstärker **55** gesammelt. Folglich wird eine Elektronendetektor-Anordnung



entworfen, die überhaupt keine Sekundärelektronensignale sammelt, sondern statt dessen nur ein verstärktes umgewandeltes BSE-Signal sammelt.

[0057] In der alternativen Ausführungsform der [Fig. 4](#) wird das Sammelgitter **56** durch eine Sammelplatte **66** ersetzt. Die Sammelplatte **66** weist eine verhältnismäßig große zentrale Öffnung **68** auf, um die BSE dort hindurch gehen zu lassen, ist jedoch klein genug, so daß die umgewandelten BSE adäquat gesammelt werden.

[0058] [Fig. 5](#) stellt einen alternativen zweckbestimmten Gas-Elektronendetektor dar, wobei ein Kollektorring **70** genutzt wird, um die verstärkten umgewandelten BSE-Signale sammeln. Der Kollektorring **70** ist vorzugsweise kreisförmig und dessen Fläche ist klein genug, um es zuzulassen, das der größte Teil der Rückstreuelektronen unbehindert zur Wandlerplatte **52** geht.

[0059] In vielen Anwendungen der ESEM ist es möglich, daß die Signalelektroden (Gitter, Platten oder Ringe) durch das Material verschmutzt werden können, das durch Experimente mit der Probe erzeugt wird. Es ist daher wünschenswert, daß die Signalelektroden ohne Beschädigung gereinigt werden können. Daher sind die Sammelplatte der [Fig. 3A](#) und der Kollektorring der [Fig. 4](#) in dieser Hinsicht vorteilhaft, da es schwierig ist, das Sammelgitter zu reinigen und die offene Struktur für eine hohe Transmission der BSE aufrechtzuerhalten.

[0060] Das durch die Sammelelektrode gesammelte Signal kann vergrößert werden, indem die Wandlerplatte **52** aus einem Material hergestellt wird, das die Rückstreuelektronen wirksam in Sekundärelektronen umwandelt. Es ist bekannt, daß Gold eine hohe Ausbeute von SE aus den BSE erzeugt, und es können bestimmte andere Materialien, wie Magnesiumoxid verwendet werden.

[0061] Ferner besteht die vorherrschende Verwendung für eine Rückstreuelektronendetektorabbildung darin, Bilder zu erzeugen, die einen Materialkontrast mit minimaler topographischen Information zeigen. In diesem Fall muß der Detektor symmetrisch um die Primärstrahlachse sein, wie oben gezeigt.

[0062] Jedoch gibt es einen Bedarf nach der Fähigkeit, ein „topographisches“ BSE-Bild zu zeigen, was im allgemeinen durch Verwendung einer geteilten Sammelvorrichtung **72**, wie der in [Fig. 6](#) gezeigten, zur Sammlung des Elektronensignals geschieht. Die geteilte Sammelvorrichtung **72** weist zwei Segmente **72a** und **72b** auf, deren Signale addiert werden, um einen normalen Materialkontrast zu erhalten, und subtrahiert werden, um ein topographisches Bild zu erhalten.

[0063] Die zweckbestimmte Gas-Rückstreuelektronendetektor-Anordnung der [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) kann auch verwendet werden, um einen einfachen kostengünstigen Detektor zu schaffen, der leicht zwischen einer Sekundärelektronendetektion, Rückstreuelektronendetektion oder beidem zusammen umgeschaltet werden kann. Dieser Doppeldetektor zur Sammlung von Sekundärelektronen- und Rückstreuelektronensignalen wird in [Fig. 7](#) dargestellt.

[0064] Im Vergleich zu den Detektoranordnungen, die in den [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellt werden, ist die/das Kollektor-Platte/Gitter/Gitter in [Fig. 7](#) auf eine Spannung von  $V_1$  vorgespannt. Die Wandlerplatte **52** ist auf eine Spannung von  $V_2$  vorgespannt. Wenn  $V_g$  die Spannung ist, die benötigt wird, um die erforderliche Verstärkung des Elektronensignals zu erhalten, gibt die folgende Tabelle die Elektronensignale, die auf dem/der Sammelgitter/Sammelplatte/Kollektorring gesammelt werden, wie folgt an:

| Auf Sammel-Platte/Gitter/Ring<br>gesammeltes Signal       | $V_1$  | $V_2$             |
|---|--------|-------------------|
| Sekundärelektronen  | $+V_g$ | $+V_g$            |
| Rückstreuelektronen                                       | 0 V    | $-V_g$            |
| Sowohl Sekundärelektronen als auch<br>Rückstreuelektronen | $+V_g$ | $-V_g$ bis $+V_g$ |

[0065] Um die erforderliche Verstärkung des Elektronensignals zu erhalten, liegt  $V_g$  typischerweise im Bereich von annähernd 100 bis 500 Volt.

[0066] [Fig. 8](#) veranschaulicht den Doppелеlektronendetektor mit einem verhältnismäßig langen Gasweg für



den Primärstrahl. Die Probe **58** muß annähernd 1 bis 5 mm unter dem Kollektoring **70** angeordnet sein, um eine adäquate Verstärkung der Sekundärelektronensignale zu erzeugen. Außerdem ist der Kollektoring **70** annähernd 1 bis 5 mm von der Wandlerplatte **52** angeordnet, um eine ausreichende Verstärkung des Rückstreu-elektronensignals zu erhalten. Folglich muß sich in der Doppeldetektoranordnung der [Fig. 8](#) der Primärelekt-ronenstrahl durch annähernd 2-10 mm Gas bewegen. Dies kann einen beträchtlichen Strahlverlust erzeugen und zu einer reduzierten Leistung führen.

**[0067]** Folglich ist ein verbesserter Doppелеlektronendetektor entworfen worden, der den Gasweg für den Pri-märstrahl verkürzt. Diese verbesserte Doppeldetektoranordnung wird in [Fig. 9](#) dargestellt. Wie darin gezeigt wird, ist ein isolierter Kegel **80** unter der Wandlerplatte **52** abgedichtet. Die untere Öffnung **81** des Isolierkegels **80** bildet die Druckbegrenzungsöffnung, die der Probe sehr viel näher liegt. Der Kegel **80** muß aufgrund der Hochspannungen, die zwischen dem Detektorring **70** und der Wandlerplatte **52** vorhanden sein können, elek-trisch isoliert sein.

**[0068]** Die vorliegende Erfindung richtet sich auch auf die Wirkung des Gaswegs auf den Primärstrahl. Zu die-sem Zweck beschreibt das US-Patent Nr. 5,250,808 früher die Integration des Gasdetektors mit einer Differen-tialpumpanlage, um selbst bei einem hohen Gasdruck in der Probenkammer ein Hochvakuum in der Elektro-nensäule zuzulassen.

**[0069]** In früheren Gas-Sekundärelektronendetektoren, die in atmosphärischen Rasterelektronenmikrosko-pen verwendet wurden, geht der Primärstrahl durch dieselbe Hochdruckgaszone, die zur Verstärkung verwen-det wird. Dies bewirkt infolge der Wechselwirkung zwischen dem Primärstrahl und dem Gas einen gewissen Verlust des Primärstrahls. Mit einem Abstand von 1 bis 5 mm ist der Verlust üblicherweise akzeptabel.

**[0070]** Jedoch muß sich bei der Verwendung der zweckbestimmten Gas-Rückstreuелеktronendetektoren der vorliegenden Erfindung der Primärstrahl durch das Gas zwischen der Wandlerplatte und der/dem Sammelplat-te/-Gitter/-Ring bewegen. Die Probe kann vorteilhafterweise für die Rückstreuелеktronendetektion nahe dem Kollektorgitter angeordnet werden, da sich der Kollektoring auf einer Spannung von null befindet. Um daher den Gasweg für den Primärstrahl im Gas-Rückstreuелеktronendetektor der vorliegenden Erfindung zu minimie-ren, kann die Probe nahe dem Sammelgitter angeordnet werden, und es kann immer noch die erforderliche Gasverstärkung erhalten werden.

**[0071]** Folglich ist gemäß den allgemeinen Aufgaben der vorliegenden Erfindung ein verbesserter Elektro-nendetektor für ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop bereitgestellt worden, der in der Form eines zweckbestimmten Gasdetektors vorliegt, der dazu bestimmt ist, nur Rückstreuелеktronensignale zu sammeln. Dieser zweckbestimmte Gasdetektor bewirkt außerdem eine Verstärkung der Signale auf einen ausreichend hohen Pegel, um das Rauschen der folgenden elektronischen Detektoren niedrig zu machen. Außerdem läßt die vorliegende Erfindung auch einen einfachen, kostengünstigen Elektronendetektor zu, der leicht zwischen einer Sekundärelektronendetektion, Rückstreuелеktronendetektion oder beiden zusammen umgeschaltet wer-den kann.

### Patentansprüche

1. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop mit:
  - (a) einer Einrichtung zum Erzeugen und Richten eines Elektronenstrahls aus einer Elektronensäule auf eine Probe, die von einer gasförmigen Umgebung in einer Probenkammer eingehüllt ist; und
  - (b) einer Detektoreinrichtung, um nur Rückstreusignale (**63**) zu detektieren, die von der Probe (**58**) ausgehen, wobei die Detektoreinrichtung in der gasförmigen Umgebung in der Probenkammer angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Detektoreinrichtung eine negativ vorgespannte Wandlerplatte (**52**) aufweist, auf die Rückstreuелеktronen (**63**) auftreffen, die von der Oberfläche der Probe (**58**) ausgehen, um da-durch Sekundärelektronen an der Oberfläche der Wandlerplatte zu erzeugen, die umgewandelte Rückstreu-elektronen bilden.
2. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 1, wobei die Wandlerplatte eine zentrale Öffnung (**50**) aufweist, durch die der Elektronenstrahl geht.
3. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 2, wobei die zentrale Öffnung der Wand-lerplatte eine Enddruckbegrenzungsöffnung zwischen der Elektronensäule und der Probenkammer definiert.
4. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 1, wobei die Detektoreinrichtung ferner

eine Einrichtung zur Sammlung nur der umgewandelten Rückstreuelektronen aufweist, die durch die Wandlerplatte (**66,56,70**) erzeugt werden.

5. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 4, wobei die Sammeleinrichtung für umgewandelte Rückstreuelektronen in der Form eines Sammelgitters (**56**) vorliegt, wobei das Sammelgitter mit einem Signalverstärker verbunden ist.

6. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 5, wobei das Sammelgitter auf Masse vorgespannt ist, so daß das Gitter nicht die Sekundärelektronen sammelt, die an der Probe erzeugt werden.

7. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 4, wobei die Sammeleinrichtung für umgewandelte Rückstreuelektronen eine geteilte Sammelvorrichtung ist, die ein Paar Sammelsegmente aufweist, die symmetrisch um die Elektronenstrahlachse angeordnet sind.

8. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 4, wobei die Wandlerplatte und die Sammeleinrichtung für umgewandelte Rückstreuelektronen im Bereich von annähernd 1 bis 5 mm voneinander beabstandet sind.

9. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 4, das ferner einen Isolierkegel (**80**) aufweist, der an einer Unterseite der Wandlerplatte abgedichtet ist und sich von ihr erstreckt und eine Enddruckbegrenzungsöffnung an seinem unteren Ende (**81**) aufweist, um einen verkürzten Elektronenstrahlweg in der Probenkammer bereitzustellen.

10. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 1, wobei die Wandlerplatte mindestens teilweise aus einem Material bestehen kann, das den Wirkungsgrad der Umwandlung der Rückstreuelektronen in Sekundärelektronen erhöht und aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Gold und Magnesiumoxid besteht.

11. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop mit:

(a) einer Einrichtung zum Erzeugen und Richten eines Elektronenstrahls (**32**) aus einer Elektronensäule auf eine Probe (**58**), die von einer gasförmigen Umgebung in einer Probenkammer (**42**) eingehüllt ist; und  
 (b) einer Doppeldetektor-Einrichtung zur Detektion von sowohl Sekundärelektronensignalen als auch Rückstreuelektronensignalen, die von der Probe (**58**) ausgehen, und die zum Umschalten zwischen der Detektion von Sekundärelektronensignalen und Rückstreuelektronensignalen imstande ist, wobei die Detektoreinrichtung in der gasförmigen Umgebung der Probe (**58**) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppeldetektor-Einrichtung eine Wandlerplatte (**52**) aufweist, die auf eine Spannung V2 vorgespannt ist, auf die Rückstreuelektronen auftreffen, die von der Oberfläche der Probe (**58**) ausgehen, um dadurch umgewandelte Rückstreuelektronen zu erzeugen, und ferner eine Einrichtung zur Sammlung von Sekundär- und Rückstreuelektronensignalen (**70**) aufweist, die auf eine Spannung V1 vorgespannt ist und unter der Wandlerplatte (**52**) in der Probenkammer angeordnet ist, und wobei Vg die Spannung ist, um die erforderliche Verstärkung der Elektronensignale in der gasförmigen Umgebung der Probenkammer zu erhalten, so daß Sekundärelektronensignale nur dann durch die Doppeldetektor-Einrichtung detektiert werden, wenn V1 gleich +Vg ist und V2 gleich +Vg ist, Rückstreuelektronensignale nur dann detektiert werden, wenn V1 0 V und V2 -Vg ist, und sowohl Sekundär- als auch Rückstreuelektronensignale detektiert werden, wenn V1 +Vg ist und V2 zwischen -Vg und +Vg liegt.

12. Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 11, wobei Vg im Bereich von annähernd 100 bis 500 Volt liegt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

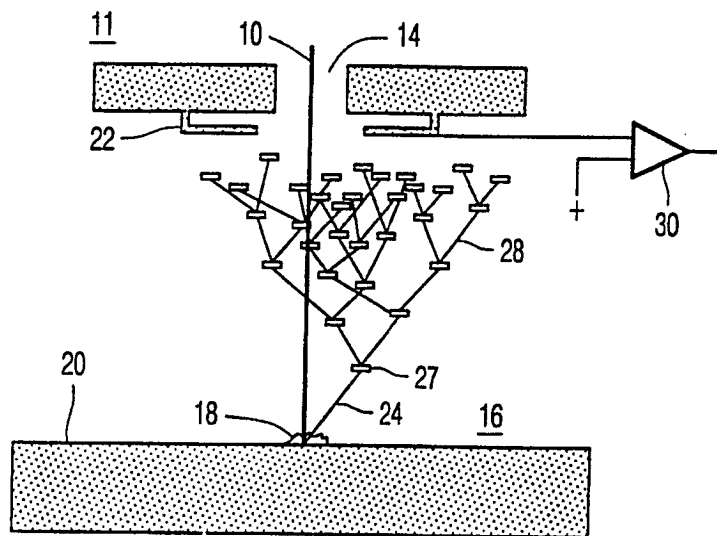


FIG. 1

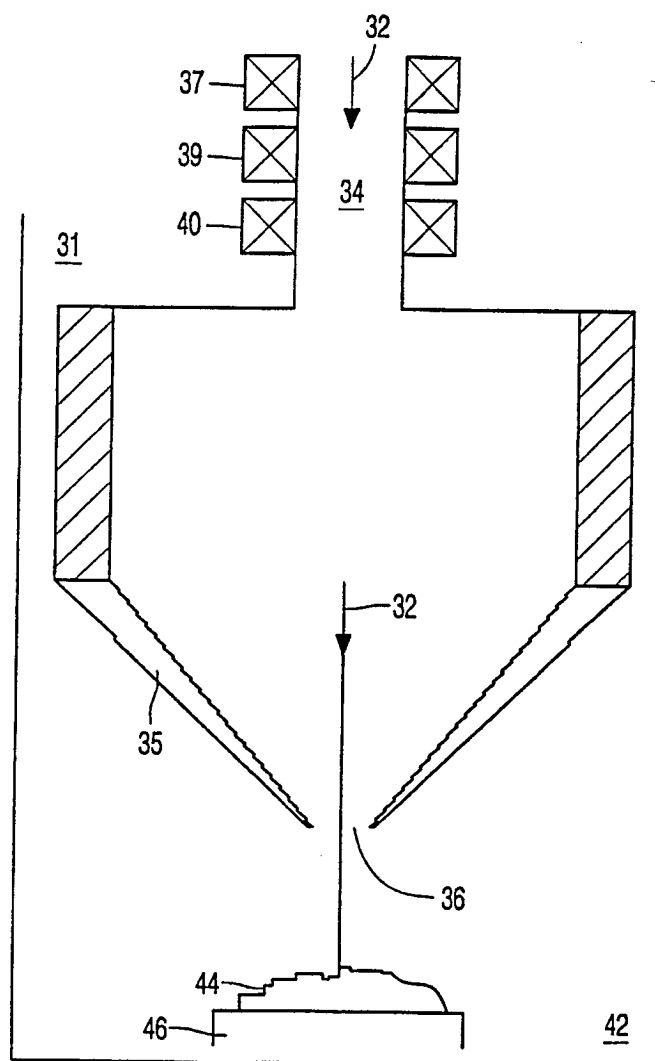


FIG. 2

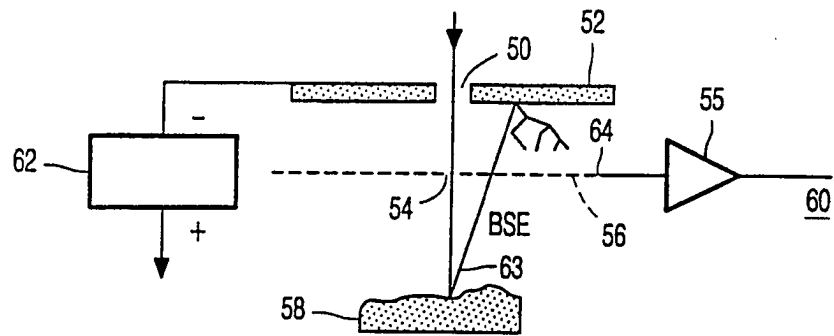


FIG. 3A

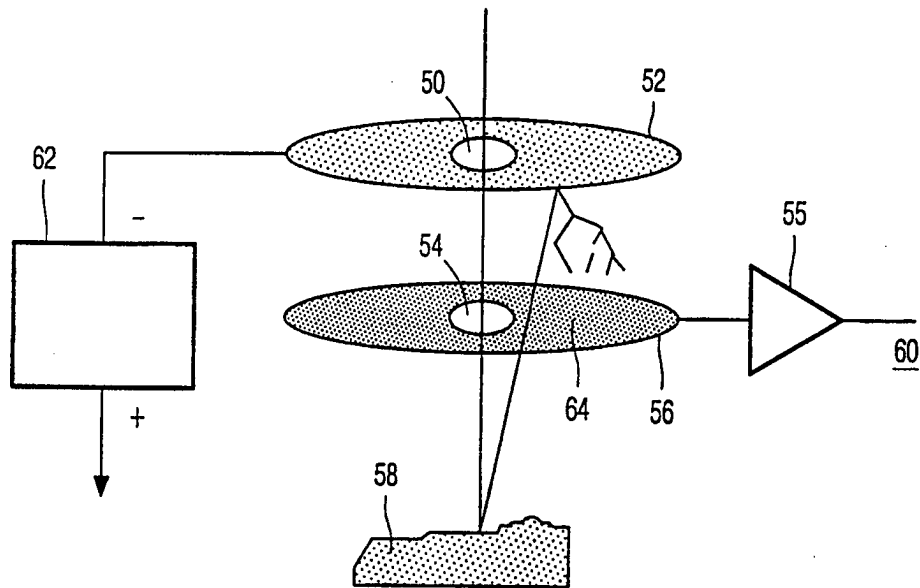


FIG. 3B

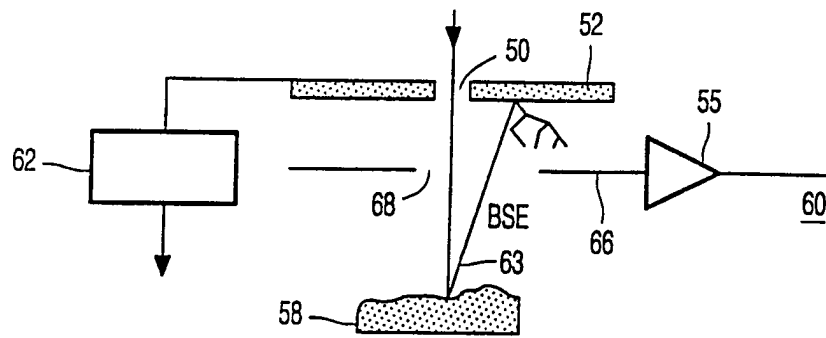


FIG. 4

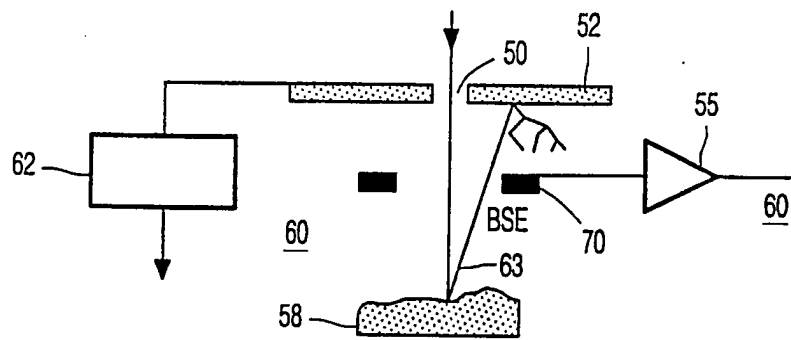


FIG. 5

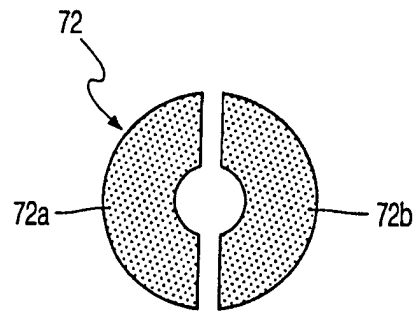


FIG. 6

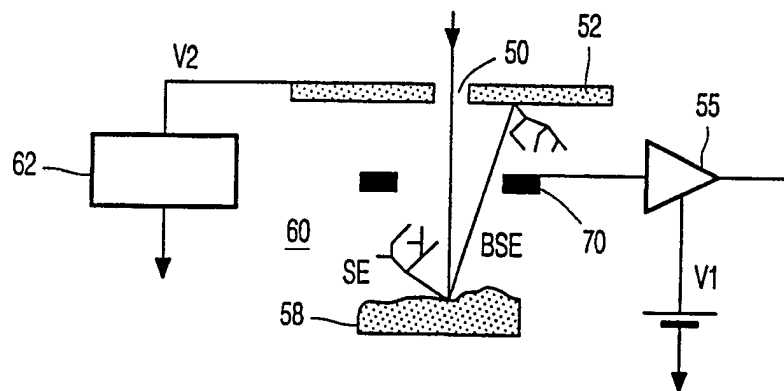


FIG. 7

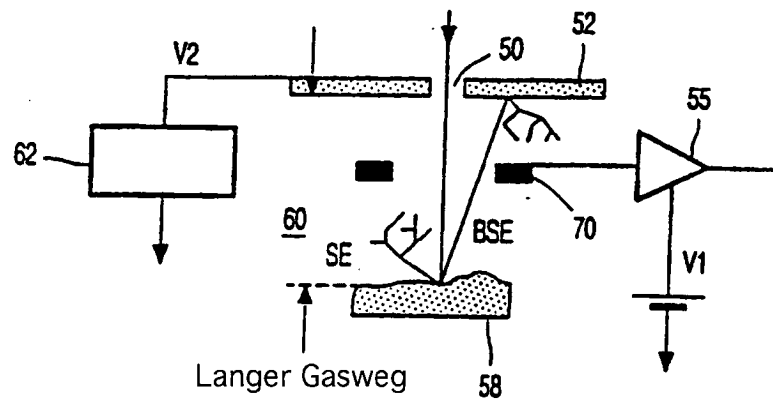


FIG. 8

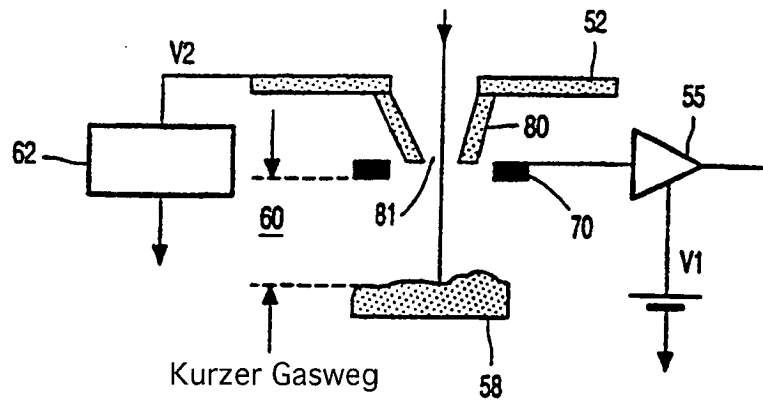


FIG. 9