



(10) **DE 10 2022 202 797 A1** 2023.09.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 202 797.3**

(22) Anmeldetag: **22.03.2022**

(43) Offenlegungstag: **28.09.2023**

(51) Int Cl.: **H01Q 13/08 (2006.01)**

H01Q 1/22 (2006.01)

H01Q 21/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

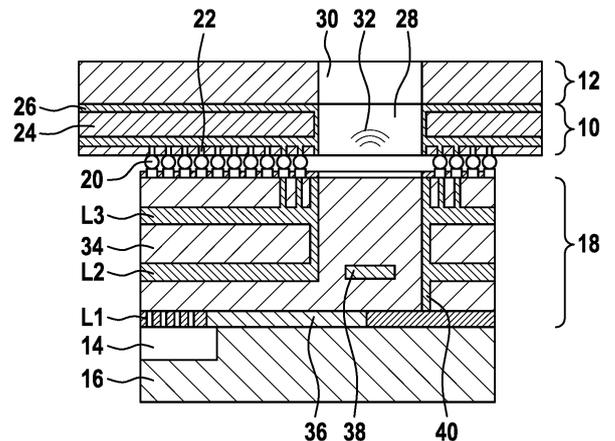
(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Radarsensor**

(57) Zusammenfassung: Radarsensor mit einem Hochfrequenzbaustein (14) und einer Antennenanordnung (12), die auf entgegengesetzten Seiten einer Platine (10) angeordnet sind, und mit einer Kopplungsstruktur zur signalmäßigen Kopplung der Antennenanordnung (12) an den Hochfrequenzbaustein (14), dadurch gekennzeichnet, dass die Platine (10) einen Durchbruch (28) aufweist, der so dimensioniert ist, dass er für Mikrowellenstrahlung (32) durchlässig ist, dass der Hochfrequenzbaustein (14) mit der Platine (10) durch eine mehrlagige Verbindungsstruktur (18) verbunden ist, die den Durchbruch (28) überdeckt, und dass die Kopplungsstruktur ein in die Verbindungsstruktur (18) eingebettetes Resonatorelement (38) aufweist, das dazu ausgebildet ist, Mikrowellenstrahlung durch den Durchbruch (28) hindurch in die Antennenanordnung (12) einzustrahlen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Radarsensor mit einem Hochfrequenzbaustein und einer Antennenanordnung, die auf entgegengesetzten Seiten einer Platine angeordnet sind, und mit einer Kopplungsstruktur zur signalmäßigen Kopplung der Antennenanordnung an den Hochfrequenzbaustein.

[0002] Insbesondere befasst sich die Erfindung mit einem Radarsensor, der für den Einsatz in Fahrerassistenzsystemen oder autonomen Fahrsystemen für Kraftfahrzeuge geeignet ist.

Stand der Technik

[0003] Aus US 2020 365 971A1 ist ein Radarsensor der oben genannten Art bekannt, bei dem die Kopplung der Antennenanordnung an den Hochfrequenzbaustein über elektrisch leitende Durchkontaktierungen in der Platine erfolgt. Bei diesem Bauprinzip ist jedoch eine verlustarme Signalübermittlung nur möglich, wenn bei der Fertigung sehr enge Toleranzen eingehalten werden.

[0004] US 11,031,681 B2 zeigt ein Beispiel eines Radarsensors, bei dem sich die Antenne und der Hochfrequenzbaustein auf derselben Seite der Platine befinden.

[0005] Bei diesem Bauprinzip ist jedoch die konstruktive Freiheit bei der Anordnung der Komponenten des Radarsensors auf der Platine eingeschränkt. Die vorgegebene geometrische Anordnung der Antennenelemente auf der Platine erfordert in der Regel relativ lange und verlustbehaftete Signalwege.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, einen verlustarmen Radarsensor der eingangs genannten Art anzugeben, der sich einfacher herstellen lässt.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Platine einen Durchbruch aufweist, der so dimensioniert ist, dass er für Mikrowellenstrahlung durchlässig ist, dass der Hochfrequenzbaustein mit der Platine durch eine mehrlagige Verbindungsstruktur verbunden ist, die den Durchbruch überdeckt, und dass die Kopplungsstruktur ein in die Verbindungsstruktur eingebettetes Resonatorelement aufweist, das dazu ausgebildet ist, Mikrowellenstrahlung durch den Durchbruch hindurch in die Antennenanordnung einzustrahlen.

[0008] Bei dieser Lösung ist das Resonatorelement, das zur Kopplung der Antennenanordnung an den Hochfrequenzbaustein dient, in einen sogenannten Interposer eingebettet, der den Hochfrequenzbaustein mechanisch und elektrisch mit der Platine ver-

bindet. Die signalmäßige Kopplung in der Richtung senkrecht zur Ebene der Platine erfolgt durch elektromagnetische Strahlung, so dass weder in der Platine noch im Interposer Durchkontaktierungen benötigt werden, die nur geringe Fertigungstoleranzen erlauben würden.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Im folgenden werden Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0011] Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Teil eines Radarsensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2-4 Teilschnitte durch Radarsensoren gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung;

Fig. 5-7 Schnitte durch verschiedene Lagen eines Interposers bei dem Ausführungsbeispiel nach **Fig. 2**;

Fig. 8 einen Schnitt analog zu **Fig. 7** für ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel;

Fig. 9 eine Grundriss-skizze eines Hochfrequenzbausteins auf einem Interposer mit mehreren Kopplungsstrukturen;

Fig. 10 eine Grundriss-skizze von Hohlleiter-elementen, die den Kopplungsstrukturen gemäß **Fig. 9** zugeordnet sind;

Fig. 11 einen Grundriss eines kompletten Radarsensors;

Fig. 12 ein Beispiel einer Kopplungsstruktur mit zwei Einspeisungsstellen für Mikrowellensignale;

Fig. 13 eine Kopplungsstruktur mit zwei Resonanzelementen für unterschiedliche Schwingungsmoden;

Fig. 14-16 weitere Beispiele für Anordnungen von Resonanzelementen mit unterschiedlichen Schwingungsmoden; und

Fig. 17(a)-(d) Beispiele für Mehrkanal-Einspeisungssysteme für die Kopplungsstrukturen nach **Fig. 15** und **Fig. 16**.

[0012] **Fig. 1** zeigt einen Teilschnitt durch einen Radarsensor. Der Radarsensor weist eine Platine 10 auf, auf der auf einer Seite, im gezeigten Beispiel auf der Oberseite, eine Antennenanordnung 12 gebildet ist und die an der Unterseite einen Hochfrequenzbaustein 14 trägt, bei dem es sich beispielsweise um ein MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) handeln kann.

[0013] Der Hochfrequenzbaustein 14 ist in einen Formkörper 16 aus Kunststoff eingebettet und durch eine Verbindungsstruktur, die im folgenden als Interposer 18 bezeichnet wird, und ein sogenanntes BGA 20 (Ball Grid Array; d.h., eine Anordnung von Lötugeln) mechanisch und elektrisch mit Leiterbahnen 22 der Platine 10 verbunden.

[0014] Die Platine 10 weist wie üblich eine abwechselnde Folge von dielektrischen Lagen 24 und elektrisch leitenden Lagen 26 auf, von denen einige (in der vereinfachten Abbildung nicht gezeigt) die Leiterbahnen 22 bilden. In der Platine ist ein Durchbruch 28 gebildet, der mit einem Hohlleiterelement 30 der Antennenanordnung 12 fluchtet. Im gezeigten Beispiel sind die Wände des Durchbruchs 28 metallisiert und über elektrisch leitende Lagen an der Oberseite und der Unterseite der Platine 10 geerdet. Die Abmessungen des Durchbruchs 28 sind so groß, dass elektromagnetische Wellen 32, deren Wellenlänge durch das Frequenzband des Radarsensors bestimmt sind, sich durch den Durchbruch hindurch in das Hohlleiterelement 30 ausbreiten können.

[0015] Auch der Interposer 18 weist eine abwechselnde Folge von dielektrischen Lagen 34 und elektrisch leitenden Lagen L1, L2, L3 auf. Die untere, direkt an den Hochfrequenzbaustein 14 angrenzende Lage L1 bildet unter anderem eine Speiseleitung 36 für ein in den Interposer 18 eingebettetes Resonatorelement 38. Das Resonatorelement 38 befindet sich innerhalb des Grundrisses des Durchbruchs 28 und wird im gezeigten Beispiel durch ein Patch in der elektrisch leitenden Lage L2 gebildet. Das Resonatorelement 38 ist von einem Käfig 40 umgeben, der durch geerdete Durchkontaktierungen gebildet wird, die sich bis zu der an das BGA 20 angrenzenden Oberfläche des Interposers erstrecken. Innerhalb des Käfigs 40 sind die elektrisch leitenden Lagen L2 und L3 unterbrochen, so dass das Resonatorelement 38 vollständig in nichtleitendes Material eingebettet ist. Über die Speiseleitung 36 kann ein im Hochfrequenzbaustein 14 erzeugtes Mikrowellensignal elektromagnetisch in das Resonatorelement 38 eingekoppelt werden. Die Abstände zwischen den „Gitterstäben“ des Käfigs 40 sind klein im Verhältnis zur Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung, so dass der Käfig wie ein Wellenleiter wirkt durch den das Resonatorelement 38 die Mikrowellenleistung gerichtet in den Durchbruch 28 und dann schließlich in das Hohlleiterelement 30 einstrahlen kann. Es versteht sich, dass auch das BGA 20 an der Stelle des Durchbruchs 28 unterbrochen ist.

[0016] Fig. 2 zeigt ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel, das sich von dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 nur dadurch unterscheidet, dass die Kontaktierung des Interposers 18 nicht über ein BGA, sondern über ein LGA 42 (Land Grid Array; Anordnung von Kontaktflächen) erfolgt.

[0017] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, das sich von den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 und Fig. 2 dadurch unterscheidet, dass das Resonatorelement 38 galvanisch mit der Speiseleitung 36 verbunden ist. Außerdem ist in diesem Beispiel ein zweites Resonatorelement 38 in der elektrisch leitenden Lage L3 gebildet. Der Abstand zwischen den beiden Resonatorelementen ist so an die Wellenlänge angepasst, dass eine größere Richtwirkung bei der Einkopplung der Mikrowellenleistung in das Hohlleiterelement 30 erreicht wird.

[0018] Die Kontaktierung des Interposers 18 erfolgt in diesem Beispiel über ein BGA, doch wäre wahlweise auch ein LGA denkbar. Dies gilt für alle in dieser Anmeldung beschriebenen Ausführungsbeispiele.

[0019] In Fig. 4 ist schematisch ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem der Interposer 18 eine größere Anzahl elektrisch leitender Lagen L1-LN aufweist. Die Anzahl der Lagen, in denen Resonatorelemente 38 gebildet sind, kann 1, 2 oder mehr betragen.

[0020] Fig. 4 illustriert weiterhin ein Beispiel für eine Ausgestaltung, bei der zwei oder mehr getrennt gespeiste Resonatorelemente 38 in derselben Lage L2 angeordnet sind. Die zugehörigen Speiseleitungen 36 sind, obgleich dies in Fig. 4 nicht erkennbar ist, mit unterschiedlichen Ausgängen des Hochfrequenzbausteins 14 verbunden. Die Kopplung an die Resonatorelemente 38 erfolgt in diesem Beispiel elektromagnetisch.

[0021] Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch den Käfig 40 in Höhe der Oberseite der Lage L1 in Fig. 2. Die einzelnen Gitterstäbe des Käfigs 40 sind hier im Schnitt zu sehen. Außerdem erkennt man ein Ende der Speiseleitung 36, das durch einen Spalt 44 von einer geerdeten Metallisierungsschicht 46 getrennt ist (koplanarer Wellenleiter). Über die Metallisierungsschicht wird auch das Gitter 40 geerdet, in dem ein Durchlass 48 für die Speiseleitung 36 gebildet ist.

[0022] Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch den Käfig 40 in Höhe der dielektrischen Lage 38, die die leitfähigen Lagen L1 und L2 voneinander trennt.

[0023] Fig. 7 zeigt einen Schnitt in Höhe der Oberseite des Resonatorelements 38, das in diesem Fall als rechteckiges Patch ausgebildet ist. Dieses Patch erzeugt im Inneren des Käfigs 40 eine linear polarisierte Schwingungsmode, deren Polarisationsrichtung von der Orientierung des Rechtecks abhängig ist.

[0024] Alternativ kann das Patch auch die Form eines Rechtecks haben, bei dem zwei diagonal gegenüberliegende Ecken „abgeschnitten“ sind, wie in Fig. 8 gezeigt ist. Bekanntlich erzeugt ein Patch

mit dieser Geometrie eine zirkular polarisierte Schwingungsmode. Erforderlichenfalls kann die Geometrie des Käfigs 40 an die vorwiegend anzuregende Schwingungsmode angepasst werden.

[0025] In **Fig. 9** sind der Halbleiterbaustein 14 und der zugehörige Interposer 18 in einem schematischen Grundriss gezeigt. In den Interposer 18 sind in diesem Beispiel acht Kopplungsstrukturen 50 eingebettet, die jeweils an ein hier nicht gezeigtes Hohlleiterelement ankoppeln, das dem Hohlleiterelement 30 in **Fig. 1** entspricht. Jede Kopplungsstruktur 50 wird durch einen Käfig 40 gebildet, der mindestens ein Resonatorelement 38 enthält. Die Resonatorelemente 38 jeder Kopplungsstruktur 50 sind jeweils über eine Speiseleitung 36 mit einem Ausgang des Halbleiterbausteins 14 verbunden. In der Lage unmittelbar oberhalb der Speiseleitungen 36 hat jeder Käfig 40 einen Durchlass 48 (**Fig. 5**). Die Gitterstäbe dieses Durchlasses gehen über in eine Galerie von Durchkontaktierungen 52, die die als koplanarer Wellenleiter ausgebildete Speiseleitung 36 flankieren.

[0026] **Fig. 10** zeigt einen Schnitt durch die Hohlleiterelemente 30, die sich auf der Oberseite der Platine 10 befinden und den in **Fig. 9** gezeigten Kopplungsstrukturen 50 zugeordnet sind. Durch die Hohlleiterelemente 30 hindurch blickt man hier auf die Durchbrüche 28 der Platine 10. Diese Durchbrüche werden beispielsweise durch eine Serie von Bohrungen gebildet, deren kreisförmige Querschnitte einander überlappen, so dass der Durchbruch im Grundriss annähernd die Form eines Ovals hat.

[0027] In **Fig. 11** ist ein kompletter Radarsensor in der Draufsicht gezeigt. Die Antennenanordnung 12 weist ein Gehäuse 52 auf, das auf der Platine 10 gehalten ist, die es jedoch im Grundriss überragt. Das Gehäuse 52 nimmt acht in zwei parallelen Reihen angeordnete Hohlleiterantennen 54 auf. Jede dieser Hohlleiterantennen 54 ist über ein gleichfalls als Hohlleiter ausgebildetes Anbindungselement 56 (gestrichelt eingezeichnet) mit einem der Hohlleiterelemente 30 auf der Platine 10 verbunden, die über die Durchbrüche 28 in der Platine an die (in **Fig. 11** nicht gezeigten) Resonatorelemente 38 koppeln.

[0028] Um einen breitbandigen und flexibel konfigurierbaren Radarsensor zu schaffen, können die Anzahl, die Form und die Anordnung der Kopplungsstrukturen 50 vielfältig variiert werden. **Fig. 12** zeigt als Beispiel eine Kopplungsstruktur mit zwei in derselben Lage des Interposers angeordneten wird 38, die beide als rechteckige Patches ausgebildet sind, die sich in ihrer Orientierung um 90° unterscheiden. **Fig. 13** zeigt die zugehörigen Speiseleitungen 36, die ebenfalls rechtwinklig zueinander orientiert sind. Mit den beiden Patches können linear polarisierte Strahlungsfelder erzeugt werden, deren Polarisations-

richtungen um 90° gegeneinander verdreht sind. Diese Anordnung lässt sich beispielsweise dazu nutzen, zwischen zwei zueinander rechtwinkligen Polarisationsrichtungen umzuschalten, indem entweder das eine oder das andere Resonatorelement 38 gespeist wird. Alternativ können auch beide Resonatorelemente gleichzeitig gespeist werden, so dass sich je nach Phasenbeziehung der Speisesignale eine diagonale oder zirkulare Polarisation ergibt.

[0029] In **Fig. 14** bis **Fig. 16** sind unterschiedliche Konfigurationen von Resonatorelementen 38 und Speiseleitungen 36 gezeigt. Mit der Anordnung nach **Fig. 15** lassen sich ähnlich wie in **Fig. 12** und **Fig. 13** zwei Schwingungsmoden mit zueinander rechtwinkliger Polarisation erzeugen. In **Fig. 16** ist nur ein einziges rechteckiges Resonanzelement je Interposerslage vorgesehen, das jedoch über rechtwinklig zueinander orientierte Speiseleitungen 36 gespeist werden kann. Auch in diesem Fall können zwei Schwingungsmoden mit zueinander rechtwinkliger Polarisation erzeugt werden.

[0030] In **Fig. 15** und **Fig. 16** ist zur besseren Unterscheidung eine der beiden Speiseleitungen 36 schraffiert und die andere nicht schraffiert gezeigt. **Fig. 17** illustriert Beispiele für unterschiedliche Systeme zur Einspeisung des Mikrowellensignals in diese Speiseleitungen. In **Fig. 17(a)** sind die beiden Speiseleitungen 36 direkt an zwei verschiedene Ausgänge des Hochfrequenzbausteins 14 angeschlossen. In **Fig. 17(b)** sind die beiden Speiseleitungen an zwei Ausgänge eines Transformators oder Verstärkers 58 angeschlossen, der seinerseits an einen Ausgang des Hochfrequenzbausteins 14 angeschlossen ist. Diese Anordnung erlaubt es, die beiden Resonatorelemente synchron mit phasengleichen Signalen zu speisen.

[0031] In **Fig. 17(c)** ist an einen Ausgang des Hochfrequenzbausteins 14 ein Ringkoppler 60 angeschlossen und die Speiseleitungen 36 sind in solchen Positionen an den Ringkoppler 60 angeschlossen, dass sie Signale mit unterschiedlichen Phasenlagen abgreifen.

[0032] In **Fig. 17(d)** sind die beiden Speiseleitungen 36 an einen Ausgang 62 des Hochfrequenzbausteins 14 angeschlossen. Während eine der beiden Speiseleitungen direkt an den Ausgang 62 angeschlossen ist, weist die andere Speiseleitung eine Umwegleitung 64 auf, deren Länge die Phasenlage der in die Resonanzelemente 38 eingespeisten Signale bestimmt.

[0033] Es versteht sich, dass neben der Lage L1 des Interposers 18, die die Speiseleitungen 36 bildet, mindestens eine weitere elektrisch leitende Lage des Interposers Resonanzelemente 38 bilden kann,

die jeweils die gleiche Form und Anordnung haben wie die Resonanzelemente in **Fig. 14** bis **Fig. 16**, die jedoch keine eigenen Speiseleitungen haben, sondern durch elektromagnetische Kopplung an die Lage L1 zu Schwingungen angeregt werden.

[0034] Während bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen die Speiseleitungen 36 als koplanare Wellenleiter ausgebildet sind, sind für alle beschriebenen Ausführungsformen auch Varianten denkbar, bei denen die Speiseleitung als SIW (Substrate Integrated Waveguide) ausgebildet ist. Diese SIW-Wellenleiter werden an der Ober- und Unterseite durch geerdete elektrisch leitende Lagen des Interposers begrenzt, und die Begrenzung in horizontaler Richtung erfolgt ähnlich wie bei den Käfigen 40 durch Galerien von Durchkontaktierungen.

ZITATE ENTHALTEN 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 2020365971 A1 [0003]
- US 11031681 B2 [0004]

Patentansprüche

1. Radarsensor mit einem Hochfrequenzbaustein (14) und einer Antennenanordnung (12), die auf entgegengesetzten Seiten einer Platine (10) angeordnet sind, und mit einer Kopplungsstruktur (50) zur signalmäßigen Kopplung der Antennenanordnung (12) an den Hochfrequenzbaustein (14), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platine (10) einen Durchbruch (28) aufweist, der so dimensioniert ist, dass er für Mikrowellenstrahlung (32) durchlässig ist, dass der Hochfrequenzbaustein (14) mit der Platine (10) durch eine mehrlagige Verbindungsstruktur (18) verbunden ist, die den Durchbruch (28) überdeckt, und dass die Kopplungsstruktur (50) ein in die Verbindungsstruktur (18) eingebettetes Resonatorelement (38) aufweist, das dazu ausgebildet ist, Mikrowellenstrahlung durch den Durchbruch (28) hindurch in die Antennenanordnung (12) einzustrahlen.

2. Radarsensor nach Anspruch 1, bei dem die Antennenanordnung (12) mindestens ein Hohlleiterelement (30) aufweist, das auf den Durchbruch (28) ausgerichtet ist und die vom Resonatorelement (38) erzeugte Mikrowellenstrahlung (32) empfängt und weiterleitet.

3. Radarsensor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Resonatorelement (38) in einem als Wellenleiter dienenden Käfig (40) angeordnet ist, dessen Wände durch Durchkontaktierungen in der mehrlagigen Verbindungsstruktur (18) gebildet werden.

4. Radarsensor nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mindestens zwei elektrisch leitende Lagen der Verbindungsstruktur (18) jeweils mindestens ein Resonatorelement (38) enthalten, wobei die einander entsprechenden Resonatorelemente (38) in den verschiedenen Lagen zueinander kongruent sind.

5. Radarsensor nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mindestens zwei Resonatorelemente (38) in derselben Lage der Verbindungsstruktur (18) angeordnet sind.

6. Radarsensor nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mindestens zwei Speiseleitungen (36), die den Hochfrequenzbaustein (14) mit dem Resonatorelement (38) oder den Resonatorelementen (38) verbinden, so konfiguriert sind, dass durch unterschiedliche Arten der Einspeisung der Mikrowellenleistung in diese Speiseleitungen unterschiedliche Schwingungsmoden der Mikrowellenstrahlung (32) erregbar sind.

7. Radarsensor nach Anspruch 6, bei dem jedes von mehreren in derselben Lage der Verbindungs-

struktur (18) liegenden Resonatorelemente (38) eine eigene Speiseleitung (36) hat.

8. Radarsensor nach Anspruch 6, bei dem zwei Speiseleitungen (36) so an dasselbe Resonatorelement (38) angeschlossen sind, dass je nach Wahl der Speiseleitung Schwingungsmoden mit unterschiedlicher Polarisierung anregbar sind.

9. Radarsensor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem das Resonatorelement (38) oder die Resonatorelemente (38) elektromagnetisch an ihre jeweilige Speiseleitung (36) gekoppelt sind.

10. Radarsensor nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem das Resonatorelement (38) oder die Resonatorelemente (38) galvanisch an ihre jeweilige Speiseleitung (36) gekoppelt sind.

11. Radarsensor nach einem der Ansprüche 6 bis 10, bei dem mindestens eine Speiseleitung (36) ein koplanarer Wellenleiter ist.

12. Radarsensor nach einem der Ansprüche 6 bis 10, bei dem bei dem mindestens eine Speiseleitung (36) ein SIW-Wellenleiter ist.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

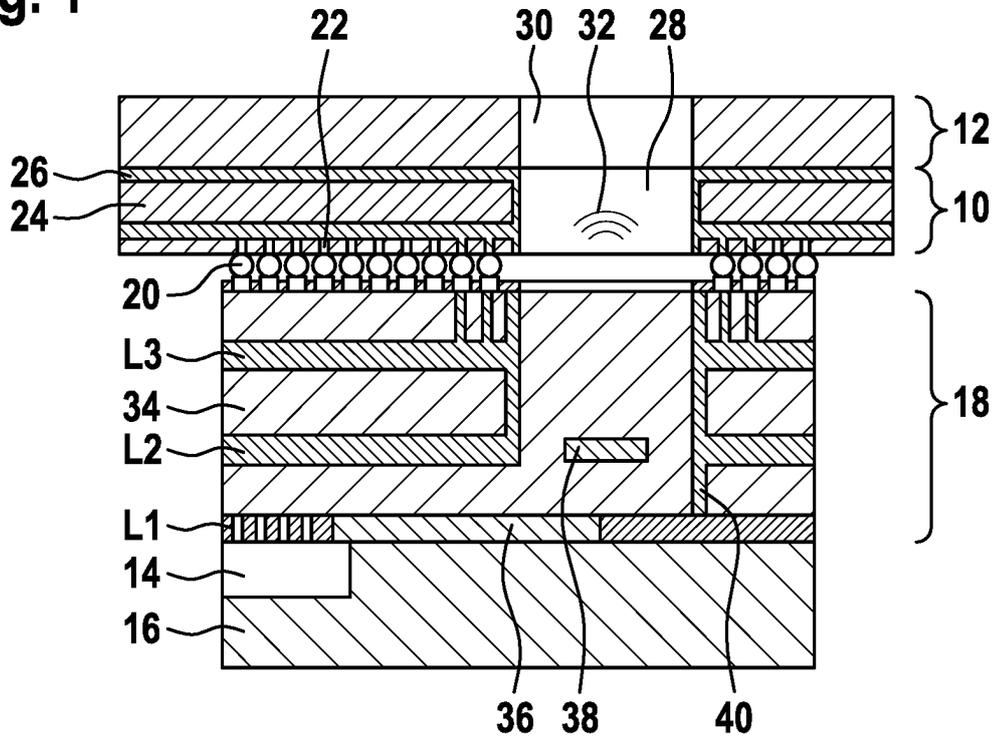


Fig. 2

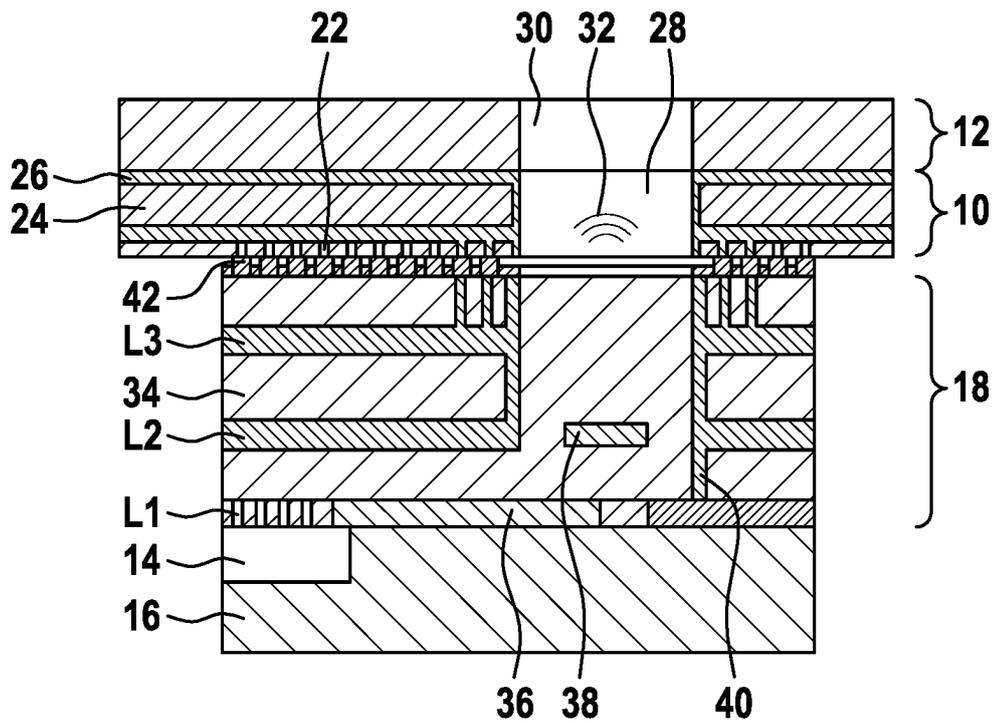


Fig. 3

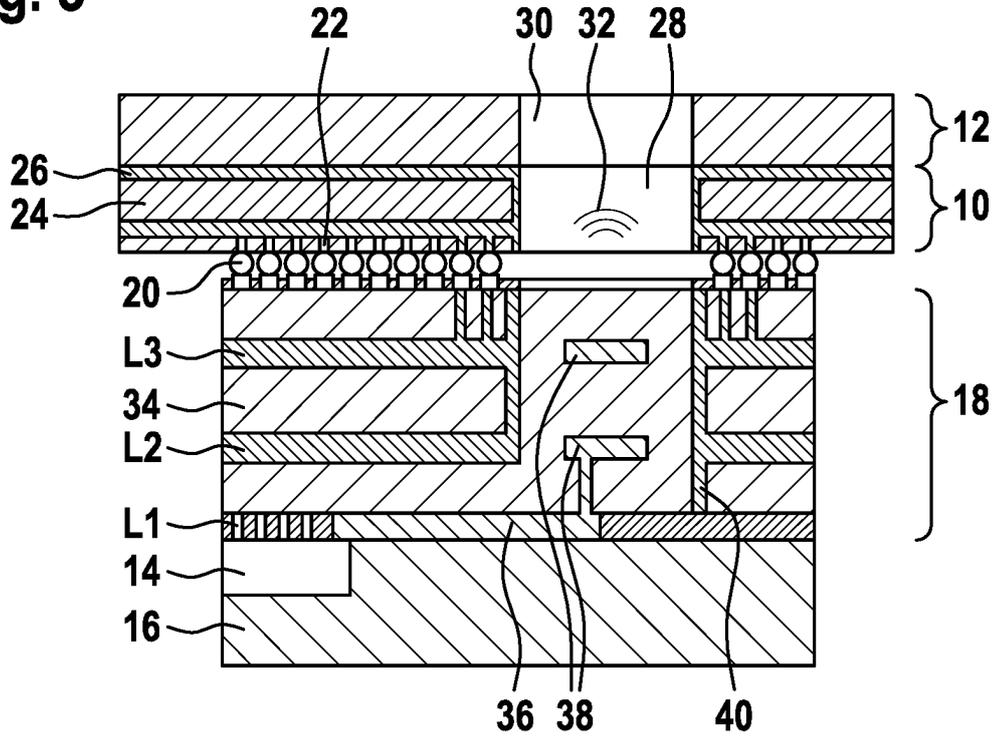


Fig. 4

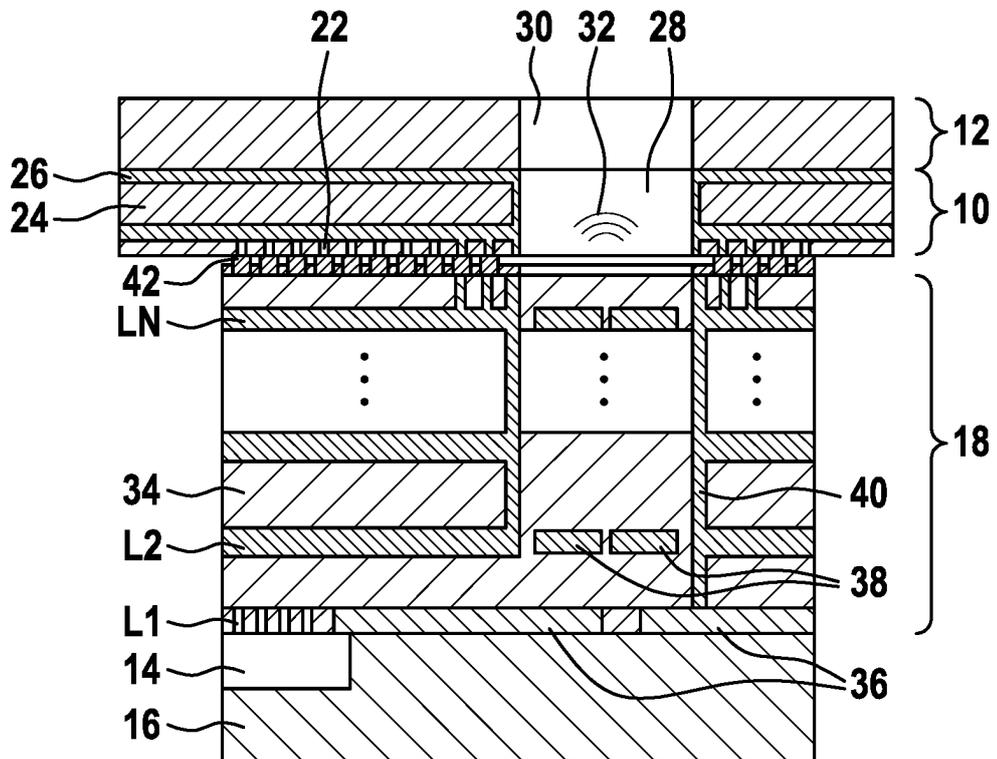


Fig. 5

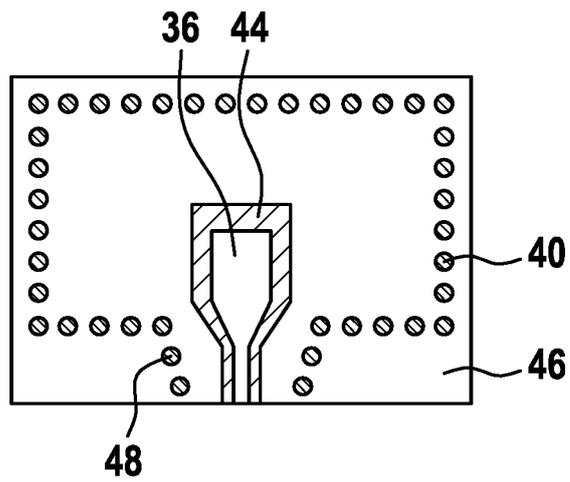


Fig. 6

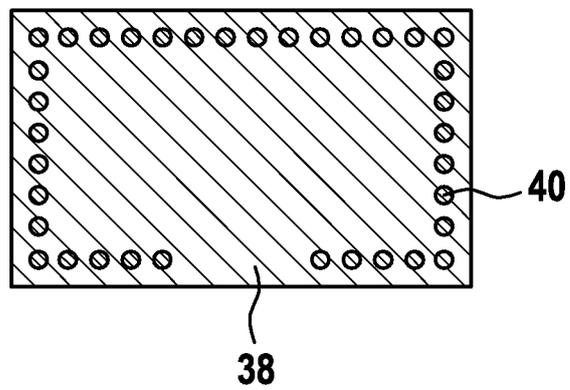


Fig. 7

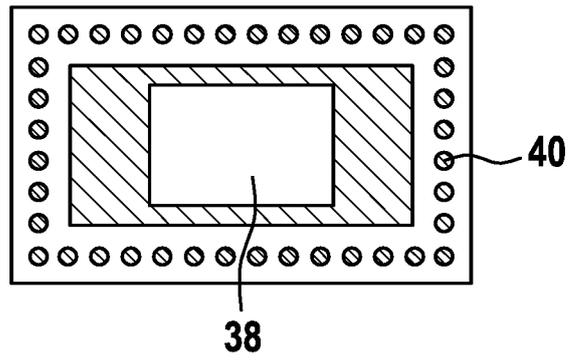


Fig. 8

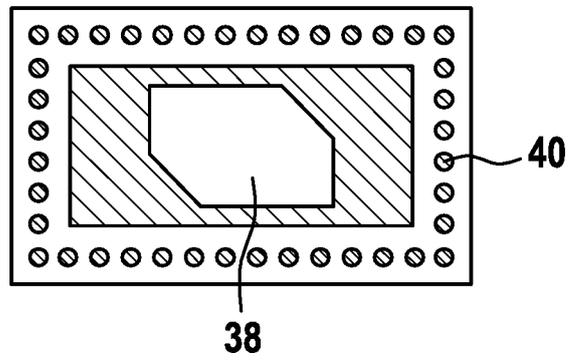


Fig. 9

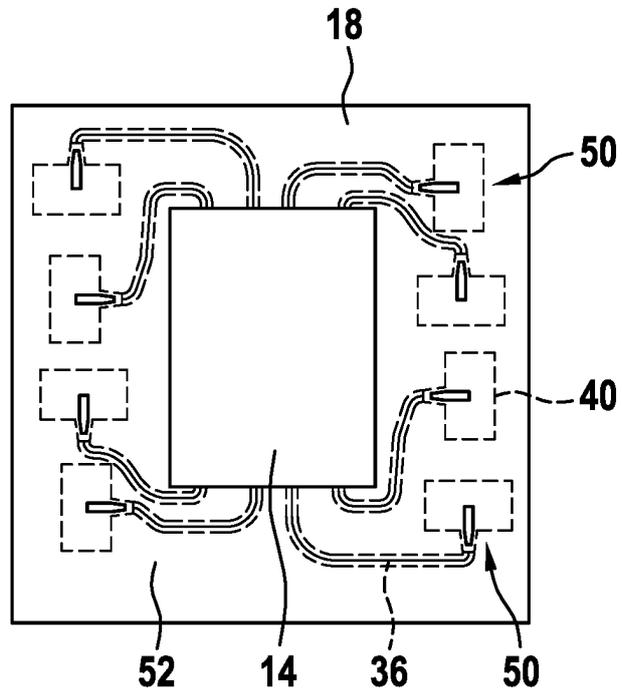


Fig. 10

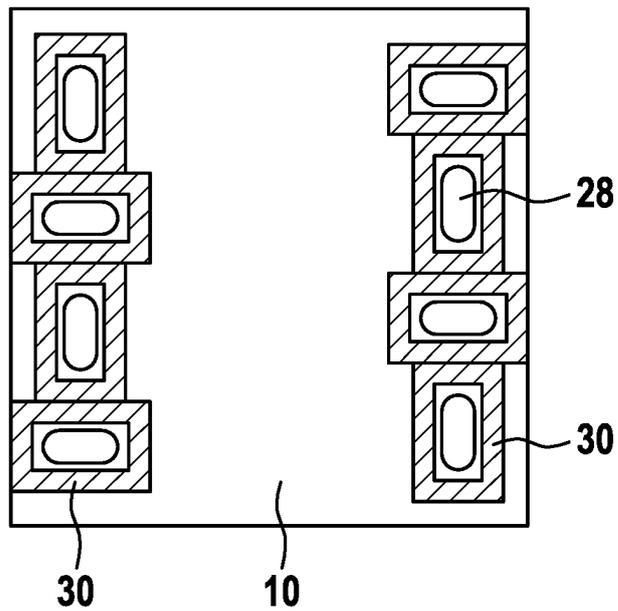


Fig. 11

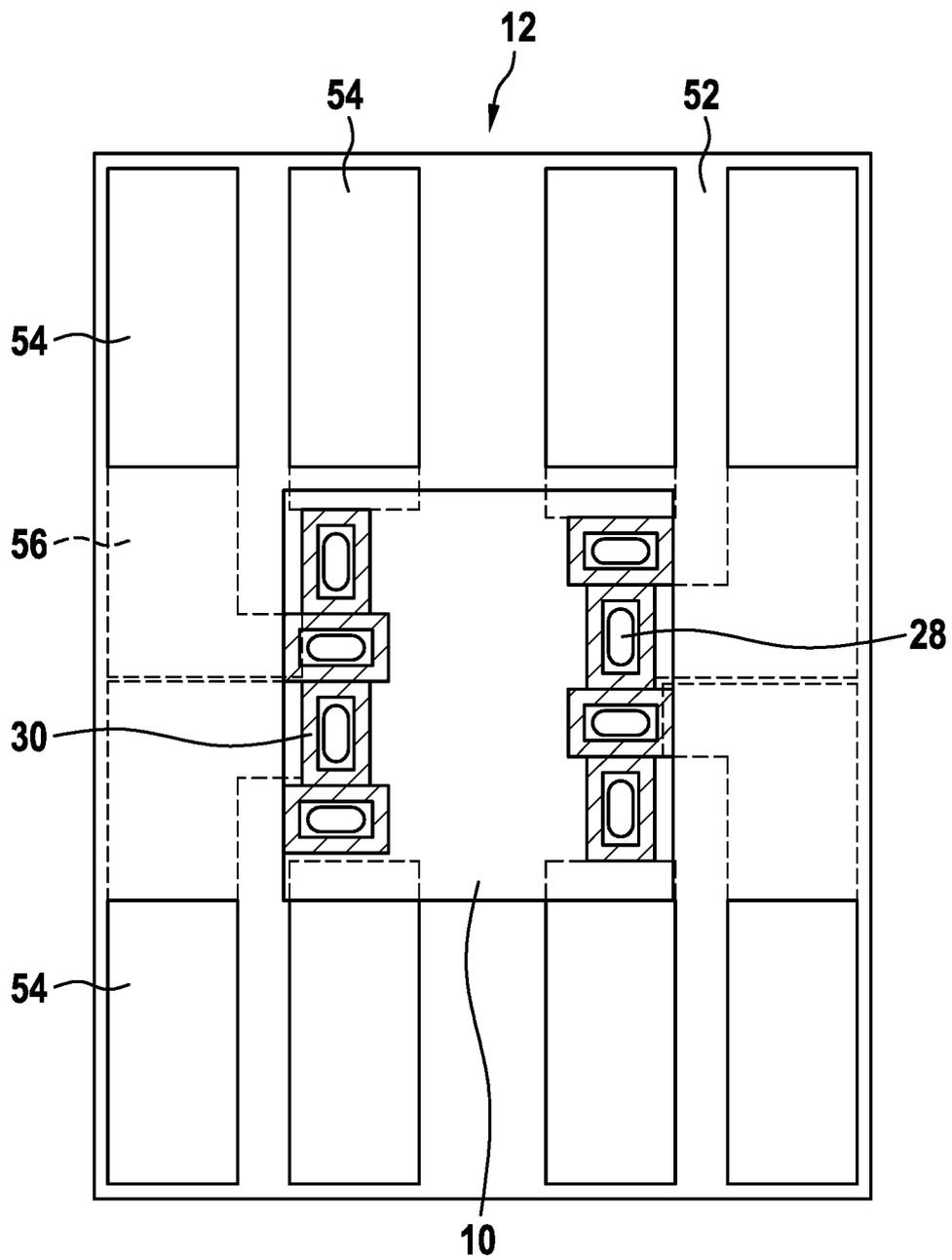


Fig. 12

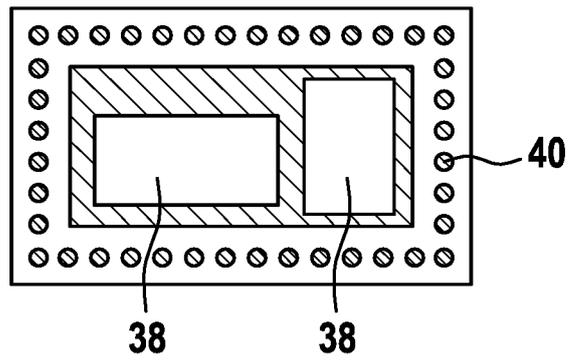


Fig. 13

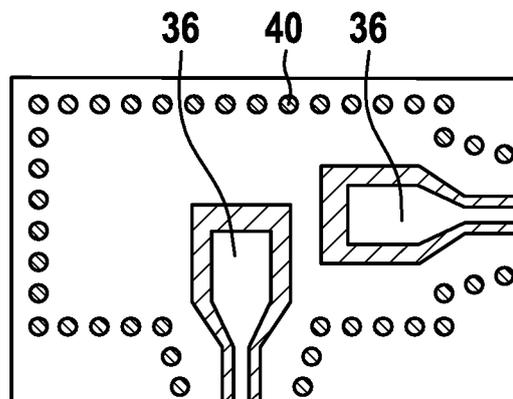


Fig. 14

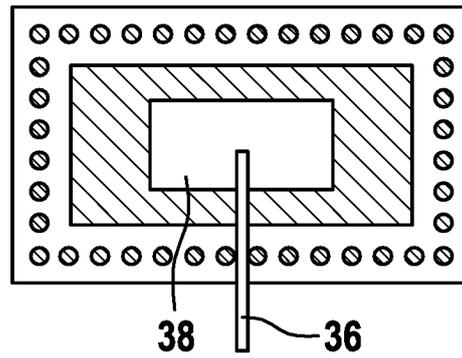


Fig. 15

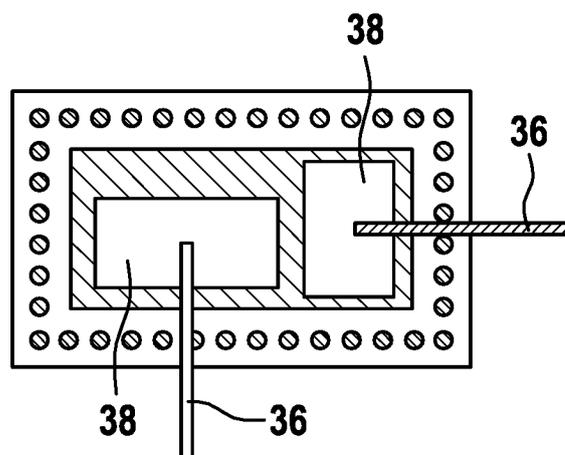


Fig. 16

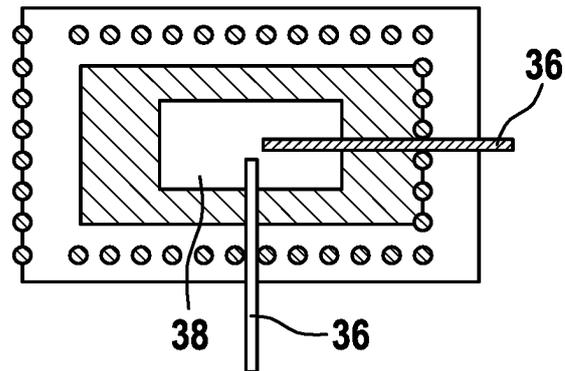


Fig. 17

