

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年12月12日(12.12.2019)



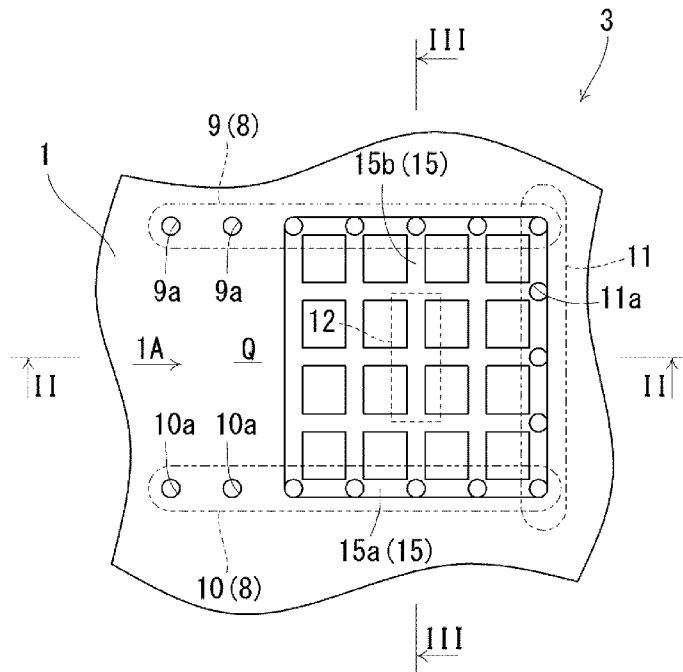
(10) 国際公開番号

WO 2019/235120 A1

- (51) 国際特許分類:
H01P 5/08 (2006.01) H01P 3/08 (2006.01)
H01P 3/00 (2006.01) H01P 3/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/018499
- (22) 国際出願日: 2019年5月9日(09.05.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-106896 2018年6月4日(04.06.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 伊東 正治 (ITO Masaharu); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 家入 健 (IEIRI Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目3番8 アサヒビルディング5階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: CONNECTION STRUCTURE FOR DIELECTRIC WAVEGUIDE LINE AND WAVEGUIDE

(54) 発明の名称: 誘電体導波管線路と導波管との接続構造



(57) Abstract: The connection structure (3) comprises a dielectric waveguide line (1) and a rectangular waveguide (2). The dielectric waveguide line (1) transmits a high-frequency signal through a transmission region (Q) surrounded by a first conductor layer (6), a second conductor layer (7), and two rows of via-hole groups (8). A coupling window (12) is formed in the second conductor layer (7). The rectangular waveguide (2) is disposed such that an open end face (13) of the rectangular waveguide (2) faces the coupling window (12) and the transmission direction (1A) of the dielectric waveguide



WO 2019/235120 A1

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
 NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
 QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
 SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
 UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

line (1) and the transmission direction (2A) of the rectangular waveguide (2) are orthogonal to each other. Multiple recesses (15) are formed on a first substrate face (5a) in the vicinity of the coupling window (12). A recessed conductor layer (16) electrically connecting to the first conductor layer (6) is formed on inner wall surfaces of the multiple recesses (15).

(57) 要約：接続構造 (3) は、誘電体導波管線路 (1) と方形導波管 (2) を有する。誘電体導波管線路 (1) は、第1の導体層 (6)、第2の導体層 (7)、2列のビアホール群 (8) で囲まれた伝送領域 (Q) において高周波信号を伝送する。第2の導体層 (7) には結合用窓 (12) が形成されている。方形導波管 (2) は、方形導波管 (2) の開口端面 (13) が結合用窓 (12) に対向するように、且つ、誘電体導波管線路 (1) の伝送方向 (1A) と方形導波管 (2) の伝送方向 (2A) が互いに直交するように配置されている。結合用窓 (12) の近傍において第1の基板面 (5a) には複数の窪み (15) が形成されている。複数の窪み (15) の内壁面には、第1の導体層 (6) と電氣的に接続する窪み導体層 (16) が形成されている。

明 細 書

発明の名称：誘電体導波管線路と導波管との接続構造

技術分野

[0001] 本発明は、誘電体導波管線路と導波管との接続構造に関する。

背景技術

[0002] 近年、スマートフォン等、モバイル端末機器の普及による端末数の増大に加えて、動画のストリーミング等の大容量通信用途が拡大することによって、通信トラフィックが急増している。このような中、広大な周波数帯域を持つサブテラヘルツ帯を利用して大容量通信を実現することが期待されている。ここで、サブテラヘルツ帯とは、一般に100GHz以上の周波数帯を意味する。

[0003] 従来のミリ波帯等の高周波数帯モジュールには、多層化し易く設計の自由度が高いLTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) が広く使用されている。また、材料が本質的に低損失であること、及び、低い誘電率（波長短縮効果の低減）に起因して伝送損失が低損失であることから、樹脂基板が使用されることも多い。樹脂基板は、PTFE (PolyTetraFluoroEthylene) やLCP (Liquid Crystal Polymer) 等である。

[0004] サブテラヘルツ帯では波長が非常に小さいため、高周波信号の伝送線路等にはより高い加工精度が要求される。また、増幅器等の半導体素子の利得性能に余裕がないことから、より効率の良い高周波数信号伝送が重要となる。そのため、パッケージに使用される材料には低損失であることが求められている。ミリ波帯で一般的なLTCCでは寸法精度があまり高くないこと、及び、損失が比較的大きいことから、サブテラヘルツ帯への適用は難しい。一方、樹脂基板では低損失ではあるものの剛性が低く実装方法に制限があること、及び、寸法精度があまり高くないことから、同様にサブテラヘルツ帯への適用は難しい。

[0005] 高い剛性を有し、高い寸法精度を得易く、且つ、低損失で、低誘電率な基

板材料として石英が知られている。しかしながら、ビアホール形成が難しいことから、これまでは限られた用途での使用に留まり、広く使用されるまでには至っていなかった。近年、ビアホール形成技術の進展により、微細なビアホールを精度よく形成できるようになってきた結果、ミリ波帯パッケージへの石英の使用が増えつつある。

[0006] 無線通信において長距離伝送のために高いアンテナ利得が必要な場合は、カセグレンアンテナやレンズアンテナ等の導波管インターフェイスを持つアンテナが一般的に使用される。この場合、パッケージから導波管への高周波信号の伝送を如何に効率良く行うかが重要である。

[0007] 特許文献1（特開2000-196301号公報）には、パッケージ上の伝送線路として、マイクロストリップ線路やコプレーナ線路等の平面構造を有する伝送線路と比較して低損失な誘電体導波管線路を使用し、誘電体導波管線路から方形導波管への接続構造が記載されている。誘電体導波管線路構造は、誘電体基板の表裏両面に形成した導体面を2つのビアホール列により接続することにより構成されている。各ビアホール列は、管内波長の1/2以下の間隔で形成されたビアホールから構成されることにより、等価的に導波管側壁面として機能する。ここで、管内波長 λ_g は、 $\lambda/\sqrt{1-(\lambda/\lambda_c)^2}$ である。但し、 λ は、動作周波数信号の真空中の波長の $1/\sqrt{\epsilon_r}$ 、 ϵ_r は誘電体基板の比誘電率、 λ_c は、誘電体導波管線路の遮断波長（TE₁₀モードの場合、誘電体導波管線路の横幅の2倍）である。

[0008] 誘電体導波管線路の一端の表裏導体面の一方に結合用開口部が設けられ、当該開口部に方形導波管が鉛直方向に接続されている。誘電体導波管線路と方形導波管との間の電磁波の伝送は、結合用開口部を介した電界結合によって実現される。誘電体導波管線路の誘電体基板の厚さは管内波長の1/4に設定されているため、結合用開口部において電界強度が最大となる。これにより、誘電体導波管線路と方形導波管との電磁波の効率的な伝送を実現している。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献1には、多層セラミック技術を使用して、誘電体導波管線路を作製する例が記載されている。誘電体導波管線路の厚さは、積層するグリーンシートの層数によって調整される。また、誘電体導波管線路が形成される基板の結合用開口部が形成されるのとは反対側の面に、更に、グリーンシートを積層することができる。仮に、サブテラヘルツ帯に適用した場合、誘電体導波管線路の厚さが非常に小さくても、基板全体としての厚さを大きくすることができるため、基板全体の強度を確保することができる。しかしながら、伝送損失の観点から、使用することは難しい。

[0010] 一方、サブテラヘルツ帯での利用が期待される石英を使用して誘電体導波管線路を形成する場合、例えば、断面形状の横幅が0.75mmの誘電体導波管線路における、160GHzでの管内波長の1/4は0.31mmと非常に小さくなる。石英は剛性があり割れ易いことから、多層化が難しい石英基板では、最適な基板厚が非常に小さくなるため基板の強度確保が課題であった。

[0011] 本開示の目的は、上述した課題の何れかを解決する接続構造を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本開示によれば、誘電体導波管線路と導波管との接続構造が提供される。前記誘電体導波管線路は、第1の基板面と前記第1の基板面と反対側の第2の基板面を有する第1の誘電体基板と、前記第1の基板面に配置された第1の導体層と、前記第2の基板面に配置された第2の導体層と、前記誘電体導波管線路における高周波信号の管内波長としての誘電体管内波長の1/2以下の間隔で前記誘電体導波管線路の伝送方向に複数の貫通導体を形成して成る2列の貫通導体群であって前記2列の貫通導体群は前記第1の導体層と前記第2の導体層を電氣的に接続すると共に前記2列の貫通導体群は前記伝送方向と直交する方向に離れて形成されている前記2列の貫通導体群と、を含み、前記第1の導体層、前記第2の導体層、前記2列の貫通導体群で囲まれ

た伝送領域において前記高周波信号を伝送するものである。前記第2の導体層には結合用窓が形成されている。前記導波管は、前記導波管の開口端面が前記結合用窓に対向するように、且つ、前記誘電体導波管線路の伝送方向と前記導波管の伝送方向が互いに直交するように配置されている。前記結合用窓の近傍において前記第1の基板面には複数の窪みが形成されている。前記複数の窪みの内壁面には、前記第1の導体層と電氣的に接続する窪み導体層が形成されている。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、誘電体導波管線路と導波管との接続構造において、誘電体基板全体を薄くすることなく、誘電体基板内に局所的な窪みを形成することにより、誘電体基板の機械的な強度を確保しつつ、良好な伝送特性を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]第1実施形態の接続構造の平面図である。
[図2]図1のII-II線断面図である。
[図3]図1のIII-III線断面図である。
[図4]第2実施形態の接続構造の平面図である。
[図5]第3実施形態の接続構造の平面図である。
[図6]第4実施形態の接続構造の平面図である。
[図7]第5実施形態の接続構造の平面図である。
[図8]第6実施形態の接続構造の断面図である。
[図9]第7実施形態の接続構造の平面図である。
[図10]接続構造による伝送特性の改善効果を示すグラフである。
[図11]第8実施形態の接続構造の断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] (第1実施形態)

以下、図1から図3を参照して、第1実施形態を説明する。図1は、第1実施形態の接続構造の平面図である。図2は、図1のII-II線断面図である。

図3は、図1のIII-III線断面図である。

- [0016] 図1から図3には、誘電体導波管線路1と方形導波管2との接続構造3を示している。図2に示すように、接続構造3は、誘電体導波管線路1と方形導波管2を備えている。そして、誘電体導波管線路1における動作周波数信号の伝送方向1Aと、方形導波管2における動作周波数信号の伝送方向2Aと、が直交するように、誘電体導波管線路1と方形導波管2が接続している。なお、動作周波数信号は、高周波信号の一具体例である。
- [0017] 図1及び図2に示すように、誘電体導波管線路1は、第1の誘電体基板5と、第1の導体層6と、第2の導体層7と、2列のビアホール群8と、を備えている。
- [0018] 第1の誘電体基板5は、例えば石英である。図2に示すように、第1の誘電体基板5は、上方を向く第1の基板面5aと、第1の基板面5aと反対側の面であって下方を向く第2の基板面5bと、を有する。第1の誘電体基板5の厚み5Tは、例えば、0.35ミリメートルである。
- [0019] 第1の導体層6は、第1の誘電体基板5の第1の基板面5aに配置された導体層である。第2の導体層7は、第1の誘電体基板5の第2の基板面5bに配置された導体層である。第1の導体層6及び第2の導体層7は、例えば銅である。第1の導体層6及び第2の導体層7の厚みは、例えば、20マイクロメートルである。
- [0020] 2列のビアホール群8は、2列の導体貫通群の一具体例である。図1に示すように、2列のビアホール群8は、第1ビアホール群9と、第2ビアホール群10と、を有する。
- [0021] 第1ビアホール群9は、複数のビアホール9aを含む。複数のビアホール9aは、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに沿って所定の間隔で配置されている。複数のビアホール9aは、第1の導体層6と第2の導体層7を電氣的に接続する。上記所定の間隔は、誘電体導波管線路1における動作周波数信号の管内波長としての誘電体管内波長の $1/2$ 以下の間隔である。なお、管内波長 λ_g は、 $\lambda/\sqrt{1-(\lambda/\lambda_c)^2}$ である。但し、 λ は、動作周波数

信号の真空中の波長の $1/\sqrt{\epsilon_r}$ 、 ϵ_r は誘電体基板の比誘電率、 λ_c は、誘電体導波管線路の遮断波長（TE₁₀モードの場合、誘電体導波管線路の横幅の2倍）である。

[0022] 第2ビアホール群10は、複数のビアホール10aを含む。複数のビアホール10aは、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに沿って上記所定の間隔で配置されている。複数のビアホール10aは、第1の導体層6と第2の導体層7を電氣的に接続する。

[0023] 第1ビアホール群9及び第2ビアホール群10は、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに沿って延びるように形成されている。第1ビアホール群9及び第2ビアホール群10は、互いに平行となるように形成されている。第1ビアホール群9及び第2ビアホール群10は、図1に示す平面視において、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aと直交する方向に離れるように形成されている。

[0024] 上記の第1ビアホール群9及び第2ビアホール群10は、等価的に導波管側壁として機能する。従って、第1の導体層6と第2の導体層7、2列のビアホール群8によって囲まれた伝送領域Qが規定される。動作周波数信号は伝送領域Qにおいて伝送する。

[0025] 図1に示すように、誘電体導波管線路1は、第3ビアホール群11を有する。第3ビアホール群11は、複数のビアホール11aを含む。複数のビアホール11aは、図1に示す平面視において誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに対して直交する方向に沿って上記所定の間隔で配置されている。複数のビアホール11aは、第1の導体層6と第2の導体層7を電氣的に接続する。従って、第3ビアホール群11は、伝送領域Qの短絡終端として機能する。

[0026] 図1から図3に示すように、第2の導体層7には結合用窓12が形成されている。結合用窓12は、第2の導体層7の開口である。図1に示すように、結合用窓12は、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aにおいて狭く、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aと直交する方向に広い矩形状に形成されてい

る。結合用窓 1 2 は、第 3 ピアホール群 1 1 の近傍に形成されている。結合用窓 1 2 は、第 3 ピアホール群 1 1 から見て、誘電体導波管線路 1 の伝送方向 1 A の上流側に形成されている。図 2 及び図 3 に示すように、方形導波管 2 は、方形導波管 2 の開口端面 1 3 が結合用窓 1 2 と対向するように配置されている。方形導波管 2 は、方形導波管 2 の開口端面 1 3 の少なくとも一部が結合用窓 1 2 と対向するように配置されている。方形導波管 2 は、結合用窓 1 2 が開口端面 1 3 の内側となるように配置されている。そして、この結合用窓 1 2 を介して、誘電体導波管線路 1 と方形導波管 2 との間で動作周波数信号が伝送される。

[0027] 図 1 に戻り、結合用窓 1 2 の近傍において第 1 の誘電体基板 5 の第 1 の基板面 5 a には複数の窪み 1 5 が形成されている。複数の窪み 1 5 は、複数の伝送方向並進窪み 1 5 a (延伸窪み) と、複数の伝送方向直交窪み 1 5 b (延伸窪み) と、を含む。

[0028] 複数の伝送方向並進窪み 1 5 a は、誘電体導波管線路 1 の伝送方向 1 A に沿って延びている。複数の伝送方向直交窪み 1 5 b は、2 列のピアホール群 8 が向かい合う方向に沿って延びている。そして、複数の伝送方向並進窪み 1 5 a と複数の伝送方向直交窪み 1 5 b は、格子状に形成されている。

[0029] 具体的には、複数の伝送方向並進窪み 1 5 a は、2 列のピアホール群 8 が向かい合う方向において上記所定の間隔で形成されている。複数の伝送方向並進窪み 1 5 a は、互いに平行となるように形成されている。複数の伝送方向並進窪み 1 5 a は、互いに離れて形成されている。

[0030] 同様に、複数の伝送方向直交窪み 1 5 b は、誘電体導波管線路 1 の伝送方向 1 A において上記所定の間隔で形成されている。複数の伝送方向直交窪み 1 5 b は、互いに平行となるように形成されている。複数の伝送方向直交窪み 1 5 b は、互いに離れて形成されている。複数の伝送方向直交窪み 1 5 b のうち誘電体導波管線路 1 の伝送方向 1 A において最も下流側の伝送方向直交窪み 1 5 b は、第 3 ピアホール群 1 1 と重複するように形成されている。

[0031] そして、図 2 及び図 3 に示すように、複数の窪み 1 5 の内壁面には、第 1

の導体層 6 と電氣的に接続する窪み導体層 1 6 が形成されている。窪み導体層 1 6 は、例えばメッキ処理等により形成されている。

[0032] 上記の通り、複数の伝送方向並進窪み 1 5 a を上記所定の間隔で形成することで、複数の伝送方向並進窪み 1 5 a は、動作周波数信号に対して等価的に導波管の上面として機能することになる。複数の伝送方向直交窪み 1 5 b についても同様である。なお、複数の窪み 1 5 の底面を等価的にほぼ均一な導体面として機能させるべく、上記所定の間隔は誘電体管内波長の $1/4$ 以下の間隔であることが望ましい。

[0033] このように複数の窪み 1 5 を形成することにより、結合用窓 1 2 近傍における第 1 の誘電体基板 5 を全体的に薄くすることなく、結合用窓 1 2 近傍における第 1 の誘電体基板 5 の厚みを等価的に最適とされる誘電体管内波長の $1/4$ 程度とすることができる。本実施形態では、図 2 に示すように、複数の窪み 1 5 の底面と、第 2 の基板面 5 b と、の間の距離 5 S は、誘電体管内波長の $1/4$ としている。結合用窓 1 2 近傍における第 1 の誘電体基板 5 の厚みは、誘電体導波管線路 1 と方形導波管 2 との接続構造の伝送特性に特に支配的に寄与する。

[0034] また、複数の窪み 1 5 を格子状に形成しているので、結合用窓 1 2 の近傍において第 1 の誘電体基板 5 を満遍なく薄くする場合と比較して、第 1 の誘電体基板 5 の機械的強度を確保することができるようになる。

[0035] ここで、例えば、第 1 の誘電体基板 5 を石英で構成した場合において、複数の窪み 1 5 を形成する方法の一例について述べる。各窪み 1 5 を形成するには、第 1 の誘電体基板 5 を貫通しない程度のビアホールをビアホールの半径程度のピッチで複数回、形成すればよい。

[0036] 次に、ビアホールの形成方法の一例について述べる。

(1) まず、ビアホールの中心位置にフェムト秒レーザーを照射して、その焦点を走査することにより、石英基板の焦点の軌跡部分を改質する。

(2) 次に、石英基板をフッ酸処理する。すると、石英基板の改質された部分が選択的に優先的にエッチングされ、その後、等方的に緩やかにエッチ

ングされる。これにより、石英基板内に非貫通ビアホールが形成される。

(3) ビアホールをビアホールの半径程度のピッチで複数回形成すると、等方的なエッチングの過程で隣接するビアホール同士が繋がり、所定の方向に延びる窪み15が形成されることになる。

(4) なお、石英基板を貫通するように焦点の軌跡を形成すれば、同様に、貫通ビアホールを形成できる。

[0037] 以上に説明したように、誘電体導波管線路1と方形導波管2（導波管）との接続構造3は、誘電体導波管線路1と方形導波管2を有する。誘電体導波管線路1は、第1の基板面5aと第1の基板面5aと反対側の第2の基板面5bを有する第1の誘電体基板5を有する。誘電体導波管線路1は、第1の基板面5aに配置された第1の導体層6と、第2の基板面5bに配置された第2の導体層7と、を有する。誘電体導波管線路1は、2列のビアホール群8（貫通導体群）を有する。2列のビアホール群8は、誘電体導波管線路1における高周波信号の管内波長としての誘電体管内波長の $1/2$ 以下の間隔で誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに複数のビアホール9a・ビアホール10a（貫通導体）を形成して成る。2列のビアホール群8は第1の導体層6と第2の導体層7を電氣的に接続する。2列のビアホール群8は伝送方向1Aと直交する方向に離れて形成されている。誘電体導波管線路1は、第1の導体層6、第2の導体層7、2列のビアホール群8で囲まれた伝送領域Qにおいて高周波信号（貫通導体群）を伝送する。第2の導体層7には結合用窓12が形成されている。方形導波管2は、方形導波管2の開口端面13が結合用窓12に対向するように、且つ、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aと方形導波管2の伝送方向2Aが互いに直交するように配置されている。結合用窓12の近傍において第1の基板面5aには複数の窪み15が形成されている。複数の窪み15の内壁面には、第1の導体層6と電氣的に接続する窪み導体層16が形成されている。

[0038] 以上の構成によれば、第1の誘電体基板5全体を薄くすることなく、第1の誘電体基板5内に局所的な窪み15を形成することにより、第1の誘電体

基板 5 の機械的な強度を確保しつつ、良好な伝送特性を得ることができる。

[0039] (第 2 実施形態)

次に、図 4 を参照して、第 2 実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第 1 実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0040] 図 4 に示すように、本実施形態では、複数の窪み 15 は、複数の伝送方向並進窪み 15 a を含まず、複数の伝送方向直交窪み 15 b のみを含む。複数の伝送方向直交窪み 15 b は、結合用窓 12 の近傍に形成されている。従って、上記第 1 実施形態と比較して、複数の窪み 15 が形成される面積が小さくなるため導波管の上面としての機能の均一性は悪化するものの、生産性や機械的強度を向上することができる。

[0041] (第 3 実施形態)

次に、図 5 を参照して、第 3 実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第 1 実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0042] 図 5 に示すように、本実施形態では、複数の窪み 15 は、複数の伝送方向直交窪み 15 b を含まず、複数の伝送方向並進窪み 15 a のみを含む。複数の伝送方向並進窪み 15 a は、結合用窓 12 の近傍に形成されている。従って、上記第 1 実施形態と比較して、複数の窪み 15 が形成される面積が小さくなるため導波管の上面としての機能の均一性は悪化するものの、生産性や機械的強度を向上することができる。

[0043] (第 4 実施形態)

次に、図 6 を参照して、第 4 実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第 1 実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0044] 上記第 1 実施形態において、複数の窪み 15 は、複数の伝送方向並進窪み 15 a と、複数の伝送方向直交窪み 15 b と、を含む。

[0045] これに対し、本実施形態では、複数の窪み 15 は、図 6 に示す平面視において、誘電体導波管線路 1 の伝送方向 1 A に対して斜めに延びる複数の伝送方向斜行窪み 15 c (延伸窪み) を含む。複数の伝送方向斜行窪み 15 c は、結合用窓 12 の近傍に形成されている。複数の伝送方向斜行窪み 15 c は

、格子状に形成されている。

[0046] 複数の伝送方向斜行窪み 15 c のうち幾つかの伝送方向斜行窪み 15 c は、互いに平行となるように、かつ、上記所定の間隔で形成されている。

[0047] また、格子状に形成された複数の伝送方向斜行窪み 15 c を囲むように、窪み 15 は、更に、2つの伝送方向並進窪み 15 a と、2つの伝送方向直交窪み 15 b と、を含む。2つの伝送方向並進窪み 15 a と2つの伝送方向直交窪み 15 b は、複数の伝送方向斜行窪み 15 c を取り囲むように矩形を描くように形成されている。

[0048] (第5実施形態)

次に、図7を参照して、第5実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第1実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0049] 上記第1実施形態において、複数の窪み 15 は、複数の伝送方向並進窪み 15 a と、複数の伝送方向直交窪み 15 b と、を含む。

[0050] これに対し、本実施形態では、複数の窪み 15 は、第1の導体層6から第2の導体層7に向かって円柱状に延びる複数の円柱窪み 15 d を含む。複数の円柱窪み 15 d は、結合用窓12の近傍に形成されている。複数の円柱窪み 15 d は、マトリックス状に形成されている。複数の円柱窪み 15 d は、非貫通ビアホールである。従って、上記第1実施形態と比較して、複数の窪み 15 が形成される面積が小さくなるため導波管の上面としての機能の均一性は悪化するものの、生産性や機械的強度を向上することができる。

[0051] (第6実施形態)

次に、図8を参照して、第6実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第1実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0052] 本実施形態では、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに進むにつれて、複数の窪み 15 の深さDを徐々に大きくしている。これによれば、誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに進むにつれて第1の誘電体基板5の厚みが等価的に徐々に小さくなる。以上の構成によれば、誘電体導波管線路1内における縦方向の電界ベクトルを方形導波管2内における横方向の電界ベクトルに円

滑に変換することができ、より効率的な伝送が実現される。

[0053] 上記のように複数の窪み15の深さDを徐々に大きくする構成は、上記第1から第5実施形態に適用することができる。特に、複数の窪み15が複数の円柱窪み15dを含む場合、複数の円柱窪み15dの深さDを徐々に変化させることになる。誘電体導波管線路1の伝送方向1Aに進むにつれて第1の誘電体基板5の厚みが急激に変化することのないよう、複数の円柱窪み15dの深さDは、段階的に大きくすることが望ましい。こうすることで、第1の誘電体基板5における応力緩和、即ち、機械的強度の向上を期待できる。

[0054] (第7実施形態)

次に、図9を参照して、第7実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第1実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0055] 本実施形態では、結合用窓12の近傍において、第1ビアホール群9と第2ビアホール群10との間の距離を局所的に拡大するようにしている。即ち、結合用窓12の近傍において、伝送領域Qの横寸法が局所的に大きくなるようにしている。これによれば、結合用窓12の近傍において共振器が構成されることになり、もって、伝送特性の広帯域化が可能となる。

[0056] (効果実証試験報告)

次に、接続構造3による伝送特性の改善効果を実証する試験を実施したのでその結果を報告する。図10は、接続構造3による伝送特性の改善効果を示すグラフである。このグラフにおいては、複数の窪み15が格子状に形成されている場合(格子状溝構造有)と、複数の窪み15が形成されていない場合(溝構造無)と、をそれぞれ最適化した際の伝送特性を電磁界解析した結果を対比させている。

[0057] 図1において、第1の誘電体基板5の厚み5Tは、実際の試作において十分な強度が得られた0.35mmとした。2列のビアホール群8を構成する多数のビアホールの直径を0.1mmとし、ビアホールのピッチを0.2mmとし、2列のビアホール群8の離間距離は0.75mmとした。最適化後

の複数の窪み15の深さDを0.075mm、複数の伝送方向並進窪み15aの間隔を0.2mm、複数の伝送方向直交窪み15bの間隔を0.3mmとした。また、第1の誘電体基板5に複数の窪み15が形成されている場合もそうでない場合も、第7実施形態で示した共振器構造を最適化した上で採用した。図10によれば、第1の誘電体基板5に複数の窪み15を設けることで、より広帯域で、良好な伝送特性が得られていることを確認できた。なお、最適化後の複数の窪み15の底面と、第2の基板面5bと、の間の距離5Sは、共振器構造の大きさ、窪み15の底面の導波管の上面としての機能の均一性、結合用窓12等の影響を受ける。そのため、最適化後の距離5Sが、厳密に、管内波長の1/4となっていなくても良い。

[0058] (第8実施形態)

次に、図11を参照して、第8実施形態を説明する。以下、本実施形態が上記第1実施形態と相違する点を中心に説明し、重複する説明は省略する。

[0059] 図11に示すように、結合用窓12の近傍において第1の誘電体基板5には、複数の窪み15が形成されている。裏を返せば、結合用窓12の近傍において第1の誘電体基板5には、複数の窪み15が形成されていない部分を有する。この部分は、他の基板を積層することが可能である。従って、本実施形態では、結合用窓12の近傍であるか否かにかかわらず、第1の誘電体基板5の上に第2の誘電体基板20が積層されている。詳しくは、結合用窓12の近傍であるか否かにかかわらず、第1の導体層6に第2の誘電体基板20が積層されている。また、第2の誘電体基板20の第1の誘電体基板5と反対側の上面20aには、第3の導体層21が形成されている。誘電体導波管線路1と第2の誘電体基板20は、第1の導体層6により電氣的に完全に分離されている。このため、第3の導体層21を利用してマイクロストリップ線路やコプレーナ線路を構成することができる。第3の導体層21を利用してマイクロストリップ線路を構成する場合は、第1の導体層6と第2の誘電体基板20と第3の導体層21を用いる。第3の導体層21を利用してコプレーナ線路を構成する場合は、第2の誘電体基板20と第3の導体層2

1を用いる。第3の導体層21を用いてIC等を実装することもできる。

[0060] 第2の誘電体基板20は、石英とすることができる。しかしながら、石英は高剛性であり割れやすく、積層自体が困難である。そこで、ポリイミド等の低剛性で第1の誘電体基板5への負荷が小さい樹脂材料から成るシートを第1の導体層6に貼り付けることにより、第2の誘電体基板20を構成することが望ましい。本実施形態では、結合用窓12において第2の誘電体基板20は周期的に第1の誘電体基板5に支持させることができるので、第2の誘電体基板20が低剛性であっても第2の誘電体基板20が撓みにくく、第2の誘電体基板20の平坦性を確保できる。

[0061] なお、第2の誘電体基板20の下面であって複数の窪み15に対向する面には、別途導体層を形成しておいてもよい。この場合、第3の導体層21に形成された伝送線路が窪み15を跨いで形成されたとしても、伝送線路としての連続性を確保することができる。

[0062] 以上に、本願発明の好適な実施形態を説明したが、上記各実施形態は以下のように変更できる。

[0063] 即ち、複数の伝送方向並進窪み15aのピッチ、複数の伝送方向直交窪み15bのピッチ、複数の伝送方向斜行窪み15cのピッチ、複数の円柱窪み15dのピッチは、適宜変更することができる。伝送方向並進窪み15aや伝送方向直交窪み15b、伝送方向斜行窪み15cの長さや幅も適宜変更できる。図1及び図4に示すように、結合用窓12の近傍においてビアホール9aとビアホール10aを結ぶように伝送方向直交窪み15bを形成しているが、伝送方向直交窪み15bは、ビアホール9aやビアホール10aに接続していなくてもよい。

[0064] 2列のビアホール群8は、直線上に並べて形成することは必須ではない。格子状とした複数の窪み15の外周端は矩形でなくてもよい。少なくとも何れか1つの窪み15が2列のビアホール群8の外側に突出していてもよい。結合用窓12は、矩形の他、円形やその他の多角形であってもよい。

[0065] 上記各実施形態では、結合用窓12の近傍にのみ複数の窪み15を形成す

ることとしたが、これに代えて、結合用窓 1 2 から離れた部分にも複数の窪み 1 5 を形成することとしてもよい。この場合、誘電体導波管線路 1 を伝送してきた動作周波数信号が結合用窓 1 2 近傍に近づくに際し、電磁界分布の急激な変化を緩和することができる。

[0066] 上記各実施形態において採用した方形導波管 2 は、用途に応じて円形導波管に置き換えてもよい。ただし、この場合、断面の縦横比が 1 : 2 である標準導波管よりも動作帯域は狭まることになる。

[0067] 上記各実施形態において、第 1 の誘電体基板 5 は石英とした。しかし、石英に代えて、セラミック基板、樹脂基板等の誘電体基板であっても構わない。

[0068] 上記各実施形態において、複数の窪み 1 5 は、例えばルーター加工により形成してもよい。

[0069] 以上、実施の形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記によって限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、発明の Scope 内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0070] この出願は、2018年6月4日に提出された日本出願特願2018-106896を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

- [0071] 1 誘電体導波管線路
1 A 伝送方向
2 方形導波管
2 A 伝送方向
3 接続構造
5 第 1 の誘電体基板
5 a 第 1 の基板面
5 b 第 2 の基板面
6 第 1 の導電層

- 7 第2の導電層
- 8 ビアホール群
- 9 第1ビアホール群
 - 9 a ビアホール
- 10 第2ビアホール群
 - 10 a ビアホール
- 11 第3ビアホール群
 - 11 a ビアホール
- 12 結合用窓
- 13 開口端面
- 15 窪み
 - 15 a 伝送方向並進窪み
 - 15 b 伝送方向直交窪み
 - 15 c 伝送方向斜行窪み
 - 15 d 円柱窪み
- 16 窪み導体層
- 20 第2の誘電体基板
 - 20 a 上面
- 21 第3の導電層

請求の範囲

- [請求項1] 誘電体導波管線路と導波管との接続構造であって、
前記誘電体導波管線路は、第1の基板面と前記第1の基板面と反対側の第2の基板面を有する第1の誘電体基板と、前記第1の基板面に配置された第1の導体層と、前記第2の基板面に配置された第2の導体層と、前記誘電体導波管線路における高周波信号の管内波長としての誘電体管内波長の $1/2$ 以下の間隔で前記誘電体導波管線路の伝送方向に複数の貫通導体を形成して成る2列の貫通導体群であって前記2列の貫通導体群は前記第1の導体層と前記第2の導体層を電氣的に接続すると共に前記2列の貫通導体群は前記伝送方向と直交する方向に離れて形成されている前記2列の貫通導体群と、を含み、前記第1の導体層、前記第2の導体層、前記2列の貫通導体群で囲まれた伝送領域において前記高周波信号を伝送するものであり、
前記第2の導体層には結合用窓が形成されており、
前記導波管は、前記導波管の開口端面が前記結合用窓に対向するように、且つ、前記誘電体導波管線路の伝送方向と前記導波管の伝送方向が互いに直交するように配置されており、
前記結合用窓の近傍において前記第1の基板面には複数の窪みが形成されており、
前記複数の窪みの内壁面には、前記第1の導体層と電氣的に接続する窪み導体層が形成されている、
接続構造。
- [請求項2] 前記複数の窪みの底面と、前記第2の基板面と、の間の距離は、前記誘電体管内波長の $1/4$ である、
請求項1に記載の接続構造。
- [請求項3] 前記複数の窪みは、
前記誘電体導波管線路の伝送方向に沿って延びる伝送方向並進窪み、
前記2列の貫通導体群が向かい合う方向に沿って延びる伝送方向直交

窪み、

前記第 1 の基板面と前記第 2 の基板面が対向する方向で見たときに前記誘電体導波管線路の伝送方向に対して斜めに延びる伝送方向斜行窪み、

前記第 1 の基板面から前記第 2 の基板面に向かって円柱状に延びる円柱窪み、

のうち少なくとも何れかを含む、

請求項 1 又は 2 に記載の接続構造。

[請求項4]

前記複数の窪みは、前記伝送方向並進窪み、前記伝送方向直交窪み、前記伝送方向斜行窪みのうち何れか 1 つである延伸窪みを複数含み、前記複数の延伸窪みは互いに平行となるように形成されており、

前記複数の延伸窪みは、前記誘電体管内波長の $1/2$ 以下の間隔で形成されている、

請求項 3 に記載の接続構造。

[請求項5]

前記複数の窪みは、前記伝送方向並進窪み及び前記伝送方向直交窪みをそれぞれ複数含み、

前記複数の伝送方向並進窪みと前記複数の伝送方向直交窪みは格子状に形成されている、

請求項 3 に記載の接続構造。

[請求項6]

前記複数の窪みは、前記伝送方向斜行窪みを複数含み、

前記複数の伝送方向斜行窪みは格子状に形成されている、

請求項 3 に記載の接続構造。

[請求項7]

前記複数の窪みの深さは、前記誘電体導波管線路の伝送方向に進むにつれて大きくなる、

請求項 1 に記載の接続構造。

[請求項8]

前記第 1 の導体層に第 2 の誘電体基板が積層されており、

前記第 2 の誘電体基板の前記第 1 の導体層と反対側の面には、第 3 の導体層が形成されており、

前記第1の導体層、前記第2の誘電体基板、前記第3の導体層により
マイクロストリップ線路が構成されている、

請求項1から7までの何れかに記載の接続構造。

[請求項9]

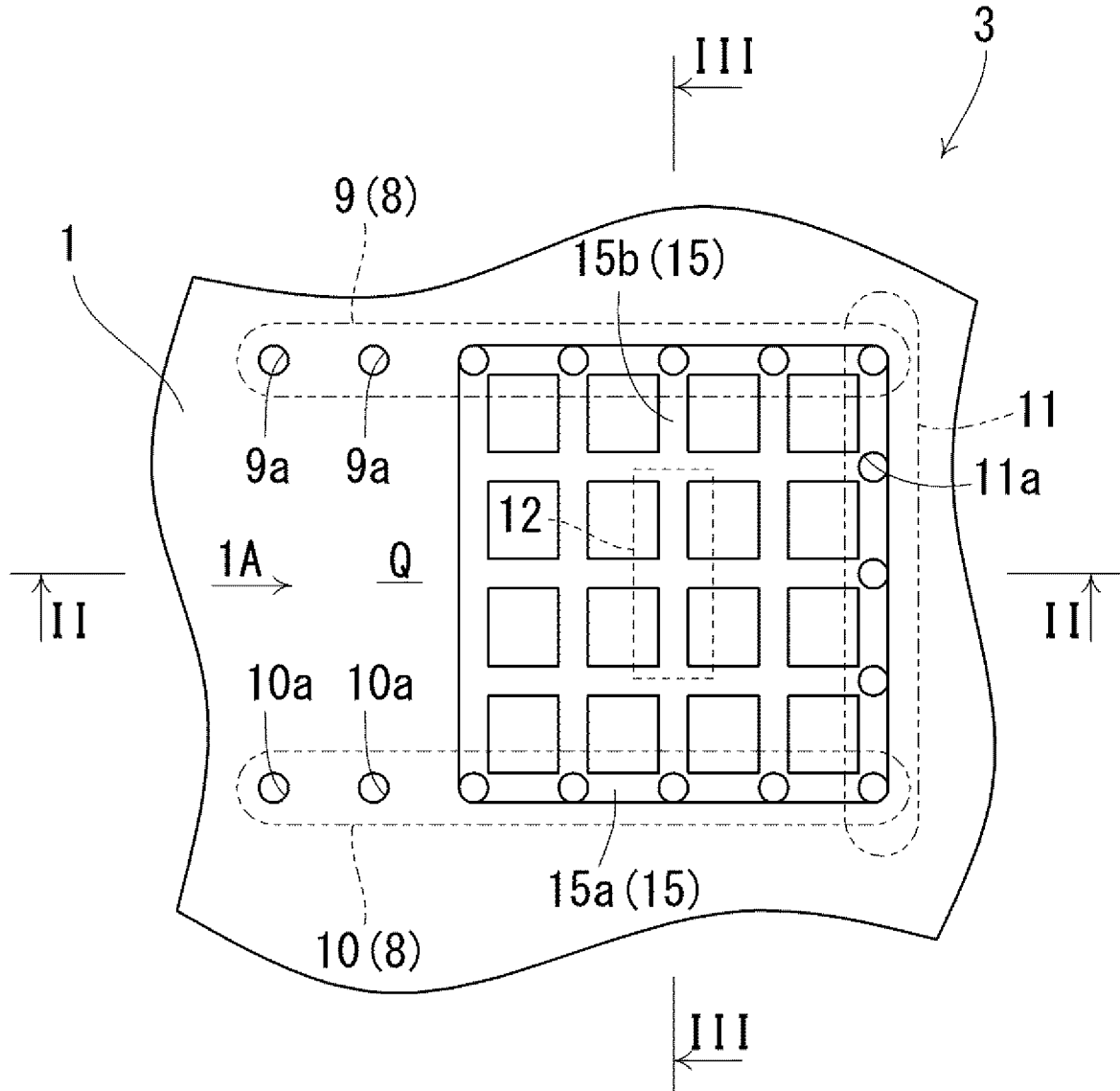
前記第1の導体層に第2の誘電体基板が積層されており、

前記第2の誘電体基板の前記第1の導体層と反対側の面には、第3の
導体層が形成されており、

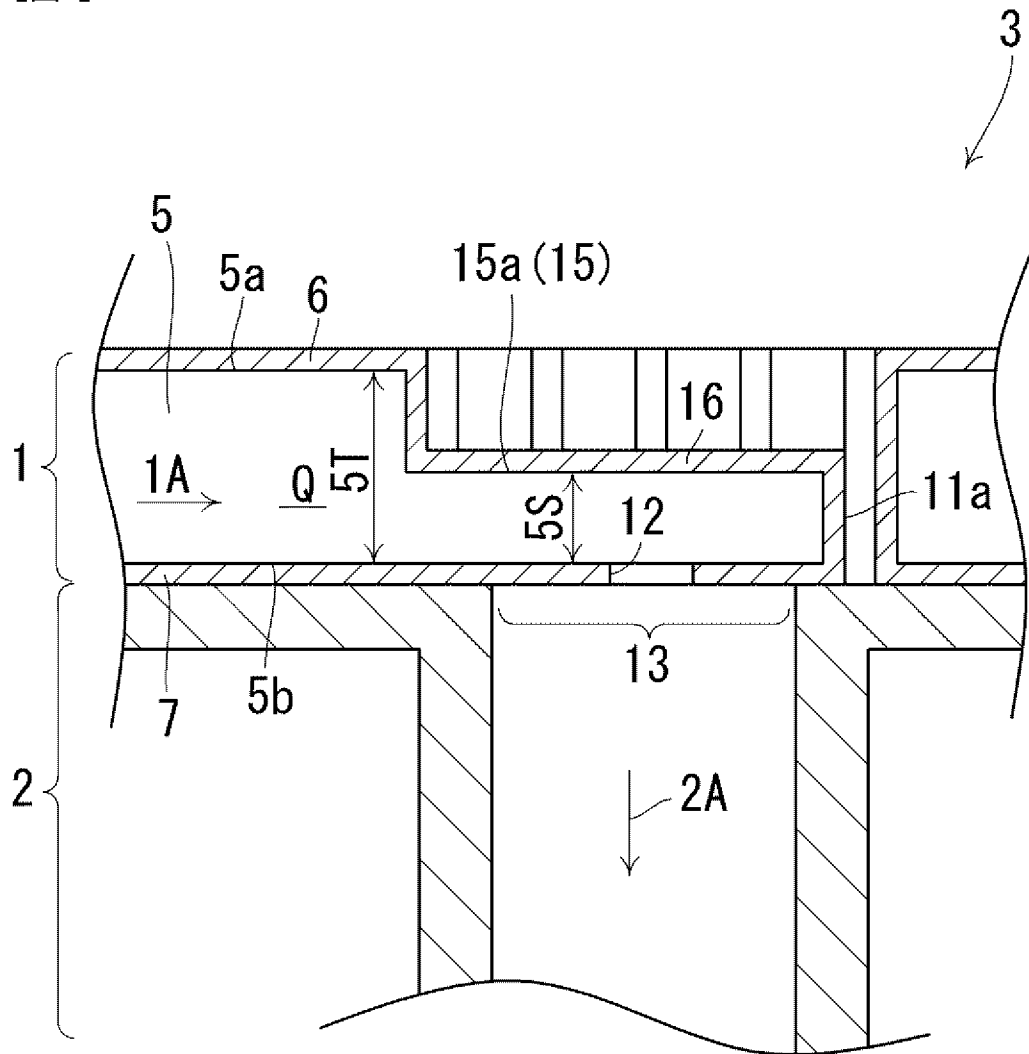
前記第2の誘電体基板と前記第3の導体層によりコプレーナ線路が構
成されている、

請求項1から7までの何れかに記載の接続構造。

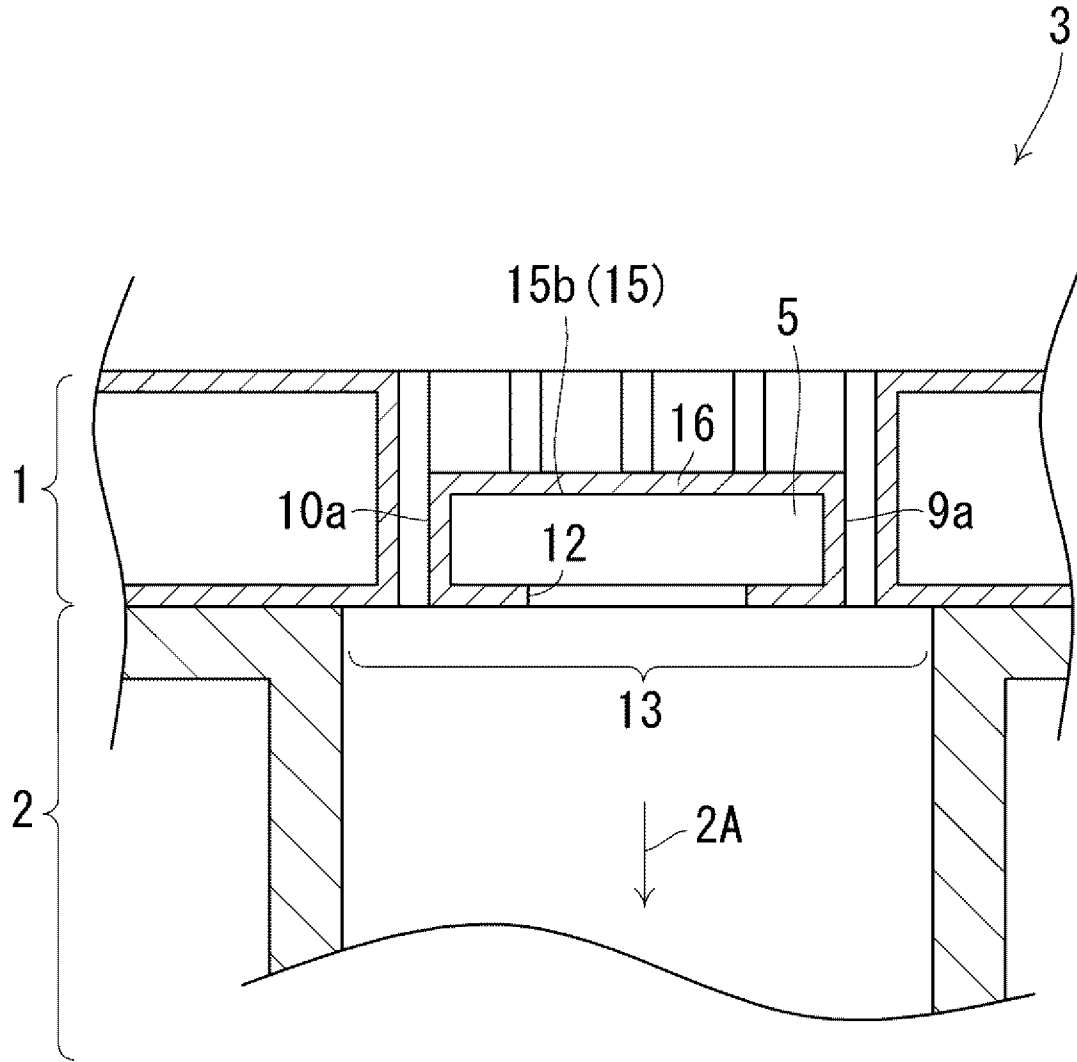
[図1]



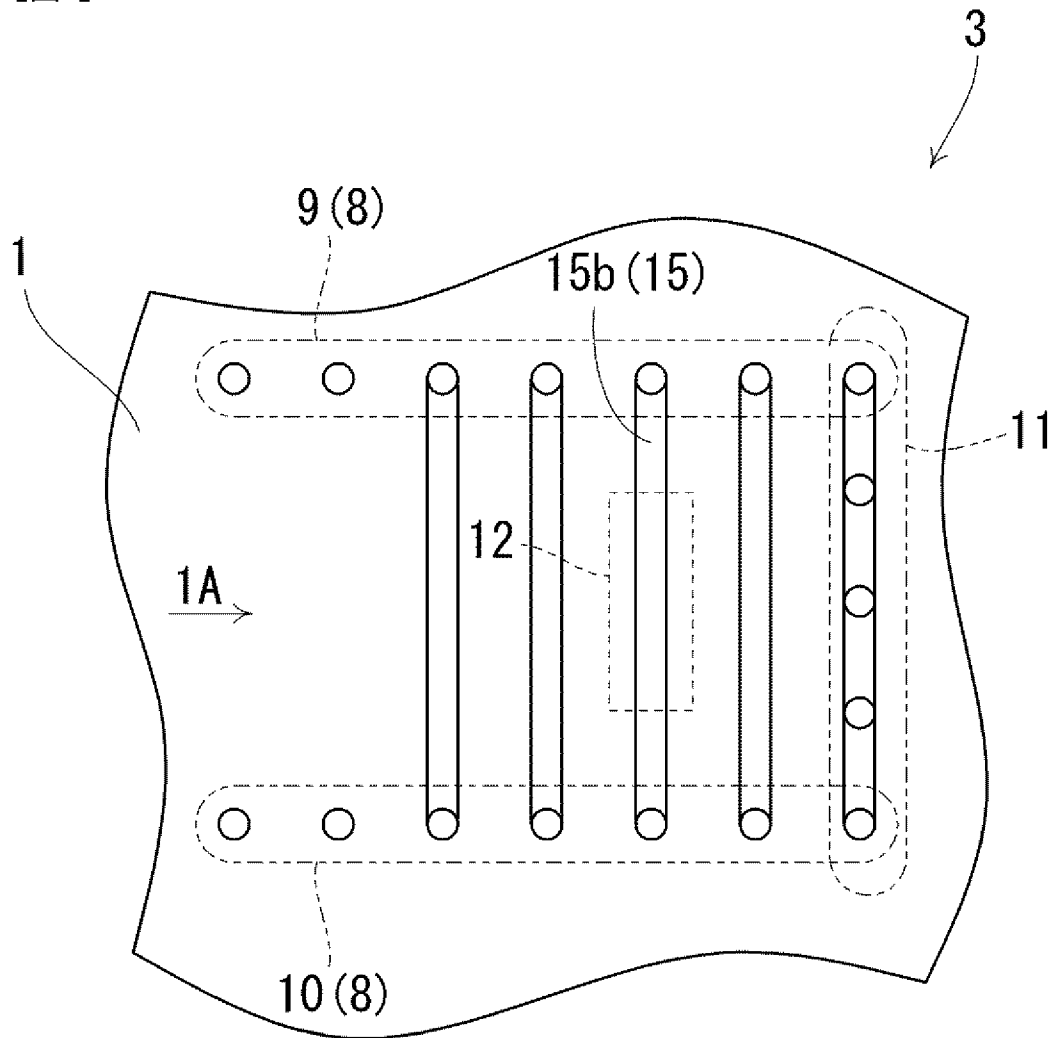
[図2]



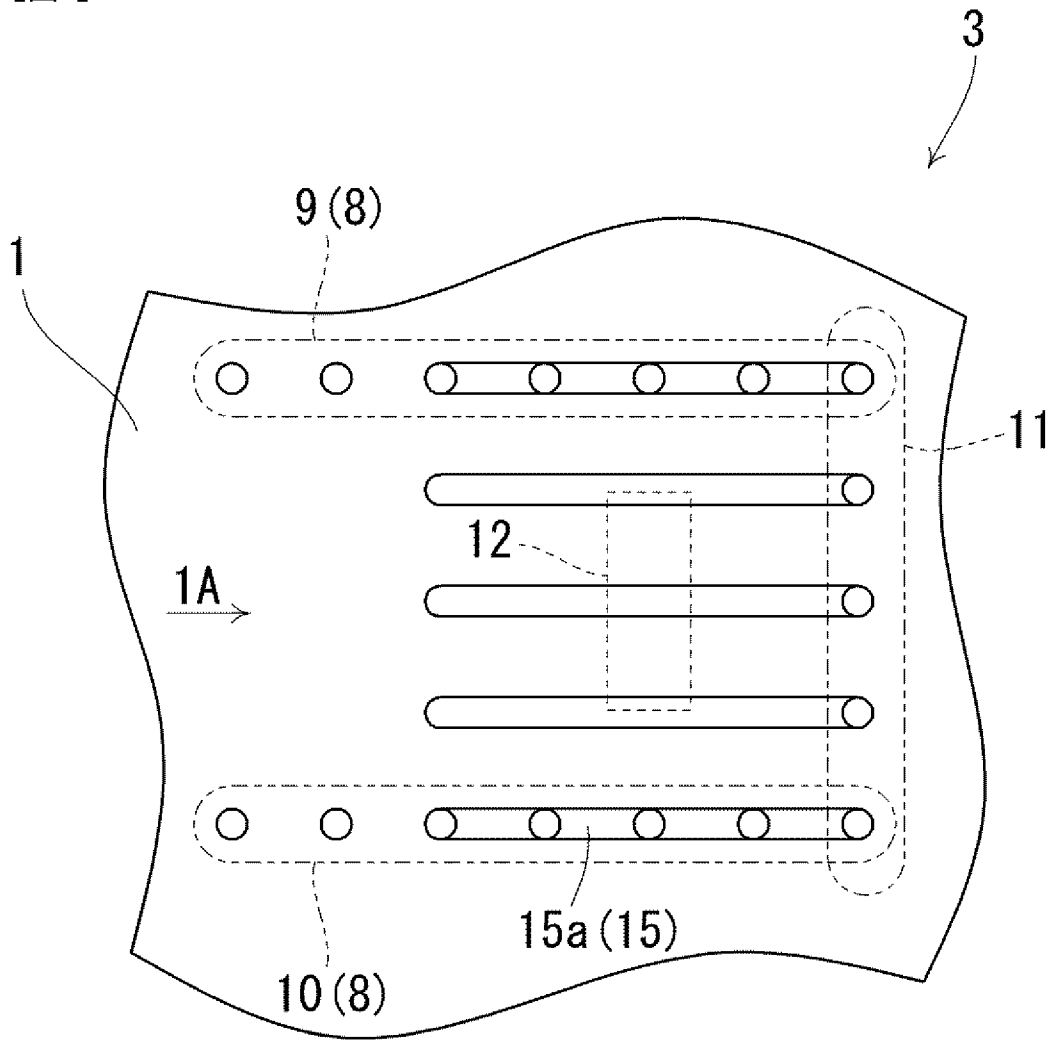
[図3]



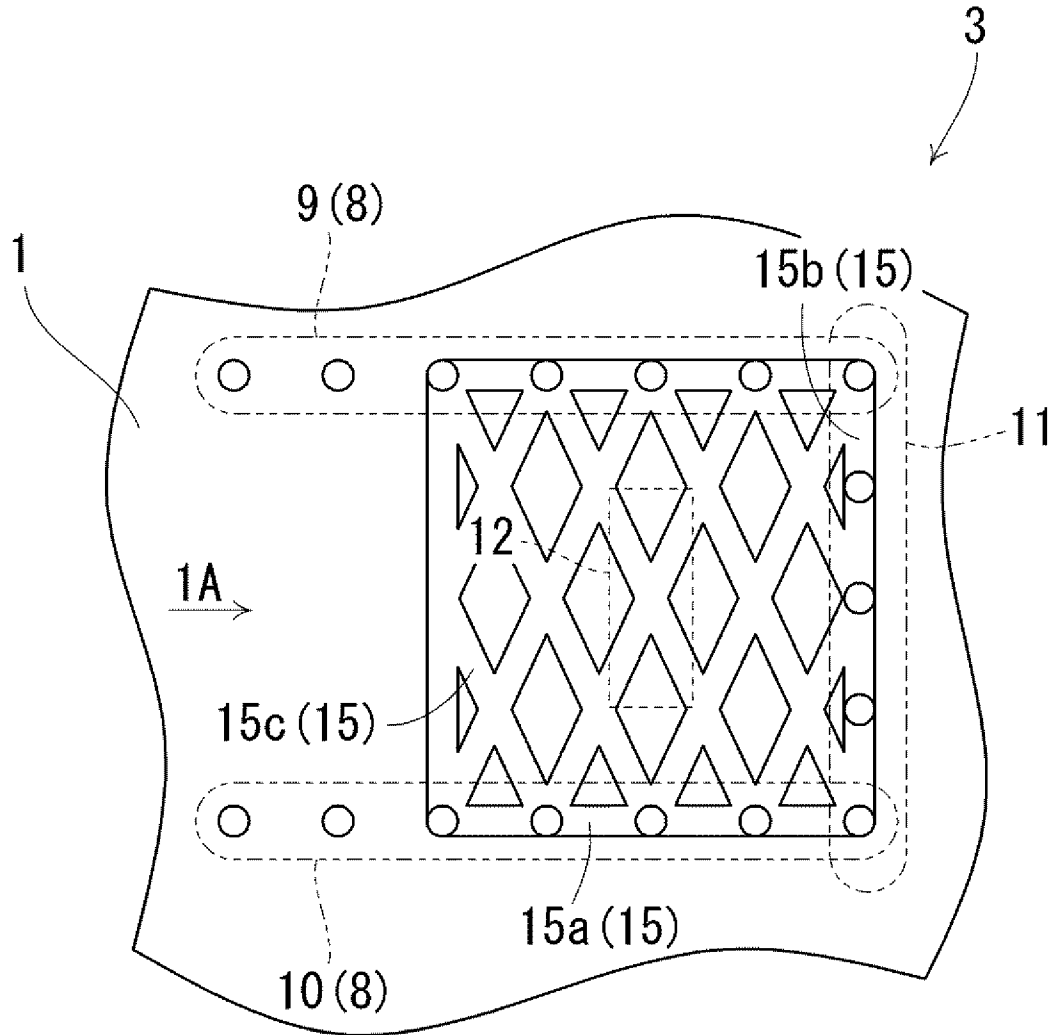
[図4]



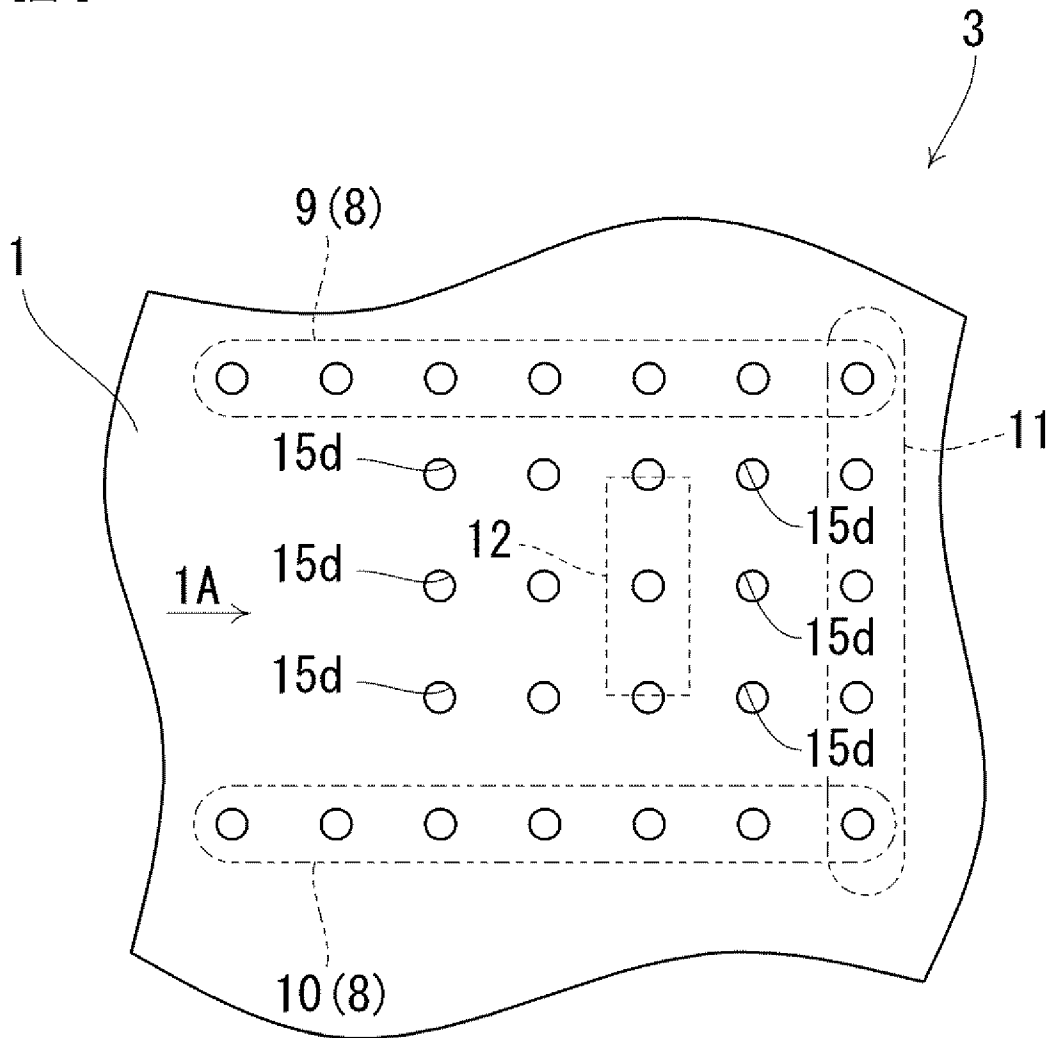
[図5]



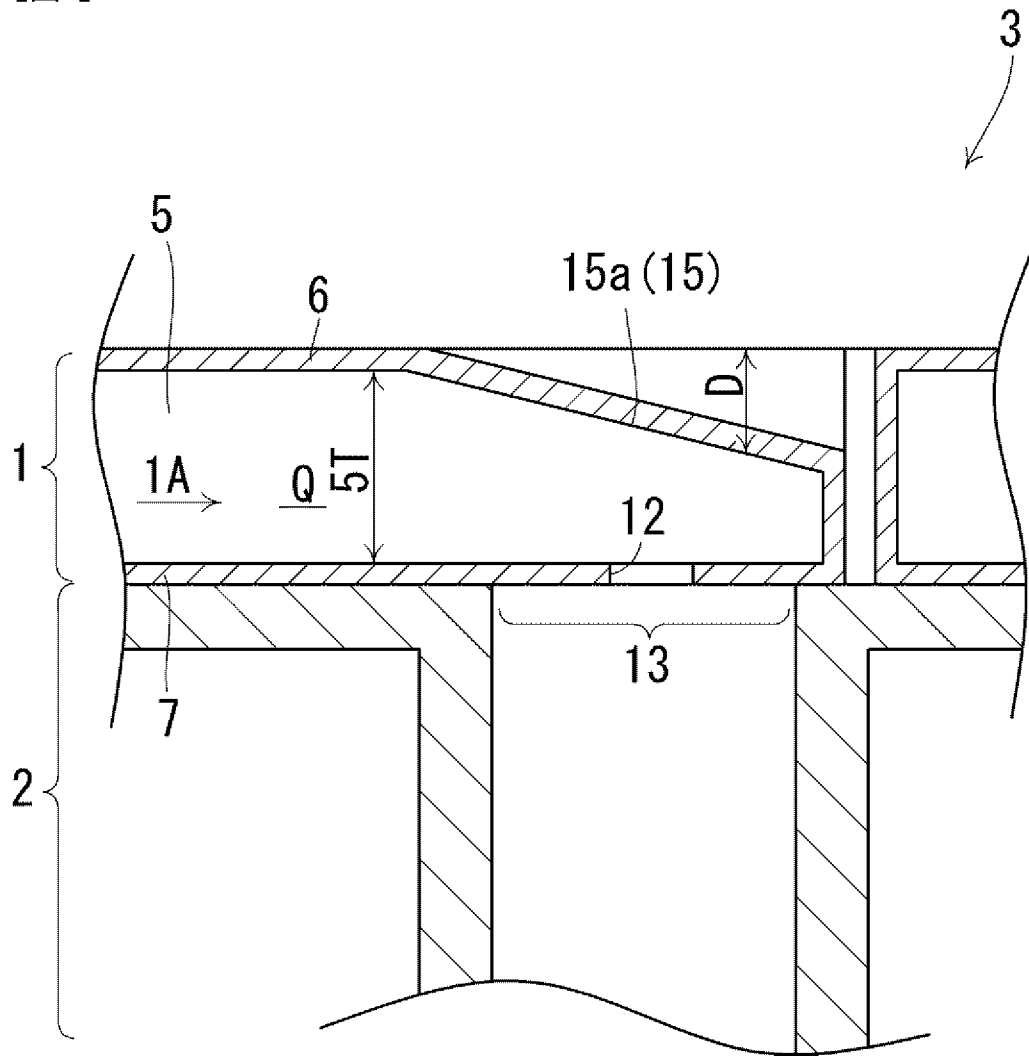
[図6]



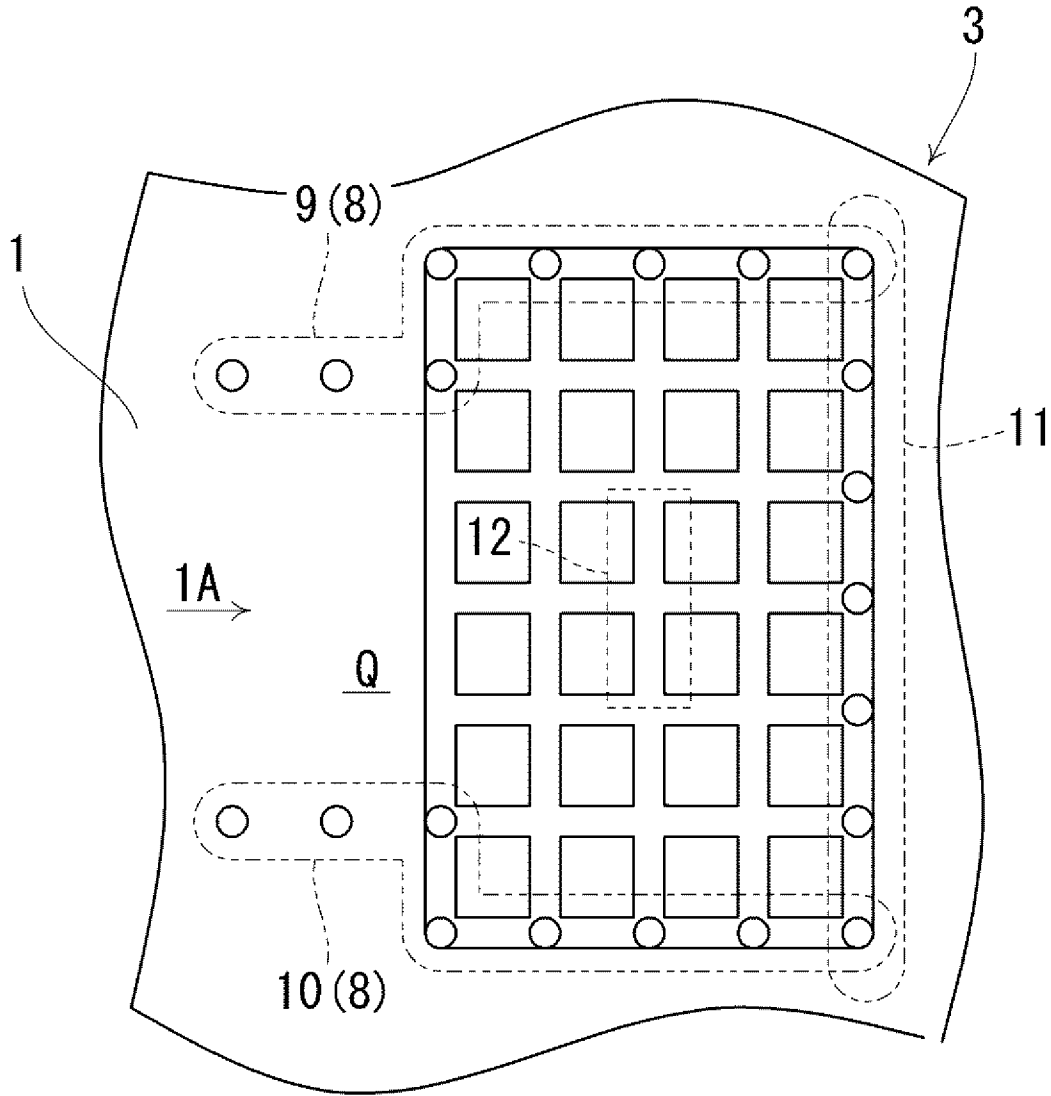
[図7]



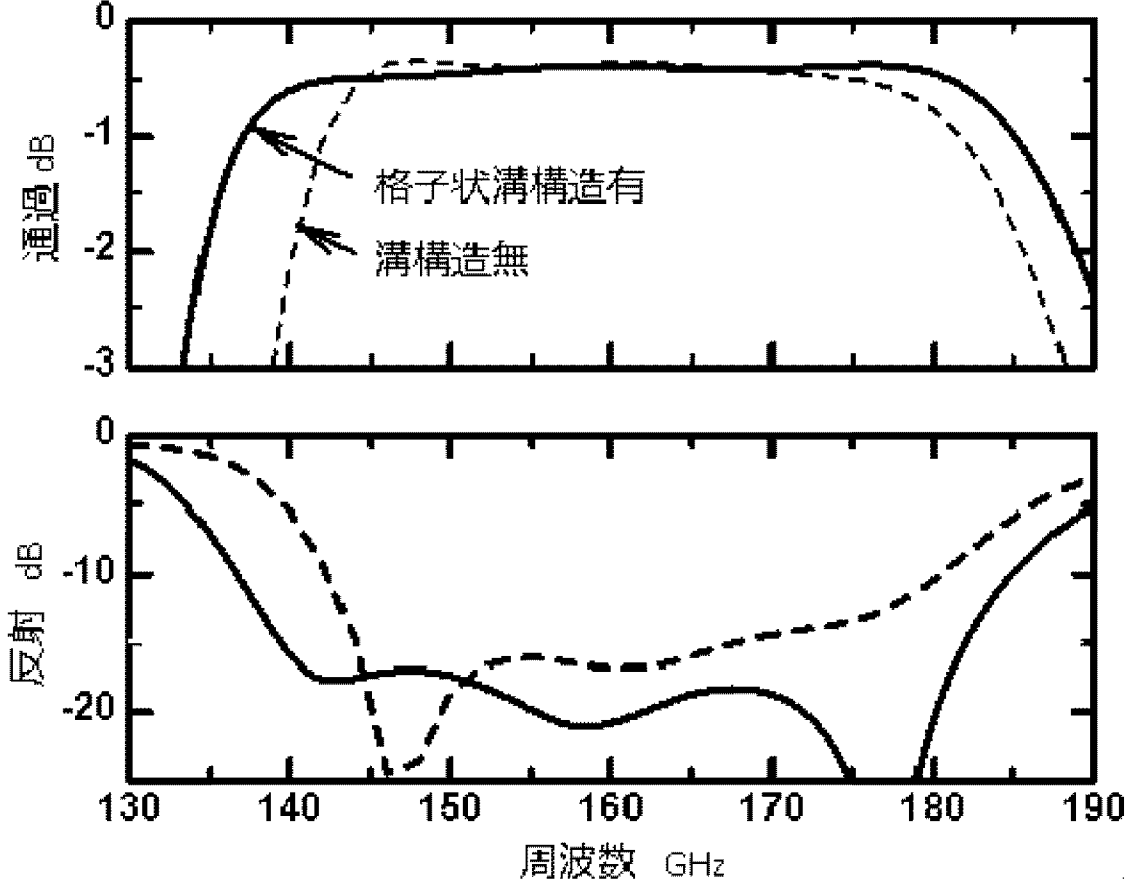
[図8]



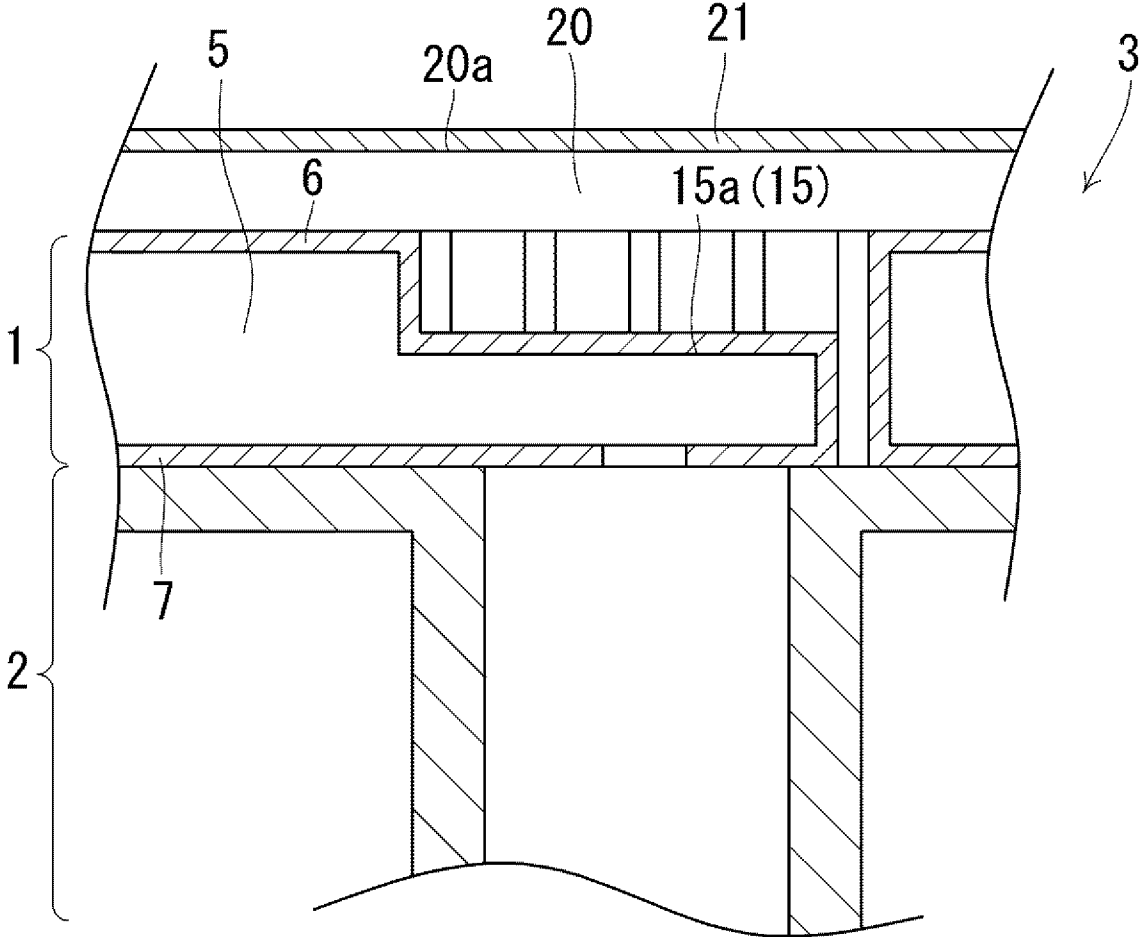
[図9]



[圖10]



[圖11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/018499

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. H01P5/08 (2006.01) i, H01P3/00 (2006.01) i, H01P3/08 (2006.01) i,
 H01P3/12 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl. H01P5/08, H01P3/00, H01P3/08, H01P3/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2005-12699 A (KYOCERA CORPORATION) 13 January 2005, paragraphs [0020]-[0054], fig. 9, 10 (Family: none)	1-3 8-9 4-7
Y A	JP 10-107518 A (KYOCERA CORPORATION) 24 April 1998, fig. 3, 5 (Family: none)	8-9 4-7
A	JP 2001-185916 A (KYOCERA CORPORATION) 06 July 2001 (Family: none)	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28.05.2019	Date of mailing of the international search report 11.06.2019
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01P5/08(2006.01)i, H01P3/00(2006.01)i, H01P3/08(2006.01)i, H01P3/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01P5/08, H01P3/00, H01P3/08, H01P3/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2005-12699 A（京セラ株式会社）2005.01.13, 段落 0020-0054, 図 9-10（ファミリーなし）	1-3 8-9 4-7
Y A	JP 10-107518 A（京セラ株式会社）1998.04.24, 図 3,5（ファミリー なし）	8-9 4-7
A	JP 2001-185916 A（京セラ株式会社）2001.07.06,（ファミリーなし）	1-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.05.2019

国際調査報告の発送日

11.06.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岩井 一央

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

5K

5290