(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 503 818 A4 2008-01-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 1274/2006**
(22) Anmeldetag: **27.07.2006**
(43) Veröffentlicht am: **15.01.2008**

(51) Int. Cl.[8]: ***H01L 51/42*** (2006.01),
H01L 31/072 (2006.01),
H01L 31/109 (2006.01)

(73) Patentanmelder:

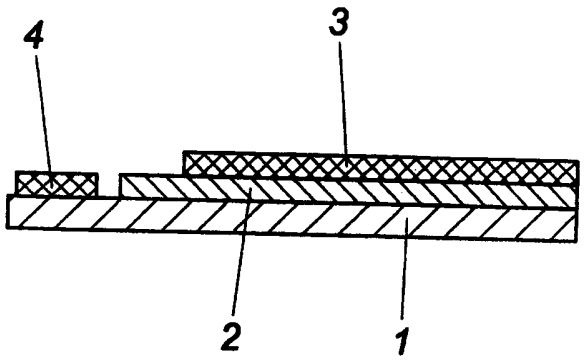
UNIVERSITÄT LINZ
A-4040 LINZ (AT)

(72) Erfinder:

MATT GEBHARD DIPL.ING. DR.
LINZ (AT)
FROMHERZ THOMAS DIPL.ING. DR.
ROTTENEGG (AT)

(54) VORRICHTUNG ZUM UMWANDELN INFRAROTER STRAHLUNG IN ELEKTRISCHEN STROM

(57) Es wird eine Vorrichtung zum Umwandeln infraroter Strahlung in elektrischen Strom mit einer Photodiode beschrieben, die zwei je an eine Elektrode (3, 4) angeschlossene Halbleiterschichten (1, 2) mit einem Hetero-Übergang aufweist, von denen eine aus einem dotierten anorganischen Halbleiter besteht. Um eine vorteilhafte Detektierung zu sichern, wird vorgeschlagen, dass die anorganische Halbleiterschicht (1) mit einer organischen Halbleiterschicht (2) den Hetero-Übergang bildet und dass den beiden Halbleiterschichten (1, 2) eine Kühleinrichtung zugeordnet ist.



AT 503 818 A4 2008-01-15

Patentanwalt
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Spittelwiese 7, A-4020 Linz

(33 826) II

Zusammenfassung:

Es wird eine Vorrichtung zum Umwandeln infraroter Strahlung in elektrischen Strom mit einer Photodiode beschrieben, die zwei je an eine Elektrode (3, 4) angeschlossene Halbleiterschichten (1, 2) mit einem Hetero-Übergang aufweist, von denen eine aus einem dotierten anorganischen Halbleiter besteht. Um eine vorteilhafte Detektierung zu sichern, wird vorgeschlagen, daß die anorganische Halbleiterschicht (1) mit einer organischen Halbleiterschicht (2) den Hetero-Übergang bildet und daß den beiden Halbleiterschichten (1, 2) eine Kühleinrichtung zugeordnet ist.

(Fig. 1)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Vorrichtung zum Umwandeln infraroter Strahlung in elektrischen Strom mit einer Photodiode, die zwei je an eine Elektrode angeschlossene Halbleiterschichten mit einem Hetero-Übergang aufweist, von denen eine aus einem dotierten anorganischen Halbleiter besteht.

Photodioden zur Umwandlung infraroter Strahlung in elektrischen Strom sind in unterschiedlichen Ausführungsformen bekannt. So zeichnen sich beispielsweise Indium-Gallium-Arsenid-Detektoren durch eine vergleichsweise hohe Empfindlichkeit im Infrarotbereich aus, während sich Platin-Silizid-Detektoren besonders zur örtlichen Auflösung von Infrarotstrahlungen in einer zweidimensionalen Anordnung eignen, wie dies bei Infrarot-Kameras gefordert wird. Nachteilig bei Indium-Gallium-Arsenid-Detektoren ist vor allem der Platzbedarf und bei Platin-Silizid-Detektoren die geringe Empfindlichkeit.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs geschilderten Art zum Umwandeln infraroter Strahlung in elektrischen Strom so auszugestalten, daß die Anforderungen sowohl hinsichtlich einer platzsparenden, zweidimensionalen Anordnung als auch bezüglich einer hohen Empfindlichkeit vorteilhaft miteinander verknüpft werden können.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, daß die anorganische Halbleiterschicht mit einer organischen Halbleiterschicht den Hetero-Übergang bildet und daß den beiden Halbleiterschichten eine Kühleinrichtung zugeordnet ist.

Durch diese Maßnahmen gelingt es in überraschender Weise trotz eines einfachen, platzsparenden Aufbaus der Photodiode eine hohe Empfindlichkeit des Photostromes gegenüber der erregenden Strahlung insbesondere im mittleren Infrarotbereich sicherzustellen, allerdings nur, wenn die Photodiode entsprechend gekühlt wird. Photodioden mit einem Hetero-Übergang zwischen einem anorganischen Halbleiter und einem organischen Halbleiter wurden bereits für photovoltaische Zwecke vorgeschlagen (JP 06244440 A), doch kann für den Photostrom dieser voltaischen Photodioden keine Abhängigkeit von einer Infrarotstrahlung festgestellt werden. Dies ist in überraschender Weise erst möglich, wenn die Halbleiterschichten gekühlt werden. Mit zunehmender Kühlung steigt der auf einer Absorption der Strahlung im Infrarotbereich beruhende Photostrom an und kann zum Detektieren infraroter Strahlung genützt werden. Bei Raumtemperatur wird lediglich der unmittelbar durch die Strahlungsabsorption in der anorganischen Halbleiterschicht erregte und damit von der Bandlücke des anorganischen Halbleiters abhängige Photostrom gemessen, während bei niedrigeren Temperaturen die durch die Infrarotstrahlung angeregten Ladungsträger vermehrt vom Valenzband des anorganischen Halbleiters in das Leitungsband des organischen Halbleiters als auch von gebundenen Zuständen im organischen Halbleiter in dessen Leitungsband übertreten und zufolge des wirksamen elektrischen Feldes über die angeschlossene Elektrode abgeführt werden.

Obwohl unterschiedliche anorganische und organische Halbleiter zum Aufbau einer erfindungsgemäßen Photodiode eingesetzt werden können, weil es vor allem auf das Verhältnis der Bandlücke des dotierten anorganischen Halbleiters zur Energiebarriere zwischen dem Valenzband des anorganischen und dem Leitungsband des organischen Halbleiters sowie der elektronischen Struktur des organischen Halbleiters ankommt, ergeben sich besonders einfache Konstruktionsbedingungen, wenn die anorganische Halbleiterschicht aus einer p-dotierten Siliziumschicht besteht, die vorzugsweise mit einer organischen Halbleiterschicht auf der Basis eines Fullerens einen Hetero-Übergang bildet. Wird in diesem Zusammenhang ein Fullerenderivat, beispielsweise ein lösliches PCBM, als organischer Halbleiter eingesetzt, so kann auf ein p-dotiertes Siliziumsubstrat in wenig aufwendiger Art das Fullerenderivat in einer Rotationsbeschichtung als dünner Film aufgebracht werden.

Zur Kühlung der erfindungsgemäßen Photodiode können unterschiedliche Maßnahmen getroffen werden. Soll eine unmittelbare Kühlung vorgesehen werden, so empfiehlt sich der Einsatz von Peltier-Elementen.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Umwandlung infraroter Strahlung in elektrischen Strom in einem schematischen Schnitt und

Fig. 2 den Verlauf des Photostroms in Abhängigkeit von der Anregungsenergie der Strahlung bei verschiedenen Temperaturen.

Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, weist die Vorrichtung zur Umwandlung infraroter Strahlung in elektrischen Strom eine Photodiode auf, die aus einer anorganischen Halbleiterschicht 1 und einer unter Ausbildung eines Hetero-Übergangs auf diese Halbleiterschicht 1 aufgebrachten organischen Halbleiterschicht 2 zusammengesetzt ist, wobei die bei den Halbleiterschichten 1 und 2 je an eine Elektrode 3,4 angeschlossen sind. Gemäß dem gewählten Ausführungsbeispiel besteht die anorganische Halbleiterschicht 1 aus einem p-dotierten Siliziumsubstrat. Dieses Siliziumsubstrat ist mit Bohr dotiert und weist eine Ladungsträgerdichte von mindestens 10^{17} cm^{-3} auf. Auf dieses Siliziumsubstrat ist ein Fullerenderivat, nämlich ein lösbares PCBM, durch eine Rotationsbeschichtung in einer Dicke von ca. 150 nm aufgebracht. Die Elektroden 3 und 4 bestehen aus Aluminium und sind in einer Dicke von ca. 100 nm auf die Halbleiterschichten 1 und 2 aufgedampft. Die Photodiode kann in herkömmlicher Weise mit Hilfe eines Peltier-Elementes gekühlt werden, was jedoch aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt ist. Die Beleuchtung der Photodiode erfolgt von der Seite der anorganischen Halbleiterschicht 1 her. Dies bedeutet, daß das Siliziumsubstrat als Filter für die anregende Strahlung wirksam wird, so daß wegen der Größe der Bandlücke des Siliziums der Strahlungsbereich nur bis 1,2 eV genützt werden kann. Nach unten wird die erfaßbare Strahlung durch die elektronische Struktur begrenzt, die durch die Grenzschicht zwischen der anorganischen Halbleiterschicht 1 und der verwendeten organischen Halbleiterschicht 2 gebildet wird. Im vorliegenden Fall einer Silizium-Fulleren-Kombination ergibt sich eine Grenzenergie von ca. 0,4 eV.

In der Fig. 2 ist der gemittelte Photostrom I in Abhängigkeit von der Strahlungsenergie E dargestellt, und zwar bei unterschiedlichen Temperaturen. Während die Strahlungsenergie auf der Abszisse in eV aufgetragen ist, wird für den Photostrom lediglich Bezugswerten zum maximalen Strom auf der Ordinate angegeben. Wie sich aus den einzelnen Stromkurven ergibt, ist der Verlauf des Photostroms I von der jeweiligen Temperatur der Photodiode abhängig. So zeigen die Kurve 5 den von der Anregungsenergie abhängigen Photostromverlauf bei 13 K und die Kurven 6, 7 und 8 den Photostromverlauf bei 100 K, 150 K und 175 K. Die Kurve 9 gibt den Verlauf des Photostroms bei 200 K wieder. Aus dieser Darstellung ergibt sich, daß beispielsweise bei 200 K der für viele Anwendungen besonders interessante Infrarotbereich zwischen 0,6 und 1 eV kaum erfaßt werden kann, weil der Photostrom gemäß der Kurve 9 in diesem Bereich klein ausfällt und kaum über das Rauschniveau ansteigt. Mit abnehmender Temperatur wird der durch die Infrarotstrahlung angeregte Photostrom überproportional größer, wie dies die Kurven 8 und 7 für eine Diodentemperatur von 175 K und 150 K veranschaulichen. Ab einer Diodentemperatur von 100 K (Kurve 6) können für kleiner werdende Temperaturbereiche praktisch gleichbleibende Anregungsbedingungen vorausgesetzt werden.

Es zeigt sich somit, daß mit einer Abkühlung der anmeldungsgemäßen Photodiode der Infrarotbereich mit einer hohen Empfindlichkeit detektiert werden kann, und zwar mit einem einfachen Diodenaufbau, vorzugsweise auf einem Siliziumsubstrat.

Patentanwalt
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Spittelwiese 7, A-4020 Linz

(33 826) II

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Umwandeln infraroter Strahlung in elektrischen Strom mit einer Photodiode, die zwei je an eine Elektrode angeschlossene Halbleiterschichten mit einem Hetero-Übergang aufweist, von denen eine aus einem dotierten anorganischen Halbleiter besteht, dadurch gekennzeichnet, daß die anorganische Halbleiterschicht (1) mit einer organischen Halbleiterschicht (2) den Hetero-Übergang bildet und daß den beiden Halbleiterschichten (1, 2) eine Kühleinrichtung zugeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die anorganische Halbleiterschicht (1) aus einer p-dotierten Siliziumschicht besteht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die organische Halbleiterschicht (2) auf der Basis eines Fullerens aufgebaut ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung aus einem Peltier-Element besteht.

Linz, am 26. Juli 2006

Universität Linz
durch:

FIG.1

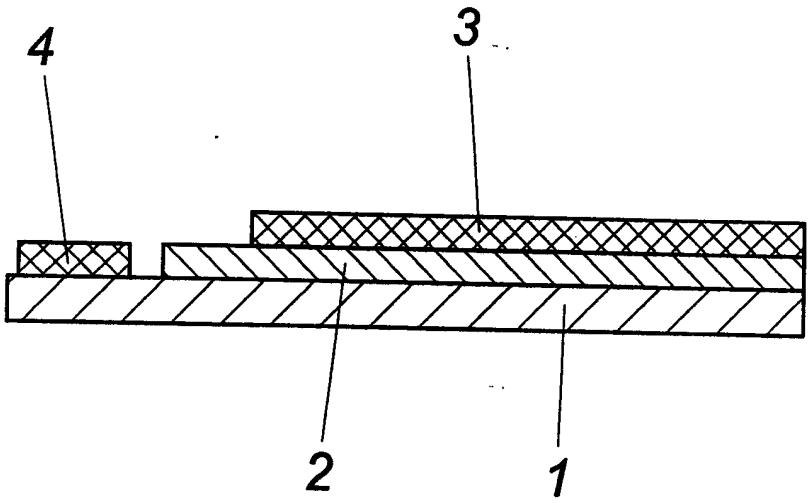
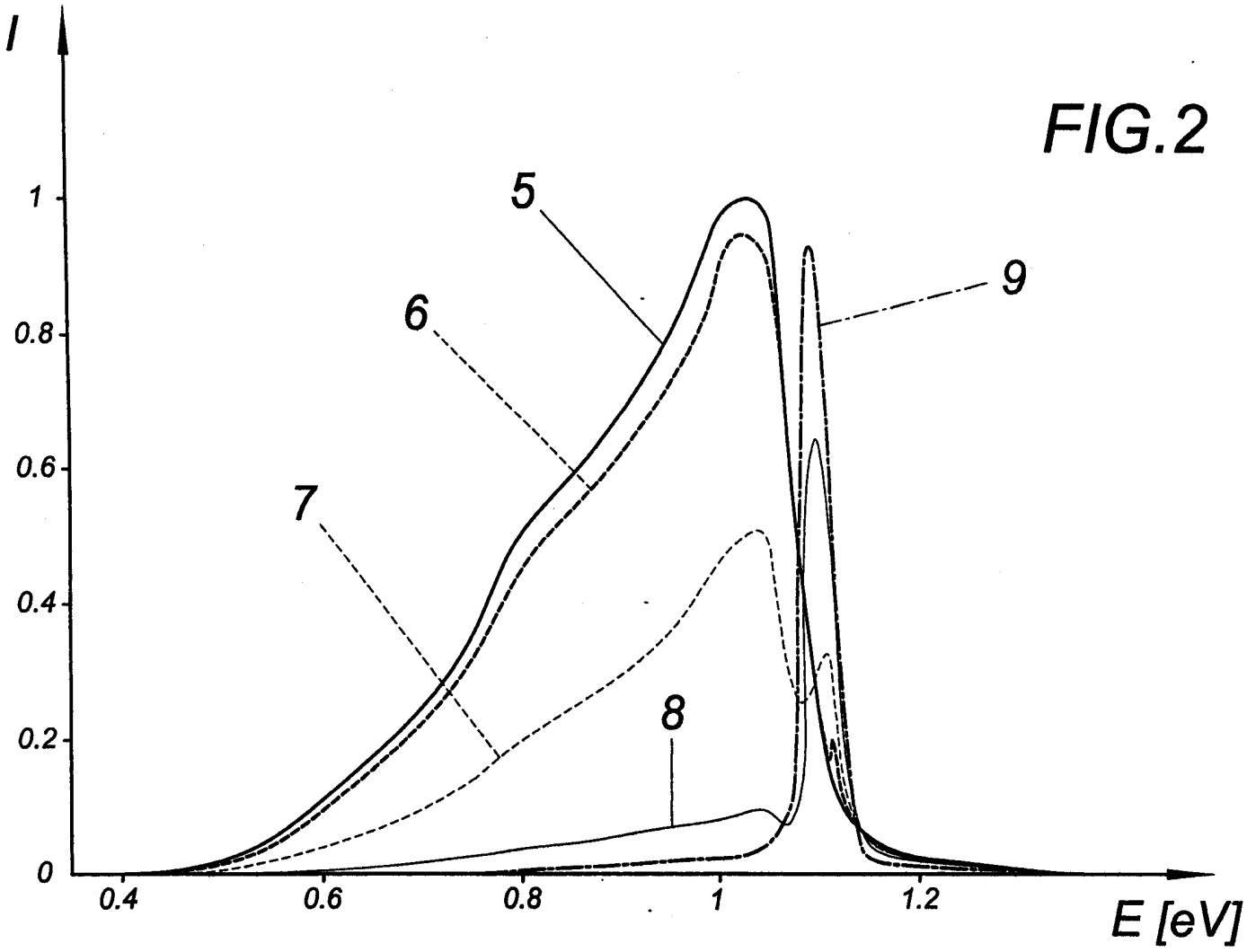



FIG.2