



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 031 751 B3 2009.08.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 031 751.9**

(22) Anmeldetag: **04.07.2008**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.08.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01S 4/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
BATOP GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:
**Hohmuth, Rico, 07745 Jena, DE; Richter,
 Wolfgang, 99425 Weimar, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseite

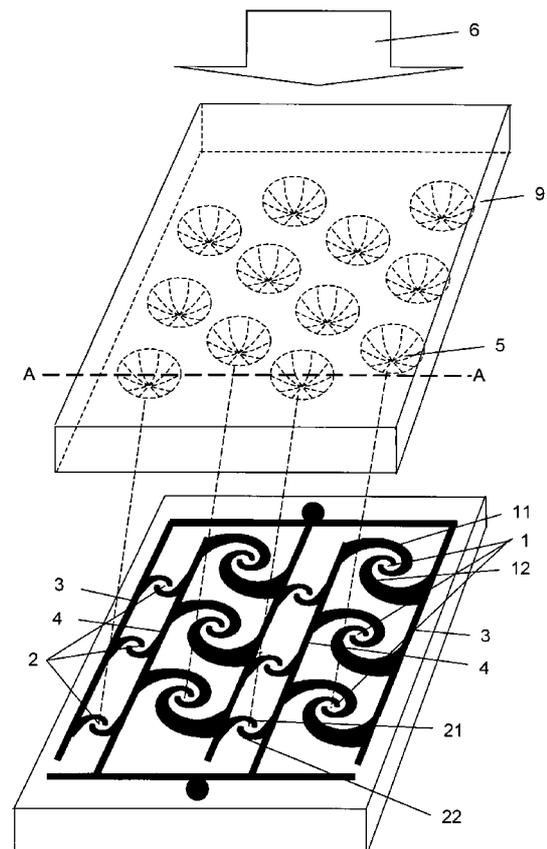
(54) Bezeichnung: **Photoleitende Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung**

(57) Zusammenfassung: Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine photoleitende Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung anzugeben, die eine bessere Nutzung der Antennenfläche gegenüber den bekannten Anordnungen von Antennenarrays besitzt und dadurch als Sendeantenne eine höhere Terahertz-Strahlungsleistung als eine bekannte großflächige photoleitende Antenne liefert oder beim Einsatz als Empfangsantenne einen größeren Strom als die bekannten photoleitenden Antennen liefert.

Die erfindungsgemäße photoleitende Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung besteht aus einem Array von Spiralantennen mit jeweils zwei Spiralarmlen 11, 12, 21, 22 und zugehörigen elektrischen Speiseleitungen 3, 4, welche die Form einer interdigitalen Finger-Struktur besitzen und mittels eines Linienarrays 5 mit Laserlicht 6 bestrahlt werden. Die Spiralantennen sind zwischen den interdigitalen Speiseleitungen 3, 4 in Reihen angeordnet. Die Spiralantennen in benachbarten Antennenreihen 1, 2 besitzen den gleichen Windungssinn, unterscheiden sich jedoch bezüglich der Windungszahl um eine halbe Windung. Die Brennpunkte der einzelnen Linsen des Linienarrays 5 befinden sich an der Oberfläche der photoleitenden Antenne jeweils zwischen den Anfängen der beiden Spiralarmlen 11, 12 beziehungsweise 21, 22 im Zentrum einer jeden Spiralantenne.

Die erfindungsgemäße Anordnung kann zur Materialanalyse im Terahertz-Spektralbereich eingesetzt werden.

Zeichnung
 Fig. 1 der ...





(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 031 751 B3**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2006 059573 B3
US 2003/00 76 274 A1
US 52 23 849 A
US 2005/01 68 314 A1
JP 2007-3 24 310 AA
US 57 89 750 A
WO 2008/0 54 846 A2
US 57 29 017 A
WO 03/0 47 036 A1
WO 02/0 60 017 A1
US 2006/01 52 412 A1
KR1020050015 364A
JP 58-1 23 203 AA
JP 2001-0 60 821 AA
JP 2008-0 28 872 AA
CA 22 92 635
CA 25 75 130
US 2004/00 56 823 A1
JP 06-2 68 434 A
KR1020050057 464A
US 64 66 177 B1
US 67 81 560 B2
US 65 25 697 B1
US 66 46 621 B1
CA 24 24 027 C
US 68 42 157 B2
JP 58-1 34 511 AA
DE 10 2004 046123 A1
DE 10 2006 014801 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine photoleitende Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung.

[0002] Als Terahertz-Strahlung wird elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich von etwa 0,1 bis 100 THz bezeichnet. Da es im Frequenzbereich der Terahertz-Strahlung Molekülschwingungen zahlreicher Stoffe gibt, kann mittels Absorptionsspektroskopie im Terahertz-Bereich die Untersuchung von Substanzen erfolgen und auch der Nachweis bestimmter chemischer Verbindungen geführt werden. Objekte können auch materialspezifisch mittels Terahertz-Strahlung in Transmission oder Reflexion abgebildet werden. Es gibt daher ein wissenschaftlich-technisches Interesse an kostengünstigen und effizienten Emittlern und Detektoren für Terahertz-Strahlung.

[0003] Es ist bekannt, dass Terahertz-Strahlung mit photoleitenden Antennen (englisch PCA – photoconductive antenna) unter Verwendung ultrakurzer Lichtpulse mit Pulsdauern ≤ 1 ps sowohl erzeugt als auch nachgewiesen werden kann (Patentschrift US 5 789 750 A). Ebenso können photoleitende Antennen als Photomischer zur Erzeugung von Terahertz-Strahlung eingesetzt werden, wenn zwei Laserstrahlen mit einer Differenzfrequenz im THz-Bereich von der Antenne absorbiert werden (Patentschrift WO 2008/054 846 A2). Eine photoleitende Terahertz-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 beispielsweise in der Form eines Dipols oder einer Spiralantenne mit einer Lücke als Unterbrechung im Zentrum der Antenne angeordnet ist. Zur Abstrahlung oder zum Nachweis von Terahertz-Strahlung wird die Halbleiterschicht in der Lücke der Antenne 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 5 729 017 A; WO 03/047036 A1).

[0004] Zur Abstrahlung von Terahertz-Strahlung wird an der Antenne eine Spannung angelegt. Dadurch entsteht in der Lücke der Antenne ein elektrisches Feld, dem die durch den optischen Puls erzeugten freien Ladungsträger folgen. In der Beschleunigungsphase der Ladungsträger wird elektromagnetische Strahlung im Terahertz-Bereich emittiert. Wegen der geringen Relaxationszeit der Ladungsträger wird der entstandene elektrische Strom anschließend sehr schnell wieder gestoppt, was wiederum zur Abstrahlung von Terahertz-Strahlung

führt.

[0005] Zum Nachweis von Terahertz-Strahlung wird an die photoleitende Antenne ein Stromverstärker angeschlossen. Ein Strom ist dann messbar, wenn an der Antenne ein elektrisches Feld der Terahertz-Strahlung anliegt und gleichzeitig ein Laserpuls in der halbleitenden Lücke der Antenne freie Ladungsträger erzeugt.

[0006] Dem breiten Einsatz von THz-Messsystemen steht gegenwärtig hauptsächlich die geringe Leistung bekannter Terahertz-Emittier im Wege, die bestenfalls wenige Milliwatt abstrahlen. Da die für die Erzeugung von Terahertz-Strahlung erforderliche Laserleistung teuer ist, kommt es bei der Konstruktion der photoleitenden Emittierantenne darauf an, eine hohe Effizienz bei der Umwandlung von Laserleistung in Terahertz-Leistung zu erreichen.

[0007] Neben einfachen Dipolantennen (Patentschriften US 5 729 017 A, WO 02/060017 A1) und sogenannten bow tie Antennen (Patentschrift US 2006/0152412 A1) sind vor allem Spiralantennen für die effiziente Abstrahlung oder den Empfang elektromagnetischer Wellen bekannt (Laser Focus World, Heft Juni 2008, Seiten 94–97; Patentschriften KR 10 2005 0015364 A, JP 58123203 A, JP 2001060821 A, JP 2008028872 A, CA 2 292 635, CA 2 575 130). Bekannt sind auch breitbandige Spiralantennen, die in der Form selbstähnlicher logarithmischer Spiralarme ausgeführt sind (Patentschriften US 2004/005 682 3 A1, JP 06 268 434 A, KR 10 2005 0057464 A). Beim Einsatz solcher Antennen für die Erzeugung von Terahertz-Strahlung ist jedoch die abgestrahlte Leistung dadurch begrenzt, dass die Lücke der Antenne nur mit einer geringen optischen Leistung bestrahlt werden kann, um eine Zerstörung der Antenne infolge der lokalen thermischen Belastung zu vermeiden. Aus dem gleichen Grunde ist auch die an der Lücke der Antenne anliegende Spannung begrenzt.

[0008] Für passive Anwendungen wurden Antennenarrays aus Spiralantennen mit unterschiedlichen Abständen und Größen vorgeschlagen. Antennenarrays aus Dipol- oder Spiral-Antennen, teilweise mit einer Kombination unterschiedlicher Einzelantennen werden in der Patentschrift US 5 223 849 A zur breitbandigen Absorption elektromagnetischer Wellen im Frequenzbereich von etwa 2–18 GHz angegeben, um eine für Radarstrahlen nicht reflektierende Oberfläche zu realisieren. In der Patentschrift US 2005/01 68 314 A1 werden Antennenarrays aus Spiralantennen, welche über elektrische Widerstände mit einer gemeinsamen elektrisch leitfähigen Platte verbunden sind, zur Realisierung definierter Reflexionseigenschaften elektromagnetischer Wellen im Frequenzbereich von einigen GHz beschrieben. Derartige Antennenanordnungen sind jedoch nicht zur Emission oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung geeignet.

net.

[0009] Um die abgestrahlte Leistung und die Richtcharakteristik zu erhöhen, können im Fall einer konventionellen Speisung der Sendeantennen mit einem Hochfrequenzgenerator Arrays von Antennen eingesetzt werden, die im Falle von phased Arrays auch eine einstellbare Abstrahlrichtung besitzen (Patentschriften US 6 466 177 B1, US 6 781 560 B2, US 6 525 697 B1, US 6 646 621 B1, CA 242 402 7 C, US 6 842 157 B2, JP 58 134 511 A). Um unerwünschte seitliche Abstrahlrichtungen infolge der Interferenz regelmäßig aufgebauter Antennenarrays zu vermeiden, werden in der Patentschrift US 2003/00 76 274 A1 Array-Antennen vorgeschlagen, die aus nicht periodisch angeordneten Sub-Arrays bestehen. Für die Emission von Terahertz-Strahlung können Antennen jedoch nicht in gleicher Weise zusammengeschaltet werden, wie das in der Hochfrequenztechnik üblich ist, weil über die elektrischen Speiseleitungen von Terahertz-Antennen keine Hochfrequenz, sondern eine Gleichspannung zugeführt wird, die erst durch die Bestrahlung der Lücke der Antenne zur Erzeugung eines Terahertz-Pulses führt. Ein einfaches Array von Einzelantennen, die mit parallelen elektrischen Speiseleitungen in der Form einer Interdigitalstruktur zusammengeschaltet sind, führt jedoch infolge der unterschiedlichen Phase benachbarter Antennenreihen zur Auslöschung des Terahertz-Signals und ist deshalb nicht zweckmäßig.

[0010] Um eine destruktive Interferenz bei der Zusammenschaltung von Terahertz-Dipolantennen zu vermeiden, wurde eine interdigitale Fingerstruktur der Speiseleitungen vorgeschlagen, bei der jede zweite Fingerstruktur mit einer für das anregende Laserlicht undurchlässigen Schicht abgedeckt ist (Patentschrift DE 10 2004 046 123 A1). Dadurch wird erreicht, dass die zwischen den Fingern der Interdigitalstruktur abgestrahlten Terahertz-Wellen eine einheitliche Polarisationsrichtung und Phase aufweisen und sich im Fernfeld konstruktiv überlagern. Obwohl bei der Verwendung einer solchen Terahertz-Strahlungsquelle mit teilweise abgedeckter Interdigitalstruktur erheblich größere Terahertz-Strahlungsleistungen als mit einer einfachen Dipolantenne erreichbar sind, wird die Effizienz solcher Antennen aus folgenden zwei Gründen beschränkt: Erstens geht mehr als die Hälfte der Laserleistung durch die Bestrahlung der abgedeckten Antennenbereiche ungenutzt verloren und zweitens wird weniger als die Hälfte der Antennenfläche für die Emission der Terahertz-Strahlung genutzt.

[0011] Der Verlust von etwa der Hälfte der Laserleistung kann mit der in der Patentschrift DE 10 2006 059 573 B3 vorgeschlagenen interdigitalen Antennenstruktur mit einem Linsenarray zur Beleuchtung vermieden werden. Allerdings besitzt auch diese Antennenanordnung den Nachteil, dass die für die

Emission der Terahertz-Strahlung eingesetzte Antennenfläche nur etwa der Hälfte der gesamten Antennenfläche entspricht, weil zur Gewährleistung der Phasengleichheit der emittierten Terahertz-Strahlung nur jeder zweite Zwischenraum der interdigitalen Fingerstruktur für die Abstrahlung genutzt werden kann.

[0012] Ein Vorschlag, mittels eines geeignet geformten Linsenarrays sowohl die gesamte Laserleistung als auch die gesamte Antennenfläche zur Emission von Terahertz-Strahlung zu nutzen, ist in der Patentschrift JP 2007-324 310 A beschrieben. Dazu wird ein speziell geformtes Linsenarray beschrieben, welches mittels einer strukturierten Phasenplatte eine interdigitale Antennenstruktur so beleuchtet, dass jeder zweite Zwischenraum der Finger zu einem späteren Zeitpunkt mit dem anregenden Laserpuls beleuchtet wird. Dadurch wird eine destruktive Interferenz der emittierten Terahertz-Strahlung vermieden (siehe **Abb. 12**). Allerdings wird dadurch die Terahertz-Pulsdauer um mindestens eine halbe Periode verlängert oder es entstehen zwei getrennte Terahertz Pulse, was zu einer eingeschränkten Nutzbarkeit einer solchen Strahlungsquelle in einem Terahertz Time-Domän Messsystem führt. Darüber hinaus ist der technische Aufwand zur Erzeugung des Linsenarrays zusammen mit der Phasenplatte sehr hoch, was die Kosten dieser Anordnung vergrößert.

[0013] Eine weitere Lösung zur Vermeidung der destruktiven Interferenz von Terahertz-Strahlung, die in Interdigital-Antennen erzeugt wird, ist in der Patentschrift DE 10 2006 014 801 A1 angegeben. Es wird vorgeschlagen, das photoleitende Halbleitermaterial der Antenne auf einem elektrisch isolierenden Substrat aufzubringen und dieses Material in jedem zweiten Zwischenraum der Fingerstrukturen zu entfernen. Dadurch wird die Terahertz-Strahlung nur in jedem zweiten Zwischenraum der Interdigitalantenne erzeugt und überlagert sich konstruktiv. Die Nachteile dieser Anordnung bestehen neben der komplizierten Herstellungstechnologie der Antenne darin, dass nur ein Teil des Laserlichtes genutzt wird und nur jeder zweite Zwischenraum der Interdigitalantenne für die Abstrahlung genutzt wird.

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine photoleitende Antenne in der Form eines Arrays von Einzelantennen zur Abstrahlung beziehungsweise zum Empfang von Terahertz-Strahlung anzugeben, bei der der Hauptteil der gesamten Antennenfläche für die Abstrahlung beziehungsweise den Empfang von Terahertz-Strahlung genutzt werden kann. Dadurch soll erreicht werden, dass eine derartige Antenne beim Einsatz als Sendeantenne eine höhere Terahertz-Strahlungsleistung als eine bekannte großflächige photoleitende Antenne emittiert und beim Einsatz als Empfangsantenne einen größeren Strom als die bekannten photoleitenden Antennen liefert.

[0015] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit der photoleitenden Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Den Erfindungsanspruch vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Ausführungsbeispiele mit den zugehörigen Abbildungen.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von drei Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0017] In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

[0018] Fig. 1 die schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen photoleitenden Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung,

[0019] Fig. 2 die schematische Darstellung des Querschnitts A-A durch die erste Ausführungsform der photoleitenden Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung,

[0020] Fig. 3 die schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen photoleitenden Antenne,

[0021] Fig. 4 die schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen photoleitenden Antenne.

[0022] Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen photoleitenden Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung. Die photoleitende Antenne besteht aus einem Array von Spiralantennen, die in Reihen zwischen elektrischen Speiseleitungen **3, 4** angeordnet sind. Die elektrischen Speiseleitungen **3, 4** besitzen die Form einer interdigitalen Finger-Struktur. Die Spiralantennen werden mittels eines Linsenarrays **5** mit Laserlicht **6** bestrahlt.

[0023] Das gesamte Array von Spiralantennen besteht aus zwei unterschiedlichen Formen von Spiralantennen, die jeweils eine erste Antennenreihe **1** und eine zweite Antennenreihe **2** bilden. Die Spiralantennen der ersten Antennenreihe (**1**) und der zweiten Antennenreihe (**2**) sind jeweils zwischen den interdigitalen elektrischen Speiseleitungen (**3, 4**) abwechselnd angeordnet. Die Spiralantennen der ersten Antennenreihe (**1**) und der zweiten Antennenreihe (**2**) besitzen den gleichen Windungssinn, unterscheiden sich aber bezüglich der Windungszahl um eine halbe Windung. Die Brennpunkte der einzelnen Linsen des Linsenarrays (**5**) befinden sich an der Oberfläche der photoleitenden Antenne jeweils zwischen den Anfängen der beiden Spiralarme (**11, 12, 21, 22**) im Zentrum einer jeden Spiralantenne.

[0024] Die Spiralantennen der ersten Antennenreihe (**1**) und der zweiten Antennenreihe (**2**) besitzen logarithmische, winkelkonstante Spiralarme (**11, 12, 21, 22**). Die Breite der Spiralarme ist bei jedem Radius gleich ihrem Abstand. Sie sind deshalb selbstähnlich. Solche logarithmische Spiralantennen strahlen besonders breitbandig ab. Ihre untere Grenzfrequenz wird durch den äußeren und ihre obere Grenzfrequenz durch den inneren Radius bestimmt.

[0025] Im ersten Ausführungsbeispiel ist der innere Radius der Spiralantennen der Antennenreihen **1** und **2** gleich, was eine einheitliche obere Grenzfrequenz des gesamten Antennenarrays bewirkt. Wegen des größeren Radius der Spiralantennen der ersten Antennenreihe **1** besitzen diese eine geringere untere Grenzfrequenz als die Spiralantennen der zweiten Antennenreihe **2**.

[0026] Die größeren Spiralantennen der Antennenreihen **1** besitzen eine Windung und die kleineren Spiralantennen der Antennenreihen **2** besitzen eine halbe Windung. Durch diesen Unterschied einer halben Windung wird erreicht, dass alle Antennen phasengleich abstrahlen und sich im Fernfeld eine konstruktive Interferenz ergibt.

[0027] Die Erfindung ist nicht darauf beschränkt, dass die Spiralantennen logarithmisch sind und eine halbe beziehungsweise eine Windung besitzen. Der wesentliche Erfindungsgedanke besteht darin, dass der Unterschied zwischen den Windungszahlen der Spiralantennen benachbarter Reihen genau eine halbe Windung ist. Demzufolge kann beispielsweise auch ein breitbandigeres Array mit logarithmischen Spiralantennen von jeweils einer Windung beziehungsweise ein und einer halben Windung je Antennenreihe zusammengestellt werden oder es können Archimedische Spiralantennen verwendet werden, die entweder rund oder auch eckig ausgeführt sind.

[0028] Die Spiralantennen strahlen ein zirkular polarisiertes Terahertz-Feld ab, wobei der Drehsinn des Feldes durch den Drehsinn der Spiralarme **11, 12, 21, 22** und die Polarität der an den elektrischen Speiseleitungen **3, 4** anliegenden Spannung bestimmt wird.

[0029] Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Spiralantennen der Antennenreihen **1** und **2** und die darüber angeordneten Linsen des Linsenarrays **5** in der Form eines hexagonalen Gitters angeordnet, um eine optimale Nutzung der zur Verfügung stehenden Fläche der photoleitenden Antenne zu erreichen. Die Erfindung ist aber nicht auf eine derartige Anordnung beschränkt, sondern die Spiralantennen der Antennenreihen **1** und **2** können auch anders angeordnet werden, beispielsweise in der Form eines rechteckigen oder quadratischen Gitters.

[0030] Das Linsenarray **5** besteht aus einer transpa-

renten Platte aus Glas **9**, in deren Oberfläche die Lin-
senformen eingepägt sind.

[0031] Im ersten Ausführungsbeispiel besitzen die
Spiralantennen der Antennenreihen **1** mit einer Win-
dung einen größeren Durchmesser als die Spiralan-
tennen der Antennenreihen **2**, die nur eine halbe Win-
dung besitzen. Entsprechend sind die Abstände der
elektrischen Speiseleitungen **3**, **4** nicht gleich. Für
den in **Fig. 1** gezeigten Fall logarithmischer Spiralen
mit einem Unterschied einer halben Windungszahl
beträgt das Verhältnis des Abstandes der elektri-
schen Speiseleitungen $\exp(k\pi)$, wenn die logarithmi-
schen Spiralen mit der Beziehung $r = r_0 \cdot \exp(k \cdot \varphi)$ in
Polarkoordinaten beschrieben werden (r – Radius
des Spiralarms, r_0 – innerer Radius, der dem halben
Lücken-Abstand der Spiralantenne entspricht, φ –
Drehwinkel, k – Steigung der Spirale, die das An-
wachsen der Spiralarms mit dem Drehwinkel be-
stimmt). Das Verhältnis der Durchmesser beider Sor-
ten der Spiralantennen in den Antennenreihen **1** und
2 wird mit der gleichen Formel $\exp(k\pi)$ beschrieben.

[0032] In der schematischen Darstellung des Quer-
schnitts durch die erste Ausführungsform der photo-
leitenden Antenne zur Abstrahlung oder zum Emp-
fang von Terahertz-Strahlung in **Fig. 2** ist ersichtlich,
wie das Laserlicht **6** mittels des Linsenarrays **5** aus
Glas auf die Zentren der Spiralantennen der Anten-
nenreihen **1** und **2** fokussiert wird. Die Zentren der
Spiralantennen befinden sich jeweils in der Mitte zwi-
schen den elektrischen Speiseleitungen **3** und **4**.

[0033] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Anord-
nung gegenüber dem bekannten Stand der Technik
besteht darin, dass jeder Zwischenraum zwischen
den elektrischen Speiseleitungen **3**, **4** mit Antennen
zur Abstrahlung oder zum Empfang von Tera-
hertz-Strahlung genutzt wird und dadurch eine grö-
ßere Effizienz der gesamten Antennenstruktur er-
reicht wird. Bei den bekannten interdigitalen Anten-
nenarrays kann nur jeder zweite Zwischenraum zwi-
schen den elektrischen Speiseleitungen mit Anten-
nen genutzt werden, um eine destruktive Interferenz
zu vermeiden. Dieser Mangel wird erfindungsgemäß
durch den Einsatz von zwei Reihen von Spiralanten-
nen mit Windungszahlen, die sich um eine halbe Win-
dung unterscheiden, behoben.

[0034] **Fig. 3** zeigt die schematische Darstellung ei-
ner zweiten Ausführungsform der erfindungsgemä-
ßen photoleitenden Antenne zur Abstrahlung oder
zum Empfang von Terahertz-Strahlung. Dieses Aus-
führungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten Aus-
führungsbeispiel nur dadurch, dass der äußere
Durchmesser der Spiralantennen in den Antennen-
reihen **1** und **2** mit unterschiedlicher Windungszahl
gleich ist und dass die elektrischen Speiseleitungen
3, **4** untereinander gleiche Abstände besitzen.

[0035] In diesem Ausführungsbeispiel ist die untere
Grenzfrequenz der Spiralantennen in den Antennen-
reihen **1** und **2** wegen des gleichen äußeren Radius
gleich, während die obere Grenzfrequenz der Spiralan-
tennen in den Antennenreihen **2** mit einer halben
Windung geringer ist als die der Spiralantennen in
den Antennenreihen **1** mit einer Windung. Das liegt
daran, dass der innere Radius der Spiralantennen in
den Antennenreihen **2** größer ist. Allerdings kann die-
ser Unterschied teilweise dadurch ausgeglichen wer-
den, dass die Lücke zwischen den Spiralarmsen **21**
und **22** der Antennen in den Antennenreihen **2** verrin-
gert wird, ohne die Windungszahl zu verändern.

[0036] Der Vorteil des zweiten Ausführungsbei-
spiels gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel
besteht darin, dass im zweiten Ausführungsbeispiel
die zur Verfügung stehende Antennenfläche optimal
genutzt wird. Dabei muss aber bezüglich der oberen
Grenzfrequenz der Spiralantennen in den Antennen-
reihen **2** mit der geringeren Windungszahl ein Kom-
promiss eingegangen werden.

[0037] **Fig. 4** zeigt die schematische Darstellung ei-
ner dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen
photoleitenden Antenne zur Abstrahlung oder zum
Empfang von Terahertz-Strahlung. Dieses Ausfüh-
rungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten Ausfüh-
rungsbeispiel nur dadurch, dass die elektrischen
Speiseleitungen **3**, **4** untereinander gleiche Abstände
besitzen und zusätzliche Verbindungsleitungen **7** und
8 zwischen den Spiralarmsen **21** und **22** der Spiralan-
tennen in den Antennenreihen **2** und den elektrischen
Speiseleitungen **3**, **4** eingefügt sind.

[0038] In diesem Ausführungsbeispiel ist die obere
Grenzfrequenz der beiden Reihen von Spiralanten-
nen wegen des gleichen inneren Radius der Spiralar-
msen gleich, während die untere Grenzfrequenz der
Spiralantennen in den Antennenreihen **2** mit einer
halben Windung größer ist als die der Spiralantennen
in den Antennenreihen **1** mit einer Windung.

[0039] Der Vorteil des dritten Ausführungsbeispiels
gegenüber den ersten beiden Ausführungsbeispielen
besteht in der einfachen geometrischen Struktur der
Antenne. Dabei muss allerdings ein Verlust an nutz-
barer Antennenfläche in Kauf genommen werden.

Bezugszeichenliste

1	erste Antennenreihe
2	zweite Antennenreihe
3	elektrische Speiseleitung
4	elektrische Speiseleitung
5	Linsenarray
6	Laserlicht
7	Verbindungsleitungen
8	Verbindungsleitungen
9	Platte aus Glas

- | | | |
|----|--|---|
| 11 | Spiralarm der Antennen der ersten Antennenreihe | ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) gleich ist und |
| 12 | Spiralarm der Antennen der ersten Antennenreihe | b) die Speiseleitungen (3, 4) untereinander gleiche Abstände besitzen. |
| 21 | Spiralarm der Antennen der zweiten Antennenreihe | |
| 22 | Spiralarm der Antennen der zweiten Antennenreihe | |

Patentansprüche

1. Photoleitende Antenne zur Abstrahlung oder zum Empfang von Terahertz-Strahlung, die aus einem Array von Spiralantennen mit jeweils zwei Spiralarmlen und zugehörigen elektrischen Speiseleitungen in der Form einer interdigitalen Finger-Struktur besteht und mittels eines Linsenarrays mit Laserlicht beleuchtet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- a) das gesamte Array von Spiralantennen aus zwei unterschiedlichen Formen von Spiralantennen besteht, die jeweils eine erste Antennenreihe (1) und eine zweite Antennenreihe (2) bilden,
- b) die Spiralantennen der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) jeweils zwischen den interdigitalen elektrischen Speiseleitungen (3, 4) abwechselnd angeordnet sind,
- c) die Spiralantennen der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) den gleichen Windungssinn besitzen, aber sich bezüglich der Windungszahl um eine halbe Windung unterscheiden und dass
- d) sich die Brennpunkte der einzelnen Linsen des Linsenarrays (5) an der Oberfläche der photoleitenden Antenne jeweils zwischen den Anfängen der beiden Spiralarmlen (11, 12, 21, 22) im Zentrum einer jeden Spiralantenne der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) befinden.

2. Photoleitende Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spiralantennen der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) logarithmische, winkelnkonstante Spiralarmlen (11, 12, 21, 22) besitzen.

3. Photoleitende Antenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) der innere Teil der Spiralantennen der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) identisch ist und
- b) die Speiseleitungen (3, 4) entsprechend den jeweiligen Durchmessern der Spiralantennen der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) unterschiedliche Abstände besitzen.

4. Photoleitende Antenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) der äußere Durchmesser der Spiralantennen der

ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) gleich ist und

- b) die Speiseleitungen (3, 4) untereinander gleiche Abstände besitzen.

5. Photoleitende Antenne nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) der innere Teil der Spiralantennen der ersten Antennenreihe (1) und der zweiten Antennenreihe (2) identisch ist und
- b) die Speiseleitungen (3, 4) untereinander gleiche Abstände besitzen.

6. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenarray (5) aus plankonvexen Einzellinsen besteht.

7. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenarray (5) aus einem hexagonalen Gitter gleichartiger Einzellinsen besteht.

8. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenarray (5) aus einer transparenten Platte besteht, in deren Oberfläche die Linsenformen eingeprägt sind.

9. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenarray (5) aus einem Glas besteht.

10. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Linsenarray (5) aus einem organischen Material besteht.

11. Photoleitende Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) die photoleitende Antenne auf einem wärmeleitfähigen, für Terahertz-Strahlung transparenten Träger angebracht ist und dass
- b) der Träger einen thermischen Kontakt mit einer Wärmesenke besitzt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

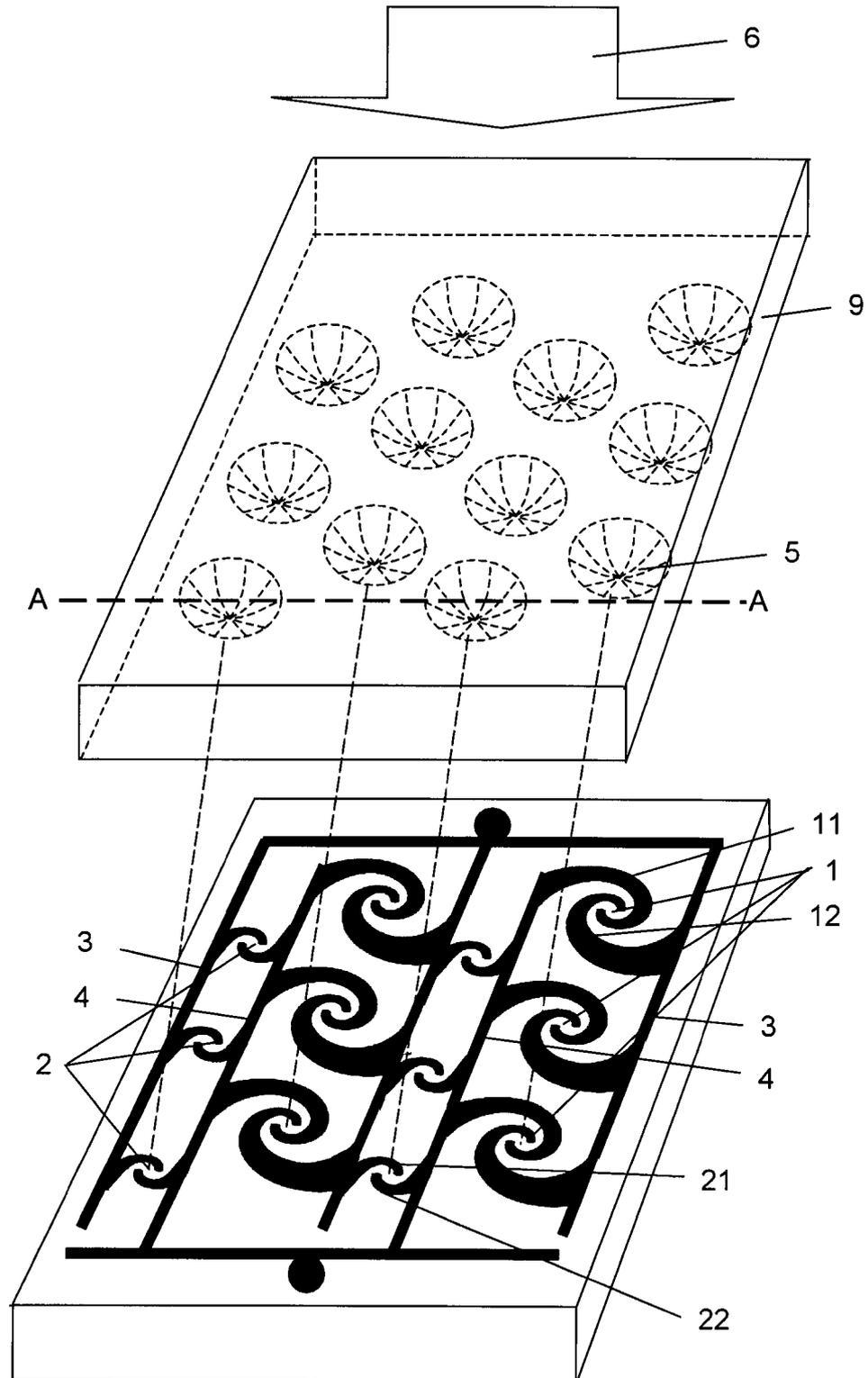


Fig. 2

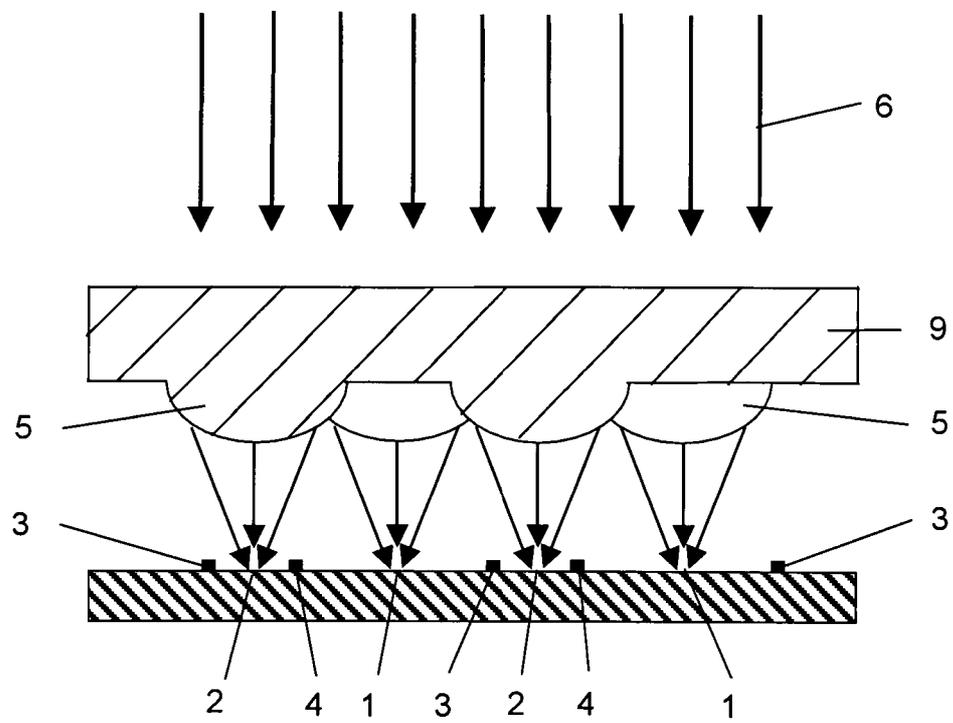


Fig. 3

