



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 698 910 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.02.1996 Patentblatt 1996/09

(51) Int. Cl.⁶: **H01J 43/12**, H01J 43/04

(21) Anmeldenummer: 95113181.2

(22) Anmeldetag: 22.08.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI SE

(30) Priorität: 23.08.1994 DE 4429925

(71) Anmelder:
• ROENTDEK-HANDELS GmbH
D-65779 Kelkheim (DE)

• LITEF GmbH
D-79115 Freiburg (DE)

(72) Erfinder: Schmidt-Böcking, Horst, Prof. Dr.
D-65 779 Kelkheim (DE)

(74) Vertreter: TER MEER - MÜLLER - STEINMEISTER
& PARTNER
D-81679 München (DE)

(54) **Verfahren und Detektoreinrichtung zur elektronischen positionsbezogenen Erfassung von Strahlung**

(57) Das Verfahren und die Einrichtung zur Bildsignalauskopplung bei positionsgebenden Hochvakuum-Detektoreinrichtungen für elektromagnetische Strahlungsquanten oder Teilchen, die im Falle elektromagnetischer Strahlung über eine Photo-Elektronen-Konverterschicht (4) und im Falle von Teilchenstrahlung direkt über einen Elektronen-Vervielfacher (3) als Elektronenlawine (8) auf eine ortsauflösende Anodenstruktur (2) auftreffen, zeichnen sich erfindungsgemäß dadurch aus, daß die Elektronenlawine (8) zunächst innerhalb des Vakuums (7) anodenseitig durch eine hochohmige leitende Halbleiter-Dünnschicht (1) kurzzeitig gesammelt und durch den Glasboden (Gegensubstrat 6) der Detektoreinrichtung von der Außenseite aus als Bildladung mittels einer niederohmigen, für eine Ortsbestim-

mung geeignet strukturierte Anodenschicht (2) kapazitiv ausgelesen wird.

Diese kapazitive Auskopplung ermöglicht eine hohe Ortsauflösung, wenn die inneren Widerstände von Ladungssammelschicht (1) einerseits und Auslese-Anodenschicht (2) andererseits optimal zueinander angepaßt werden. Die erfindungsgemäße Art der Auskopplung benötigt im Vakuum (7) nur eine einfache hochohmige Monoschicht mit einer einzigen Spannungskontaktierung (11). Die ortsauflösende Anodenstruktur (2) außerhalb des Vakuums (7) kann den Anwenderwünschen entsprechend modifiziert und beliebig ausgetauscht werden, so daß die Ortsauflösung individuell anpaßbar ist.

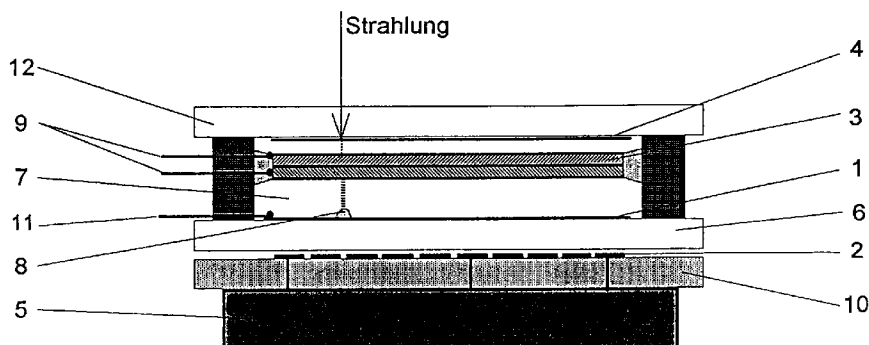


Fig. 1

EP 0 698 910 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildsignalauskopplung bei positionsgebenden Hochvakuum-Detektoreinrichtungen für Quanten oder Teilchenstrahlung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Detektoreinrichtung, die nach dem Verfahren arbeitet und die Merkmale gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 2 zur Grundlage hat.

Für den Nachweis einzelner UV- oder anderer elektromagnetischer Strahlungsquanten, Teilchen oder dergleichen, werden für unterschiedliche Anwendungen positionsgebende, elektronisch arbeitende Detektorsysteme benötigt. Um mit solchen Detektorsystemen einzelne Strahlungsquanten mit hoher Effizienz nachweisen zu können, werden Vielkanal-Elektronen-Multiplier verwendet, die je nach Anwendung in spezielle hochevakuierte Glaskörper eingebaut werden müssen. Um eine zweidimensionale Ortsbestimmung oder Positionierung des Photonennachweises zu erhalten, müssen bei den herkömmlichen Systemen (vgl. Fig. 5) komplexe, resistive Anodenstrukturen 1 mit beispielsweise vier nach außen geführten Kontakten im Hochvakuum 7 mit eingebaut werden, die eine digitale ortsauflösende Bestimmung des Strahlungsnachweises ermöglichen. Das Montieren und Aufbringen der komplexen Anodenstruktur 1 im evakuierten Glaskörper 6 mit dazu notwendigen Drahtdurchführungen für hochfrequente Signale bedeutet für die Detektorherstellung nicht nur große technische Schwierigkeiten, sondern schließt auch die Möglichkeit aus, die Anodenstruktur 1 später einer veränderten Meßaufgabe individuell optimiert anpassen zu können. Bei den herkömmlichen Verfahren und Detektoreinrichtungen bilden die einzelnen Detektorkomponenten eine nicht mehr trennbare oder veränderbare Einheit.

Bei dem bekannten Detektorsystem gemäß Fig. 5 sind außer dem bereits erwähnten, evakuierten Glaskörper 6 und der schichtförmigen, resistiven Anodenstruktur 1 mit nachgeschalteter Elektronik mit Anschlüssen 13 für beispielsweise jeweils vier Vorverstärker, eine Elektronenkonverterschicht 4 (UV-Quanten-Elektronen-Konverterschicht), aufgebracht auf der Innenseite eines strahlungsdurchlässigen Decksubstrats 10, ein Chevron-Plattensystem 3 als Ladungsvervielfacher mit herausgeführten Hochspannungszuführungen 9 sowie die auf der vakuumseitigen Innenfläche des Gegensubstrats 11 aufgebrachte, resistive Anodenstruktur 1 vorhanden. Eine durch ein UV-Quant auf der Anodenstruktur 1 erzeugte lokale Ladungswave ist mit Bezugshinweis 8 angegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei Detektoreinrichtungen der beschriebenen Art für Quanten oder Teilchenstrahlung eine technisch wesentlich einfachere und zuverlässigere elektronische Positionierung, d.h. ortsbezogene Bildsignalauskopplung ohne direkte elektrische Kontakte durch die Vakuum-Trennwand mit der Möglichkeit der Anpassung an veränderte Meßaufgaben zu schaffen.

Die Erfindung ist bei einem Verfahren zur Bildsignalauskopplung bei positionsgebenden Hochvakuum-Detektoreinrichtungen für Quanten oder Teilchenstrahlung, die über eine Elektronen-Vervielfachereinrichtung als Elektronenlawine auf eine ortsauflösende Anodenstruktur auftreffen, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronenlawine innerhalb des Vakuums auf der Anodenseite der Detektoreinrichtung durch eine hochohmige, leitende Dünnschicht kurzzeitig örtlich gesammelt bleibt und die gesammelte Ladung durch eine niederohmige, der hochohmigen Dünnschicht außerhalb des Vakuums gegenüberstehend angeordnete und für eine Ortsbestimmung geeignet strukturierte Anodenschicht als Bildladung kapazitiv durch eine Vakuumwand hindurch koppelnd ausgelesen wird.

Während bei bisherigen Strahlungsquanten-Detektoreinrichtungen die ortsauflösende Anodenstruktur im Inneren des Hochvakuums angeordnet ist mit einer Mehrzahl von vakuumdichten Stromdurchführungen für hochfrequente Signale für die nachgeschaltete Elektronik ohne nachträgliche Justier- oder Anpassungsmöglichkeit an unterschiedliche Meßaufgaben, beruht die Erfindung auf dem Gedanken, die strahlungsquanteninduzierten Ladungswellen auf der dem Strahlungseintritt gegenüberliegenden Innenfläche des Gegensubstrats durch eine durchgängig einheitliche hochohmig leitende Schicht kurzzeitig ortsgebunden zu sammeln und dann durch die Vakuumwand (Substratschicht) hindurch kapazitiv auf eine niederohmige, strukturierte Anodenschicht außerhalb des Vakuums zu koppeln.

Eine positionsgebende Detektoreinrichtung für elektromagnetische Strahlung oder Teilchenstrahlung, bei der innerhalb eines durch ein flächiges, strahlungsdurchlässiges Decksubstrat und ein auf Abstand dazu gehaltenes Gegen-Substrat umgrenzten und hochevakuierten Raums schichtartig aufeinanderfolgend auf der Strahlungseinfallsseite eine plattenartige Elektronen-Vervielfacher-Anordnung und dieser auf Abstand gegenüberstehend eine Flächen-Anode vorhanden sind, ist **erfindungsgemäß** dadurch gekennzeichnet, daß die Anode zur kapazitiven, positionsbezogenen Bildsignalauslesung als Schichtanordnung derart ausgebildet ist, daß auf der vakuumseitigen Innenfläche des Gegen-Substrats eine hochohmige Ladungssammelschicht und dieser auf der Außenfläche des Gegen-Substrats, also außerhalb des Vakuums gegenüberstehend eine für eine Ortsbestimmung geeignet strukturierte, niederohmige Anodenschicht vorhanden sind.

Gegenüber herkömmlichen Detektoreinrichtungen für elektromagnetische Strahlungsquanten oder Teilchenstrahlung bietet die Erfindung vor allem den Vorteil, daß vergleichsweise einfache, einheitliche Detektorelemente oder Baugruppen verwendet werden können, deren elektronische Positionsauslesung durch unterschiedliche Strukturierung der niederohmigen, außerhalb des Vakuums liegenden Anodenschicht an unterschiedliche Meßaufgaben individuell und optimiert angepaßt werden können. Ein weiterer wesentlicher Vor-

teil liegt darin, daß in das Vakuum keine elektrischen Durchführungen für hochfrequente Stromimpulse notwendig sind. Außerdem ergibt sich die Möglichkeit, die Verstärker- und Digitalisierungselektronik im Verbund mit der niederohmigen Anodenstruktur als hochintegrierte Schaltung (z. B. in SMD Technologie, als Hybrid oder als ASIC) herzustellen.

Vorteilhaft ist es, die niederohmige, strukturierte Anodenschicht etwa in Form einer sogenannten Wedge & Strip-Anode (Keil-Streifen-Anode) auszubilden, wobei die Ladungs-Sammelbereiche oder -Sammelschienen für eine bildladungsanteilige Auslesung an wenigstens zwei, vorzugsweise an drei Randseiten der Anodenschicht jeweils im rechten Winkel zueinander stehend angeordnet sind. Es sind jedoch auch beliebige andere geeignete Strukturen anwendbar, wie z. B. eine Vernier-Anode, eine Spiralstruktur, eine Delay-Line-Schicht oder ein Pixelsystem, das mittels eines CCDs digital ausgelesen wird. Weiterhin ist es notwendig oder zumindest zweckmäßig, die inneren Widerstände von Ladungssammelschicht einerseits und kapazitiv gekoppelter äußerer Anodenschicht und Folgeelektronik andererseits im Hinblick auf eine Optimierung der Ortsauflösung zu wählen unter gleichzeitiger Berücksichtigung des durch die Gegen-Substratschicht gegebenen Dielektrikums.

Um Bildfehler im Randbereich der Detektoreinrichtung zu vermeiden, ist es zweckmäßig, die sensitive Fläche der äußeren, niederohmigen Anodenschicht über die Bildränder der vakuumseitigen Ladungssammelschicht hinausragen zu lassen.

Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachfolgend unter Bezug auf die Zeichnungen durch eine beispielhafte Ausführungsform näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 die Prinzip-Schnittdarstellung einer Detektoreinrichtung mit positionsgebender Auslesung für elektromagnetische Strahlungsquanten bzw. Teilchenstrahlung gemäß der Erfindung;

Fig. 2 die Teilschnitt-Darstellung eines Abschnitts des Gegen-Substrats der Detektoreinrichtung nach Fig. 1;

Fig. 3 in schematischer Draufsicht-Darstellung einen Teilausschnitt einer Wedge & Strip-Anode, wie sie zur positionsgebenden Bildsignal-Auskopplung gemäß der Erfindung vorteilhaft verwendet werden kann;

Fig. 4 ein Beispiel für ein Meßergebnis (unten) unter Verwendung eines Versuchsaufbaus (oben) mit einem erfindungsgemäßen Detektor mit kapazitiv gekoppelter, positionsgebender Anodenstruktur; und

Fig. 5 die schematische Schnittdarstellung einer herkömmlichen, positionsgebenden Detektorein-

richtung für elektromagnetische Strahlungsquanten oder Teilchenstrahlung.

Beim Detektorsystem nach Fig. 1 ist das Bildverstärkersystem, nämlich die Photoelektronen-Konverterschicht 4, das darunter liegende Chevron-Plattensystem 3 eines Vielkanal-Elektronen-Multipliers sowie die erfindungsgemäße, hochohmige Anodenschicht 1 wie bisher in ein Hochvakuum 7 eingebaut. Anders als beim Stand der Technik jedoch ist die komplexe Anodenstruktur 2 zur elektronischen Positionsauslesung außerhalb des Vakuums 7 auf der Rückseite des Detektors, d.h. beispielsweise auf der Rückseite des Gegen-Substrats 6 aufgebracht oder angeordnet. Die Übertragung der genauen Ortsinformation der Position eines einfallenden Strahlungsquants (UV-Quant) oder Teilchens erfolgt nach entsprechender Ladungsvervielfachung kapazitiv durch das vorzugsweise aus Glas bestehende Gegen-Substrat 6 des Bildverstärkersystems auf die außerhalb des Vakuums sich befindende niederohmige Anodenstruktur 2.

Diese kapazitive Übertragung ist möglich, weil die auf der Innenseite des Boden- oder Gegensubstrats 6, also im Vakuum ausgebildete Ladungssammelschicht als hochohmige (Anoden-)Schicht aufgebracht ist, auf der die von einem einzelnen Strahlungsquant oder Teilchen induzierte Elektronenlawine 8 gesammelt wird und dort wegen des voraussetzungsgemäß hohen Schichtwiderstands (Mega-Ohmbereich) einige 10ns verharret, wie die Fig. 2 verdeutlicht. Diese örtliche Ladungslawine 8 koppelt kapazitiv durch die Glasschicht des Gegen-Substrats 6 hindurch und erzeugt auf bzw. in der gegenüberliegenden, niederohmigen Anodenstruktur 2 eine Bildladung. Die niederohmige Anodenstruktur 2 kann beispielsweise als Wedge & Strip-Anode mit drei Kontaktbereichen a, b und c ausgebildet sein. Die Struktur dieser Anode läßt sich auf vergleichsweise einfacher Weise an die jeweils geforderte Positionsauflösung anpassen. Die Anodenstruktur 2 befindet sich dabei auf der Außenseite des Gegen-Substrats 6, d.h. in normaler Luftatmosphäre. Die genaue Position der Bildladung läßt sich dann über entsprechend angepaßte, schnelle ladungsempfindliche Vorverstärker und eine nicht dargestellte, prinzipiell bekannte Auswertelogik bestimmen. Die kapazitive Auskopplung ermöglicht eine hohe Ortsauflösung, wenn die inneren Widerstände der beiden Anodenschichten 1,2 optimal aufeinander angepaßt werden und die Anodenstruktur 2 geometrisch entsprechend hochauflösend strukturiert ist. Außer einer Wedge & Strip-Anode, wie sie beispielsweise in den Veröffentlichungen Lit[1] und [2] beschrieben ist, kommen auch andere ortsauflösende Anodenstrukturen im Rahmen der Erfindung in Frage, beispielsweise eine Vernier-Anode, eine Anode in Spiralstruktur, eine Delay-Line-Schicht oder ein Pixelsystem, das mittels eines CCDs digital ausgelesen wird.

Das Prinzip der kapazitiven, ortsbezogenen Signalauskopplung für eine digitale Positionsauslesung läßt sich mit Bezug auf Fig. 2 wie folgt kurz beschreiben: Die

in der Chevron-Platte 3 im Vakuum erzeugte lokale Ladungswolke 8 trifft auf die hochohmige Anodenschicht 1 auf, die beispielsweise eine Ge-Schicht mit einer Dicke von einigen 100nm sein kann und verharrt dort für einige 10ns. Während dieser Zeit baut sich durch kapazitive Kopplung auf der anderen, außerhalb des Vakuums liegenden Seite des Gegen-Substrats 6 auf der niederohmigen Anodenstruktur 2 eine Bildladung auf. Je nach der Geometrie dieser niederohmigen Anodenstruktur 2, zum Beispiel als dreiteilige Wedge-strip-Anode (vgl. Fig. 3) ist jeder Ort durch ein spezifisches Bildladungsverhältnis eindeutig bestimmt. Für eine niederohmige Anodenstruktur kann diese Bildladungsverteilung durch schnelle Elektronik-Komponenten bestimmt werden. Aus den Verhältnissen der Bildladungen Q1, Q2 und Q3 kann wiederum der Ort X,Y in der Bildebene präzise ermittelt werden gemäß folgenden Beziehungen:

$$\frac{X}{X_0} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

$$\frac{Y}{Y_0} = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

Eine auf der Anodenstruktur 2 sich ausbildende Bildladungswolke 20 ist in Fig. 3 durch einen schraffierten Bereich angedeutet.

Mit einer erfindungsgemäßen Detektoreinrichtung lassen sich Einzelereignisse mit sehr hoher ortsbezogener Zeitauflösung erfassen. Die örtliche Auflösung beträgt bei den zur Zeit in der Erprobung befindlichen Detektoren etwa 1/250 der Detektorbreite oder bei Verwendung geeigneter Linsensysteme 0,5°.

Fig. 4 zeigt einen Meßaufbau (oben) und Ergebnisse (unten) zur Positionsbestimmung von ein fallender Strahlung. Als Strahlungsquelle 22 wurde ein Alphateilchen strahlendes radioaktives Präparat verwendet. Bei dieser Anordnung entfällt das strahlungsdurchlässige Decks substrat und die Photoelektronen-Konverterschicht, da die Alphateilchen direkt am Eintritt in die Chevron-Platte 3 Elektronen freisetzen können. Zwischen der Strahlungsquelle 22 und der Chevron-Platte 3 ist eine Schattenmaske 21 aus 0,2 mm dicken Drähten angebracht, deren Bild elektronisch erfaßt werden soll.

Das untere Bild der Fig. 4 zeigt das über die Wedge & Stripstruktur der niederohmigen Anode 2 und die Folgeelektronik aufgenommene Schattenbild der senkrecht zueinander gespannten Drähte der Schattenmaske 2. Das bei diesen Messungen ermittelte Auflösungsvermögen lag bei unter 0,2 mm, bedingt durch die Wahl der Anodenstruktur.

Die besonderen Vorteile der Erfindung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die erfindungsgemäße Art der Bildsignalauskopplung benötigt im Vakuum nur eine einfache hochohmige Monoschicht mit einer einzigen durchgeführten Spannungskontaktierung. Es werden keine Durchführungen für hochfrequente Stromim-

pulse benötigt. Dies führt zu einer wesentlichen Vereinfachung der Herstellung des Vakuum-Bauteils.

2. Im Vergleich zu herkömmlichen Detektoren dieser Art wird zwischen der Channel- oder Chevron-Platte 3 und der hochohmigen Anodenschicht 1 nur eine moderate Spannung von typischerweise 200 Volt benötigt, die einen einfacheren und zuverlässigeren Betrieb des Detektors ermöglicht. Damit wird die Dunkelentladungsrate des Detektorsystems merklich reduziert und eine Zerstörung der Anodenstruktur durch Spannungsüberschläge im Detektor praktisch ausgeschlossen.

3. Die ortsauflösende, niederohmige Anodenstruktur 2 ist außerhalb des Vakuums 7 angeordnet und läßt sich den Anwenderwünschen entsprechend nahezu beliebig anpassen und austauschen, so daß eine Anpassung an die Genauigkeit der Ortsbestimmung individuell in einem weiten Bereich an jedes Anwenderproblem möglich ist, zum Beispiel eine relative Ortsauflösung von 1 bis 0,1 %.

4. Die Verstärker- und Digitalelektronik 5 läßt sich in moderner SMD- oder Hybrid-Technik direkt an der Anodenstruktur 2 außerhalb des Vakuums integriert ansetzen, wodurch sich eine wesentlich bessere Auflösung sowie eine deutliche Vereinfachung der Elektronik mit entsprechenden Kosteneinsparungen ergibt. Die ortsauflösende, niederohmige Anodenstruktur 2 läßt sich entweder auf einer getrennten Platte oder direkt auf die Außenseite der Vakuumentrennwände des Gegen-Substrats 6 aufbringen.

5. Die Anodenstruktur 2 außerhalb des Vakuums 7 läßt sich mit größerer sensitiver Fläche anbringen als es der Chevron- oder Channel-Platte 3 entspricht. Dadurch können Bildfehler am Bildrand vermieden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektronischen, kontaktlosen Bildsignalauskopplung bei positionsgebenden Hochvakuum-Detektoreinrichtungen für elektromagnetische Strahlungsquanten oder Teilchenstrahlung, die über eine Elektronen-Vervielfachereinrichtung (3) als Elektronenlawine (8) auf eine ortsauflösende Anodenstruktur auftreffen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elektronenlawine (8) innerhalb des Vakuums (7) auf der Anodenseite der Detektoreinrichtung durch eine hochohmige, leitende Dünnschicht (1) kurzzeitig gesammelt und die gesammelte Ladung durch eine niederohmige, der hochohmigen Dünnschicht (1) außerhalb des Vakuums (7) gegenüberstehend angeordnete und für eine Ortsbestimmung geeignet strukturierte Anodenschicht (2) als Bildladung kapazitiv ausgelesen wird.
2. Positionsgebende Detektoreinrichtung für elektromagnetische- oder Teilchen-Strahlung, bei der

- innerhalb eines durch ein flächiges, strahlungsdurchlässiges Decksubstrat (12) und ein auf Abstand dazu gehaltenes Gegen-Substrat (6) umgrenzten und hochevakuierten Raums (7) schichtartig aufeinanderfolgend auf der Strahlungseinfallsseite eine plattenartige Elektronen-Vervielfacheranordnung (3) und dieser auf Abstand gegenüberstehend eine Flächenanode (1) vorhanden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anode zur kapazitiven, positionsbezogenen Bildsignalauslesung als Schichtanordnung derart ausgebildet ist, daß auf der vakuumseitigen Innenfläche des Gegen-Substrats (6) eine hochohmige Ladungssammelschicht (1) und dieser auf der Außenfläche des Gegen-Substrats (6) gegenüberstehend eine für eine Ortsbestimmung geeignet strukturierte, niederohmige Anodenschicht (2) vorhanden sind.
3. Detektoreinrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die vakuumseitige, hochohmige Ladungssammelschicht (1) als einheitlich flächige Monoschicht auf dem Gegen-Substrat (6) ausgebildet und über eine vakuumdichte Durchföhrung (11) von außen mit einem Hochspannungspotential beaufschlagbar ist.
4. Detektoreinrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ladungssammelschicht (1) eine hochohmige Halbleiterschicht ist.
5. Detektoreinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ladungssammelschicht (1) eine Germanium (Ge-) Schicht ist.
6. Detektoreinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte, niederohmige Anodenschicht (2) in Form einer Wedge & Strip-Anode ausgebildet ist mit Sammelschienen (a, b, c) für bildladungsanteilige Ladungsauslesung an wenigstens zwei im rechten Winkel zueinander stehenden Randseiten der Anodenschicht (2).
7. Detektoreinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte, niederohmige Anodenschicht (2) in Form einer Vernier-Anode ausgebildet ist.
8. Detektoreinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte, niederohmige Anodenschicht (2) Spiralstruktur aufweist.
9. Detektoreinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte, niederohmige Anodenschicht (2) als Delay-Line-Schicht ausgebildet ist.
10. Detektoreinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte, niederohmige Anodenschicht (2) in Form eines Pixelsystems ausgebildet ist, das mittels eines CCDs digital ausgelesen wird.
11. Detektoreinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte Anodenschicht (2) auf eine separate Platte (10) aufgebracht ist, die mechanisch an die Außenfläche des Gegensubstrats (6) angepaßt ist.
12. Detektoreinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die strukturierte Anodenschicht (2) direkt auf die Außenfläche des Gegensubstrats (6) aufgebracht ist.
13. Detektoranordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die inneren Widerstände von Ladungssammelschicht (1) und kapazitiv gekoppelter äußerer Anodenschicht (2) im Hinblick auf eine Optimierung der Ortsauflösung gewählt sind.
14. Detektoreinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die äußere, niederohmige Anodenschicht (2) eine über die Bildränder der vakuumseitigen Ladungssammelschicht (1) hinausragende, sensitive Fläche aufweist, so daß Bildfehler im Randbereich vermieden werden.

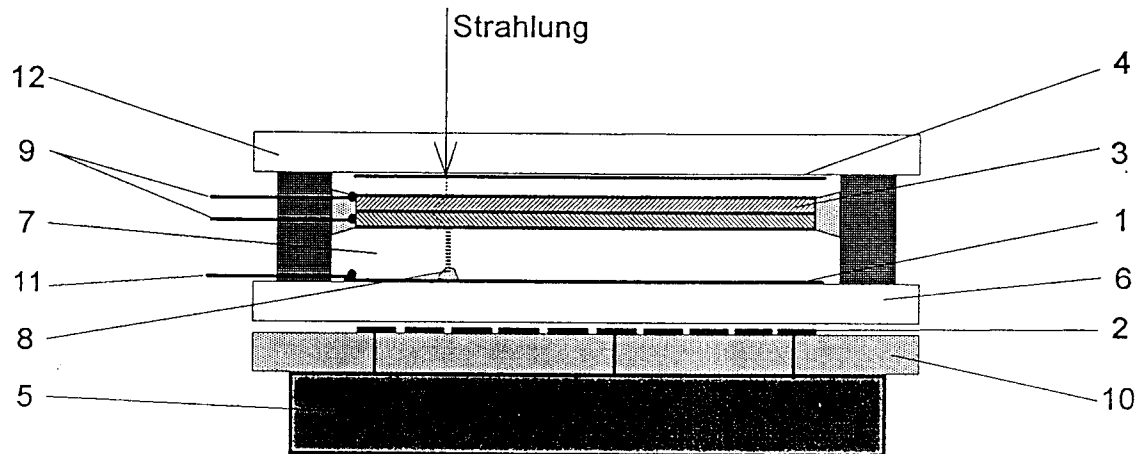


Fig. 1

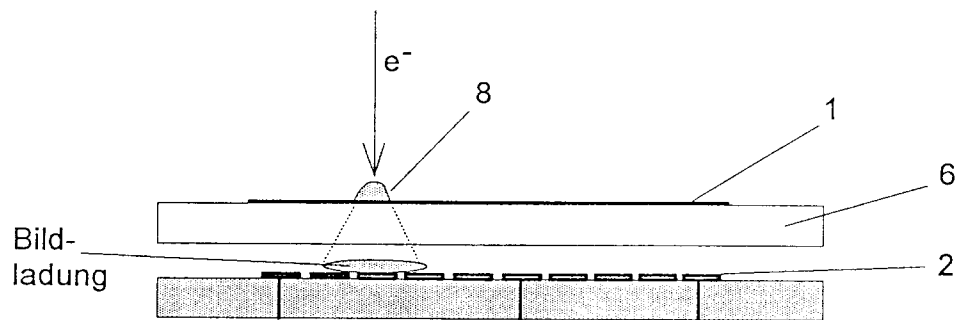


Fig. 2

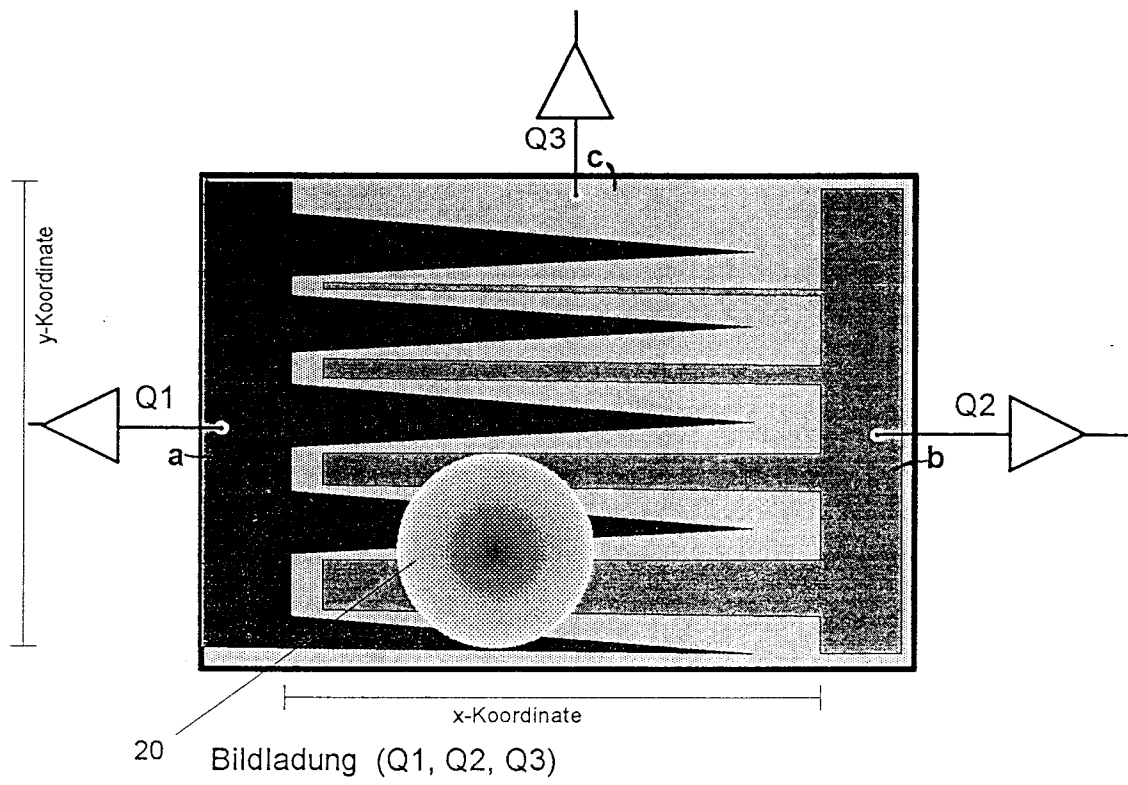


Fig. 3

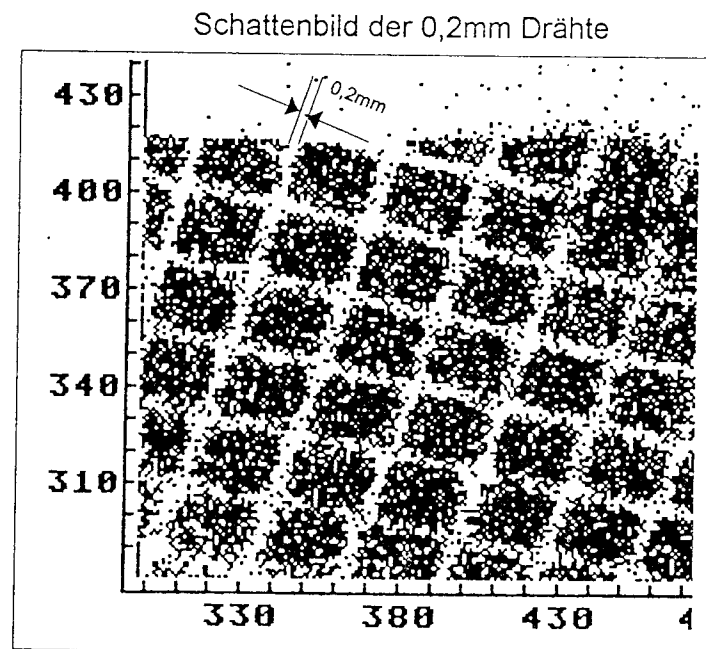
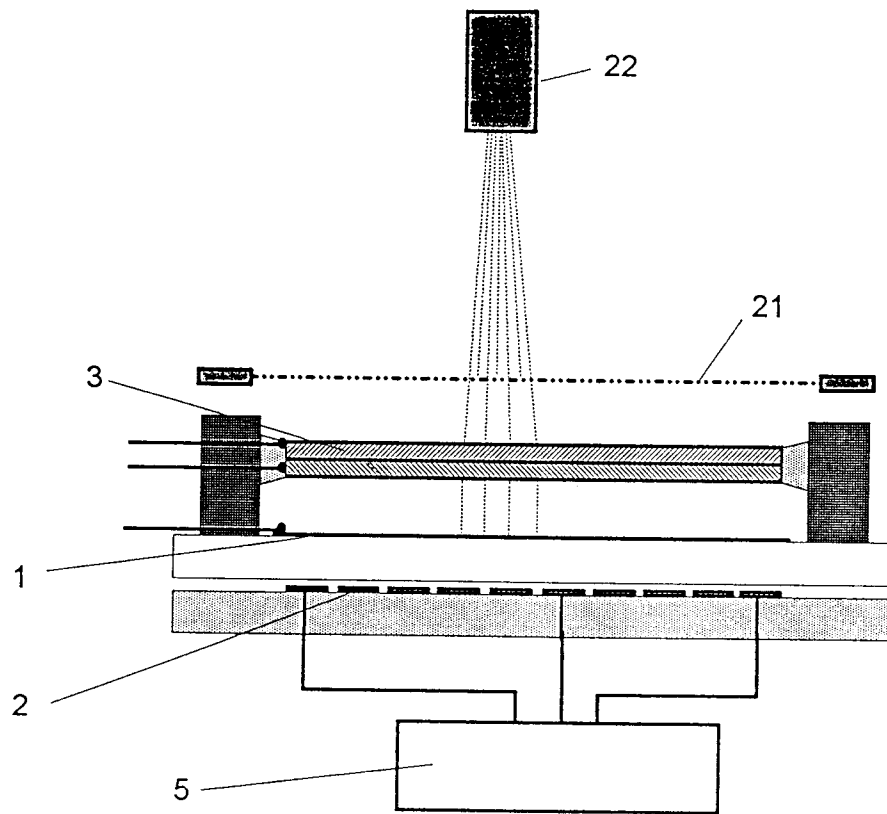


Fig. 4

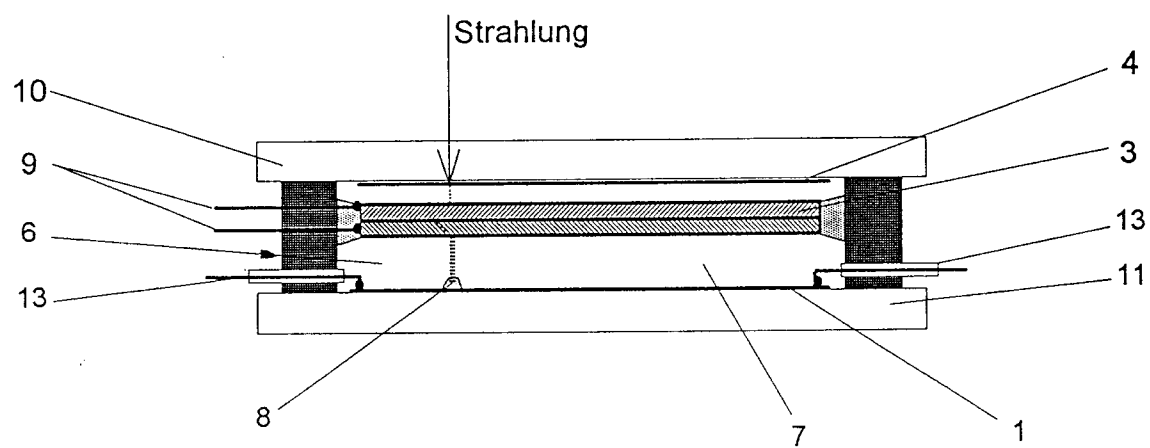


Fig. 5 (Stand der Technik)