



(10) **DE 10 2016 011 383 A1** 2018.03.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 011 383.9**  
(22) Anmeldetag: **21.09.2016**  
(43) Offenlegungstag: **22.03.2018**

(51) Int Cl.: **H01L 31/08 (2006.01)**  
**H01Q 1/36 (2006.01)**  
**H04B 10/00 (2013.01)**  
**G01N 21/3581 (2014.01)**

(71) Anmelder:  
**BATOP GmbH, 07745 Jena, DE**

(72) Erfinder:  
**Richter, Wolfgang, 99425 Weimar, DE**

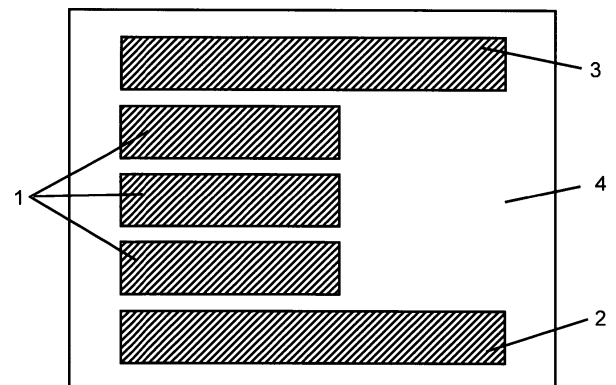
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Photoleitende Antenne zur Erzeugung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung**

(57) Zusammenfassung: Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine photoleitende Antenne anzugeben, die bei Verwendung als Sendeantenne eine große THz-Leistung mit einer hohen Radiance emittiert und bei Verwendung als Empfangsantenne eine hohe Effizienz bei der Umwandlung des empfangenen THz-Signals in eine Detektorspannung besitzt.

Die erfindungsgemäße photoleitende Antenne besteht aus zwei metallischen Kontakten 2, 3 auf einer Licht absorbierenden Halbleiterschicht 4. In der Lücke zwischen den metallischen Kontakten 2, 3 sind auf der Halbleiterschicht 4 ein oder mehrere nicht miteinander verbundene Metallflächen 1 angeordnet.

Die erfindungsgemäße Antenne kann als Terahertz Sender verwendet werden. Die Leistung der abgestrahlten THz-Strahlung ist größer als bei einer Antenne gleicher Länge mit einer kleinen Lücke zwischen den Antennenkontakten. Die Antenne kann auch zum Nachweis von THz-Strahlung verwendet werden. Die entstehende Signalspannung ist dabei größer als bei einer Antenne gleicher Länge mit einer kleinen Lücke zwischen den Antennenkontakten.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine photoleitende Antenne zur Erzeugung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung unter Verwendung von Laserlicht.

**[0002]** Als Terahertz (THz) Strahlung wird elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich von etwa 0,1 bis 10 THz bezeichnet. THz-Strahlung ist für den Menschen ungefährlich. Da THz-Strahlung dielektrische Stoffe wie beispielsweise Papier, Plaste, Textilien, Holz oder Schaumstoff durchdringt, können auch Objekte innerhalb von Verpackungen geortet werden. Mit THz-Messeinrichtungen können verpackte Produkte geprüft sowie Schichtdicken und Schichtzusammensetzungen dielektrischer Materialien während des Produktionsprozesses überwacht werden. Es gibt daher ein ökonomisches Interesse an kostengünstigen und effizienten Emittlern und Empfängern für THz-Strahlung.

**[0003]** Es ist bekannt, dass THz-Strahlung mit photoleitenden Antennen (englisch PCA – photoconductive antenna) unter Verwendung ultrakurzer Lichtpulse mit Pulsdauern  $\leq 1$  ps sowohl erzeugt als auch nachgewiesen werden kann (Patentschrift US 5 789 750). Eine photoleitende THz-Antenne besteht im Wesentlichen aus einer hochohmigen halbleitenden Schicht mit einer kurzen Relaxationszeit der Ladungsträger im Bereich einer Pikosekunde, welche auf einem ebenfalls hochohmigen Substrat aufgebracht ist und auf der eine elektrisch leitende Antennenstruktur in der Form zweier metallischer Kontakte beispielsweise in der Form eines Dipols mit einer Lücke als Unterbrechung im Zentrum der Antenne angeordnet ist. Zur Abstrahlung oder zum Nachweis von THz-Strahlung wird die Halbleiterschicht in der Lücke zwischen den Kontakten mit kurzen Laserpulsen bestrahlt. Die Photonenenergie der Laserpulse ist dabei größer als die elektronische Bandlücke der halbleitenden Schicht, so dass das Laserlicht in der halbleitenden Schicht absorbiert wird und bewegliche Ladungsträger erzeugt (US 5729017; WO 03/047036 A1).

**[0004]** Zur Abstrahlung von THz-Strahlung wird an der Antenne eine Spannung angelegt. Dadurch entsteht in der Lücke zwischen den metallischen Kontakten ein elektrisches Feld, dem die durch den optischen Puls erzeugten freien Ladungsträger folgen. In der Beschleunigungsphase der Ladungsträger wird elektromagnetische Strahlung im THz-Bereich emittiert. Der dabei entstehende elektrische Strom kompensiert das elektrische Feld in der Lücke, so dass in der Folge der Strom gestoppt wird. Dies führt erneut zur Emission von THz-Strahlung mit umgekehrter Polarität. Im Ergebnis der aufeinander folgenden Beschleunigung und Verzögerung der freien Ladungsträger in der Halbleiterschicht wird bei Anliegen einer elektrischen Spannung zwischen den Metallkon-

takten und dem Auftreffen eines Laserpulses auf die Halbleiterschicht in der Lücke zwischen den Kontakten ein THz-Puls abgestrahlt, dessen Verlauf der zeitlichen Ableitung des Intensitätsverlaufs des optischen Pulses entspricht. Wegen der geringen Relaxationszeit der Ladungsträger wird die halbleitende Schicht nach dem optischen Puls wieder hochohmig, so dass sich erneut ein elektrisches Feld in der Lücke zwischen den Kontakten aufbauen kann.

**[0005]** Zum Nachweis von THz-Strahlung kann eine photoleitende Antenne mit dem gleichen Aufbau wie zur Erzeugung von THz-Strahlung verwendet werden. Die halbleitende Lücke der Antenne wird dazu beim Eintreffen der zu messenden THz-Strahlung mit einem optischen Puls beleuchtet. Während der Beleuchtung werden freie Ladungsträger in der Halbleiterschicht erzeugt. Die Ladungsträger können dem zu messenden elektrischen THz-Feld zwischen den metallischen Kontakten folgen und dieses kompensieren. Nach dem optischen Puls wird die Halbleiterschicht wieder hochohmig so dass die vorher verschobenen Ladungsträger zwischen den Metallkontakten eine Spannung aufbauen, welche mit einem Spannungsverstärker nachgewiesen werden kann.

**[0006]** Die Form der beiden elektrischen Kontakte der photoleitenden Antenne bestimmt in starker Maße die spektrale Empfindlichkeit der Antenne, weil sich der elektrische Strom in der Halbleiterschicht in den Metallkontakten fortsetzt. Ein wesentliches Maß für die spektrale Empfindlichkeit der Antenne ist deren Länge. Mit kürzer werdender (Dipol)-Länge der Antenne steigt die Empfindlichkeit für höhere Frequenzen und verringert sich die Effizienz der Antenne für den gesamten Spektralbereich. Ein Kompromiss zwischen nutzbarem Spektralbereich und Signalamplitude bei niedrigen Frequenzen ist daher erforderlich.

**[0007]** Ungeachtet der Vielzahl in der Praxis verwendeter Formen photoleitender Antennen kann der Stand der Technik bezüglich ihrer Funktionsweise in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Photoleitende Antennen mit einer schmalen Lücke zwischen den Metallkontakten.
- Photoleitende Antennen mit einer breiten Lücke zwischen den Metallkontakten.
- Photoleitende Antennen mit Kontakten in der Form einer Interdigitalstruktur.

**[0008]** Die Vor- und Nachteile dieser Antennen-Kategorien werden nachstehend beschrieben, um den Erfindungsgedanken und den Nutzen der vorliegenden Erfindung zu erläutern.

**[0009]** Photoleitende Antennen mit einer schmalen Lücke zwischen den Metallkontakten sind beispielsweise in den Patentschriften US 5227621 A, US 020060152412 A1, DE 10 2006 010 297 B3 und

in der Publikation Applied Physics Letters Vol. 71, No. 15, p. 2076, 1997 beschrieben. Die Breite der Lücke zwischen den Metallkontakten liegt bei diesen Antennen im Bereich von 1 bis 10  $\mu\text{m}$ . Um die Bestrahlung der Lücke mit einem fokussierten Laserstrahl zu vereinfachen, wird zweckmäßig die Abmessung der Lücke senkrecht zur Stromrichtung etwa gleich der Breite der Lücke in Stromrichtung gewählt. Wird eine solche Antenne zur Erzeugung von THz-Strahlung eingesetzt, können Betriebsspannungen im Bereich von 5 bis 50 V verwendet werden. Die angelegte Spannung ist durch die Durchbruchspannung des verwendeten Halbleitermaterials und die Erwärmung durch den elektrischen Strom bei Beleuchtung sowie die absorbierte optische Energie begrenzt. Die Effizienz der Abstrahlung steigt mit wachsender elektrischer Feldstärke an der Sendeantenne. Die Effizienz der Empfangsantenne wird hauptsächlich durch das Verhältnis der elektrischen Widerstände der unbeleuchteten und beleuchteten Halbleiterschicht bestimmt. Es ist nicht zweckmäßig, eine Empfangsantenne mit einer größeren Lücke als etwa 10  $\mu\text{m}$  zu verwenden, weil in diesem Fall der beleuchtete Halbleiterwiderstand wesentlich größer ist als ein entsprechender metallischer Kontakt. Die von einer photoleitenden Sendeantenne mit einer schmalen Lücke erzeugte THz-Strahlung ist durch die maximale elektrische Stromstärke begrenzt, die ihrerseits durch die maximale Stromdichte in der Halbleiterschicht gegeben ist. Eine solche Antenne liefert zwar THz-Strahlung hoher Radiance (THz-Leistung pro Fläche und Raumwinkel), aber absolut geringer Leistung. Die hohe Radiance wird hauptsächlich durch die geringe Sendeoberfläche mit dem Durchmesser einer Wellenlänge der emittierten THz-Strahlung bestimmt. Wird eine solche Antenne als Empfänger eingesetzt, muss die zu messende THz-Strahlung exakt auf die Antenne fokussiert werden. Infolge von Abbildungsfehlern und Beugungseffekten der THz-Strahlführungsoptik ist der THz-Fokus auf der Empfängerseite meist größer als die Antenne, so dass nur ein Teil der ankommenden THz-Strahlung zur Messung genutzt werden kann.

**[0010]** Photoleitende Antennen mit einer breiten Lücke zwischen den Metallkontakten sind beispielsweise in den Publikationen IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 32, No. 10, p. 1839, 1996 und J. Opt. Soc. Am. B, Vol. 13, No. 11, p. 2424, 1996 sowie in der Patentschrift US64770881 beschrieben. Sie können zweckmäßig nur zur Erzeugung von THz-Strahlung verwendet werden. Solche Antennen besitzen meistens eine Lücke im Bereich von etwa 0,1 mm bis 10 mm und müssen zur Erzeugung der erforderlichen elektrischen Feldstärke im Halbleitermaterial mit Spannungen im Bereich von 100 V bis 10 kV betrieben werden. Es wurde experimentell gefunden, dass nicht die gesamte Lücke zwischen den Metallkontakten mit Laserlicht bestrahlt werden muss, sondern nur ein Bereich in der Nähe eines Kon-

takts. Der Vorteil dieser Antenne besteht darin, dass die Bandbreite der erzeugten THz-Strahlung nicht durch die Form der Metallkontakte bestimmt wird, sondern hauptsächlich durch die Eigenschaften und Größe der beleuchteten Halbleiterfläche. Bei geeigneter Wahl der Parameter kann ein breites THz-Frequenzspektrum erzeugt werden. Nachteilig an dieser Anordnung sind die erforderliche hohe Betriebsspannung, die große optische Pulsenergie zur Beleuchtung der großen Lücke sowie die geringe Effizienz der Umwandlung optischer Energie in THz Energie. Die wesentliche Ursache der geringen Umwandlungseffizienz von optischer Energie in Terahertz Energie ist die geringere elektrische Leitfähigkeit der beleuchteten Halbleiterschicht im Vergleich zu den metallischen Kontakten, welche bei dieser Antenne kaum in die Erzeugung der THz-Strahlung einbezogen werden.

**[0011]** Photoleitende Antennen mit Kontakten in der Form einer Interdigitalstruktur können gleichermaßen als Sende- und Empfangsantenne genutzt werden. Sie bilden ein Antennenarray, bei dem die einzelnen Antennen elektrisch parallel geschaltet sind. Durch geeignete Maßnahmen muss dafür gesorgt werden, dass bei einer solchen Interdigitalstruktur nur jede zweite Lücke zwischen den Metallkontakten beleuchtet wird, um eine Auslöschung der Signale im Fernfeld zu vermeiden. Dazu kann entweder jede zweite Lücke mit einer lichtundurchlässigen Schicht abgedeckt werden (Patent DE 10 2004 046 123 A1) oder nur jede zweite Lücke mit einem geeigneten Mikrolinsenarray beleuchtet werden (Patent DE 2006 059 573 B3). Eine weitere Lösung dieses Problems ist in der Patentschrift DE 10 2006 014 801 A1 angegeben. Hier wird die photoleitende Halbleiterschicht in jedem zweiten Fingerabstand entfernt.

**[0012]** Auf der Sendeseite addieren sich die THz-Felder aller Einzelemitter, während sich auf der Empfängerseite die Ströme aller Einzeldetektoren addieren. Obwohl die abgestrahlte THz-Leistung eines solchen Antennenarrays größer ist als die eines Einzel-Emitters, ist deren Radiance geringer wegen der wesentlich größeren Sendeoberfläche. Nachteilig ist bei dieser Anordnung, dass die erforderliche geringe Leiterbreite der Metallfinger den Strom bei Beleuchtung der Antenne begrenzt, weshalb die abgestrahlte Leistung geringer ist als die Summe entsprechend vieler Einzelantennen. Bei Verwendung der Antenne als Empfänger ist der parallel geschaltete Dunkelwiderstand des Halbleitermaterials zwischen den Fingern sehr klein und es wird deshalb in den Pausen zwischen den optischen Pulsen ein Teil der während des optischen Pulses erzeugten Signalspannung an diesem Widerstand in Wärme umgesetzt und geht deshalb als Signal verloren.

**[0013]** Fasst man den Stand der Technik bei photoleitenden Antennen zusammen, dann kann man folgende Feststellungen treffen:

- Die höchste Radiance besitzt eine Antenne mit geringer Lücke. Ihre maximal abgestrahlte THz-Leistung ist hauptsächlich durch den Leistungsumsatz und die dabei erzeugte Wärme in der kleinen Lücke begrenzt und deshalb gering.
- Antennen mit großer Lücke können zur Erzeugung breitbandiger THz-Strahlung mit etwas größerer abgestrahlter Leistung verwendet werden. Infolge des relativ großen elektrischen Widerstands des beleuchteten Halbleitermaterials im Verhältnis zum Widerstand einer Metallschicht sind jedoch die elektrische Stromdichte im Halbleitermaterial und die erreichbare Radiance geringer als bei einer Antenne mit kleiner Lücke.
- Antennen mit Kontakten in der Form einer Interdigitalstruktur sind als breitbandige Sendeantennen mit größerer abgestrahlter Leistung und als breitbandige Empfangsantennen mit größerer Empfängerfläche verwendbar. Die Effizienz als Sendeantenne wird hauptsächlich durch den elektrischen Widerstand der schmalen und langen metallischen Finger begrenzt. Außerdem ist die Radiance der Antenne geringer als die eines Einzelemitters, weil ihre laterale Ausdehnung wesentlich größer ist als die abgestrahlte Wellenlänge. Die Effizienz als Empfangsantenne wird durch die Parallelschaltung der halbleitenden Flächen infolge des Leckstromes verringert.

**[0014]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine photoleitende Antenne anzugeben, die bei Verwendung als Sendeantenne eine große THz-Leistung mit einer hohen Radiance emittiert und bei Verwendung als Empfangsantenne eine hohe Effizienz bei der Umwandlung des empfangenen THz-Signals in eine Detektorspannung besitzt.

**[0015]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass gemäß Patentanspruch 1 innerhalb der Lücke zwischen den elektrischen Kontakten der photoleitenden Antenne auf der Licht absorbierenden Halbleiterschicht ein oder mehrere nicht miteinander verbundene Metallflächen angeordnet sind.

**[0016]** Der wesentliche Erfindungsgedanke besteht bei der Verwendung der Antenne als Emitter darin, dass die Vorteile einer Antenne mit großer Lücke (große Sendefläche und Bandbreite) mit der hohen Radiance einer Antenne mit kleiner Lücke verbunden werden. Bei der erfindungsgemäßen Antenne werden Teile der Halbleiterschicht in der Lücke zwischen den Kontakten durch Metallflächen bedeckt und dadurch kurzgeschlossen. Auf diese Weise wird die integrale elektrische Leitfähigkeit zwischen den Kontakten erhöht und eine größere Stromstärke und THz-Leistung bei Beleuchtung ermöglicht. Bei Verwendung der erfindungsgemäßen Antenne als De-

tektor werden durch das zu messende THz-Feld bei jeder Beleuchtung der Halbleiterschicht Ladungsträger zwischen benachbarten Metallflächen verschoben und dort infolge der Kapazität der Metallflächen gespeichert. Die Spannungen zwischen den Metallflächen addieren sich und führen dadurch zu einer höheren Signalspannung zwischen den Kontakten als bei einer Antenne mit kleiner Lücke.

**[0017]** Die Vorteile der erfindungsgemäßen Antenne können wie folgt angegeben werden: Beim Einsatz der Antenne zur Erzeugung von THz-Strahlung entsteht infolge der angelegten Betriebsspannung zwischen den Kontakten eine höhere elektrische Feldstärke in den frei gebliebenen Bereichen der Halbleiterschicht als bei einer Antenne mit großer Lücke, weil die mit den Metallflächen bedeckten Halbleiterbereiche kurzgeschlossen sind. Der Leistungsumsatz pro Fläche bei der Erzeugung des elektrischen Stroms durch Beleuchtung der Halbleiterschicht kann dadurch ebenso groß sein wie bei einer Antenne mit kleiner Lücke. Weil aber die beleuchtete Halbleiterfläche zwischen den Kontakten der erfindungsgemäßen Antenne insgesamt größer ist als bei einer Antenne mit kleiner Lücke kann eine größere Gesamt-Stromstärke und damit eine größere THz-Leistung erzeugt werden. Solange die lateralen Abmessungen der Antenne, die hauptsächlich durch den Abstand der Kontakte und die Breite des Strom führenden Bereichs gegeben sind, nicht größer sind als die Wellenlänge der THz-Strahlung, besitzt die erfindungsgemäße Antenne etwa die Radiance einer Antenne mit kleiner Lücke, aber infolge der größeren genutzten Halbleiterfläche eine höhere Gesamtleistung.

**[0018]** Die erfindungsgemäße Antenne kann im Gegensatz zu einer Antenne mit kleiner Lücke so gestaltet werden, dass ihre Länge in Richtung des elektrischen Stromes etwa gleich dem Abstand der elektrischen Kontakte ist. In diesem Fall kann fast die gesamte Länge der Antenne zur Energieumwandlung in THz-Strahlung eingesetzt werden, was zu einer hohen Effizienz bei der Erzeugung der THz-Strahlung führt.

**[0019]** Wird die erfindungsgemäße Antenne zum Empfang von THz-Strahlung eingesetzt, dann besitzt sie einen hohen elektrischen Widerstand im unbeleuchteten Zustand, weil die Halbleiterbereiche zwischen den Metallflächen elektrisch in Reihe geschaltet sind. Dadurch verringert sich der Leckstrom zwischen den Kontakten der Antenne im unbeleuchteten Zustand und es geht in der Zeit zwischen den Laserpulsen weniger Signalspannung verloren als bei einer Antenne mit einer kleinen Lücke zwischen den Kontakten. Die erfindungsgemäße Antenne liefert eine höhere Signalspannung als eine Antenne mit kleiner Lücke. Demzufolge besitzt die erfindungsgemäße Antenne eine höhere Effizienz bei der Umwandlung von THz-Strahlung in eine Detektorspannung.

**[0020]** Entsprechend Patentanspruch 2 ist es zweckmäßig, wenn die Metallflächen zwischen den elektrischen Kontakten die Form von Rechtecken besitzen, die mit ihren langen Seiten parallel zueinander auf der Halbleiterschicht senkrecht zur Stromrichtung angeordnet sind. In diesem Fall kann bei Beleuchtung der Halbleiterschicht ein großer Strom fließen, der proportional zur Längsausdehnung der rechteckigen Metallflächen ist.

**[0021]** Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist im Patentanspruch 3 erläutert. Um die optische Energie eines auf die Antenne fokussierten Laserstrahls zur Anregung von Ladungsträgern in den halbleitenden Bereichen effizient zu nutzen, soll der Abstand zwischen den beiden elektrischen Kontakten etwa gleich der Längsausdehnung der parallel angeordneten Metallflächen zwischen diesen Kontakten sein.

**[0022]** Um eine gleichmäßige Verteilung der zwischen den Kontakten der Antenne angelegten Spannung auf die nicht abgedeckten Halbleiterflächen zwischen den Kontakten zu erreichen, ist es gemäß Patentanspruch 4 zweckmäßig, wenn alle Abstände zwischen den Metallflächen gleich groß sind. Ein wesentlicher Erfindungsgedanke besteht wie oben beschrieben darin, dass ein Teil der Halbleiterschicht zwischen den Kontakten der Antenne mit Metallflächen bedeckt ist und damit der Energieumsatz auf die verbleibenden unbedeckten Halbleiterflächen konzentriert wird. Gemäß Patentanspruch 4 ist es daher günstig, wenn die Abstände zwischen den Metallflächen kleiner sind als die Ausdehnung der Metallflächen in Stromrichtung zwischen den Kontakten.

**[0023]** Zur effizienten Nutzung des Laserlichts ist es nach Patentanspruch 5 zweckmäßig, wenn über der strukturierten Metallschicht ein Array aus Zylinderlinsen angeordnet ist, wobei diese Zylinderlinsen senkrecht zur Halbleiterschicht einfallendes Licht in die Lücken zwischen den Metallflächen fokussieren. Mit einer solchen Anordnung kann man mit einer geringeren Laserleistung zur gleichen Effizienz der erfindungsgemäßen Antenne kommen, weil die Beleuchtung der Metallflächen keinen nutzbaren Effekt bei der Erzeugung oder dem Nachweis der THz-Strahlung verursacht.

**[0024]** Eine weitere zweckmäßige Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antenne wird im Patentanspruch 6 vorgeschlagen. Dabei besteht die Licht absorbierende Halbleiterschicht aus Gallium-Arsenid oder aus einer Indium-Gallium-Arsenid Legierung mit einer geringen Relaxationszeit für angeregte Elektronen und die strukturierte Metallschicht besteht aus Gold. Der Vorteil der III-IV-Halbleiter als Absorberschicht besteht in ihrer hohen Ladungsträgerbeweglichkeit. Die Verwendung von Gold als Metallschicht verbindet die Vorzüge hoher elektrischer Leitfähigkeit mit chemischer Stabilität.

**[0025]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt in **Fig. 1** die Aufsicht auf die Struktur einer erfindungsgemäßen Antenne mit drei voneinander getrennten Metallflächen **1** zwischen den Kontakten **2** und **3** der Antenne. Die Abstände zwischen den Metallflächen **1** und den Kontakten **2, 3** betragen jeweils  $5\ \mu\text{m}$ . Die Ausdehnung der rechteckigen Metallflächen **1** in Richtung des elektrischen Stroms zwischen den beiden elektrischen Kontakten **2, 3** beträgt einheitlich  $20\ \mu\text{m}$ . Die rechteckigen Metallflächen besitzen in ihrer Längsrichtung eine Ausdehnung von  $80\ \mu\text{m}$ . Ihre Länge ist damit gleich dem Abstand der beiden elektrischen Kontakte **2, 3**. Die Halbleiterschicht **4** besteht aus GaAs mit einer Relaxationszeit der Ladungsträger von  $500\ \text{fs}$ . Alle Metallschichten bestehen aus einer  $200\ \text{nm}$  dicken Gold-Schicht auf einer wenigen Nanometer dicken Haftschiicht aus Titan.

**[0026]** Die gesamte Länge der Antenne von  $120\ \mu\text{m}$  bestimmt die Designwellenlänge beziehungsweise die Designfrequenz, bei der die höchste Effizienz besteht. Die Designwellenlänge beträgt etwa  $0,7\ \text{mm}$  und die entsprechende Designfrequenz etwa  $0,4\ \text{THz}$ . Bei geringeren oder höheren Frequenzen verringert sich die Effizienz der Antenne. Der Abfall ist zu höheren Frequenzen wegen der endlichen Ladungsträger-Relaxationszeit stärker.

**[0027]** Die Antenne kann als Sender mit einer Spannung von ca.  $100\ \text{V}$  und einer mittleren optischen Leistung von ca.  $200\ \text{mW}$  eines Femtosekunden-Lasers mit einer Repetitionsrate von  $100\ \text{MHz}$  betrieben werden. In diesem Fall ist die Leistung der erzeugten THz-Strahlung etwa um eine Größenordnung größer als bei einer Antenne gleicher Länge mit einer kleinen Lücke zwischen den Antennenkontakten. Mit der gleichen optischen Leistung kann die Antenne auch zum Nachweis von THz-Strahlung verwendet werden. Die entstehende Signalspannung ist dabei etwa um den Faktor 4 größer als bei einer Antenne gleicher Länge mit einer kleinen Lücke zwischen den Antennenkontakten.

**ZITATE ENHALTEN 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 5789750 [0003]
- US 5729017 [0003]
- WO 03/047036 A1 [0003]
- US 5227621 A [0009]
- US 020060152412 A1 [0009]
- DE 102006010297 B3 [0009]
- US 64770881 [0010]
- DE 102004046123 A1 [0011]
- DE 2006059573 B3 [0011]
- DE 102006014801 A1 [0011]

### Patentansprüche

1. Photoleitende Antenne zur Erzeugung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung unter Verwendung von Laserlicht, bestehend aus einer strukturierten Metallschicht auf einer Licht absorbierenden Halbleiterschicht, wobei die strukturierte Metallschicht zwei durch eine Lücke voneinander getrennte elektrische Kontakte besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb der Lücke zwischen den elektrischen Kontakten (2, 3) auf der Licht absorbierenden Halbleiterschicht (4) ein oder mehrere nicht miteinander verbundene Metallflächen (1) angeordnet sind.

2. Photoleitende Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallflächen (1) zwischen den elektrischen Kontakten (2, 3) die Form von Rechtecken besitzen und mit ihren langen Seiten parallel zueinander senkrecht zur Stromrichtung zwischen den elektrischen Kontakten (2, 3) auf der Licht absorbierenden Halbleiterschicht (4) angeordnet sind.

3. Photoleitende Antenne nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge der Metallflächen (1) etwa gleich dem Abstand zwischen den elektrischen Kontakten (2, 3) ist.

4. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle Abstände zwischen den Metallflächen (1) untereinander gleich sind und dass die Breite der Metallflächen (1) in Stromrichtung zwischen den Kontakten (2, 3) größer ist als die Abstände zwischen den Metallflächen (1).

5. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Array aus Zylinderlinsen über den rechteckigen Metallflächen (1) so angeordnet ist, dass senkrecht auf das Array aus Zylinderlinsen einfallendes Licht in die Lücken zwischen den Metallflächen (1) fokussiert wird.

6. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Licht absorbierende Halbleiterschicht (4) aus Gallium-Arsenid oder aus einer Indium-Gallium-Arsenid Legierung mit einer geringen Relaxationszeit für angeregte Ladungsträger besteht und dass die strukturierte Metallschicht (1) aus Gold besteht.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

