



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 673 907 A5

⑤ Int. Cl.⁵: H 01 J 31/50
H 01 J 47/06
G 01 T 1/29

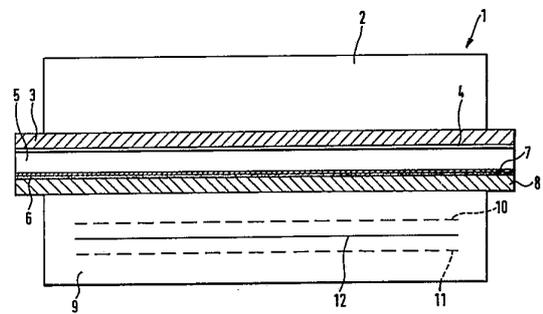
Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑲ Gesuchsnummer: 392/88</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 04.02.1988</p> <p>㉓ Priorität(en): 14.02.1987 DE 3704716</p> <p>㉔ Patent erteilt: 12.04.1990</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 12.04.1990</p>	<p>⑦③ Inhaber: Kernforschungsanlage Jülich GmbH, Jülich (DE)</p> <p>⑦② Erfinder: Kurz, Rainer, Dr., Jülich (DE)</p> <p>⑦④ Vertreter: Dr. Troesch AG Patentanwaltsbüro, Zürich</p>
--	---

⑤④ **Ortsempfindlicher Detektor.**

⑤⑦ Ein ortsempfindlicher Detektor für die elektronische Bilddarstellung von Strahlung geringer Intensität abgebenden Objekten weist einen Wandler zur Erzeugung von Photonenstrahlung der Wellenlänge auf, für die eine optisch nachgeschaltete Vieldrahtkammer zur Auslesung des Ortes der einfallenden Strahlung empfindlich ist. Damit sich dieser Detektor einerseits durch einfachen, leichten und kompakten Aufbau und damit durch einfache Handhabung auszeichnet, andererseits aber in der Lage ist, eine genaue Ortsbestimmung und gute Energieauflösung auch bei schwach strahlenden Objekten zu gewährleisten, ist an die Vieldrahtkammer (9) optisch ein Verstärker gekoppelt, der zumindest aus einem Photonenwandler (4) zur Umwandlung von Photonen in freie Elektronen, einer Elektronenbeschleunigerstrecke und/oder einem Elektronenvervielfacher und dem Wandler besteht, wobei der Wandler aus einem Elektronen in die Photonen für die Vieldrahtkammer (9) umwandelnden Material besteht.



PATENTANSPRÜCHE

1. Ortsempfindlicher Detektor für die elektronische Bild-darstellung von Strahlung geringer Intensität abgebenden Objekten, mit einem Wandler zur Erzeugung von Photonenstrahlung der Wellenlänge, für die eine optisch nachgeschaltete Vieldrahtkammer zur Auslesung des Ortes der einfallenden Strahlung empfindlich ist, dadurch gekennzeichnet, dass an die Vieldrahtkammer (9) optisch ein Verstärker gekoppelt ist, der zumindest aus einem Photonenwandler (4) zur Umwandlung von Photonen in freie Elektronen, einer Elektronenbeschleunigerstrecke und/oder einem Elektronenvervielfacher und dem Wandler besteht, wobei der Wandler aus einem Elektronen in die Photonen für die Vieldrahtkammer (9) umwandelnden Material besteht.

2. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Photonenwandler (4) optisch ein Szintillator (2) vorgeschaltet ist, für dessen Emissionsspektrum der Photonenwandler (4) empfindlich ist.

3. Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Szintillator (2) aus einem NaJ(Tl)-Kristall besteht.

4. Detektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Szintillator (2) 6-Li enthält.

5. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Photonenwandler als Photokathode (4) ausgebildet ist.

6. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker aus zumindest einer Proximity-Diode besteht.

7. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektronenvervielfacher als Kanalplatte ausgebildet ist.

8. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Elektronenbeschleuniger und/oder Elektronenvervielfacher mehrfach hintereinander angeordnet sind.

9. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Photonenwandler (4) und Wandler (6) zumindest eine Elektronenoptik angeordnet ist.

10. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandler ein UV-emittierender Phosphor (6) ist.

11. Detektor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Phosphor aus BaF₂ besteht.

12. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandler (6) das Eingangsfenster der Vieldrahtkammer (9) bildet.

13. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandler (6) verstärkerseitig mit einer dünnen, für Licht undurchlässigen, jedoch für Elektronen durchlässigen Schicht (7) belegt ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft einen ortsempfindlichen Detektor für die elektronische Bild-darstellung von Strahlung geringer Intensität abgebenden Objekten, mit einem Wandler zur Erzeugung von Photonenstrahlung der Wellenlänge, für die eine optisch nachgeschaltete Vieldrahtkammer zur Auslesung des Ortes der einfallenden Strahlung empfindlich ist.

Ein solcher ortsempfindlicher Detektor ist in «Nuclear Instruments and Methods 217, 217-233 (1983), D.F. Anderson et al.: Coupling of a BaF₂ Scintillator to a TMAE Photocathode and a Low-pressure Wire Chamber» beschrieben. Bei diesem Detektor ist einem Szintillator aus BaF₂ eine Vieldraht-Proportional-kammer nachgeordnet. Beim Einfallen hochenergetischer Teilchen- oder Quantenstrahlung in den Szintillator entstehen UV-Photonen, die in der Vieldrahtkammer zu Ionisationen füh-

ren. Dabei wird die UV-Empfindlichkeit der Vieldrahtkammer durch die Beigabe von Tetrakis(dimethylamino)äthyl, abgekürzt auch TMAE, zum Zählgas erreicht. Dieser Detektor zeichnet sich im Vergleich zu der schon seit langem bekannten, sogenannten Anger-Kamera [Rev. Sci. Instr. 29, 27 (1958), H.O. Anger: Scintillation camera] durch eine leichte, kompakte und einfache Konstruktion aus.

Allerdings ist der vorbekannte Detektor im wesentlichen nur für die Erfassung hochenergetischer Strahlung geeignet. Bei niederenergetischer Strahlung, beispielsweise weicher Röntgenstrahlung oder der Lichtstrahlung weit entfernter Objekte, werden im Szintillator zu wenige UV-Photonen gebildet, um eine genaue Ortsbestimmung sowie gute Energieauflösung zu erreichen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen ortsempfindlichen Detektor für die elektronische Bild-darstellung bereitzustellen, der sich einerseits durch einfachen, leichten und kompakten Aufbau und damit durch einfache Handhabung auszeichnet, andererseits aber in der Lage ist, eine genaue Ortsbestimmung und gute Energieauflösung auch bei schwach strahlenden Objekten zu gewährleisten.

Ausgehend von einem Detektor der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass an die Vieldrahtkammer optisch ein Verstärker gekoppelt ist, der zumindest aus einem Photonenwandler zur Umwandlung von Photonen in freie Elektronen, einer Elektronenbeschleunigerstrecke und/oder einem Elektronenvervielfacher und dem Wandler besteht, wobei der Wandler aus einem Elektronen in die Photonen für die Vieldrahtkammer umwandelnden Material besteht.

Erfindungsgemäß wird also der vorbekannte, ortsempfindliche Detektor mit einem Verstärker versehen, der die einfallende elektromagnetische Strahlung zunächst in Elektronen umwandelt und diese Elektronen dann beschleunigt und/oder vervielfacht, so dass aus dem entsprechend angepassten Wandler erheblich mehr Photonen als bisher herausgelöst werden. Die Folge davon ist, dass der Detektor eine entsprechend gesteigerte Ortsgenauigkeit und Energieauflösung aufweist. Ausserdem wird eine höhere Linearität und eine bessere Langzeitstabilität erreicht. Im Vergleich zur Anger-Kamera lassen sich wesentlich höhere Impulsraten verarbeiten, wodurch dynamische Messungen ermöglicht oder zumindest wesentlich vereinfacht werden. Dabei zeichnet sich der Detektor nach wie vor durch einfachen, leichten und kompakten Aufbau aus.

Der erfindungsgemäße Detektor kann insbesondere für die Erfassung elektromagnetischer Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen Infrarot und harter Gamma-Strahlung eingesetzt werden. Je nach nachzuweisender Strahlung ist dann der Photonenwandler entsprechend anzupassen, damit die Photonen mit möglichst hohem Wirkungsgrad in Elektronen umgewandelt werden. Soweit ein Elektronenvervielfacher verwendet wird, kann er in bestimmten Bereichen, beispielsweise bei Röntgen- oder UV-Strahlung, die einfallenden Photonen in Elektronen umwandeln und zugleich vervielfachen. Dabei wird in der Regel ein Elektronenvervielfacher auch mit einer Elektronenbeschleunigerstrecke kombiniert sein.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass dem Photonenwandler optisch noch ein Szintillator vorgeschaltet ist, für dessen Emissionsspektrum der Photonenwandler empfindlich ist. Die Anordnung eines solchen Szintillators empfiehlt sich insbesondere dann, wenn bei elektromagnetischer Strahlung ein Wellenlängenbereich untersucht werden soll, in dem der Photonenwandler nicht oder nur ungenügend empfindlich ist, andererseits aber ein Szintillator zur Verfügung steht, der in diesem Wellenlängenbereich besonders wirksam ist und der ein Emissionsspektrum hat, das an den Photonenwandler angepasst ist. Ferner eröffnet der Szintillator bei entsprechender Wahl des hierfür verwendeten Materials die Möglichkeit, Partikelstrah-

lung, wie Neutronen, Ionen und Elektronen, nachzuweisen. Auf diese Weise kann eine optimale Anpassung und Verstärkung der jeweils nachzuweisenden Strahlung hergestellt werden. Entsprechend gute Ergebnisse werden bezüglich der Ortsgenauigkeit und der Energieauflösung erzielt. Soweit dabei Gamma- und Röntgenstrahlung untersucht werden sollen, eignet sich insbesondere ein NaJ(Tl)-Kristall. Sofern thermische Neutronen erfasst werden sollen, empfiehlt es sich, einen Szintillator mit einem Gehalt an ^6Li zu verwenden. Dies ist jedoch nur beispielhaft gemeint und schliesst nicht die Verwendung anderer Kristalle aus. Der nachgestaltete Photonenwandler lässt sich ohne weiteres an das Emissionsspektrum dieser Kristalle angleichen, so dass eine optimale Umwandlung der aus dem Szintillator hereinkommenden Photonen in Elektronen erfolgt.

Als Photonenwandler eignet sich insbesondere eine Photokathode. Mit bekannten Mitteln lässt sich ihre Spektralempfindlichkeit an das jeweils zu untersuchende Wellenspektrum bzw. an das Emissionsspektrum eines gegebenenfalls zusätzlich vorgeschalteten Szintillators in weiten Bereichen anpassen.

Zur Photonenwandlung eignen sich ferner auch sogenannte Proximity-Dioden. Unter einer solchen Diode kann man einen Nahfocusbildverstärker in einer sehr kompakten Bauweise verstehen, bei dem einfallendes Licht an der Photokathode Photoelektronen herauslöst, die dann durch eine Beschleunigungsspannung in der Grössenordnung zwischen 10 bis 30 kV in Richtung eines Phosphors mit lichtdichter Abdeckung bewegt werden und dort eine Lichtemission bewirken. Dabei ist der Abstand zwischen der Photokathode und dem Phosphor sehr klein, und zwar in der Grössenordnung zwischen 1 bis 3 mm, so dass das Bild auf der Photokathode praktisch ohne Verlust an Bildschärfe auf dem Phosphor abgebildet wird. Solche Proximity-Dioden werden beispielsweise unter dem Warenzeichen «Proxifier» von der Firma Proxitronic, D-6140 Bensheim, angeboten.

Bei Vorsehen eines Elektronenvervielfachers sind insbesondere sogenannte Kanalplatten empfehlenswert, da sie einerseits einen grossen Querschnitt und andererseits eine nur geringe Dicke haben.

Die Elektronenstrecke ist in an sich bekannter Weise durch Anlegen einer Spannung im Zwischenraum zwischen dem Photonenwandler und dem Wandler gebildet. Ferner kann zwischen Photonenwandler und Wandler zumindest eine Elektronenoptik angeordnet sein, um die Elektronen bedarfsweise focussieren oder vergrössern zu können.

Selbstverständlich besteht die Möglichkeit, Elektronenbeschleuniger und/oder Elektronenvervielfacher mehrfach hintereinander, also kaskadenförmig anzuordnen, um die Lichtverstärkerleistung weiter zu erhöhen.

Als für die Umwandlung der Elektronen in Photonen geeigneter Wandler hat sich ein UV-emittierender Phosphor, insbesondere BaF_2 , erwiesen. Dieses Material wurde zwar schon bei dem vorbekannten Detektor verwendet, dort jedoch in Form eines Szintillators zur Umwandlung von Photonen einer bestimmten Wellenlänge in Photonen des UV-Spektrums. Dabei kann der Wandler das Eingangsfenster der Vieldrahtkammer

selbst bilden, bedarf also keiner weiteren Abstützung. Vorzugsweise sollte der Wandler lichtverstärkerseitig mit einer dünnen, für Licht undurchlässigen, jedoch für die Elektronen durchlässigen Schicht, beispielsweise aus einige um dickem Aluminium, belegt sein, um eine optische Mitkopplung zu vermeiden.

In der Zeichnung ist die Erfindung anhand eines schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher veranschaulicht. Sie zeigt einen ortsempfindlichen Detektor 1, der wie folgt aufgebaut ist.

Am Eingang ist ein Szintillator (2) aus einem NaJ(Tl)-Kristall vorgesehen. Ein solcher Szintillator (2) ist insbesondere für Gamma-Röntgenstrahlung empfindlich und wandelt diese Strahlung in Lichtblitze um.

Der Szintillator (2) sitzt auf einem Eingangsfenster (3), auf dessen Unterseite eine als Photonenwandler wirkende Photokathode (4) angeordnet ist, deren spektrale Empfindlichkeit an das Emissionsspektrum des Szintillators (2) derart angepasst ist, dass eine möglichst hohe Ausbeute bei der Umwandlung der Photonen in Elektronen erzielt wird. Der anschliessende evakuierte Zwischenraum (5) dient als Beschleunigungsstrecke, wobei die Beschleunigung durch Anlegen einer Beschleunigungsspannung bewirkt wird. In dem Zwischenraum (5) könnte zusätzlich auch ein Elektronenvervielfacher, vorzugsweise in Form einer Kanalplatte, angeordnet werden. Dies hätte nicht nur eine Beschleunigung der Elektronen, sondern auch deren Vervielfachung zur Folge.

An den Zwischenraum (5) schliesst sich nach unten ein Phosphor (6) an, der aus BaF_2 besteht und auf einem Ausgangsfenster (7) sitzt. Dieser Phosphor (6) wandelt die von der Photokathode (4) ermittelten Elektronen in UV-Photonen um. Damit eine optische Mitkopplung vermieden wird, ist der Phosphor (6) auf der Eintrittsseite mit einer sehr dünnen, lichtundurchlässigen Schicht (7) belegt, die von den Elektronen durchdrungen werden kann.

Die beschleunigten und gegebenenfalls vervielfachten Elektronen lösen aus dem Phosphor (6) erheblich mehr UV-Photonen heraus als bei dem vorbekannten Szintillator. Sie strahlen in eine unterhalb des Ausgangsfensters (8) angeordnete Vieldrahtkammer (9) ein, wo sie ein darin enthaltenes Zählgas, das einen Zusatz von Tetrakis(dimethylamino)äthylen enthält, ionisieren. Zur Auslesung des Ionisationsortes befinden sich in der Vieldrahtkammer (9) in zwei Ebenen übereinander zwei Gitter von Kathodendrähten (10, 11) und zwischen diesen ein Gitter von Anodendrähten (12). Der Schwerpunkt des Ionisationsortes kann durch Auswertung der an den Kathodendrähten (10, 11) anliegenden, elektrischen Signale in bekannter Weise bestimmt werden.

Mit dem vorbeschriebenen Detektor lassen sich auch schwache Strahlungen abgebende Objekte erfassen, wobei man nicht an die Eigenschaft des das Eingangsfenster der Vieldrahtkammer (9) bildenden Phosphor (6) gebunden ist. Es kann deshalb elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge ausgelesen werden, für die der Phosphor (6) bislang nicht brauchbar gewesen wäre, und zwar mit hervorragender Ortsgenauigkeit und hoher Energieauflösung.

