(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 084 224 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2022 Patentblatt 2022/44

(21) Anmeldenummer: **22169683.4**

(22) Anmeldetag: **25.04.2022**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01Q 15/08 *(2006.01)* ***H01Q 19/06*** *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01Q 15/08; H01Q 19/06

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **30.04.2021 DE 102021111253**

(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
- **THOMAS, Sven**
  53343 Wachtberg (DE)
- **SHOYKHETBROD, Alex**
  53343 Wachtberg (DE)
- **POHL, Nils**
  53343 Wachtberg (DE)
- **KREBS, Christian**
  53343 Wachtberg (DE)

(74) Vertreter: **2SPL Patentanwälte PartG mbB**
Landaubogen 3
81373 München (DE)

(54) LINSENANTENNE MIT INTEGRIERTER INTERFERENZFILTERSTRUKTUR

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Linsenantenne (300), die eine in die Linsenantenne integrierte Interferenzfilterstruktur (310) umfasst. Die vorliegende Erfindung bezieht sich ferner auf eine Vorrichtung für Radarmessungen. Die Vorrichtung umfasst eine Transceiver-Schaltung für ein Radarsignal. Die Transceiver-Schaltung umfasst einen Frequenzvervielfacher, der ausgebildet ist, um aus einer fundamentalen Frequenz eine Mittenfrequenz des Radarsignals zu generieren. Die Vorrichtung umfasst ferner eine mit der Transceiver-Schaltung (124) gekoppelte Linsenantenne (300). Die Linsenantenne (300) umfasst eine in die Linsenantenne (300) integrierte Interferenzfilterstruktur (310) umfasst, die ausgebildet ist, Signalanteile des Radarsignals um die fundamentale Frequenz abzuschwächen. Die vorliegende Erfindung bezieht sich ferner auf ein Verfahren zur Herstellung einer Linsenantenne (300). Das Verfahren umfasst ein Einformen einer Interferenzfilterstruktur (310) in eine Linsenantenne (300).

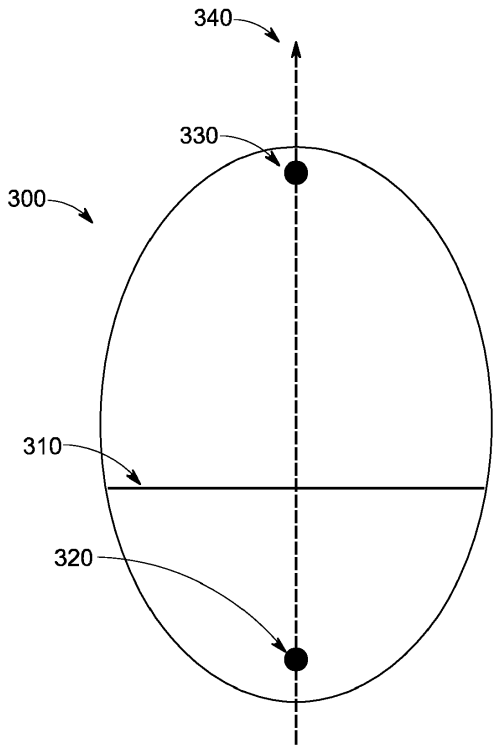


FIG. 3

EP 4 084 224 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Ausführungsbeispiele beziehen sich auf eine Linsenantenne mit einer in die Linsenantenne integrierten Interferenzfilterstruktur, insbesondere für Radarmessungen. Weitere Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Linsenantenne.

Hintergrund

[0002] Radarbasierte Messsysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung in verschiedenen Industrie-, Sicherheits- und Automobilanwendungen. Besonders in Industrieanwendungen unter rauen Bedingungen, wie in Hochöfen oder zur Füllstanderfassung, oder für zerstörungsfreie Prüfungen, Abstandsmessungen und Messungen in Werkzeugmaschinen, sowie in der hochauflösenden Bildgebung und Materialcharakterisierung ersetzen radarbasierte Messsysteme immer häufiger konventionelle Messsysteme. Um die steigenden Anforderungen an Genauigkeit und Auflösung zu erfüllen, sind höhere Frequenzen mit großen Modulationsbandbreiten notwendig. In der Vergangenheit waren III-V-Technologien wie Galliumarsenid (GaAs) die einzige Möglichkeit, Betriebsfrequenzen über 200 GHz zu erreichen. III-V-Technologien gehen allerdings mit hohen Produktionskosten und einem geringen Integrationsgrad einher. Damit sind diese Technologien weitestgehend zu ineffizient und unwirtschaftlich für großvolumige, kostengünstige Messsysteme. Dank jüngster Fortschritte in der Silizium-Germanium-Technologie (SiGe), sind damit ebenfalls Frequenzen über 200 GHz möglich bei gleichzeitig hohem Integrationsgrad und geringem Energieverbrauch. Die Si-Ge-Technologie ermöglicht somit eine kostengünstige Massenproduktion.

[0003] Ein ultrakompakter, hochauflösender und hochgenauer SiGe-Transceiver für Radarmessungen kann beispielsweise zusammen mit On-Chip-Antennen auf einem MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) integriert sein. Eine Linsenantenne kann zusätzlich an dem MMIC angebracht sein, die das Radarsignal kollimiert und fokussiert. Um hohe Ausgangsfrequenzen in solchen MMICs zu erzeugen, wird etwa eine Multiplikationsstufe eingesetzt, die ein Grundsignal mit niedrigerer Frequenz, einer sogenannten fundamentalen Frequenz, vervielfacht. Das Grundsignal wird etwa in einem spannungsgesteuerten Oszillator erzeugt. Die Multiplikationsstufe kann das Grundsignal unterdrücken, was aber nur begrenzt möglich ist. Es ist schwer, auf dem MMIC Filterstrukturen zu implementieren. Push-Push-Verdoppler können die fundamentale Frequenz in einer hohen Güte zumindest abschwächen. Dennoch kommt es teilweise zu einem Durchsprechen des Grundsignals im Ausgangssignal des Radarsensors. Bei einem FMCW-Betrieb des Radarmesssystems (Frequency Modulated Continuous Wave) kann dies wiederum zu Falschzielen im Empfangsspektrum des Radarsensors führen. Aufgrund von Mehrfachreflexionen in der Linsenantenne kann sich das Falschziel im Empfangsspektrum so überlagern, dass es vom tatsächlichen Ziel nicht zu unterscheiden ist. Ein Durchsprechen des Grundsignals bei Mischer-Konzepten kann auch die Signalqualität reduzieren. Meist sind die niederfrequenten harmonischen Frequenzanteile des Grundsignals in der Abstrahlungsleistung höher und erschweren oder verhindern unter Umständen eine behördliche Zulassung des Messsystems oder eine Einhaltung von EMV-Richtlinien (Elektromagnetische Verträglichkeit). So gelten beispielsweise für die Abstrahlung im Frequenzbereich um 240 GHz andere Zulassungsregularien als für 60 GHz oder 120 GHz.

[0004] Daher kann es als Aufgabe der vorliegenden Erfindung betrachtet werden, ein verbessertes Filterkonzept, etwa für Radaranwendungen, zu schaffen.

Zusammenfassung

[0005] Die obengenannte Aufgabe kann mithilfe der unabhängigen Ansprüche der vorliegenden Offenbarung gelöst werden. Abhängige Ansprüche der vorliegenden Offenbarung können vorteilhafte Ausführungsbeispiele angeben.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Linsenantenne, umfassend eine in die Linsenantenne integrierte Interferenzfilterstruktur.

[0007] Die Linsenantenne kann Teil eines Radarmesssystems sein. Die Interferenzfilterstruktur dient beispielweise einer Filterung unerwünschter Frequenzanteile eines Radarsignals. Die Linsenantenne kann Teil eines Empfänger- und/oder Sendersystems für elektromagnetische Wellen, etwa im Radio- und/oder Terahertzbereich, sein.

[0008] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Interferenzfilterstruktur Materialabschnitte unterschiedlicher Permittivität.

[0009] Da sich beispielweise das Radarsignal mit verschiedenen Geschwindigkeiten in den Materialabschnitten unterschiedlicher Permittivität ausbreitet, können die Materialabschnitte ausgebildet sein, eine Phasenverzögerung von 180° bei den unerwünschten Frequenzanteilen hervorzurufen.

[0010] In manchen Ausführungsbeispielen weisen erste Materialabschnitte der Interferenzfilterstruktur ein erstes Dielektrikum und zweite Materialabschnitte der Interferenzfilterstruktur ein zweites Dielektrikum auf.

[0011] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Interferenzfilterstruktur Erhöhungen und fluidgefüllte Vertiefungen in einem Material der Linsenantenne.

[0012] Die Erhöhungen können eine von den Vertiefungen verschiedene Permittivität aufweisen.

[0013] In manchen Ausführungsbeispielen verläuft die Interferenzfilterstruktur entlang einer Ellipsoidoberfläche um einen Speisepunkt für die Linsenantenne.

[0014] Dadurch kann ein am Speisepunkt abgestrahl-

tes Signal, wie das Radarsignal, gleichförmig auf die Interferenzfilterstruktur auftreffen. In anderen Worten können Bereiche einer Wellenfront des Signals phasengleich auf die Interferenzfilterstruktur auftreffen. Das Signal breitet sich etwa kugelförmig ausgehend vom Speisepunkt aus. Der Speisepunkt ist beispielweise ein Abstrahlpunkt einer Patch-Antenne für das Radarsignal.

[0015] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Interferenzfilterstruktur entlang der Ellipsoidoberfläche Materialabschnitte unterschiedlicher Permittivität.

[0016] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Interferenzfilterstruktur auf der Ellipsiodoberfläche beabstandete Erhöhungen.

[0017] In manchen Ausführungsbeispielen sind die Erhöhungen zumindest teilweise ringförmig ausgebildet.

[0018] In manchen Ausführungsbeispielen sind die Erhöhungen rotationssymmetrisch ausgebildet.

[0019] In manchen weiteren Ausführungsbeispielen sind die Erhöhungen spiegelymmetrisch ausgebildet sind.

[0020] In manchen Ausführungsbeispielen sind Zwischenräume zwischen den Erhöhungen mit Luft gefüllt.

[0021] In manchen Ausführungsbeispielen entspricht eine Höhe der Erhöhungen $\frac{c_0}{2 \times f \times (\sqrt{\varepsilon_{r,1}} - \sqrt{\varepsilon_{r,2}})}$, wobei co der Lichtgeschwindigkeit, f einer Frequenz eines unerwünschten Frequenzanteils, $\varepsilon_{r,1}$ einer Permittivität eines Materials der Erhöhungen und $\varepsilon_{r,2}$ einer Permittivität eines Materials der Zwischenräume entsprechen.

[0022] Die Erhöhungen und Zwischenräume können somit eine Phasenverzögerung von 180° zwischen Teilen des unerwünschten Frequenzanteils, die auf den Erhöhungen auftreffen, und Teilen des unerwünschten Frequenzanteils, die auf den Zwischenräumen auftreffen, hervorrufen. Dadurch kann die Interferenzfilterstruktur eine destruktive Interferenz hervorrufen und den unerwünschten Frequenzanteil filtern.

[0023] In manchen Ausführungsbeispielen weist die Linsenantenne und/oder die Interferenzfilterstruktur Teflon, Harz und/oder ein Polymer auf.

[0024] Harz oder Polymer können als Druckmaterialien eines additiven Fertigungsverfahren verwendet werden. Aufgrund des additiven Fertigungsverfahrens kann die Interferenzfilterstruktur mit Harz oder Polymer präziser geformte Konturen als mit Teflon aufweisen.

[0025] Teflon kann mit herkömmlichen Fertigungsverfahren wie Drehen oder Fräsen bearbeitet werden. Teflon kann bessere Frequenzeigenschaften als Harz oder Polymer hinsichtlich der Verluste, auch zu höheren Frequenzen hin, aufweisen.

[0026] In manchen Ausführungsbeispielen ist die Interferenzfilterstruktur ausgebildet, einen unerwünschten Frequenzanteil eines Signals im Radio- und/oder Terahertzbereich zu dämpfen.

[0027] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst der unerwünschte Frequenzanteil eine fundamentale Frequenz eines Oszillators, wobei der Oszillator Teil einer Transceiverschaltung ist, die das Signal für die Linsenantenne bereitstellt.

[0028] Die Transceiverschaltung ist beispielsweise Teil eines Radarmesssystems und ausgebildet, ein Radarsignal zu senden und zu empfangen. Andere Komponenten der Transceiverschaltung, etwa ein Frequenzvervielfacher, können die fundamentale Frequenz des Oszillators aufbereiten, also etwa verdoppeln.

[0029] In manchen Ausführungsbeispielen ist die Interferenzfilterstruktur ausgebildet, für einen unerwünschten Frequenzanteil eine destruktive Interferenz hervorzurufen.

[0030] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Linsenantenne ferner einen ersten Teil und einen vom ersten Teil abnehmbaren zweiten Teil. Die Interferenzfilterstruktur kann mit dem ersten Teil einstückig ausgebildet sein und von dem ersten und zweiten Teil in einem zusammengesetzten Zustand umschlossen werden.

[0031] Somit kann bei einer Fertigung der Linsenantenne die Interferenzfilterstruktur einfach in die Linsenantenne integriert werden.

[0032] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Linsenantenne ferner mindestens einen Befestigungsstift, der ausgebildet ist, den ersten und den zweiten Teil der Linsenantenne miteinander formschlüssig zu verbinden.

[0033] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst die Interferenzfilterstruktur in einer radialen Richtung ausgehend von einem Speisepunkt für die Linsenantenne verschiedene dielektrische Materialschichten umfasst.

[0034] Beispielweise umfasst die Interferenzfilterstruktur damit einen Bragg-Filter, der einen unerwünschten Frequenzanteil eines Sendesignals filtern kann.

[0035] Gemäß einem zweiten Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Vorrichtung für Radarmessungen, die eine Transceiver-Schaltung für ein Radarsignal umfasst. Die Transceiver-Schaltung umfasst einen Frequenzvervielfacher, der ausgebildet ist, um aus einer fundamentalen Frequenz eine Mittenfrequenz des Radarsignals zu generieren. Die Vorrichtung umfasst ferner eine mit der Transceiver-Schaltung gekoppelte Linsenantenne. Die Linsenantenne umfasst eine in die Linsenantenne integrierte Interferenzfilterstruktur, die ausgebildet ist, Signalanteile um die fundamentale Frequenz abzuschwächen.

[0036] Der Frequenzvervielfacher ist beispielweise Teil einer Multiplikationsstufe zur Frequenzaufbereitung des Radarsignals. Der Frequenzvervielfacher kann die fundamentale Frequenz etwa verdoppeln. Für die Radarmessungen kann das Radarsignal in einer Frequenzbandbreite um die Mittenfrequenz moduliert werden.

[0037] Gemäß einem dritten Aspekt bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer Linsenantenne. Das Verfahren umfasst ein Einformen einer Interferenzfilterstruktur in eine Linsenantenne.

[0038] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst

das Einformen ein Anwenden eines additiven Fertigungsverfahren.

[0039] In manchen Ausführungsbeispielen umfasst das additive Fertigungsverfahren Stereolithografie und/oder selektives Lasersintern.

[0040] Weitere Ausführungsbeispiele der Vorrichtung und des Verfahrens können verschiedene der im Vorhergehenden beschriebenen Ausführungsbeispiele der Linsenantenne umfassen.

Figurenkurzbeschreibung

[0041] Einige Beispiele von Vorrichtungen und/oder Verfahren werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Figuren lediglich beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt einer herkömmlichen Radarvorrichtung;

Fig. 2 einen Querschnitt einer herkömmlichen dielektrischen Filterplatte;

Fig. 3 einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Linsenantenne;

Fig. 4a, b eine Explosionsdarstellung der erfindungsgemäße Linsenantenne in zwei weiteren Ausführungsformen;

Fig. 5a-d dielektrische Eigenschaften der Materialien FLGPCL03 und PA2200;

Fig. 6a, b einen Richtfaktor über verschiedene Abstrahlwinkel für eine Linsenantenne aus FLGPCL03 beziehungsweise PA2200;

Fig. 7a-c einen Spannungspegel eines empfangenen Radarsignals über verschiedene Entfernungen für eine Referenzantenne, eine Linsenantenne aus FLGPCL03 beziehungsweise PA2200.

Beschreibung

[0042] Verschiedene Ausführungsbeispiele werden nun ausführlicher und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen einige Ausführungsbeispiele dargestellt sind.

[0043] Obwohl Ausführungsbeispiele auf verschiedene Weise modifiziert und abgeändert werden können, sind Ausführungsbeispiele in den Figuren als Beispiele dargestellt und werden hierin ausführlich beschrieben. Es sei jedoch klargestellt, dass nicht beabsichtigt ist, Ausführungsbeispiele auf die jeweils offenbarten Formen zu beschränken, sondern Ausführungsbeispiele vielmehr sämtliche funktionale und/oder strukturelle Möglichkeiten, Äquivalente und Alternativen, die im Bereich der Erfindung liegen, abdecken sollen.

[0044] Eine Transceiver-Schaltung für ein Radarsignal kann einen Frequenzvervielfacher umfassen, der aus einem Grundsignal mit einer fundamentalen Frequenz eines Oszillators der Schaltung das Radarsignals generiert. Die Frequenz des Radarsignals kann ein Vielfaches der fundamentalen Frequenz betragen. Eine Linsenantenne kann an die Transceiver-Schaltung gekoppelt sein, um das Radarsignal, das etwa von On-Chip-Antennen oder anderen Antennenstrukturen abgestrahlt wird, zu fokussieren. Es kann notwendig sein, eine Abstrahlung unerwünschter Frequenzanteile des Radarsignals, etwa des Grundsignals des Oszillators, zu vermeiden, da sie zu Falschzielen oder Problemen bei der Frequenzzulassung und Einhaltung von EMV-Richtlinien führen kann. Daher kommen üblicherweise Filterstrukturen zum Einsatz.

[0045] Bekannt sind Hohlleiter, in die das Radarsignal eingekoppelt ist, und etwa durch Übertragungseigenschaften des Hohlleiters (Cut-Off-Frequenz) das Radarsignal auf gewünschte Weise anpassen. Zusätzlich können gängige Filterstrukturen in den Hohlleiter eingebracht sein. Außerdem sind Interferenzfilterplatten unterschiedlicher Permittivität oder mit geeigneter Strukturierung bekannt, die vor die On-Chip-Antenne oder die verwendete Antennenstruktur platziert werden. Durch Interferenz filtern sie die unerwünschten Frequenzanteile heraus. Die erwähnten Filterstrukturen können allerdings sperrig, kostenintensiv und schwer auszurichten sein.

[0046] Daher kann es als Aufgabe der vorliegenden Erfindung betrachtet werden, ein verbessertes Konzept zur Filterung unerwünschter Frequenzanteile bereitzustellen.

[0047] Fig. 1 zeigt den Querschnitt einer konventionellen Radarvorrichtung 100, das ein Radarsignal erzeugt und abstrahlt. Die Radarvorrichtung 100 umfasst eine ellipsoide, massive Linsenantenne 110, die zusammen mit einem FMCW-Radar-Transceiver 120 auf einer Leiterplatte 130 angebracht ist. Die Linsenantenne 110 ist vor dem FMCW-Radar-Transceiver 120 angeordnet, sodass die Linsenantenne 110 und die Leiterplatte 130 den FMCW-Radar-Transceiver 120 umschließen. Der FMCW-Radar-Transceiver 120 umfasst ein Open-Cavity-QFN-Gehäuse 122 (Quad Flat No Leads) und einen an einer Innenseite des QFN-Gehäuses 122 angebrachten SiGe-Transceiver-MMIC 124 mit zwei On-Chip-Patch-Antennen 126.

[0048] Ein Grundsignal der Radarvorrichtung 100 wird beispielweise von einem spannungsgesteuerten Oszillator (nicht gezeigt) erzeugt, der eine fundamentale Frequenz von 112 GHz (Gigahertz) aufweist. Das Grundsignal kann auf zwei Pfade aufgeteilt werden, die jeweils einen Frequenzvervielfacher, hier ein Frequenzverdoppler, für einen TX- beziehungsweise RX-Pfad speisen. Da eine Ausgangsfrequenz des Radarsignals bis zu 250 GHz betragen kann, kann diese zu hoch sein, um die dazugehörigen Pfade über Bonddrähte anzuschließen. Daher kann es notwendig sein, die zwei Patch-Antennen

126 zum Senden und Empfangen des Radarsignals direkt auf dem Chip 124 zu integrieren. Die Linsenantenne 110 kann einer Fokussierung des Radarsignals dienen.

[0049] Der PLL-stabilisierte Modulationsbereich (Phase-Locked Loop; Phasenregelschleife) des FMCW-Radar-Transceiver 120 kann von 198 GHz bis 250 GHz reichen, was zu einer FMCW-Rampenbandbreite von 52 GHz führt - geeignet für hochauflösende Radarmessungen. Durch eine Integration von HF-Komponenten auf dem SiGe-Transceiver-MMIC 124 kann es notwendig sein, lediglich niederfrequente Signalpfade über Bonddrähte zu verbinden. Dies kann einen Einbau des SiGe-Transceiver-MMIC 124 in das QFN-Gehäuse 122 ermöglichen, das wiederum auf der Leiterplatte 130 angebracht ist, beispielsweise eine Standard-FR-4-Leiterplatte.

[0050] Die Leiterplatte 130 kann ein Frontend mit analoger Signalstabilisierung und einer ZF-Schaltung (Zwischenfrequenz-Schaltung) umfassen. Das Frontend kann mit einem Backend verbunden sein, das einen Referenz-Quarzoszillator, eine Stromversorgungsschaltung und einen Mikrocontroller umfassen kann. Der Mikrocontroller dient etwa einer Konfiguration, Datenverarbeitung und Datenübertragung von Messdaten. Dazu kann der Mikrocontroller abgetastete ZF-Daten über eine USB-Schnittstelle an einen Computer weitergeben. Der Mikrocontroller kann zusätzlich für eine Konfiguration von PLL-Chips zuständig sein.

[0051] Die Radarvorrichtung 100 kann also ein Ausgangssignal mit einer Mittenfrequenz von 224 GHz erzeugen, indem ein Frequenzverdoppler ein Grundsignal eines spannungsgesteuerten Oszillators mit einer fundamentalen Frequenz von 112 GHz verdoppelt. Dieses Konzept zur Signalerzeugung kann unter einem parasitären Durchsprechen des Grundsignals durch die Frequenzverdoppler leiden. Dann kann neben dem gewünschten, verdoppelten Ausgangssignal das Grundsignal mit abgestrahlt werden. Somit kann für ein echtes Ziel der Radarmessungen ein Falschziel auf der halben Distanz im Reichweitenspektrum auftauchen, was zu einer Mehrdeutigkeit bei einer Entfernungsbestimmung führen kann. Da das Durchsprechen nicht allein auf Chipebene, etwa durch eine bessere Frequenzverdoppler-Topologie und -Schaltung, vollständig unterdrückt werden kann, kann eine externe Filterstruktur Abhilfe schaffen.

[0052] Wie in **Fig. 2** dargestellt, kann beispielsweise eine dielektrische Filterplatte 200 zum Einsatz kommen. **Fig. 2** zeigt einen Querschnitt der Filterplatte 200. Die Senderichtung 210 zeigt an, wie sich ein Radarsignal, das von einem Transceiver wie der Radarvorrichtung 100 kommt, durch die Filterplatte 200 hindurch ausbreitet. Dementsprechend wäre die hier nicht gezeigte Radarvorrichtung 100 beispielsweise links von der Filterplatte 200 angeordnet. Die Filterplatte 200 weist Längsschlitze 220 auf. Eine Tiefe der Längsschlitze 220 kann ausgebildet sein, bei einem Grundsignal um eine fundamentale Frequenz eine Phasendifferenz von $\lambda/2$ (180°) zwischen Anteilen 230 des Grundsignals, die auf die Längsschlitze 220 auftreffen, und Anteilen 240 des Grundsignals, die auf die zu den Längsschlitzen 220 korrespondierenden Erhöhungen auftreffen, hervorzurufen. Dadurch kann es zu einer destruktiven Interferenz kommen. Das heißt, das Grundsignal um die fundamentale Frequenz kann abgeschwächt werden. Die Tiefe der Längsschlitze lässt sich mithilfe folgender Gleichung 1 bestimmen. Gleichung 1:

$$d = \frac{c_0}{2 \times f \times (\sqrt{\varepsilon_{r,1}} - \sqrt{\varepsilon_{r,2}})}$$

, wobei d der Tiefe, c_0 der Lichtgeschwindigkeit, f der fundamentalen Frequenz, $\varepsilon_{r,1}$ einer Permittivität eines Materials der Erhöhungen und $\varepsilon_{r,2}$ einer Permittivität eines Materials Längsschlitze (z. B. Luft) entsprechen. Bei einem Ausgangssignal 250 der Radarvorrichtung 100, das eine gewünschte, etwa doppelte so hohe Frequenz wie die fundamentale Frequenz aufweist, kann ein Passieren der Längsschlitze und Erhöhungen eine Phasendifferenz von λ (360°) hervorrufen. Somit sind dazugehörige Anteile des Ausgangssignals 250 phasengleich und überlagern sich konstruktiv. Da es sich bei der Filterplatte 200 um eine externe Komponente handelt, die vor einem Radarsensor platziert werden kann, kann sie eine funktionale, aber sperrige Lösung sein. Außerdem kann es notwendig sein, die Filterplatte 200 manuell auszurichten, was einen Implementierungsaufwand erhöhen kann.

[0053] Die vorliegende Erfindung kann also als Ziel haben, eine Alternative zu den oben beschriebenen Konzepten zu bieten.

[0054] **Fig. 3** zeigt einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Linsenantenne 300 mit einer in die Linsenantenne 300 integrierte Interferenzfilterstruktur 310. Die Linsenantenne 300 kann eine Antenne sein, die ausgebildet ist, elektromagnetische Wellen mit Frequenzen im Radio- oder/und Terahertzbereich zu fokussieren, ähnlich wie bei einer optischen Linse für Licht. Dafür kann die Linsenantenne 300 die elektromagnetischen Wellen in einem Inneren der Linsenantenne 300 bei einem Materialübergang beugen. Für die Beugung der elektromagnetischen Wellen kann die Linsenantenne 300 zumindest teilweise aus einem oder mehreren Dielektrika (etwa Harz, Polymer oder Teflon) und/oder einem oder mehreren Verbundstoffen aus zumindest einem Dielektrikum bestehen. Die Linsenantenne 300 kann ellipsoidförmig ausgebildet sein, um die Beugung der Wellen an Innenwänden der Linsenantenne 300 hin zu einem Brennpunkt 330 zu ermöglichen. Der Brennpunkt 330 kann sich in einem Inneren der Linsenantenne 300 befinden. Die Dielektrika und/oder Verbundstoffe der Linsenantenne 300 können verschiedene dielektrische Leitfähigkeiten (Permittivitäten) und Brechungsindizes aufweisen, die eine Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen im Inneren der Linsenantenne 300 beeinflussen. Die elektromagnetischen Wellen können ein Signal eines Sendersystems sein, das die elektromagnetischen Wellen als Freiraumwellen über Speiseantennen abstrahlt. Zumindest teil-

weise kann sich das Signal ausgehend von einem Speisepunkt 320 der Linsenantenne 300 annähernd kugelförmig in der Linsenantenne 300 ausbreiten. Der Speisepunkt 320 kann sich in einem Inneren der Linsenantenne 300 befinden. Die Linsenantenne 320 kann auch mehrere Speisepunkte aufweisen, etwa im Fall eines Arrays aus Speiseantennen. Das Signal kann an den Innenwänden der Linsenantenne 300 oder bei anderen Materialübergängen in der Linsenantenne 300 (wenn die Linsenantenne 300 beispielweise verschiedene Materialien aufweist) gebeugt werden und wird von dem Brennpunkt 330 der Linsenantenne 300 aus fokussiert in eine Umgebung oder an ein Empfängersystem ausgesendet. Die Linsenantenne 300 kann Teil des Sendersystems, des Empfängersystems oder eines kombinierten Sender-/Empfängersystems mit Sende- und Empfangsantennen sein. Die Linsenantenne 300 kann also ein ausgehendes Signal eines Sendesystems, ein eingehendes Signal eines Empfängersystems oder sowohl ein ausgehendes und ein eingehendes Signal fokussieren. Beispielweise kann es sich im Fall eines Sender-/Empfängersystems um eine Transceiver-Schaltung einer Radarvorrichtung, etwa Radarvorrichtung 100, handeln.

[0055] Die Interferenzfilterstruktur 310 kann sich zumindest teilweise über eine Ebene im Inneren der Linsenantenne 300 erstrecken. Die Interferenzfilterstruktur 310 kann Materialabschnitte aus verschiedenen Dielektrika und/oder Verbundstoffen aufweisen. Die Interferenzfilterstruktur 310 kann entlang einer Ellipsoidoberfläche um den Speisepunkt 320 gekrümmt sein. Die Interferenzfilterstruktur 310 kann entlang der Ellipsoidoberfläche die verschiedenen Materialabschnitte aufweisen. Die verschiedenen Materialabschnitte können als verschiedene Materialstärken ausgebildet sein, das heißt, als Erhöhungen und Vertiefungen in einem oder mehreren Materialien der Interferenzfilterstruktur 310. Alternativ oder zusätzlich dazu können die Materialabschnitte etwa als verschiedene dielektrische Schichten entlang einer Achse 340 durch den Speisepunkt 320 und Brennpunkt 330 der Linsenantenne 300 ausgebildet sein. Die Interferenzfilterstruktur 310 kann eine Phasenverzögerung bei unerwünschten Frequenzanteilen des Signals hervorrufen, sodass sich ein mehr phasenverzögerter Teil der unerwünschten Frequenzanteile mit einem weniger phasenverzögerten Teil der unerwünschten Frequenzanteilen destruktiv überlagern und somit die unerwünschten Frequenzanteile abgeschwächt werden. Beispielweise können die verschiedenen Materialabschnitte aufgrund unterschiedlicher Permittivitäten der Materialabschnitte die Phasenverzögerung zumindest eines Teils der unerwünschten Frequenzanteile hervorrufen.

[0056] Die Interferenzfilterstruktur 310 kann näher am Speisepunkt 320 oder davon weiter entfernt als in **Fig. 3** dargestellt angeordnet sein. Ein Abstand der Interferenzfilterstruktur 310 zum Speisepunkt 320 kann so angepasst sein, dass einerseits das Signal möglichst phasengleich an der Interferenzfilterstruktur 310 ankommt (also nah am Speisepunkt 320) und andererseits die Interferenzfilterstruktur 310 gut zu fertigen ist (also in einem gewissen Abstand zum Speisepunkt 320). Die Linsenantenne 300 kann mehrteilig ausgebildet sein, um eine Integration der Interferenzfilterstruktur 310 in ein Material der Linsenantenne 300 zu erleichtern.

[0057] **Fig. 4a** und **Fig. 4b** zeigen eine Explosionsdarstellung der erfindungsgemäßen Linsenantenne 300 in zwei weiteren Ausführungsformen. Die ovoide Linsenantenne 300 wird in zwei Teilen, einem oberen Teil 410 und einem unteren Teil 420, dargestellt, um die mit dem Teil 420 einstückig ausgebildete Interferenzfilterstruktur 310a beziehungsweise 310b sichtbar zu machen. Die Interferenzfilterstrukturen 310a und 310b verlaufen entlang einer Ellipsoidoberfläche um einen Speisepunkt eines Radarsignals. Der Speisepunkt kann etwa auf einer On-Chip-Antenne (nicht gezeigt), etwa On-Chip-Antenne 126, einer Radarvorrichtung, etwa Radarvorrichtung 100, angeordnet sein. Der Speisepunkt kann sich auf einer Achse 430 der Linsenantenne 300 befinden. Geht man davon aus, dass Wellenfronten des Radarsignals sich annähernd kugelförmig vom Speisepunkt aus ausbreiten, können die Wellenfronten phasengleich auf die Interferenzfilterstruktur 310a beziehungsweise 310b treffen. Die Ellipsoidoberfläche kann also annähernd als Sphäre ausgebildet sein. Die in Fig. 4a dargestellte Interferenzfilterstruktur 310a weist (mindestens) drei auf der Ellipsoidoberfläche schlitzförmige, "lineare" Vertiefungen 440 und (mindestens) drei dazu korrespondierende Erhöhungen 450 auf. Die Vertiefungen 440 können entlang von Längenkreisen auf der Ellipsoidoberfläche verlaufen. Die zu den Längenkreisen gehörigen Pole können außerhalb der Linsenantenne 300 angeordnet sein, (bei Verlängerung) die Vertiefungen 332a zusammenlaufen würden. Die Vertiefungen 440 können spiegelsymmetrisch zu einer Ebene ausgebildet sein, wobei die Ebene von einer Achse 460 und der Achse 430 aufgespannt wird. In anderen Ausführungsbeispielen kann die Interferenzfilterstruktur 310a mehr oder weniger als die hier dargestellten Vertiefungen 440 und Erhöhungen 450 umfassen. Die in Fig. 4b dargestellte Interferenzfilterstruktur 310b weist drei auf der Ellipsoidoberfläche zur Achse 430 rotationssymmetrische, ringförmige ("zirkulare") Vertiefungen 440 und vier dazu korrespondierende Erhöhungen 450 auf. Das untere Teil 420 der Linsenantenne 300 kann Befestigungsstifte 470 (hier vier Befestigungsstifte) aufweisen, mit denen das untere Teil 420 mit dem oberen Teil 410 formschlüssig verbunden werden kann. Die Vertiefungen 440 können mit Luft oder einem anderen Fluid gefüllt sein. Eine Tiefe der Vertiefungen 440 kann gemäß Gleichung 1 berechnet werden, um nach einem ähnlichen Prinzip wie bei der Filterplatte 200 eine destruktive Interferenz bei einem unerwünschten Frequenzanteil des Radarsignals hervorzurufen, einen erwünschten Frequenzanteil hingegen nahezu unverändert zu lassen oder konstruktiv zu überlagern. Eine Breite der Vertiefungen 440 oder Erhöhungen 450 kann etwa mithilfe von Simulationen einer Wellenausbreitung

des Radarsignals für eine Form der Linsenantenne 300 und der Interferenzfilterstruktur 310 sowie für eine Wellenlänge des unerwünschten Frequenzanteils ermittelt werden. Die Linsenantenne 300 kann etwa die Linsenantenne 110 der Radarvorrichtung 100 ersetzen. Auf diesen Fall beziehen sich nachfolgende Simulationen und Messungen. Die Linsenantenne 300 kann aber auch mit beliebigen anderen Empfänger- und/oder Sendersystemen, die eine Linsenantenne und eine Filterstruktur erfordern, kombiniert werden. Beispielsweise kann die Linsenantenne 300 für eine Empfängerschaltung eingesetzt werden, die ein Signal im Terahertzbereich oder elektromagnetische Signale in anderen Frequenzbereichen empfängt. Genauso kann die Linsenantenne 300 für eine Senderschaltung oder eine Transceiver-Schaltung eingesetzt werden, die in anderen als die hier erwähnten Frequenzbereichen betrieben wird. In anderen Ausführungsbeispielen kann die Interferenzfilterstruktur der Linsenantenne 300 andere Formen aufweisen, die dem besagten Interferenzprinzip folgen. Beispielweise kann die Interferenzfilterstruktur entlang der Achse 430 Materialschichten unterschiedlicher Permittivität aufweisen und damit ähnlich einem Bragg-Filter den unerwünschten Frequenzanteil durch destruktive Interferenz auslöschen.

[0058] Während die konventionelle Linsenantenne 110 aus einem massiven PTFE-Körper gefräst sein kann, kann die Linsenantenne 300 mit den integrierten Interferenzfilterstrukturen 310a, 310b zu komplex für ein mechanisches Fertigungsverfahren sein. Daher kann es von Vorteil sein, die Interferenzfilterstrukturen 310a, 310b mittels additiver Fertigungsverfahren, etwa Stereolithografie oder Selektivem Lasersintern, herzustellen.

[0059] Additive Fertigungsverfahren sind eine Umschreibung für Fertigungsverfahren, bei dem ein Werkstück Schicht für Schicht aufgebaut wird. Im Gegensatz zu den konventionellen Fertigungsverfahren, bei denen das Werkstück durch selektives Entfernen von Material aus einem Rohling gefertigt wird, wird bei additiven Fertigungsverfahren Material selektiv hinzugefügt. Dies kann die Herstellung sehr komplexer Formen ermöglichen.

[0060] Bei der Stereolithografie (SLA) kommt ein UV-Licht-empfindliches Flüssigharz als Basismaterial zum Einsatz. Ein UV-Laser mit einer spiegelbasierten Abtasteinheit bearbeitet das Basismaterial mittels selektiver Photopolymerisation. Der UV-Laser tastet eine Oberfläche des Werkstücks entlang eines Pfades auf einer Plattform ab. Der Pfad wird mit einer Slicer-Software vorgegeben. Sobald ein Laserstrahl des UV-Lasers auf das Flüssigharz trifft, erstarrt es sofort. Wenn eine Schicht des Werkstücks vollständig polymerisiert ist, wird sie aus dem Flüssigharz herausgenommen. Nach einem vollständigen Fertigen aller Schichten des Werkstücks wird es in eine UV-Kammer gelegt, um es auszuhärten. In Geometrien des Werkstücks, die sich von einem Grundkörper des Werkstücks weg erstrecken, also in überhängenden Komponenten des Werkstücks, treten während der Polymerisation Spannungen auf. Damit die Spannungen keine Verformungen und Bröckelungen in dem erstarrten Harz hervorrufen, werden Stützstrukturen verwendet, die in einem Nachbearbeitungsschritt wieder entfernt werden.

[0061] Beim Selektiven Lasersintern (SLS) wird im Gegensatz zur SLA ein Polymerpulver mithilfe eines Blade Coaters über eine Plattform verteilt. Eine Infrarot-Wärmelampe erwärmt das Pulver bis knapp unterhalb der Schmelztemperatur. Ein Kohlendioxidlaser verschmilzt Partikel des Pulvers, indem er sie selektiv über den Schmelzpunkt erhitzt. Ein Prozessschritt wird durch Absenken der Plattform um eine Schicht abgeschlossen. Dann kommt ein nächster Prozessschritt und der Prozesszyklus wiederholt sich, bis alle Schichten des Werkstücks aufgebaut sind. Das fertige Werkstück wird entnommen und von unbearbeitetem Pulver gereinigt. SLS kann den Vorteil haben, dass das Werkstück in das unbearbeitete Pulver eingearbeitet wird und folglich keine Stützstrukturen für überhängende Komponenten des Werkstücks erforderlich sind.

[0062] Diese zwei additiven Fertigungsverfahren können verwendet werden, um die Linsenantenne 300 mit integrierter Interferenzfilterstruktur 310a, 310b zu fertigen. Zunächst können elektromagnetische Eigenschaften der jeweiligen Materialien der additiven Fertigungsverfahren bestimmt werden. Um Materialparameter zu bestimmen, kann etwa eine MCK-Messvorrichtung der Firma Swissto12 SA verwendet werden. Eine messtechnische Auswertung kann auf einer quasi-geführten Freiraumwellenmethode basieren. Der dementsprechende Messaufbau umfasst zwei Hohlleiter und einen flachen Prüfling aus dem jeweiligen Material. Eine Riffelung an Innenwänden der Hohlleiter kann eine ebene Wellenfront erzeugen, so dass eine ausgekoppelte Welle am Ende des Hohlleiters die gesamte Oberfläche des Prüflings phasengleich abdeckt. Der Prüfling kann dabei eine gesamte Apertur des Hohlleiters abdecken. Eine Dielektrizitätskonstante und ein dielektrischer Verlust der Prüflinge können anhand von gemessenen Streuparametern mit einem Kurvenanpassungsalgorithmus bestimmt werden. Die Dielektrizitätskonstante kann für eine gegebene Probendicke des Prüflings so lange variiert werden, bis Transmissions- und Reflexionskurven möglichst übereinstimmen. Da die Materialien nicht magnetisch sind, kann eine Permeabilität der Materialien als 1 angenommen werden. Für SLA und SLS können Standardmaterialien wie klares Harz "FLGPCL03" beziehungsweise "PA2200" (PA12) verwendet werden. In anderen Ausführungsbeispielen wird die Linsenantenne 300 aus einem anderen Material als die hier angeführten Materialien gefertigt. Die Linsenantenne 300 kann auch aus Teflon gefertigt werden und mit eine herkömmlichen Fertigungsverfahren bearbeitet werden, um die Interferenzfilterstruktur, etwa Interferenzfilterstruktur 310a oder 310b, in die Linsenantenne 300 zu integrieren.

[0063] **Fig. 5a** und **Fig. 5b** zeigen dielektrische Eigenschaften eines Prüflings aus FLGPCL03. Fig. **5c** und **Fig.**

5d zeigen dielektrische Eigenschaften eines Prüflings aus PA2200. **Fig. 5a** und **Fig. 5c** zeigen dabei einen Verlauf einer Permittivität über die untersuchten Frequenzen und **Fig. 5b** und **Fig. 5d** zeigen einen Verlauf eines Verlustfaktors über die untersuchten Frequenzen des jeweiligen Materials. Dafür wurde jeweils ein quadratischer Prüfling mit FLGPCL03 beziehungsweise PA2200 der Größe 40x40x4 mm^3 (Kubikmillimeter) mittels SLA und SLS gedruckt, um die dielektrischen Parameter der Prüflinge zu extrahieren. Messungen der dielektrischen Parameter wurden im V-Band durchgeführt, da eine Messeinrichtung für das Y-Band nicht zur Verfügung stand. Für eine weitere Auswertung wurden Werte für die dielektrischen Parameter aus den Messungen im V-Band auch im Y-Band verwendet.

[0064] **Fig. 6a** und **Fig. 6b** zeigen Simulationsergebnisse eines Richtfaktors über verschiedene Abstrahlwinkel eines unerwünschten Frequenzanteils mit einer fundamentalen Frequenz von 112 GHz. Es werden die Simulationsergebnisse jeweils für beide, oben beschriebene Ausführungsformen der Linsenantenne 300 mit Interferenzfilterstruktur 310a und 310b aus PA2200 beziehungsweise FLGPCL03 dargestellt. Als Vergleich wird jeweils eine herkömmliche Referenzlinse 610 beziehungsweise 620 ohne Interferenzfilterstruktur aus dem jeweiligen Material herangezogen. Die Referenzlinsen 610 und 620 können einen simulierten Richtfaktor von 31 dBi (Dezibel bezogen auf einen Isotropstrahler) für beide Materialien aufweisen. Bei den Simulationen des Richtfaktors wurde nicht der Wirkungsgrad der Antenne berücksichtigt, der durch die Materialverluste beeinflusst wird. In Hauptstrahlrichtung kann für beide Interferenzfilterstrukturen 310a und 310b eine erhebliche Abnahme des Richtfaktors beobachtet werden, was auf eine gute Filterwirkung hinweisen kann. Die SLSgedruckte PA2200-Version der Linsenantenne 300 kann eine simulierte Unterdrückung von etwa -33 dB (Dezibel) für die Interferenzfilterstruktur 310a und -30 dB für die Interferenzfilterstruktur 310b im Vergleich zu den Referenzlinsen 610 und 620 aufweisen. Für die SLA-gedruckte FLGPCL03-Version der Linsenantenne 300 kann sich eine simulierte Unterdrückung von -32 dB für die Interferenzfilterstruktur 310a und -21 dB für die Interferenzfilterstruktur 310b ergeben.

[0065] In Hauptstrahlrichtung (bei 0°) schneidet in diesem Beispiel die Interferenzfilterstruktur 310a am besten ab, allerdings treten außerhalb der Hauptstrahlrichtung größere Nebenkeulen auf als bei der Interferenzfilterstruktur 310b. In diesem Beispiel liegt aber für PA2200 der Richtfaktor in den Nebenkeulen mit -5 dB bei Interferenzfilterstruktur 310a und mit -15 dB bei Interferenzfilterstruktur 310b unter dem Hauptkeulenrichtfaktor der Referenzantenne 610. In diesem Beispiel liegt für FLGPCL03 der Richtfaktor in den Nebenkeulen mit -5 dB bei Interferenzfilterstruktur 310a und -12 dB bei Interferenzfilterstruktur 310b ebenfalls unter dem Hauptkeulenrichtfaktor der Referenzantenne 620.

[0066] Um den oben beschriebenen Ansatz zu validieren, wurden Radarmessungen mit einem festen Reflektor als Ziel durchgeführt. Im Folgenden wird die Radarmessung beschrieben, was Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung nicht auf die angegebenen Werte für eine Länge der Antenne oder Verluste beschränken soll. Der Reflektor wurde in 0,6 m (Meter) Abstand vor dem Radar-Transceiver 120 platziert. **Fig. 7a-c** zeigen einen Spannungspegel (in dBV; Dezibel bezogen auf 1 Volt) eines empfangenen Radarsignals über verschiedene Entfernungen (auf der horizontalen Achse; in Meter) für eine PTFE-Referenzantenne (**Fig. 7a**), für die Linsenantenne 300 aus PA2200 mit Interferenzfilterstruktur 310a und 310b (**Fig. 7b**) beziehungsweise für die Linsenantenne 300 aus FLGPCL03 mit Interferenzfilterstruktur 310a und 310b (**Fig. 7c**). Wie in **Fig. 7a** gezeigt, tritt bei den Messungen mit der PTFE-Referenzantenne das Falschziel 710 im halben Abstand von 0,3 m auf. Mehrfachreflexionen 720 innerhalb der Referenzantenne zeigen sich als Peaks hinter dem echten Ziel 730 und im Nahbereich. In **Fig. 7b** und **Fig. 7c** erscheint bei den Messungen mit den beiden Ausführungsformen 310a und 310b der Linsenantenne 300 kein Falschziel 710 im halben Abstand, das heißt, es wurde erfolgreich herausgefiltert. Die Amplitude des Zielpeaks 730 fällt deutlich geringer aus, was hauptsächlich auf dielektrische Verluste im Material zurückgeführt werden kann. Eine geometrische Länge der Referenzantenne kann 41 mm (Millimeter) betragen. Eine geometrische Länge der Linsenantenne 300 aus PA2200 kann 38 mm und die der Linsenantenne aus FLGPCL03 36 mm betragen. Daraus kann sich ein Verlust bei einen Radarbetrieb, bei dem das Radarsignal die jeweilige Antenne zweimal passieren muss, von -0,3 dB für der Referenzantenne, von -19 dB für die PA2200-Version der Linsenantenne 300 und von -33 dB für die FLGPCL03-Version der Linsenantenne 300 ergeben. Innerhalb des Linsenmaterials können sich aufgrund der Interferenzfilterstruktur 310a und 310b zusätzliche dielektrische Verluste von -7 dB für die Interferenzfilterstruktur 310a und -14 dB für die Interferenzfilterstruktur 310b ergeben, jeweils in der PA2200-Version. Die zusätzlichen Verluste können -11 dB für die Interferenzfilterstruktur 310a und -12 dB für die Interferenzfilterstruktur 310b ergeben, jeweils in der FLGPCL03-Version. Die Verluste für die Interferenzfilterstruktur 310b sind in diesem Beispiel etwas höher als die für die Interferenzfilterstruktur 310a. Dies kann auf einen Fertigungsprozess zurückzuführen sein, da die Linsenantenne 300 mit Interferenzfilterstruktur 310a etwa in einem Stück gedruckt werden kann, während es für die Linsenantenne 300 mit Interferenzfilterstruktur 310b notwendig sein kann, sie in zwei Teilen (310, 320) zu drucken, um unbearbeitetes Pulver aus den Vertiefungen 332b zu entfernen. Das unbearbeitete Pulver kann in diesem Fall ansonsten bei einem einstückigen Druck im Inneren der Linsenantenne 300 eingeschlossen sein. Die beide Teile 310 und 320 können anschließend zusammengesetzt werden, wodurch ein kleiner Luftspalt zwischen ihnen entstehen kann, der weitere Verluste verursacht.

[0067] Je nach Konzept der Signalerzeugung können moderne Radarsensoren unter einem Durchsprechen des Grundsignals um eine fundamentale Frequenz leiden. Dies kann zu Falschzielen im Entfernungsspektrum und damit zu einer Mehrdeutigkeit bei der Zielerfassung führen. Die vorliegende Erfindung schlägt daher eine Linsenantenne mit einer in die Linsenantenne integrierten Interferenzfilterstruktur vor. Die Interferenzfilterstruktur kann unerwünschte Signalanteile herausfiltern und damit Falschziele vermeiden, was zuverlässige und robuste Messungen in industriellen Messanwendungen ermöglicht. Zwei Ausführungsbeispiele der Interferenzfilterstruktur wurden beispielhaft demonstriert. Bei der Wahl der Interferenzfilterstruktur kann es notwendig sein, einen Kompromiss zwischen Durchlassunterdrückung und Höhe der Nebenkeulen zu finden. Außerdem wurde vorgeschlagen, die gezeigten Interferenzfilterstrukturen mittels additiver Fertigungsverfahren zu drucken. In den beschriebenen Messungen zeigte sich, dass Polyamid für den SLS-Druck die bessere Wahl bezüglich dielektrischer Verluste im Vergleich zum Photopolymer-Harz des SLA-Drucks sein kann, wobei letzteres hingegen die günstigere Wahl sein kann.

[0068] Die Aspekte und Merkmale, die zusammen mit einem oder mehreren der vorher detaillierten Beispiele und Figuren beschrieben sind, können auch mit einem oder mehreren der anderen Beispiele kombiniert werden, um ein gleiches Merkmal des anderen Beispiels zu ersetzen oder um das Merkmal in das andere Beispiel zusätzlich einzuführen.

[0069] Die folgenden Ansprüche werden hiermit in die detaillierte Beschreibung aufgenommen, wobei jeder Anspruch als getrenntes Beispiel für sich stehen kann. Ferner ist zu beachten, dass - obwohl ein abhängiger Anspruch sich in den Ansprüchen auf eine bestimmte Kombination mit einem oder mehreren anderen Ansprüchen bezieht - andere Beispiele auch eine Kombination des abhängigen Anspruchs mit dem Gegenstand jedes anderen abhängigen oder unabhängigen Anspruchs umfassen können. Solche Kombinationen werden hiermit explizit vorgeschlagen, sofern nicht im Einzelfall angegeben ist, dass eine bestimmte Kombination nicht beabsichtigt ist. Ferner sollen auch Merkmale eines Anspruchs für jeden anderen unabhängigen Anspruch eingeschlossen sein, selbst wenn dieser Anspruch nicht direkt als abhängig von diesem anderen unabhängigen Anspruch definiert ist.

Patentansprüche

1. Linsenantenne (300), umfassend
eine in die Linsenantenne (300) integrierte Interferenzfilterstruktur (310).

2. Linsenantenne (300) gemäß Anspruch 1, wobei die Interferenzfilterstruktur (310) Materialabschnitte unterschiedlicher Permittivität umfasst.

3. Linsenantenne (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei erste Materialabschnitte der Interferenzfilterstruktur (310) ein erstes Dielektrikum und zweite Materialabschnitte der Interferenzfilterstruktur (310) ein zweites Dielektrikum aufweisen.

4. Linsenantenne (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Interferenzfilterstruktur (310) Erhöhungen (450) und fluidgefüllte Vertiefungen (440) in einem Material der Linsenantenne (300) umfasst.

5. Linsenantenne (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Interferenzfilterstruktur (310) entlang einer Ellipsoidoberfläche um einen Speisepunkt (320) für die Linsenantenne (300) verläuft.

6. Linsenantenne (300) gemäß Anspruch 5, wobei die Interferenzfilterstruktur (310) entlang der Ellipsoidoberfläche Materialabschnitte unterschiedlicher Permittivität umfasst.

7. Linsenantenne (300) gemäß einem der Ansprüche 5 oder 6, wobei die Interferenzfilterstruktur (310) auf der Ellipsiodoberfläche beabstandete Erhöhungen (450) umfasst.

8. Linsenantenne (300) gemäß Anspruch 7, wobei die Erhöhungen (450) zumindest teilweise ringförmig ausgebildet sind.

9. Linsenantenne (300) gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei die Erhöhungen (450) rotationssymmetrisch ausgebildet sind.

10. Linsenantenne (300) gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei die Erhöhungen (450) spiegelsymmetrisch ausgebildet sind.

11. Linsenantenne (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Interferenzfilterstruktur (310) ausgebildet ist, einen unerwünschten Frequenzanteil eines Signals im Radio- und/oder Terahertzbereich zu dämpfen.

12. Linsenantenne (300) gemäß Anspruch 11, wobei der unerwünschte Frequenzanteil eine fundamentale Frequenz eines Oszillators umfasst, wobei der Oszillator Teil einer Transceiver-Schaltung (124) ist, die das Signal für die Linsenantenne (300) bereitstellt.

13. Linsenantenne (300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend einen ersten Teil (420) und einen vom ersten Teil (420) abnehmbaren zweiten Teil (410), wobei die Interferenzfilterstruktur (310) mit dem ersten Teil (420) einstückig

ausgebildet ist und in einem zusammengesetzten Zustand von dem ersten und zweiten Teil (410, 420) umschlossen wird.

14. Vorrichtung für Radarmessungen, umfassend

eine Transceiver-Schaltung (124) für ein Radarsignal, wobei die Transceiver-Schaltung (124) einen Frequenzvervielfacher umfasst, der ausgebildet ist, um aus einer fundamentalen Frequenz eine Mittenfrequenz des Radarsignals zu generieren,
eine mit der Transceiver-Schaltung (124) gekoppelte Linsenantenne (300), wobei die Linsenantenne (300) eine in die Linsenantenne (300) integrierte Interferenzfilterstruktur (310) umfasst, die ausgebildet ist, Signalanteile des Radarsignals um die fundamentale Frequenz abzuschwächen.

15. Verfahren zur Herstellung einer Linsenantenne (300), umfassend
Einformen einer Interferenzfilterstruktur (310) in eine Linsenantenne (300).

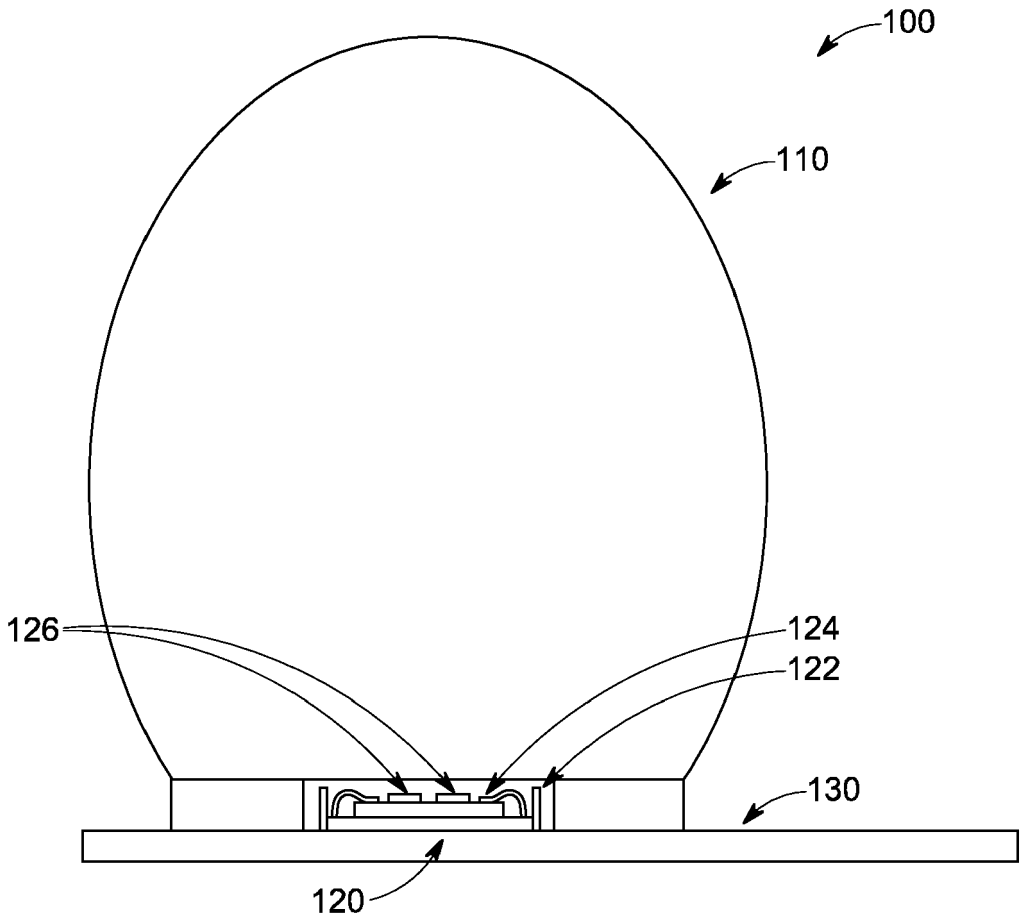


FIG. 1 Stand der Technik

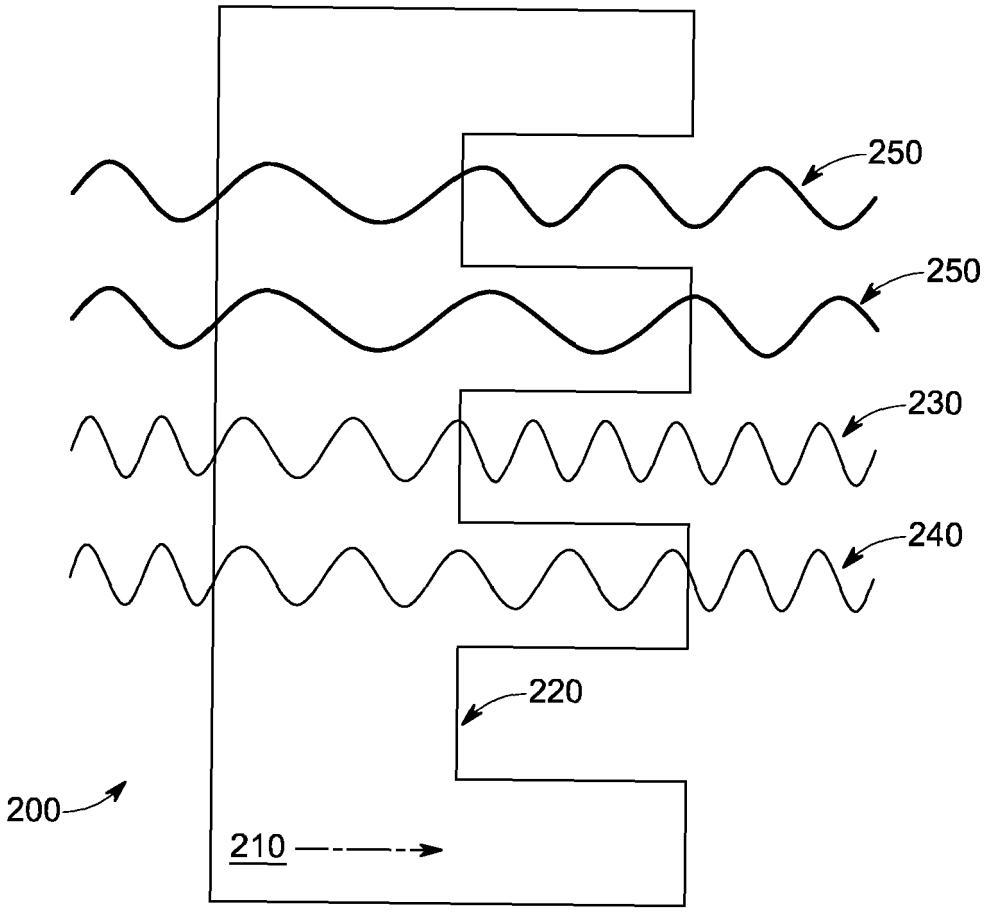


FIG. 2 Stand der Technik

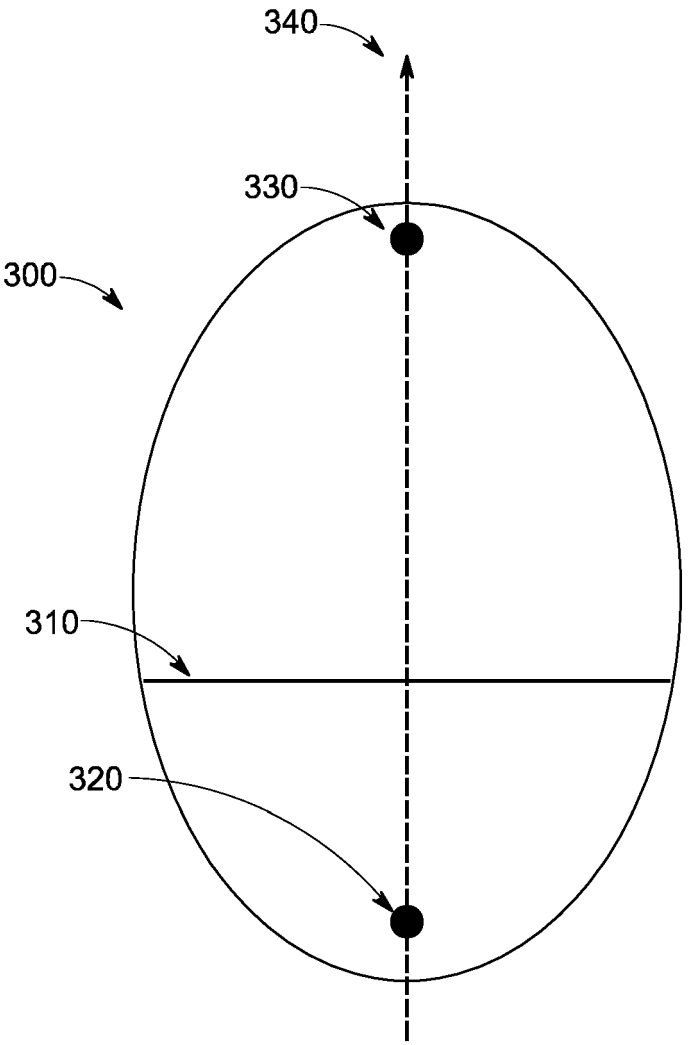


FIG. 3

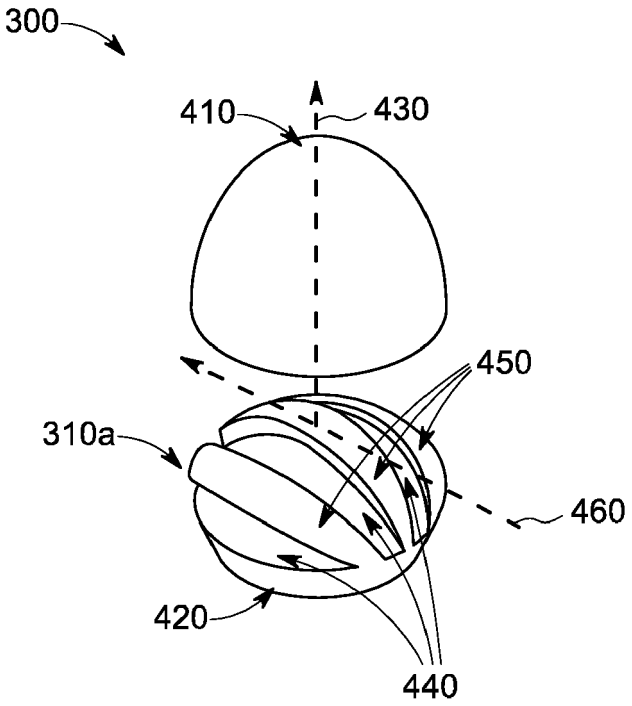

300
410
430
450
310a
460
420
440

FIG. 4a

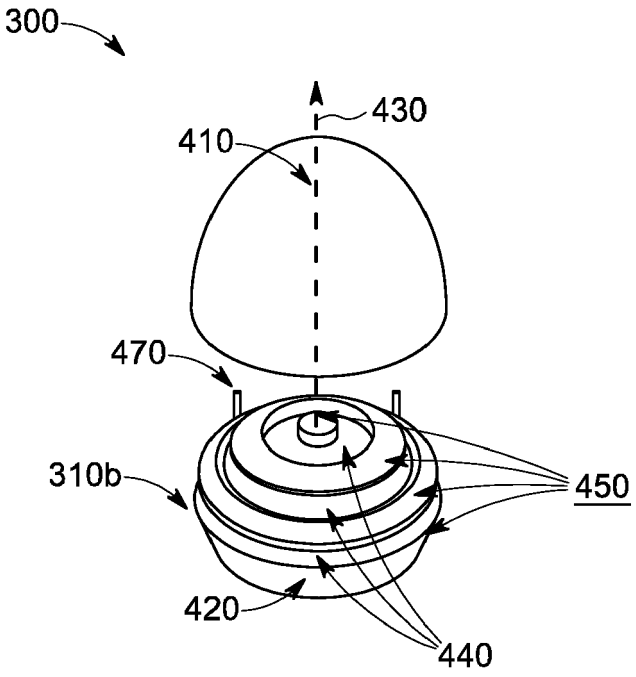

300
430
410
470
310b
450
420
440

FIG. 4b

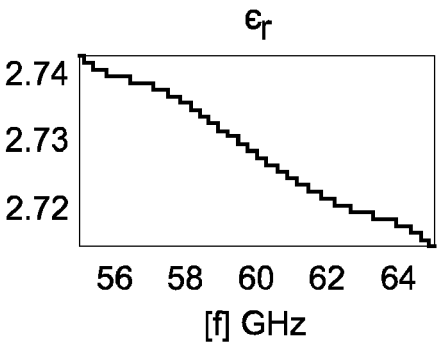


FIG. 5a

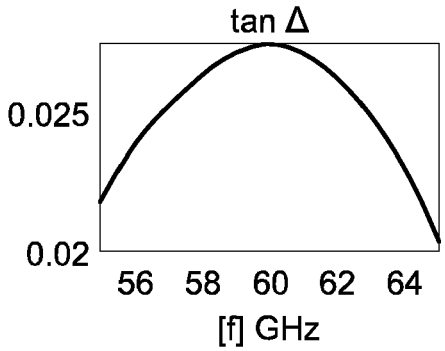


FIG. 5b

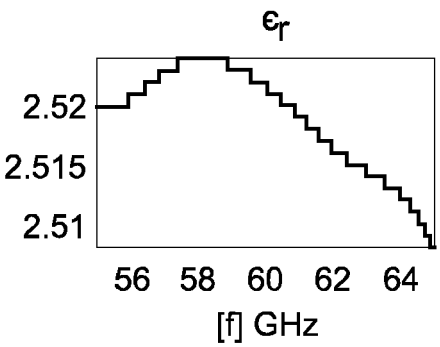


FIG. 5c

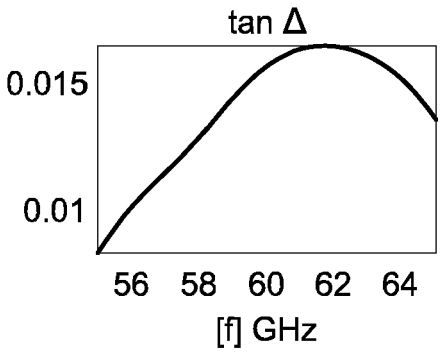


FIG. 5d

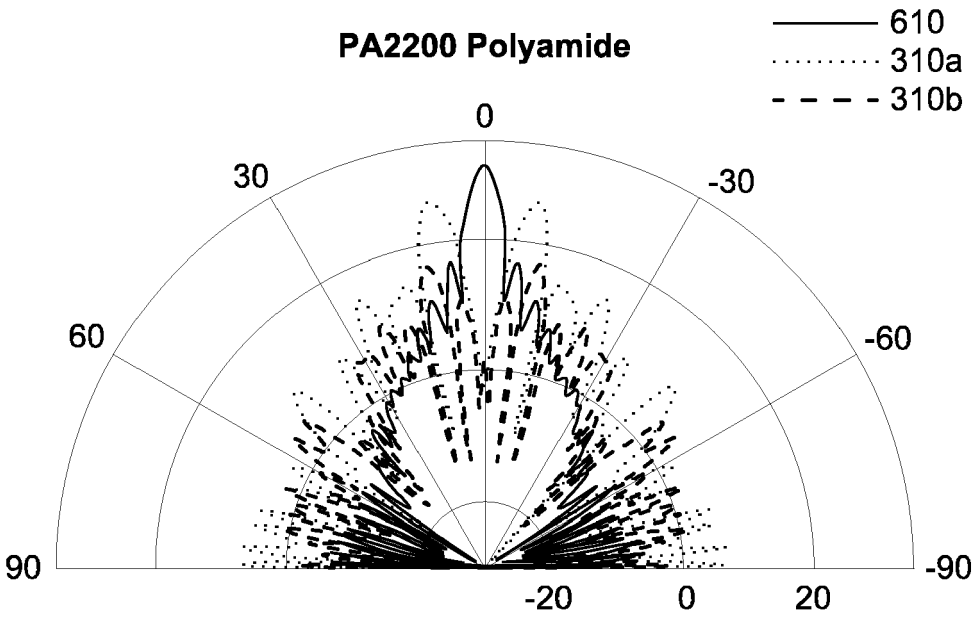

PA2200 Polyamide
610
310a
310b
0
30
-30
60
-60
90
-90
-20
0
20

FIG. 6a

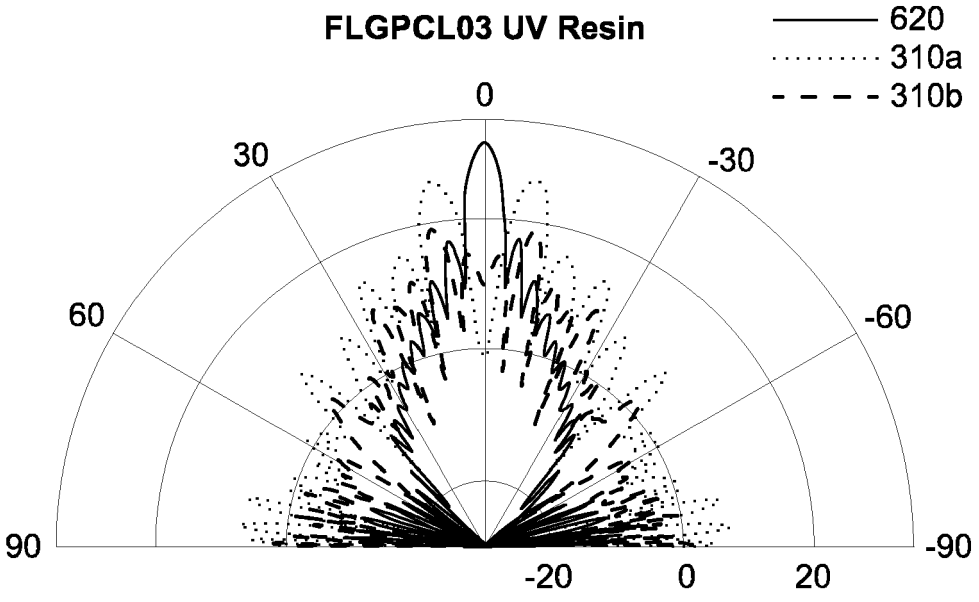

FLGPCL03 UV Resin
620
310a
310b
0
30
-30
60
-60
90
-90
-20
0
20

FIG. 6b

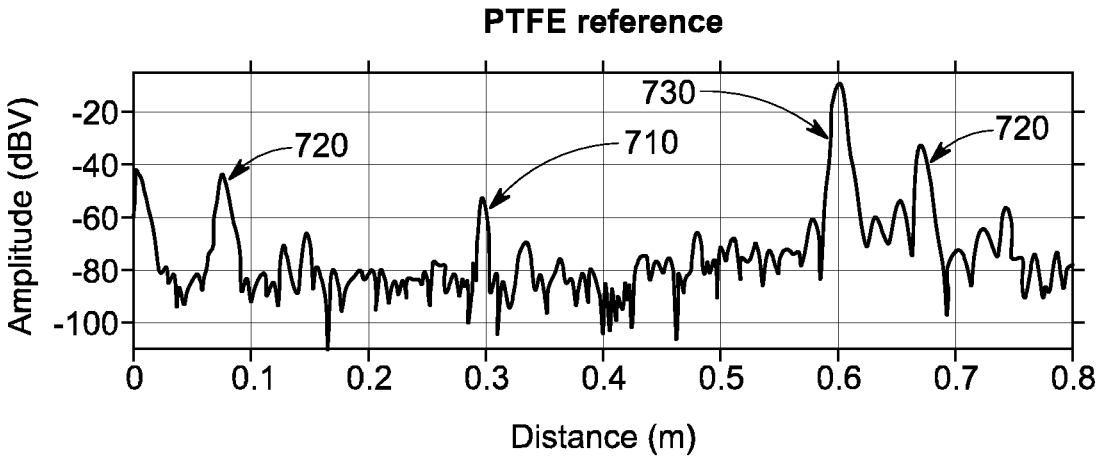


FIG. 7a

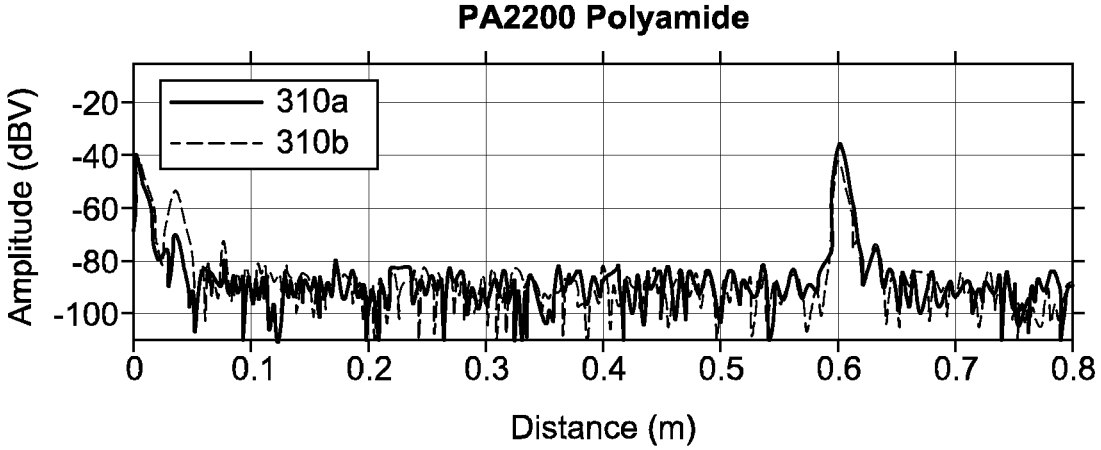


FIG. 7b

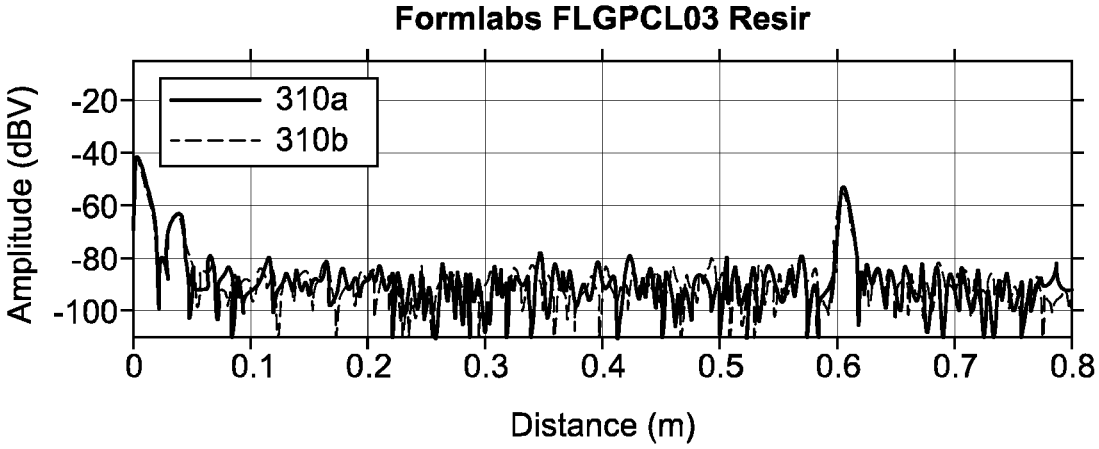


FIG. 7c

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 22 16 9683

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WU GENG BO ET AL: "High-Gain Circularly Polarized Lens Antenna for Terahertz Applications", IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, IEEE, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 18, Nr. 5, 1. Mai 2019 (2019-05-01), Seiten 921-925, XP011722807, ISSN: 1536-1225, DOI: 10.1109/LAWP.2019.2905872 [gefunden am 2019-05-02] * Abbildungen 1, 4, 5 * * abstract; II. DIELECTRIC ELEMENT DESIGN; III. DIELECTRIC LENS DESIGN *	1-3,11, 12,15	INV. H01Q15/08 H01Q19/06
X Y	EP 1 624 317 B1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 18. August 2010 (2010-08-18) * Abbildung 1 * * Absätze [0001] - [0023] *	1-3,11, 12,14,15 6	
X	DE 10 2012 003948 B4 (KROHNE MESSTECHNIK GMBH [DE]) 17. April 2014 (2014-04-17) * Abbildungen 1, 2 * * Absätze [0001] - [0014] *	1,11,12, 14,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01Q
X Y	JP 4 238215 B2 (AEROSAT CORPORATION [US]; P.O. BOX 176, TEMPLE, NH 03084]) 18. März 2009 (2009-03-18) * Abbildungen 5-11 * * Absätze [0026] - [0047] *	1,5, 7-11,15 6	
X	US 2006/202909 A1 (NAGAI TOMOHIRO [JP]) 14. September 2006 (2006-09-14) * Abbildungen 25A, B * * Absätze [0005], [0019] - [0024], [0030] - [0033], [0144] - [0163] *	1,13,15	

-/--

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	26. September 2022	Gehrmann, Elke

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 22 16 9683

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2020/363330 A1 (GUO LANJUN [CN] ET AL) 19. November 2020 (2020-11-19) * Abbildungen 1a-1c, 3a, 3b, 4b, 7 * * Absätze [0002] - [0109] *	1,4,15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	26. September 2022	Gehrmann, Elke

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 22 16 9683

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-09-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1624317 B1	18-08-2010	CN 1731210 A	08-02-2006
		DE 102004037907 A1	16-03-2006
		EP 1624317 A1	08-02-2006
		US 2007002305 A1	04-01-2007
DE 102012003948 B4	17-04-2014	CN 103292864 A	11-09-2013
		DE 102012003948 A1	05-09-2013
		EP 2634858 A1	04-09-2013
		US 2013228011 A1	05-09-2013
JP 4238215 B2	18-03-2009	AU 2003265569 A1	11-03-2004
		CA 2496053 A1	04-03-2004
		CN 1682402 A	12-10-2005
		EP 1543579 A1	22-06-2005
		JP 4238215 B2	18-03-2009
		JP 2005536929 A	02-12-2005
		SG 156528 A1	26-11-2009
		US 2004108963 A1	10-06-2004
		US 2006071876 A1	06-04-2006
		US 2009021436 A1	22-01-2009
		US 2011215976 A1	08-09-2011
		US 2015022399 A1	22-01-2015
		WO 2004019443 A1	04-03-2004
US 2006202909 A1	14-09-2006	CN 1856907 A	01-11-2006
		DE 112004001821 T5	19-10-2006
		JP 4079171 B2	23-04-2008
		JP WO2005034291 A1	04-10-2007
		US 2006202909 A1	14-09-2006
		WO 2005034291 A1	14-04-2005
US 2020363330 A1	19-11-2020	CN 110824592 A	21-02-2020
		US 2020363330 A1	19-11-2020
		WO 2020029691 A1	13-02-2020

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82