



(10) DE 10 2019 101 276 A1 2020.07.23

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: 10 2019 101 276.7

(22) Anmeldetag: 18.01.2019

(43) Offenlegungstag: 23.07.2020

(51) Int Cl.: **H01P 5/08** (2006.01)

(71) Anmelder:
**ROSENBERGER Hochfrequenztechnik GmbH &
Co. KG, 83413 Fridolfing, DE; Universität Bremen,
28359 Bremen, DE**

(72) Erfinder:
**Karau, Simon, 70197 Stuttgart, DE; Meyer, Andre,
28199 Bremen, DE; Schneider, Martin, Prof. Dr.,
49637 Menslage, DE**

(74) Vertreter:
**Lorenz & Kollegen Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB, 89522
Heidenheim, DE**

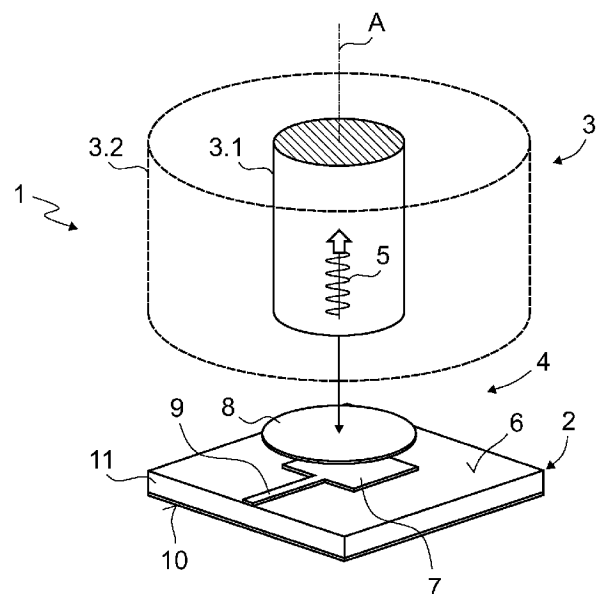
(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2016 / 0 351 988 A1
US 2017 / 0 336 503 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wellenleiteranordnung, Wellenleiterübergang und Verwendung einer Wellenleiteranordnung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wellenleiteranordnung (1), umfassend eine elektrische Schaltungsanordnung (2), einen dielektrischen Wellenleiter (3) mit einer Längsachse (A) sowie einen dazwischenliegenden Wellenleiterübergang (4) zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle (5) zwischen der Schaltungsanordnung (2) und dem dielektrischen Wellenleiter (3). Der Wellenleiterübergang (4) weist zumindest ein erstes elektrisch leitfähiges Plättchen (7) und ein zweites elektrisch leitfähiges Plättchen (8) auf, die in Richtung der Längsachse (A) des dielektrischen Wellenleiters (3) zueinander versetzt zwischen der Schaltungsanordnung (2) und dem dielektrischen Wellenleiter (3) angeordnet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wellenleiteranordnung, umfassend eine elektrische Schaltungsanordnung, einen dielektrischen Wellenleiter sowie einen dazwischenliegenden Wellenleiterübergang zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen der Schaltungsanordnung und dem dielektrischen Wellenleiter.

[0002] Die Erfindung betrifft auch einen Wellenleiterübergang zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen einer Schaltungsanordnung und einem dielektrischen Wellenleiter.

[0003] Die Erfindung betrifft außerdem eine Verwendung einer Wellenleiteranordnung.

[0004] Nach dem derzeitigen Stand der Technik lässt sich die kabelgebundene Datenübertragung im Wesentlichen in zwei unterschiedliche Technologien gliedern. Dabei ist zum einen eine Datenübertragung mittels metallischer Leiter und zum anderen eine optische Datenübertragung mittels Glasfasern bekannt.

[0005] Die Signalübertragung über herkömmliche elektrische Leiter, wie beispielsweise Kupferleiter in elektrischen Kabeln, unterliegt bei hohen Frequenzen bekanntermaßen einer starken Signaldämpfung. Somit muss, insbesondere wenn hohe Anforderungen an die Übertragungsbandbreite gestellt werden, mitunter ein hoher Aufwand betrieben werden, um die Spezifikationen zu erreichen - falls überhaupt möglich.

[0006] Eine optische Datenübertragung ist hingegen äußerst verlustarm und mit hohen Datenraten möglich. Die optische Datenübertragung erfordert allerdings stets eine Umwandlung elektrischer Signale in optische Signale und umgekehrt, was bei dieser Signalübertragungsart komplexe Sende- und Empfangsstrukturen nötig macht.

[0007] Neben den beiden konventionellen Datenübertragungstechniken besteht ein zunehmendes Interesse an einer Technologie, welche versucht, sich als Alternative zu etablieren. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Datenübertragung über sogenannte dielektrische Wellenleiter („Dielectric Waveguides“, DWG oder „Polymer Microwave Fibres“, PMF).

[0008] Bei dieser Technik wird das elektrische Signal einer Trägerfrequenz aufmoduliert, insbesondere im Millimeterwellenbereich (beispielsweise 80 GHz) und als elektromagnetische Welle entlang des dielektrischen Wellenleiters übertragen. Das Verfahren kommt im Gegensatz zu einem optischen Verfahren ohne eine elektro-optische Wandlung aus. Gegenüber metallischen Wellenleitern hat das Konzept

den Vorteil, sehr hohe Datenraten, zum Beispiel im Bereich von 50 GB/s, zumindest über mittlere Distanzen, beispielsweise im Bereich von 10 m, übertragen zu können. Dielektrische Wellenleiter erscheinen insbesondere deshalb sehr interessant, da die erforderlichen Halbleitertechnologien für den hohen Gigahertz-Bereich mittlerweile zunehmend zur Verfügung stehen und eine kostengünstige und hohe Integration erlauben, beispielsweise in der RF CMOS-Technologie.

[0009] Elektromagnetische Wellen, die sich entlang eines dielektrischen Wellenleiters ausbreiten, können je nach Beschaffenheit des Wellenleiters in unterschiedlichen Feldkonfigurationen auftreten. Diese unterschiedlichen Feldkonfigurationen werden als „Moden“ bezeichnet. Wird in einem dielektrischen Wellenleiter nur die Grundmode geführt, spricht man analog zur Glasfaser von einem „Single-Mode“-Wellenleiter. Besteht hingegen die Möglichkeit, dass der dielektrische Wellenleiter mehrere Moden zugleich führen kann, wird von einem „Multi-Mode“-Wellenleiter gesprochen. Wie viele Moden ein dielektrischer Wellenleiter zu führen vermag, hängt im Wesentlichen von der Betriebsfrequenz und von der Geometrie des Wellenleiters, insbesondere der Größe seiner Querschnittsfläche (z. B. Durchmesser eines runden Wellenleiters) sowie von seiner Permittivität (auch dielektrische Leitfähigkeit genannt) ab.

[0010] Wie auch bei den herkömmlichen Datenübertragungstechnologien ist beim Entwurf des Übertragungsmediums die von diesem verursachte Dispersion eine kritische Komponente. Als Dispersion wird die Eigenschaft eines Wellenleiters bezeichnet, wonach sich Signale bzw. Signalanteile unterschiedlicher Frequenz mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten im Wellenleiter ausbreiten. Die Dispersion ist damit neben der Dämpfung ein entscheidender Parameter, der die maximal erzielbare Datenrate limitieren kann. Im Falle des dielektrischen Wellenleiters lässt sich die Dispersion im Wesentlichen in zwei Unterarten aufteilen: die Wellenleiterdispersion und die Modendispersion.

[0011] Die Wellenleiterdispersion beschreibt die Dispersion der Grundmode, in der in der Regel die Daten übertragen werden, und tritt sowohl in Singleals auch in Multi-Mode-Wellenleitern auf.

[0012] Die Modendispersion hingegen bezieht sich auf die unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der einzelnen Moden. Werden höhere Moden am Übergang zum dielektrischen Wellenleiter oder entlang des Leiters durch Diskontinuitäten angeregt, kann es bei einer Datenübertragung zur Verringerung der nutzbaren Leistung und zur Verzerrung des Signals kommen, wodurch die maximal erreichbare Datenrate begrenzt sein kann.

[0013] Die Grundmode kann grundsätzlich für beliebige Frequenzen von dem dielektrischen Wellenleiter geführt werden. Allerdings sind die Feldverteilung und die Ausbreitungsgeschwindigkeit innerhalb des dielektrischen Wellenleiters frequenzabhängig. Während die Grundmode keine untere Grenzfrequenz besitzt, werden alle „höheren Moden“ erst oberhalb einer individuellen Grenzfrequenz geführt. Wird ein dielektrischer Wellenleiter somit unterhalb der Grenzfrequenz aller höherer Moden verwendet, wird er als Single-Mode-Wellenleiter bezeichnet; demgemäß wird ein Wellenleiter als Multi-Mode-Wellenleiter bezeichnet, wenn im genutzten Frequenzbereich mindestens eine weitere Mode geführt werden kann.

[0014] Multi-Mode-Wellenleiter können eine geringere Wellenleiterdispersion als Single-Mode-Wellenleiter aufweisen, können diesen Vorteil jedoch durch etwaige Modendispersion wieder verlieren. Dies ist insbesondere problematisch, wenn entweder durch den Übergang vom Sender bzw. Empfänger auf den dielektrischen Wellenleiter oder durch Diskontinuitäten entlang des Wellenleiters unerwünschte Moden in einem zu hohen Maße angeregt werden.

[0015] Um dielektrische Wellenleiter in einem Übertragungssystem nutzen zu können, sind Wellenleiterübergänge auf den dielektrischen Wellenleiter erforderlich, die die elektromagnetische Welle beispielsweise von einer planaren Schaltung auf einer Leiterplatte oder von einer hochintegrierten Schaltung (z. B. einer MMIC, „Monolithic Microwave Integrated Circuit“) auf den dielektrischen Wellenleiter übertragen.

[0016] Hierzu ist es einerseits bekannt, den dielektrischen Wellenleiter parallel zu der Schaltungsanordnung anzuordnen. Der dielektrische Wellenleiter kann dann durch Wanderwellen angeregt werden, wobei die elektromagnetische Welle vergleichbar mit einem konischen Hornübergang kontinuierlich in den dielektrischen Wellenleiter geführt wird. Derartige Wellenleiterübergänge können vergleichsweise breitbandig betrieben werden. Aufgrund der zweidimensionalen Struktur lassen sich allerdings beispielsweise dualpolare Übergänge zur Nutzung beider Polarisierungen der Grundmode des dielektrischen Wellenleiters nur schwer realisieren.

[0017] Ferner ist es bekannt, dielektrische Wellenleiter senkrecht zu der Schaltungsanordnung anzuordnen. Hierzu sind in der Regel resonante Strukturen erforderlich. Die Realisierung dualpolarer Übergänge kann bei einer senkrechten Anordnung allerdings vereinfacht sein.

[0018] Zur Realisierung eines Wellenleiterübergangs für einen zu der Schaltungsanordnung senkrecht angeordneten dielektrischen Wellenleiter ist es aus der Praxis bekannt, als resonante Struktur ein metallisches Plättchen (ein sogenanntes „Patch“) als

Teil der Schaltungsanordnung zu verwenden, das beispielsweise mittels einer Mikrostreifenleitung einer Leiterplatte gespeist wird und die elektromagnetische Welle in dem dielektrischen Wellenleiter anzuregen vermag.

[0019] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Wellenleiteranordnung bereitzustellen, insbesondere eine Wellenleiteranordnung mit hoher Bandbreite bereitzustellen.

[0020] Der vorliegenden Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Wellenleiterübergang bereitzustellen, bei dem insbesondere eine hohe Bandbreite beim Übergang der elektromagnetischen Welle gewährleistet werden kann.

[0021] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine vorteilhafte Verwendung einer Wellenleiteranordnung bereitzustellen.

[0022] Die Aufgabe wird für die Wellenleiteranordnung durch die Merkmale des Anspruchs 1, für den Wellenleiterübergang durch die Merkmale des Anspruchs 18 und für die Verwendung durch die Merkmale des Anspruchs 19 gelöst.

[0023] Die abhängigen Ansprüche und die nachfolgend beschriebenen Merkmale betreffen vorteilhafte Ausführungsformen und Varianten der Erfindung.

[0024] Erfindungsgemäß wird eine Wellenleiteranordnung vorgeschlagen, umfassend eine elektrische Schaltungsanordnung, einen dielektrischen Wellenleiter mit einer Längsachse sowie einen dazwischenliegenden Wellenleiterübergang zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen der Schaltungsanordnung und dem dielektrischen Wellenleiter.

[0025] Mit einer elektromagnetischen Welle im Rahmen der Erfindung ist eine elektromagnetische Welle gemeint, die nicht innerhalb des für eine optische Signalübertragung verwendeten Lichtspektrums liegt.

[0026] Die Erfindung eignet sich besonders zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle im Millimeterbereich (30 GHz bis 300 GHz) und Submillimeterbereich (300 GHz bis 3 THz).

[0027] Auf die Übertragungsrichtung der elektromagnetischen Welle kommt es im Rahmen der Erfindung nicht an. Die elektromagnetische Welle kann somit ausgehend von der elektrischen Schaltungsanordnung über den Wellenleiterübergang in den dielektrischen Wellenleiter eingespeist werden - oder umgekehrt. Auch eine bidirektionale Übertragung ist im Rahmen der Erfindung möglich. Insofern nachfolgend auf eine Übertragung der elektromagnetischen Welle von der elektrischen Schaltungsanordnung in den dielektrischen Wellenleiter Bezug genommen

wird, ist dies nur der vereinfachten Beschreibung der Erfindung zuzurechnen und nicht einschränkend zu verstehen.

[0028] Der dielektrische Wellenleiter weist vorzugsweise einen runden Querschnitt auf. Der dielektrische Wellenleiter muss allerdings nicht notwendigerweise eine kreisrunde Geometrie aufweisen. Der dielektrische Wellenleiter kann beispielsweise auch quadratisch ausgebildet sein bzw. einen quadratischen Querschnitt aufweisen.

[0029] Der dielektrische Wellenleiter kann als Single-Mode-Wellenleiter oder als Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildet sein. Vorzugsweise ist der dielektrische Wellenleiter als Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildet.

[0030] Der dielektrische Wellenleiter ist vorzugsweise aus einem Kernmaterial und einem das Kernmaterial umhüllenden Mantelmaterial ausgebildet.

[0031] Bei dem Kernmaterial kann es sich vorzugsweise um einen Kunststoff oder um Keramik handeln. Keramiken können beispielsweise für Übergänge zwischen Mikrochips vorteilhaft eingesetzt werden.

[0032] Bei dem Mantelmaterial handelt es sich aus elektrischer Sicht idealerweise um Luft. Es kann allerdings auch ein aus einem beliebigen Gas, einer beliebigen Flüssigkeit oder einem beliebigen Festkörper bestehendes Mantelmaterial vorgesehen sein.

[0033] Erfindungsgemäß weist der Wellenleiterübergang zumindest ein erstes elektrisch leitfähiges Plättchen und ein zweites elektrisch leitfähiges Plättchen auf, die in Richtung der Längsachse des dielektrischen Wellenleiters (nachfolgend auch als „Axialrichtung“ bezeichnet) zueinander versetzt zwischen der Schaltungsanordnung und dem dielektrischen Wellenleiter angeordnet sind.

[0034] Die elektrisch leitfähigen Plättchen können in verschiedenen axialen Ebenen zwischen der Schaltungsanordnung und dem dielektrischen Wellenleiter angeordnet sein. Die axialen Ebenen, in denen die jeweiligen elektrisch leitfähigen Plättchen angeordnet sind, können entlang der Längsachse des dielektrischen Wellenleiters bzw. entlang der verlängerten Längsachse des dielektrischen Wellenleiters in Axialrichtung verteilt sein.

[0035] Bei der Längsachse kann es sich um die Mittelachse des dielektrischen Wellenleiters handeln.

[0036] Vorzugsweise sind die elektrisch leitfähigen Plättchen als metallische Plättchen (auch als „Patches“ bezeichnet) ausgebildet.

[0037] Die elektrisch leitfähigen Plättchen können resonante Strukturen ausbilden.

[0038] Die elektrisch leitfähigen Plättchen müssen nicht unbedingt eine durchgängige Fläche aufweisen, sondern können auch in sich strukturiert sein. Beispielsweise kann wenigstens eines der elektrisch leitfähigen Plättchen geschlitzt oder gelocht sein.

[0039] Es können auch noch weitere elektrisch leitfähige Plättchen im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein. Beispielsweise kann optional ein drittes elektrisch leitfähiges Plättchen in einer weiteren axialen Ebene zwischen dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen und dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen vorgesehen sein. Ferner kann auch ein viertes elektrisch leitfähiges Plättchen, ein fünftes elektrisch leitfähiges Plättchen, ein sechstes elektrisch leitfähiges Plättchen oder noch mehr elektrisch leitfähige Plättchen in verschiedenen axialen Ebenen zwischen der Schaltungsanordnung und dem dielektrischen Wellenleiter vorgesehen sein. Zum einfacheren Verständnis wird die Erfindung nachfolgend allerdings mit nur zwei elektrisch leitfähigen Plättchen beschrieben, dies ist jedoch nicht einschränkend zu verstehen.

[0040] Das erste elektrisch leitfähige Plättchen, das zweite elektrisch leitfähige Plättchen und/oder gegebenenfalls vorhandene weitere elektrisch leitfähige Plättchen kann bzw. können rund, elliptisch und/oder rechteckig, insbesondere auch quadratisch ausgebildet sein.

[0041] Aufgrund der erfindungsgemäßen Verwendung von zumindest zwei elektrisch leitfähigen Plättchen, die in der Art eines Stapels in verschiedenen axialen Ebenen angeordnet sein können, kann die Frequenzbandbreite des erfindungsgemäßen Wellenleiterübergangs und somit die Frequenzbandbreite der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung verglichen mit dem Stand der Technik erheblich gesteigert sein.

[0042] Ein im Rahmen des Standes der Technik verwendetes einzelnes resonantes Element zur Anregung der elektromagnetischen Welle in dem dielektrischen Wellenleiter, insbesondere ein einzelnes Patch, vermag nur eine vergleichsweise geringe Frequenzbandbreite bereitzustellen. Die Frequenzbandbreite lässt sich erfindungsgemäß durch das Anbringen des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens „oberhalb“ des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens steigern.

[0043] Insofern im Rahmen der Erfindung von der Richtungsangabe „oberhalb“ gesprochen wird, bezieht sich diese Angabe auf eine axiale Ebene, die dem dielektrischen Wellenleiter näher angeordnet ist als eine „darunter“ liegende weitere axiale Ebene.

Die Richtungsangaben sollen das Verständnis der Erfindung erleichtern, jedoch keine spezifische Ausrichtung der Wellenleiteranordnung hinsichtlich eines Schwerpunktzentums (z. B. des Erdmittelpunkts) andeuten.

[0044] Vorzugsweise vermögen die elektrisch leitfähigen Plättchen miteinander elektromagnetisch zu verkoppeln, insbesondere um die elektromagnetische Welle in den dielektrischen Wellenleiter einzuspeisen.

[0045] Die Distanz zwischen den zumindest zwei elektrisch leitfähigen Plättchen sowie deren Geometrie können bestimmend für die Frequenzbandbreite sowie die eigentliche Frequenzlage sein und beispielsweise anhand von Simulationen, Berechnungen und/oder Versuchsreihen ermittelt werden.

[0046] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Schaltungsanordnung als elektrische Leiterplatte, integrierte Schaltung, System-in-Package, Multi-Chip-Modul und/oder Package-on-Package ausgebildet ist.

[0047] Grundsätzlich kann eine beliebige Schaltungsanordnung vorgesehen sein, insbesondere eine planare Schaltungsanordnung, beispielsweise eine elektrische Leiterplatte oder eine hochintegrierte Schaltung, insbesondere eine MMIC („Monolithic Microwave Integrated Circuit“).

[0048] Eine bevorzugte Verwendung der Erfindung kann eine Chip-zu-Chip-Datenübertragung betreffen, wobei die Schaltungsanordnung als integrierte Schaltung, z. B. als anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) oder MMIC ausgebildet sein kann. Der Wellenleiterübergang kann dann beispielsweise teilweise oder vollständig in einem Chipgehäuse („Package“) angeordnet sein, wobei der dielektrische Wellenleiter zwischen den Chipgehäusen zur hochbitratigen Datenübertragung verlaufen und ggf. durch die Chipgehäuse hindurchgeführt sein kann.

[0049] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Längsachse des dielektrischen Wellenleiters orthogonal zu einer dem Wellenleiter zugewandten Oberfläche der Schaltungsanordnung ausgerichtet ist.

[0050] Die Erfindung kann somit insbesondere zur Realisierung von Wellenleiterübergängen zu senkrecht zu planaren Schaltungen angeordneten dielektrischen Wellenleitern dienen, wobei hohe Frequenzbandbreiten erreichbar sind.

[0051] Grundsätzlich kann es zu bevorzugen sein, wenn der dielektrische Wellenleiter senkrecht auf der Schaltungsanordnung ausgerichtet ist. Insbesondere toleranzbedingt können aber auch Abweichun-

gen von einer senkrechten Anordnung auftreten. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Längsachse des dielektrischen Wellenleiters um bis zu 15 Grad, vorzugsweise aber nur um bis zu 10 Grad, besonders bevorzugt nur um bis zu 5 Grad, und ganz besonders bevorzugt nur um bis zu 1 Grad, zu einer ideal orthogonalen Ausrichtung verkippt ist.

[0052] Bei der Oberfläche der Schaltungsanordnung, zu der die Längsachse des dielektrischen Wellenleiters orthogonal oder zumindest annähernd orthogonal ausgerichtet ist, kann es sich insbesondere um die oberste Lage bzw. um die oberste Schicht der planaren Schaltung, also beispielsweise einer Leiterplatte oder einer integrierten Schaltung, handeln.

[0053] Vorzugsweise ist zumindest das erste elektrisch leitfähige Plättchen planparallel zu der dem Wellenleiter zugewandten Oberfläche der Schaltungsanordnung angeordnet.

[0054] In einer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Längsachse des dielektrischen Wellenleiters orthogonal zu einer dem Wellenleiter zugewandten Oberfläche des ersten elektrisch leitfähigen Plättchen und/oder des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens (und/oder ggf. weiterer elektrisch leitfähiger Plättchen) ausgerichtet ist. Auch eine Verkipfung der Längsachse, beispielsweise eine toleranzbedingte Verkipfung um bis zu 15 Grad, vorzugsweise aber nur um bis zu 10 Grad, besonders bevorzugt nur um bis zu 5 Grad, und ganz besonders bevorzugt nur um bis zu 1 Grad, zu einer ideal orthogonalen Ausrichtung, kann vorgesehen sein.

[0055] In einer Weiterbildung der Erfindung kann insbesondere vorgesehen sein, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen und die Schaltungsanordnung ausgebildet und derart zueinander angeordnet sind, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen unmittelbar von der Schaltungsanordnung elektromagnetisch angeregt wird, um die elektromagnetische Welle zu übertragen.

[0056] Das erste elektrisch leitfähige Plättchen, insbesondere ein metallisches Plättchen, kann vorzugsweise als Teil bzw. elektrische Komponente der Schaltungsanordnung, insbesondere als leitfähiger metallisierter Bereich der Schaltungsanordnung, ausgebildet sein.

[0057] In einer Weiterbildung kann außerdem vorgesehen sein, dass die Schaltungsanordnung zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens wenigstens eine elektrische Leitung aufweist, vorzugsweise wenigstens eine Mikrostreifenleitung aufweist, um die elektromagnetische Welle zu übertragen.

[0058] Die elektrische Leitung zur Speisung des ersten Plättchens wird nachfolgend mitunter auch als Speiseleitung bezeichnet.

[0059] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass sich das erste Plättchen und die elektrische Leitung, insbesondere die Mikrostreifenleitung einer elektrischen Leiterplatte, auf bzw. in einer gemeinsamen Schicht der Schaltungsanordnung befinden, beispielsweise auf der obersten Ebene bzw. obersten Schicht einer elektrischen Leiterplatte.

[0060] Die elektrische Leitung zur Anregung des ersten Plättchens ist vorzugsweise elektrisch leitfähig mit dem ersten Plättchen verbunden. Dies ist allerdings nicht unbedingt erforderlich. Grundsätzlich kann die Speiseleitung bzw. die elektrische Leitung zur Anregung des ersten Plättchens auch in einer tieferen Schicht der Schaltungsanordnung, beispielsweise einer Leiterplatte oder eines MMICs, liegen. Das erste elektrisch leitfähige Plättchen kann also auch über eine elektromagnetische Feldkopplung gespeist werden.

[0061] Zur leitergebundenen Führung der elektromagnetischen Welle kann ein Leiter bzw. eine leitfähige Fläche im Sinne eines Referenzpotentials (Referenzleiter) vorgesehen sein, beispielsweise eine elektrisch leitfähige Grundfläche der Schaltungsanordnung, die auf einer tieferen Ebene oder in einer tieferen Ebene bzw. einer tieferen Schicht der Schaltungsanordnung angeordnet ist. Der Referenzleiter kann insbesondere durch eine Substratschicht von der Speiseleitung in Axialrichtung separiert sein. Der Referenzleiter kann ein elektrisches Referenzsignal bzw. Referenzpotential führen, insbesondere ein Massepotential (GND) führen und damit eine Masseferenz ausbilden.

[0062] Durch die räumlich begrenzte Fläche des elektrisch leitfähigen Plättchens, beispielsweise des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens, kann sich durch dessen Berandung ein Resonator ausbilden, der beispielsweise durch die wenigstens eine elektrische Leitung, beispielsweise die Mikrostreifenleitung einer elektrischen Leiterplatte, gespeist wird. Durch die elektrisch leitfähigen Plättchen wird schließlich in dem dielektrischen Wellenleiter eine elektromagnetische Welle angeregt, welche anschließend durch den dielektrischen Wellenleiter geführt wird.

[0063] Zur Anregung der zur Datenübertragung vorgesehenen Grundmode des dielektrischen Wellenleiters kann sich insbesondere die erste Resonanzmode (im rechteckigen Patch die TM-001) des elektrisch leitfähigen Plättchens und eine symmetrische Positionierung des dielektrischen Wellenleiters und des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens eignen.

[0064] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Schaltungsanordnung zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens einen koplanaren Wellenleiter aufweist, um die elektromagnetische Welle zu übertragen.

[0065] Insbesondere kann eine Speisung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens mittels eines koplanaren Wellenleiters der Art GCPW („Grounded Coplanar Waveguide“) vorgesehen sein.

[0066] Die Speisung des ersten Plättchens kann in diesem Fall beispielsweise durch einen koplanaren Wellenleiter erfolgen, dessen Innenleiter bzw. Speiseleitung vorzugsweise mit dem ersten Plättchen in der gleichen Ebene bzw. Schicht der Schaltungsanordnung liegt. Die Speiseleitung bzw. die elektrische Leitung und das erste Plättchen können auf der Ebene der Schaltungsanordnung, auf der sie sich befinden, von einer elektrisch leitfähigen Referenzschicht umgeben und von derselben durch entsprechende Schlitze elektrisch isoliert sein. Die Referenzschicht kann ein elektrisches Referenzpotential übertragen, insbesondere ein Massepotential. Vorzugsweise weist die Schaltungsanordnung in wenigstens einer tieferen Ebene wenigstens eine weitere elektrisch leitfähige Referenzschicht auf. Die elektrisch leitfähige(n) Referenzschicht(e)n der tieferen Ebenen können optional mittels Durchkontaktierungen („VIAs“) mit der oberen Referenzschicht verbunden sein.

[0067] Durch die Verwendung eines koplanaren Wellenleiters zur Speisung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens kann eine verbesserte Isolation zu benachbarten Schaltungsteilen und damit eine höhere Packungsdichte erreicht werden. Zudem besteht durch die koplanare Speisung ein höherer Freiheitsgrad beim Design der Schaltung.

[0068] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Schaltungsanordnung ausgebildet ist, um das erste elektrisch leitfähige Plättchen derart anzuregen, dass sich eine dualpolare Übertragung, insbesondere mit orthogonaler Polarisation, ausbildet.

[0069] Bei den meisten Moden eines dielektrischen Wellenleiters, auch in der Grundmode, können unabhängig voneinander gleichzeitig zwei Feldtypen auftreten, die orthogonal zueinander polarisiert sind. Im wichtigsten Spezialfall eines runden oder quadratischen dielektrischen Wellenleiters können diese Feldtypen ein identisches Verhalten zeigen, somit also auch gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeiten aufweisen. Dies kann sich vorteilhaft dazu nutzen lassen, zwei Datenströme unabhängig voneinander zu übertragen und damit die Datenrate der Wellenleiteranordnung im Idealfall zu verdoppeln.

[0070] Vorzugsweise kann die Speisung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens durch zwei unabhängige Speiseleitungen bzw. Wellenleiter der Schaltungsanordnung, beispielsweise zwei unabhängige elektrische Leitungen der Schaltungsanordnung, insbesondere zwei Mikrostreifenleitungen, erfolgen, um einen dualpolaren Wellenleiterübergang bereitzustellen.

[0071] In vorteilhafter Weise können zwei zueinander orthogonale Polarisationen der Grundmode mittels dem erfindungsgemäßen Wellenleiterübergang im dielektrischen Wellenleiter unabhängig voneinander angeregt werden, wodurch unterschiedliche Signale übertragen und anschließend durch einen weiteren dualpolaren Wellenleiterübergang wieder in zwei unabhängige Wellenleiter bzw. elektrische Leitungen einer weiteren Schaltungsanordnung zurückgewandelt werden.

[0072] Beispielsweise kann vorgesehen sein, eine erste elektrische Leitung der elektrischen Schaltungsanordnung orthogonal zu einer zweiten elektrischen Leitung der Schaltungsanordnung zu positionieren, vorzugsweise (aber nicht zwingend) in derselben Ebene bzw. Schicht, um die unterschiedlichen Resonanzmoden in dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen anzuregen, die anschließend ebenfalls orthogonal zueinander polarisiert sind.

[0073] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das zweite elektrisch leitfähige Plättchen auf einer der Schaltungsanordnung zugewandten Stirnfläche des dielektrischen Wellenleiters befestigt und/oder in dem dielektrischen Wellenleiter eingebettet ist.

[0074] Das zweite elektrisch leitfähige Plättchen kann auf oder in dem dielektrischen Wellenleiter beispielsweise durch additive Metallisierung eingebracht werden. Es kann auch vorgesehen sein, beispielsweise ein 3D-Druckverfahren einzusetzen, um den dielektrischen Wellenleiter und/oder das zweite elektrisch leitfähige Plättchen (und ggf. auch weitere Plättchen) in einem gemeinsamen Herstellungsprozess auszubilden.

[0075] Das zweite Plättchen kann beispielsweise auf der Stirnfläche des dielektrischen Wellenleiters aufgeklebt und/oder mechanisch befestigt sein.

[0076] Es kann auch vorgesehen sein, dass das zweite elektrisch leitfähige Plättchen (oder ggf. auch weitere elektrisch leitfähige Plättchen) in dem dielektrischen Wellenleiter eingebettet und vorzugsweise stoffschlüssig, kraftschlüssig und/oder formschlüssig in dem dielektrischen Wellenleiter befestigt ist.

[0077] In einer Ausgestaltung der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass das erste elektrisch leit-

fähige Plättchen und das zweite elektrisch leitfähige Plättchen durch eine Substratlage der Schaltungsanordnung voneinander in Richtung der Längsachse des dielektrischen Wellenleiters getrennt sind.

[0078] Das erste elektrisch leitfähige Plättchen und das zweite elektrisch leitfähige Plättchen können als Teil der Schaltungsanordnung ausgebildet und ggf. in die Schaltungsanordnung eingebettet sein. Dies kann auch für eventuell vorhandene, weitere elektrisch leitfähige Plättchen gelten.

[0079] Grundsätzlich kann vorgesehen sein, dass jedes der elektrisch leitfähigen Plättchen eine beliebige Geometrie aufweist (rechteckig, rund, etc.). Es kann allerdings vorteilhaft sein, zumindest das zweite elektrisch leitfähige Plättchen an die Geometrie bzw. an den Querschnitt des dielektrischen Wellenleiters anzupassen.

[0080] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das zweite elektrisch leitfähige Plättchen einen runden Querschnitt aufweist.

[0081] In einer Ausgestaltung der Erfindung kann außerdem vorgesehen sein, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen und/oder ggf. vorhandenen weitere elektrisch leitfähige Plättchen einen runden Querschnitt aufweist bzw. aufweisen.

[0082] Sofern der dielektrische Wellenleiter beispielsweise einen runden Querschnitt aufweist, kann vorgesehen sein, das zweite elektrisch leitfähige Plättchen ebenfalls rund auszubilden, wodurch die Positionierung des dielektrischen Wellenleiters auf dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen rotationsinvariant sein kann, was die Montage vereinfacht.

[0083] Es kann außerdem vorgesehen sein, die Dimensionen der Querschnittsgeometrie des dielektrischen Wellenleiters, insbesondere den Durchmesser, an die Dimensionen der Querschnittsgeometrie des oder der anregenden Plättchen anzupassen. Insbesondere kann es von Vorteil sein, die Durchmesser des dielektrischen Wellenleiters und des zweiten Plättchens identisch oder ähnlich auszubilden, um eine möglichst effiziente Anregung der gewünschten Grundmode des dielektrischen Wellenleiters zu erreichen.

[0084] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die elektrisch leitfähigen Plättchen durch wenigstens ein Dielektrikum axial voneinander beabstandet sind.

[0085] Bei dem Dielektrikum kann es sich beispielsweise um einen festen Körper handeln, der die elektrisch leitfähigen Plättchen voneinander elektrisch isoliert und an dem die Plättchen optional befestigt

sind. Bei dem Dielektrikum kann es sich allerdings auch um Luft oder um ein sonstiges Gas handeln.

[0086] Um die zur Erreichung einer möglichst breitbandigen Anregung des dielektrischen Wellenleiters erforderliche Distanz zwischen beispielsweise dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen und dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen zu gewährleisten, kann das zweite elektrisch leitfähige Plättchen von dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen (oder weiteren elektrisch leitfähigen Plättchen) beispielsweise auch durch weitere Substratlagen der Schaltungsanordnung voneinander separiert sein.

[0087] Um den Herstellungsaufwand und die Herstellungskosten zu reduzieren sowie die Einkopplung in den dielektrischen Wellenleiter und die erreichbare Frequenzbandbreite weiter zu erhöhen, kann es allerdings vorteilhaft sein, das zweite elektrisch leitfähige Plättchen in den dielektrischen Wellenleiter einzubetten.

[0088] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die elektrisch leitfähigen Plättchen zueinander planparallel angeordnet sind.

[0089] Es kann aber auch eine insbesondere toleranzbedingte Abweichung einer planparallelen Anordnung der elektrisch leitfähigen Plättchen zueinander vorgesehen sein, beispielsweise eine Verkipfung der elektrisch leitfähigen Plättchen um bis zu 15 Grad, vorzugsweise aber nur um bis zu 10 Grad, besonders bevorzugt nur um bis zu 5 Grad, und ganz besonders bevorzugt nur um bis zu 1 Grad, hinsichtlich einer ideal planparallelen Ausrichtung.

[0090] In einer Weiterbildung der Erfindung kann insbesondere vorgesehen sein, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen, das zweite elektrisch leitfähige Plättchen und/oder der dielektrische Wellenleiter im elektromagnetischen Nahfeld der Schaltungsanordnung angeordnet sind, insbesondere weniger als die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle von der Schaltungsanordnung beabstandet sind, vorzugsweise weniger als 50 % der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle von der Schaltungsanordnung beabstandet sind, besonders bevorzugt weniger als 10 % der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle von der Schaltungsanordnung beabstandet sind.

[0091] Bevorzugt ist das zweite elektrisch leitfähige Plättchen im Nahfeld des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens angeordnet.

[0092] Bevorzugt ist der dielektrische Wellenleiter im Nahfeld des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens angeordnet.

[0093] Das erste elektrisch leitfähige Plättchen, das zweite elektrisch leitfähige Plättchen, gegebenenfalls weitere elektrisch leitfähige Plättchen, die elektrische Schaltungsanordnung und/oder der dielektrische Wellenleiter kann bzw. können jeweils nur Bruchteile der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle voneinander entfernt angeordnet sein.

[0094] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Wellenleiterübergang ein Wellenleiterstück aufweist, vorzugsweise ein Single-Mode-Wellenleiterstück, das sich zwischen dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen und dem dielektrischen Wellenleiter in Axialrichtung erstreckt.

[0095] Vorzugsweise kann das Wellenleiterstück ausgebildet sein, lediglich die Grundmode zu übertragen. Wenn das Kernmaterial des Wellenleiterstücks beispielsweise aus Kunststoff oder Keramik und das Mantelmaterial aus Luft ausgebildet ist, können die Permittivitätsdifferenzen im Falle von Querschnittsflächen des Wellenleiterstücks, die zumindest annähernd den Querschnittsflächen der anregenden leitfähigen Plättchen entsprechen, zur Ausbildung eines Single-Mode-Wellenleiterstücks führen, welches keine höheren Moden führen kann.

[0096] Unter dem Begriff „höhere Moden“ sind vorliegend alle Moden zu verstehen, deren jeweiligen Grenzfrequenzen oberhalb der Grenzfrequenz der Mode liegt, in der die Daten übertragen werden sollen. Vorzugsweise werden die Daten in der Grundmode, gegebenenfalls in unterschiedlichen Polarisierungen, übertragen.

[0097] Das Wellenleiterstück kann separat oder einteilig mit dem dielektrischen Wellenleiter ausgebildet sein.

[0098] In einer Weiterbildung kann außerdem vorgesehen sein, dass der Wellenleiterübergang ein Wellenleiterübergangsstück aufweist, das sich zwischen dem Wellenleiterstück und dem dielektrischen Wellenleiter in Axialrichtung (bzw. in Richtung der Längsachse des dielektrischen Wellenleiters) erstreckt.

[0099] Das Wellenleiterübergangsstück kann separat oder einteilig mit dem Wellenleiterstück ausgebildet sein.

[0100] In einer Weiterbildung kann ferner vorgesehen sein, dass das Wellenleiterübergangsstück einen kontinuierlichen oder diskret gestuften Übergang zwischen dem Wellenleiterstück und dem dielektrischen Wellenleiter ausbildet, insbesondere einen Übergang zwischen verschiedenen Querschnitten und/oder verschiedenen Permittivitäten des Wellenleiterstücks und des dielektrischen Wellenleiters.

[0101] Um die Vorteile einer optimalen Anregung des Single-Mode-Wellenleiterstücks und einer dispersionsminimierten Datenübertragung durch einen dielektrischen Multi-Mode-Wellenleiter zu vereinen, kann das Single-Mode-Wellenleiterstück von dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen angeregt und anschließend durch das Wellenleiterübergangsstück in den Multi-Mode-Wellenleiter geführt werden.

[0102] Das Wellenleiterübergangsstück kann hierzu vorzugsweise einen kontinuierlichen, beispielsweise linearen oder exponentiellen Übergang oder einen Übergang gemäß einem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion zwischen den Querschnittsgeometrien des Wellenleiterstücks und des dielektrischen Wellenleiters, insbesondere deren Durchmessern, aufweisen.

[0103] Ein linearer Übergang, exponentieller Übergang und/oder ein Übergang gemäß einem monotonen Abschnitt einer Kosinusfunktion eignet sich insbesondere als kontinuierlicher oder abschnittsweise kontinuierlicher Übergang zwischen unterschiedlichen Geometrien, beispielsweise unterschiedlichen Querschnittsflächen des Wellenleiterstücks und des dielektrischen Wellenleiters.

[0104] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Wellenleiterübergang eine Wellenleiterbasis aufweist, die ein erstes Ende zur Befestigung in der Schaltungsanordnung aufweist, wobei das erste Ende einen Querschnitt mit einem ersten Durchmesser aufweist, der größer ist als ein zweiter Durchmesser eines Querschnitts eines zweiten Endes der Wellenleiterbasis, das dem dielektrischen Wellenleiter zugewandt ist.

[0105] Die breite Wellenleiterbasis kann einerseits vorteilhaft zur Befestigung des dielektrischen Wellenleiters auf der Schaltungsanordnung sein und außerdem die Einkopplung in den dielektrischen Wellenleiter verbessern.

[0106] Die Wellenleiterbasis kann zumindest einen axialen Abschnitt aufweisen, in dem sich der Durchmesser der Wellenleiterbasis konusförmig reduziert. Insbesondere kann die Wellenleiterbasis einen an das erste Ende angrenzenden zylinderförmigen Abschnitt mit konstantem Durchmesser und einen darauf folgenden, an das zweite Ende angrenzenden konusförmigen Abschnitt aufweisen.

[0107] Zur Befestigung des dielektrischen Wellenleiters auf der Schaltungsanordnung kann vorgesehen sein, den dielektrischen Wellenleiter, das Wellenleiterstück, das Wellenleiterübergangsstück und/oder die Wellenleiterbasis mit einem Material zu umgeben, auf der Schaltungsanordnung aufzukleben und/oder mechanisch zu befestigen.

[0108] Die Befestigung des dielektrischen Wellenleiters auf der Schaltungsanordnung kann beispielsweise mittels Stützstrukturen erfolgen. Die Wellenleiterbasis kann auch selbst als eine derartige Stützstruktur ausgebildet sein.

[0109] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der dielektrische Wellenleiter, das Wellenleiterstück, das Wellenleiterübergangsstück und/oder die Wellenleiterbasis von einem dielektrischen Mantelmaterial umhüllt ist, dessen Permittivität größer ist als die Permittivität von Luft.

[0110] Wie vorstehend bereits beschrieben wurde, kann die Verwendung einer Wellenleiterbasis mit verbreiteter Kernquerschnittsfläche zu einer verbesserten Einkopplung in den dielektrischen Wellenleiter führen. Aufgrund der vergrößerten Querschnittsfläche kann es allerdings zur Anregung höherer Moden kommen, beispielsweise bei einer nicht idealen Positionierung des dielektrischen Wellenleiters. Diese höheren Moden werden am Übergang zwischen der Wellenleiterbasis und dem dielektrischen Wellenleiter oder dem Wellenleiterstück abgestrahlt und damit die Einkopplungseffizienz in den dielektrischen Wellenleiter verringert.

[0111] Um zu gewährleisten, dass trotz einer Vergrößerung der Querschnittsfläche der Wellenleiterbasis, des Wellenleiterstücks, des Wellenleiterübergangsstücks und/oder des dielektrischen Wellenleiters die Ausbreitung unerwünschter Moden verhindert wird, kann vorgesehen sein, das Permittivitätsverhältnis zwischen dem jeweiligen Kernmaterial und dem jeweiligen Mantelmaterial derart zu wählen, dass der dielektrische Wellenleiter, das Wellenleiterstück, das Wellenleiterübergangsstück und/oder die Wellenleiterbasis lediglich eine verringerte Anzahl Moden zu führen vermag, vorzugsweise in der Art eines Single-Mode-Wellenleiters. Dies kann durch eine erhöhte Permittivität des jeweiligen Mantelmaterials in diesem Bereich realisiert werden.

[0112] Insbesondere kann ein Mantelmaterial mit höherer Dichte und Permittivität als Luft verwendet werden, wobei der Mantel dann gleichzeitig als Befestigung dienen kann, wodurch sich die mechanische Stabilität des Wellenleiterübergangs verbessern kann.

[0113] Das Wellenleiterübergangsstück kann bei dieser Ausgestaltung insbesondere auch einen Übergang zwischen verschiedenen Permittivitäten des Kernmaterials und/oder des Mantelmaterials bereitstellen. Bevorzugt kann ein (kontinuierlicher oder diskret gestufter) Übergang der Permittivität des Mantelmaterials des Wellenleiterstücks zu der Permittivität des Mantelmaterials des dielektrischen Wellenleiters vorgesehen sein, beispielsweise mittels Compoun-

dierung, Materialdichtemodifikation und/oder Zusammenfügung verschiedener Materialien.

[0114] Im Rahmen der Compoundierung (Mischen unterschiedlicher Materialien) können beispielsweise Polymerlegierungen, ein Polyblend oder eine Dotierung des Materials in Frage kommen. Eine Modifikation der Dichte des dielektrischen Wellenleiterstücks kann beispielsweise durch Stauchen, Ausschäumen oder eine abweichende Kristallisierung erfolgen.

[0115] Schließlich können auch mehrere Materialien geometrisch zusammengesetzt bzw. zusammengefügt werden, die jeweils unterschiedliche Permittivitäten aufweisen und schließlich insgesamt den dielektrischen Wellenleiter, das Wellenleiterstück und/oder das Wellenleiterübergangsstück ausbilden. In diesem Fall kann insbesondere ein diskret gestufter Übergang zwischen den Permittivitäten bereitgestellt werden.

[0116] Für den Durchmesser D des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens, des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens oder gegebenenfalls vorhandener weiterer elektrisch leitfähiger Plättchen kann gelten

$$D \leq \frac{1,84}{\pi \sqrt{\epsilon_r}} \cdot \lambda_0,$$

wobei λ_0 die Freiraumwellenlänge und ϵ_r die relative Permittivität des Materials zwischen den Plättchen und/oder zwischen dem ersten Plättchen und der Referenzschicht ist. Im Millimeterwellenbereich kann somit der Durchmesser der leitfähigen Plättchen beispielsweise 0,1 mm bis 1 mm, 1 mm bis 5 mm, 5 mm bis 10 mm oder mehr betragen. Vorzugsweise beträgt der Durchmesser allerdings 1 mm oder kleiner.

[0117] Das Kernmaterial des dielektrischen Wellenleiters, des Wellenleiterstücks, des Wellenleiterübergangsstücks und/oder der Wellenleiterbasis kann insgesamt oder zumindest in einem erfindungsgemäß relevanten Abschnitt beispielsweise eine relative Permittivität von 1,8 bis 10,0, vorzugsweise 2,0 bis 3,5 aufweisen.

[0118] Das Mantelmaterial des dielektrischen Wellenleiters, des Wellenleiterstücks, des Wellenleiterübergangsstücks und/oder der Wellenleiterbasis kann insgesamt oder zumindest in einem erfindungsgemäß relevanten Abschnitt beispielsweise eine relative Permittivität von 1,0 bis 3,0, vorzugsweise 1,0 bis 2,0 aufweisen.

[0119] Der dielektrische Wellenleiter, das Wellenleiterstück, das Wellenleiterübergangsstück und/oder die Wellenleiterbasis kann bzw. können beispielsweise im Wesentlichen aus Polyethylen oder Polytetrafluorethylen ausgebildet sein. Der dielektrische

Wellenleiter, das Wellenleiterstück, das Wellenleiterübergangsstück und/oder die Wellenleiterbasis kann bzw. können auch im Wesentlichen aus Polystyrol ausgebildet sein, was insbesondere aufgrund dessen guter Verarbeitungseigenschaften von Vorteil sein kann.

[0120] In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der dielektrische Wellenleiter, das Wellenleiterstück, das Wellenleiterübergangsstück und/oder die Wellenleiterbasis eine Aussparung aufweist, um zumindest eines der elektrisch leitfähigen Plättchen, insbesondere das zweite elektrisch leitfähige Plättchen, aufzunehmen.

[0121] Es kann vorgesehen sein, dass das oder die elektrisch leitfähigen Plättchen in der Ausnehmung bzw. Aussparung stoffschlüssig, kraftschlüssig und/oder formschlüssig befestigt ist bzw. sind.

[0122] Die Tiefe der Aussparung kann insbesondere die Distanz bzw. den axialen Abstand der elektromagnetischen verkoppelten Plättchen definieren und damit das elektrische Verhalten des Wellenleiterübergangs bestimmen.

[0123] Es kann vorgesehen sein, die Aussparung luftgefüllt zu belassen, wodurch sich elektrische Verluste weiter minimieren und die Frequenzbandbreite erhöhen lässt. Es kann allerdings auch vorgesehen sein, die Aussparung nach dem Einfügen des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens (oder eines sonstigen elektrisch leitfähigen Plättchens) mit einem Festkörper zu füllen, beispielsweise auszuschäumen, insbesondere wenn der Festkörper eine mit Luft vergleichbare Permittivität aufweist.

[0124] Die Erfindung betrifft auch einen Wellenleiterübergang für eine vorstehend und nachfolgend beschriebene Wellenleiteranordnung zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle zwischen einer Schaltungsanordnung und einem dielektrischen Wellenleiter. Der Wellenleiterübergang weist zumindest ein erstes elektrisch leitfähiges Plättchen und ein zweites elektrisch leitfähiges Plättchen auf, die in Richtung der Längsachse des dielektrischen Wellenleiters zueinander versetzt zwischen der Schaltungsanordnung und dem dielektrischen Wellenleiter angeordnet und ausgebildet sind, um die elektromagnetische Welle zu übertragen.

[0125] Durch die zumindest zwei miteinander verkoppelten Plättchen können zwei Resonanzfrequenzen entstehen, deren Lage so gewählt werden kann, dass eine möglichst hohe Frequenzbandbreite bei zugleich hoher Einkoppeleffizienz und ausreichend guter Anpassung realisiert wird.

[0126] Wie bereits erwähnt, kann auch ein Stapel von mehr als zwei elektrisch leitfähigen Plättchen vorgesehen sein.

[0127] Der Wellenleiterübergang bezieht sich insbesondere auf einen Übergang von planaren Mikrowellenschaltungen und Millimeterwellenschaltungen auf dazu senkrecht angeordnete dielektrische Wellenleiter.

[0128] Bei der Schaltungsanordnung kann es sich um eine gedruckte Schaltung handeln.

[0129] Die Wellenleiteranordnung kann insbesondere auf einem Mikrochip angeordnet sein, wobei der dielektrische Wellenleiter durch das Chipgehäuse geführt sein kann.

[0130] Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer Wellenleiteranordnung gemäß den vorstehenden und nachfolgenden Ausführungen zur Datenübertragung mittels elektromagnetischer Wellen.

[0131] Die erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung kann vorteilhaft zur Ausbildung von Board-zu-Board-Verbindungen oder Chip-zu-Chip-Verbindungen vorgesehen sein und dadurch insbesondere optische Systeme ersetzen.

[0132] Der Einsatz einer erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung ist allerdings nicht ausschließlich bei der Datenübertragung vorteilhaft, sondern kann auch in anderen Bereichen, wie beispielsweise der (Hochfrequenz-) Messtechnik, genutzt werden.

[0133] Die Erfindung ist somit nicht als spezielle und ausschließliche Lösung für dielektrischen Wellenleiter zur Datenübertragung zu verstehen.

[0134] Merkmale, die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung beschrieben wurden, sind selbstverständlich auch für den erfindungsgemäßen Wellenleiterübergang oder für die beschriebene Verwendung vorteilhaft umsetzbar - und umgekehrt. Ferner können Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung genannt wurden, auch auf den erfindungsgemäßen Wellenleiterübergang bzw. auf die Verwendung bezogen verstanden werden - und umgekehrt.

[0135] Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass Begriffe wie „umfassend“, „aufweisend“ oder „mit“ keine anderen Merkmale oder Schritte ausschließen. Ferner schließen Begriffe wie „ein“ oder „das“, die auf eine Einzahl von Schritten oder Merkmalen hinweisen, keine Mehrzahl von Schritten oder Merkmalen aus - und umgekehrt.

[0136] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben.

[0137] Die Figuren zeigen jeweils bevorzugte Ausführungsbeispiele, in denen einzelne Merkmale der vorliegenden Erfindung in Kombination miteinander dargestellt sind. Merkmale eines Ausführungsbeispiels sind auch losgelöst von den anderen Merkmalen des gleichen Ausführungsbeispiels umsetzbar und können dementsprechend von einem Fachmann ohne Weiteres zu weiteren sinnvollen Kombination und Unterkombinationen mit Merkmalen anderer Ausführungsbeispiele verbunden werden.

[0138] In den Figuren sind funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0139] Es zeigen schematisch:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung gemäß einer ersten Ausführungsform, unter Verwendung eines elektrischen Leiters der Schaltungsanordnung zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung gemäß einer zweiten Ausführungsform, unter Verwendung eines koplanaren Wellenleiters der Schaltungsanordnung zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens;

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung gemäß einer dritten Ausführungsform mit dualpolarer Wellenleiterübertragung und einem in den dielektrischen Wellenleiter eingebetteten, zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen;

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung gemäß einer vierten Ausführungsform mit einem Wellenleiterstück und einem Wellenleiterübergangsstück;

Fig. 5 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung gemäß einer fünften Ausführungsform mit einer Wellenleiterbasis; und

Fig. 6 eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung gemäß einer sechsten Ausführungsform mit dualpolarer Übertragung, einem koplanaren Wellenleiter der Schaltungsanordnung zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens, einem Wellenleiterstück, einem Wellenleiterübergangsstück und einer Wellenleiterbasis.

[0140] **Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung **1** gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Die Wellenleiteranordnung **1** umfasst eine elektrische Schaltungsanordnung **2**, einen dielektrischen Wellenleiter **3** sowie einen dazwischenliegenden Wellenleiterübergang **4** zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle **5** zwischen

der Schaltungsanordnung **2** und dem dielektrischen Wellenleiter **3**.

[0141] Bei der Schaltungsanordnung **2** kann es sich beispielsweise um eine elektrische Leiterplatte oder um eine integrierte Schaltung handeln. Es kann sich auch um ein System-in-Package, ein Multi-Chip-Modul und/oder um ein Package-on-Package handeln. Die erfindungsgemäße Wellenleiteranordnung **1** kann vorzugsweise zur Verwendung mit einer Leiterplatte oder für eine Chip-zu-Chip-Kommunikationsverbindung verwendbar sein. In den Ausführungsbeispielen wird die Schaltungsanordnung **2** zur Vereinfachung im Wesentlichen als Leiterplatte beschrieben, dies ist jedoch nicht einschränkend zu verstehen.

[0142] Der beispielhaft dargestellte dielektrische Wellenleiter **3** weist ein Kernmaterial **3.1** mit einer Permittivität auf, die größer ist als die Permittivität des Mantelmaterials **3.2** (vgl. strichlinierte Darstellung in **Fig. 1**), das um das Kernmaterial **3.1** herum verläuft. Bei dem Mantelmaterial **3.2** kann es sich beispielsweise auch um Luft handeln. Bei dem Mantelmaterial **3.2** kann es sich allerdings auch um ein Material handeln, das eine höhere Permittivität aufweist als Luft. Auf diese Weise kann der Querschnittsdurchmesser des Kernmaterials **3.1** des dielektrischen Wellenleiters **3** vergrößert werden, ohne dass unerwünschte Moden in dem dielektrischen Wellenleiter **3** ausbreitungsfähig werden. In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen ist das Mantelmaterial **3.2** des dielektrischen Wellenleiters **3** zur Vereinfachung nicht weiter dargestellt.

[0143] Vorzugsweise ist die Längsachse **A** des dielektrischen Wellenleiters **3** orthogonal zu einer dem dielektrischen Wellenleiter **3** zugewandten Oberfläche **6** der Schaltungsanordnung **2** ausgerichtet. Im Rahmen der orthogonalen Ausrichtung können aber auch toleranzbedingte Abweichungen, beispielsweise eine Verkipfung um bis zu 15 Grad, vorgesehen sein.

[0144] Der erfindungsgemäße Wellenleiterübergang **4** weist zumindest ein erstes elektrisch leitfähiges Plättchen **7** und ein zweites elektrisch leitfähiges Plättchen **8** auf, die in verschiedenen axialen Ebenen zwischen der Schaltungsanordnung **2** und dem dielektrischen Wellenleiter **3** angeordnet bzw. in Richtung der Längsachse **A** des dielektrischen Wellenleiters **3** (d. h. in Axialrichtung) versetzt sind. Grundsätzlich können auch noch weitere elektrisch leitfähige Plättchen vorgesehen sein, diese sind in den Ausführungsbeispielen zur Vereinfachung allerdings nicht dargestellt.

[0145] Vorzugsweise ist eine in den Ausführungsbeispielen dargestellte Ausgestaltung vorgesehen, wonach das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7**

und die Schaltungsanordnung **2** ausgebildet und derart zueinander angeordnet sind, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** unmittelbar von der Schaltungsanordnung **2** elektromagnetisch angeregt wird, um die elektromagnetische Welle **5** zu übertragen. Hierzu kann die Schaltungsanordnung **2** zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens **7** wenigstens eine elektrische Leitung **9** aufweisen, wie beispielsweise im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** gezeigt.

[0146] Das in dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** gezeigte erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** ist rechteckig, vorzugsweise quadratisch, ausgebildet. Das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** ist mit einer als Mikrostreifenleitung ausgebildeten elektrischen Leitung **9** leitfähig verbunden, welche sich zusammen mit dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen **7** in der obersten Ebene bzw. Schicht der als Leiterplatte ausgebildeten Schaltungsanordnung **2** befindet. Auf der Unterseite der Leiterplatte bzw. Schaltungsanordnung **2** ist eine elektrisch leitfähige Grundfläche **10** als Referenzleiter vorgesehen, der von den Strukturen der obersten Schicht der Leiterplatte durch ein nicht leitfähiges, hochfrequenztaugliches dielektrisches Substrat **11** getrennt ist.

[0147] Zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens **7** ist es grundsätzlich nicht unbedingt erforderlich, dass die Mikrostreifenleitung bzw. die elektrische Leitung **9** leitfähig mit dem ersten Plättchen **7** verbunden ist. Auch eine (nicht dargestellte) elektromagnetische Feldkopplung durch beispielsweise eine in einer tieferen Ebene der Leiterplatte bzw. der Schaltungsanordnung **2** gelegene elektrischen Leitung bzw. Streifenleitung, kann vorgesehen sein.

[0148] Ferner muss die als elektrische (Masse-)Referenz dienende Grundfläche **10** nicht unbedingt auf der Unterseite der Schaltungsanordnung **2** bzw. der Leiterplatte angeordnet sein, sondern kann beispielsweise auch in einer mittleren Ebene bzw. Schicht angeordnet sein. Die Grundfläche **10** oder eine sonstige elektrische Referenz kann auch von der Leiterplatte bzw. von der Schaltungsanordnung **2** beabstandet angeordnet sein, beispielsweise als Gehäusekomponente ausgebildet sein, wobei zwischen der Schaltungsanordnung und der Gehäusekomponente Luft oder vorzugsweise ein festes Material vorgesehen sein kann.

[0149] Das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7**, das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** und/oder der dielektrische Wellenleiter **3** kann bzw. können im elektromagnetischen Nahfeld der Schaltungsanordnung **2** angeordnet sein, insbesondere weniger als die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle **5** von der Schaltungsanordnung **2** (und/oder voneinander) beabstandet sein, vorzugsweise weniger als 50

% der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle **5** von der Schaltungsanordnung **2** (und/oder voneinander) beabstandet sein, besonders bevorzugt weniger als 10 % Wellenlänge der elektromagnetischen Welle **5** von der Schaltungsanordnung **2** (und/oder voneinander) beabstandet sein.

[0150] Beispielsweise kann sich der dielektrische Wellenleiter **3** direkt auf der ihm zugewandten Oberfläche des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens **8** oder in einer geringen Distanz darüber befinden, so dass sich das dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen **8** zugewandte Ende des dielektrischen Wellenleiters **3** im Nahfeld des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens **8** befindet. Ferner kann das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** direkt auf der Schaltungsanordnung **2** oder in einem geringen Abstand beabstandet sein. Schließlich können auch die verwendeten elektrisch leitfähigen Plättchen **7, 8** innerhalb deren Nahfeld zueinander positioniert sein, beispielsweise durch wenigstens ein Dielektrikum (nicht dargestellt) axial voneinander beabstandet sein.

[0151] Die Einkoppeleffizienz als auch die Art der angeregten Moden innerhalb des dielektrischen Wellenleiters **3** kann von der Positionierung, Ausrichtung und/oder Querschnittsfläche des Kernmaterials **3.1** des dielektrischen Wellenleiters **3**, als auch von den Permittivitäten des Kernmaterials **3.1** und des Mantelmaterials **3.2** sowie von der Resonanz der elektrisch leitfähigen Plättchen **7, 8** abhängen.

[0152] Das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** ist axial oberhalb des direkt gespeisten, ersten elektrisch leitfähigen Plättchens **7** angeordnet. Beide Plättchen vermögen elektromagnetisch miteinander zu verkoppeln, wobei die Distanz zwischen beiden Plättchen **7, 8** sowie deren Geometrie entscheidend für die Frequenzbandbreite sowie die eigentliche Frequenzlage sein können.

[0153] In den Ausführungsbeispielen ist das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** rund ausgebildet, was insbesondere von Vorteil sein kann, um den ebenfalls runden dielektrischen Wellenleiter **3** rotationsinvariant auf dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen **8** oder an dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen **8** zu positionieren, was die Montage vereinfachen kann.

[0154] In **Fig. 2** ist ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Wellenleiteranordnung **1** dargestellt, bei dem das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** auf einer der Schaltungsanordnung **2** zugewandten Stirnfläche des dielektrischen Wellenleiters **3** befestigt und im Nahfeld des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens **7** angeordnet ist.

[0155] Im Gegensatz zu dem elektrisch leitfähigen Plättchen **7** der **Fig. 1** wird das elektrisch leitfähige

Plättchen **7** der **Fig. 2** durch einen koplanaren Wellenleiter der Schaltungsanordnung **2** gespeist. Der koplanare Wellenleiter ist in der Art eines GCPW („Grounded Coplanar Waveguide“) ausgebildet. Hierzu weist die Schaltungsanordnung **2** in der obersten Schicht eine Referenzschicht **12** und optional in der untersten Schicht eine elektrisch leitfähige Grundfläche **10** auf. Die Referenzschicht **12** und die Grundfläche **10** sind durch leitfähige Durchkontaktierung („VIAs“) **13** miteinander verbunden. Das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** wird durch einen Schlitz **14** gegenüber der Referenzschicht **12** isoliert. Auf diese Weise bilden die Kanten des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens **7** weiterhin offene Enden gegenüber der Referenzschicht **12** und der Grundfläche **10** und bilden damit einen Resonator.

[0156] Grundsätzlich ist es auch im Falle des koplanaren Wellenleiters nicht unbedingt erforderlich, dass die dielektrische Leitung **9** elektrisch leitfähig mit dem ersten Plättchen **7** und/oder mit dem ersten Plättchen **7** in derselben Ebene bzw. Schicht angeordnet ist.

[0157] Ferner kann die Referenzschicht **12** verkleinert und die Anzahl Durchkontaktierungen **13** verringert sein.

[0158] In **Fig. 3** ist eine weitere Wellenleiteranordnung **1** gemäß einer dritten Ausführungsform dargestellt, die zwei weitere Aspekte der Erfindung beispielhaft miteinander kombiniert.

[0159] Der in **Fig. 3** dargestellte dielektrische Wellenleiter **3** weist eine Aussparung **15** auf, in der das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** aufgenommen ist. Durch die Tiefe der Aussparung **15** kann die Distanz der elektromagnetisch verkoppelten Plättchen **7, 8** definiert und damit das elektrische Verhalten des Wellenleiterübergangs **4** bestimmt werden. Die Aussparung ist vorzugsweise luftgefüllt, kann allerdings auch mit einem Schaum oder sonstigen Material vollständig oder teilweise gefüllt sein. Die Verluste der Wellenleiteranordnung **1** lassen sich allerdings in der Regel weiter minimieren und die Frequenzbandbreite maximieren, wenn die Aussparung **15** luftgefüllt bleibt. Die Aussparung **15** kann (wie dargestellt) konisch oder alternativ auch zylinderförmig verlaufen.

[0160] Eine Möglichkeit zum Anbringen einer leitfähigen Fläche zur Ausbildung beispielsweise des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens **8** auf einer Innenfläche der Aussparung **15** kann beispielsweise die Laserdirektstrukturierung (LDS) sein.

[0161] Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** ist die Schaltungsanordnung **2** ferner ausgebildet, um das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** derart anzuregen, dass sich eine dualpolare Übertragung mit orthogonaler Polarisierung ausbildet. Das das zwei-

te elektrisch leitfähige Plättchen **8** anregende, erste elektrische leitfähige Plättchen **7** der Schaltungsanordnung **2** wird hierbei durch die (erste) Mikrostreifenleitung bzw. elektrische Leitung **9** und außerdem durch eine orthogonal zu der ersten elektrischen Leitung **9** positionierte, zweite Mikrostreifenleitung bzw. zweite elektrische Leitung **16** gespeist. Dementsprechend können zwei unterschiedliche Resonanzmoden in dem ersten Plättchen **7** angeregt werden, welche orthogonal zueinander polarisiert sind. Diese vermögen schließlich über das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** den vorzugsweise im Zentrum positionierten, möglichst senkrecht stehenden dielektrischen Wellenleiter **3** mit zwei zueinander orthogonalen und somit voneinander unabhängigen Polarisierungen der Grundmode anzuregen, die dann über den dielektrischen Wellenleiter **3** unabhängig voneinander geführt werden.

[0162] Auch bei dieser Variante ist es nicht unbedingt erforderlich, dass die Speiseleitungen bzw. die elektrischen Leitungen **9**, **16** elektrisch leitfähig mit dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen **7** verbunden sind. Die elektrischen Leitungen **9**, **16** können beispielsweise auch in einer tieferen Ebene der Leiterplatte bzw. Schaltungsanordnung **2** angeordnet sein und das erste elektrische Plättchen **7** mittels elektromagnetischer Feldkopplung speisen.

[0163] Ferner muss das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** nicht unbedingt rechteckig oder quadratisch ausgebildet sein, sondern kann auch rund oder elliptisch ausgebildet werden. Im Falle einer dualpolaren Anregung ist das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** allerdings vorzugsweise quadratisch oder kreisrund ausgebildet.

[0164] Außerdem ist es auch nicht erforderlich, dass die Mikrostreifenleitungen bzw. die elektrischen Leitungen **9**, **16** wie dargestellt mittig auf das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** zulaufen. Die Speiseleitungen **9**, **16** können jeweils auch einen seitlich Versatz aufweisen. Ein seitlicher Versatz wenigstens einer der elektrischen Leitungen **9**, **16** kann beispielsweise die Isolation gegenüber der unterschiedlichen Moden im dielektrischen Wellenleiter **3** oder die Isolation gegenüber der Moden beider elektrischer Leitungen **9**, **16** verbessern.

[0165] Es sei darauf hingewiesen, dass der Aspekt der Erfindung betreffend eine Aussparung **15** zur Aufnahme des beispielsweise zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens **8** und der Aspekte der dualpolaren Wellenleiterübertragung selbstverständlich auch unabhängig voneinander realisierbar und im Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** nur beispielhaft in Kombination dargestellt sind. Dies gilt, wie eingangs bereits erwähnt, grundsätzlich für alle in den Ausführungsbeispielen dargestellten und beschriebenen Weiterbildungen und Merkmale der Erfindung.

[0166] In **Fig. 4** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Der Wellenleiterübergang **4** weist ein Wellenleiterstück **17** auf, vorzugsweise ein Single-Mode-Wellenleiterstück, das sich zwischen dem ersten elektrisch leitfähigen Plättchen **7** und dem dielektrischen Wellenleiter **3** in Axialrichtung entlang der verlängerten Längsachse A des dielektrischen Wellenleiters **3** erstreckt.

[0167] In das Wellenleiterstück **17** ist das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** vorzugsweise eingebettet; hierfür kann beispielsweise eine Aussparung **15** vorgesehen sein, wie in **Fig. 3** hinsichtlich des dielektrischen Wellenleiters **3** bereits beschrieben. Das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** muss in das Wellenleiterstück **17** allerdings nicht unbedingt eingebettet sein sondern kann auch lediglich auf einer Stirnfläche des Wellenleiterstücks **17** aufgesetzt oder von dem Wellenleiterstück in Axialrichtung weiter beabstandet sein.

[0168] Ferner weist der Wellenleiterübergang **4** ein Wellenleiterübergangsstück **18** auf, das sich zwischen dem Wellenleiterstück **17** und dem dielektrischen Wellenleiter **3** in Axialrichtung entlang der Längsachse A des dielektrischen Wellenleiters **3** erstreckt. Das Wellenleiterübergangsstück **18** bildet einen kontinuierlichen Übergang zwischen dem Wellenleiterstück **17** und dem dielektrischen Wellenleiter **3** aus, um die unterschiedlichen Querschnitte aneinander anzugleichen.

[0169] Um eine möglichst effiziente Anregung der gewünschten Grundmode des dielektrischen Wellenleiters **3** zu erreichen, kann es grundsätzlich von Vorteil sein, die Dimensionen des dielektrischen Wellenleiters **3** an die Dimensionen des anregenden Plättchens anzupassen, d. h. insbesondere die Größe bzw. den Durchmesser des zweiten elektrisch leitfähigen Plättchens **8** und den Durchmesser des dielektrischen Wellenleiters **3** möglichst ähnlich zu wählen. Insbesondere wenn dies nicht ohne Weiteres möglich ist, kann das Wellenleiterübergangsstück **18** zur Angleichung dienen.

[0170] Um die ungewollte Anregung höherer Moden im Wellenleiterübergang **4** zu vermeiden (beispielsweise auch bei einer nicht idealen Positionierung des dielektrischen Wellenleiters **3**) kann ein als Single-Mode-Wellenleiterstück ausgebildetes Wellenleiterstück **17** zusammen mit dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen **8** oberhalb des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens **7** angebracht und anschließend durch das Wellenleiterübergangsstück **18** in einen als Multi-Mode-Wellenleiter ausgebildeten dielektrischen Wellenleiter **3** überführt werden.

[0171] Das Wellenleiterübergangsstück **18** muss die Geometrie des Wellenleiterstücks **17** und des dielektrischen Wellenleiters **3** allerdings nicht notwendiger-

weise, wie in **Fig. 4** gezeigt, kontinuierlich (z. B. kosinusförmig, linear oder exponentiell) ineinander überführen, sondern kann auch einen diskret gestuften Übergang mit einer beliebigen Anzahl an Stufen ausbilden.

[0172] Es kann auch vorgesehen sein, dass das Wellenleiterübergangsstück **18** einen kontinuierlichen oder diskret gestuften Übergang zwischen verschiedenen Permittivitäten des Wellenleiterstücks **17** und des dielektrischen Wellenleiters **3**, insbesondere hinsichtlich deren Kernmaterialien und/oder Mantelmaterialien, ausbildet.

[0173] In **Fig. 5** ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt, bei dem der Wellenleiterübergang **4** eine Wellenleiterbasis **19** aufweist, die ein erstes Ende **19.1** zur Befestigung an der Schaltungsanordnung **2** aufweist, wobei das erste Ende **19.1** einen Querschnitt mit einem ersten Durchmesser aufweist, der größer ist als ein zweiter Durchmesser eines Querschnitts eines zweiten Endes **19.2** der Wellenleiterbasis **19**, das dem dielektrischen Wellenleiter **3** zugewandt ist.

[0174] Die Wellenleiterbasis **19** kann einen ringförmigen Querschnitt (insbesondere einen runden ringförmigen Querschnitt) oder einen Querschnitt mit mehreren Ringsegmenten **20**, wie in **Fig. 5** dargestellt, aufweisen. Beispielsweise kann die verbreitete Basis zur verbesserten Befestigung des dielektrischen Wellenleiters **3** auf der Schaltungsanordnung **2** dienen und in der Art von Stützen ausgebildet sein.

[0175] Innerhalb der Wellenleiterbasis **19** kann das zweite elektrisch leitfähige Plättchen **8** aufgenommen sein. Vorzugsweise ist die Wellenleiterbasis **19** hohl ausgebildet oder weist eine Aussparung **15** auf, wie in **Fig. 6** dargestellt.

[0176] Grundsätzlich kann eine Verbreiterung der Querschnittsfläche des dielektrischen Wellenleiters **3** durch die Wellenleiterbasis **19** in dem Wellenleiterübergang **4** bei korrekter Dimensionierung eine verbesserte Einkopplung in den dielektrischen Wellenleiter **3** ermöglichen. Zusätzlich kann eine Verbreiterung der Querschnittsfläche durch die Wellenleiterbasis **19** auch zur definierten Positionierung des dielektrischen Wellenleiters **3** genutzt werden.

[0177] Wie bereits erwähnt, können die dargestellten Weiterbildungen und Varianten der Erfindung beliebig miteinander kombiniert werden. Eine rein beispielhaft zu verstehende Kombination ist in **Fig. 6** dargestellt.

[0178] Zur verbesserten Einkopplung und Befestigung weist der Wellenleiterübergang **4** gemäß dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 6** eine Wellenleiterbasis **19** mit dem darin aufgenommenen, zweiten elek-

trisch leitfähigen Plättchen **8** auf. Zwischen der Wellenleiterbasis **19** und dem dielektrischen Wellenleiter **3** sind das Wellenleiterstück **17** und das Wellenleiterübergangsstück **18** angeordnet. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der dielektrische Wellenleiter **3**, das Wellenleiterstück **17**, das Wellenleiterübergangsstück **18** und/oder die Wellenleiterbasis **19** auch einteilig ausgebildet sein können. Im Ausführungsbeispiel sind diese allerdings mehrteilig ausgebildet.

[0179] Das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** wird durch zwei identische koplanare Wellenleiter angeregt, wie im Rahmen der **Fig. 2** beschrieben, womit eine dualpolare Verwendung möglich wird und eine parasitäre Abstrahlung gegenüber einer Anregung durch einfache Mikrostreifenleitungen bzw. elektrische Leitungen **9**, **16** reduziert sein kann. Beispielhaft ist das erste elektrisch leitfähige Plättchen **7** in den **Fig. 5** und **Fig. 6** rund ausgebildet. Hierdurch kann die Montage der Wellenleiteranordnung **1** vereinfacht bzw. eine fehlerhafte Ausrichtungen vermieden werden.

[0180] Durch die erhöhte Basisfläche innerhalb der Wellenleiterbasis **19** kann sich die Transmission in den dielektrischen Wellenleiter **3** verbessern. Die in der Wellenleiterbasis **19** in Richtung auf das Wellenleiterstück **17** zulaufende Verkleinerung des Durchmessers kann die Transmission weiter verbessern und die Führung ungewünschter Moden des dielektrischen Wellenleiters **3** vermeiden, die stattdessen an der konischen Verkleinerung abgestrahlt werden.

[0181] Schließlich kann das kontinuierliche Verbreitern der Querschnittsfläche des Kernmaterials durch das Wellenleiterübergangsstück **18** die Anregung eines Multi-Mode-Wellenleiters **3** unter Vermeidung der Anregung höherer Moden ermöglichen.

[0182] Zur Befestigung des dielektrischen Wellenleiters **3** und/oder des Wellenleiterübergangs **4** an der Schaltungsanordnung **2** kann vorgesehen sein, den Wellenleiterübergang **4** und/oder den dielektrischen Wellenleiter **3** auf der Schaltungsanordnung **2** zu verkleben, mechanisch zu befestigen und/oder einzuschäumen. Ein Einschäumen kann vorzugsweise mittels eines Materials erfolgen, das eine Permittivität aufweist, die ungefähr der Permittivität von der Luft entspricht. Für ein Einschäumen kann sich beispielsweise Polystyrolschaum eignen, u. a. bekannt unter der Marke „Styrodur“ der BASF-Gruppe oder „ROHACELL“ von Evonik. Selbstverständlich kann sich auch ein vergleichbares Material eignen.

Patentansprüche

1. Wellenleiteranordnung (1), umfassend eine elektrische Schaltungsanordnung (2), einen dielektrischen Wellenleiter (3) mit einer Längsachse (A) sowie einen dazwischenliegenden Wellenleiterüber-

gang (4) zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle (5) zwischen der Schaltungsanordnung (2) und dem dielektrischen Wellenleiter (3), aufweisend zumindest ein erstes elektrisch leitfähiges Plättchen (7) und ein zweites elektrisch leitfähiges Plättchen (8), die in Richtung der Längsachse (A) des dielektrischen Wellenleiters (3) zueinander versetzt zwischen der Schaltungsanordnung (2) und dem dielektrischen Wellenleiter (3) angeordnet sind.

2. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltungsanordnung (2) als elektrische Leiterplatte, integrierte Schaltung, System-in-Package, Multi-Chip-Modul und/oder Package-on-Package ausgebildet ist.

3. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Längsachse (A) des dielektrischen Wellenleiters (3) orthogonal zu einer dem Wellenleiter (3) zugewandten Oberfläche (6) der Schaltungsanordnung (2) ausgerichtet ist.

4. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen (7) und die Schaltungsanordnung (2) ausgebildet und derart zueinander angeordnet sind, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen (7) unmittelbar von der Schaltungsanordnung (2) elektromagnetisch angeregt wird, um die elektromagnetische Welle (5) zu übertragen.

5. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltungsanordnung (2) zur Anregung des ersten elektrisch leitfähigen Plättchens (7) wenigstens eine elektrische Leitung (9, 16), vorzugsweise wenigstens einen Mikrostreifenleitung und/oder einen koplanaren Wellenleiter aufweist, um die elektromagnetische Welle (5) zu übertragen.

6. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltungsanordnung (2) ausgebildet ist, um das erste elektrisch leitfähige Plättchen (7) derart anzuregen, dass sich eine dualpolare Übertragung, insbesondere mit orthogonaler Polarisierung, ausbildet.

7. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite elektrisch leitfähige Plättchen (8) auf einer der Schaltungsanordnung (2) zugewandten Stirnfläche des dielektrischen Wellenleiters (3) befestigt und/oder in dem dielektrischen Wellenleiter (3) eingebettet ist.

8. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitfähigen Plättchen (7, 8) durch wenigstens ein Dielektrikum axial voneinander beabstandet sind.

9. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite elektrisch leitfähige Plättchen (8) einen runden Querschnitt aufweist.

10. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrisch leitfähigen Plättchen (7, 8) zueinander planparallel angeordnet sind.

11. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste elektrisch leitfähige Plättchen (7), das zweite elektrisch leitfähige Plättchen (8) und/oder der dielektrische Wellenleiter (3) im elektromagnetischen Nahfeld der Schaltungsanordnung (2) angeordnet sind, insbesondere weniger als die Wellenlänge der elektromagnetischen Welle (5) von der Schaltungsanordnung (2) beabstandet sind, vorzugsweise weniger als 50 % der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle (5) von der Schaltungsanordnung (2) beabstandet sind, besonders bevorzugt weniger als 10 % der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle (5) von der Schaltungsanordnung (2) beabstandet sind.

12. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenleiterübergang (4) ein Wellenleiterstück (17) aufweist, vorzugsweise ein Single-Mode-Wellenleiterstück, das sich zwischen dem zweiten elektrisch leitfähigen Plättchen (8) und dem dielektrischen Wellenleiter (3) in Richtung der Längsachse (A) des dielektrischen Wellenleiters (3) erstreckt.

13. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenleiterübergang (4) ein Wellenleiterübergangsstück (18) aufweist, das sich zwischen dem Wellenleiterstück (17) und dem dielektrischen Wellenleiter (3) in Richtung der Längsachse (A) des dielektrischen Wellenleiters (3) erstreckt.

14. Wellenleiteranordnung (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wellenleiterübergangsstück (18) einen kontinuierlichen oder diskret gestuften Übergang zwischen dem Wellenleiterstück (17) und dem dielektrischen Wellenleiter (3) ausbildet, insbesondere einen Übergang zwischen verschiedenen Querschnitten und/oder verschiedenen Permittivitäten des Wellenleiterstücks (17) und des dielektrischen Wellenleiters (3).

15. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wellenleiterübergang (4) eine Wellenleiterbasis (19) aufweist, die ein erstes Ende (19.1) zur Befestigung an der Schaltungsanordnung (2) aufweist, wobei das erste Ende (19.1) einen Querschnitt mit einem ersten Durchmesser aufweist, der größer ist als

ein zweiter Durchmesser eines Querschnitts eines zweiten Endes (19.2) der Wellenleiterbasis (19), das dem dielektrischen Wellenleiter (3) zugewandt ist.

16. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dielektrische Wellenleiter (3), das Wellenleiterstück (17), das Wellenleiterübergangsstück (18) und/oder die Wellenleiterbasis (19) von einem dielektrischen Mantelmaterial (3.2) umhüllt ist, dessen Permittivität größer ist als die Permittivität von Luft.

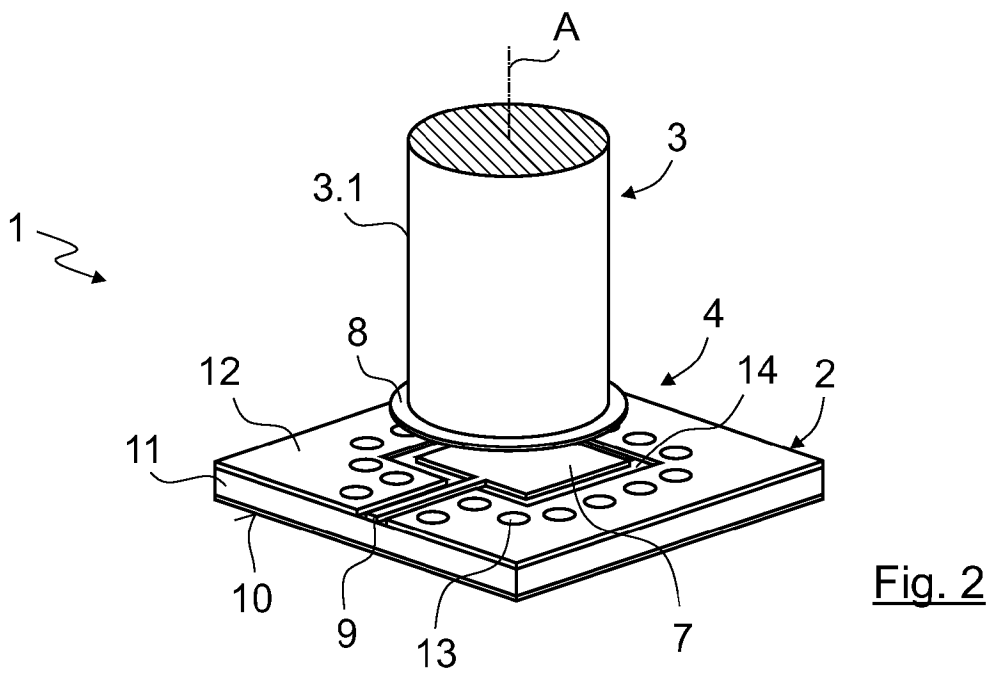
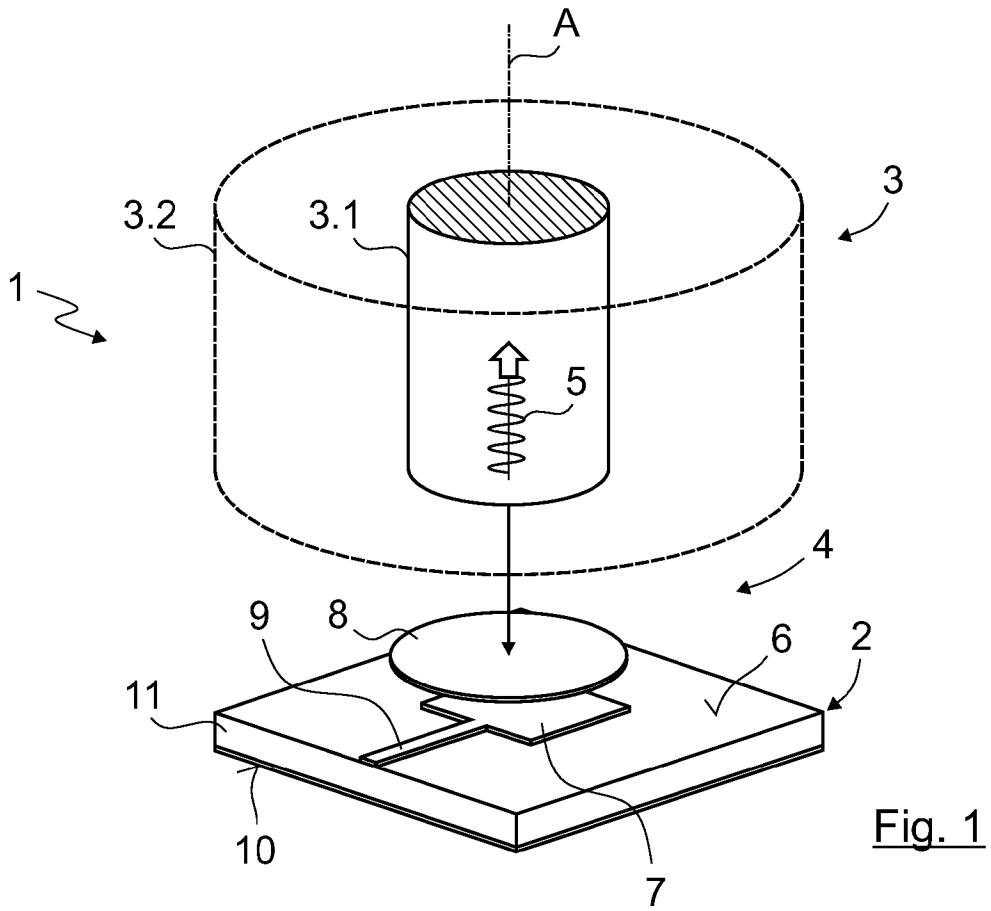
17. Wellenleiteranordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der dielektrische Wellenleiter (3), das Wellenleiterstück (17), das Wellenleiterübergangsstück (18) und/oder die Wellenleiterbasis (19) eine Aussparung (15) aufweist, um zumindest eines der elektrisch leitfähigen Plättchen (7, 8) aufzunehmen.

18. Wellenleiterübergang (4) zur Übertragung einer elektromagnetischen Welle (5) zwischen einer Schaltungsanordnung (2) und einem dielektrischen Wellenleiter (3), aufweisend zumindest ein erstes elektrisch leitfähiges Plättchen (7) und ein zweites elektrisch leitfähiges Plättchen (8), die in Richtung einer Längsachse (A) des dielektrischen Wellenleiters (3) zueinander versetzt zwischen der Schaltungsanordnung (2) und dem dielektrischen Wellenleiter (3) angeordnet und ausgebildet sind, um die elektromagnetische Welle (5) zu übertragen.

19. Verwendung einer Wellenleiteranordnung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 zur Datenübertragung mittels elektromagnetischer Wellen (5).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



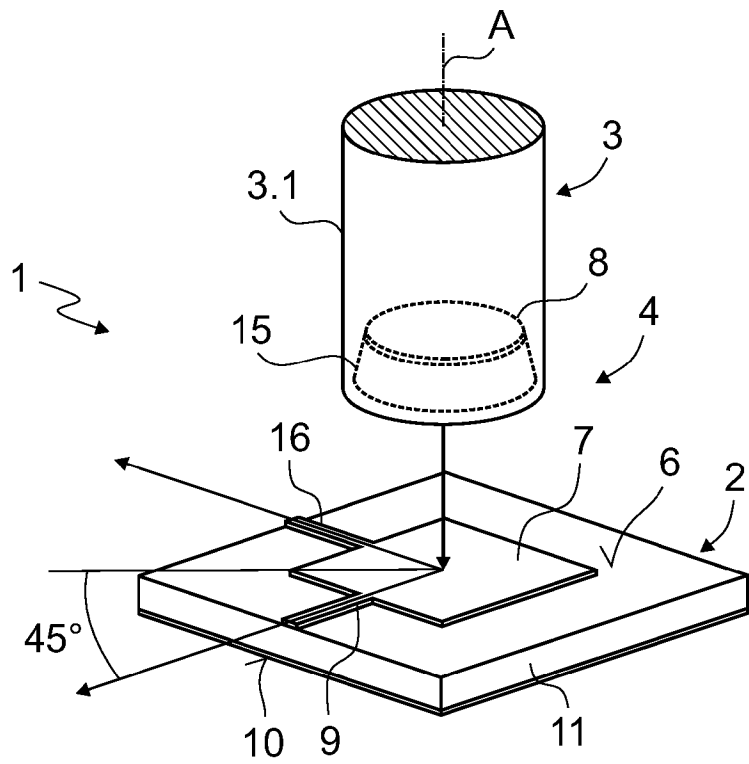


Fig. 3

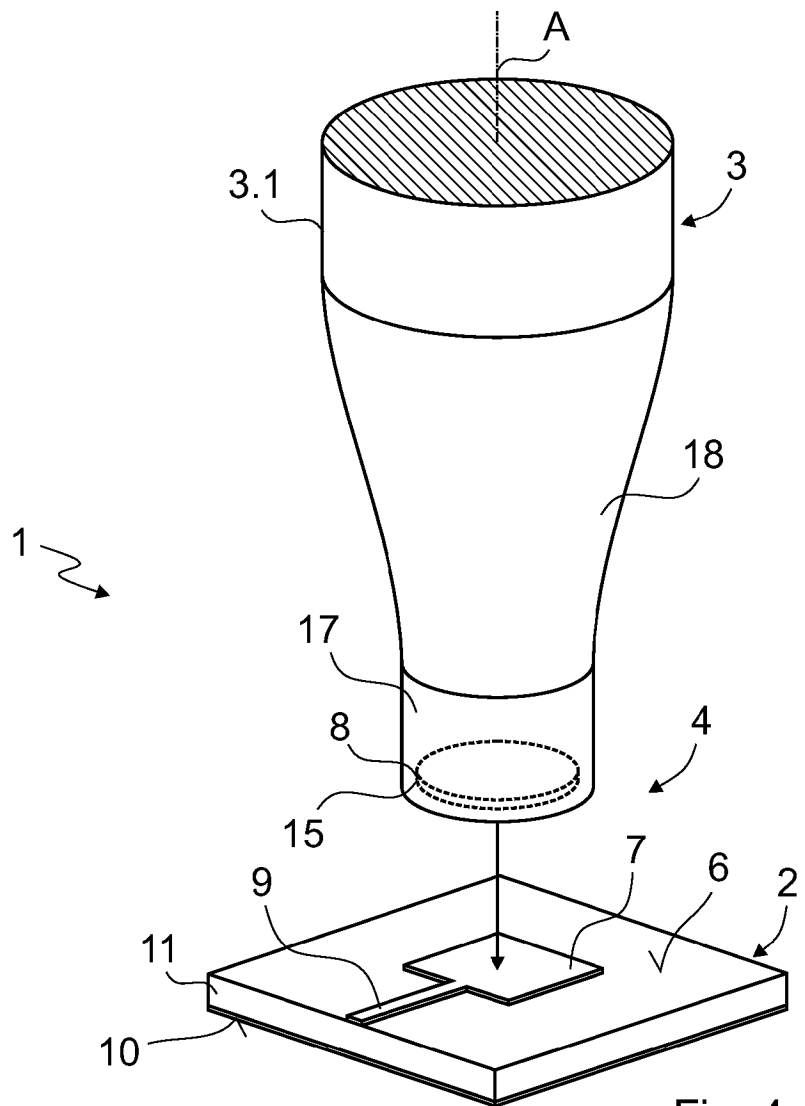


Fig. 4

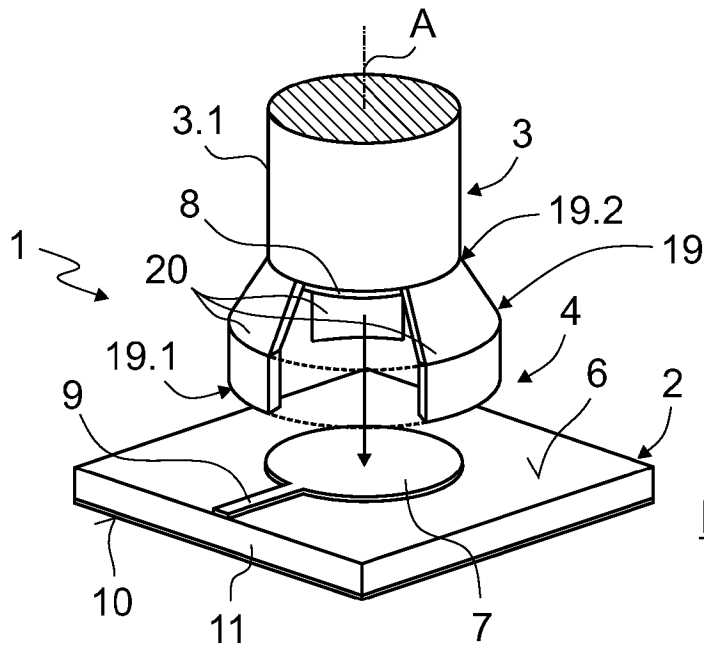


Fig. 5

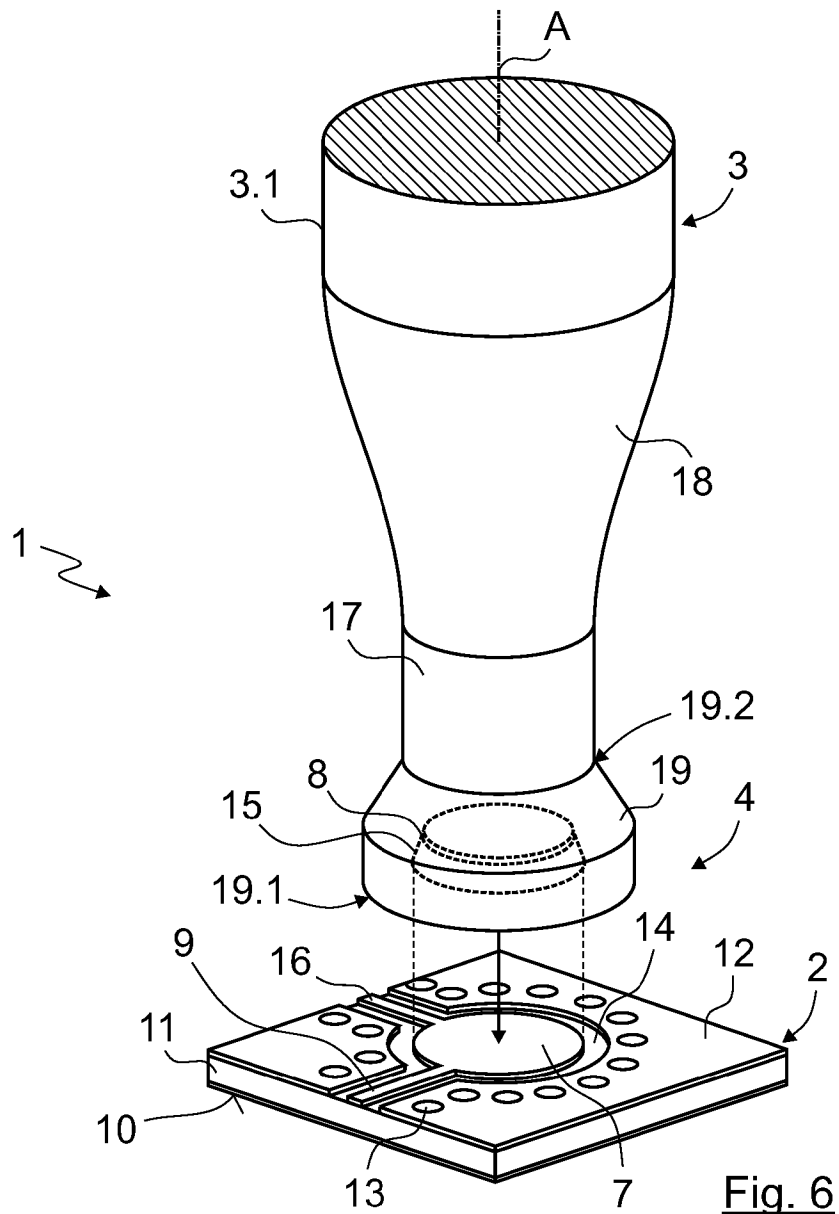


Fig. 6