



(10) DE 11 2010 003 499 T5 2012.08.02

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO WO20/110256**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 003 499.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2010/044231**
(86) PCT-Anmeldetag: **03.08.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **02.08.2012**

(30) Unionspriorität:
12/550,921 31.08.2009 US

(71) Anmelder:
**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
N.Y., US**

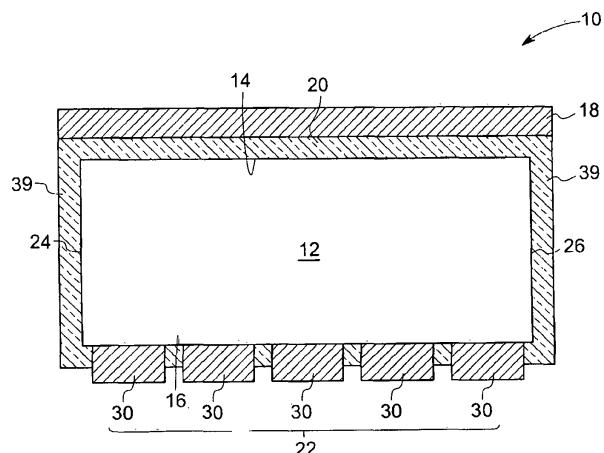
(74) Vertreter:
Rüger, Barthelt & Abel, 73728, Esslingen, DE

(51) Int Cl.: **G01T 1/24 (2012.01)**
H01L 31/115 (2012.01)
H01L 31/118 (2012.01)

(72) Erfinder:
ZHANG, Minglong, Niskayuna, N.Y., US;
TKACZYK, John Eric, Niskayuna, N.Y., US;
**DU, Yanfeng, Niskayuna, N.Y., US; BLEVIS, Ira,
Niskayuna, N.Y., US; WU, Zhaoping, Niskayuna,
N.Y., US**

(54) Bezeichnung: **Strahlungsdetektor auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Ein Strahlungsdetektor schließt einen Halbleiterkristall mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche gegenüber der ersten Oberfläche, eine erste Elektrode, die elektrisch mit der ersten Oberfläche des Halbleiterkristalls gekoppelt ist, um das Fließen von Strom zwischen der ersten Elektrode und dem Kristall zu gestatten, und eine isolierende Schicht auf der ersten Oberfläche und zwischen dem Halbleiterkristall und der ersten Oberfläche ein, um eine teildurchlässige elektrische Sperre zwischen der ersten Elektrode und dem Kristall zu erzeugen. Die isolierende Schicht hat einen Dicke in einem Bereich von etwa 50 Nanometern bis etwa 500 Nanometern.



Beschreibung**HINTERGRUND**

[0001] Ausführungsformen der Erfindung beziehen sich allgemein auf das Gebiet der Strahlungsdetektoren und spezieller auf einen Strahlungsdetektor auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls und ein Verfahren zum Herstellen des Detektors.

[0002] Strahlungsdetektoren auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls werden zum Nachweisen ionisierender Strahlung aufgrund ihrer Fähigkeit zum Arbeiten bei Raumtemperatur, ihrer geringen Größe und Haltbarkeit und anderer Halbleiterkristalle innewohnender Merkmale eingesetzt. Solche Detektoren werden in einer weiten Vielfalt von Anwendungen eingesetzt, einschließlich des medizinischen diagnostischen Abbildens, des Überwachens von Nuklearabfall, des Überwachens industrieller Prozesse und der Raumastronomie. Ionisierende Strahlung schließt sowohl Teilchenstrahlung, wie Alpha- oder Beta-Teilchen, als auch elektromagnetische Strahlung, wie Gamma- oder Röntgenstrahlen ein.

[0003] Die Strahlungsdetektoren auf der Grundlage von Halbleiterkristall verwenden im Allgemeinen Halbleitermaterialien, wie Cd-Zn-Te (CZT), das einen weiten Bandspalt aufweist. Ein konventioneller CZT-Strahlungsdetektor umfasst typischerweise einen CZT-Kristall, der zwischen einer ersten und einer zweiten Elektrode angeordnet ist. Eine Vorspannung wird über die Elektroden gebildet, z. B. durch Anlegen einer äußeren Spannung von einer äußeren Spannungsquelle an mindestens eine der ersten und zweiten Elektrode. Die Vorspannung resultiert in einer Verteilung eines elektrischen Feldes in dem Strahlungsdetektor. Eine der Elektroden ist eine Elektrode zum Auslesen und wird allgemein als eine Anodenelektrode bezeichnet und die andere Elektrode ist eine Kathodenelektrode.

[0004] Innerhalb des Halbleiterkristalls durch eine ionisierende Strahlung, die innerhalb des Halbleiterkristalls adsorbiert wird, erzeugte Elektron- und Loch-Paare werden getrennt, wandern zu der Anoden- bzw. Kathodenelektrode bei äußeren Vorspannungen und werden durch diese gesammelt. Diese sich bewegenden Elektronen und Löcher erzeugen impulsförmige Signale in einer äußeren Signalverarbeitungs-Schaltung.

[0005] Sind alle durch die ionisierende Strahlung erzeugten Elektronen und Löcher durch die Kathoden- bzw. Anodenelektrode gesammelt, gleicht das abgegebene Ladungssignal genau den Änderungen der Energie der ionisierenden Strahlung, die in dem Kristall abgeschieden wurde. Weil die abgeschiedene Ladung direkt proportional der ionisierenden Strahlung ist, bietet der Halbleiter-Strahlungsdetektor eine Messung der Energie der ionisierenden Strahlung.

[0006] Die Leistungsfähigkeit der Strahlungsdetektoren ist jedoch typischerweise durch Leckströme beschränkt, die die Fähigkeit des Strahlungsdetektors vermindern, die ionisierende Strahlung aufzulösen. Es ist demgemäß erwünscht, einen verbesserten Strahlungsdetektor mit verminderter Leckstrom sowie ein Verfahren zum Herstellen des Strahlungsdetektors zu haben.

KURZE BESCHREIBUNG

[0007] Gemäß einer hierin offenbarten Ausführungsform schließt ein Strahlungsdetektor einen Halbleiterkristall mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche gegenüber der ersten Oberfläche, einer ersten Elektrode, die elektrisch mit der ersten Oberfläche des Halbleiterkristalls gekoppelt ist, um das Fließen von Strom zwischen der ersten Elektrode und dem Kristall zu gestatten, und einer isolierenden Schicht auf der ersten Oberfläche und zwischen dem Halbleiterkristall und der ersten Elektrode ein, um eine teilweise durchlässige elektrische Sperre zwischen der ersten Elektrode und dem Kristall zu erzeugen. Die isolierende Schicht hat eine Dicke in einem Bereich von etwa 50 Nanometer bis etwa 500 Nanometer.

[0008] Gemäß einer anderen hierin offenbarten Ausführungsform wird ein Verfahren zum Herstellen eines Strahlungsdetektors bereitgestellt. Das Verfahren schließt das Ätzen einer Oberfläche eines Halbleiterkristall-Blocks zum Bilden einer tellureichen Gradientenschicht auf dem Halbleiterkristall-Block, der Cadmium und Tellur umfasst, das Oxidieren der tellureichen Gradientenschicht zum Bilden einer Tellur-Oxidationsschicht und das Bilden einer Elektrode auf der Tellur-Oxidationsschicht ein. Die Ätzstufe umfasst das Kontaktieren eines Teiles des Halbleiterkristall-Blocks mit einer Lösung, die Brom, Methanol, Milchsäure und Ethylenglykol einschließt.

ZEICHNUNG

[0009] Diese und andere Merkmale; Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verstanden beim Lesen der folgenden detaillierten Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigegebene Zeichnung, in der gleiche Bezugsziffern durchgehend gleiche Teile repräsentieren, wobei:

[0010] [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht eines Strahlungsdetektors auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist,

[0011] [Fig. 2](#) eine Draufsicht einer beispielhaften Anodenelektrode ist, die Reihen von Auslese-Pixeln und Vorspannungs-Regelabschnitten umfasst,

[0012] [Fig. 3](#) eine Querschnittsansicht eines Strahlungsdetektors auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist,

[0013] [Fig. 4](#) ein Diagramm ist, das Leckströme von drei Strahlungsdetektor-Beispielen unter verschiedenen Vorspannungen veranschaulicht,

[0014] [Fig. 5](#) ein vergrößertes Diagramm von [Fig. 4](#) ist,

[0015] [Fig. 6](#) ein beispielhaftes Verfahren zum Herstellen eines Strahlungsdetektors auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls ist,

[0016] [Fig. 7](#) ein Diagramm ist, das Konzentrationen von Cadmium, Zink und Tellur von einer äußeren Oberfläche eines Halbleiterkristall-Blockes aus bis zu einem inneren Teil des Halbleiterkristall-Blockes unter Anwendung eines Auger-Elektronenspektroskopie(AES)-Verfahrens nach einem Ätzverfahren veranschaulicht,

[0017] [Fig. 8](#) ein Diagramm ist, das Konzentrationen von Sauerstoff von einer äußeren Oberfläche eines Halbleiterkristall-Blockes bis zu einem zentralen Teil von Halbleiterkristall-Blöcken unter Anwendung verschiedener Oxidationsverfahren nach dem Ätzprozess veranschaulicht.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0018] Hierin offenbarte Ausführungsformen beziehen sich auf einen Strahlungsdetektor auf der Grundlage eines Halbleiterkristalls. Der Strahlungsdetektor umfasst eine isolierende Schicht zwischen einem Halbleiterkristall und einer Elektrode, um Leckstrom des Strahlungsdetektors zu verringern. Hierin offenbarte Ausführungsformen beziehen sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Strahlungsdetektors. Das Verfahren umfasst ein Ätzverfahren zum Bilden einer tellureichen Gradientenschicht auf einem Halbleiterkristall-Block. Ausführungsformen der Erfindung werden unten unter Bezugnahme auf die Figuren der Zeichnung erläutert. Für Zwecke der Einfachheit der Beschreibung haben gemeinsame Elemente der verschiedenen Ausführungsformen die gleichen Bezugsziffern.

[0019] Bezugnehmend auf [Fig. 1](#) umfasst ein beispielhafter Strahlungsdetektor **10** einen Halbleiterkristall **12**, der eine erste Oberfläche **14** und eine der ersten Oberfläche **14** gegenüberliegende zweite Oberfläche **16** aufweist. Eine erste Elektrode **18** ist elektrisch mit einer der ersten und zweiten Oberflächen **14, 16** des Halbleiterkristalls **12** gekoppelt, um das Fließen von Strom zwischen der ersten Elektrode **18** und dem Halbleiterkristall **12** zu gestatten. Eine isolierende Schicht **20** ist auf der ersten oder zweiten Oberfläche **14, 16** und zwischen dem Halbleiterkristall **12** und der ersten Elektrode **18** gebildet, um eine teildurchlässige elektrische Sperrschicht zwischen der ersten Elektrode **18** und dem Halbleiterkristall **12** zu erzeugen. Eine zweite Elektrode **22** koppelt elektrisch mit der anderen der ersten und zweiten Oberflächen **14, 16**, des Halbleiterkristalls **12**.

[0020] In der dargestellten Ausführungsform ist der Halbleiterkristall **12** in einem planaren Block konfiguriert, der erste und zweite Oberflächen **14, 16**, die einander gegenüberliegen und Seitenwand-Oberflächen **24, 26** zwischen der ersten und zweiten Oberfläche **14, 16** aufweist. Seitenwand-Oberflächen des Kristalls umfassen vier Oberflächen, ausgenommen der ersten und zweiten Oberfläche. Der Halbleiterkristall **12** umfasst Cadmium und Tellur und Ausführungsformen des Halbleiterkristalls **12** können CdTe, Cd-Zn-Te oder Cd-Mn-Te umfassen. In einer spezifischen Ausführungsform umfasst der Halbleiterkristall **12** Cd_xZn_{1-x}Te, wobei „x“ im Bereich von 0,6 bis 1 liegt. In einer anderen spezifischen Ausführungsform ist x = 0,9.

[0021] Eine der ersten und zweiten Elektroden **18, 22** (in der dargestellten Ausführungsform, z. B. die zweite Elektrode **22**) ist eine Auslese-Elektrode und wird als eine „Anodenelektrode“ bezeichnet, und die andere der ersten und zweiten Elektroden **18, 22** (in der dargestellten Ausführungsform, z. B., die erste Elektrode **18**) wird als eine „Kathodenelektrode“ bezeichnet. In der dargestellten Ausführungsform wird ein Vorspannung (V) an die Kathoden- und Anodenelektroden **18, 22** gelegt. Die Vorspannung wird z. B. durch Verbinden der Anodenelektrode **22** mit Erde und Verbinden der Kathodenelektrode **18** mit einer (nicht gezeigten) äußereren Spannungsquelle gebildet. Die Vorspannung (V) resultiert in einem elektrischen Feld (E), das innerhalb des Strahlungsdetektors **10** verteilt ist, das ein Verhältnis der Vorspannung zur Dicke des Strahlungsdetektors **10** ist. In gewissen Ausführungsformen der Erfindung liegt das elektrische Feld (E) in einem Bereich von 100 bis 20.000 Volt/Zentimeter (V/cm), 300 bis 3.000 V/cm oder 1.000 bis 3.000 V/cm. In gewissen Ausführungsformen umfasst die Kathodenelektrode **18** ein leitendes Material, wie Platin (Pt), Gold (Au), Indium (In), Nickel (Ni), Aluminium (Al) oder Indiumzinnoxide (ITO), wobei eine Dicke von 10 bis 1.000 Nanometern reicht.

[0022] In gewissen Ausführungsformen umfasst die Anodenelektrode **22** eine Vielzahl von Auslese-Pixeln **30**, die physisch voneinander getrennt sind. Die Auslese-Pixel **30** können zur Bildung einer oder mehrerer Reihen, Spalten oder Gitter angeordnet sein. In anderen Ausführungsformen kann die Anodenelektrode nur ein Auslese-Pixel umfassen. In der dargestellten Ausführungsform schließt die Anodenelektrode **22** einen aktiven Bereich ein, der zum Nachweisen von Photonen konfiguriert ist, der auf der Grundlage der auf der Anodenelektrode auftreffenden Flussrate dynamisch einstellbar ist. „Flussrate“ bezieht sich hierin auf Zählraten bzw. Zählungen pro Sekunde pro Flächeneinheit. In anderen Worten, der aktive Bereich der Anodenelektrode **22** kann während des Betriebes des Detektors **10** eingestellt werden. In gewissen Ausführungsformen kann der aktive Bereich für hohe Flussraten vermindert und für geringe Flussraten vergrößert werden.

[0023] [Fig. 2](#) ist eine Draufsicht einer beispielhaften Anodenelektrode **22**. Wie in der dargestellten Ausführungsform von [Fig. 2](#) gezeigt, umfasst die Anodenelektrode **22** mindestens einen Vorspannungs-Regelabschnitt **32** benachbart den Auslese-Pixeln **30**. In der dargestellten Ausführungsform sind die Vorspannungs-Regelabschnitte **32** jeder Reihe über eine gemeinsame Sammelleitung **28** elektrisch miteinander gekoppelt. Während des Betriebes des Strahlungsdetektors **10** können die Vorspannungs-Regelabschnitte **32** und die Auslese-Pixel **30** mit einer Vorspannungs-Regelschaltung **33** gekoppelt sein. Die Vorspannungs-Regelschaltung **33** empfängt das Flussraten-Regelsignal **35** und stellt den aktiven Bereich der Anodenelektrode **22** durch Variieren der Spannung auf den Vorspannungs-Regelabschnitten **32** mit Bezug auf die Spannung der zentralen Auslese-Pixel **30** ein. Bei geringer Flussrate wird die Vorspannung des Vorspannungs-Regelabschnittes **32** negativer als die des Auslese-Pixels **30** gemacht, um die Elektronen zum Auslese-Pixel **30** zu befördern. Wird die Flussrate erhöht, dann wird die Vorspannung auf dem Vorspannungs-Regelabschnitt **32** näher an Erde gebracht oder positiver als bei den Auslese-Pixeln **30** gemacht, um einen gewissen Anteil der Elektronen zu sammeln und den aktiven Bereich der Anodenelektrode **22** schrumpfen zu lassen. Verschiedene Konfigurationen des Vorspannungs-Regelabschnittes **32** und der Auslese-Pixel **30** können von den Arten sein, die in der US-Patentveröffentlichungs-Nr. 2007/0290142 beschrieben und veranschaulicht sind, wobei deren Offenbarung durch Bezugnahme hier aufgenommen wird.

[0024] In gewissen Ausführungsformen der Erfindung umfassen die Auslese-Pixel **30** und Vorspannungs-Regelelektroden **32** das gleiche Material, während in anderen Ausführungsformen die Auslese-Pixel **30** und die Vorspannungs-Regelabschnitte **32** verschiedene Materialien umfassen können. In einer Ausführungsform ist der Halbleiterkristall **12** ein P-Typ-Halbleiterkristall und umfasst CdTe. In einer anderen Ausführungsform kann das Auslese-Pixel **30** Indium oder Aluminium umfassen und die Vorspannungs-Regelabschnitte **32** können ein Edelmetallmaterial, wie Gold oder Platin, umfassen. In einer anderen Ausführungsform ist der Halbleiterkristall **12** ein N-Typ-Halbleiterkristall und umfasst Cd-Zn-Te, die Auslese-Pixel **30** umfassen Edelmetallmaterialien, wie Gold oder Platin, und die Vorspannungs-Regelabschnitte **32** umfassen, z. B., Indium oder Aluminium.

[0025] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) ist in der dargestellten Ausführungsform die isolierende Schicht **20** zwischen dem Halbleiterkristall **12** und der ersten Elektrode (Kathodenelektrode) **18** angeordnet. In einer Ausführungsform umfasst die isolierende Schicht **20** Tellur, Sauerstoff und Cadmium. In einer Ausführungsform nehmen die Konzentration von Tellur und die Konzentration von Sauerstoff in der isolierenden Schicht **20** in einer Richtung von dem Kristall **12** zur ersten Elektrode **18** hin zu und die Konzentration von Cadmium nimmt in der Richtung von Kristall **12** zur Kathodenelektrode **18** hin ab. In einer anderen Ausführungsform umfasst die isolierende Schicht **20** einen abgeschiedenen Isolator, der Aluminiumoxid oder Siliciumnitrid umfasst. In gewissen Ausführungsformen liegt eine Dicke der isolierenden Schicht **20** in einem Bereich von etwa 50 Nanometer bis etwa 500 Nanometer. In einer Ausführungsform liegt die Dicke der isolierenden Schicht **20** in einem Bereich von etwa 100 Nanometern bis etwa 200 Nanometern. In einer spezifischen Ausführungsform liegt die Dicke der isolierenden Schicht **20** in einem Bereich von 140 Nanometern bis etwa 170 Nanometer. Demgemäß

werden durch diese Sperrsicht Elektronen vom Injizieren in den Detektor gehindert und Löchern wird durch den Tunneleffekt erlaubt, hindurchzugehen und durch die Elektrode gesammelt zu werden. In einer Ausführungsform umfasst der Strahlungsdetektor **10** isolierende Schichten **39**, die auf den Seitenwandoberflächen **24**, **26** des Halbleiterkristalls **12** abgeschieden sind. Die isolierenden Schichten **39** können das gleiche Material aufweisen wie die isolierende Schicht **20**.

[0026] [Fig. 3](#) veranschaulicht einen Strahlungsdetektor gemäß einer anderen Ausführungsform. Unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) umfasst ein Strahlungsdetektor **40** eine isolierende Schicht **20** zwischen der Kathodenelektrode **18** und dem Halbleiterkristall **12** und eine isolierende Schicht **42** zwischen der Anodenelektrode **22** und dem Halbleiterkristall **12**.

[0027] Gemäß Ausführungsformen der Erfindung wurde gezeigt, dass die Strahlungsdetektoren **10**, **40**, die die beschriebenen isolierenden Schichten umfassen, im Vergleich mit konventionellen Strahlungsdetektoren verminderte Leckströme aufweisen. Ein Vergleich der Leckstrom-Charakteristika von drei beispielhaften Detektorkonfigurationen ist in Tabelle 1 gezeigt. In Tabelle 1 repräsentiert Beispiel 1 einen konventionellen Strahlungsdetektor, während Beispiele 2 und 3 Strahlungsdetektoren repräsentieren, die isolierende Schichten zwischen der Kathode und dem Halbleiterkristall umfassen, wie unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) beschrieben. Beispiele 2 und 3 repräsentieren weiter Detektoren, die unterschiedliche Kathoden- und Anoden-Elektrodenmaterialien umfassen.

Tabelle 1

	Beisp. 1	Beisp. 2	Beisp. 3
Dicke der isolierenden Schicht (Nanometer)	0	160	160
Halbleiterkristall-Material	$Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$	$Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$	$Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te$
Kathoden-Elektrodenmaterial	Indium	Indium	Gold
Anoden-Elektrodenmaterial	Indium	Indium	Gold
Vorspannung (Volt)	-600	-600	-600
Mittlerer Leckstrom ($-nA/mm^2$)	10	0,03	0,02
Volle Breite beim halben Maximum (keV) oder Energieauflösung für eine 122 keV-Co57-Quelle	7,5	4,3	4,2

[0028] Wie durch die Resultate in Tabelle 1 gezeigt, hat der konventionelle Strahlungsdetektor (Beispiel 1) einen mittleren Leckstrom von $-10 nA/mm^2$. Beispiel 2 umfasst das gleiche Halbleitermaterial, die gleiche Vorspannung und die gleichen Kathoden- und Anoden-Elektrodenmaterialien wie im Beispiel 1, hat jedoch einen mittleren Leckstrom von $-0,03 nA/mm^2$, der, verglichen mit Beispiel 1, stark vermindert ist. Wie durch den Vergleich der Beispiele 2 und 3 gezeigt, wird die Verminderung des Leckstroms stark durch die isolierenden Schichten 20 beeinflusst, ändert sich jedoch nicht viel aufgrund des Einsatzes verschiedener Elektrodenmaterialien.

[0029] Wie in Tabelle 1 weiter gezeigt, haben die Beispiele 2 und 3 eine sehr verbesserte Energie-Auflösung, verglichen mit Beispiel 1. „Energie-Auflösung“ bezieht sich hierin auf die Fähigkeit von Strahlungsdetektoren, Energiestrahlen, die ähnliche Energieniveaus aufweisen, zu unterscheiden, und wird durch das Verfahren der vollen Breite beim halben Maximum (FWHM) bewertet. Ein kleinerer FWHM-Wert zeigt, dass der Strahlungsdetektor eine höhere Nachweis-Auflösung hat. Der FWHM-Wert in Tabelle 1 wurde durch ein RENA-3-Auslesesystem gemessen, das durch NOVA R&D, Inc. geliefert wurde und eine 122 keV-Co 57-Quelle aufwies. Die Daten beruhen auf Rohspektren ohne irgendwelche Kalibrierung oder Korrektur und das elektronische Rauschen des Systems beträgt etwa 3,6 KeV.

[0030] [Fig. 4](#) ist ein Leckstromvergleich des konventionellen Strahlungsdetektors (Beispiel 1) mit Beispielen (Beispiel 4, Beispiel 5) der Strahlungsdetektoren **10**, **40**, gemessen unter verschiedenen Vorspannungen, wobei Kurve **34** die Leckstrom-Charakteristik von Beispiel 1 repräsentiert, der ein konventioneller Strahlungsdetektor ist, Kurve **36** die Leckstrom-Charakteristik eines Beispiels (Beispiel 4) des Strahlungsdetektors **10** repräsentiert, der eine isolierende Schicht zwischen der Kathodenelektrode **18** und dem Halbleiterkristall umfasst, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, und Kurve **38** eine Leckstrom-Charakteristik eines anderen Beispiels (Beispiel 5)

des Strahlungsdetektors **40** repräsentiert, der isolierende Schichten zwischen der Kathodenelektrode und dem Halbleiterkristall und zwischen der Anodenelektrode und dem Halbleiterkristall umfasst, wie in [Fig. 3](#) veranschaulicht. Wie dargestellt, hat Beispiel 4, verglichen mit Beispiel 1, sehr viel geringeren Leckstrom bei negativen Vorspannungen, z. B., wenn die Anodenelektrode mit Erde verbunden ist, und die Kathodenelektrode wird mit einem elektrischen Potenzial von weniger als null mit Energie versehen. Beispiel 5 hat einen sehr viel geringeren Leckstrom sowohl bei negativen als auch positiven Vorspannungen. [Fig. 5](#) zeigt den gleichen Vergleich, aber mit einer vergrößerten vertikalen Achse, verglichen mit [Fig. 4](#), zur besseren Veranschaulichung der Leckströme der Beispiele 4 und 5.

[0031] [Fig. 6](#) veranschaulicht ein beispielhaftes Verfahren zum Herstellen eines Strahlungsdetektors. Bezugnehmend auf [Fig. 6](#) umfasst das Verfahren das Ätzen einer Oberfläche eines Halbleiterkristall-Blockes zum Bilden einer tellurreichen Gradientenschicht bei Stufe **100**, das Oxidieren der tellurreichen Gradientenschicht zum Bilden einer Tellur-Oxidationsschicht bei Stufe **102** und das Bilden einer Elektrode auf der Tellur-Oxidationsschicht bei Stufe **104**. In einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterkristall-Block Cadmium und Tellur. In einer spezifischen Ausführungsform umfasst der Halbleiterkristall-Block Cadmium, Zink und Tellur. In einer anderen spezifischen Ausführungsform umfasst der Halbleiterkristall-Block Cadmium, Mangan und Tellur.

[0032] Bei Stufe **100** wird, in gewissen Ausführungsformen, ein Teil eines Halbleiterkristall-Blockes mit einer Lösung in Berührung gebracht, die Brom, Methanol, Milchsäure und Ethylenglykol umfasst, und der Teil des Halbleiterkristall-Blockes wird bis in eine tellurreiche Schicht geätzt. In einer Ausführungsform wird nur eine Oberfläche des Halbleiterkristall-Blockes mit der Lösung in Berührung gebracht, um eine tellurreiche Schicht auf dem Halbleiterkristall-Block zu bilden. In einer anderen Ausführungsform werden eine erste Oberfläche und eine der ersten Oberflächen gegenüberliegende zweite Oberfläche mit der Lösung in Berührung gebracht, um eine erste und eine zweite tellurreiche Schicht, einander gegenüberliegend, zu bilden. In noch einer anderen Ausführungsform wird der ganze Halbleiterkristall-Block mit der Lösung in Berührung gebracht und so die gesamte äußere Oberfläche des Halbleiterkristall-Blockes in eine tellurreiche Schicht umgewandelt. In einer Ausführungsform wird der Halbleiterkristall-Block für eine Zeitdauer in einem Bereich von 0,5 bis 10 Minuten und bei einer Temperatur in einem Bereich von etwa 18°C bis 30°C in die Lösung eingetaucht. In einer Ausführungsform beträgt der Prozentsatz von Brom in der Lösung von 1 Vol.-% bis 5 Vol.-%.

[0033] In einem Beispiel wurde eine Oberfläche eines Cd_{0,9}Zn_{0,1}Te-Kristalls für 5 Minuten und bei einer Temperatur von 20°C in eine Lösung eingetaucht, die Brom, Methanol, Milchsäure und Ethylenglykol umfasste. Das Verhältnis von Brom, Methanol, Milchsäure und Ethylenglykol betrug 2:38:20:40. Konzentrationen von Cadmium, Zink und Tellur von einer äußeren Oberfläche des Halbleiterkristall-Blockes bis zu einem inneren Teil des Halbleiterkristall-Blockes wurden unter Anwendung eines Verfahrens der Auger-Elektronenspektroskopie (AES) gemessen und sind in [Fig. 7](#) als Kurven **44**, **46** bzw. **48** veranschaulicht. Die Zerstäubungszeiten können zu Dicken kalibriert werden und sie liegen in einer im Wesentlichen linearen Beziehung zu den Dicken. Wie gezeigt, wurde die in dem Beispiel gebildete tellurreiche Schicht bei etwa 220 Sekunden gebildet, was nach der Kalibrierung etwa 160 Nanometer betrug. Konzentrationen von Cadmium, Zink und Tellur ändern sich im Wesentlichen linear in der tellurreichen Schicht und somit ist das Ätzverfahren leicht zu regeln.

[0034] Bei Stufe **102** wird die tellurreiche Schicht oxidiert. In einer Ausführungsform wird die tellurreiche Schicht mit einer wässrigen H₂O₂-Lösung bei einer Temperatur im Bereich von 40°C bis 150°C für eine Zeitdauer in einem Bereich von 3 bis 30 Minuten in Berührung gebracht. Die Sauerstoff-Konzentrationen der drei Beispiele wurden durch das AES-Verfahren gemessen und sind in [Fig. 8](#) gezeigt. Die drei Beispiele wurden durch Anwenden verschiedener Oxidationsbehandlungen erhalten und sie sind in [Fig. 8](#) durch Bezugsziffern **50**, **52** bzw. **54** bezeichnet. Das erste Beispiel wurde erhalten durch Kontaktieren der tellurreichen Schicht eines Halbleiterkristalls mit einer wässrigen 30%-igen H₂O₂-Lösung für etwa 30 Minuten und bei einer Temperatur von etwa 20°C. Das zweite Beispiel wurde erhalten durch Kontaktieren der tellurreichen Schicht eines Halbleiterkristalls mit 40 ml der 30%-igen H₂O₂-Lösung mit 0,05 g K₂Cr₂O₇ für etwa 30 Minuten und bei einer Temperatur von etwa 20°C. Das dritte Beispiel wurde erhalten unter Anwendung eines Verfahrens zum Bombardieren mit Sauerstoffplasma. Der Halbleiterkristall-Block wurde in einer Vakuumkammer mit einem Vakuumdruck von ~3 Pa angeordnet. Sauerstoff wurde mit einer Strömungsrate von 20 cm³/min (sccm) in die Vakuumkammer gefüllt. Eine Elektrode wurde mit einem Potenzial von –1.000 Volt mit Energie versehen und befand sich in einem Abstand von 100 mm von der tellurreichen Schicht des Halbleiterblockes. Getrieben durch die hohe Spannung zerbrach das Sauerstoffmolekül in Oxidionen zum Oxidieren der tellurreichen Schicht.

[0035] Bei Stufe **104** wurden eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode auf der ersten und zweiten Oberfläche des Halbleiterkristalls, z. B., durch ein Abscheidungsverfahren gebildet.

[0036] Während hierin bevorzugte und beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, sind andere Modifikationen der Erfindung für den Fachmann aufgrund der Lehren hierin zugänglich und es sollen daher alle solche Modifikationen durch die beigefügten Ansprüche umfasst werden, die in den wahren Geist und Umfang der Erfindung fallen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2007/0290142 [[0023](#)]

Patentansprüche

1. Strahlungsdetektor, umfassend:
einen Halbleiterkristall mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche gegenüber der ersten Oberfläche;
eine erste Elektrode, die elektrisch mit der ersten Oberfläche des Halbleiterkristalls gekoppelt ist, um das Fließen von Strom zwischen der ersten Elektrode und dem Kristall zu gestatten, und
eine isolierende Schicht auf der ersten Oberfläche und zwischen dem Halbleiterkristall und der ersten Elektrode, um eine teildurchlässige elektrische Sperrschicht zwischen der ersten Elektrode und dem Kristall zu erzeugen, wobei die isolierende Schicht eine Dicke in einem Bereich von etwa 50 Nanometer bis etwa 500 Nanometer aufweist.
2. Detektor nach Anspruch 1, worin der Halbleiterkristall Cadmium und Tellur umfasst.
3. Detektor nach Anspruch 2, worin der Halbleiterkristall Cadmium-Zink-Tellur oder Cadmium-Mangan-Tellur umfasst.
4. Detektor nach Anspruch 3, worin die isolierende Schicht Tellur, Sauerstoff und Cadmium umfasst und worin eine Konzentration von Tellur und eine Konzentration von Sauerstoff in der Oxidationsschicht in einer Richtung vom Kristall zu der ersten Elektrode hin zunehmen und eine Konzentration des Cadmiums in der Richtung von dem Kristall zu der ersten Elektrode hin abnimmt.
5. Detektor nach Anspruch 1, worin die isolierende Schicht einen abgeschiedenen Isolator umfasst, der Aluminiumoxid oder Siliciumnitrid umfasst.
6. Detektor nach Anspruch 1, worin eine Dicke der isolierenden Schicht in einem Bereich von etwa 100 Nanometer bis etwa 200 Nanometer liegt.
7. Detektor nach Anspruch 6, worin eine Dicke der isolierenden Schicht in einem Bereich von 140 Nanometer bis 170 Nanometer liegt.
8. Detektor nach Anspruch 6, weiter umfassend eine Vorspannungs-Regelschaltung zum Regeln der Spannung zwischen den Auslese-Pixeln, die physisch getrennt sind, und dem Vorspannungs-Regelabschnitt.
9. Detektor nach Anspruch 1, weiter umfassend eine zweite Elektrode auf der zweiten Oberfläche des Halbleiterkristalls und worin die erste und zweite Elektrode eine Vielzahl von Auslese-Pixeln umfassen, die physisch voneinander getrennt sind.
10. Detektor nach Anspruch 9, weiter umfassend eine isolierende Schicht zwischen der zweiten Elektrode und dem Halbleiterkristall.
11. Detektor nach Anspruch 9, weiter umfassend eine Vielzahl von Vorspannungs-Regelabschnitten benachbart der Vielzahl von Auslese-Pixeln.
12. Detektor nach Anspruch 11, worin die Auslese-Pixel und die Vorspannungs-Regelabschnitte unterschiedliche Materialien umfassen.
13. Detektor nach Anspruch 12, worin der Halbleiterkristall P-Typ-Halbleitermaterial umfasst und worin die Auslese-Pixel Indium oder Aluminium umfassen und die Vorspannungs-Regelabschnitte ein Edelmetall umfassen.
14. Detektor nach Anspruch 12, worin der Halbleiterkristall N-Typ-Halbleitermaterial umfasst und worin die Auslese-Pixel ein Edelmetall umfassen und die Vorspannungs-Regelabschnitte Indium oder Aluminium umfassen.
15. Verfahren zum Herstellen eines Strahlungsdetektors, umfassend:
Ätzen einer Oberfläche eines Halbleiterkristall-Blockes zum Bilden einer tellureichen Gradientenschicht auf dem Halbleiterkristall-Block, wobei der Halbleiterkristall-Block Cadmium und Tellur umfasst;
Oxidieren der tellureichen Gradientenschicht zum Bilden einer Tellur-Oxidationsschicht, und
Bilden einer Elektrode auf der Tellur-Oxidationsschicht,

worin das Ätzen das Kontaktieren eines Teiles des Halbleiterkristall-Blockes mit einer Lösung umfasst, die Brom, Methanol, Milchsäure und Ethylenglykol umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 15, worin ein Prozentsatz von Brom in der Lösung im Bereich von 1 Vol.-% bis 5 Vol.-% liegt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, worin ein Verhältnis von Brom, Methanol, Milchsäure und Ethylenglykol etwa 2:38:20:40 beträgt.

18. Verfahren nach Anspruch 15, worin das Ätzen bei einer Temperatur in einem Bereich von 18°C bis 30°C und mit einer Zeitdauer in einem Bereich von 0,5 bis 10 Minuten ausgeführt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 15, worin der Halbleiterkristall Cadmium-Zink-Tellur umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 15, worin der Halbleiterkristall ein Cadmiummangantellurid-Kristall ist.

21. Verfahren nach Anspruch 15, worin das Oxidieren der tellurreichen Gradientenschicht das Kontaktieren der tellurreichen Gradientenschicht mit einer wässrigen H₂O₂-Lösung bei einer Temperatur im Bereich von 40°C bis 150°C umfasst.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

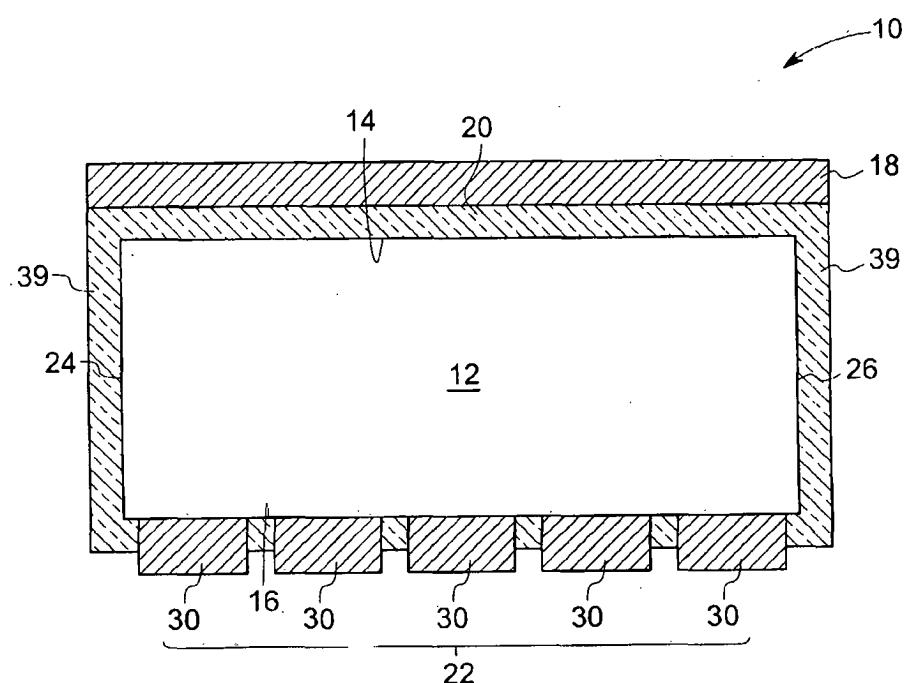


FIG. 1

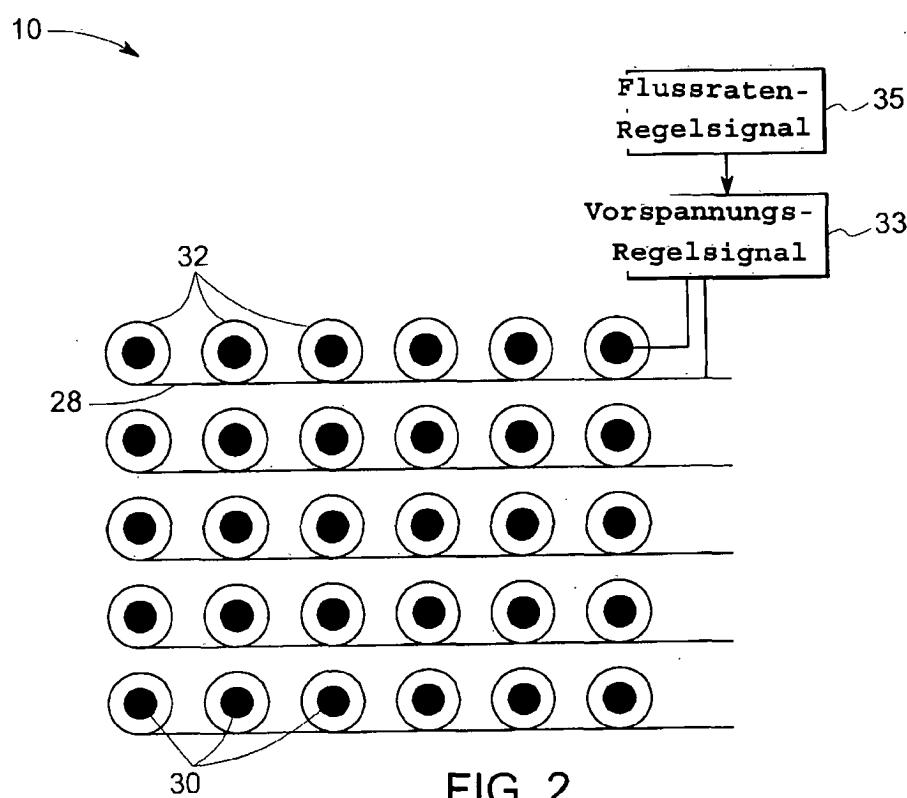


FIG. 2

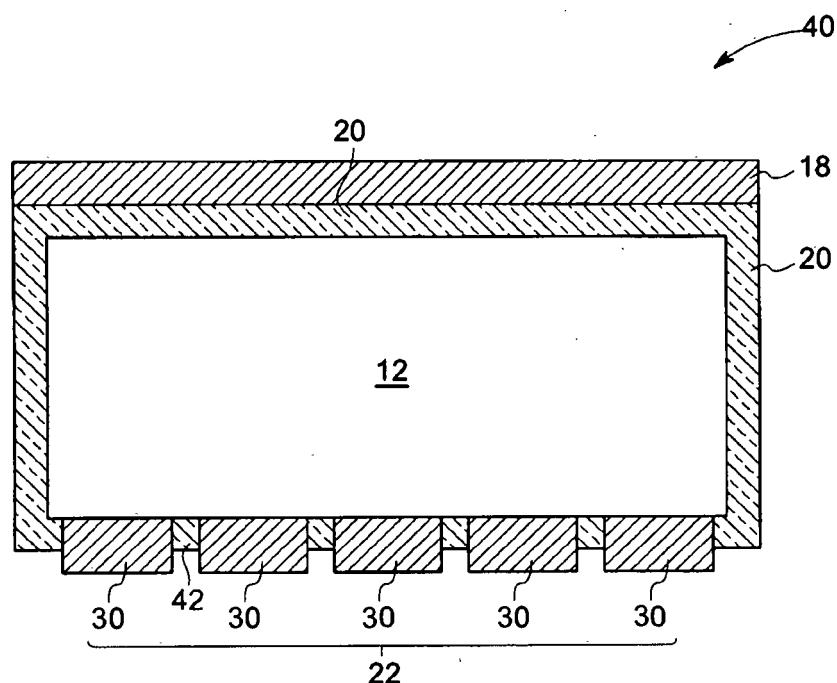


FIG. 3

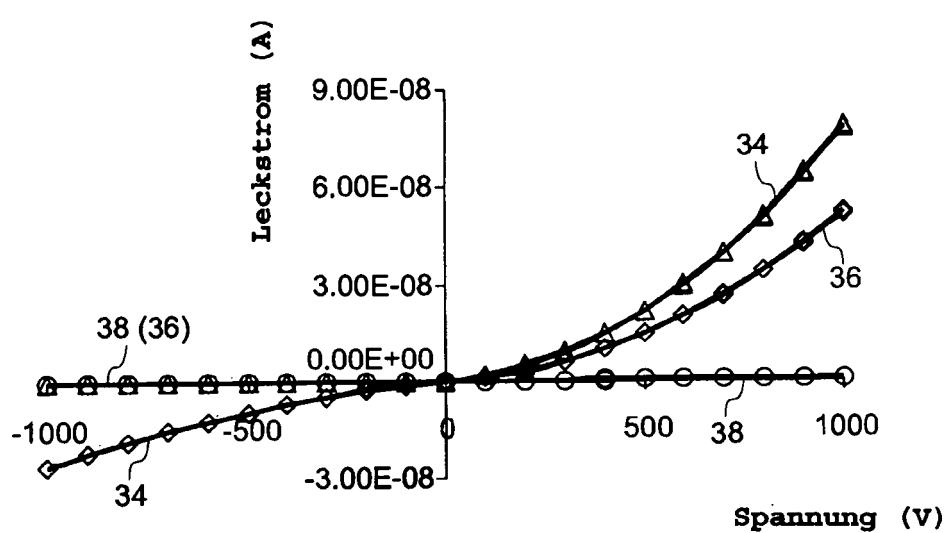


FIG. 4

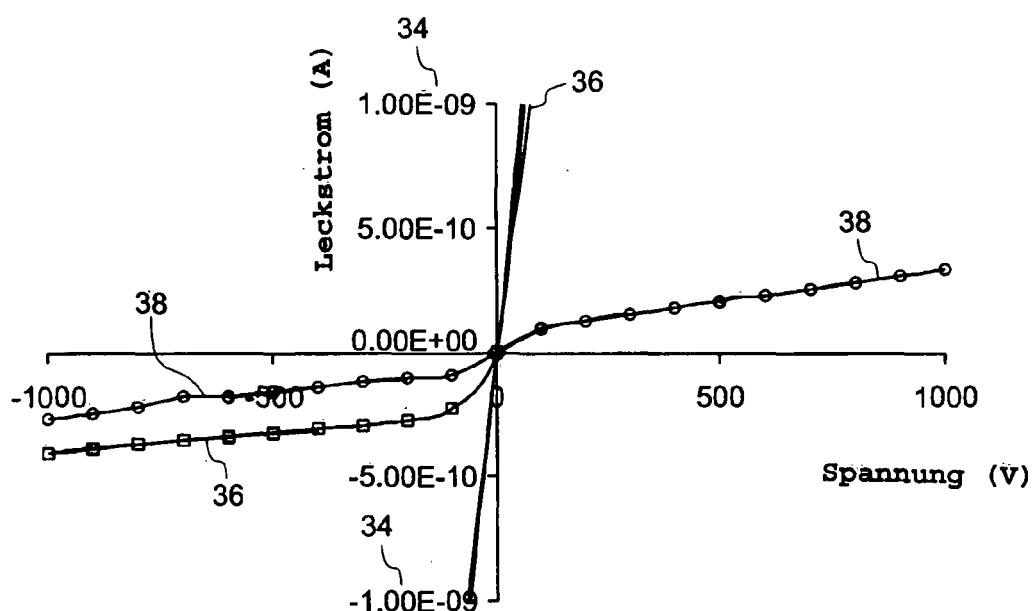


FIG. 5

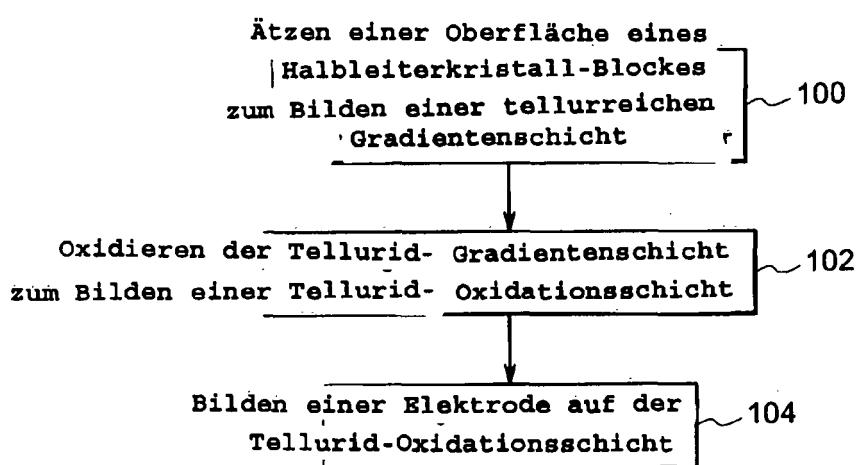


FIG. 6

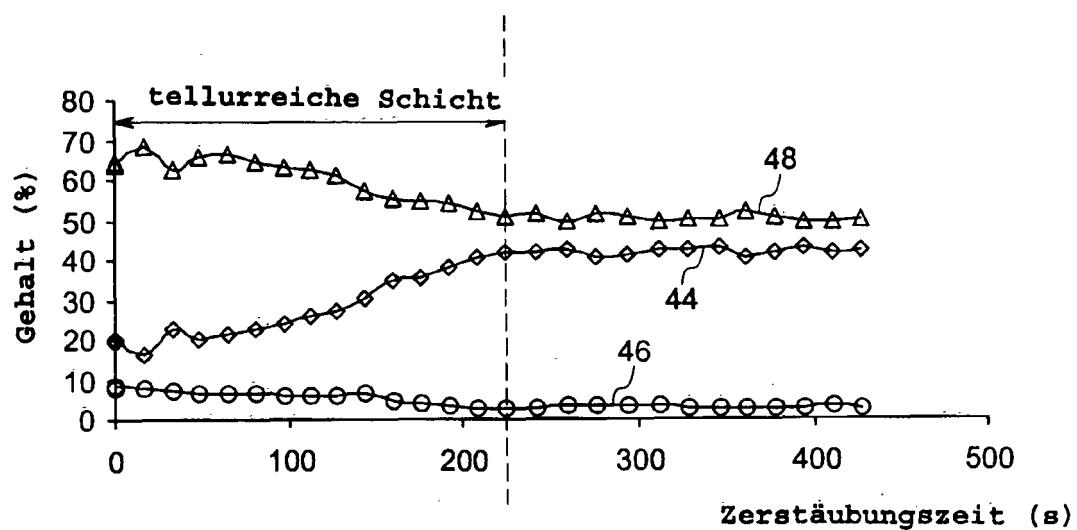


FIG. 7

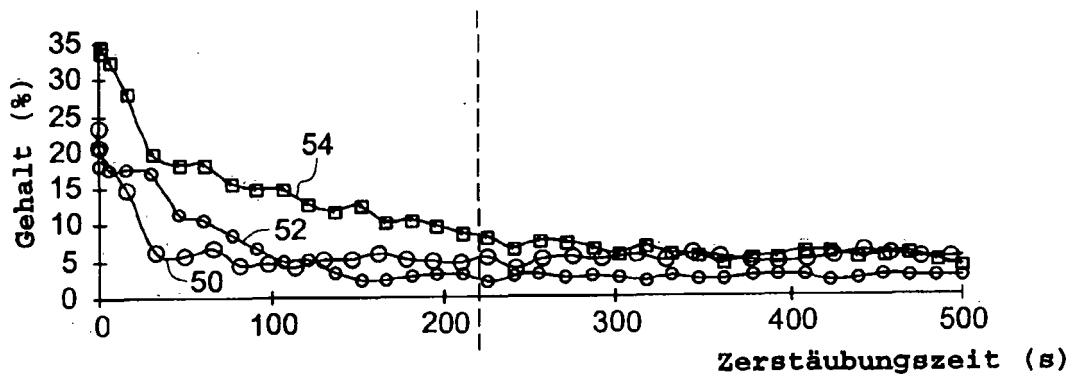


FIG. 8