(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 519193 A1 2018-04-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50778/2016
(22) Anmeldetag: 01.09.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2018

(51) Int. Cl.: ***H01L 31/109*** (2006.01)
H01L 31/074 (2012.01)
H01L 51/42 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2013138635 A1
AT 516109 A1
US 2012211081 A1
US 2008264488 A1

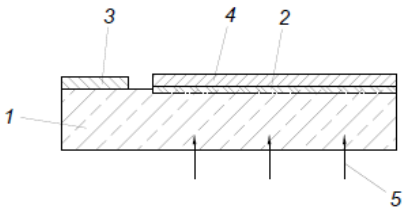
(71) Patentanmelder:
Universität Linz
4040 Linz (AT)

(74) Vertreter:
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher, Dipl.-Ing. Gerd Hübscher, Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
4020 Linz (AT)

(54) Optoelektronischer Infrarotsensor

(57) Es wird ein optoelektronischer Infrarotsensor mit einer ersten und einer zweiten je an eine Elektrode (3, 4) angeschlossenen Halbleiterschicht (1, 2) beschrieben, wobei die erste Halbleiterschicht (1) aus Silizium mit der zweiten Halbleiterschicht (2) einen Heteroübergang bildet. Um vorteilhafte elektrische Eigenschaften zu erhalten, wird vorgeschlagen, dass die zweite Halbleiterschicht (2) aus einem Metalloxid-Halbleiter aufgebaut ist.

FIG.1



AT 519193 A1 2018-04-15

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Spittelwiese 4, 4020 Linz

(41004) II

Zusammenfassung

Es wird ein optoelektronischer Infrarotsensor mit einer ersten und einer zweiten je an eine Elektrode (3, 4) angeschlossenen Halbleiterschicht (1, 2) beschrieben, wobei die erste Halbleiterschicht (1) aus Silizium mit der zweiten Halbleiterschicht (2) einen Heteroübergang bildet. Um vorteilhafte elektrische Eigenschaften zu erhalten, wird vorgeschlagen, dass die zweite Halbleiterschicht (2) aus einem Metalloxid-Halbleiter aufgebaut ist.

(Fig. 1)

(41004) II

Die Erfindung bezieht sich auf einen optoelektronischen Infrarotsensor mit einer ersten und einer zweiten je an eine Elektrode angeschlossenen Halbleiterschicht, wobei die erste Halbleiterschicht aus Silizium mit der zweiten Halbleiterschicht einen Heteroübergang bildet.

Infrarotsensoren sind Hauptkomponenten in vielen optoelektronischen Vorrichtungen, wie sie in der Telekommunikation, in der Sensortechnik und in der Bildtechnik verwendet werden. Sensoren für nahes Infrarot werden üblicherweise unter Einsatz von Halbleitern mit einer niedrigen Bandlücke gefertigt, wobei Indiumgalliumarsenid in den meisten Anwendungsfällen vorherrscht, obwohl die Toxizität der Ausgangsmaterialien und die Integration in eine Mikroelektronik auf Basis von Silizium zu Schwierigkeiten führt. Sensoren für nahes Infrarot auf Siliziumbasis würden daher eine vorteilhafte Alternative zu den Infrarotsensoren auf Basis von Indiumgalliumarsenid darstellen. Es wurden daher vielfache Versuche unternommen, Sensoren für nahes Infrarot auf der Basis von Silizium anzugeben, doch konnten die bekannten Infrarotsensoren dieser Art aufgrund unterschiedlicher Nachteile nicht mit den Sensoren auf der Basis von Indiumgalliumarsenid konkurrieren.

So sind beispielsweise optoelektronische Infrarotsensoren bekannt (WO 09/023881 A1), die eine mit einer organischen Halbleiterschicht einen Heteroübergang bildende anorganische Halbleiterschicht aufweisen, wobei die anorganische Halbleiterschicht bevorzugt aus einer p-dotierten Siliziumschicht besteht, die mit einer Halbleiterschicht auf der Basis eines Fullerens den Heteroübergang bildet. Nachteilig bei diesen bekannten Infrarotsensoren ist allerdings, dass die beiden Halbleiterschichten gekühlt werden müssen. Mit zunehmender Kühlung steigt der auf einer Absorption der

Strahlung im Infrarotbereich beruhende Photostrom an und kann zum Detektieren infraroter Strahlung genützt werden.

Darüber hinaus wurden bereits Infrarotsensoren für den nahen Infrarotbereich vorgeschlagen (Mateusz Bednorz, Gebhard J. Matt, Eric D. Glowacki, Thomas Fromherz, Christoph J. Brabec, Markus C. Scharber, Helmut Sitter, N. Serdar Sariciftci: Silicon/organic hybrid heterojunction infrared photodetector operating in the telecom regime; Organic Electronics, Volume 14, Mai 12013, S. 1344-1350), die auf einem Heteroübergang zwischen einer p-dotierten Siliziumhalbleiterschicht und einem organischen Halbleiter auf der Basis eines Perylenderivats aufbauen und eine photovoltaische Wirkung bis zu 2,7 µm (0,46 eV) zeigen, also einem Wert, der deutlich niedriger als die Bandlücke der beiden Halbleitermaterialien ist. Trotzdem bleibt die Ansprechempfindlichkeit für einen industriellen Einsatz zu gering.

Um einen optoelektronischen Infrarotsensor mit einem Heteroübergang zwischen einer Siliziumschicht und einer organischen Halbleiterschicht so auszugestalten, dass eine hohe Ansprechempfindlichkeit für einen durch eine nahe Infrarotstrahlung bedingten Photostrom sichergestellt werden kann, ohne eine Kühlung der Halbleiterschichten vornehmen zu müssen, wurde schließlich vorgeschlagen (WO 2016/015077 A1), die organische Halbleiterschicht auf einer nanostrukturierten und/oder mikrostrukturierten Oberflächenschicht der Siliziumschicht vorzusehen. Der durch diese Maßnahme feststellbare Anstieg der Ansprechempfindlichkeit des Infrarotsensors um das Zehn- bis Fünfhundertfache im Vergleich zu Infrarotsensoren mit einer unstrukturierten Grenzfläche zwischen den anorganischen und organischen Halbleiterschichten lässt sich mit der durch die Strukturierung bedingten Vergrößerung der den Heteroübergang bildenden Grenzschicht nicht erklären, wie auch die Funktionsfähigkeit eines solchen Infrarotsensors bei Raumtemperatur überraschend ist, zumal diese Effekte bei einer n-dotierten Siliziumschicht nicht beobachtet werden. Es hat sich vielmehr gezeigt, dass die Lichtabsorption im nahen Infrarotbereich zwischen 2 und 1,2 µm durch die strukturierte Siliziumschicht im Vergleich zu einer ebenen Siliziumschicht sogar um 1 bis 5 % niedriger ausfällt, was im Gegensatz zu der feststellbaren, außergewöhnlichen Steigerung des Photokurzschlussstroms durchschnittlich um das Hundertfache steht. Obwohl eine Erklärung dieser überraschenden Wirkungen in erster Linie von einem

zufriedenstellenden Verständnis der Ladungsträgeranregung im Heteroübergang zwischen dem p-dotierten Silizium und dem organischen Halbleiter abhängt, wird angenommen, dass die durch die Strukturierung der Siliziumschicht bedingte Änderung der elektrischen Feldstärke im Bereich der strukturbedingten Kanten und Spitzen des Heteroübergangs einen maßgebenden Einfluss nimmt.

Nachteilig bei den bekannten optoelektronischen Infrarotsensoren mit einem Heteroübergang zwischen einer Siliziumschicht und einer organischen Halbleiterschicht ist allerdings, dass aufgrund der vergleichsweise niedrigen Ladungsträgermobilität organischer Halbleiter mit insgesamt schlechten elektrischen Eigenschaften gerechnet werden muss, wozu noch eine häufig nicht zufriedenstellende Alterungsbeständigkeit der organischen Halbleiterschichten kommt.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, einen optoelektronischen Infrarotsensor auf der Basis von Silizium anzugeben, der eine hohe Ansprechempfindlichkeit für einen durch eine nahe Infrarotstrahlung bedingten Photostrom sicherstellt, und zwar bei guten elektrischen Eigenschaften.

Ausgehend von einem optoelektronischen Infrarotsensor der eingangs geschilderten Art löst die Erfindung die gestellte Aufgabe dadurch, dass die zweite Halbleiterschicht aus einem Metalloxid-Halbleiter aufgebaut ist.

Es hat sich in überraschender Weise gezeigt, dass mithilfe von Heteroübergängen zwischen einem Halbleiter auf Siliziumbasis und einem Halbleiter auf der Basis eines Metalloxids optoelektronische Sensoren für den nahen Infrarotbereich hergestellt werden können, die im Vergleich zu Infrarotsensoren mit einem Heteroübergang zwischen einer Silizium-Halbleiterschicht und einer organischen Halbleiterschicht erheblich bessere elektrische Eigenschaften aufweisen, weil zu diesem Zweck die vergleichsweise hohe Ladungsmobilität der Halbleiter auf Metalloxidbasis genützt werden kann. Außerdem ist eine gute Alterungsbeständigkeit gegeben, sodass sich für den industriellen Einsatz vorteilhafte Voraussetzungen ergeben, zumal Halbleiter auf einer Metalloxidbasis wegen der Materialverfügbarkeit einfach hergestellt und mit

herkömmlichen Verfahren dünnschichtig auf die Silizium-Halbleiterschicht aufgebracht werden können.

Besonders günstige Konstruktionsbedingungen ergeben sich, wenn für die erste Halbleiterschicht auf Siliziumbasis ein p-dotiertes, monokristallines, aber auch polykristallines Silizium eingesetzt wird. In diesem Fall muss die zweite Halbleiterschicht aus einem Metalloxid-Halbleiter mit einer negativen Polarität der Majoritätsladungsträger aufgebaut sein.

Die Ansprechempfindlichkeit von Sensoren für den nahen Infrarotbereich kann auch beim Einsatz einer Metalloxid-Halbleiterschicht in Verbindung mit einer Halbleiterschicht aus Siliziumbasis dadurch maßgeblich gesteigert werden, dass die erste Halbleiterschicht eine nanostrukturierte und/oder mikrostrukturierte Oberflächenschicht aufweist und dass die zweite Halbleiterschicht die strukturierte Oberflächenschicht der ersten Halbleiterschicht als Dünnschicht vollständig abdeckt. Die Nanostruktur der Oberflächenschicht der Siliziumschicht kann durch ein chemisches oder elektrochemisches Ätzverfahren in an sich bekannter Weise hergestellt werden. Mikrostrukturen können durch ein Aufweiten der Poren einer Nanostruktur durch einen nachfolgenden chemischen Ätzschritt oder die Ausbildung von Mikropyramiden mit Hilfe anisotroper Ätzverfahren erhalten werden. Besonders günstige Voraussetzungen für eine Strukturierung können bei der Verwendung eines Siliziums mit einer <100>- oder einer <111>- Orientierung erreicht werden, weil durch entsprechende Ätzverfahren die <111>-Kristallfacetten des Siliziums zur Ausbildung einer pyramidenförmigen Strukturierung selektiv freigesetzt werden. Entscheidend bei der Strukturierung der Oberflächenschicht des Siliziums ist, dass durch die gewählte Strukturierung Kanten, Spitzen und/oder Ecken gebildet werden, die eine Erhöhung der elektrischen Feldstärke bedingen, wie dies insbesondere bei Mikropyramiden der Fall ist. Die Tiefe der Strukturierung kann dabei zwischen einigen nm bis zu einigen µm reichen. Voraussetzung für die feststellbare, außergewöhnliche Steigerung des Photokurzschlussstroms bis zum 800-Fachen ist, dass die organische Halbleiterschicht die strukturierte Oberfläche der Siliziumschicht unter Beibehaltung einer zumindest annähernd gleichbleibenden Schichtdicke vollflächig abdeckt, also der Nano- oder Mikrostrukturierung der Siliziumschicht folgt und keine geglättete Oberfläche bildet. Für

die Strukturierung der Oberflächenschicht der Silizium-Halbleiterschicht kann durchaus auch eine Kombination einer Nano- und Mikrostrukturierung eingesetzt werden. Es kommt ja im Hinblick auf die Feldstärkenänderungen lediglich auf eine gleichmäßige Strukturverteilung an.

Als Metalloxid-Halbleiter haben sich insbesondere ZnO, SnO_2, TiO_2, In_2O_3, GaInZnO, InZnO, HfInZnO und TiZnSnO empfohlen, wobei mit Zinkoxid und Titan(IV)-oxid in der Praxis die besten Erfahrungen gesammelt werden kannten. Diese Metalloxid-Halbleiter werden vorteilhaft in einer Schichtdicke von 10 nm bis 150 nm auf die strukturierte Oberflächenschicht der Silizium-Halbleiterschicht aufgebracht, wobei unterschiedliche, bewährte Verfahren zum Einsatz kommen können.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen optoelektronischen Infrarotsensor in einem schematischen Querschnitt,

Fig. 2 die Siliziumschicht mit einer die Metalloxid-Halbleiterschicht aufnehmenden, nanostrukturierten Oberflächenschicht und die

Fig. 3 den Stromdichteverlauf über der Spannung von Infrarotsensoren mit einer nanostrukturierten Silizium-Halbleiterschicht im Vergleich zu entsprechenden Infrarotsensoren ohne strukturierte Oberfläche der Silizium-Halbleiterschicht.

Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, bildet der optoelektronische Infrarotsensor eine Photodiode, die aus einer durch eine p-dotierten Siliziumschicht gebildeten ersten Halbleiterschicht 1 und einer zweiten Halbleiterschicht 2 aus einem Metalloxid zusammengesetzt ist, wobei sich zwischen der ersten Halbleiterschicht 1 und der zweiten Halbleiterschicht 2 ein Heteroübergang ergibt. Die erste und die zweite Halbleiterschicht 1, 2 sind je an eine Elektrode 3, 4, beispielsweise aus aufgedampftem Aluminium, angeschlossen sind. Die Beaufschlagung der Photodiode mit einer nahen Infrarotstrahlung 5 erfolgt von der Seite der ersten Halbleiterschicht 1 auf Siliziumbasis. Dies bedeutet, dass die Siliziumschicht als Filter für die anregende Strahlung wirksam wird, sodass wegen der Größe der Bandlücke des Siliziums der Strahlungsbereich nur bis etwa 1,1 eV genützt werden kann. Nach unten wird die erfassbare Strahlung durch

die elektronische Struktur begrenzt, die durch die den Heteroübergang bestimmende Grenzschicht zwischen den beiden Halbleiterschichten 1 und 2 gebildet wird.

Die erste Halbleiterschicht 1 auf Siliziumbasis ist mit einer nano- und/oder mikrostrukturierten Oberflächenschicht 6 versehen, wie dies in der Fig. 2 angedeutet ist. Eine solche Porenstruktur kann beispielsweise durch ein elektrochemisches Ätzen der monokristallinen Siliziumschicht nach bekannten Verfahren erreicht werden. Es sind aber auch andere bekannte Verfahren zur Oberflächenstrukturierung einsetzbar, wie dies die nachfolgenden Beispiele belegen.

Beispiel 1
Ein p-dotiertes, monokristallines, <100>-orientiertes Silizium mit einer Ladungsträgerdichte im Bereich von 10^{13} bis 10^{15} cm^{-3} wird als Substrat eingesetzt, wobei eine vorzugsweise aus Aluminium bestehende Elektrode auf einer Seite des Siliziumsubstrats so aufgebracht wird, dass ein Fenster für den Durchtritt einer Infrarotstrahlung im Nahbereich freibleibt. Das Siliziumsubstrat wird mit einer nanostrukturierten Oberflächenschicht in Form von Poren versehen, die durch eine elektrochemische Anodisierung in 48 %iger Flusssäure gebildet werden. Nach einem Trocknen und Reinigen entsprechend üblicher Verfahren wird das Siliziumsubstrat im Vakuum durch ein Blitzlampentempern auf 580 °C erwärmt und dann auf 70 °C abgekühlt. Das in dieser Art vorgefertigte Siliziumsubstrat ist dann zur Beschichtung mit einer Metalloxid-Halbleiterschicht bereit.

Beispiel 2
Zum Unterschied zu Beispiel 1 wird das p-dotierte Siliziumsubstrat mit einer <100>-Kristallorientierung nicht einer elektrochemischen Anodisierung in Flusssäure, sondern einem anisotropen Ätzen unter Einsatz einer KOH-Isopropanol-Wassermischung ausgesetzt, um Mikropyramiden mit einem hohen Anteil von der Oberfläche zugekehrten <111>-Facetten zu erzeugen. Nach einem Trocknen und Reinigen nach bekannten Verfahren wird das Siliziumsubstrat im Vakuum durch ein Blitzlampentempern auf 580 °C erwärmt und dann auf 70 °C abgekühlt, bevor das Substrat mit einer Metalloxid-Halbleiterschicht versehen werden kann.

Beispiel 3

Ein Siliziumsubstrat nach den Beispielen 1 und 2 wird zur Ausbildung einer porösen Oberflächenschicht einer elektrochemischen Anodisierung in einem Elektrolyten unterworfen, der aus 0,25 M Tetrabutylamoniumperchlorat in Acetonitril mit 2 M HF besteht. Nach einem Trocknen und Reinigen nach bekannten Verfahren wird das Siliziumsubstrat im Vakuum durch ein Blitzlampentempern auf 580 °C erwärmt und dann auf 70 °C abgekühlt und steht für eine Beschichtung mit einem Metalloxid-Halbleiter bereit.

Beispiel 4

Zur Strukturierung der Oberflächenschicht eines Substrat aus einem p-dotierten, <100>-orientiertes Silizium mit einer Ladungsträgerdichte im Bereich von 10^{17} bis 10^{20} cm^{-3} wird das Siliziumsubstrat durch ein anisotropes Ätzverfahren nach Beispiel 2 behandelt.

Beispiel 5

Ein p-dotiertes, monokristallines, <100>-orientiertes Siliziumsubstrat mit einer Ladungsträgerdichte im Bereich zwischen 10^{17} bis 10^{20} cm^{-3} wird mit einer strukturierten Oberflächenschicht gemäß Beispiel 1 versehen, bevor es mit einem Metalloxid-Halbleiter beschichtet wird.

Beispiel 6

Polykristallines Silizium wird durch ein chemisches Gasabscheidungsverfahren oder durch ein anderes Verfahren als Siliciumschicht auf ein Substrat, vorzugsweise Quarzglas oder ein Glas hoher optischer Qualität, aufgebracht. Die gewünschte p-Dotierung wird eingeleitet und ein ohmscher Metallkontakt angebracht. Die poröse Oberflächenschicht der Siliziumschicht wird mit Hilfe elektrochemischer oder chemischer Verfahren in einem Bereich vorgesehen, die den aktiven Bereich des Infrarotsensors bestimmt. Nach einem standardisierten Reinigungsverfahren kann dann eine Metalloxid-Halbleiterschicht aufgebracht werden.

Beispiel 7

Ein polykristallines Silizium wird als aktive Schicht eines Substrats entsprechend dem Beispiel 6 verwendet. Nach der Herstellung der porösen Oberflächenschicht wird ein die bestehenden Poren erweiterndes Verfahren angewandt, um die Poren zu vergrößern,

sodass das einfallende Licht bei der gewünschten Wellenlänge im Nahbereich besser genützt werden kann.

Beispiel 8
Ein p-dotiertes, <100>-orientiertes Silizium mit einer Ladungsträgerdichte im Bereich von 10^{17} bis 10^{20} cm^{-3} wird mit einer Elektrode aus aufgedampftem Aluminium versehen. Es wird ein metallgestütztes Ätzen unter Einsatz von metallischen Nanopartikeln, vorzugsweise aus Silber, angewendet, die auf der Siliziumoberfläche physikalisch oder chemisch abgeschieden werden, um anschließend einer Lösung aus Wasserstoffperoxid und Fluorionen ausgesetzt zu werden. Dieses Verfahren ergibt eine nanodrahtartige Säulenoberflächenmorphologie. Nach dieser Nanostrukturierung der Oberflächenschicht wird das Substrat wiederum nach einem Trocknen und Reinigen einer Erwärmung im Vakuum durch ein Blitzlampentempern auf 580 °C und einer anschließenden Kühlung auf 70 °C ausgesetzt

Beispiel 9
Es wird wie im Beispiel 8 eine Nanodrahtstruktur des Siliziumsubstrats vorgesehen. Allerdings wird ein monokristallines, <111>-orientiertes Silizium verwendet.

Zum Beschichten der nach den Beispielen 1 bis 9 mit einer strukturierten Oberflächenschicht 6 versehenen Siliziumsubstrate können ebenfalls unterschiedliche, bekannte Verfahren zum Einsatz kommen. So ist es beispielsweise möglich die Metalloxid-Halbleiterschicht als Sol-Gel-Schicht durch eine Tauchbeschichtung auf die strukturierte Oberfläche des Siliziumsubstrats aufzubringen, um eine konforme Beschichtung mit einheitlicher Schichtdicke zu erreichen. Es kann aber auch ein Sol-Gel-Prozess mithilfe einer Schleuderbeschichtung durchgeführt werden.

Anstelle eines Sol-Gel-Prozesses kann aber auch beim Vorsehen eines entsprechenden Metalltargets ein reaktives Hochfrequenzsputtern zur Beschichtung des oberflächenstrukturierten Siliziumsubstrats mit einem Metalloxid treten oder die Metalloxid-Halbleiterschicht durch ein thermisches Aufdampfen oder ein Laserstrahlverdampfen aufgebracht werden. Es kommt ja nur darauf an, die jeweils zum Einsatz kommende Metalloxid-Halbleiterschicht, vorzugsweise auf Basis von Zinkoxid oder Titan(IV)-oxid als Dünnschicht in einer gleichmäßigen Dicke von z. B. 10 nm bis

150 nm, vorzugsweise von 40 bis 100 nm, auf die strukturierte Oberflächenschicht des Siliziumsubstrats aufzutragen. Auf die Metalloxid-Halbleiterschicht kann dann zur Vervollständigung des Infrarotsensors eine Elektrode beispielsweise aus Aluminium aufgedampft werden.

Die Ansprechempfindlichkeit der erfindungsgemäßen Infrarotsensoren mit einem Siliziumsubstrat gemäß den Beispielen 1 bis 9 und einer Metalloxid-Halbleiterschicht aus Zinkoxid oder Titan(IV)-oxid beginnt bei 2700 µm, wobei eine Spitzenempfindlichkeit im Bereich von 1,5 µm festgestellt werden konnte.

Aus der Fig. 3 wird der Stromdichteverlauf gegenüber einem Infrarotsensor mit einem vergleichbaren Heteroübergang, jedoch ohne Nanostrukturierung der Oberfläche der Siliziumschicht deutlich. Auf der Abszisse ist die Spannung in V und auf der Ordinate die Stromdichte in mA/cm^2 in einem logarithmischen Maßstab aufgetragen. Der Stromdichteverlauf 7 eines Infrarotsensors auf der Basis eines Siliziumsubstrats gemäß Beispiel 2 ist mit einer vollen Linie gegenüber dem strichliert eingezeichneten Stromdichteverlauf 8 des unstrukturierten Vergleichsbeispiels eingezeichnet. Die Infrarotbestrahlung erfolgte jeweils mit 40 mW/cm^2 bei einer Wellenlänge von 1,55 µm.

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Infrarotsensor mit einer ersten und einer zweiten je an eine Elektrode (3, 4) angeschlossenen Halbleiterschicht (1, 2), wobei die erste Halbleiterschicht (1) aus Silizium mit der zweiten Halbleiterschicht (2) einen Heteroübergang bildet, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Halbleiterschicht (2) aus einem Metalloxid-Halbleiter aufgebaut ist.

2. Optoelektronischer Infrarotsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Halbleiterschicht (1) aus p-dotiertem Silizium und die zweite Halbleiterschicht (2) aus einem Metalloxid-Halbleiter mit einer negativen Polarität der Majoritätsladungsträger aufgebaut sind.

3. Optoelektronischer Infrarotsensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Halbleiterschicht (1) eine nanostrukturierte und/oder mikrostrukturierte Oberflächenschicht (6) aufweist und dass die zweite Halbleiterschicht (2) die Oberflächenschicht (6) der ersten Halbleiterschicht (1) als Dünnschicht vollständig abdeckt.

4. Optoelektronischer Infrarotsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als erste Halbleiterschicht (1) ein p-dotiertes Silizium mit einer <100>- oder <111>-Orientierung vorgesehen ist.

5. Optoelektronischer Infrarotsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Halbleiterschicht (2) aus einem Metalloxid der ZnO, SnO_2, TiO_2, In_2O_3, GaInZnO, InZnO, HfInZnO und TiZnSnO enthaltenden Gruppe von Metalloxiden aufgebaut ist.

FIG.1

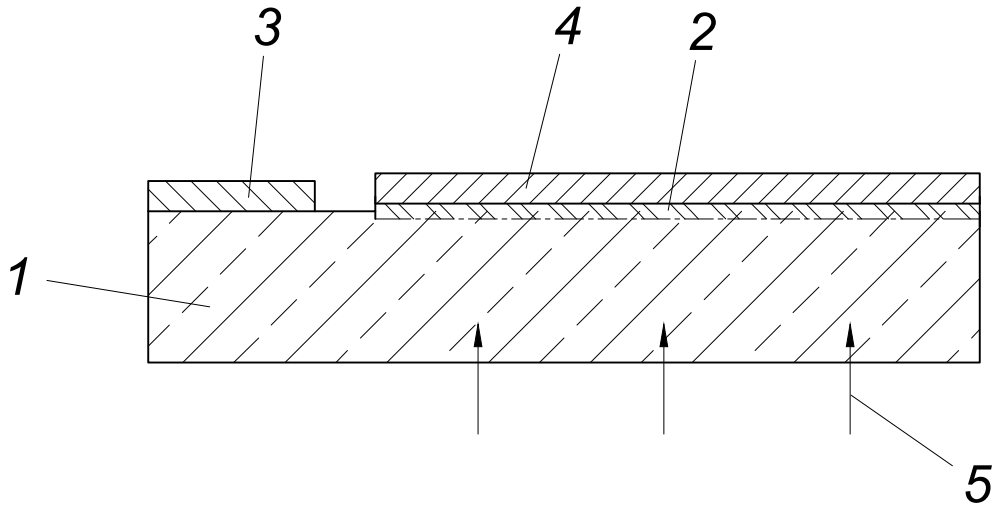


FIG.2

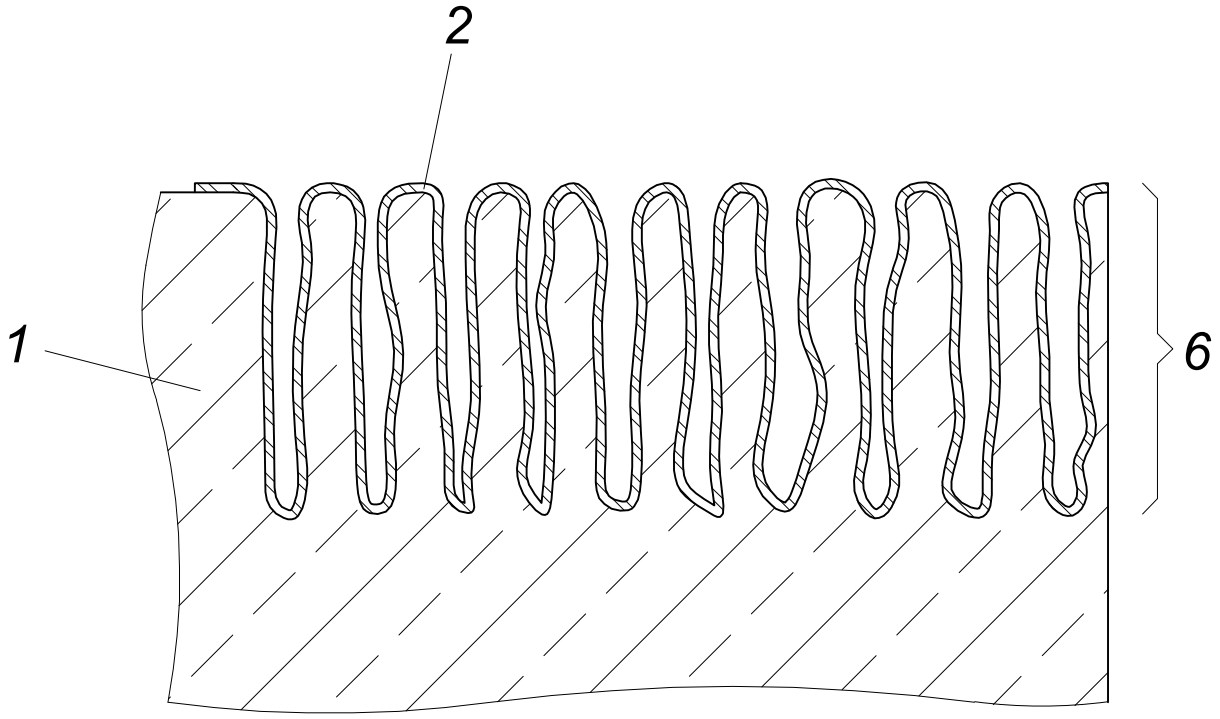
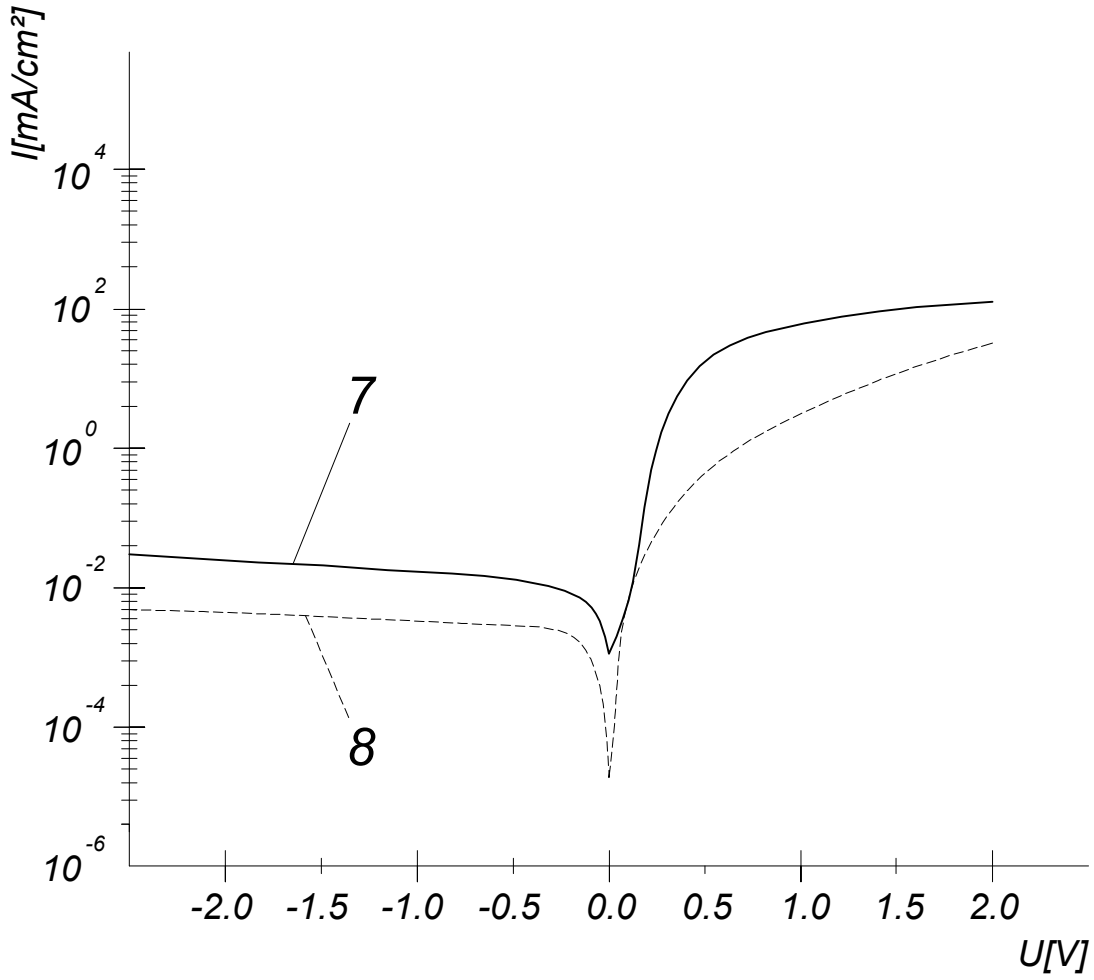


FIG.3



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H01L 31/109 (2006.01) ; *H01L 31/074* (2012.01); *H01L 51/42* (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H01L 31/109 (2013.01); *H01L 31/074* (2016.11); *H01L 51/4213* (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
H01L

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **01.09.2016** eingereichten Ansprüchen **1-5** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2013138635 A1 (UNIV PRINCETON et al.) 19. September 2013 (19.09.2013) Anspruch 1, Anspruch 2, Beschreibung Absatz 008 ff.	1, 2, 5
Y		3, 4
Y	AT 516109 A1 (UNIVERSITÄT LINZ) 15. Februar 2016 (15.02.2016) das ganze Dokument.	3, 4
A	US 2012211081 A1 (YAMAZAKI SHUNPEI et al.) 23. August 2012 (23.08.2012) Absatz 39-41.	1-5
A	US 2008264488 A1 (BALASUBRAMANIAN SRINI et al.) 30. Oktober 2008 (30.10.2008) Fig. 1, Beschreibung Abs. 75-78.	1-5

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
30.06.2017		ROBISCH Nicolas

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.