

(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
2020年6月18日(18.06.2020)



(10) 国際公開番号

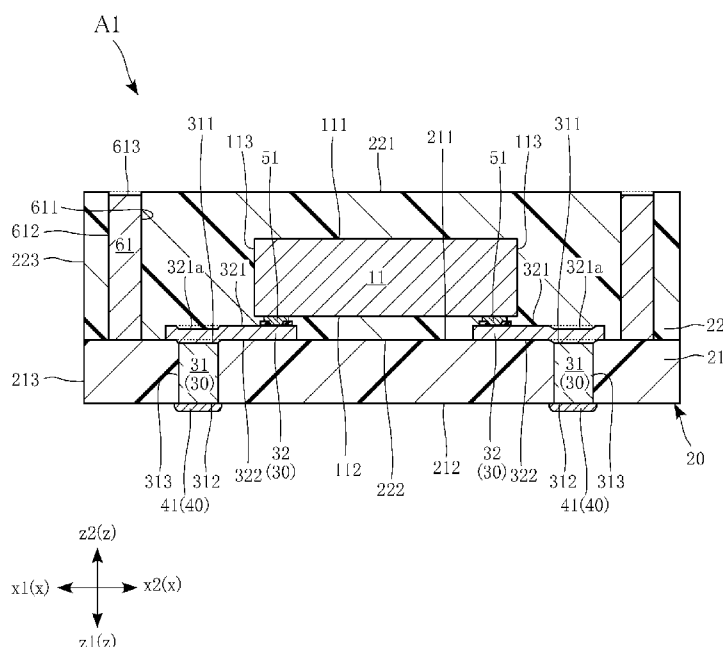
WO 2020/121827 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 23/14 (2006.01) *H03B 7/08* (2006.01)
H01L 23/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/046571
- (22) 国際出願日: 2019年11月28日(28.11.2019)
- (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 2018-232463 2018年12月12日(12.12.2018) JP
- (71) 出願人: ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 鶴田 一 魁 (TSURUDA Kazuisao);
〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地 ローム株式会社内 Kyoto (JP). ▲
柳▼田 秀彰(YANAGIDA Hideaki); 〒6158585
京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地
ローム株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 吉田 稔, 外 (YOSHIDA Minoru et al.);
〒5430014 大阪府大阪市天王寺区玉造元町
2番32-1301 Osaka (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,

(54) Title: TERAHERTZ DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING TERAHERTZ DEVICE

(54) 発明の名称: テラヘルツ装置およびテラヘルツ装置の製造方法

FIG.4



(57) Abstract: This terahertz device A1 comprises a first resin layer 21, a columnar electroconductive body 31, a wiring layer 32, a terahertz element 11, a second resin layer 22, and an external electrode 40. The first resin layer 21 has a first resin layer main surface 211 and a first resin layer reverse surface 212. The columnar electroconductive body 31 has a first electroconductive body main surface 311 and a first electroconductive body reverse surface 312, the columnar electroconductive body 31 passing through the first resin layer 21 in a z direction. The wiring layer 32 straddles the first

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,
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)）

resin layer main surface 221 and the first electroconductive body main surface 311. The terahertz element 11 has an element main surface 111 and an element reverse surface 112, the terahertz element 11 performing conversion between terahertz waves and electrical energy. The second resin layer 22 has a second resin layer main surface 221 and a second resin layer reverse surface 222, the second resin layer 22 covering the wiring layer 32 and the terahertz element 11. The external electrode 40 is disposed farther in the direction in which the first resin layer reverse surface 222 faces than the first resin layer 32, the external electrode 40 forming an electrical connection with the columnar electroconductive body 31. The terahertz element 11 is conductively joined to the wiring layer 32.

(57) 要約：テラヘルツ装置 A 1 は、第 1 樹脂層 2 1 と、柱状導電体 3 1 と、配線層 3 2 と、テラヘルツ素子 1 1 と、第 2 樹脂層 2 2 と、外部電極 4 0 とを備える。第 1 樹脂層 2 1 は、第 1 樹脂層主面 2 1 1 および第 1 樹脂層裏面 2 1 2 を有する。柱状導電体 3 1 は、第 1 導電体主面 3 1 1 および第 1 導電体裏面 3 1 2 を有し、第 1 樹脂層 2 1 を z 方向に貫通する。配線層 3 2 は、第 1 樹脂層主面 2 2 1 と第 1 導電体主面 3 1 1 とに跨る。テラヘルツ素子 1 1 は、素子主面 1 1 1 および素子裏面 1 1 2 を有し、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行う。第 2 樹脂層 2 2 は、第 2 樹脂層主面 2 2 1 および第 2 樹脂層裏面 2 2 2 を有し、配線層 3 2 およびテラヘルツ素子 1 1 を覆う。外部電極 4 0 は、第 1 樹脂層 3 2 よりも第 1 樹脂層裏面 2 2 2 が向く方向側に配置され、柱状導電体 3 1 に導通する。テラヘルツ素子 1 1 は、配線層 3 2 に導通接合されている。

明 細 書

発明の名称： テラヘルツ装置およびテラヘルツ装置の製造方法 技術分野

[0001] 本開示は、テラヘルツ装置および当該テラヘルツ装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、トランジスタなどの電子デバイスの微細化が進み、電子デバイスの大きさがナノサイズになってきたため、量子効果と呼ばれる現象が観測されるようになってきている。そして、この量子効果を利用した超高速デバイスや新機能デバイスの実現を目指した開発が進められている。そのような環境の中で、特に、周波数が0.1～10THzであるテラヘルツ帯と呼ばれる周波数領域を利用して大容量通信や情報処理、あるいはイメージングや計測などを行う試みが行われている。この周波数領域は、光と電波との両方の特性を兼ね備えており、この周波数帯で動作するデバイスが実現されれば、先述のイメージング、大容量通信・情報処理のほか、物性、天文、生物などのさまざまな分野における計測など、多くの用途に利用されうる。

[0003] テラヘルツ帯の周波数の高周波電磁波を発振する素子としては、共鳴トンネルダイオード（RTD：Resonant Tunneling Diode）と微細スロットアンテナを集積する構造のものが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-80448号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示は、テラヘルツ素子をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造のテラヘルツ装置を提供すること、および、当該テラヘルツ装置の製造方法を提供することをその主たる課題とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の第1の側面によって提供されるテラヘルツ装置は、第1方向において離間する第1樹脂層主面および第1樹脂層裏面を有する第1樹脂層と、前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く第1導電体主面および前記第1樹脂層裏面と同じ方向を向く第1導電体裏面を有し、前記第1樹脂層を前記第1方向に貫通する第1導電体と、前記第1樹脂層主面と前記第1導電体主面とに跨る第1配線層と、前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く素子主面および前記第1樹脂層裏面と同じ方向を向く素子裏面を有し、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行うテラヘルツ素子と、前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く第2樹脂層主面および前記第1樹脂層主面に接する第2樹脂層裏面を有し、前記第1配線層および前記テラヘルツ素子を覆う第2樹脂層と、前記第1樹脂層よりも前記第1樹脂層裏面が向く方向側に配置され、前記第1導電体に導通する外部電極と、を備えており、前記テラヘルツ素子は、前記第1配線層に導通接合されていることを特徴とする。

[0007] 本開示の第2の側面によって提供されるテラヘルツ装置の製造方法は、第1方向において離間する基板主面および基板裏面を有する支持基板を用意する支持基板用意工程と、前記基板主面の上に、第1導電体を形成する第1導電体形成工程と、前記第1導電体を覆う第1樹脂層を形成する第1樹脂層形成工程と、前記基板主面が向く側から前記基板裏面が向く側に前記第1樹脂層を研削し、前記第1導電体の一部を前記第1樹脂層から露出させることで、各々が前記第1方向において前記基板主面と同じ側を向く第1導電体主面および第1樹脂層主面を形成する第1樹脂層研削工程と、前記第1樹脂層主面と前記第1導電体主面とに跨る第1配線層を形成する第1配線層形成工程と、前記第1配線層の上に、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行うテラヘルツ素子を導通接合するテラヘルツ素子搭載工程と、前記第1配線層および前記テラヘルツ素子を覆う第2樹脂層を形成する第2樹脂層形成工程と、前記支持基板を除去することで、前記第1方向において前記第1樹脂層主面と反対側を向く第1樹脂層裏面を露出させる支持基板除去工程と、前記

第1樹脂層よりも前記第1樹脂層裏面が向く方向側に配置され、前記第1導電体に導通する外部電極を形成する外部電極形成工程とを有することを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本開示のテラヘルツ装置によれば、テラヘルツ素子をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。また、本開示のテラヘルツ装置の製造方法によれば、テラヘルツ素子をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造のテラヘルツ装置を製造することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す斜視図である。
[図2]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。
[図3]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す底面図である。
[図4]図2のI-V-I'V線に沿う断面図である。
[図5]図4の一部を拡大した部分拡大断面図である。
[図6]テラヘルツ素子の平面パターン模式図の一例である。
[図7]テラヘルツ素子の断面模式図の一例である。
[図8]図7の一部を拡大した部分拡大図である。
[図9]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。
[図10]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。
[図11]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。
[図12]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。
[図13]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。
[図14]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面

図である。

[図15]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図16]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図17]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図18]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図19]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図20]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図21]第1実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図22]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図23]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図24]図22のXX－V－XX－V線に沿う断面図である。

[図25]図24の一部を拡大した部分拡大断面図である。

[図26]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図27]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図28]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図29]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図30]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面

図である。

[図31]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図32]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図33]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図34]第2実施形態にかかるテラヘルツ装置の回路構成の一例を示す回路図である。

[図35]第2実施形態の変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図である。

[図36]第2実施形態の変形例にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図37]図36のXXXVⅠⅠ－XXXVⅠⅠ線に沿う断面図である。

[図38]第2実施形態の変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図である。

[図39]図38のXXXⅠX－XXXⅠX線に沿う断面図である。

[図40]第3実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す斜視図である。

[図41]第3実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図42]図41のXLⅠⅠ－XLⅠⅠ線に沿う断面図である。

[図43]第3実施形態の第1変形例にかかるテラヘルツ装置を示す斜視図である。

[図44]第3実施形態の第1変形例にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図45]第3実施形態の第2変形例にかかるテラヘルツ装置を示す斜視図である。

[図46]第3実施形態の第2変形例にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図47]第3実施形態の第3変形例にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図48]第3実施形態の第4変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図であ

る。

[図49]第3実施形態の第5変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図である。

[図50]第4実施形態にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図51]図50のL1-L1線に沿う断面図である。

[図52]第4実施形態の第1変形例にかかるテラヘルツ装置を示す平面図である。

[図53]図52のL1-L1線に沿う断面図である。

[図54]第4実施形態の第2変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図である。

[図55]第4実施形態の第3変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図である。

[図56]第4実施形態の第4変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図である。

[図57]変形例にかかる外部電極を示す断面図である。

[図58]変形例にかかる接合部を示す断面図である。

[図59]変形例にかかる外部電極を示す断面図である。

[図60]変形例にかかる外部電極を示す断面図である。

[図61]変形例にかかる棒状導電体を示す平面図である。

[図62]変形例にかかる棒状導電体を示す平面図である。

[図63]変形例にかかる棒状導電体を示す平面図である。

[図64]変形例にかかる棒状導電体を示す平面図である。

[図65]変形例にかかる棒状導電体を示す平面図である。

[図66]変形例にかかる棒状導電体を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 本開示のテラヘルツ装置およびテラヘルツ装置の製造方法の好ましい実施の形態について、図面を参照して、以下に説明する。

[0011] 本開示における「第1」、「第2」、「第3」等の用語は、単にラベルと

して用いたものであり、必ずしもそれらの対象物に順列を付することを意図していない。

[0012] 本開示において、「ある物Aがある物Bに形成されている」および「ある物Aがある物B上に形成されている」とは、特段の断りのない限り、「ある物Aがある物Bに直接形成されていること」、および、「ある物Aとある物Bとの間に他の物を介在させつつ、ある物Aがある物Bに形成されていること」を含む。同様に、「ある物Aがある物Bに配置されている」および「ある物Aがある物B上に配置されている」とは、特段の断りのない限り、「ある物Aがある物Bに直接配置されていること」、および、「ある物Aとある物Bとの間に他の物を介在させつつ、ある物Aがある物Bに配置されていること」を含む。同様に、「ある物Aがある物B上に位置している」とは、特段の断りのない限り、「ある物Aがある物Bに接して、ある物Aがある物B上に位置していること」、および、「ある物Aとある物Bとの間に他の物が介在しつつ、ある物Aがある物B上に位置していること」を含む。同様に、「ある物Aがある物Bに積層されている」および「ある物Aがある物B上に積層されている」とは、特段の断りのない限り、「ある物Aがある物Bに直接積層されていること」、および、「ある物Aとある物Bとの間に他の物を介在させつつ、ある物Aがある物Bに積層されていること」を含む。また、「ある物Aがある物Bにある方向に見て重なる」とは、特段の断りのない限り、「ある物Aがある物Bのすべてに重なること」、および、「ある物Aがある物Bの一部に重なること」を含む。

[0013] <第1実施形態>

図1～図5は、第1実施形態にかかるテラヘルツ装置を示している。第1実施形態のテラヘルツ装置A1は、テラヘルツ素子11、封止樹脂20、内部電極30、複数の外部電極40、複数の接合部51および棒状導電体61を備えている。封止樹脂20は、第1樹脂層21および第2樹脂層22を含み、内部電極30は、複数の柱状導電体31および複数の配線層32を含む。

[0014] 図1は、テラヘルツ装置A1を示す斜視図であって、底面側から見たときの状態を示している。図2は、テラヘルツ装置A1を示す平面図であって、封止樹脂20の第2樹脂層22を想像線（二点鎖線）で示している。図3は、テラヘルツ装置A1を示す底面図である。図4は、図2のⅠV-ⅠV線に沿う断面図である。図5は、図4の一部を拡大した部分拡大断面図である。

[0015] 説明の便宜上、互いに直交する3つの方向を、x方向、y方向、z方向と定義する。z方向は、テラヘルツ装置A1の厚さ方向である。x方向は、テラヘルツ装置A1の平面図（図2参照）における左右方向である。y方向は、テラヘルツ装置A1の平面図（図2参照）における上下方向である。なお、必要に応じて、x方向の一方をx1方向、x方向の他方をx2方向とする。同様に、y方向の一方をy1方向、y方向の他方をy2方向とし、z方向の一方をz1方向、z方向の他方をz2方向とする。また、z1方向を下、z2方向を上という場合もある。z方向が、特許請求の範囲に記載の「第1方向」に相当する。

[0016] テラヘルツ素子11は、テラヘルツ帯の電磁波と電気エネルギーとの変換を行う素子である。本開示において、電磁波とは、光および電波のいずれか一方あるいは両方を含む。テラヘルツ素子11は、入力される電気エネルギーをテラヘルツ帯の電磁波に変換する。つまり、テラヘルツ素子11は、テラヘルツ波を発振する。テラヘルツ素子11は、テラヘルツ波を受信し、電気エネルギーに変換するものであってもよい。あるいは、テラヘルツ素子11は、テラヘルツ波の発振および受信の両方を行うものであってもよい。テラヘルツ装置A1の機能中枢となる素子である。

[0017] テラヘルツ素子11は、z方向に見て（以下、「平面視」ともいう）、たとえば矩形状である。テラヘルツ素子11の平面視形状は、矩形状に限定されず、円形状、楕円形状あるいは多角形状であってもよい。テラヘルツ素子11は、フリップチップ実装されうる形式のものである。テラヘルツ素子11のz方向の寸法は、発振するテラヘルツ波の周波数によって適宜設定される。具体的には、テラヘルツ素子11のz方向寸法は、たとえばテラヘルツ

波の波長 λ の $1/2$ 倍（すなわち、 $\lambda/2$ ）の整数倍である。テラヘルツ素子11から発せられるテラヘルツ波は、素子基板12（後述）と他の構成部材との界面において自由端反射する。よって、テラヘルツ素子11の z 方向寸法を上記のように設計することで、位相を揃えた定在波をテラヘルツ素子11の内部で励起させることができる。テラヘルツ素子11の z 方向の寸法は、先述のものに限定されないが、テラヘルツ波の周波数が高いほど、 z 方向寸法は小さく、テラヘルツ波の周波数が低いほど、 z 方向寸法は大きい。

[0018] テラヘルツ素子11は、素子主面111、素子裏面112および複数の素子側面113を有している。素子主面111および素子裏面112は、 z 方向において、離間し、かつ、互いに反対側を向く。素子主面111は、 $z2$ 方向を向き、素子裏面112は、 $z1$ 方向を向く。素子裏面112から、テラヘルツ素子11の電極（後述する第1導電層14および第2導電層15の一部ずつ）が露出している。複数の素子側面113はそれぞれ、 z 方向において、素子主面111および素子裏面112に挟まれ、かつ、これらに繋がる。各素子側面113は、 $z2$ 方向の端縁が素子主面111に繋がり、 $z1$ 方向の端縁が素子裏面112に繋がる。テラヘルツ素子11は、 x 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の素子側面113と、 y 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の素子側面113との、4つの素子側面113を有している。テラヘルツ素子11は、素子裏面112が能動面であって、当該能動面側において、テラヘルツ波の発振（あるいは受信、またはその両方）を行う。

[0019] テラヘルツ素子11のテラヘルツ波の発振点は、たとえば、平面視におけるテラヘルツ素子11の中心位置P1（図1参照）である。このとき、各素子側面113と発振点（中心位置P1）との垂直距離 Xa は、 $Xa = (\lambda'_{InP}/2) + ((\lambda'_{InP}/2) \times N)$ である（ N は0以上の整数： $N=0, 1, 2, 3, \dots$ ）。この演算式において、 λ'_{InP} は、テラヘルツ素子11の内部を伝達するテラヘルツ波の実効的な波長である。 λ'_{InP} は、テラヘルツ素子11（後述する素子基板12）の屈折率を $n1$ 、 c を光速、 f_0 をテラヘルツ波

の中心周波数としたとき、 $\lambda'_{\text{InP}} = (1/n_1) \times (c/f_0)$ で与えられる。垂直距離 Xa を上記のように設定することで、テラヘルツ素子11から発振されたテラヘルツ波は、各素子側面113で自由端反射する。よって、テラヘルツ素子11自体が、テラヘルツ装置A1における共振器（1次共振器）として設計されている。各素子側面113において、テラヘルツ波の発振点までの垂直距離 Xa は、各々が上記計算式によって算出される値であれば、素子側面113毎に異なる値であってもよい。よって、テラヘルツ波の発振点は、平面視における中心位置P1に限定されない。

[0020] 図6～図8は、テラヘルツ素子11の詳細な構成の一例を示している。図6は、テラヘルツ素子11の平面パターンの模式図の一例である。図7は、テラヘルツ素子11の断面の模式図の一例である。図8は、図7の一部を拡大した部分拡大図である。なお、テラヘルツ素子11の構成は、一例であって、図6～図8に示すものに限定されない。テラヘルツ素子11は、素子基板12、能動素子13、第1導電層14および第2導電層15を備えている。

[0021] 素子基板12は、半導体からなる。素子基板12を構成する半導体は、たとえば、InP（リン化インジウム）であるが、InP以外の半導体であってもよい。素子基板12がInPである場合、その屈折率（絶対屈折率）は、約3.4である。

[0022] 能動素子13は、テラヘルツ帯の電磁波と電気エネルギーとの変換を行う。能動素子13は、典型的にはRTDである。能動素子13は、RTD以外のダイオードや、トランジスタによって構成されていてもよい。能動素子13としては、たとえば、タンネット（TUNNETT: Tunnel Transit Time）ダイオード、インパット（IMPATT: Impact Ionization Avalanche Transit Time）ダイオード、GaAs系電界効果トランジスタ（FET: Field Effect Transistor）、GaN系FET、高電子移動度トランジスタ（HEMT: High Electron Mobility Transistor）、あるいは、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ（HBT: Heterojunction Bipolar Transistor）により構

成されうる。能動素子13は、素子基板12に形成されている。能動素子13は、第1導電層14および第2導電層15に導通している。

[0023] 能動素子13を実現するための一例を、図8を用いて説明する。同図に示すように、半導体層131aは、素子基板12上に配置され、たとえばGaInAsからなる。GaInAs層132aは、半導体層131a上に配置され、n型不純物がドーピングされている。GaInAs層133aは、GaInAs層132a上に配置され、不純物がドーピングされていない。AlAs層134aがGaInAs層133a上に配置され、InGaAs層135がAlAs層134a上に配置され、AlAs層134bがInGaAs層135上に配置されている。AlAs層134aとInGaAs層135とAlAs層134bとはRTD部を構成する。GaInAs層133bは、AlAs層134b上に配置され、不純物がドーピングされていない。GaInAs層132bは、GaInAs層133b上に配置され、n型不純物がドーピングされている。GaInAs層131bがGaInAs層132b上に配置され、n型不純物が高濃度にドーピングされている。そして、第1導電層14がGaInAs層131b上に配置されている。

[0024] 図示は省略するが、図8とは異なり、n型不純物を高濃度にドーピングされたGaInAs層が、GaInAs層131bと第1導電層14との間に介在していてもよい。これにより、第1導電層14とGaInAs層131bとのコンタクトが良好になりうる。なお、能動素子13の構成は、テラヘルツ波を発振（あるいは受信およびその両方）可能なものであればよい。

[0025] 第1導電層14および第2導電層15はそれぞれ、素子基板12上に形成されている。第1導電層14および第2導電層15は互いに絶縁されている。第1導電層14および第2導電層15はそれぞれ、たとえばAu（金）、Pd（パラジウム）およびTi（チタン）が積層された構造である。あるいは、第1導電層14および第2導電層15はそれぞれ、AuおよびTiが積層された構造である。第1導電層14および第2導電層15はいずれも、真空蒸着法あるいはスパッタリング法などによって形成されうる。第1導電層

14 および第2導電層15はそれぞれ、素子裏面112から露出している。テラヘルツ素子11は、第1導電層14および第2導電層15の各一部によって、素子裏面112側においてアンテナが集積化されている。本実施形態においては、図6に示すように、第1導電層14および第2導電層15の各一部が、ダイポールアンテナを構成する。なお、ダイポールアンテナに限定されず、スロットアンテナ、ボータイアンテナあるいはリングアンテナなどの他のアンテナであってもよい。

[0026] なお、テラヘルツ素子11の構成は、上記したもの限定されない。たとえば、素子基板12の能動素子13が配置された側の面と反対側の面に、裏面反射体金属層を配置してもよい。この場合、能動素子13から放射された電磁波（テラヘルツ波）は、当該裏面反射体金属層に反射されて、素子基板12に対して垂直方向（ z 方向）の面発光放射パターンとなる。なお、裏面反射体金属層を配置する場合は、素子基板12と裏面反射体金属層との界面において、テラヘルツ波が固定端反射するので、位相が π ずれる。この場合、テラヘルツ素子11の z 方向寸法を、 $(\lambda/4) + (\lambda/2 \text{の整数倍})$ に設計するとよい。 λ は、テラヘルツ波の波長である。

[0027] 封止樹脂20は、電気絶縁性を有する樹脂材料からなる。この樹脂材料は、たとえば黒色のエポキシ樹脂である。封止樹脂20の構成材料は、これに限定されない。封止樹脂20の屈折率（絶対屈折率）は、たとえば1.55程度である。当該屈折率は、封止樹脂20の構成材料に応じた値である。封止樹脂20は、図3に示すように、テラヘルツ素子11、内部電極30および複数の接合部51を覆っている。封止樹脂20は、図2に示すように、たとえば平面視矩形状であるが、これに限定されない。封止樹脂20は、第1樹脂層21および第2樹脂層22を含んでいる。

[0028] 第1樹脂層21は、各柱状導電体31の一部（後述の柱状導電体側面313）を覆っている。第1樹脂層21は、テラヘルツ素子11を支持する支持部材である。第1樹脂層21は、複数の配線層32を介して、テラヘルツ素子11を支持している。第1樹脂層21は、第1樹脂層主面211、第1樹

脂層裏面 2 1 2 および複数の第 1 樹脂層側面 2 1 3 を有している。

[0029] 第 1 樹脂層主面 2 1 1 と第 1 樹脂層裏面 2 1 2 は、 z 方向において、離間し、かつ、互いに反対側を向く。第 1 樹脂層主面 2 1 1 は、 z 2 方向を向き、第 1 樹脂層裏面 2 1 2 は、 z 1 方向を向く。第 1 樹脂層主面 2 1 1 には、後述する第 1 樹脂層研削工程によって形成された研削痕が形成されている。第 1 樹脂層裏面 2 1 2 から各柱状導電体 3 1 の一部が露出している。複数の第 1 樹脂層側面 2 1 3 の各々は、第 1 樹脂層主面 2 1 1 および第 1 樹脂層裏面 2 1 2 の両方に繋がっている。各第 1 樹脂層側面 2 1 3 は、第 1 樹脂層主面 2 1 1 および第 1 樹脂層裏面 2 1 2 にそれぞれ直交する。第 1 樹脂層 2 1 は、 x 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の第 1 樹脂層側面 2 1 3、および、 y 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の第 1 樹脂層側面 2 1 3 を有している。

[0030] 第 2 樹脂層 2 2 は、テラヘルツ素子 1 1、複数の配線層 3 2、および、棒状導電体 6 1 の一部を覆っている。第 2 樹脂層 2 2 は、テラヘルツ素子 1 1 を保護する保護部材である。第 2 樹脂層 2 2 は、第 2 樹脂層主面 2 2 1、第 2 樹脂層裏面 2 2 2 および複数の第 2 樹脂層側面 2 2 3 を有している。

[0031] 第 2 樹脂層主面 2 2 1 と第 2 樹脂層裏面 2 2 2 は、 z 方向において、離間し、かつ、互いに反対側を向く。第 2 樹脂層主面 2 2 1 は、 z 2 方向を向き、第 2 樹脂層裏面 2 2 2 は、 z 1 方向を向く。第 2 樹脂層主面 2 2 1 には、研削痕が形成されている。この研削痕は、後述する第 2 樹脂層研削工程によって形成される。第 2 樹脂層主面 2 2 1 からは、棒状導電体 6 1 の一部が露出している。複数の第 2 樹脂層側面 2 2 3 の各々は、第 2 樹脂層主面 2 2 1 および第 2 樹脂層裏面 2 2 2 の両方に繋がっている。各第 2 樹脂層側面 2 2 3 は、第 2 樹脂層主面 2 2 1 および第 2 樹脂層裏面 2 2 2 にそれぞれ直交する。第 2 樹脂層 2 2 は、 x 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の第 2 樹脂層側面 2 2 3、および、 y 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の第 2 樹脂層側面 2 2 3 を有している。

[0032] 第 1 樹脂層 2 1 と第 2 樹脂層 2 2 とは z 方向に積層されており、第 1 樹脂

層主面 2 1 1 と第 2 樹脂層裏面 2 2 2 とが接している。また、各第 1 樹脂層側面 2 1 3 と各第 2 樹脂層側面 2 2 3 とは面一である。

[0033] 内部電極 3 0 は、封止樹脂 2 0 の内部において、テラヘルツ素子 1 1 と複数の外部電極 4 0 との導通経路をなす。内部電極 3 0 は、複数の柱状導電体 3 1 および複数の配線層 3 2 を含んでいる。

[0034] 複数の柱状導電体 3 1 の各々は、z 方向において、各配線層 3 2 と各外部電極 4 0 との間に介在し、これらを導通させる。各柱状導電体 3 1 は、第 1 樹脂層 2 1 を z 方向に貫通している。各柱状導電体 3 1 は、z 方向に直交する断面がたとえば略矩形である。当該断面は、矩形に限定されず、円形、楕円形、あるいは、多角形などであってもよい。各柱状導電体 3 1 の構成材料は、たとえば Cu（銅）である。各柱状導電体 3 1 は、たとえば、互いに積層された下地層およびめっき層を含んで構成されていてもよい。下地層は、互いに積層された Ti（チタン）層および Cu 層から構成され、その厚みは 200～800 nm 程度である。めっき層は、たとえば Cu を含んでおり、下地層よりも厚い。複数の柱状導電体 3 1 は、たとえば電解めっきにより形成されうる。各柱状導電体 3 1 の構成材料および形成方法は、これに限定されない。複数の柱状導電体 3 1 は、互いに離間して配置されている。各柱状導電体 3 1 は、柱状導電体主面 3 1 1、柱状導電体裏面 3 1 2 および柱状導電体側面 3 1 3 を有している。

[0035] 柱状導電体主面 3 1 1 および柱状導電体裏面 3 1 2 は、z 方向において、離間し、かつ、互いに反対側を向く。柱状導電体主面 3 1 1 は、第 1 樹脂層主面 2 1 1 から露出している。柱状導電体主面 3 1 1 は、第 1 樹脂層主面 2 1 1 から窪んでいる。この窪みの深さ（z 方向寸法）は、たとえば 1 μm 程度である。なお、柱状導電体主面 3 1 1 と第 1 樹脂層主面 2 1 1 とが面一であってもよい。柱状導電体裏面 3 1 2 は、第 1 樹脂層裏面 2 1 2 から露出している。柱状導電体裏面 3 1 2 は、第 1 樹脂層裏面 2 1 2 と面一である。柱状導電体主面 3 1 1 は、配線層 3 2 に接している。これにより、柱状導電体 3 1 と配線層 3 2 とが導通する。柱状導電体裏面 3 1 2 は、外部電極 4 0 に

接している。これにより、柱状導電体 3 1 と外部電極 4 0 とが導通する。柱状導電体側面 3 1 3 は、柱状導電体主面 3 1 1 および柱状導電体裏面 3 1 2 の両方に繋がっている。柱状導電体側面 3 1 3 は、柱状導電体主面 3 1 1 および柱状導電体裏面 3 1 2 にそれぞれ直交する。柱状導電体側面 3 1 3 は、第 1 樹脂層 2 1 に接している。柱状導電体側面 3 1 3 は、x 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の面、および、y 方向において離間しかつ互いに反対側を向く一対の面を有している。

[0036] 複数の配線層 3 2 の各々は、各柱状導電体主面 3 1 1 と第 1 樹脂層主面 2 1 1 とに跨って形成されている。各配線層 3 2 は、各柱状導電体 3 1 の柱状導電体主面 3 1 1 の全面と第 1 樹脂層主面 2 1 1 の一部とを覆っている。複数の配線層 3 2 は、互いに離間して配置されている。各配線層 3 2 は、互いに積層された下地層およびめっき層を含んで構成される。下地層は、互いに積層された T i 層および C u 層から構成され、その厚みは 2 0 0 ~ 8 0 0 n m 程度である。めっき層は、たとえば C u を含んでおり、下地層よりも厚い。複数の配線層 3 2 は、たとえば電解めっきにより形成される。各配線層 3 2 の構成材料および形成方法は、先述のものに限定されない。また、各配線層 3 2 の形成範囲は、図 2 に示す例に限定されない。

[0037] 各配線層 3 2 は、配線層主面 3 2 1 および配線層裏面 3 2 2 を有している。配線層主面 3 2 1 および配線層裏面 3 2 2 は、z 方向において、離間し、かつ、互いに反対側を向く。配線層主面 3 2 1 は、z 2 方向を向き、配線層裏面 3 2 2 は、z 1 方向を向く。配線層主面 3 2 1 は、第 2 樹脂層 2 2 に接している。配線層裏面 3 2 2 は、第 1 樹脂層 2 1 に接している。各配線層 3 2 において、x 方向を向く端面および y 方向を向く端面はそれぞれ、第 2 樹脂層 2 2 に覆われている。

[0038] 各配線層 3 2 は、各配線層主面 3 2 1 から z 方向に窪んだ凹部 3 2 1 a を含んでいる。凹部 3 2 1 a は、平面視において、柱状導電体 3 1 に重なる。なお、柱状導電体主面 3 1 1 と第 1 樹脂層主面 2 1 1 とが面一である場合には、凹部 3 2 1 a は形成されていない。

[0039] 複数の外部電極40は、テラヘルツ装置A1において、外部に露出した導電体である。複数の外部電極40の各々は、複数の内部電極30の各々にそれぞれ1つずつ導通している。各外部電極40は、テラヘルツ装置A1を電子機器などの回路基板に実装する際の端子となる。複数の外部電極40は、無電解めっきにより形成されている。各外部電極40は、互いに積層されたNi層、Pd層およびAu層を含んで構成される。各外部電極40のz方向寸法は、特に限定されないが、たとえば3〜10 μ m程度である。外部電極40のz方向寸法、構成材料および形成方法は、先述のものに限定されない。たとえば、各外部電極40は、Ni層およびAu層が積層されて構成されていてもよいし、Sn（スズ）であってもよい。

[0040] 各外部電極40は、封止樹脂20から露出している。各外部電極40は、第1樹脂層21よりもz1方向側に配置されている。各外部電極40は、テラヘルツ装置A1の底面側に配置されている。各外部電極40は、各柱状導電体31に導通している。複数の外部電極40は、複数の柱状導電体被覆部41を含んでいる。

[0041] 各柱状導電体被覆部41は、各柱状導電体裏面312を覆っている。各柱状導電体被覆部41は、各柱状導電体裏面312に接する。テラヘルツ素子11は、各接合部51、各配線層32および各柱状導電体31を介して、各柱状導電体被覆部41に導通している。複数の柱状導電体被覆部41の各々は、テラヘルツ装置A1の端子である。

[0042] 複数の接合部51の各々は、導電性を有する接合材から構成される。各接合部51は、テラヘルツ素子11（詳細には、先述の電極であって、第1導電層14および第2導電層15の一部ずつ）と各配線層32との間に介在する。テラヘルツ素子11は、複数の接合部51により複数の配線層32に固着され、各配線層32に搭載された構成となっている。複数の接合部51により、テラヘルツ素子11と複数の配線層32との導通が確保される。各接合部51は、図4に示すように、絶縁層511および接合層512を含んでいる。

- [0043] 各絶縁層 5 1 1 は、図 4 に示すように、各配線層 3 2 の上にそれぞれに形成されている。各絶縁層 5 1 1 は、平面視において、中央に開口した枠状である。各絶縁層 5 1 1 は、平面視において、各接合層 5 1 2 を囲んでいる。各絶縁層 5 1 1 は、平面視においてたとえば矩形環状を呈する。各絶縁層 5 1 1 の平面視形状は、矩形環状に限定されず、円環状、楕円環状あるいは多角環状であってもよい。各絶縁層 5 1 1 の構成材料は、たとえばポリイミド樹脂である。
- [0044] 各接合層 5 1 2 は、テラヘルツ素子 1 1 と各配線層 3 2 とを導通接合する。各接合層 5 1 2 は、各配線層 3 2（配線層主面 3 2 1）の上に形成されている。各接合層 5 1 2 は、各絶縁層 5 1 1 の開口した部分の表面を覆っている。各接合層 5 1 2 は、一部が各絶縁層 5 1 1 の開口部分に充填されている。各接合層 5 1 2 は、図 4 に示すように、互いに積層された第 1 層 5 1 2 a、第 2 層 5 1 2 b および第 3 層 5 1 2 c から構成される。
- [0045] 第 1 層 5 1 2 a は、各配線層 3 2（配線層主面 3 2 1）の上に形成され、各配線層主面 3 2 1 に接する。第 1 層 5 1 2 a の構成材料は、たとえば Cu を含む金属である。第 2 層 5 1 2 b は、第 1 層 5 1 2 a の上に形成され、第 1 層 5 1 2 a に接する。第 2 層 5 1 2 b の構成材料は、たとえば Ti を含む金属である。第 3 層 5 1 2 c は、第 2 層 5 1 2 b の上に形成され、第 2 層 5 1 2 b に接する。また、第 3 層 5 1 2 c は、テラヘルツ素子 1 1（先述の電極パッド）に接する。第 3 層 5 1 2 c の構成材料は、たとえば Sn を含む合金である。この合金を例示すると、Sn-Sb 系合金または Sn-Ag 系合金などの鉛フリーはんだである。
- [0046] 枠状導電体 6 1 は、平面視において、テラヘルツ素子 1 1 の周囲に配置されている。枠状導電体 6 1 は、平面視において、テラヘルツ素子 1 1 の外方に配置され、かつ、テラヘルツ素子 1 1 を包囲する。枠状導電体 6 1 は、たとえば平面視形状が矩形環状である。枠状導電体 6 1 の平面視形状は、矩形環状に限定されず、円環状、楕円環状、あるいは、多角環状であってもよい。枠状導電体 6 1 とテラヘルツ素子 1 1 との間には、第 2 樹脂層 2 2 の一部

が介在している。杵状導電体 61 は、第 1 樹脂層 21 の上に形成され、第 1 樹脂層主面 211 から起立している。杵状導電体 61 は、内部電極 30 から離間している。

[0047] 杵状導電体 61 は、たとえば、互いに積層された下地層およびめっき層を含んでいる。下地層は、互いに積層された Ti 層および Cu 層から構成され、その厚みは 200～800 nm 程度である。めっき層は、主な成分が Cu であり、下地層よりも厚い。杵状導電体 61 は、たとえば電解めっきにより形成される。

[0048] 杵状導電体 61 は、内面 611、外面 612 および頂面 613 を有している。内面 611 は、平面視における杵状導電体 61 の内周によって形成される面である。内面 611 は、テラヘルツ素子 11 の各素子側面 113 に対向する。内面 611 は、各素子側面 113 と略平行である。外面 612 は、平面視における杵状導電体 61 の外周によって形成される面である。頂面 613 は、z 2 方向を向く面である。頂面 613 は、第 2 樹脂層 22 から露出している。頂面 613 は、第 2 樹脂層 22 の第 2 樹脂層主面 221 から窪んでいる。この窪みの深さ（z 方向寸法）は、1 μm 程度である。頂面 613 は、第 2 樹脂層主面 221 と面一であってもよい。頂面 613 は、第 2 樹脂層 22 に覆われていてもよい。頂面 613 は、z 方向において、素子主面 111 よりも z 2 方向に位置する。

[0049] 各素子側面 113 とこれに対向する内面 611 との離間距離 Xb は、 $Xb = (\lambda'_{\text{Resin}}/4) + ((\lambda'_{\text{Resin}}/2) \times N)$ である（N は 0 以上の整数：N = 0, 1, 2, 3, …）。この演算式において、 λ'_{Resin} は、封止樹脂 20（第 2 樹脂層 22）を伝達するテラヘルツ波の実効的な波長である。 λ'_{Resin} は、封止樹脂 20（第 2 樹脂層 22）の屈折率を n_2 、c を光速、 f_0 をテラヘルツ波の中心周波数としたとき、 $\lambda'_{\text{Resin}} = (1/n_2) \times (c/f_0)$ で算出される。離間距離 Xb を上記のように設定することで、テラヘルツ素子 11 から発振されたテラヘルツ波は、内面 611 で固定端反射する。よって、杵状導電体 61 において、内面 611 は、テラヘルツ素子 11 から発振され

たテラヘルツ波を反射させる反射面と機能し、特に、テラヘルツ波を共振反射させる。つまり、杵状導電体 61 は、テラヘルツ波を共振させる共振器（二次共振器）として機能する。杵状導電体 61 の z 方向寸法は、特に限定されないが、内面 611 が反射面として機能するように設計されていることが望ましい。各素子側面 113 とこれに対向する内面 611 との各対における各離間距離 Xb は、各々が上記演算式によって算出される値であれば、その対ごとに異なってもよい。

[0050] 次に、第 1 実施形態にかかるテラヘルツ装置 A1 の製造方法の一例について、図 9～図 21 を参照して、説明する。以下に示す製造方法は、複数のテラヘルツ装置 A1 を製造する場合を示す。図 9～図 21 は、テラヘルツ装置 A1 の製造方法にかかる一工程を示す断面図である。

[0051] まず、図 9 に示すように、支持基板 800 を用意する。支持基板 800 は、単結晶の半導体材料からなり、たとえば Si の単結晶材料である。支持基板 800 を用意する工程（支持基板用意工程）では、支持基板 800 として、たとえば Si ウエハを用意する。支持基板 800 の厚さは、たとえば $725 \sim 775 \mu\text{m}$ 程度である。支持基板 800 は、 z 方向において、離間しかつ互いに反対側を向く支持基板主面 801 および支持基板裏面 802 を有する。支持基板主面 801 は、 $z2$ 方向を向き、支持基板裏面 802 は、 $z1$ 方向を向く。用意する支持基板 800 は、Si ウエハに限定されず、たとえば、ガラス基板であってもよい。

[0052] 次いで、図 9 に示すように、支持基板 800 の上に柱状導電体 831 を形成する。柱状導電体 831 は、テラヘルツ装置 A1 の柱状導電体 31 に対応する。柱状導電体 831 を形成する工程（柱状導電体形成工程）においては、まず、支持基板主面 801 に接する下地層を形成する。この下地層の形成は、スパッタリング法による。本工程では、支持基板主面 801 に接する Ti 層を形成した後、Ti 層に接する Cu 層を形成する。よって、下地層は、互いに積層された Ti 層および Cu 層から形成される。Ti 層の厚さはたとえば $10 \sim 30 \text{ nm}$ 程度であり、Cu 層の厚さはたとえば $200 \sim 800 \text{ nm}$

m程度である。下地層の構成材料および厚さは先述のものに限定されない。続いて、下地層に接するめっき層を形成する。めっき層の形成は、フォトリソグラフィによるレジストパターンの形成および電解めっきによる。具体的には、下地層の全面を覆うように、感光性レジストを塗布し、この感光性レジストに対して露光・現像を行う。これにより、パターニングされたレジスト層（以下、「レジストパターン」という）を形成する。感光性レジストは、たとえばスピンコータを用いて塗布されるが、これに限定されない。このとき、レジストパターンから下地層の一部が露出する。続いて、下地層を導電経路として電解めっきを行う。これにより、レジストパターンから露出した下地層にめっき層が析出される。めっき層の構成材料は、たとえばCuである。めっき層を形成した後は、レジストパターンを除去する。以上の工程により、図9に示す柱状導電体831が形成される。本実施形態においては、柱状導電体形成工程が、特許請求の範囲に記載の「第1導電体形成工程」に相当する。

[0053] 次いで、図10に示すように、柱状導電体831を覆う第1樹脂層821を形成する。第1樹脂層821を形成する工程（第1樹脂層形成工程）では、たとえばモールド成型による。第1樹脂層821は、電気絶縁性を有しており、たとえば黒色のエポキシ樹脂を主剤とした合成樹脂である。第1樹脂層形成工程によって、柱状導電体831は、第1樹脂層821で完全に覆われる。よって、第1樹脂層821のz2方向を向く面（第1樹脂層主面821a）は、柱状導電体831のz2方向を向く面よりも、z2方向に位置する。

[0054] 次いで、図11に示すように、第1樹脂層821を研削する。第1樹脂層821を研削する工程（第1樹脂層研削工程）では、たとえば機械研削盤を用いる。第1樹脂層821の研削は、機械研削盤を用いた研削に限定されない。本工程では、第1樹脂層821を、第1樹脂層主面821aからz1方向に、砥石で削る。このとき、柱状導電体831が露出するまで、第1樹脂層821を研削する。第1樹脂層研削工程によって、第1樹脂層主面821

aがz1方向に移動し、柱状導電体831のz2方向を向く面（柱状導電体主面831a）が、第1樹脂層821（第1樹脂層主面821a）から露出する。第1樹脂層主面821aには、砥石で削られた痕である研削痕が形成される。当該研削痕は、第1樹脂層主面821aから柱状導電体主面831aに跨って形成される。本工程では、第1樹脂層821の研削の際、柱状導電体831も少し研削している。なお、柱状導電体831と第1樹脂層821との材質の違いにより、研削後において、柱状導電体主面831aにバリが生じることがある。そのため、バリ除去のために薬液処理を行う。これにより、柱状導電体主面831aが、第1樹脂層主面821aよりもz方向に窪んだ構成となる。

[0055] 次いで、図12～図16に示すように、配線層832、接合部851および柱状導電体861を形成する。配線層832、接合部851および柱状導電体861が、テラヘルツ装置A1の配線層32、接合部51および柱状導電体61にそれぞれ対応する。これらを形成する工程には、次に示す5つの工程がある。

[0056] 1つ目の工程では、図12に示すように、下地層890aを形成する。下地層890aの形成は、たとえばスパッタリング法による。下地層890aを形成する工程では、第1樹脂層主面821aの全面および柱状導電体主面831aの全面を覆うTi層を形成した後、Ti層に接するCu層を形成する。下地層890aは、互いに積層されたTi層およびCu層から形成される。

[0057] 2つ目の工程では、図13に示すように、めっき層890bを形成する。めっき層890bの形成は、たとえば、フォトリソグラフィによるレジストパターンの形成および電解めっきによる。めっき層890bを形成する工程では、下地層890aの全面を覆うように感光性レジストを塗布して、当該感光性レジストに対して露光および現像を行うことによって、レジスト層のパターニングを行う。これにより、レジストパターンが形成され、下地層890aの一部（めっき層890bを形成する部分）が当該レジストパターン

から露出する。続いて、下地層 890 a を導電経路とした電解めっきにより、レジストパターンから露出する下地層 890 a の上にめっき層 890 b を析出させる。本工程では、めっき層 890 b として、たとえば Cu を含む金属層を析出させる。このとき、めっき層 890 b は、下地層 890 a と一体的に形成される。その後、本工程において形成したレジストパターンを除去する。これにより、図 13 に示すめっき層 890 b が形成される。このめっき層 890 b とめっき層 890 b に覆われた下地層 890 a が、後に、配線層 832 となる。配線層 832 は、テラヘルツ装置 A1 の配線層 32 に対応する。

[0058] 3つ目の工程では、図 14 に示すように、接合部 851 を形成する。本工程では、接合部 851 として、絶縁層 851 a および接合層 851 b を形成する。まず、絶縁層 851 a を形成する工程では、めっき層 890 b の全面およびめっき層 890 b から露出する下地層 890 a の全面を覆うように感光性ポリイミドを塗布する。この感光性ポリイミドは、たとえばスピンコータを用いて塗布される。そして、塗布した感光性ポリイミドに対して露光・現像を行うことにより、枠状の絶縁層 851 a を形成する。続いて、接合層 851 b を形成する工程では、まず、この接合層 851 b を形成するためのレジストパターンを形成する。このレジストパターンの形成においては、感光性レジストを塗布し、塗布した感光性レジストに対して露光・現像を行うことにより、レジスト層のパターニングを行う。これにより、レジストパターンが形成され、めっき層 890 b の一部（接合層 851 b を形成する部分）が当該レジストパターンから露出する。この露出した部分は、平面視において、枠状の絶縁層 851 a の内方に位置する。そして、下地層 890 a およびめっき層 890 b を導電経路とした電解めっきにより、レジストパターンから露出するめっき層 890 b の上に、接合層 851 b を析出させる。本工程では、接合層 851 b として、Cu を含む金属層、Ni を含む金属層および Sn を含む合金層を順次積層させる。この Sn を含む合金層は、たとえば Sn-Sb 系合金または Sn-Ag 系合金などの鉛フリーはんだである。

その後、本工程において形成したレジストパターンを除去する。これにより、図14に示す、絶縁層851aおよび接合層851bを含む接合部851が形成される。接合部851は、テラヘルツ装置A1の接合部51に対応する。

[0059] 4つ目の工程では、図15に示すように、めっき層890cを形成する。めっき層890cの形成は、たとえば、フォトリソグラフィによるレジストパターンの形成および電解めっきによる。めっき層890cの形成は、めっき層890bの形成と同様に行われる。具体的には、めっき層890cを形成する工程では、めっき層890cを形成するためのレジストパターンを形成する。これにより、形成されたレジストパターンから、下地層890aの一部（めっき層890cを形成する部分）が露出する。続いて、下地層890aを導電経路とした電解めっきにより、レジストパターンから露出する下地層890aの上にめっき層890cを析出させる。本工程では、めっき層890cとして、たとえばCuを含む金属層を析出させる。めっき層890cは、下地層890aと一体的に形成される。その後、本工程において形成したレジストパターンを除去する。これにより、図15に示すめっき層890cが形成される。めっき層890cとめっき層890cに覆われた下地層890aとが、後に、棒状導電体861となる。棒状導電体861は、テラヘルツ装置A1の棒状導電体61に対応する。

[0060] 5つ目の工程では、図16に示すように、不要な下地層890aを除去する。本工程では、めっき層890bおよびめっき層890cのいずれにも覆われていない下地層890aが不要な下地層890aとして除去される。不要な下地層890aは、たとえば H_2SO_4 （硫酸）および H_2O_2 （過酸化水素）の混合溶液が用いられたウェットエッチングにより除去される。この不要な下地層890aを除去する工程を経ることで、図16に示すように、1つ目の工程で形成された下地層890aが、めっき層890bに覆われた下地層890aと、めっき層890cに覆われた下地層890aとに分割される。これにより、図16に示すように、めっき層890bおよびこれに覆われ

た下地層 890a によって、配線層 832 が形成され、めっき層 890c およびこれに覆われた下地層 890a によって、棒状導電体 861 が形成される。図 17～図 21 においては、めっき層 890b およびこれに覆われた下地層 890a を配線層 832 として一体的に示し、めっき層 890c およびこれに覆われた下地層 890a を棒状導電体 861 として一体的に示す。

[0061] 以上の 5 つの工程を経ることで、図 16 に示すように、配線層 832、接合部 851 および棒状導電体 861 が形成される。本実施形態においては、同一の下地層 890a を利用して、配線層 832 および棒状導電体 861 を形成する場合を示したが、配線層 832 の形成と棒状導電体 861 の形成とで、それぞれ別々に下地層を形成してもよい。下地層 890a を形成する工程、めっき層 890b を形成する工程および不要な下地層 890a を除去する工程を合わせた工程が、特許請求の範囲に記載の「第 1 配線層形成工程」に相当する。また、下地層 890a を形成する工程、めっき層 890c を形成する工程および不要な下地層 890a を除去する工程を合わせた工程が、特許請求の範囲に記載の「第 2 導電体形成工程」に相当する。

[0062] 次いで、図 17 に示すように、テラヘルツ素子 811 を搭載する。テラヘルツ素子 811 が、テラヘルツ装置 A1 のテラヘルツ素子 11 に対応する。テラヘルツ素子 811 は、z2 方向を向く素子主面 811a および z1 方向を向く素子裏面 811b を有している。素子裏面 811b からは、テラヘルツ素子 811 の電極（先述の第 1 導電層 14 および第 2 導電層 15 の一部ずつ）が露出している。テラヘルツ素子 811 を搭載する工程（テラヘルツ素子搭載工程）は、フリップチップボンディングにより行う。具体的には、テラヘルツ素子 811 の素子裏面 811b にフラックスを塗布した後、たとえばフリップチップボンダを用いてテラヘルツ素子 811 を接合部 851 の上に仮付けする。このとき、素子裏面 811b は、配線層 832 に対向した姿勢となる。また、接合部 851 は、配線層 832 と、テラヘルツ素子 811 の素子裏面 811b に形成された電極（図示略）との間に介在した状態となる。その後、接合部 851 の接合層 851b をリフローにより溶融させて、

電極パッドと結合させる。そして、接合部 8 5 1 の接合層 8 5 1 b を冷却し固くさせる。これにより、テラヘルツ素子 8 1 1 が配線層 8 3 2 に搭載され、テラヘルツ素子 8 1 1 の電極と配線層 8 3 2 とが接合部 8 5 1 を介して導通する。

[0063] 次いで、図 1 8 に示すように、第 2 樹脂層 8 2 2 を形成する。第 2 樹脂層 8 2 2 を形成する工程（第 2 樹脂層形成工程）では、たとえばモールド成型による。第 2 樹脂層 8 2 2 は、第 1 樹脂層 8 2 1 と同様に、電気絶縁性を有しており、たとえば黒色のエポキシ樹脂を主剤とした合成樹脂である。本工程では、テラヘルツ素子 8 1 1 および柱状導電体 8 6 1 を覆う第 2 樹脂層 8 2 2 を、第 1 樹脂層 8 2 1 の上に形成する。第 2 樹脂層形成工程によって形成された第 2 樹脂層 8 2 2 は、テラヘルツ素子 8 1 1 および柱状導電体 8 6 1 を完全に覆っている。よって、第 2 樹脂層 8 2 2 の z 2 方向を向く面（第 2 樹脂層主面 8 2 2 a）は、柱状導電体 8 6 1 の z 2 方向を向く面および素子主面 8 1 1 a のいずれよりも、z 2 方向に位置する。第 2 樹脂層形成工程において、モールド成型を行う前に、テラヘルツ素子 8 1 1 の下方（テラヘルツ素子 8 1 1 と第 1 樹脂層主面 8 2 1 a との間）に、たとえばエポキシ樹脂を主剤としたアンダーフィルを充填させておいてもよい。

[0064] 次いで、図 1 9 に示すように、支持基板 8 0 0 を除去する。支持基板 8 0 0 を除去する工程（支持基板除去工程）では、機械研削盤を用いた研削による。研削方法は、機械研削盤を用いた研削に限定されない。本工程では、支持基板裏面 8 0 2 から z 2 方向に向かって支持基板 8 0 0 を研削し、支持基板 8 0 0 を完全に削り取ってしまう。また、支持基板 8 0 0 を完全に研削するとともに、柱状導電体 8 3 1 の下地層も研削する。よって、柱状導電体 8 3 1 は、Cu を含む金属層であるめっき層から構成される。支持基板 8 0 0 を研削するときに、柱状導電体 8 3 1 の下地層を残した場合には、柱状導電体 8 3 1 は、下地層およびめっき層を含んで構成される。当該支持基板除去工程により、第 1 樹脂層 8 2 1 の z 1 方向を向く面（第 1 樹脂層裏面 8 2 1 b）および柱状導電体 8 3 1 の z 1 方向を向く面（柱状導電体裏面 8 3 1 b）

）が外部に露出する。なお、支持基板 800 としてガラス基板を用いた場合には、当該ガラス基板を薬液処理やレーザ照射によって剥離することで、支持基板 800 を除去する。

[0065] 次いで、図 20 に示すように、外部電極 840 を形成する。外部電極 840 を形成する工程（外部電極形成工程）は、無電解めっきによる。本工程では、無電解めっきにより、Ni 層、Pd 層および Au 層の順に各々を析出させる。このとき、柱状導電体裏面 831b に接し、これを覆う Ni 層を形成し、当該 Ni 層上に Pd 層、Pd 層上に Au 層を順に形成する。これにより、図 20 に示す外部電極 840 が形成される。なお、外部電極 840 の形成方法は、これに限定されず、Ni 層および Au 層を順に析出させてもよいし、Au 層のみを析出させてもよいし、Sn のみを形成してもよいし、Ni 層上に Sn を形成してもよい。

[0066] 次いで、図 21 に示すように、第 2 樹脂層 822 を研削する。第 2 樹脂層 822 を研削する工程（第 2 樹脂層研削工程）では、たとえば、機械研削盤を用いて行われ、第 2 樹脂層 822 を砥石で削る。第 2 樹脂層 822 の研削方法は、特に限定されない。本工程では、第 2 樹脂層主面 822a から z1 方向に、棒状導電体 861 が露出するまで、第 2 樹脂層 822 を、研削する。これにより、第 2 樹脂層主面 822a が z1 方向に移動し、棒状導電体 861 の z 方向を向く面（頂面 861c）が、第 2 樹脂層 822（第 2 樹脂層主面 822a）から露出する。本工程では、第 2 樹脂層 822 の研削の際、棒状導電体 861 も少し研削している。なお、棒状導電体 861 と第 2 樹脂層 822 との材質の違いにより、研削後において、頂面 861c にバリが生じることがある。そのため、バリ除去のために薬液処理を行う。これにより、棒状導電体 861 の頂面 861c が、第 2 樹脂層主面 822a よりも z 方向に窪んだ構成となる。

[0067] 次いで、テラヘルツ素子 811 ごとの個片に分割する。個片に分割する工程（個片化工程）では、たとえばブレードダイシングによって、第 1 樹脂層 821 および第 2 樹脂層 822 を切断する。このとき、図 21 に示す切断線

CL 1 に沿って切断する。図 2 1 においては、ブレードダイシングに用いるダイシングブレードの厚みを考慮して、切断線 CL 1 を矩形で示している。切断方法は、ブレードダイシングに限定されず、切断する素材に応じて、レーザーダイシングあるいはプラズマダイシングなどの他のダイシング手法を用いてもよい。個片化工程により分割された個片が、図 1 ～図 5 に示すテラヘルツ装置 A 1 となる。

[0068] 以上の各工程を経ることで、図 1 ～図 5 に示すテラヘルツ装置 A 1 が複数個製造される。なお、先述のテラヘルツ装置 A 1 の製造方法は、一例であって、これに限定されない。たとえば、第 2 樹脂層研削工程を、支持基板除去工程および外部電極形成工程の前に行ってもよい。この場合、外部電極形成工程における無電解めっきによって、第 2 樹脂層 8 2 2 から露出した杵状導電体 8 6 1 の頂面 8 6 1 c に外部電極 8 4 0 が形成されないように、外部電極形成工程の前に、第 2 樹脂層 8 2 2 の第 2 樹脂層主面 8 2 2 a にダイシングテープを貼り付けておくともよい。また、テラヘルツ素子 8 1 1 の電極パッドにはんだバンプなどの接合部材が形成されている場合には、接合部 8 5 1 の接合層 8 5 1 b を形成しなくてもよい。

[0069] 次に、第 1 実施形態にかかるテラヘルツ装置 A 1 およびその製造方法の作用効果について説明する。

[0070] テラヘルツ装置 A 1 は、第 1 樹脂層 2 1 および第 2 樹脂層 2 2 を備えている。第 1 樹脂層 2 1 は、複数の配線層 3 2 を介して、テラヘルツ素子 1 1 を支持している。第 2 樹脂層 2 2 は、第 1 樹脂層 2 1 の上に形成され、テラヘルツ素子 1 1 を覆っている。この構成によると、第 1 樹脂層 2 1 が、テラヘルツ素子 1 1 を支持する支持部材であり、第 2 樹脂層 2 2 が、テラヘルツ素子 1 1 を覆う保護部材である。したがって、支持部材と保護部材との熱膨張係数の差を低減することができる。特に、第 1 樹脂層 2 1 の構成材料と第 2 樹脂層 2 2 の構成材料とがともにエポキシ樹脂であるので、支持部材と保護部材との熱膨張係数の差がほとんどない。そのため、支持部材（第 1 樹脂層 2 1）と保護部材（第 2 樹脂層 2 2）との界面に生じる熱応力を低減するこ

とができる。この熱応力は、たとえばテラヘルツ装置 A 1 の通電時に生じるテラヘルツ素子 1 1 からの発熱により加わる。よって、保護部材が支持部材から剥離することを抑制できるので、テラヘルツ装置 A 1 の信頼性を向上できる。つまり、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0071] テラヘルツ装置 A 1 では、テラヘルツ素子 1 1 は、第 1 樹脂層 2 1 に支持されている。第 1 樹脂層 2 1 は、モールド成型によって形成されている。本開示のテラヘルツ装置 A 1 と異なるテラヘルツ装置であって、たとえばテラヘルツ素子 1 1 が第 1 樹脂層 2 1 の代わりに半導体基板（シリコン基板）に支持されたテラヘルツ装置においては、当該テラヘルツ装置の底面に端子を設ける際、TSV（Through-Silicon Via）と呼ばれる貫通電極を形成する必要がある。この TSV の形成には、たとえばボッシュプロセスとよばれるエッチング技術によって貫通孔を形成する必要があるが、半導体基板が厚いほど、貫通孔の形成が困難である。つまり、支持部材（半導体基板）を貫通する貫通電極の形成が困難である。一方、本実施形態によれば、電解めっきにより柱状導電体 3 1（柱状導電体 8 3 1）を形成した後、モールド成型によって第 1 樹脂層 2 1（第 1 樹脂層 8 2 1）を形成している。そのため、比較的容易に支持部材（第 1 樹脂層 2 1）を貫通する貫通電極（柱状導電体 3 1）を形成できる。したがって、支持部材として半導体基板を用いた場合よりも、テラヘルツ装置 A 1 の製造が容易になる。つまり、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0072] テラヘルツ装置 A 1 では、第 1 樹脂層 2 1 の第 1 樹脂層主面 2 1 1 に研削痕が形成されている。この研削痕により、第 1 樹脂層主面 2 1 1 には微細な凹凸が形成されている。この構成によると、アンカー効果によって、第 1 樹脂層 2 1 と第 2 樹脂層 2 2 との接着強度を向上させることができる。よって、保護部材（第 2 樹脂層 2 2）が支持部材（第 1 樹脂層 2 1）から剥離することを抑制できるので、テラヘルツ装置 A 1 の信頼性を向上できる。つまり

、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0073] テラヘルツ装置 A 1 では、各接合部 5 1 は、絶縁層 5 1 1 を含んでいる。この構成によると、テラヘルツ素子搭載工程時のリフローの熱により、接合層 8 5 1 b（特に第 3 層 5 1 2 c に対応する部分）を溶融させたとき、当該接合層 8 5 1 b が意図せぬ部分に広がることを抑制することができる。したがって、意図せぬ短絡を抑制できるので、テラヘルツ装置 A 1 の動作不良を抑制することができる。つまり、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0074] テラヘルツ装置 A 1 では、テラヘルツ素子 1 1 が封止樹脂 2 0 によって覆われている。したがって、テラヘルツ素子 1 1 は外部に露出していない。テラヘルツ素子 1 1 が外部に露出し、外気に曝されている場合、テラヘルツ装置 A 1 が動作不良となることがある。たとえば、空気中の水分や埃などによる影響、あるいは、振動や衝撃による影響などが、動作不良の原因である。よって、テラヘルツ素子 1 1 を封止樹脂 2 0 で覆うことで、これらの、外部からの影響からテラヘルツ素子 1 1 を保護することができる。したがって、テラヘルツ装置 A 1 の信頼性を向上できる。つまり、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0075] テラヘルツ装置 A 1 では、枠状導電体 6 1 は、テラヘルツ素子 1 1 を包囲するように配置されている。これにより、枠状導電体 6 1 は、電磁シールドとして機能するので、テラヘルツ装置 A 1 は、外乱ノイズやクロストークといった問題を低減させることができる。したがって、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ波の出射品質あるいは受信品質の向上を図ることができる。つまり、テラヘルツ装置 A 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0076] テラヘルツ装置 A 1 では、テラヘルツ素子 1 1 から発せられたテラヘルツ波は、枠状導電体 6 1（内面 6 1 1）によって、共振反射され、z 方向に発

振される。これにより、テラヘルツ装置A 1は、ノイズ成分が低減されたテラヘルツ波を発振することができる。また、テラヘルツ装置A 1は、共振反射によって利得を向上させたテラヘルツ波を発振することができる。したがって、テラヘルツ装置A 1は、テラヘルツ波の出射品質あるいは受信品質の向上を図ることができる。つまり、テラヘルツ装置A 1は、テラヘルツ素子1 1をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0077] テラヘルツ装置A 1では、枠状導電体6 1は平面視矩形環状である。これにより、テラヘルツ素子1 1の素子側面1 1 3に対して内面6 1 1（反射面）を略平行に配置することができる。したがって、テラヘルツ素子1 1に集積化されているアンテナ構造がダイポールアンテナ、スロットアンテナ、あるいは、ボータイアンテナなどの偏波方向が決まっているアンテナである場合、内面6 1 1によって、テラヘルツ素子1 1からのテラヘルツ波を、垂直に反射させることができる。よって、テラヘルツ装置A 1は、テラヘルツ波の出射品質あるいは受信の効率向上を図ることができる。つまり、テラヘルツ装置A 1は、テラヘルツ素子1 1をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0078] テラヘルツ装置A 1では、テラヘルツ素子1 1は、複数の配線層3 2が形成された第1樹脂層2 1上に各接合部5 1を介してフリップチップ実装されている。したがって、テラヘルツ素子1 1は、複数の配線層3 2との導通において、ボンディングワイヤを用いていない。これにより、テラヘルツ装置A 1における配線経路を短くできるので、この配線経路における寄生インピーダンスおよび寄生インダクタンスを抑制することができる。したがって、テラヘルツ装置A 1は、テラヘルツ素子1 1を高周波駆動させる場合に有効である。また、フリップチップ実装の場合、ワイヤボンディングに比べて実装面積を小さくできる。したがって、テラヘルツ装置A 1は、小型化を図ることができる。つまり、テラヘルツ装置A 1は、テラヘルツ素子1 1をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0079] 以下に、本開示のテラヘルツ装置およびその製造方法の、他の実施形態について、説明する。なお、先述のテラヘルツ装置およびその製造方法と、同一あるいは類似の構成については、同じ符号を付して、その説明を省略する。

[0080] <第2実施形態>

図22～図25は、第2実施形態にかかるテラヘルツ装置を示している。第2実施形態のテラヘルツ装置B1は、テラヘルツ装置A1と比較して、主に、テラヘルツ素子11と異なる1つ以上の電子部品16を備えている点で異なる。

[0081] 図22は、テラヘルツ装置B1を示す平面図であって、第2樹脂層22を想像線（二点鎖線）で示している。図23は、テラヘルツ装置B1を示す平面図であって、テラヘルツ素子11、封止樹脂20（第1樹脂層21および第2樹脂層22）、配線層32、接合部51および棒状導電体61を想像線（二点鎖線）で示している。図24は、図22のXXI V－XXI V線に沿う断面図である。図25は、図24の一部を拡大した部分拡大断面図である。

[0082] テラヘルツ装置B1は、図22～図25に示すように、テラヘルツ素子11、1つ以上の電子部品16、封止樹脂20（第1樹脂層21および第2樹脂層22）、複数の柱状導電体31、複数の配線層32、33、外部保護膜34、複数の外部電極40、複数の接合部51、52、棒状導電体61を備えている。テラヘルツ装置B1は、図22～図25に示すように、テラヘルツ装置A1と比較して、1つ以上の電子部品16、複数の配線層33、外部保護膜34および複数の接合部52をさらに備えている。

[0083] 1つ以上の電子部品16はそれぞれ、テラヘルツ素子11とともに、テラヘルツ装置B1の機能中枢となる素子である。電子部品16は、能動素子であってもよいし、受動素子であってもよい。能動素子としては、たとえばLSIなどの集積回路（IC）、LDOなどの電圧制御用素子、オペアンプなどの増幅用素子、あるいは、トランジスタやダイオードなどのディスクリー

ト部品などがある。受動素子としては、たとえば抵抗器、インダクタ、キャパシタなどがある。電子部品 16 は、半導体材料を含んだ半導体素子であってもよいし、半導体材料を含まない素子であってもよい。テラヘルツ装置 B 1 は、図 23 に示すように、2つの電子部品 16 を備えているが、電子部品 16 の数は、本構成に限定されない。

[0084] 各電子部品 16 は、たとえば平面視矩形状である。各電子部品 16 は、図 24 に示すように、z 方向において、テラヘルツ素子 11 よりも、z 1 方向に位置する。各電子部品 16 は、図 22 および図 23 に示すように、平面視において、テラヘルツ素子 11 よりも小さく、テラヘルツ素子 11 に完全に重なっている。各電子部品 16 は、平面視において、テラヘルツ素子 11 よりも大きくてもよい。各電子部品 16 は、平面視において、テラヘルツ素子 11 に、完全に重なっていてもよいし、一部が重なっていてもよいし、重なっていてもよい。各電子部品 16 は、複数の接合部 52 によって、複数の配線層 33 に導通接合されている。各電子部品 16 は、表面実装型である。各電子部品 16 はともに、第 1 樹脂層 21 に覆われている。

[0085] 各電子部品 16 は、図 24 に示すように、素子主面 161 および素子裏面 162 を有する。素子主面 161 および素子裏面 162 は、z 方向において、離間し、かつ、反対側を向く。素子主面 161 は、z 2 方向を向く。素子裏面 162 は、z 1 方向を向く。素子主面 161 は、第 1 樹脂層 21 に覆われている。素子裏面 162 には、複数の電極パッド（図示略）が形成されている。当該複数の電極パッドはそれぞれ、たとえば Al（アルミニウム）から構成される。複数の電極パッドは、各電子部品 16 における端子である。電極パッドの数、構成材料および位置は、図 18 および図 19 に示す例に限定されない。

[0086] テラヘルツ装置 B 1 において、複数の柱状導電体 31 の各々は、各配線層 33 の上に形成されている。各柱状導電体 31 の柱状導電体裏面 312 は、各配線層 33 に接している。各柱状導電体 31 の構成材料は、たとえば Cu である。なお、各柱状導電体 31 は、互いに積層された下地層およびめっき

層を含んで構成されていてもよい。この下地層は、T i 層およびC u 層を含んでいる。T i 層は、配線層33の上に形成され、C u 層は、T i 層の上に形成されている。めっき層は、C u を含んでおり、下地層のC u 層の上に形成されている。

[0087] 複数の配線層33の各々は、各電子部品16と各柱状導電体31とを導通させる。各配線層33の構成材料は、互いに積層された下地層およびめっき層を含んで構成されている。下地層は、互いに積層されたT i 層およびC u 層から構成され、その厚みは200～800nm程度である。めっき層は、たとえばC u を含んでおり、下地層よりも厚い。各配線層33の構成材料は、これに限定されない。各配線層33の形成範囲は、図23および図24に示す例に限定されない。

[0088] 各配線層33は、配線層主面331および配線層裏面332を有している。配線層主面331および配線層裏面332は、z方向において、離間し、かつ、互いに反対側を向く。配線層主面331は、z2方向を向き、配線層裏面332は、z1方向を向く。配線層主面331は、第1樹脂層21に覆われている。各配線層主面331には、柱状導電体31および接合部52がそれぞれ1つずつ形成されている。配線層主面331は、その一部が柱状導電体裏面312に接する。配線層裏面332は、第1樹脂層21（第1樹脂層裏面212）から露出している。配線層裏面332は、第1樹脂層裏面212と面一である。配線層裏面332は、その一部が外部電極40に接する。

[0089] テラヘルツ装置B1において、複数の外部電極40は、複数の柱状導電体被覆部41を含まず、複数の配線層被覆部42を含んでいる。

[0090] 複数の配線層被覆部42はそれぞれ、各配線層裏面332の一部ずつを覆っている。各配線層被覆部42は、各配線層裏面332に接する。テラヘルツ素子11は、各接合部51、各配線層32、各柱状導電体31および各配線層33を介して、各配線層被覆部42に導通する。また、電子部品16は、各接合部52および各配線層33を介して、各配線層被覆部42に導通す

る。各配線層被覆部42は、テラヘルツ装置B1の端子であって、テラヘルツ素子11および電子部品16の両方に導通する。

[0091] 複数の接合部52はそれぞれ、各電子部品16（詳細には、先述の電極パッド）と各配線層33との間に介在する。各接合部52は、導電性接合材である。複数の接合部52により、電子部品16は複数の配線層33に固着され、複数の接合部52を介して電子部品16と複数の配線層33との導通が確保される。接合部52は、図25に示すように、絶縁層521および接合層522を含んでいる。

[0092] 絶縁層521は、図25に示すように、各配線層33の上にそれぞれに形成されている。絶縁層521は、絶縁層511と同様に構成されている。絶縁層521は、平面視において、中央に開口した枠状である。絶縁層521は、平面視においてたとえば矩形環状を呈する。絶縁層521の平面視形状は、矩形環状に限定されず、円環状、楕円環状あるいは多角環状であってもよい。絶縁層521は、平面視において、接合層522を囲んでいる。絶縁層521の構成材料は、たとえばポリイミド樹脂であるが、これに限定されない。

[0093] 接合層522は、各電子部品16と各配線層33とを導通接合する。接合層522は、配線層33（配線層主面331）の上に形成されている。接合層522は、接合層522と同様に構成されている。具体的には、接合層522は、絶縁層521の開口した部分の表面を覆っている。各接合層522は、一部が絶縁層521の開口部分に充填されている。各接合層522は、図25に示すように、互いに積層された第1層522a、第2層522bおよび第3層522cから構成される。第1層522a、第2層522bおよび第3層522cはそれぞれ、各接合部51の接合層512における第1層512a、第2層512bおよび第3層512cとそれぞれ同様に構成されている。

[0094] 外部保護膜34は、絶縁性を有する樹脂膜である。外部保護膜34の構成材料は、たとえばポリマー樹脂である。ポリマー樹脂としては、ポリイミド

樹脂やフェノール樹脂などがある。外部保護膜 34 の構成材料は、絶縁性を有する樹脂材料であれば、これらに限定されない。外部保護膜 34 は、少なくとも、外部電極 40 の配線層被覆部 42 から露出する配線層裏面 332 を覆っている。外部保護膜 34 は、配線層被覆部 42 から露出する配線層裏面 332 と、第 1 樹脂層裏面 212 の全面とを覆っている。

[0095] 次に、第 2 実施形態にかかるテラヘルツ装置 B1 の製造方法の一例について、図 26～図 33 を参照して、説明する。図 26～図 33 は、テラヘルツ装置 B1 の製造方法にかかる一工程を示す断面図である。第 2 実施形態にかかる各工程のうち、第 1 実施形態と同一あるいは類似の工程においては、先述の工程を参照して、その説明を省略する。

[0096] まず、第 1 実施形態における支持基板用意工程と同様に、支持基板 800 を用意する。

[0097] 次いで、図 26～図 30 に示すように、配線層 833、接合部 852 および柱状導電体 831 を形成する。配線層 833、接合部 852 および柱状導電体 831 が、テラヘルツ装置 B1 の配線層 32、接合部 52 および柱状導電体 31 にそれぞれ対応する。これらを形成する工程には、次に示す 5 つの工程がある。

[0098] 1 つ目の工程では、図 26 に示すように、下地層 891a を形成する。下地層 891a の形成は、たとえばスパッタリング法による。下地層 891a を形成する工程では、支持基板主面 801 の全面を覆う Ti 層を形成した後、Ti 層に接する Cu 層を形成する。下地層 891a は、互いに積層された Ti 層および Cu 層から形成される。

[0099] 2 つ目の工程では、図 27 に示すように、めっき層 891b を形成する。めっき層 891b の形成は、たとえば、フォトリソグラフィによるレジストパターンの形成および電解めっきによる。めっき層 891b を形成する工程では、下地層 891a の全面を覆うように感光性レジストを塗布して、当該感光性レジストに対して露光および現像を行うことによって、レジスト層のパターニングを行う。これにより、レジストパターンが形成され、下地層 8

9 1 aの一部（めっき層8 9 1 bを形成する部分）がレジストパターンから露出する。続いて、下地層8 9 1 aを導電経路とした電解めっきにより、レジストパターンから露出する下地層8 9 1 aの上にめっき層8 9 1 bを析出させる。本工程では、めっき層8 9 1 bとして、たとえばCuを含む金属層を析出させる。このとき、めっき層8 9 1 bは、下地層8 9 1 aと一体的に形成される。その後、本工程において形成したレジスト層をすべて除去する。これにより、図2 7に示すめっき層8 9 1 bが形成される。このめっき層8 9 1 bとめっき層8 9 1 bに覆われた下地層8 9 1 aが、後に、配線層8 3 3となる。配線層8 3 3は、テラヘルツ装置B 1の配線層3 3に対応する。

[0100] 3つ目の工程では、図2 8に示すように、接合部8 5 2を形成する。本工程では、接合部8 5 2として、絶縁層8 5 2 aおよび接合層8 5 2 bを形成する。まず、絶縁層8 5 2 aを形成する工程では、めっき層8 9 1 bの全面およびめっき層8 9 1 bから露出する下地層8 9 1 aの全面を覆うように感光性ポリイミドを塗布する。この感光性ポリイミドは、たとえばスピンコータを用いて塗布される。そして、塗布した感光性ポリイミドに対して露光・現像を行うことにより、枠状の絶縁層8 5 2 aを形成する。続いて、接合層8 5 2 bを形成する工程では、まず、この接合層8 5 2 bを形成するためのレジストパターンを形成する。このレジストパターンの形成においては、感光性レジストを塗布し、塗布した感光性レジストに対して露光・現像を行うことにより、レジスト層のパターニングを行う。これにより、レジストパターンが形成され、めっき層8 9 1 bの一部（接合層8 5 2 bを形成する部分）が当該レジストパターンから露出する。この露出した部分は、平面視において、枠状の絶縁層8 5 2 aの内方に位置する。そして、下地層8 9 1 aおよびめっき層8 9 1 bを導電経路とした電解めっきにより、レジストパターンから露出するめっき層8 9 1 bの上に、接合層8 5 2 bを析出させる。本工程では、接合層8 5 2 bとして、Cuを含む金属層、Niを含む金属層およびSnを含む合金層を順次積層させる。このSnを含む合金層は、たとえ

ば $S_n - S_b$ 系合金または $S_n - Ag$ 系合金などの鉛フリーはんだである。その後、本工程において形成したレジストパターンを除去する。これにより、図 28 に示す、絶縁層 852a および接合層 852b を含む接合部 852 が形成される。接合部 852 は、テラヘルツ装置 B1 の接合部 52 に対応する。

[0101] 4 つ目の工程では、図 29 に示すように、めっき層 891c を形成する。めっき層 891c の形成は、たとえば、フォトリソグラフィによるレジストパターンの形成および電解めっきによる。めっき層 891c の形成は、めっき層 891b の形成と同様に行われる。具体的には、めっき層 891c を形成する工程では、めっき層 891c を形成するためのレジストパターンを形成する。これにより、形成されたレジストパターンから、めっき層 891b の一部（めっき層 891c を形成する部分）が露出する。続いて、下地層 891a およびめっき層 891b を導電経路とした電解めっきにより、レジストパターンから露出するめっき層 891b の上にめっき層 891c を析出させる。本工程では、めっき層 891c として、たとえば Cu を含む金属層を析出させる。その後、本工程において形成されたレジストパターンを除去する。これにより、図 29 に示すめっき層 891c が形成される。めっき層 891c が、柱状導電体 831 となる。

[0102] 5 つ目の工程では、図 30 に示すように、不要な下地層 891a を除去する。本工程では、めっき層 891b に覆われていない下地層 891a が、不要な下地層 891a として除去される。不要な下地層 891a の除去は、前述の不要な下地層 890a の除去と同様に、ウェットエッチングにより行われる。この不要な下地層 891a を除去する工程を経ることで、図 30 に示すように、めっき層 891b およびこれに覆われた下地層 891a によって、配線層 833 が形成される。なお、図 31 ~ 図 33 においては、めっき層 891b およびこれに覆われた下地層 891a を配線層 833 として一体的に示し、めっき層 891c を、柱状導電体 831 として示す。

[0103] 以上で示した、5 つの工程を経ることで、図 30 に示すように、配線層 8

33、接合部852、および、柱状導電体831が形成される。下地層891aを形成する工程、めっき層891cを形成する工程および不要な下地層891aを除去する工程を合わせた工程が、特許請求の範囲に記載の「第2配線層形成工程」に相当する。また、下地層891aを形成する工程、めっき層891cを形成する工程および不要な下地層891aを除去する工程を合わせた工程が、特許請求の範囲に記載の「第1導電体形成工程」に相当する。

[0104] 次いで、図31に示すように、複数の電子部品816を搭載する。各電子部品816が、テラヘルツ装置B1の各電子部品16に対応する。各電子部品816は、z2方向を向く素子主面816aおよびz1方向を向く素子裏面816bを有している。素子裏面816bには、電極パッド（図示略）が形成されている。電子部品816を搭載する工程（電子部品搭載工程）は、フリップチップボンディングにより行う。具体的には、各電子部品816にフラックスを塗布した後、たとえばフリップチップボンダを用いて各電子部品816を接合部852の上に仮付けする。このとき、接合部852は、配線層833と、各電子部品816の素子裏面816bに形成された電極パッド（図示略）との間に介在した状態となる。その後、接合部852の接合層852bをリフローにより溶融させて、電極パッドと結合させる。そして、接合部852の接合層852bを冷却し固化させる。これにより、各電子部品816が配線層833に搭載され、各電子部品816の電極パッドと配線層833とが接合部852を介して導通する。

[0105] 次いで、先述のテラヘルツ装置A1の製造方法と同様に、第1樹脂層形成工程、第1樹脂層研削工程、配線層832を形成する工程、接合部851を形成する工程、柱状導電体861を形成する工程、テラヘルツ素子搭載工程、第2樹脂層形成工程、および、支持基板除去工程を行う（図10～図19参考）。なお、テラヘルツ装置B1の製造方法においては、先述の柱状導電体形成工程は、行わない。

[0106] 次いで、図32に示すように、外部保護膜834を形成する。外部保護膜

834を形成する工程（外部保護膜形成工程）においては、配線層裏面833bの一部（後に外部電極840を形成する領域）を除いて、配線層裏面833bおよび第1樹脂層裏面821bに跨るように、ポリマー樹脂を形成する。本工程では、ポリマー樹脂として、ポリイミド樹脂あるいはフェノール樹脂などを形成する。形成された外部保護膜834は、開口部834aを有しており、当該開口部834aから各配線層裏面833bの一部がそれぞれ露出する。

[0107] 次いで、図33に示すように、外部電極840を形成する。本実施形態における外部電極形成工程は、第1実施形態の外部電極形成工程と同様に、無電解めっきによる。これにより、外部保護膜834の開口部834aから露出する各配線層裏面833bの一部に、Ni層、Pd層およびAu層が順次積層される。外部電極840は、互いに積層されたNi層、Pd層およびAu層を含んでいる。

[0108] 次いで、第1実施形態と同様に、第2樹脂層研削工程を経て、個片化工程を行う。これにより、図22～図25に示すテラヘルツ装置B1が製造される。なお、先述のテラヘルツ装置B1の製造方法は、一例であって、これに限定されない。たとえば、各電子部品816の電極パッドにはんだバンプなどの接合部材が形成されている場合には、接合部852の接合層852bを形成しなくてもよい。

[0109] 次に、第2実施形態にかかるテラヘルツ装置B1およびその製造方法の作用効果について説明する。

[0110] テラヘルツ装置B1は、テラヘルツ装置A1と同様に、第1樹脂層21および第2樹脂層22を備えている。第1樹脂層21は、複数の配線層32を介して、テラヘルツ素子11を支持している。第2樹脂層22は、第1樹脂層21の上に形成され、テラヘルツ素子11を覆っている。したがって、第1実施形態と同様に、支持部材（第1樹脂層21）と保護部材（第2樹脂層22）との熱膨張係数の差を低減することができる。よって、第1実施形態と同様に、支持部材と保護部材との界面における熱応力を低減できるので、

保護部材が支持部材から剥離することを抑制できる。つまり、テラヘルツ装置B 1の信頼性を向上できるので、テラヘルツ装置B 1は、テラヘルツ素子1 1をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0111] テラヘルツ装置B 1は、その他、テラヘルツ装置A 1と共通する構成によって、先述したテラヘルツ装置A 1と同じ効果を奏することができる。

[0112] テラヘルツ装置B 1は、テラヘルツ素子1 1と、テラヘルツ素子1 1と異なる1つ以上の電子部品1 6を備えている。これらは、封止樹脂2 0に覆われている。これにより、テラヘルツ装置B 1は、電子部品1 6の機能を追加したマルチチップパッケージ化が可能となる。たとえば、テラヘルツ装置B 1において、2つの電子部品1 6の各々として、ツェナーダイオードあるいはTVS（トランジェントボルテージサプレッサー）ダイオードを用いた場合、図3 4に示す回路構成にできる。よって、2つの電子部品1 6によって、テラヘルツ素子1 1のサージ保護機能を追加することができる。また、テラヘルツ素子1 1と1つ以上の電子部品1 6とが1パッケージ化されるので、これらを別々にパッケージ化した場合よりも、回路基板などへの実装面積を小さくすることができる。

[0113] テラヘルツ装置B 1は、テラヘルツ素子1 1および電子部品1 6を備えている。テラヘルツ素子1 1は、第2樹脂層2 2に覆われており、電子部品1 6は、第1樹脂層2 1に覆われている。第1樹脂層2 1と第2樹脂層2 2とは、z方向に積層されている。よって、テラヘルツ素子1 1と電子部品1 6とは、z方向に多段実装された構造となっている。これにより、テラヘルツ素子1 1と電子部品1 6とをz方向に重ねることが可能となるので、テラヘルツ装置B 1の平面視寸法を小さくできる。また、テラヘルツ素子1 1と電子部品1 6とは、第1樹脂層2 1および第2樹脂層2 2によって、多段実装されており、半導体基板を備えていない。そのため、半導体基板を加工する必要がないので、多段実装の形成が容易となる。

[0114] 次に、第2実施形態にかかるテラヘルツ装置B 1の各変形例について説明

する。これらの変形例においても、テラヘルツ装置 B 1 と同様の効果を奏することができる。

[0115] 第 2 実施形態において、各電子部品 1 6 の構造は、先述のものに限定されない。図 3 5 は、テラヘルツ装置 B 1 と比較して各電子部品 1 6 の構造が異なる場合のテラヘルツ装置 B 2 を示している。図 3 5 は、テラヘルツ装置 B 2 を示す断面図であって、図 2 4 の断面に対応する。本変形例における電子部品 1 6 は、図 3 5 に示すように、x 方向の両端に電極が形成されたものである。このような構造の電子部品 1 6 には、たとえばチップコンデンサやチップ抵抗器などがある。図 3 5 においては、接合部 5 3 によって、電子部品 1 6 が各配線層 8 3 3 に接合されている。接合部 5 3 は、はんだペーストあるいは銀ペーストなどの導電性接合材である。接合部 5 3 には、フィレットが形成されている。

[0116] 第 2 実施形態において、テラヘルツ装置 B 1 は、2 つの電子部品 1 6 を備えている場合を示したが、電子部品 1 6 の数および種類は、これに限定されない。たとえば、テラヘルツ装置 B 1 において、1 つ以上の電子部品 1 6 として、テラヘルツ素子 1 1 の駆動を制御するドライバ IC を備えることも可能である。

[0117] 第 2 実施形態において、2 つの電子部品 1 6 が、第 1 樹脂層 2 1 に覆われ、テラヘルツ素子 1 1 の z 1 方向側に位置する場合を示したが、これに限定されない。たとえば、図 3 6 ~ 図 3 9 に示すように、テラヘルツ素子 1 1 および各電子部品 1 6 がそれぞれ、第 2 樹脂層 2 2 に覆われていてもよい。

[0118] 図 3 6 および図 3 7 は、第 2 実施形態の変形例にかかるテラヘルツ装置 B 3 を示している。図 3 6 は、テラヘルツ装置 B 3 を示す平面図であって、第 2 樹脂層 2 2 を省略している。図 3 7 は、図 3 6 の XXXV I I - XXXV I I 線に沿う断面図である。テラヘルツ装置 B 3 は、平面視において、テラヘルツ素子 1 1 および 2 つの電子部品 1 6 が、枠状導電体 6 1 の内側に配置されている。テラヘルツ装置 B 3 において、テラヘルツ素子 1 1 および 2 つの電子部品 1 6 は、平面視において、x 方向に並んでいる。テラヘルツ素子

11は、平面視において、2つの電子部品16の間に配置されている。テラヘルツ素子11および2つの電子部品16の並び順は、図36に示す例に限定されない。さらに、テラヘルツ装置B3において、配線層32は、図37に示すように、複数の配線部32A、32Bを含んでいる。複数の配線部32Aはそれぞれ、各配線層主面321の上に2つの接合部51、52が形成されている。複数の配線部32Bはそれぞれ、各配線層主面321の上に接合部52が形成され、かつ、各配線層裏面322が柱状導電体31に接する。各配線部32Aによって、テラヘルツ素子11と各電子部品16とが導通する。各配線部32Bによって、各電子部品16と各柱状導電体31とが導通する。

[0119] 図38および図39は、第2実施形態の変形例にかかるテラヘルツ装置B4を示している。図38は、テラヘルツ装置B4を示す平面図であって、第2樹脂層22を省略している。図39は、図38のXXXI-X-XXXIX線に沿う断面図である。テラヘルツ装置B4は、平面視において、テラヘルツ素子11が枠状導電体61の内側に配置され、電子部品16が枠状導電体61の外側に配置されている。この点が、テラヘルツ装置B3と異なる。テラヘルツ装置B4においても、テラヘルツ装置B3と同様に、テラヘルツ素子11および2つの電子部品16は、平面視において、x方向に並んでいる。そして、テラヘルツ素子11は、平面視において、2つの電子部品16の間に配置されている。なお、本変形例においては、平面視において、テラヘルツ素子11と各電子部品16との間に枠状導電体61の一部が配置されている。なお、テラヘルツ素子11および2つの電子部品16の並び順は、図38に示す例に限定されない。さらに、テラヘルツ装置B4において、配線層32は、図39に示すように、複数の配線部32C、32Dを含んでいる。複数の配線部32Cはそれぞれ、各配線層主面321の上に接合部51が形成され、かつ、各配線層裏面322が柱状導電体31に接する。複数の配線部32Dはそれぞれ、各配線層主面321の上に接合部52が形成され、かつ、各配線層裏面322が柱状導電体31に接する。また、配線層33に

よって、平面視における、棒状導電体 6 1 の内方と棒状導電体 6 1 の外方との導通が図られている。テラヘルツ装置 B 4 の外部電極 4 0 は、柱状導電体被覆部 4 1 および配線層被覆部 4 2 の両方を含んでいる。

[0120] <第 3 実施形態>

図 4 0 ~ 図 4 2 は、第 3 実施形態にかかるテラヘルツ装置を示している。第 3 実施形態のテラヘルツ装置 C 1 は、テラヘルツ装置 A 1 と比較して、主に、第 2 樹脂層 2 2 の形状が異なる。

[0121] 図 4 0 は、テラヘルツ装置 C 1 を示す斜視図である。図 4 1 は、テラヘルツ装置 C 1 を示す平面図である。図 4 2 は、図 4 0 の X L I I - X L I I 線に沿う断面図である。

[0122] テラヘルツ装置 C 1 において、第 2 樹脂層 2 2 は、第 2 樹脂層主面 2 2 1 から z 1 方向に窪んだ凹部 2 2 4 を含んでいる。凹部 2 2 4 の形成方法は、特に限定されないが、たとえばレーザ加工などがある。凹部 2 2 4 は、たとえば円錐台形をなす。凹部 2 2 4 は、z 2 方向側から z 1 方向側に向かうに連れて、z 方向に直交する断面の面積が小さい。凹部 2 2 4 は、図 4 1 に示すように、平面視において、テラヘルツ素子 1 1 に重なる。凹部 2 2 4 は、底面 2 2 4 a および連絡面 2 2 4 b を有している。

[0123] 底面 2 2 4 a は、第 2 樹脂層主面 2 2 1 と同じ方向を向く。底面 2 2 4 a は、z 方向に対して直交する。底面 2 2 4 a は、図 4 1 に示すように、たとえば平面視円形状である。底面 2 2 4 a は、たとえば平坦である。底面 2 2 4 a の直径 R 1 (図 4 2 参照) は、テラヘルツ素子 1 1 から発せられるテラヘルツ波の波長 λ に対して、 $\lambda / 2 \leq R 1 \leq \lambda$ 程度が好ましい。

[0124] 連絡面 2 2 4 b は、図 4 0 および図 4 2 に示すように、第 2 樹脂層主面 2 2 1 および底面 2 2 4 a につながる面である。z 方向において、連絡面 2 2 4 b の z 2 方向の端縁が第 2 樹脂層主面 2 2 1 に繋がり、連絡面 2 2 4 b の z 1 方向の端縁が底面 2 2 4 a に繋がっている。連絡面 2 2 4 b は、底面 2 2 4 a に対して傾斜している。連絡面 2 2 4 b の底面 2 2 4 a に対する傾斜角を θ とし、凹部 2 2 4 の深さ (z 方向寸法) を T 0 とすると、凹部 2 2 4

の開口部の直径 R_2 (図4 2 参照) は、 $R_2 = R_1 + 2 \times (T_0 \times \tan(90 - \theta))$ である。

[0125] テラヘルツ装置 C 1 は、金属膜 6 2 を含んでいる。金属膜 6 2 は、凹部 2 2 4 の連絡面 2 2 4 b を覆う。金属膜 6 2 の構成材料は、たとえば Cu である。金属膜 6 2 の構成材料は、テラヘルツ波を反射する材料であれば、Cu に限定されない。

[0126] テラヘルツ装置 C 1 においては、図4 2 に示すように、棒状導電体 6 1 の頂面 6 1 3 が、第2樹脂層 2 2 に覆われているが、テラヘルツ装置 A 1 と同様に、第2樹脂層 2 2 から露出していてもよい。

[0127] 次に、第3実施形態にかかるテラヘルツ装置 C 1 およびその製造方法の作用効果について説明する。

[0128] テラヘルツ装置 C 1 は、テラヘルツ装置 A 1 と同様に、第1樹脂層 2 1 および第2樹脂層 2 2 を備えている。第1樹脂層 2 1 は、複数の配線層 3 2 を介して、テラヘルツ素子 1 1 を支持している。第2樹脂層 2 2 は、第1樹脂層 2 1 の上に形成され、テラヘルツ素子 1 1 を覆っている。したがって、第1実施形態と同様に、支持部材（第1樹脂層 2 1）と保護部材（第2樹脂層 2 2）との熱膨張係数の差を低減することができる。よって、第1実施形態と同様に、支持部材と保護部材との界面における熱応力を低減できるので、保護部材が支持部材から剥離することを抑制できる。つまり、テラヘルツ装置 C 1 の信頼性を向上できるので、テラヘルツ装置 C 1 は、テラヘルツ素子 1 1 をモジュール化する上で、好ましいパッケージ構造をとることができる。

[0129] テラヘルツ装置 C 1 は、その他、テラヘルツ装置 A 1, B 1 と共通する構成によって、先述したテラヘルツ装置 A 1, B 1 の効果と同じ効果を奏することができる。

[0130] テラヘルツ装置 C 1 では、第2樹脂層 2 2 に凹部 2 2 4 が形成されている。凹部 2 2 4 は、平面視において、テラヘルツ素子 1 1 に重なっている。平面視において、凹部 2 2 4 の中心は、テラヘルツ素子 1 1 の中心に重なる。

凹部 224 は、連絡面 224 b を含んでおり、連絡面 224 b は、金属膜 62 に覆われている。この構成によると、凹部 224 がホーンアンテナとして機能するので、当該凹部 224 の形状および大きさにより、出射あるいは受信するテラヘルツ波の利得、指向性、および、偏波などを制御することができる。したがって、テラヘルツ装置 C1 は、ホーンアンテナを集積化することができる。よって、テラヘルツ装置 C1 は、テラヘルツ素子 11 をモジュール化する上で、テラヘルツ装置 A1 よりも高機能のパッケージ構造をとることができる。なお、テラヘルツ装置 C1 は、凹部 224 が円錐台形であるため、基本モード TE_{11} 波で励振される。

[0131] 次に、第 3 実施形態にかかるテラヘルツ装置 C1 の各変形例について説明する。これらの変形例においても、テラヘルツ装置 C1 と同様の効果を奏することができる。

[0132] 第 3 実施形態においては、テラヘルツ装置 A1 において、第 2 樹脂層 22 に凹部 224 を形成した場合を示したが、これに限定されず、テラヘルツ装置 B1 において、第 2 樹脂層 22 に凹部 224 を形成してもよい。

[0133] 第 3 実施形態において、凹部 224 は、円錐台形である場合を示したが、凹部 224 の形状は、特に限定されず、たとえば角錐台形であってもよい。図 43～図 47 は、このような変形例にかかるテラヘルツ装置を示している。図 43～図 47 は、凹部 224 が角推台形である場合を示している。

[0134] 図 43 および図 44 は、第 3 実施形態の第 1 変形例にかかるテラヘルツ装置 C2 を示している。図 43 は、テラヘルツ装置 C2 を示す斜視図であり、図 44 は、テラヘルツ装置 C2 を示す平面図である。テラヘルツ装置 C2 は、凹部 224 が平面視において正方形であって、特に凹部 224 の平面視における 2 つの対角線とテラヘルツ素子 11 の平面視における 2 つの対角線とが略一致している。本変形例においても、平面視において、凹部 224 の中心は、テラヘルツ素子 11 の中心に重なる。テラヘルツ装置 C2 においても、テラヘルツ装置 C1 と同様に、凹部 224 がホーンアンテナとして機能する。したがって、テラヘルツ装置 C2 は、テラヘルツ素子 11 をモジュール

化する上で、ホーンアンテナが集積化されたパッケージ構造をとることができる。

[0135] 図45および図46は、第3実施形態の第2変形例にかかるテラヘルツ装置C3を示している。図45は、テラヘルツ装置C3を示す斜視図である。図46は、テラヘルツ装置C3を示す平面図である。テラヘルツ装置C3は、凹部224が平面視において正方形であって、特に凹部224の平面視における2つの対角線が、x方向とy方向とにそれぞれ延びている。本変形例においても、平面視において、凹部224の中心は、テラヘルツ素子11の中心に重なる。テラヘルツ装置C3においても、テラヘルツ装置C1と同様に、凹部224がホーンアンテナとして機能する。したがって、テラヘルツ装置C3は、テラヘルツ素子11をモジュール化する上で、ホーンアンテナが集積化されたパッケージ構造をとることができる。また、テラヘルツ装置C3においては、凹部224がダイアゴナルホーンと呼ばれるホーンアンテナとして機能し、マルチモードに対応する。

[0136] 図47は、第3実施形態の第3変形例にかかるテラヘルツ装置C4を示している。図47は、テラヘルツ装置C4を示す平面図である。テラヘルツ装置C4は、凹部224が平面視において長方形である。なお、図47に示す凹部224は、平面視において、長辺がy方向に延びる長方形である場合を示しているが、長辺がx方向に延びる長方形であってもよい。本変形例においても、平面視において、凹部224の中心は、テラヘルツ素子11の中心に重なる。テラヘルツ装置C4においても、テラヘルツ装置C1と同様に、凹部224がホーンアンテナとして機能する。したがって、テラヘルツ装置C4は、テラヘルツ素子11をモジュール化する上で、ホーンアンテナが集積化されたパッケージ構造をとることができる。また、テラヘルツ装置C4においては、凹部224が長方形であるため、基本モードTE₀₁波で励振される。

[0137] 第3実施形態において、素子主面111が第2樹脂層22に覆われている場合を示したが、これに限定されない。たとえば、凹部224によって、素

子主面 1 1 1 の一部が露出してもよい。図 4 8 は、第 3 実施形態の第 4 変形例にかかるテラヘルツ装置 C 5 を示している。図 4 8 は、テラヘルツ装置 C 5 を示す断面図であって、図 4 2 に示す断面に対応する。

[0138] テラヘルツ装置 C 5 においては、凹部 2 2 4 は、底面 2 2 4 a を有しておらず、図 4 8 に示すように、z 1 方向の端縁部分が開口している。これにより、素子主面 1 1 1 の一部が第 2 樹脂層 2 2 から露出している。つまり、テラヘルツ装置 C 5 において、素子主面 1 1 1 は、一部が第 2 樹脂層 2 2 に覆われており、他の部分が第 2 樹脂層 2 2 から露出している。

[0139] テラヘルツ装置 C 5 においても、先述のテラヘルツ装置 C 1 と同様の効果を奏することができる。

[0140] 第 3 実施形態において、凹部 2 2 4 の底面 2 2 4 a が、平坦である場合を示したが、これに限定されない。たとえば、底面 2 2 4 a から z 2 方向に隆起した部分が形成されていてもよい。図 4 9 は、第 3 実施形態の第 5 変形例にかかるテラヘルツ装置 C 6 を示している。図 4 9 は、テラヘルツ装置 C 6 を示す断面図であって、図 4 2 に示す断面に対応する。

[0141] テラヘルツ装置 C 6 において、凹部 2 2 4 は、隆起部 2 2 4 c をさらに含んでいる。隆起部 2 2 4 c は、図 4 9 に示すように、凹部 2 2 4 の底面 2 2 4 a から z 2 方向に隆起している。隆起部 2 2 4 c は、たとえば円錐台状に形成されている。隆起部 2 2 4 c の形状は、円錐台状に限定されず、角錐状であってもよいし、円錐状であってもよい。隆起部 2 2 4 c は、z 方向に直交する断面が、z 1 方向側から z 2 方向側に向かうほど、小さい。隆起部 2 2 4 c は、底面 2 2 4 a から起立する側面 2 2 4 d を含んでいる。側面 2 2 4 d は、底面 2 2 4 a に対して、傾斜している。隆起部 2 2 4 c は、平面視において、その中心が、凹部 2 2 4 の中心と重なる。図 4 9 に示す側面 2 2 4 d は、外部に露出しているが、金属膜 6 2 で覆われていてもよい。平面視において、隆起部 2 2 4 c の中心は、テラヘルツ素子 1 1 の中心と略一致する。

[0142] テラヘルツ装置 C 6 においても、先述のテラヘルツ装置 C 1 と同様の効果

を奏することができる。

[0143] <第4実施形態>

図50および図51は、第4実施形態にかかるテラヘルツ装置を示している。第4実施形態のテラヘルツ装置D1は、テラヘルツ装置A1と比較して、テラヘルツ波が出射（あるいは入射）される面（第2樹脂層主面221）に、電磁波制御部材が形成されている点で異なる。本実施形態においては、電磁波制御部材は、テラヘルツ波を制御するものであり、この制御には、偏波制御、周波数制御、指向性制御、分散制御、共振制御、あるいは、近接場制御などがある。本実施形態では、テラヘルツ装置A1において、電磁波制御部材を追加した構成のテラヘルツ装置D1を示すが、先述のテラヘルツ装置B1、C1あるいはそれらの変形例に追加してもよい。

[0144] 図50は、テラヘルツ装置D1を示す平面図である。図51は、図50のL1-L1線に沿う断面図である。

[0145] テラヘルツ装置D1は、先述のように、テラヘルツ装置A1と比較して、電磁波制御部材7をさらに備えている。電磁波制御部材7は、第2樹脂層主面221の上に形成されている。テラヘルツ装置D1は、電磁波制御部材7として、メタマテリアル構造体を集積化している。電磁波制御部材7は、平面視において、テラヘルツ素子11の素子主面111に重なる。本実施形態における電磁波制御部材7、すなわち、メタマテリアル構造体は、図50および図51に示すように、パターン層711および保護層712を含んでいる。

[0146] パターン層711は、第2樹脂層主面221の上に形成されている。パターン層711は、図50に示すように、平面視において、テラヘルツ素子11に重なる。また、パターン層711は、図50に示すように、平面視において、枠状導電体61に包囲された領域に重なる。パターン層711は、ルーバー状に配置された複数の金属体711aを含む。各金属体711aは、平面視において、y方向に沿って延びる帯状である。各金属体711aは、x方向に並んでいる。つまり、パターン層711は、帯状の複数の金属体

7 1 1 a がルーバー状に配置されて構成されている。

[0147] 保護層 7 1 2 は、パターン層 7 1 1 を覆うように形成されている。保護層 7 1 2 は、絶縁性を有する素材からなり、たとえばエポキシ系樹脂、ポリマー系樹脂、シリコン酸化膜（たとえば SiO_2 など）、あるいは、シリコン窒化膜（たとえば SiN など）である。図 5 1 に示すように、保護層 7 1 2 の表面（図 5 1 における z 2 方向を向く面）は、たとえば凹凸を有しているが、これに限定されず、平坦であってもよい。この保護層 7 1 2 の表面は、その突き出た部分（凸部）が、平面視において複数の金属体 7 1 1 a に重なり、窪んだ部分（凹部）が、平面視において複数の金属体 7 1 1 a に重ならない。

[0148] テラヘルツ装置 D 1 によれば、テラヘルツ装置 A 1 と同様の効果を奏することができる。

[0149] テラヘルツ装置 D 1 では、電磁波制御部材 7 が第 2 樹脂層 2 2 の第 2 樹脂層主面 2 2 1 の上に形成されている。したがって、テラヘルツ素子 1 1 からのテラヘルツ波は、電磁波制御部材 7 を通って、外部に出射される。あるいは、外部からのテラヘルツ波が、電磁波制御部材 7 を介して、テラヘルツ素子 1 1 に入射される。したがって、テラヘルツ装置 D 1 は、電磁波制御部材 7 によって、出射されるあるいは入射されるテラヘルツ波を制御することができる。つまり、テラヘルツ装置 D 1 は、テラヘルツ波の制御が可能なパッケージ構造をとることができる。

[0150] テラヘルツ装置 D 1 では、電磁波制御部材 7 は、パターン層 7 1 1 を含んでおり、当該パターン層 7 1 1 は、ルーバー状に配置された複数の金属体 7 1 1 a を含んでいる（図 5 0 および図 5 1 参照）。この構成によると、電磁波制御部材 7 が、偏波フィルタとして機能する。つまり、電磁波制御部材 7 によって、テラヘルツ素子 1 1 から放射されたテラヘルツ波を偏波して出射することができる。

[0151] テラヘルツ装置 D 1 においては、パターン層 7 1 1 が、 z 方向において単層である場合を示したが、複数のパターン層が積層されていてもよい。また

、テラヘルツ装置D 1においては、パターン層7 1 1を構成する複数の金属体7 1 1 aがルーバー状に配置された場合を示したが、これに限定されず、たとえば、平面視円環状の複数の金属体7 1 1 aが、同心円状に配置されていてもよい。この場合、複数の金属体7 1 1 aは、互いに内周の径が異なり、かつ、各金属体7 1 1 aの外周の径は、当該金属体7 1 1 aの外側に配置される金属体7 1 1 aの内周の径よりも小さい。また、平面視小円形の複数の金属体7 1 1 aが規則的（たとえば後述するフォトニック結晶構造と同等）に配置されていてもよい。

[0152] 図5 2～図5 6は、第4実施形態にかかるテラヘルツ装置D 1の各種変形例を示している。

[0153] 図5 2および図5 3は、第4実施形態の第1変形例にかかるテラヘルツ装置を示している。当該第1変形例にかかるテラヘルツ装置D 2は、テラヘルツ装置D 1と比較して、電磁波制御部材7の構成が異なる。図5 2は、テラヘルツ装置D 2を示す平面図である。図5 3は、図5 2のL 1 1 1ーL 1 1 1線に沿った断面図である。

[0154] 本変形例においては、テラヘルツ装置D 2は、電磁波制御部材7として、フォトニック結晶構造体を集積化している。なお、フォトニック結晶とは、2種類以上の光学材料(もしくは1種類の材料と空気)が周期的に配置されているものである。

[0155] テラヘルツ装置D 2は、第2樹脂層2 2の第2樹脂層主面2 2 1上に、誘電体7 2 1が形成されている。この誘電体7 2 1は、たとえばシリコン酸化膜であるが、これに限定されない。この誘電体7 2 1は、その表面(z 2方向を向く面であって、第2樹脂層主面2 2 1と同じ方向を向く面)に、複数の窪み7 2 1 aが形成されている。複数の窪み7 2 1 aは、各々がたとえば平面視円形状であり、たとえばドットパターン状に配置されている。複数の窪み7 2 1 aの配置は、ドットパターンに限定されず、電磁波制御部材7がフォトニック結晶構造体として構成するように配置されていればよい。ドットパターン状に配置された複数の窪み7 2 1 aの一部は、図5 3に示すよう

に、平面視において、テラヘルツ素子 1 1 に重なる。また、ドットパターン状に配置された複数の窪み 7 2 1 a の一部は、図 5 3 に示すように、平面視において棒状導電体 6 1 に包囲された領域に重なる。

[0156] テラヘルツ装置 D 2 において、複数の窪み 7 2 1 a は、電磁波制御部材 7 を周波数フィルタとして機能するように、配置されている。複数の窪み 7 2 1 a の配置は、これに限定されない。たとえば、電磁波制御部材 7 を、高 Q 値の共振器、あるいは、分散制御を行う部材として機能するように、複数の窪み 7 2 1 a が配置されていてもよい。たとえば、図 5 3 における配列において、周期性を乱して、中心付近の窪み 7 2 1 a を 1 ～ 3 個なくすと、高 Q 値の共振器として機能する。また、周期を緩やかに変化させる（隣り合う窪み 7 2 1 a の間隔を緩やかに変える）と、分散制御部材として機能する。

[0157] テラヘルツ装置 D 2 においても、先述のテラヘルツ装置 D 1 と同様の効果を奏することができる。本変形例においては、電磁波制御部材 7 は、複数の窪み 7 2 1 a が所定のパターンで配置された誘電体 7 2 1 を含んで構成される（図 5 2 および図 5 3 参照）。この構成によると、電磁波制御部材 7 が周波数フィルタとして機能する。つまり、電磁波制御部材 7 によって、テラヘルツ素子 1 1 から放射されたテラヘルツ波の周波数を制御して出射することができる。

[0158] 本変形例において、電磁波制御部材 7 は、フォトニック結晶構造体としての複数の窪みが誘電体 7 2 1 に形成されている場合を示したが、これに限定されない。たとえば、フォトニック結晶構造体としての複数の窪みを第 2 樹脂層 2 2 に直接設けてもよい。この場合であっても、上記テラヘルツ装置 D 2 と同様の効果を奏することができる。

[0159] 図 5 4 は、第 4 実施形態の第 2 変形例にかかるテラヘルツ装置を示している。当該第 2 変形例にかかるテラヘルツ装置 D 3 は、テラヘルツ装置 D 1 , D 2 と比較して、電磁波制御部材 7 の構成が異なる。図 5 4 は、テラヘルツ装置 D 3 を示す断面図であって、テラヘルツ装置 D 1 の図 5 1 に示す断面に対応した図である。

[0160] 本変形例においては、テラヘルツ装置D 3は、電磁波制御部材7として、互いに屈折率の異なる複数の薄膜を積層した積層構造を集積化している。本変形例における電磁波制御部材7は、図5 4に示すように、第2樹脂層主面2 2 1上に第1薄膜7 3 1、第1薄膜7 3 1上に第2薄膜7 3 2、第2薄膜7 3 2上に第3薄膜7 3 3が積層されている。第1薄膜7 3 1、第2薄膜7 3 2および第3薄膜7 3 3は、平面視においてテラヘルツ素子1 1に重なる。第1薄膜7 3 1、第2薄膜7 3 2および第3薄膜7 3 3は、平面視において枠状導電体6 1に包囲された領域に重なる。図5 4においては、3つの薄膜が形成された場合を示しているが、この薄膜の数は、特に限定されない。第1薄膜7 3 1、第2薄膜7 3 2および第3薄膜7 3 3の屈折率は、封止樹脂2 0の屈折率を n_{20} とすると、それぞれ、 n_{731} 、 n_{732} 、 n_{733} である。本実施形態においては、このように、複数の薄膜の屈折率を変えることで、電磁波制御部材7によって、テラヘルツ素子1 1から放射され、テラヘルツ装置D 3から出射させるテラヘルツ波を制御している。上記複数の薄膜の各屈折率 n_{731} 、 n_{732} 、 n_{733} は、適当なテラヘルツ波が出射されるように、その組み合わせを変更すればよい。

[0161] テラヘルツ装置D 3においても、先述のテラヘルツ装置D 1と同様の効果を奏することができる。

[0162] 図5 5は、第4実施形態の第3変形例にかかるテラヘルツ装置を示している。当該第3変形例にかかるテラヘルツ装置D 4は、テラヘルツ装置D 3と比較して、凹部2 2 4が形成された第2樹脂層2 2の上に、電磁波制御部材7が形成されている点で異なる。図5 5は、テラヘルツ装置D 4を示す断面図であって、テラヘルツ装置D 1の図5 1に示す断面に対応する。

[0163] 本変形例において、電磁波制御部材7は、パターン層7 4 1および誘電体7 4 2を含んでいる。パターン層7 4 1は、テラヘルツ装置D 1のパターン層7 1 1と同様に構成される。よって、パターン層7 4 1は、複数の金属体7 1 1 aを含んで構成される。誘電体7 4 2は、パターン層7 4 1を覆っている。誘電体7 4 2は、誘電体シートであってもよいし、誘電体基板であっ

てもよい。誘電体 7 4 2 の構成材料は、テラヘルツ装置 D 2 の誘電体 7 2 1 の構成材料と同じである。誘電体 7 4 2 は、第 2 樹脂層主面 2 2 1 の上に形成されるとともに、第 2 樹脂層 2 2 の凹部 2 2 4 に蓋をするように形成されている。よって、本変形例において、第 2 樹脂層 2 2 の凹部 2 2 4 は、空隙である。なお、本変形例の電磁波制御部材 7 において、複数のパターン層 7 4 1 が積層された構成であってもよい。この場合、複数のパターン層 7 4 1 は、z 方向に積層され、かつ、各パターン層 7 4 1 の間には誘電体 7 4 2 が介在した構成となる。

[0164] テラヘルツ装置 D 4 においても、先述のテラヘルツ装置 D 1 と同様の効果を奏することができる。

[0165] 図 5 6 は、第 4 実施形態の第 4 変形例にかかるテラヘルツ装置を示す。当該第 4 変形例にかかるテラヘルツ装置 D 5 は、テラヘルツ装置 D 4 と比較して、第 3 樹脂層 2 3 をさらに備えている点で異なる。図 5 6 は、本変形例にかかるテラヘルツ装置 D 5 を示す断面図であって、テラヘルツ装置 D 1 の図 5 1 に示す断面に対応する。

[0166] 第 3 樹脂層 2 3 は、第 2 樹脂層 2 2 の上に、形成されている。第 3 樹脂層 2 3 は、一部が、第 2 樹脂層 2 2 の凹部 2 2 4 に充填されている。第 3 樹脂層 2 3 の上には、電磁波制御部材 7 が形成されている。第 3 樹脂層 2 3 は、第 2 樹脂層 2 2 と電磁波制御部材 7 との間に介在している。

[0167] 本変形例においては、電磁波制御部材 7 は、テラヘルツ装置 D 1（図 5 0 および図 5 1 参照）と同様に、複数の金属体 7 1 1 a を含むパターン層 7 1 1 によって形成されている。図 5 6 に示す電磁波制御部材 7 は、テラヘルツ装置 D 1 と異なり、保護層 7 1 2 を含んでいない場合を示しているが、テラヘルツ装置 D 1 と同様に、電磁波制御部材 7 が保護層 7 1 2 を含んでいてもよい。

[0168] テラヘルツ装置 D 5 においても、先述のテラヘルツ装置 D 1 と同様の効果を奏することができる。

[0169] テラヘルツ装置 D 5 においては、パターン層 7 1 1 が、第 3 樹脂層 2 3 の

上に形成されている場合を示したが、これに限定されない。パターン層 7 1 1 は、第 3 樹脂層 2 3 に埋め込まれていてもよい。このようにパターン層 7 1 1 が第 3 樹脂層 2 3 に埋め込まれた構成において、複数のパターン層 7 1 1 を備えていてもよい。この場合、各パターン層 7 1 1 が、第 3 樹脂層 2 3 に埋め込まれていてもよい。これとは異なり、最上層の（最も z 2 方向に位置する）パターン層 7 1 1 が、第 3 樹脂層 2 3 から露出するように第 3 樹脂層 2 3 の上に形成されつつ、下層の（z 1 方向に位置する）パターン層 7 1 1 が第 3 樹脂層 2 3 に埋め込まれていてもよい。

[0170] 以下に、本開示のテラヘルツ装置におけるその他の変形例について説明する。以下に示す各変形例は、適宜組み合わせることが可能である。

[0171] 本開示のテラヘルツ装置において、各外部電極 4 0 の構成は、第 1 実施形態ないし第 4 実施形態で示した構成に限定されない。たとえば、各外部電極 4 0 は、球体状のはんだバンプ（はんだボール）であってもよい。図 5 7 は、第 1 実施形態のテラヘルツ装置 A 1 において、各外部電極 4 0（柱状導電体被覆部 4 1）をはんだボールで構成した場合を示している。図 5 7 は、このような変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図であって、図 4 の断面に対応する。なお、図 5 7 に示す構成は一例であって、第 1 実施形態ないし第 4 実施形態およびこれらの変形例にかかるテラヘルツ装置においても、各外部電極 4 0 がはんだボールで構成されていてもよい。また、外部電極 4 0 の配線層被覆部 4 2 がはんだボールで構成されていてもよい。

[0172] 本開示のテラヘルツ装置において、各接合部 5 1 の構成は、第 1 実施形態ないし第 4 実施形態で示した構成に限定されない。図 5 8 は、第 1 実施形態のテラヘルツ装置 A 1 において、接合部 5 1 の構造が異なる場合を示している。図 5 8 は、このような変形例にかかるテラヘルツ装置を示す部分拡大断面図であって、図 5 の部分拡大断面図に対応する。本変形例の接合部 5 1 において、絶縁層 5 1 1 は、たとえば各配線層 3 2 を覆うソルダーレジストである。絶縁層 5 1 1 は、各配線層 3 2 の上の一部が開口している。接合層 5 1 2 は、一部が絶縁層 5 1 1 において開口した部分に充填されている。接合

層 5 1 2 において、第 1 層 5 1 2 a の構成材料は、たとえば互いに積層された下地層およびめっき層である。下地層は、たとえば T i 層および C u 層を含み、めっき層はたとえば C u を含む金属である。第 2 層 5 1 2 b の構成材料は、たとえば N i を含む金属である。第 3 層 5 1 2 c の構成材料は、たとえば S n を含む合金である。この合金を例示すると、S n - S b 系合金または S n - A g 系合金などの鉛フリーはんだである。図 5 8 に示す構成は一例であって、第 1 実施形態ないし第 4 実施形態およびこれらの変形例にかかるテラヘルツ装置においても、接合部 5 1 が、図 5 8 に示すように構成されていてもよい。同様に、本開示のテラヘルツ装置において、接合部 5 2 の構成は、第 2 実施形態で示した構成に限定されず、たとえば、接合部 5 2 においても、図 5 8 に示す接合部 5 1 と同様に構成してもよい。

[0173] 本開示のテラヘルツ装置において、杵状導電体 6 1 を備えていなくてもよい。ただし、テラヘルツ波の出射品質あるいは受信品質を向上させる上で、杵状導電体 6 1 を備えておくことが好ましい。

[0174] 本開示のテラヘルツ装置において、テラヘルツ素子 1 1 の素子主面 1 1 1 が第 2 樹脂層 2 2 の第 2 樹脂層主面 2 2 1 から露出していてもよい。たとえば、第 2 樹脂層研削工程において、テラヘルツ素子 8 1 1 の素子主面 8 1 1 a が露出するまで、第 2 樹脂層 8 2 2 を研削することで製造される。なお、本変形例においては、テラヘルツ素子 1 1 の素子主面 1 1 1 が、テラヘルツ装置の外部に露出するため、当該素子主面 1 1 1 を覆う保護膜を形成しておくともよい。本変形例においては、テラヘルツ素子 1 1 の素子主面 1 1 1 が露出するまで、第 2 樹脂層 2 2 を研削するため、第 2 樹脂層 2 2 の厚さ（z 方向寸法）を小さくできる。したがって、テラヘルツ装置の厚さ（z 方向寸法）を小さくできるので、テラヘルツ装置の小型化を図ることができる。さらに、テラヘルツ素子 1 1 の素子主面 1 1 1 が第 2 樹脂層 2 2 から露出しているので、テラヘルツ素子 1 1 からの熱の放熱効率が向上される。

[0175] 本開示のテラヘルツ装置において、配線層 3 2 の形成範囲および配線層 3 3 の形成範囲は、第 1 実施形態ないし第 4 実施形態で示した例に限定されな

い。たとえば、テラヘルツ素子 11 の電極パッドの数や位置、1 つ以上の電子部品 16 の電極パッドの数や位置、テラヘルツ素子 11 と 1 つ以上の電子部品 16 との導通経路、および、テラヘルツ装置の端子（外部電極 40）の数や位置などに応じて、適宜変更可能である。

[0176] 本開示のテラヘルツ装置において、外部電極 40 の構成は、第 1 実施形態ないし第 4 実施形態で示した例に限定されない。図 59 は、外部電極 40 が柱状導電体被覆部 41 および配線層被覆部 42 の両方を含んでいる場合を示している。図 60 は、第 2 実施形態のテラヘルツ装置 B1 において、外部電極 40 が配線層被覆部 42 を含まず、柱状導電体被覆部 41 を含んでいる場合を示している。図 59 および図 60 はともに、本変形例にかかるテラヘルツ装置を示す断面図であって、図 24 に示す断面に対応する。図 59 に示す例においては、柱状導電体 31 が配線層 33 の上に形成されておらず、テラヘルツ素子 11 と各電子部品 16 とがテラヘルツ装置の内部で導通していない。テラヘルツ素子 11 は、接合部 51、配線層 32 および柱状導電体 31 を介して、柱状導電体被覆部 41（外部電極 40）に導通する。電子部品 16 は、接合部 52 および配線層 33 を介して、配線層被覆部 42（外部電極 40）に導通する。よって、図 59 に示すテラヘルツ装置においては、柱状導電体被覆部 41 は、テラヘルツ素子 11 に導通する端子であり、配線層被覆部 42 は、電子部品 16 に導通する端子である。一方、図 60 に示す例においては、柱状導電体 31 は、複数の柱状部 31A、31B を含んでいる。各柱状部 31A は、第 1 樹脂層 21 の第 1 樹脂層主面 211 から第 1 樹脂層裏面 212 まで z 方向に貫通する。各柱状部 31B は、配線層 33 の上に形成され、配線層 32 に接続されている。テラヘルツ素子 11 は、接合部 51、配線層 32 および柱状部 31A を介して、柱状導電体被覆部 41（外部電極 40）に導通する。各電子部品 16 は、接合部 52、配線層 33、柱状部 31B、配線層 32 および柱状部 31A を介して、柱状導電体被覆部 41（外部電極 40）に導通する。よって、図 60 に示すテラヘルツ装置においては、配線層被覆部 42（外部電極 40）は、テラヘルツ素子 11 および各電

子部品 16 の両方に導通する端子である。図 60 に示す例においては、枠状導電体 61 を備えていない場合を示しているが、枠状導電体 61 を追加してもよい。

[0177] 本開示のテラヘルツ装置において、枠状導電体 61 は、平面視形状が矩形環状である場合を示したが、枠状導電体 61 の内面 611 が共振面となっていれば、枠状導電体 61 の平面視形状は、特に限定されない。図 61～図 66 は、本開示のテラヘルツ装置がとりうる、枠状導電体 61 の他の形状をそれぞれ示している。図 61～図 66 は、当該変形例にかかるテラヘルツ装置を示す平面図であって、第 2 樹脂層 22 を省略している。これらの図で示す枠状導電体 61 の他の形状は、一例であって、これらに限定されない。

[0178] 図 61 は、枠状導電体 61 の平面視形状が円環状である場合を示している。本変形例において、枠状導電体 61 の内面 611 は、平面視において、その半径 r がテラヘルツ波の波長 λ の $1/4$ の整数倍、すなわち、 $\lambda/4$ の整数倍である。枠状導電体 61 の平面視形状が円環状であっても、当該枠状導電体 61 が電磁シールドとして機能するので、外乱ノイズ耐性やクロストークの抑制を図ることができる。枠状導電体 61 は、図 61 に示すように略真円の環状でなくてもよく、たとえば楕円の環状であってもよい。また、たとえば、テラヘルツ素子 11 に集積化されるアンテナ構造が特定方向の偏波に依存しないアンテナの場合、枠状導電体 61 を平面視円環状で構成することで、あらゆる方向からの電磁波を効率よく受信できる。

[0179] 図 62 および図 63 は、枠状導電体 61 が平面視において連続せず、1つ以上のスリット 619 が形成されている場合を示している。図 62 および図 63 に示す例においては、1つ以上のスリット 619 が、平面視において、テラヘルツ波の発振点すなわちテラヘルツ素子 11 の中心位置 P1 に対して対称的に配置されている。図 62 は、平面視矩形環状である枠状導電体 61 に1つ以上のスリット 619 を設けた場合を示している。図 63 は、平面視円環状である枠状導電体 61 に1つ以上のスリット 619 を設けた場合を示している。図 62 および図 63 のそれぞれにおいては、4つのスリット 61

9が形成されている場合を示しているが、設けるスリット619の数は限定されない。これらの場合であっても、テラヘルツ素子11から発射されたテラヘルツ波が枠状導電体61の内面611によって共振反射されるので、本変形例にかかるテラヘルツ装置から出射されるテラヘルツ波のノイズ低減および利得向上を図ることができる。

[0180] 図64は、図62および図63と同様に、枠状導電体61に1つ以上のスリット619が形成されているが、図62および図63と異なり、1つ以上のスリット619がテラヘルツ波の発振点に対して対称的に配置されていない場合を示している。図64に示す変形例において、枠状導電体61は、複数のスリット619によって分離された複数の金属個物610を含んでいる。複数の金属個物610の構成は、特に限定されないが、枠状導電体61の内面611によって、定性的に、テラヘルツ素子11からのテラヘルツ波が反射するように構成させておくといよい。すなわち、枠状導電体61が、テラヘルツ素子11からのテラヘルツ波を共振させる共振器として機能するように、複数の金属個物610が配列されていれよい。このような枠状導電体61が共振器として機能させるために、複数の金属個物610は、たとえば次のように構成されている。

[0181] それは、まず、図64に示すように、各金属個物610において、z方向に見て、当該金属個物610を囲む最小面積の四角形（図面の細い点線を参照）を想定する。そして、この想定した四角形の長辺方向の長さを、各金属個物610の長さ L_i と定義する。 i は正の整数（ $i = 1, 2, \dots, n$ ）であり、 n は金属個物610の個数である。図64においては、4つの金属個物610があるので、 $i = 1, 2, 3, 4$ である。また、1つのスリット619を挟んだ2つ金属個物610間の最小離間距離を離間距離 S_i と定義する。離間距離 S_i を定義する際、テラヘルツ素子11を囲む閉ループであって、複数の金属個物610を通り、かつ、これらを繋いだ閉ループを考える。このとき考える閉ループは、テラヘルツ素子11を横断せず、かつ、その長さが最小となるものである。図64における例においては、その閉ループは

、太い点線で示した経路となる。そして、考えた閉ループ上の各金属個物 610 間の距離が、上記 2 つの金属個物 610 間の離間距離 S_i である。上記のように、各金属個物 610 の長さ L_i と 2 つ金属個物 610 間の離間距離 S_i とを定義したとき、 $L_0 = \sum L_i = L_1 + L_2 + \dots + L_i + \dots + L_n$ 、 $S_0 = \sum S_i = S_1 + S_2 + \dots + S_i + \dots + S_n$ とすると、 $S_0 / L_0 < 1$ を満たすように、複数の金属個物 610 が構成されている。すなわち、複数の金属個物 610 の各長さ L_i の和が、各離間距離 S_i の和よりも大きくなるように、複数の金属個物 610 が構成されている。このように構成することで、テラヘルツ素子 11 からのテラヘルツ波が枠状導電体 61 の内面 611 によって共振反射されるので、本変形例にかかるテラヘルツ装置から出射されるテラヘルツ波のノイズ低減および利得向上を図ることができる。たとえば、以上の条件を満たすように、複数の金属個物 610 を構成することで、たとえば図 65 に示すような平面視形状の枠状導電体 61 であっても、同様に、本変形例にかかるテラヘルツ装置から出射されるテラヘルツ波のノイズ低減および利得向上を図ることができる。

[0182] 図 66 は、各々が略同形の、複数の微小な金属個物 610 が、枠状導電体 61 として矩形環状になるように、配列された場合を示している。図 66 に示す例示とは異なり、複数の微小な金属個物 610 が、円環状に配列されていてもよい。図 66 に示す例においては、たとえば、各金属個物 610 の長さ L_i が、 $L_i < \lambda / 8$ (λ はテラヘルツ波の波長) を満たしつつ、かつ、各金属個物 610 間の離間距離 S_i が、 $S_i \leq 2 L_i$ を満たすように、複数の金属個物 610 が構成されている。図 66 に示す枠状導電体 61 においても、枠状導電体 61 の内面 611 でテラヘルツ波が共振反射するので、すなわち、枠状導電体 61 が定性的に共振器として機能するので、本変形例にかかるテラヘルツ装置から出射されるテラヘルツ波のノイズ低減および利得向上を図ることができる。図 66 においては、各金属個物 610 は、平面視形状が矩形であるが、上記した条件を満たせば、その平面視形状はどのような形状であってもよい。

[0183] 本開示にかかるテラヘルツ装置およびその製造方法は、上記した実施形態に限定されるものではない。本開示のテラヘルツ装置の各部の具体的な構成および本開示のテラヘルツ装置の製造方法の各工程の具体的な処理は、種々に設計変更自在である。

[0184] 本開示にかかるテラヘルツ装置およびその製造方法は、以下の付記に関する実施形態を含む。

[付記 1]

第 1 方向において離間する第 1 樹脂層主面および第 1 樹脂層裏面を有する第 1 樹脂層と、

前記第 1 樹脂層主面と同じ方向を向く第 1 導電体主面および前記第 1 樹脂層裏面と同じ方向を向く第 1 導電体裏面を有し、前記第 1 樹脂層を前記第 1 方向に貫通する第 1 導電体と、

前記第 1 樹脂層主面と前記第 1 導電体主面とに跨る第 1 配線層と、

前記第 1 樹脂層主面と同じ方向を向く素子主面および前記第 1 樹脂層裏面と同じ方向を向く素子裏面を有し、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行うテラヘルツ素子と、

前記第 1 樹脂層主面と同じ方向を向く第 2 樹脂層主面および前記第 1 樹脂層主面に接する第 2 樹脂層裏面を有し、前記第 1 配線層および前記テラヘルツ素子を覆う第 2 樹脂層と、

前記第 1 樹脂層よりも前記第 1 樹脂層裏面が向く方向側に配置され、前記第 1 導電体に導通する外部電極と、
を備えており、

前記テラヘルツ素子は、前記第 1 配線層に導通接合されていることを特徴とするテラヘルツ装置。

[付記 2]

前記素子裏面は、前記テラヘルツ波の発振あるは受信を行う能動面である、付記 1 に記載のテラヘルツ装置。

[付記 3]

前記第2樹脂層は、前記第2樹脂層主面から前記第1方向に窪んだ凹部を含んでおり、

前記凹部は、底面および連絡面を有し、

前記底面は、前記第2樹脂層主面と同じ方向を向き、

前記連絡面は、前記底面と前記第2樹脂層主面とに繋がる、付記1または付記2に記載のテラヘルツ装置。

[付記4]

前記連絡面を覆う金属膜をさらに備えている、付記3に記載のテラヘルツ装置。

[付記5]

前記凹部は、前記第1方向に見て、前記テラヘルツ素子に重なる、付記3または付記4に記載のテラヘルツ装置。

[付記6]

前記第2樹脂層を前記第1方向に貫通する第2導電体をさらに備えており、

前記第2導電体は、前記第1方向に見て、前記テラヘルツ素子の周囲に配置されている、付記1ないし付記5のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記7]

前記第2導電体は、前記第1方向に見て、前記テラヘルツ素子を包囲している、付記6に記載のテラヘルツ装置。

[付記8]

前記第2導電体は、前記第1方向に見て、前記第1配線層から離間している、付記6または付記7に記載のテラヘルツ装置。

[付記9]

前記第2導電体は、前記第2樹脂層主面と同じ方向を向く第2導電体主面を有する、付記6ないし付記8のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記10]

前記第2導電体主面は、前記第2樹脂層主面に対して、窪んでいる、付記

9に記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 1]

前記外部電極は、前記第 1 導電体裏面を覆う第 1 導電体被覆部を含んでいる、付記 1 ないし付記 1 0 のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 2]

前記第 1 樹脂層裏面と同じ方向を向く第 2 配線層裏面を有する第 2 配線層をさらに備えており、

前記第 2 配線層裏面は、前記第 1 樹脂層から露出している、付記 1 ないし付記 1 0 のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 3]

前記テラヘルツ素子とは異なる電子部品をさらに備えており、

前記電子部品は、前記第 2 配線層に導通接合され、前記第 1 樹脂層に覆われている、付記 1 2 に記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 4]

前記第 2 配線層は、前記第 1 樹脂層主面と同じ方向を向く第 2 配線層主面をさらに有しており、

前記第 1 導電体裏面は、前記第 2 配線層主面に接している、付記 1 2 または付記 1 3 に記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 5]

前記外部電極は、前記第 2 配線層裏面を覆う第 2 配線層被覆部を含んでいる、付記 1 2 ないし付記 1 4 のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 6]

前記第 2 配線層裏面のうち前記外部電極から露出する部分を覆う保護膜をさらに備えている、付記 1 5 に記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 7]

前記第 1 樹脂層主面には、研削痕が形成されている、付記 1 ないし付記 1 6 のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記 1 8]

前記第 1 導電体主面は、前記第 1 樹脂層主面に対して、窪んでいる、付記 17 に記載のテラヘルツ装置。

[付記 19]

前記テラヘルツ素子と前記第 1 配線層とを接合する導電性接合層をさらに備えており、

前記第 1 配線層は、前記第 1 方向に見て、一部が前記テラヘルツ素子に重なり、

前記導電性接合層は、前記素子裏面と前記第 1 配線層との間に介在する、付記 1 ないし付記 18 のいずれかに記載のテラヘルツ装置。

[付記 20]

第 1 方向において離間する基板主面および基板裏面を有する支持基板を用意する支持基板用意工程と、

前記基板主面の上に、第 1 導電体を形成する第 1 導電体形成工程と、

前記第 1 導電体を覆う第 1 樹脂層を形成する第 1 樹脂層形成工程と、

前記基板主面が向く側から前記基板裏面が向く側に前記第 1 樹脂層を研削し、前記第 1 導電体の一部を前記第 1 樹脂層から露出させることで、各々が前記第 1 方向において前記基板主面と同じ側を向く第 1 導電体主面および第 1 樹脂層主面を形成する第 1 樹脂層研削工程と、

前記第 1 樹脂層主面と前記第 1 導電体主面とに跨る第 1 配線層を形成する第 1 配線層形成工程と、

前記第 1 配線層の上に、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行うテラヘルツ素子を導通接合するテラヘルツ素子搭載工程と、

前記第 1 配線層および前記テラヘルツ素子を覆う第 2 樹脂層を形成する第 2 樹脂層形成工程と、

前記支持基板を除去することで、前記第 1 方向において前記第 1 樹脂層主面と反対側を向く第 1 樹脂層裏面を露出させる支持基板除去工程と、

前記第 1 樹脂層よりも前記第 1 樹脂層裏面が向く方向側に配置され、前記第 1 導電体に導通する外部電極を形成する外部電極形成工程と、を有するこ

とを特徴とするテラヘルツ装置の製造方法。

[付記 2 1]

前記支持基板用意工程の後であり、前記第 1 導電体形成工程の前に、前記基板主面の一部を覆う第 2 配線層を形成する第 2 配線層形成工程をさらに有しており、

前記第 1 導電体形成工程では、前記第 2 配線層の上に、前記第 1 導電体を形成する、付記 2 0 に記載のテラヘルツ装置の製造方法。

[付記 2 2]

前記第 2 配線層の上に、前記テラヘルツ素子と異なる電子部品を導通接合する電子部品搭載工程をさらに有する、付記 2 1 に記載のテラヘルツ装置の製造方法。

[付記 2 3]

前記第 1 樹脂層研削工程の後であって、前記第 2 樹脂層形成工程の前に、前記第 1 樹脂層の一部の上に、第 2 導電体を形成する第 2 導電体形成工程をさらに有している、付記 2 0 ないし付記 2 2 のいずれかに記載のテラヘルツ装置の製造方法。

請求の範囲

- [請求項1] 第1方向において離間する第1樹脂層主面および第1樹脂層裏面を有する第1樹脂層と、
- 前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く第1導電体主面および前記第1樹脂層裏面と同じ方向を向く第1導電体裏面を有し、前記第1樹脂層を前記第1方向に貫通する第1導電体と、
- 前記第1樹脂層主面と前記第1導電体主面とに跨る第1配線層と、
- 前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く素子主面および前記第1樹脂層裏面と同じ方向を向く素子裏面を有し、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行うテラヘルツ素子と、
- 前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く第2樹脂層主面および前記第1樹脂層主面に接する第2樹脂層裏面を有し、前記第1配線層および前記テラヘルツ素子を覆う第2樹脂層と、
- 前記第1樹脂層よりも前記第1樹脂層裏面が向く方向側に配置され、前記第1導電体に導通する外部電極と、
- を備えており、
- 前記テラヘルツ素子は、前記第1配線層に導通接合されている、ことを特徴とするテラヘルツ装置。
- [請求項2] 前記素子裏面は、前記テラヘルツ波の発振あるいは受信を行う能動面である、
- 請求項1に記載のテラヘルツ装置。
- [請求項3] 前記第2樹脂層は、前記第2樹脂層主面から前記第1方向に窪んだ凹部を含んでおり、
- 前記凹部は、底面および連絡面を有し、
- 前記底面は、前記第2樹脂層主面と同じ方向を向き、
- 前記連絡面は、前記底面と前記第2樹脂層主面とに繋がる、
- 請求項1または請求項2に記載のテラヘルツ装置。
- [請求項4] 前記連絡面を覆う金属膜をさらに備えている、

請求項 3 に記載のテラヘルツ装置。

[請求項5] 前記凹部は、前記第 1 方向に見て、前記テラヘルツ素子に重なる、請求項 3 または請求項 4 に記載のテラヘルツ装置。

[請求項6] 前記第 2 樹脂層を前記第 1 方向に貫通する第 2 導電体をさらに備えており、

前記第 2 導電体は、前記第 1 方向に見て、前記テラヘルツ素子の周囲に配置されている、

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項7] 前記第 2 導電体は、前記第 1 方向に見て、前記テラヘルツ素子を包囲している、

請求項 6 に記載のテラヘルツ装置。

[請求項8] 前記第 2 導電体は、前記第 1 方向に見て、前記第 1 配線層から離間している、

請求項 6 または請求項 7 に記載のテラヘルツ装置。

[請求項9] 前記第 2 導電体は、前記第 2 樹脂層主面と同じ方向を向く第 2 導電体主面を有する、

請求項 6 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項10] 前記第 2 導電体主面は、前記第 2 樹脂層主面に対して、窪んでいる、

請求項 9 に記載のテラヘルツ装置。

[請求項11] 前記外部電極は、前記第 1 導電体裏面を覆う第 1 導電体被覆部を含んでいる、

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項12] 前記第 1 樹脂層裏面と同じ方向を向く第 2 配線層裏面を有する第 2 配線層をさらに備えており、

前記第 2 配線層裏面は、前記第 1 樹脂層から露出している、

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項13] 前記テラヘルツ素子とは異なる電子部品をさらに備えており、

前記電子部品は、前記第2配線層に導通接合され、前記第1樹脂層に覆われている、

請求項12に記載のテラヘルツ装置。

[請求項14] 前記第2配線層は、前記第1樹脂層主面と同じ方向を向く第2配線層主面をさらに有しており、

前記第1導電体裏面は、前記第2配線層主面に接している、

請求項12または請求項13に記載のテラヘルツ装置。

[請求項15] 前記外部電極は、前記第2配線層裏面を覆う第2配線層被覆部を含んでいる、

請求項12ないし請求項14のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項16] 前記第2配線層裏面のうち前記外部電極から露出する部分を覆う保護膜をさらに備えている、

請求項15に記載のテラヘルツ装置。

[請求項17] 前記第1樹脂層主面には、研削痕が形成されている、

請求項1ないし請求項16のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項18] 前記第1導電体主面は、前記第1樹脂層主面に対して、窪んでいる、

請求項17に記載のテラヘルツ装置。

[請求項19] 前記テラヘルツ素子と前記第1配線層とを接合する導電性接合層をさらに備えており、

前記第1配線層は、前記第1方向に見て、一部が前記テラヘルツ素子に重なり、

前記導電性接合層は、前記素子裏面と前記第1配線層との間に介在する、

請求項1ないし請求項18のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置。

[請求項20] 第1方向において離間する基板主面および基板裏面を有する支持基板を用意する支持基板用意工程と、

前記基板主面の上に、第1導電体を形成する第1導電体形成工程と、
、
前記第1導電体を覆う第1樹脂層を形成する第1樹脂層形成工程と、
、
前記基板主面が向く側から前記基板裏面が向く側に前記第1樹脂層を研削し、前記第1導電体の一部を前記第1樹脂層から露出させることで、各々が前記第1方向において前記基板主面と同じ側を向く第1導電体主面および第1樹脂層主面を形成する第1樹脂層研削工程と、
前記第1樹脂層主面と前記第1導電体主面とに跨る第1配線層を形成する第1配線層形成工程と、
前記第1配線層の上に、テラヘルツ波と電気エネルギーとの変換を行うテラヘルツ素子を導通接合するテラヘルツ素子搭載工程と、
前記第1配線層および前記テラヘルツ素子を覆う第2樹脂層を形成する第2樹脂層形成工程と、
前記支持基板を除去することで、前記第1方向において前記第1樹脂層主面と反対側を向く第1樹脂層裏面を露出させる支持基板除去工程と、
前記第1樹脂層よりも前記第1樹脂層裏面が向く方向側に配置され、前記第1導電体に導通する外部電極を形成する外部電極形成工程と、
、
を有することを特徴とするテラヘルツ装置の製造方法。

[請求項21] 前記支持基板用意工程の後であり、前記第1導電体形成工程の前に、前記基板主面の一部を覆う第2配線層を形成する第2配線層形成工程をさらに有しており、

前記第1導電体形成工程では、前記第2配線層の上に、前記第1導電体を形成する、

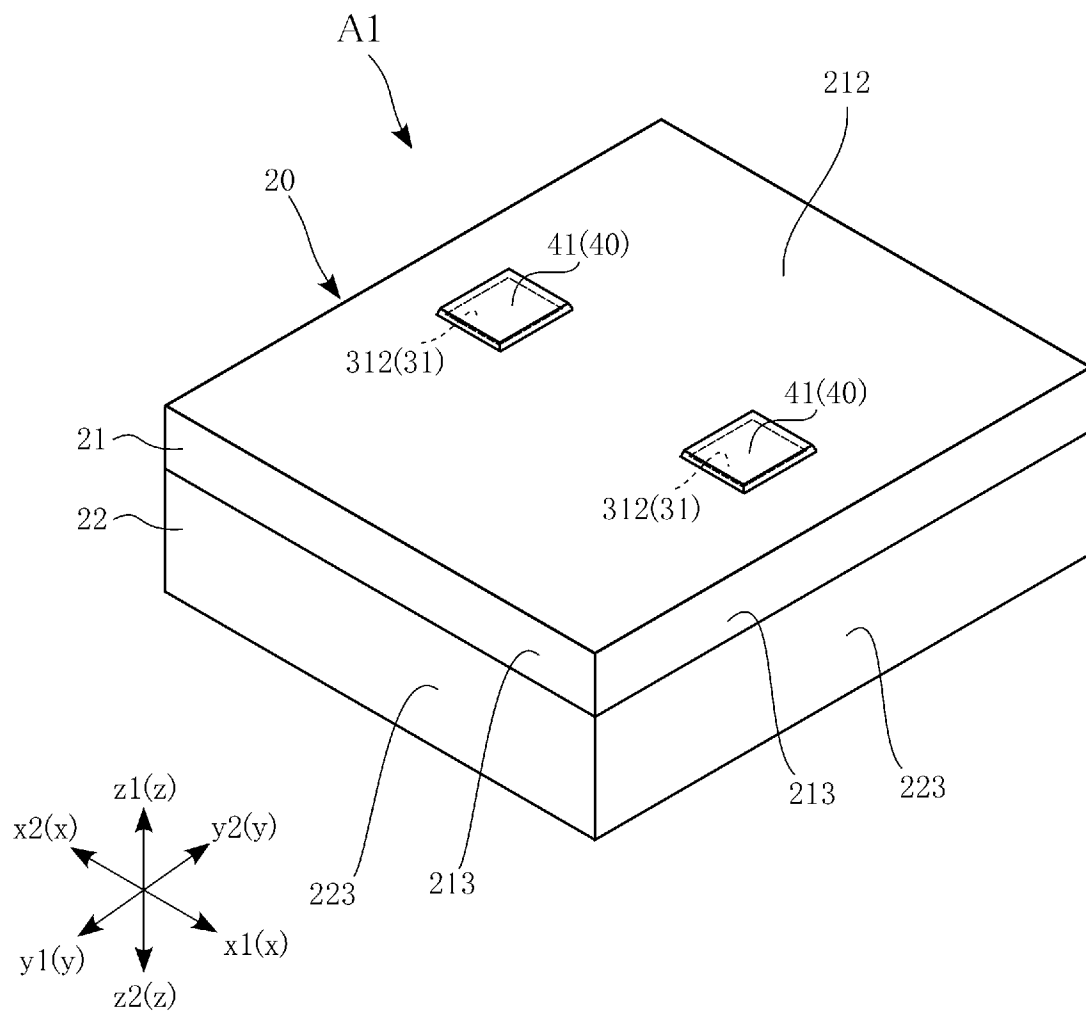
請求項20に記載のテラヘルツ装置の製造方法。

[請求項22] 前記第2配線層の上に、前記テラヘルツ素子と異なる電子部品を導

通接合する電子部品搭載工程をさらに有する、
請求項 2 1 に記載のテラヘルツ装置の製造方法。

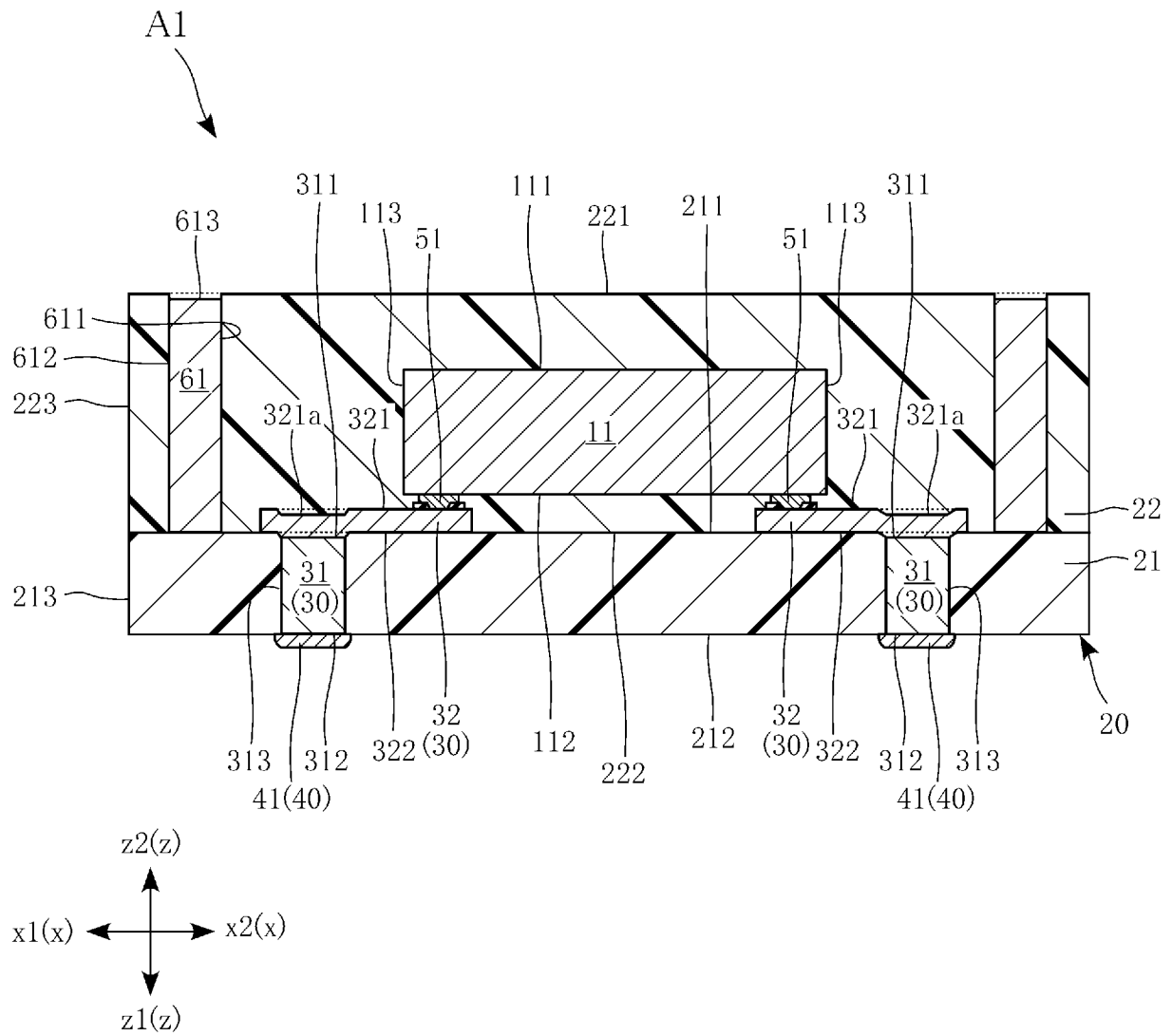
[請求項23] 前記第 1 樹脂層研削工程の後であって、前記第 2 樹脂層形成工程の前に、前記第 1 樹脂層の一部の上に、第 2 導電体を形成する第 2 導電体形成工程をさらに有している、
請求項 2 0 ないし請求項 2 2 のいずれか一項に記載のテラヘルツ装置の製造方法。

[図1]
FIG.1

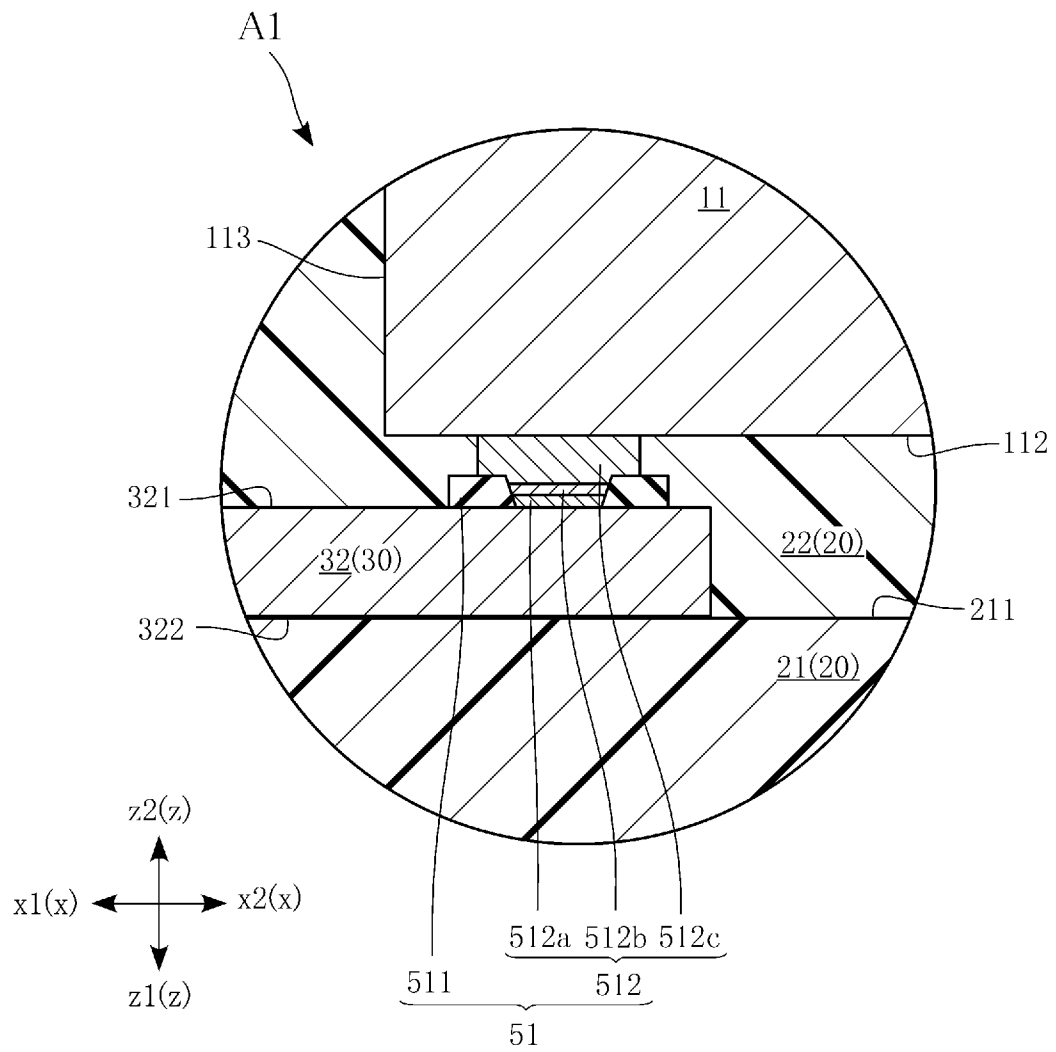


The diagram illustrates a plan view of a semiconductor device 100. It features several nested rectangular layers. The outermost layer is designated by reference numeral 21(20). Within this, there is a layer 61, followed by a layer 11, and then a layer 113. At the center, there is a square region containing four smaller squares, each labeled 31(30). These central squares are arranged symmetrically around a horizontal dashed line. Vertical dimensions X_a and X_b are shown, indicating distances between the central region and the surrounding layers. A coordinate system is provided at the bottom left, with horizontal axes $x_1(x)$ and $x_2(x)$, and vertical axes $y_1(y)$ and $y_2(y)$. Upward-pointing arrows labeled IV are located on the left and right sides of the device.

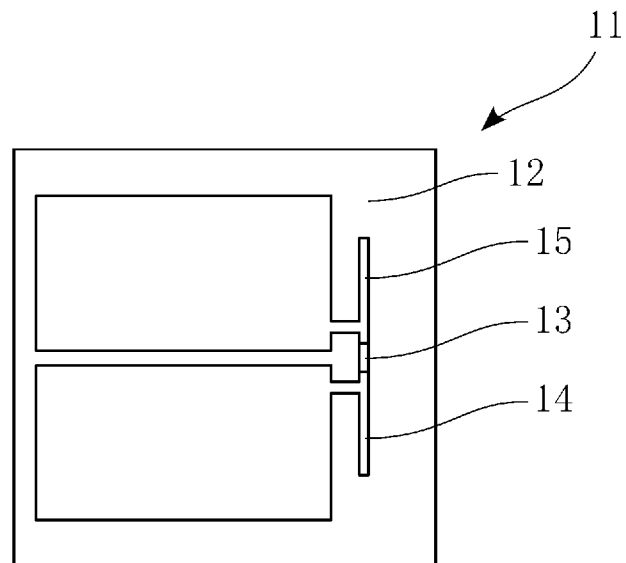
[図4]
FIG.4



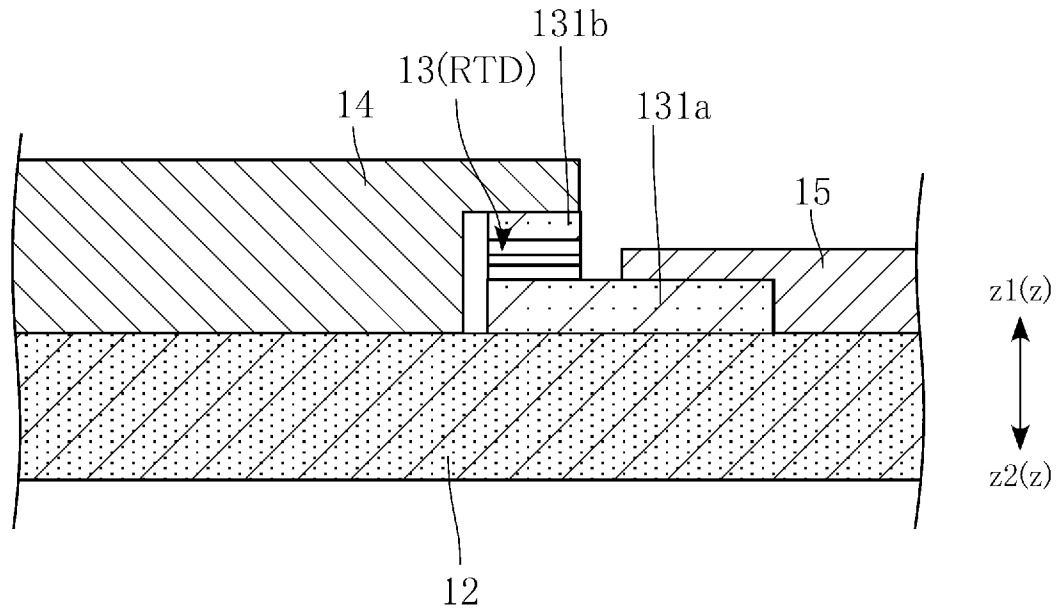
[図5]
FIG.5



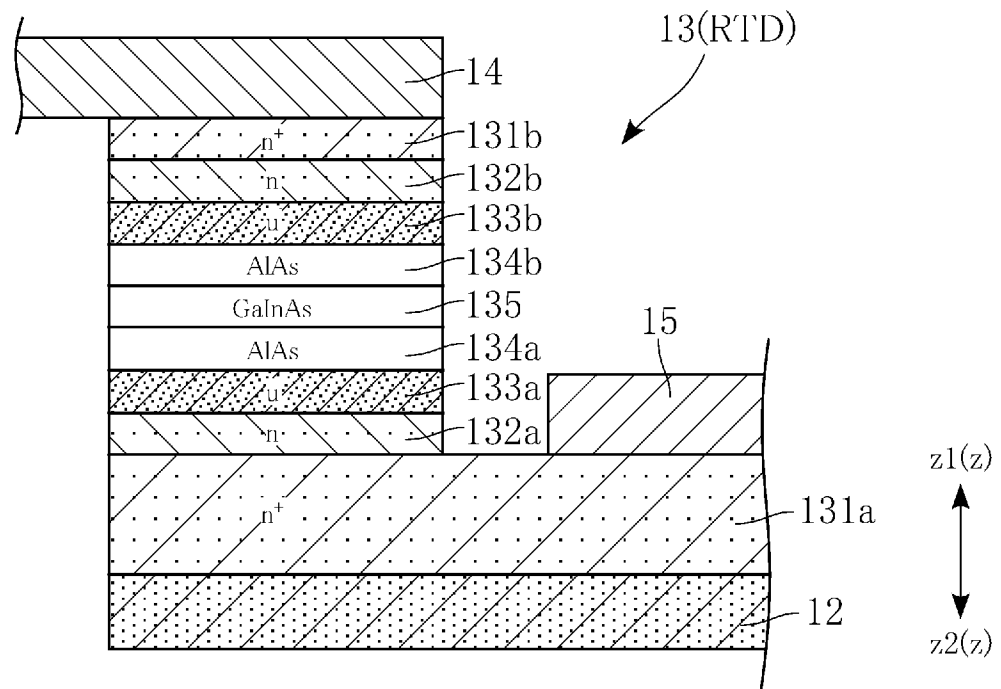
[図6]
FIG.6



[図7]
FIG.7

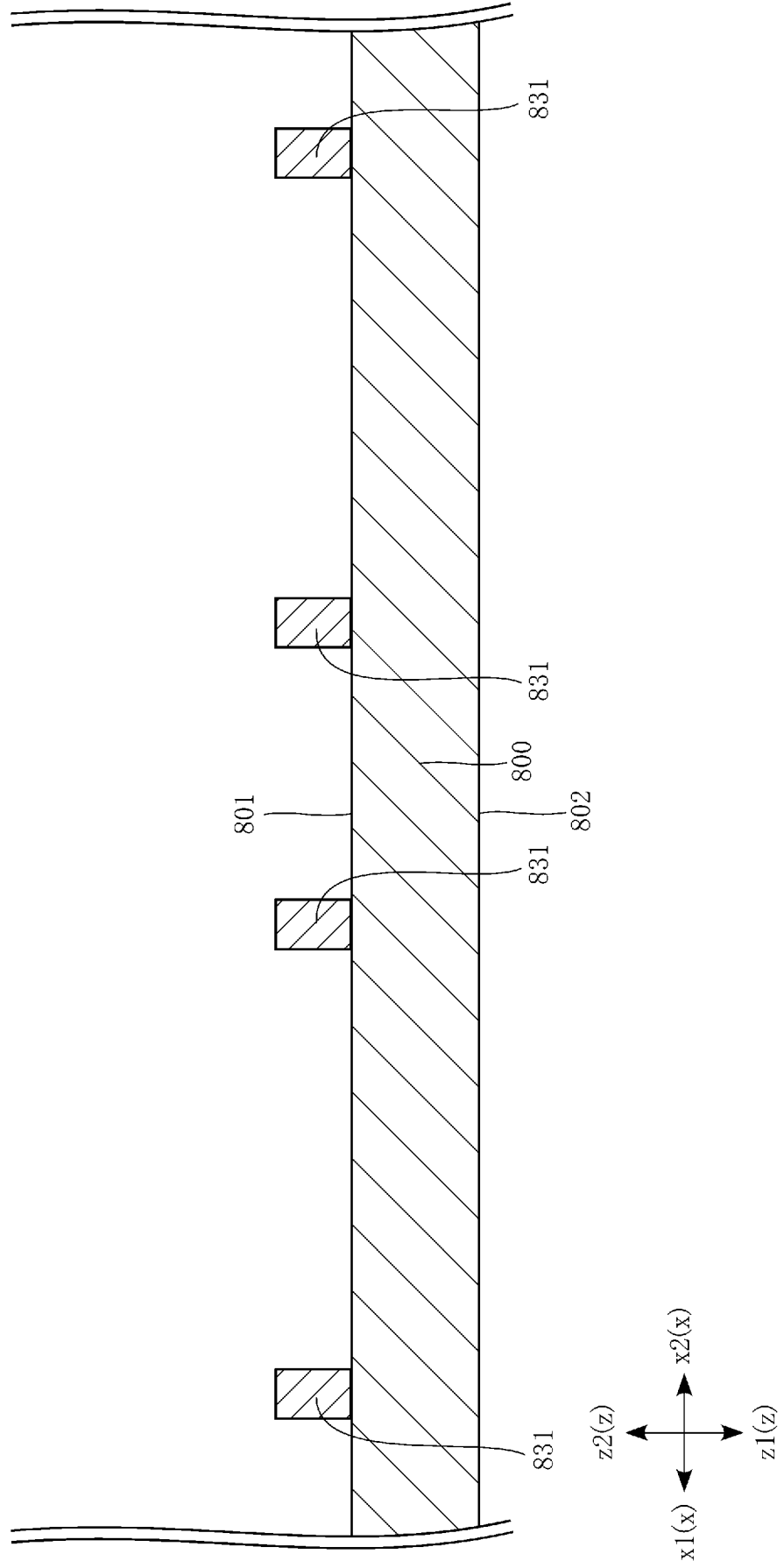


[図8]
FIG.8



[図9]

FIG.9



[図10]

FIG.10

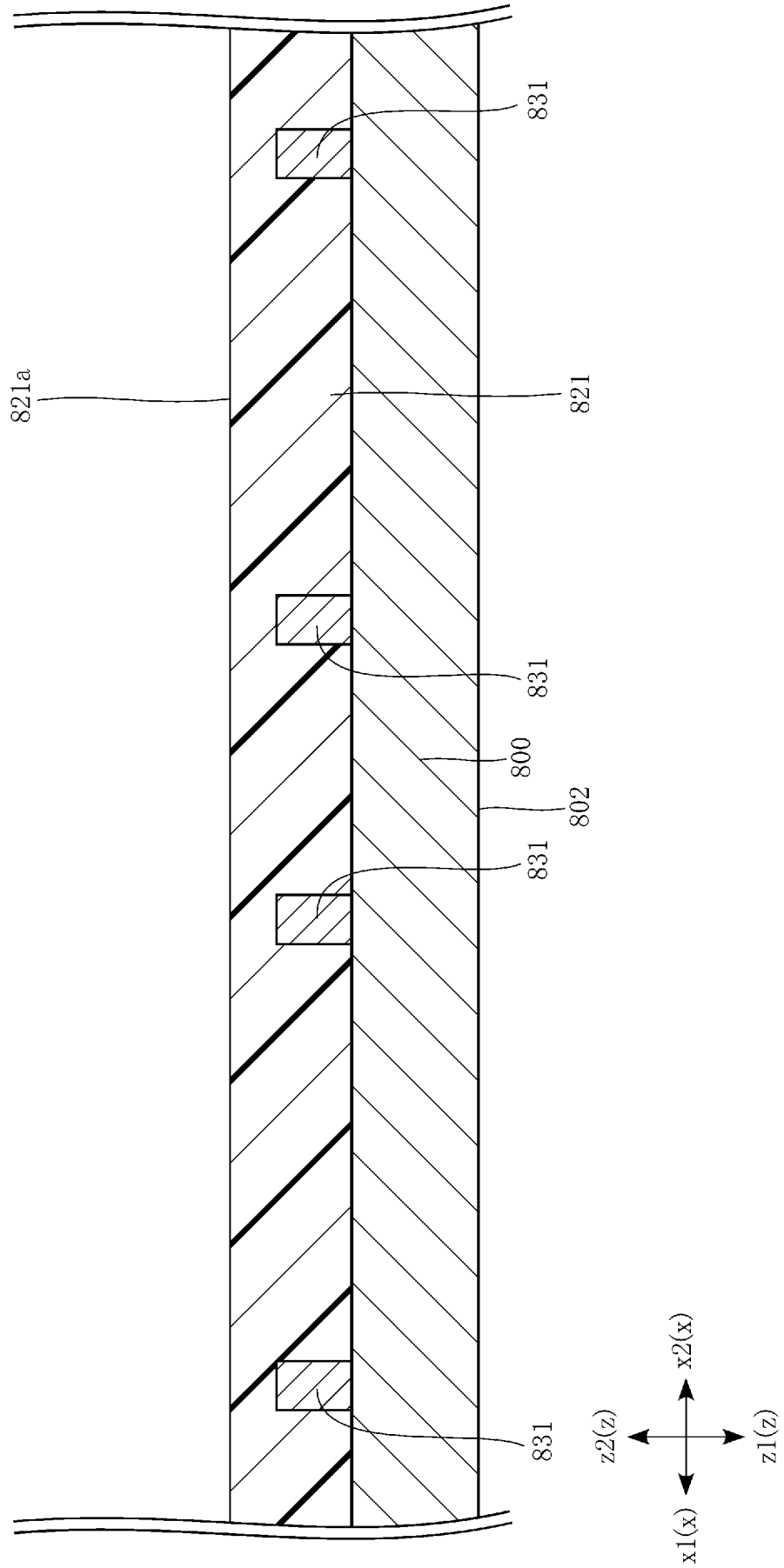
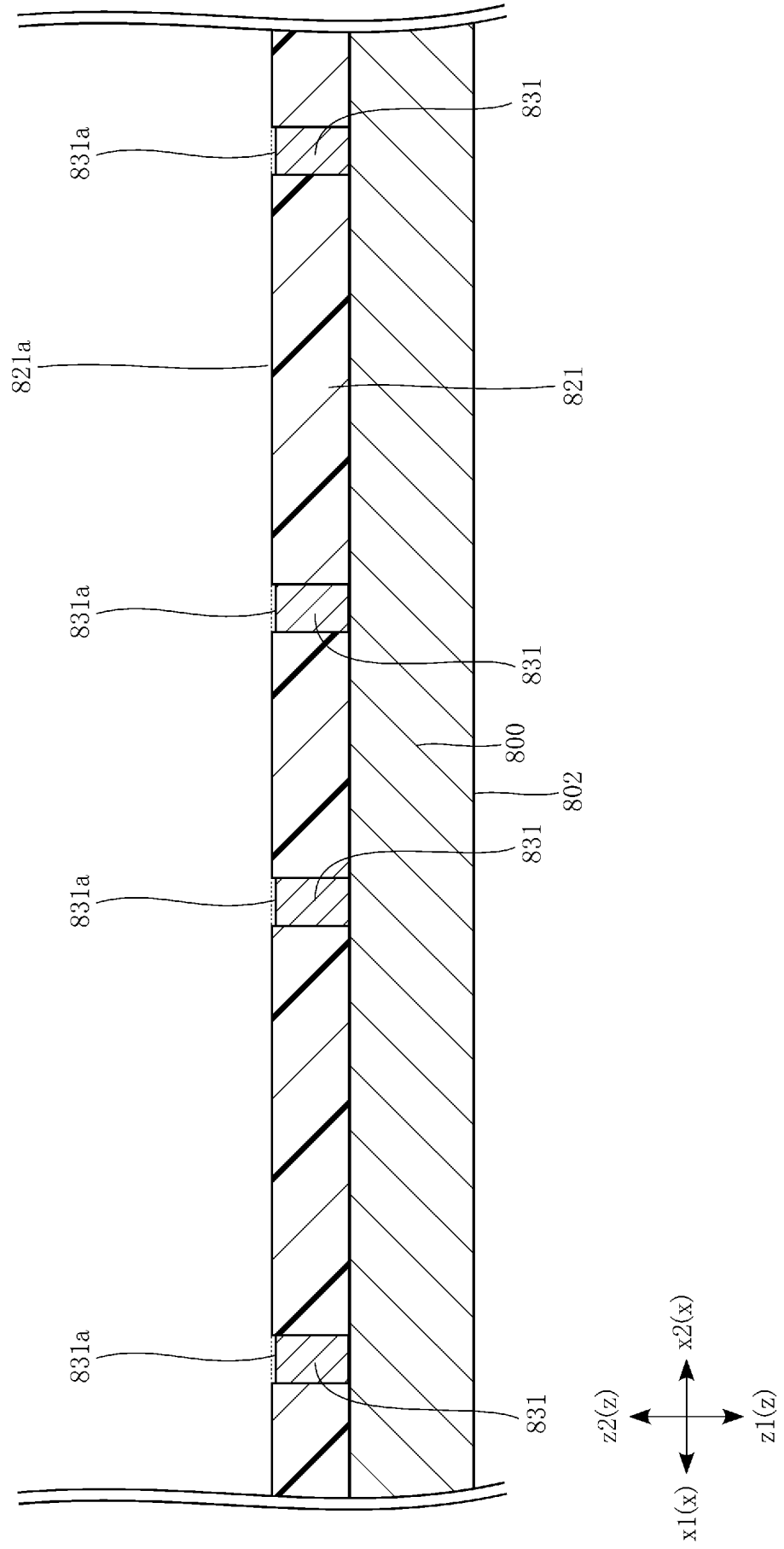


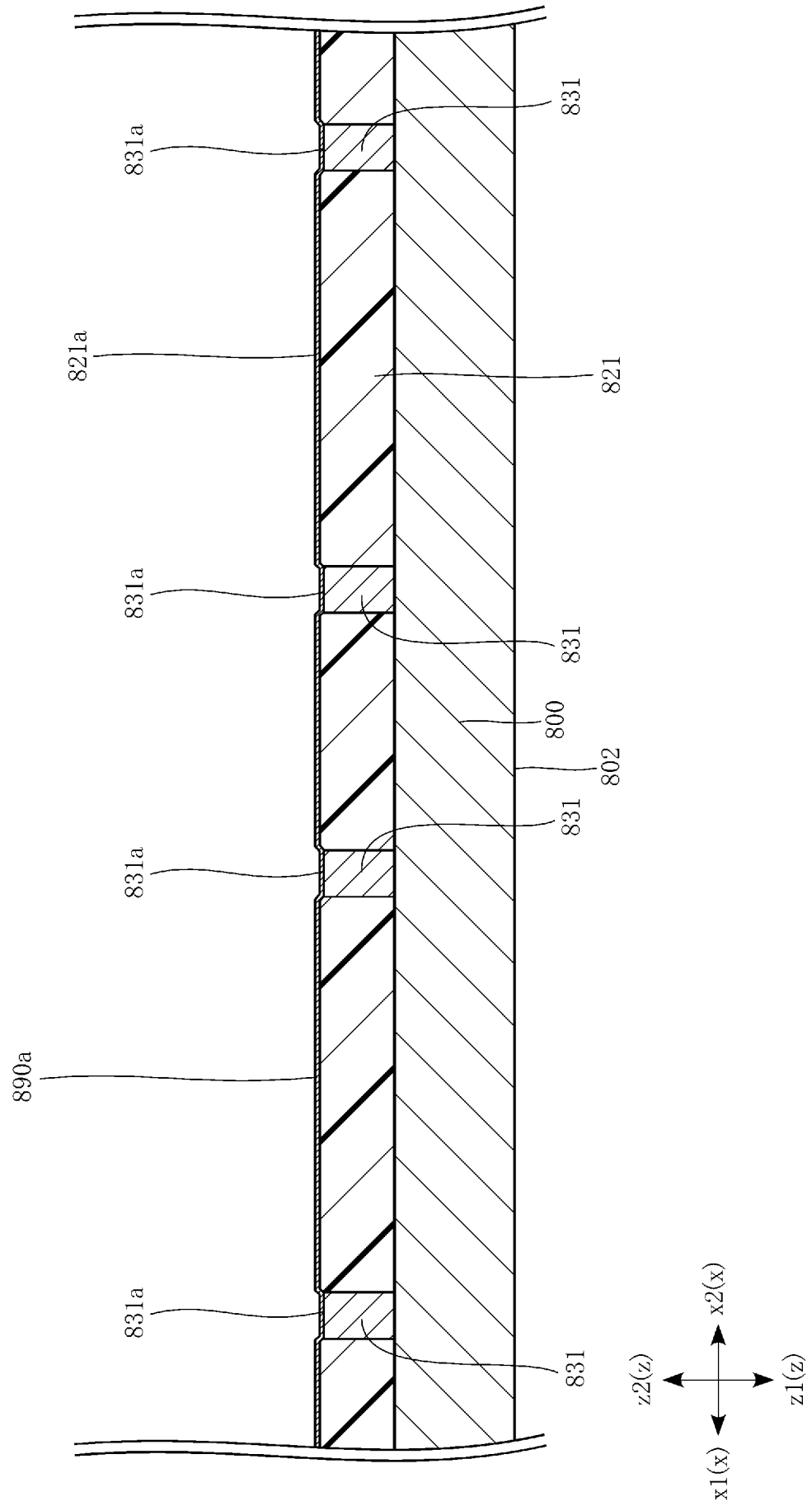
FIG. 11

[図11]



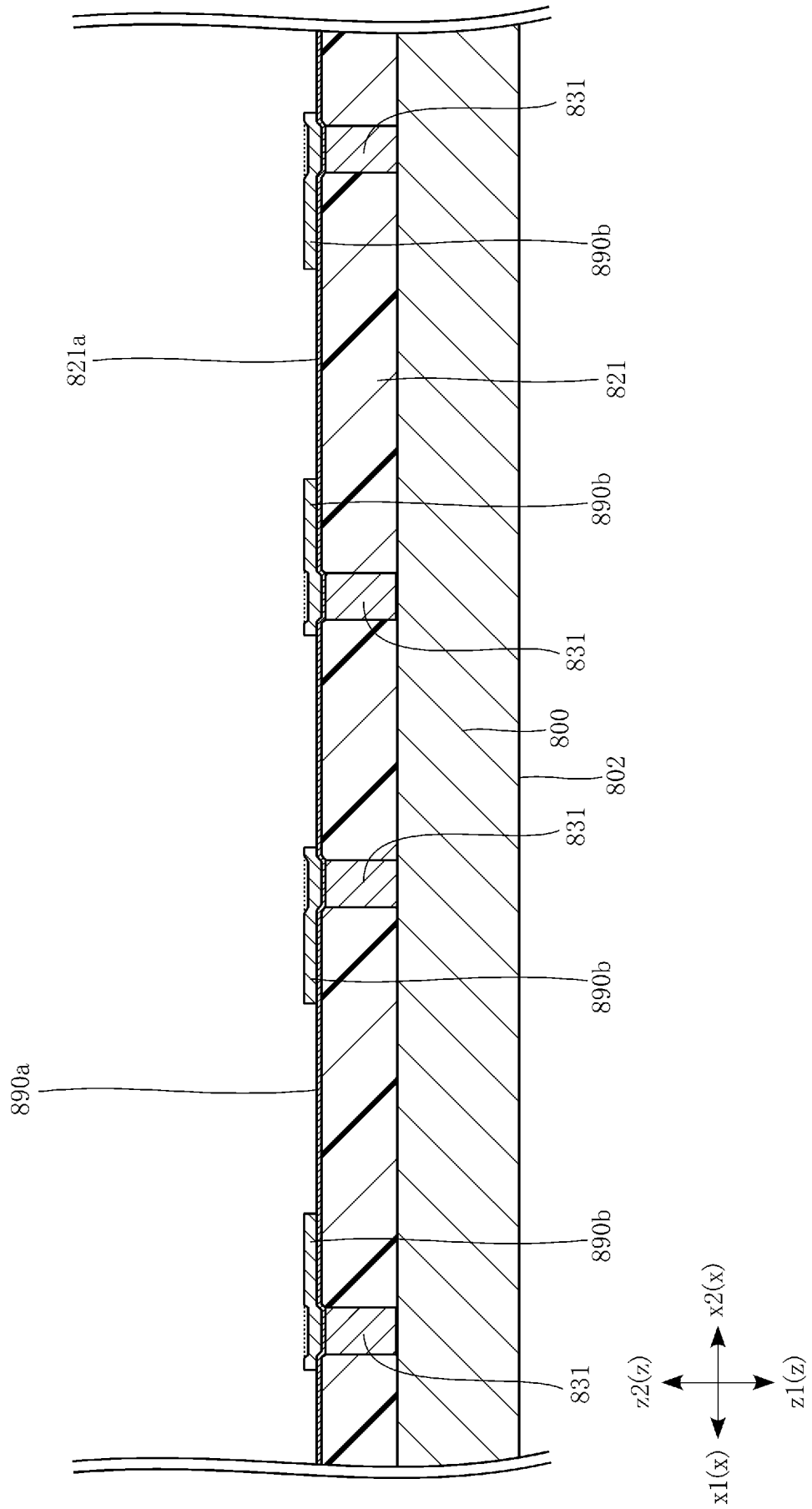
[図12]

FIG.12



[図13]

FIG.13



[図14]

FIG.14

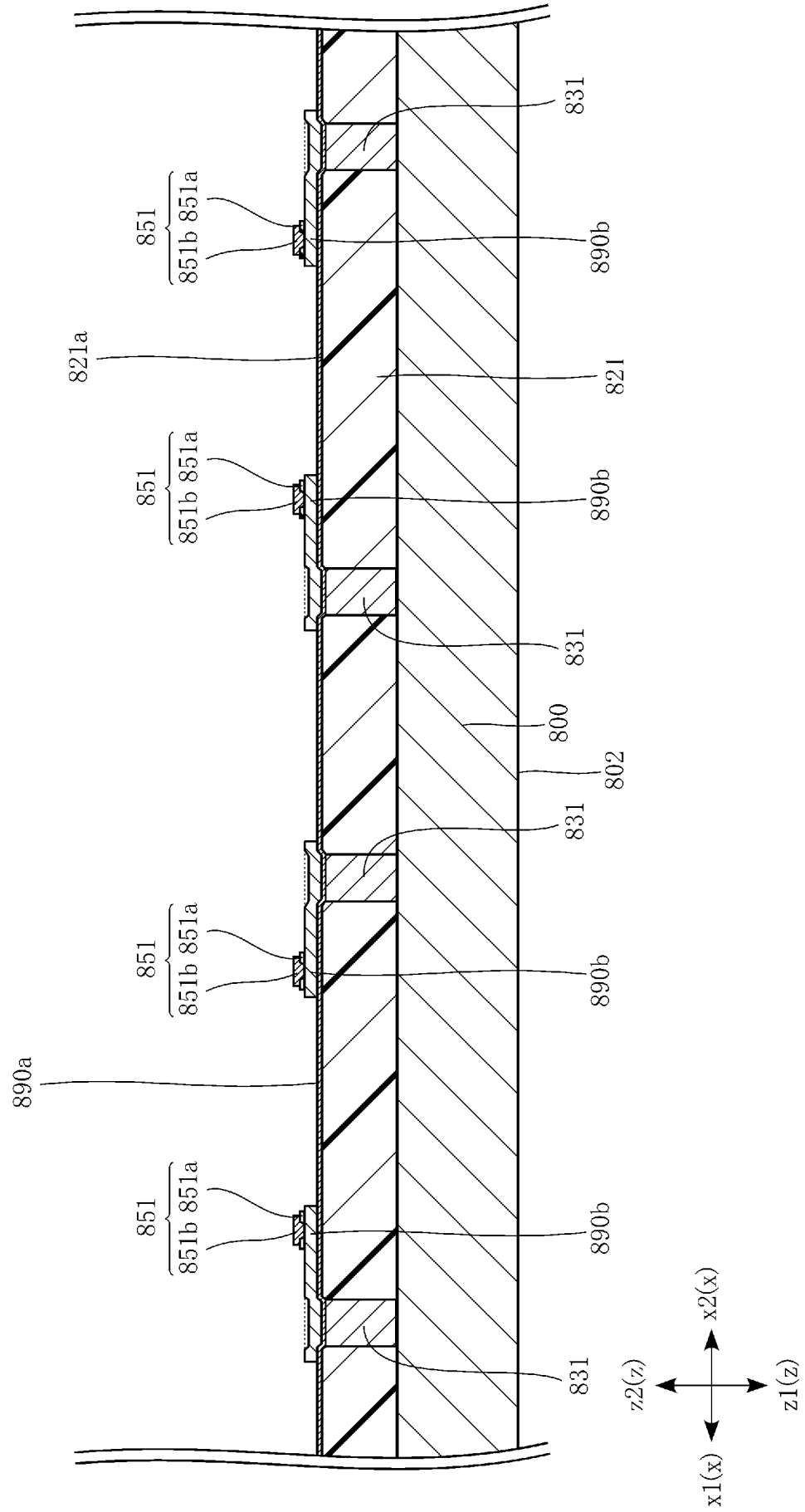
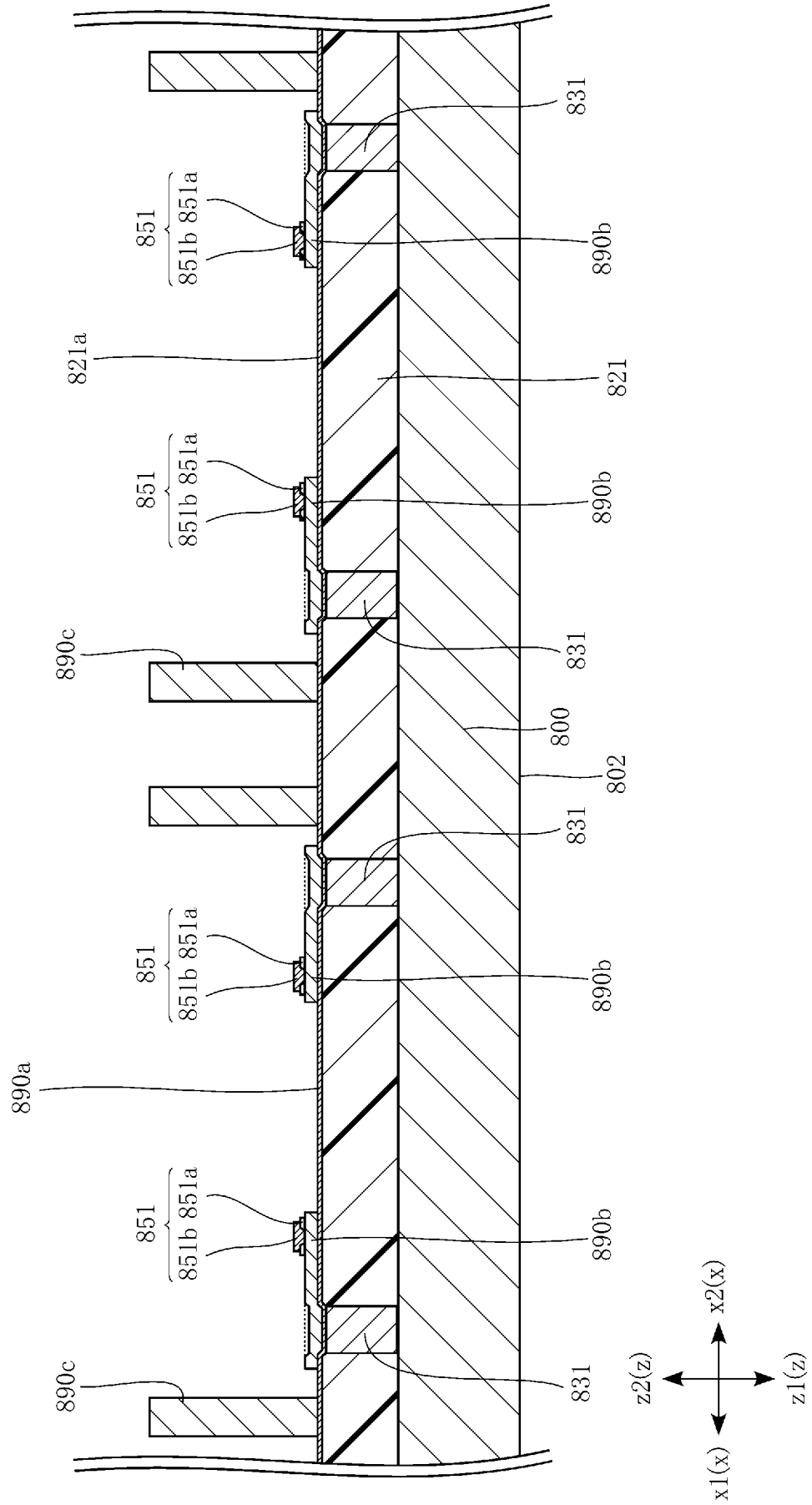


FIG. 15



[図16]

FIG.16

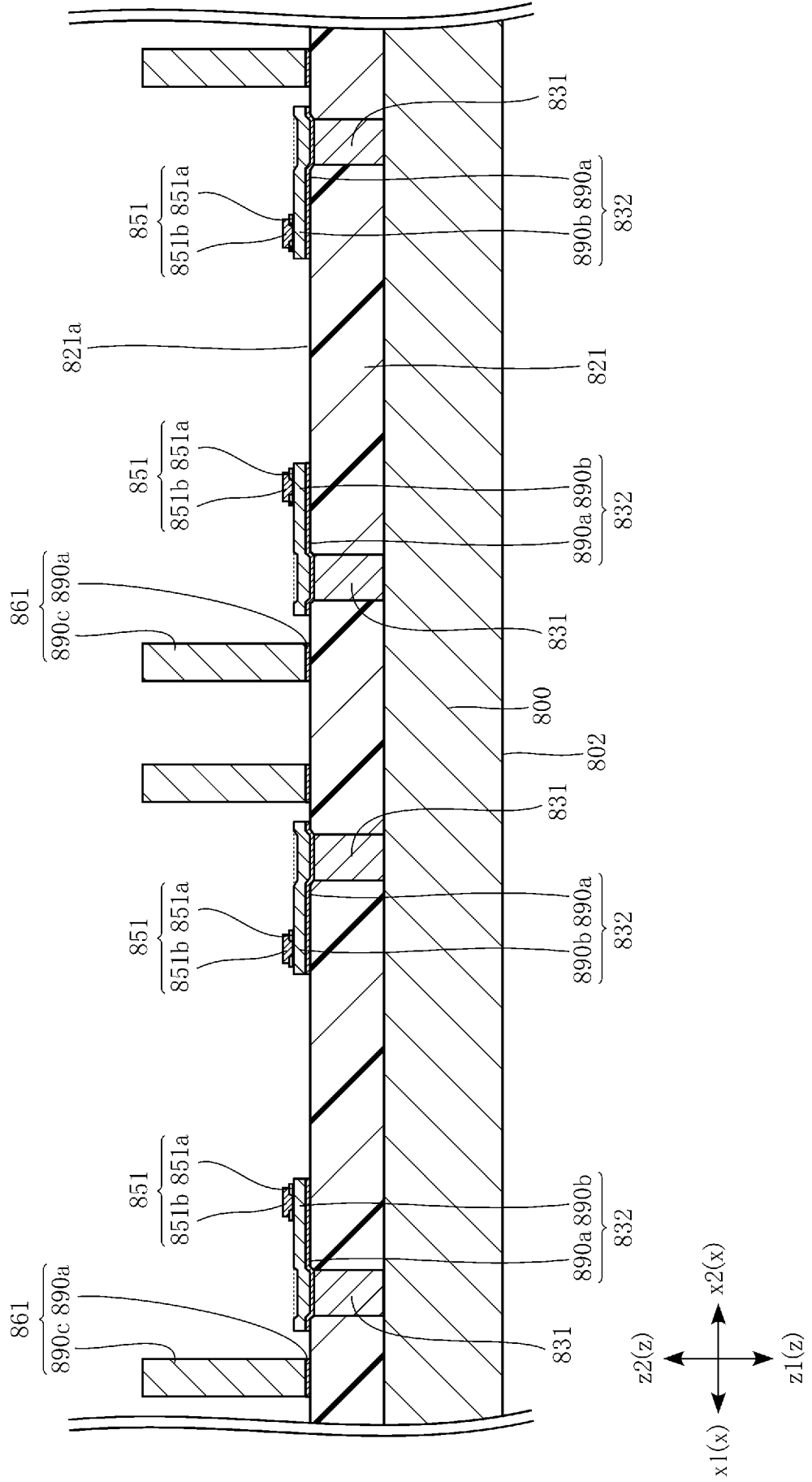
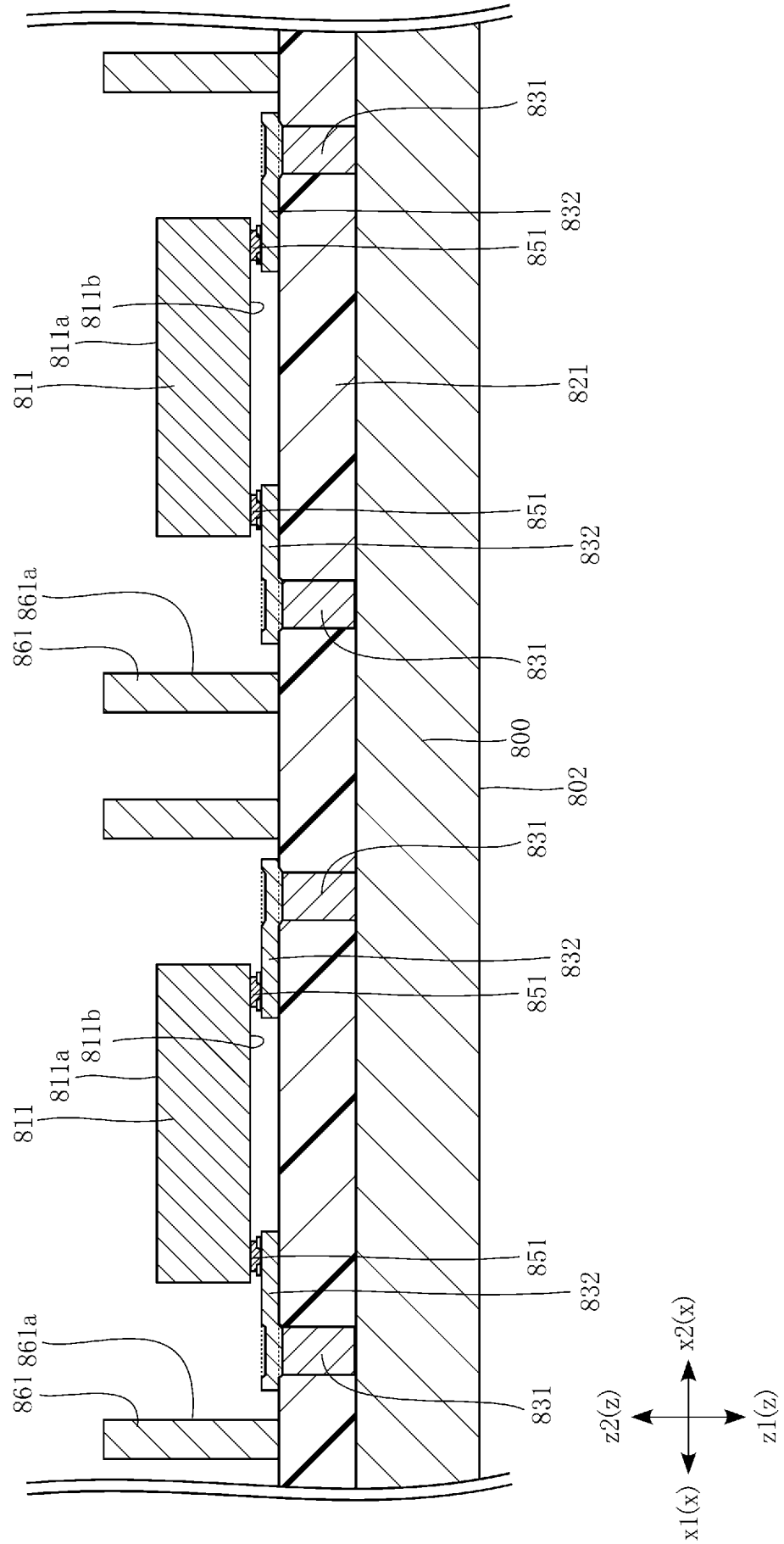


FIG. 17

[図17]



[図18]

FIG.18

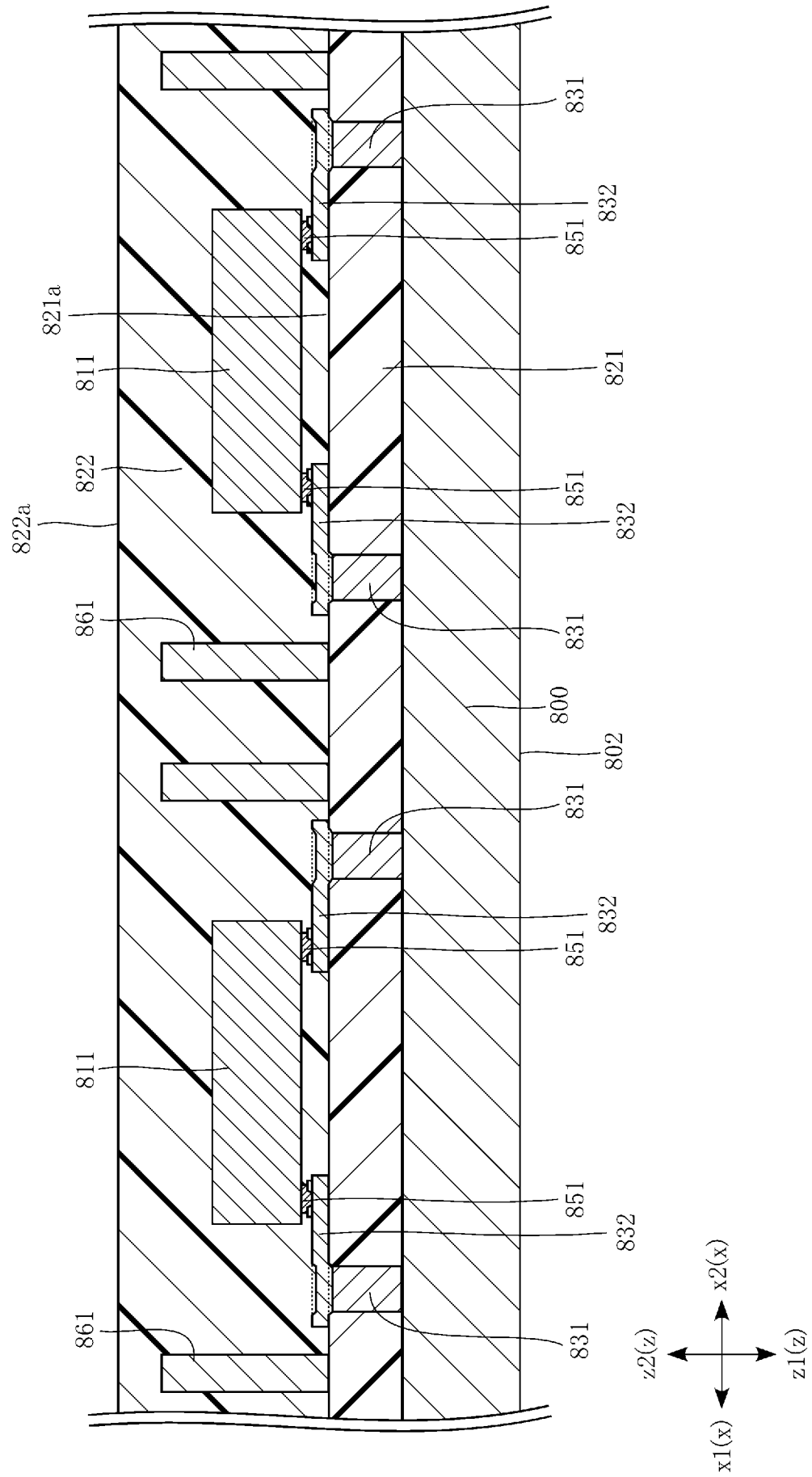
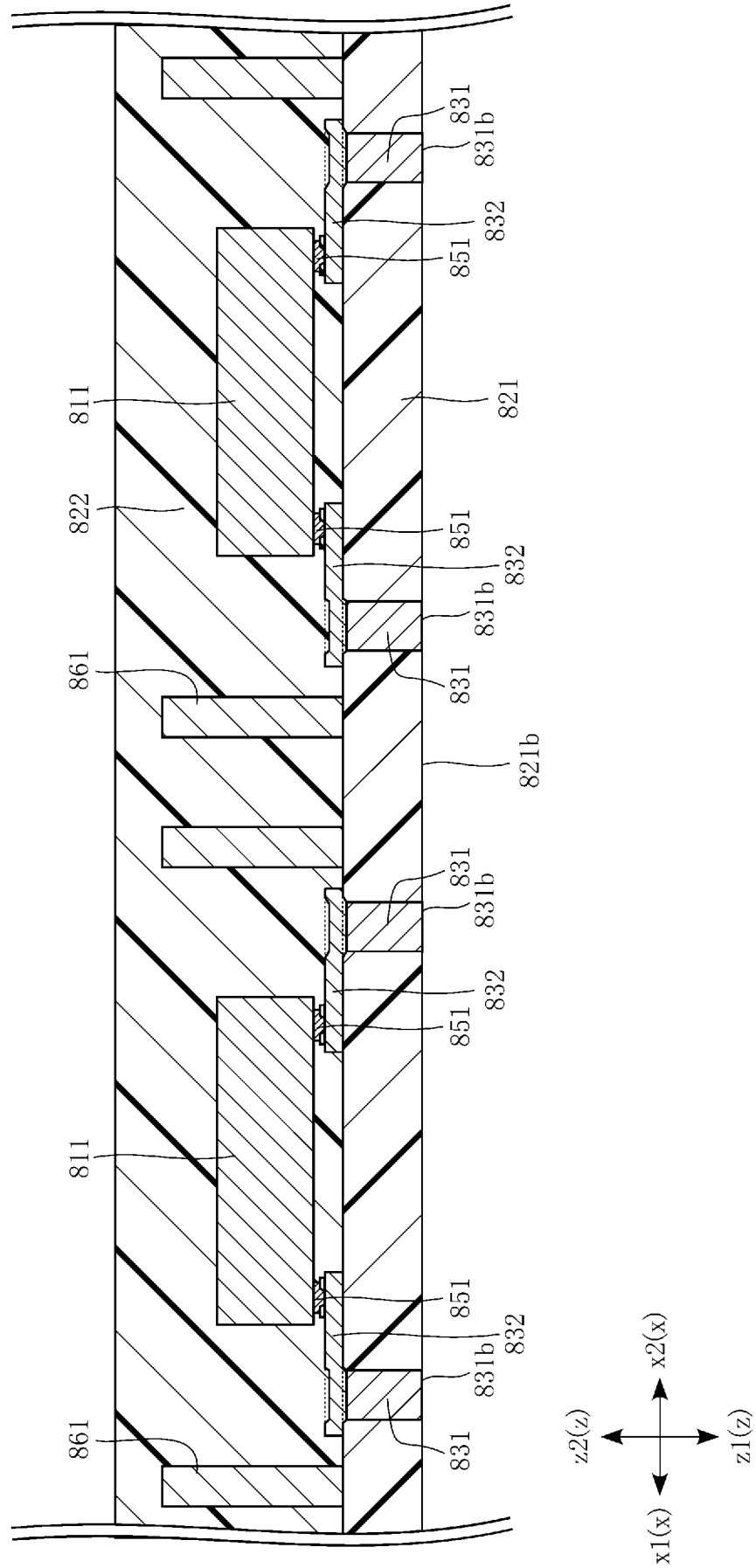


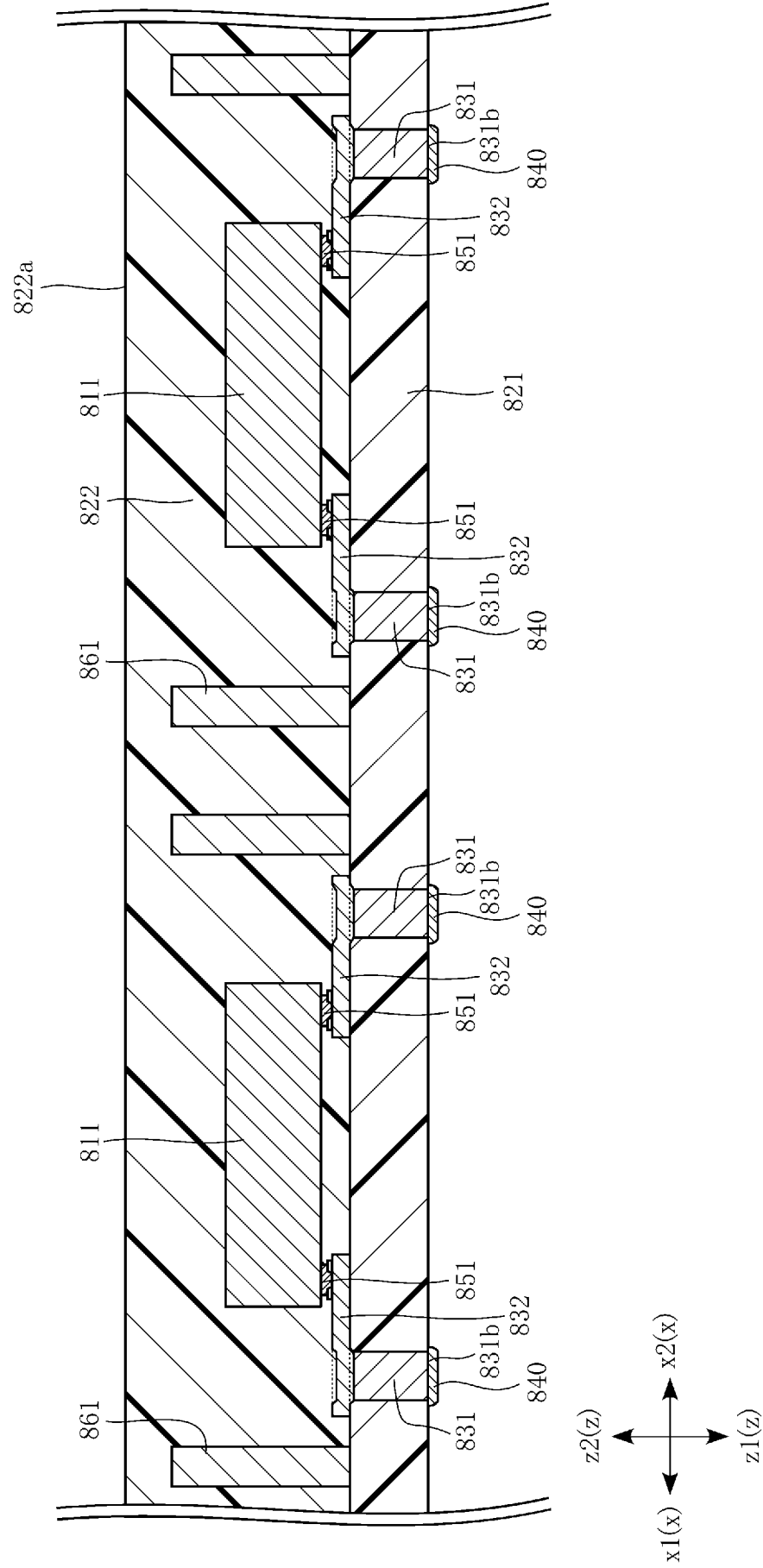
FIG. 19

[図19]



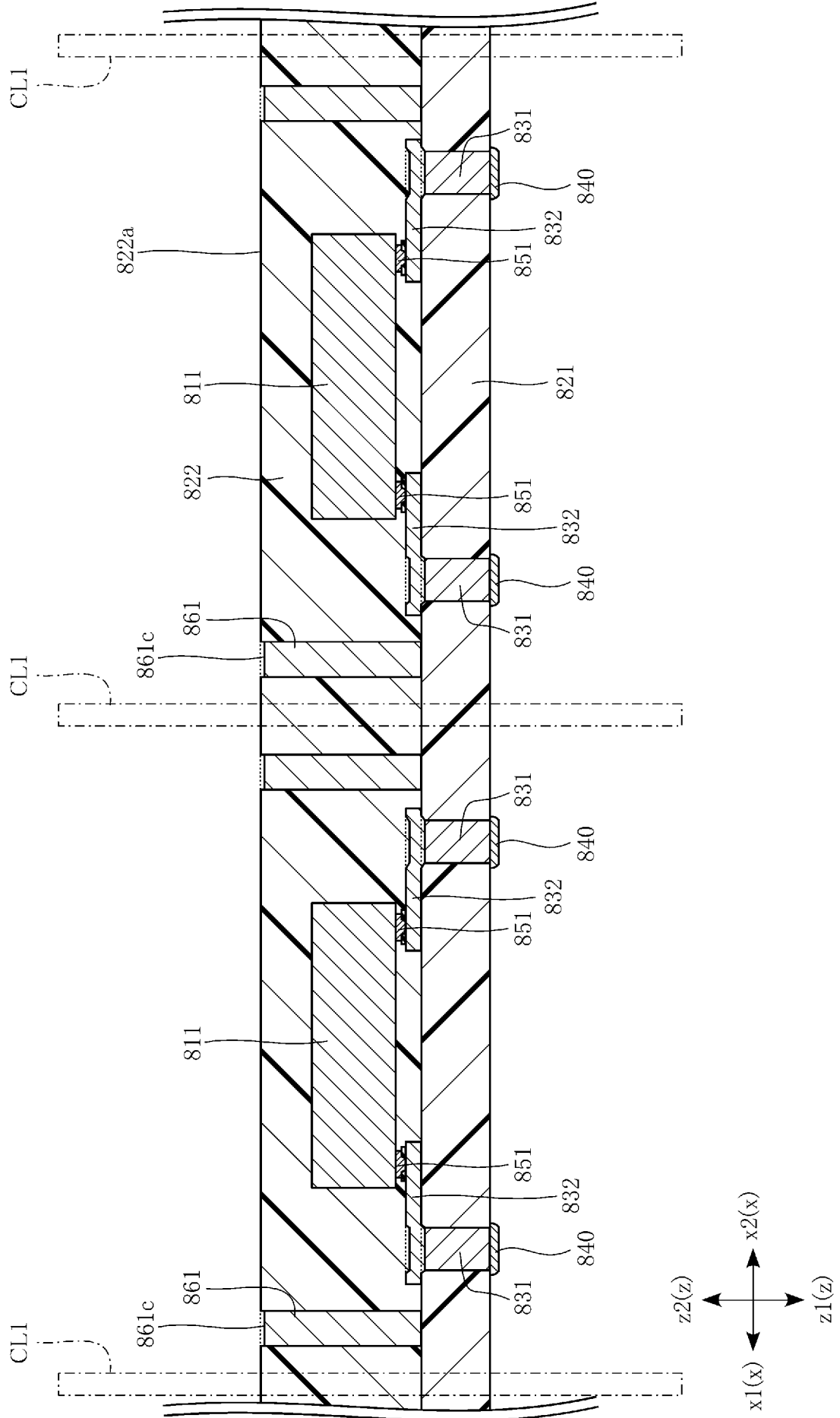
[図20]

FIG.20

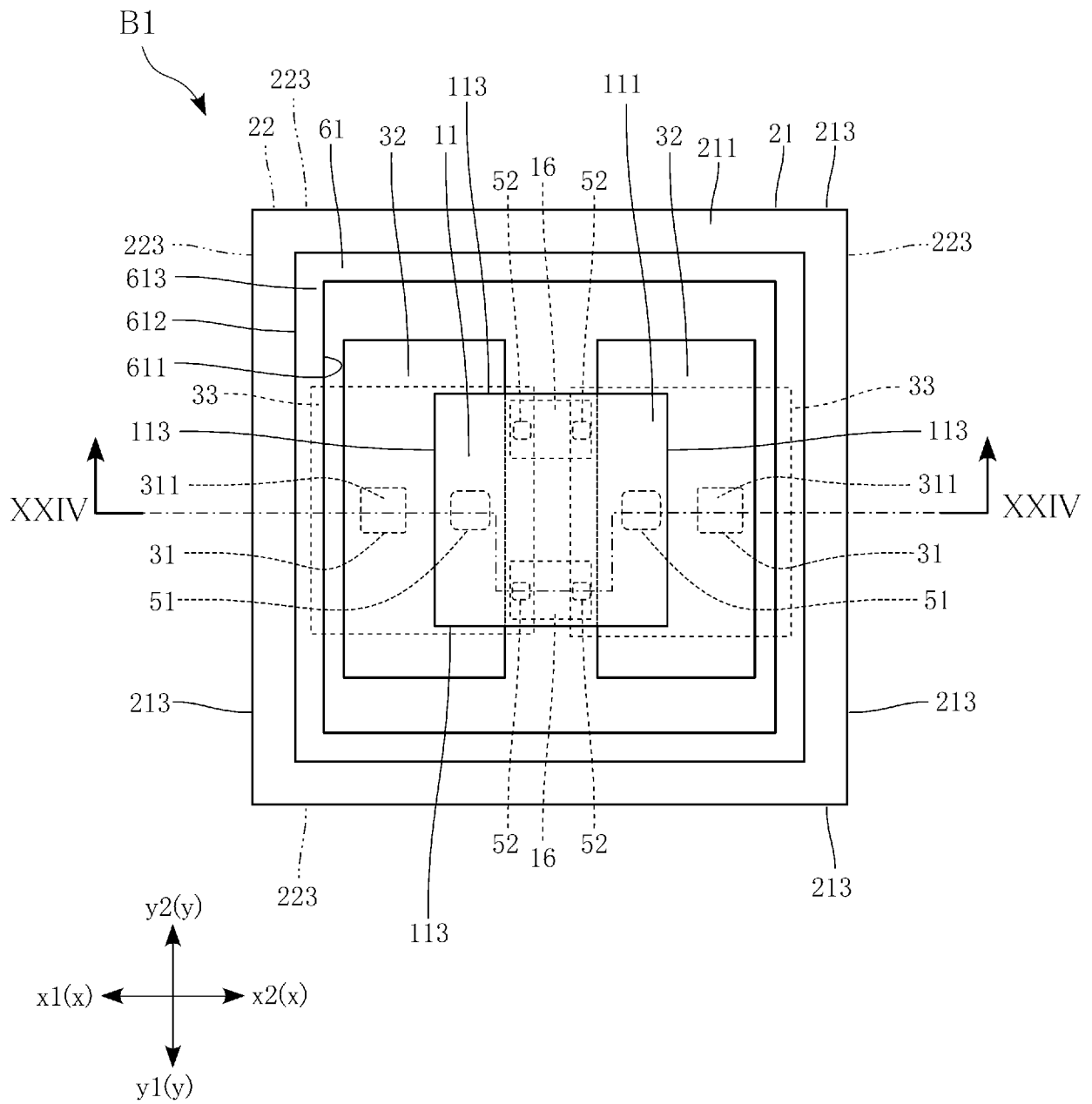


[図21]

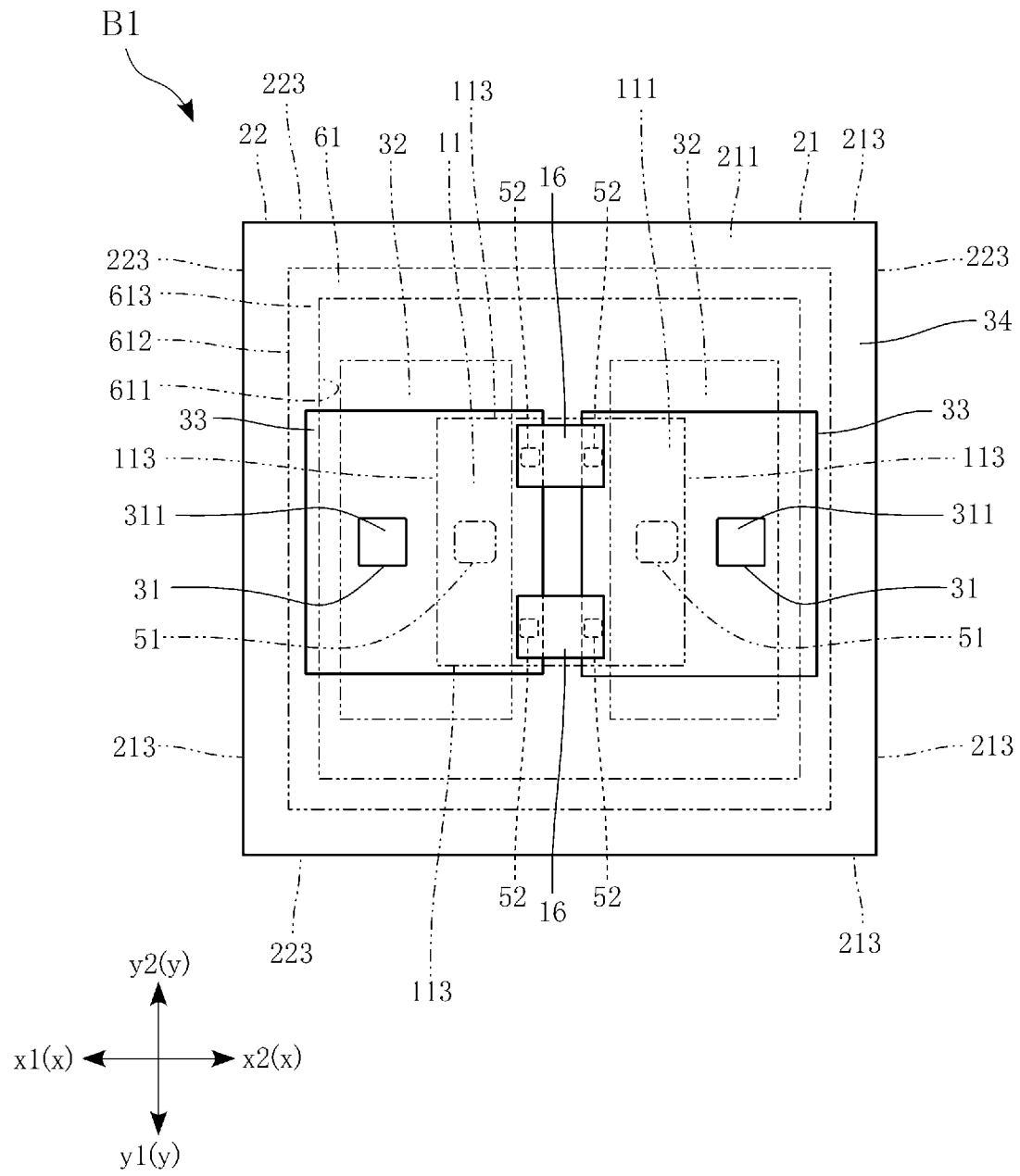
FIG.21



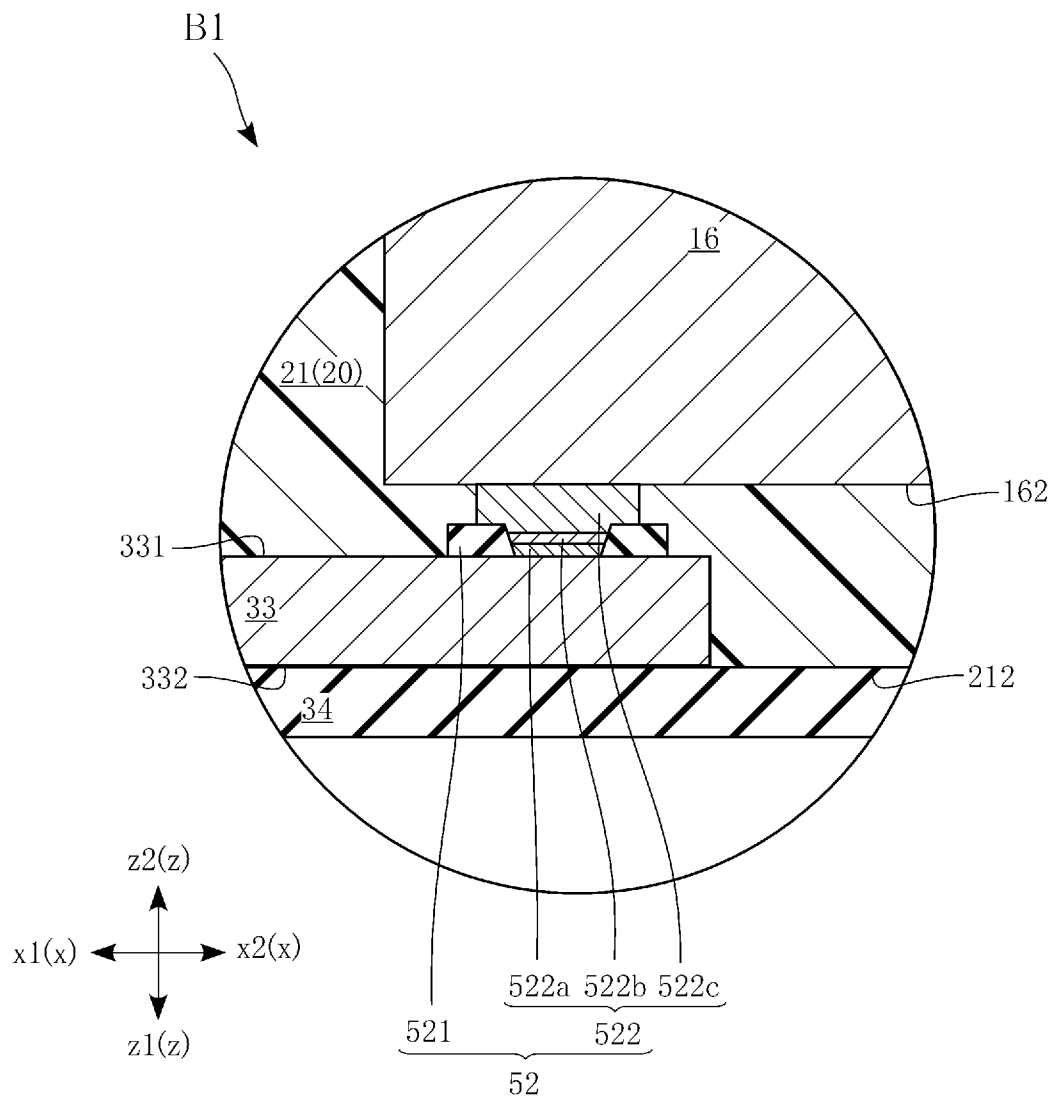
[図22]
FIG.22



[図23]
FIG.23



[図25]
FIG.25



[図26]

FIG.26

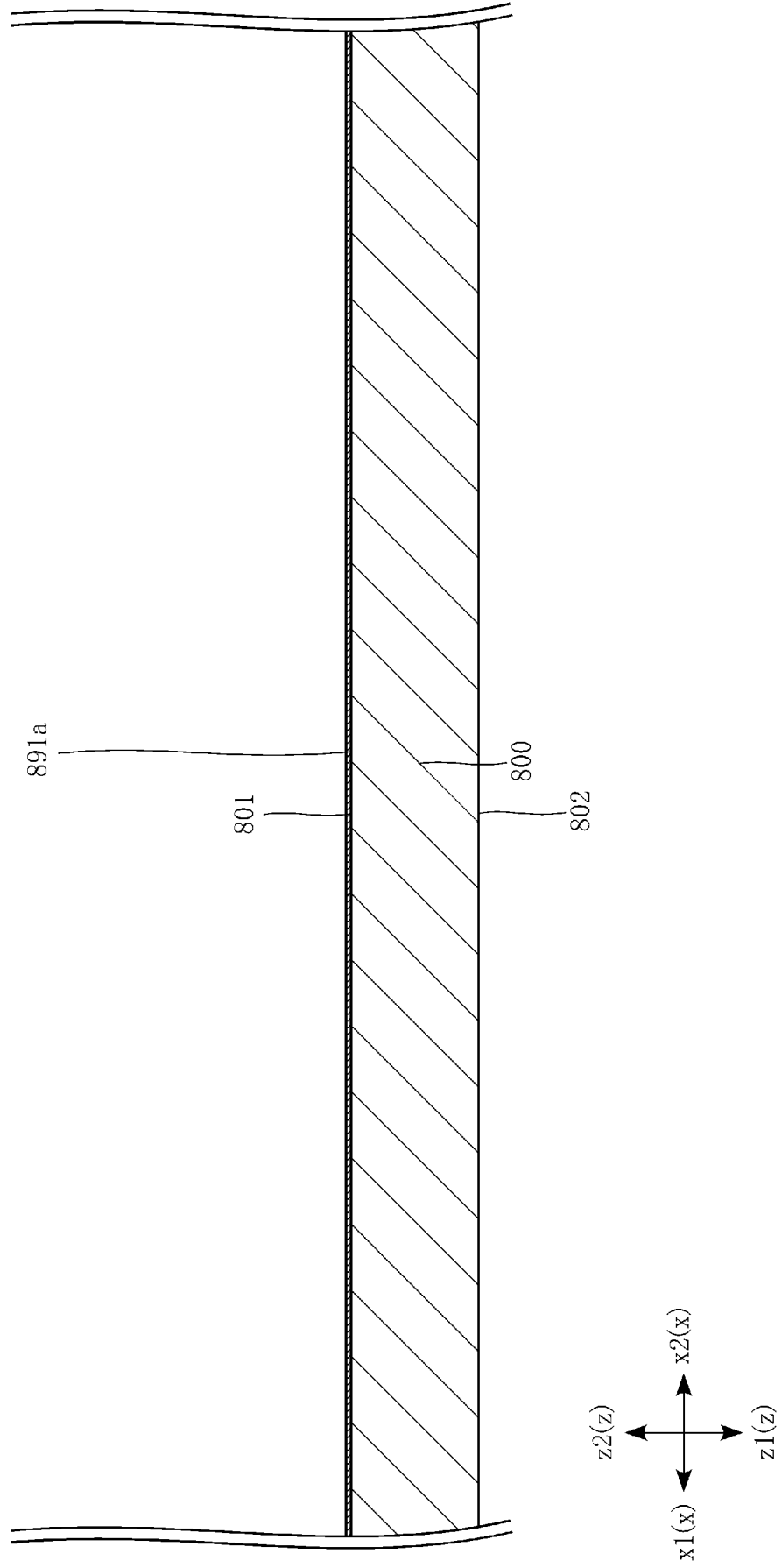
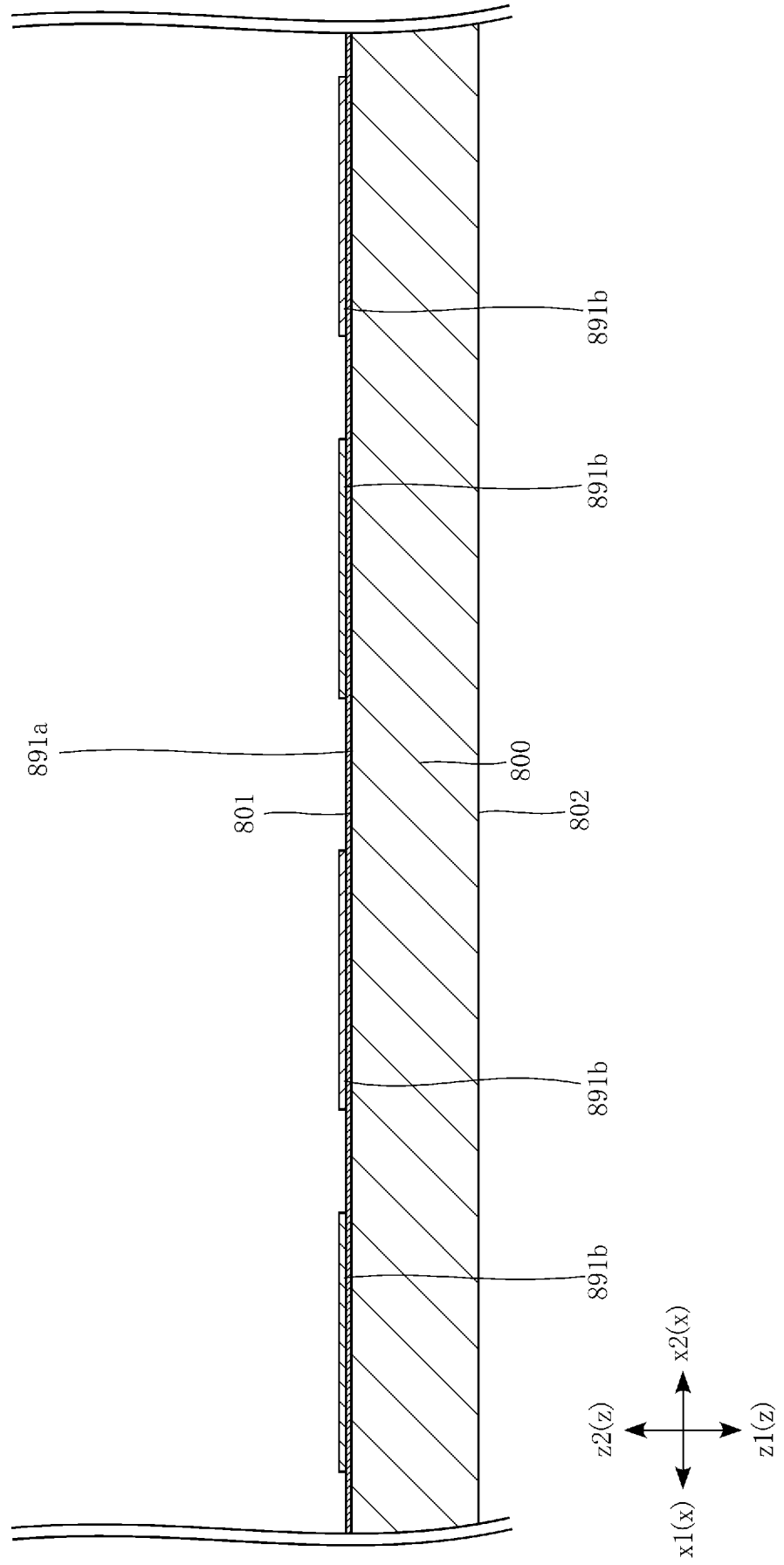
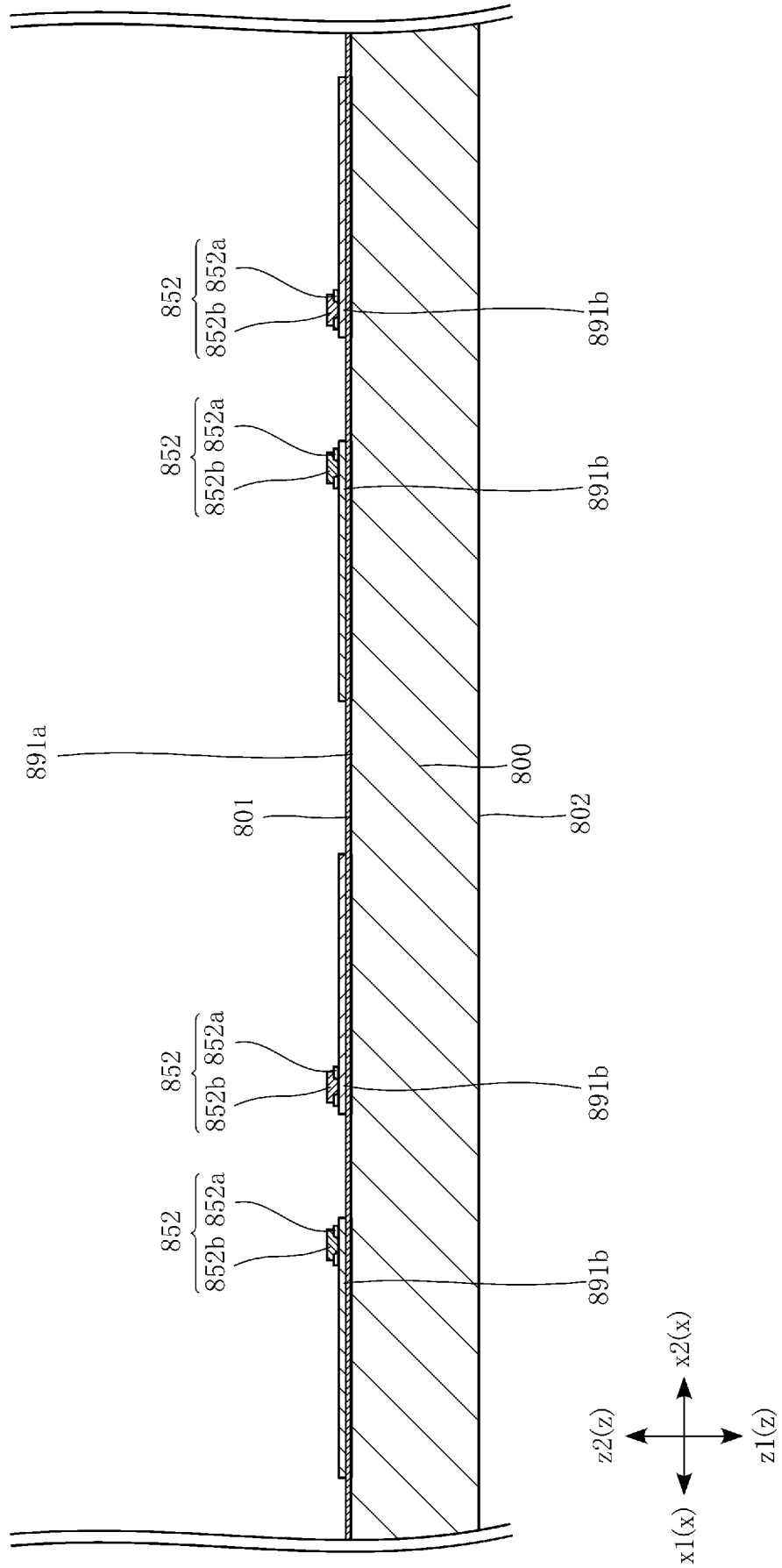


FIG. 27

[図27]

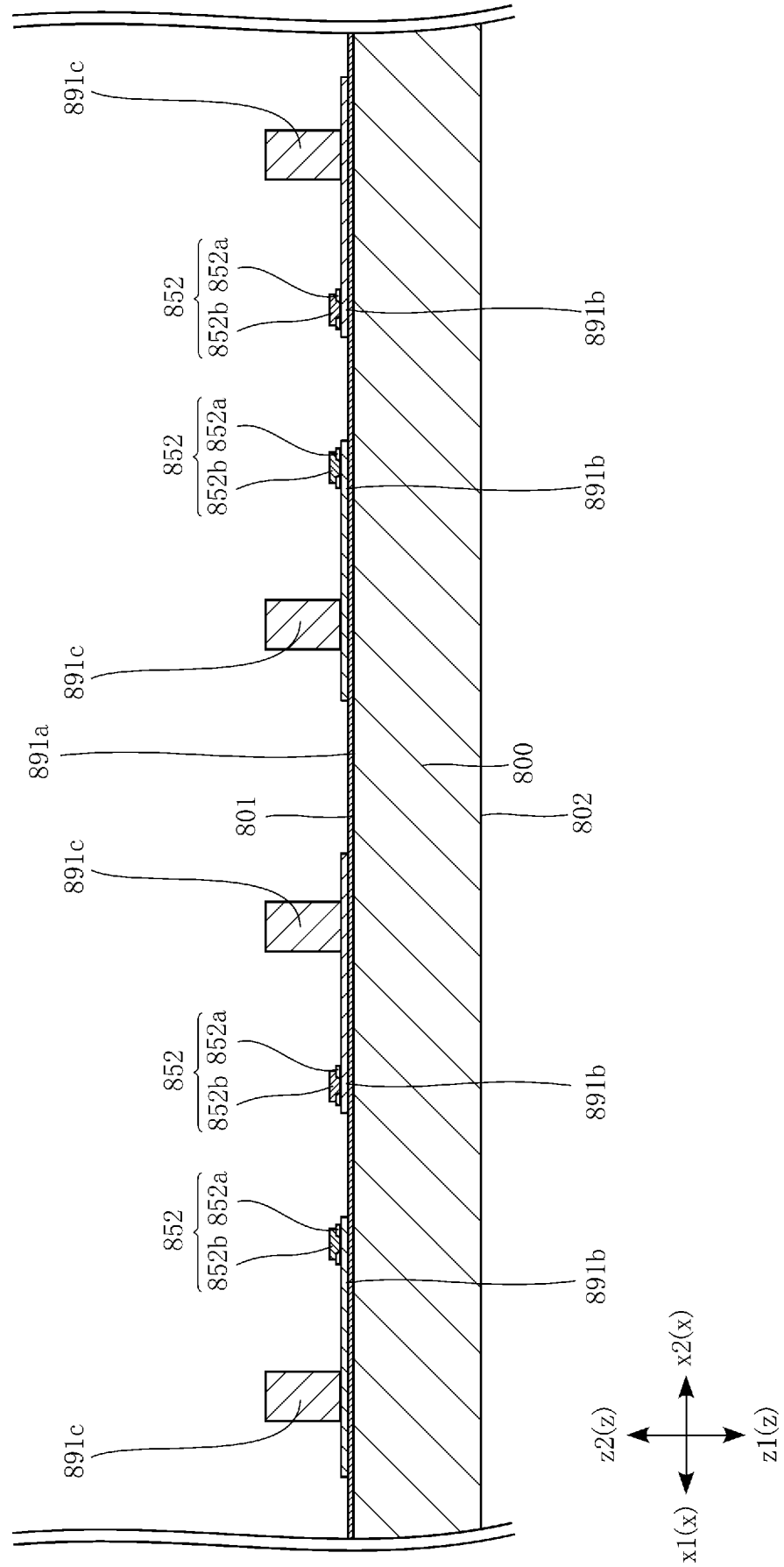


[図28]



[図29]

FIG.29



[図30]

FIG. 30

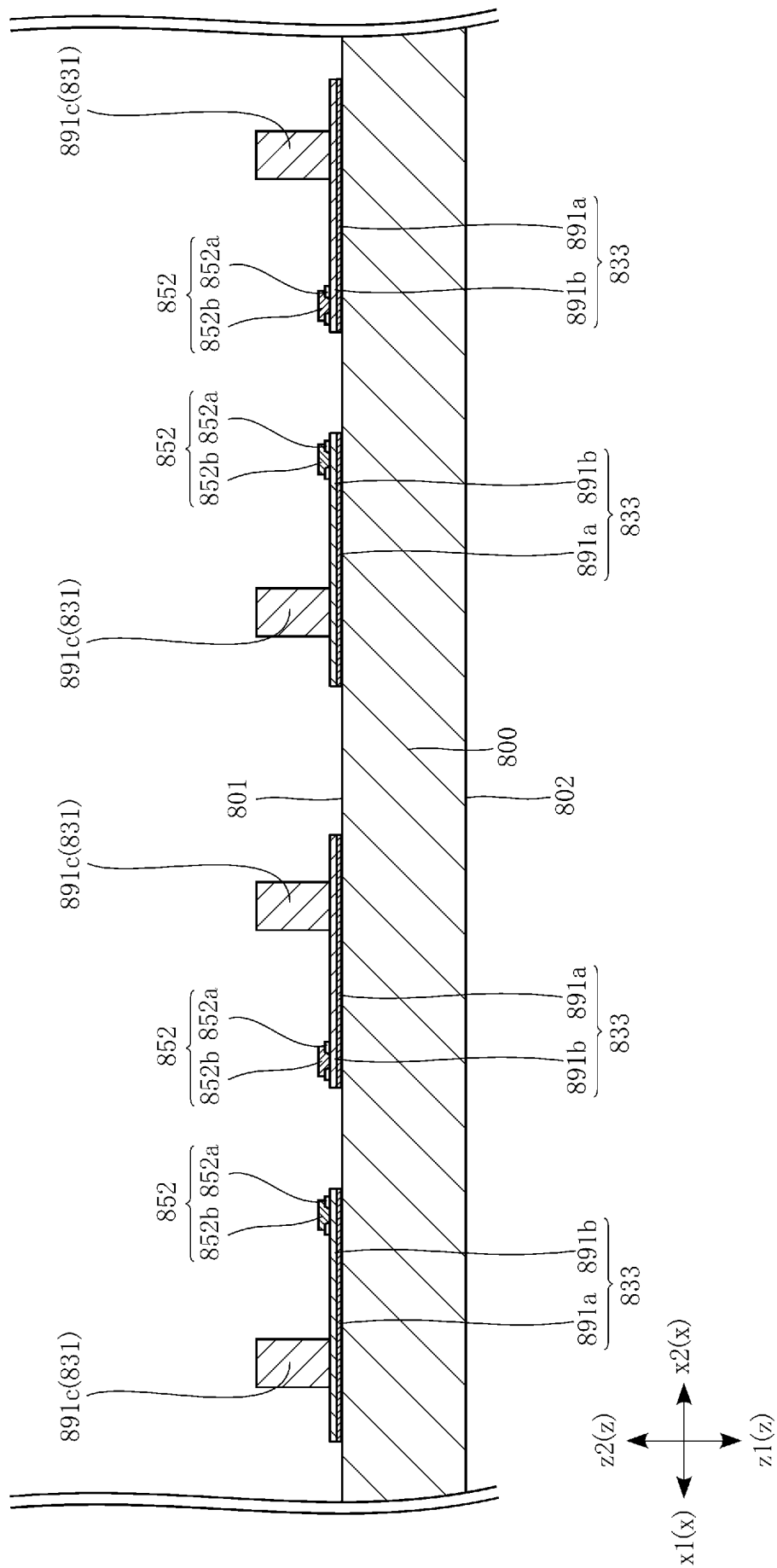
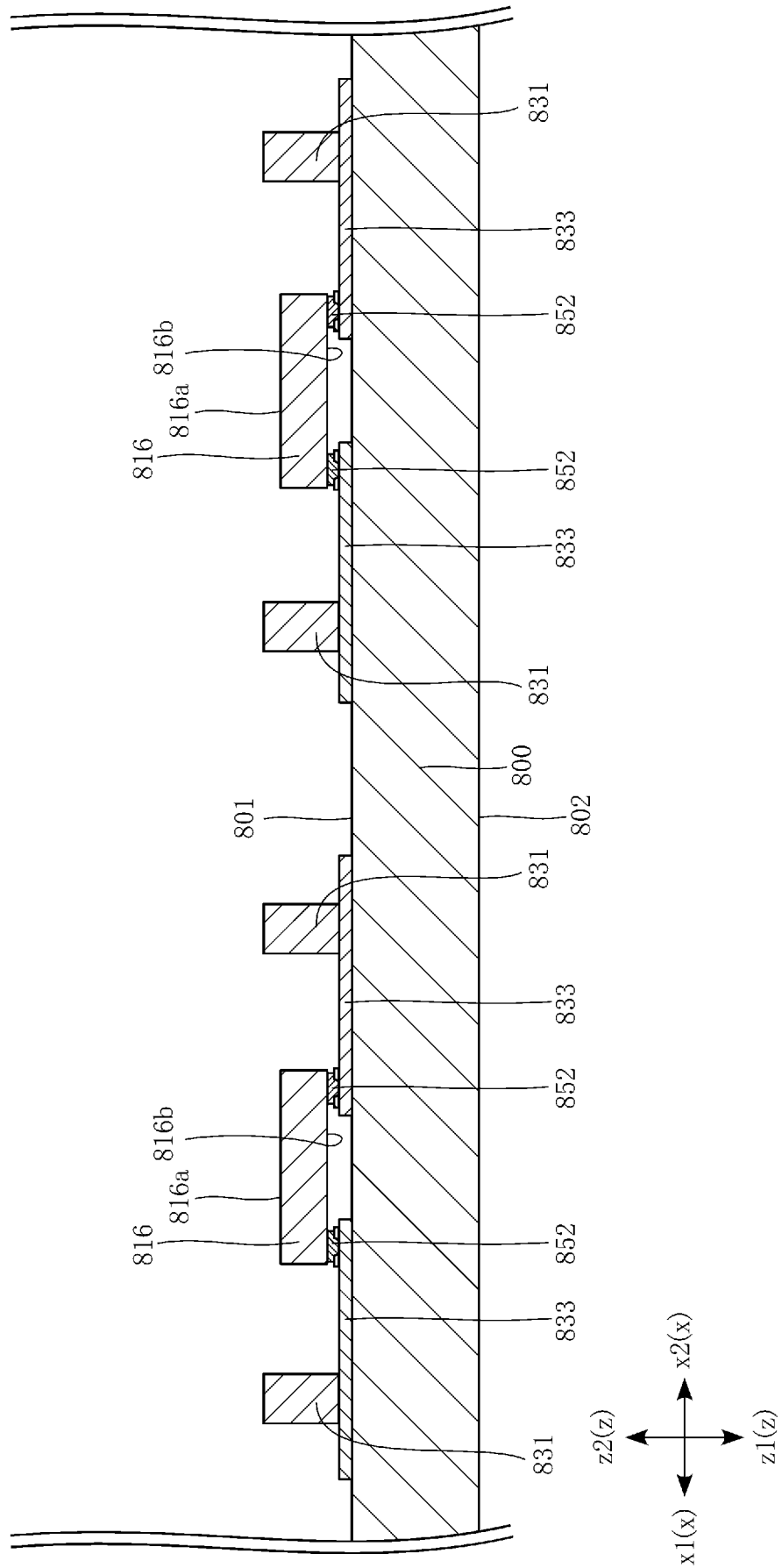


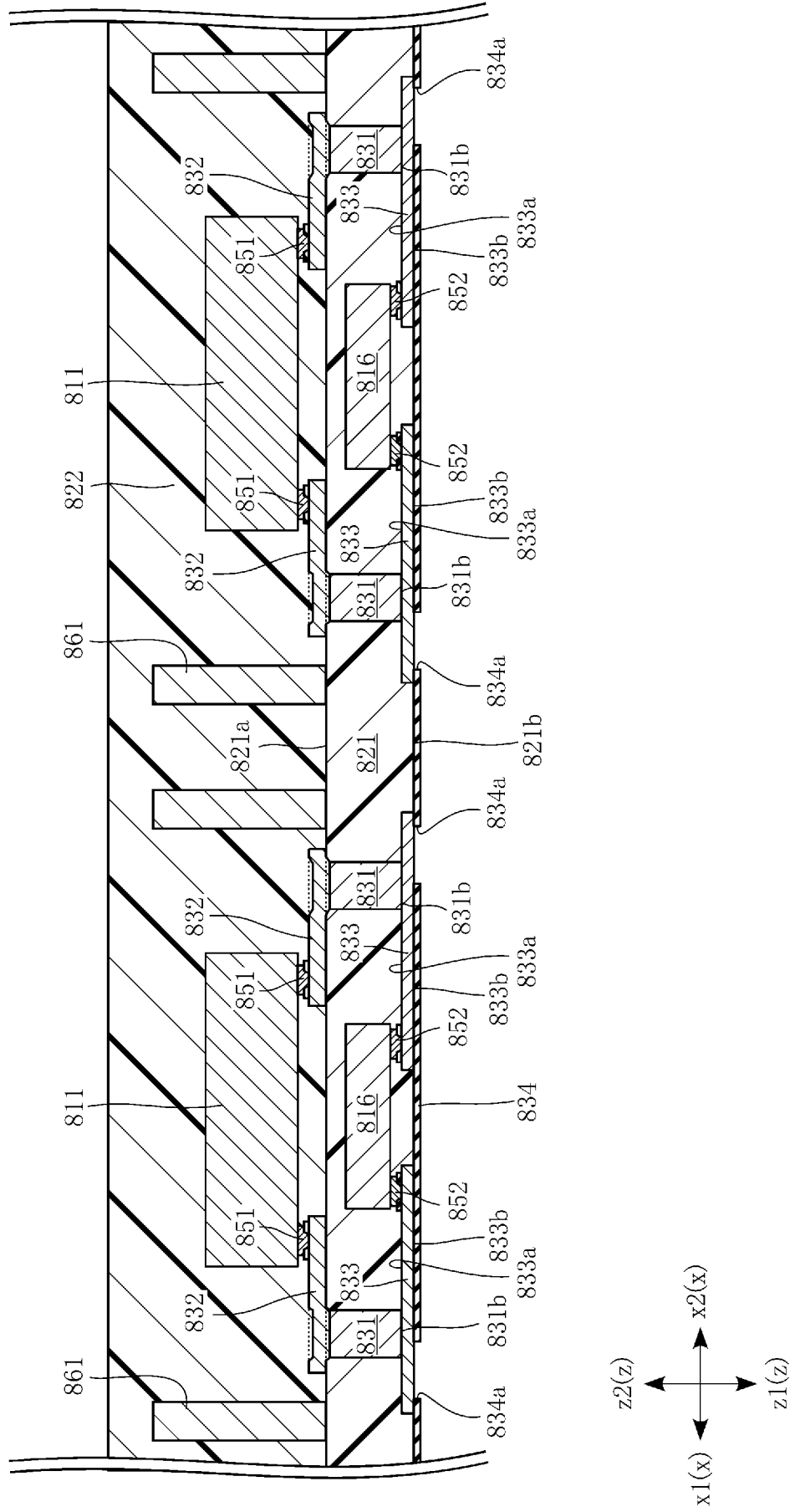
FIG. 31

[図31]



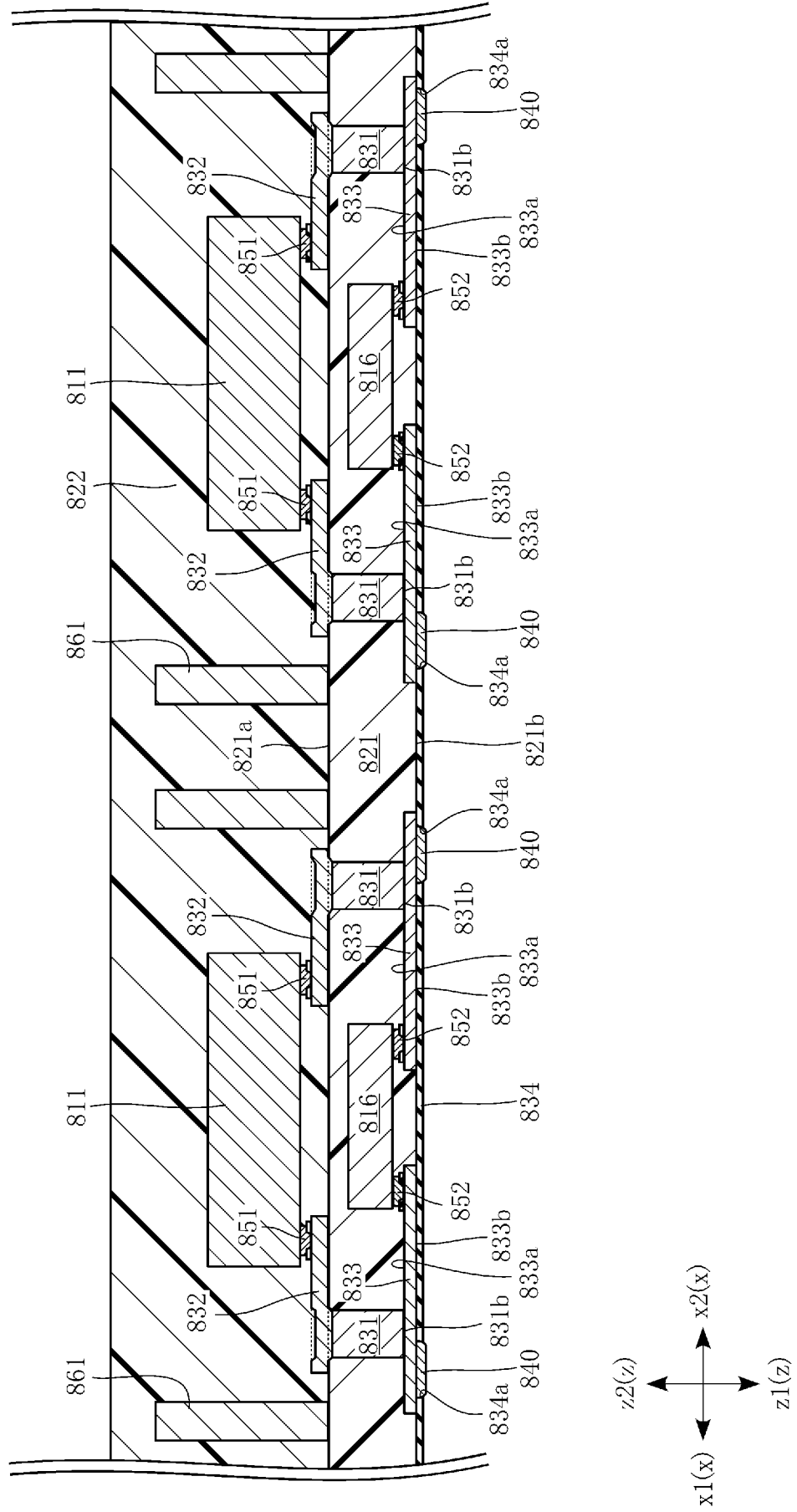
[図32]

FIG.32



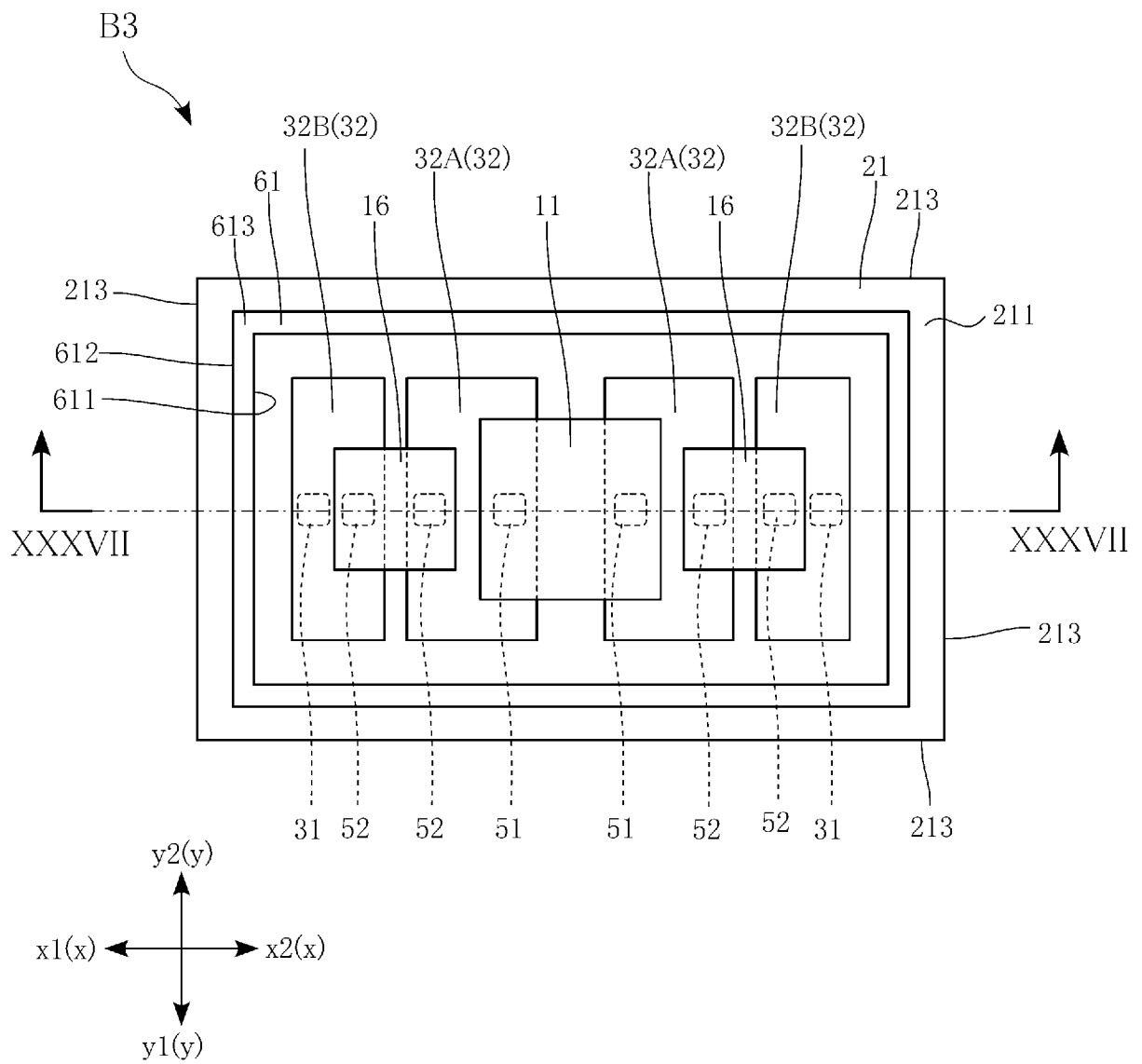
[図33]

FIG.33



[illegible]

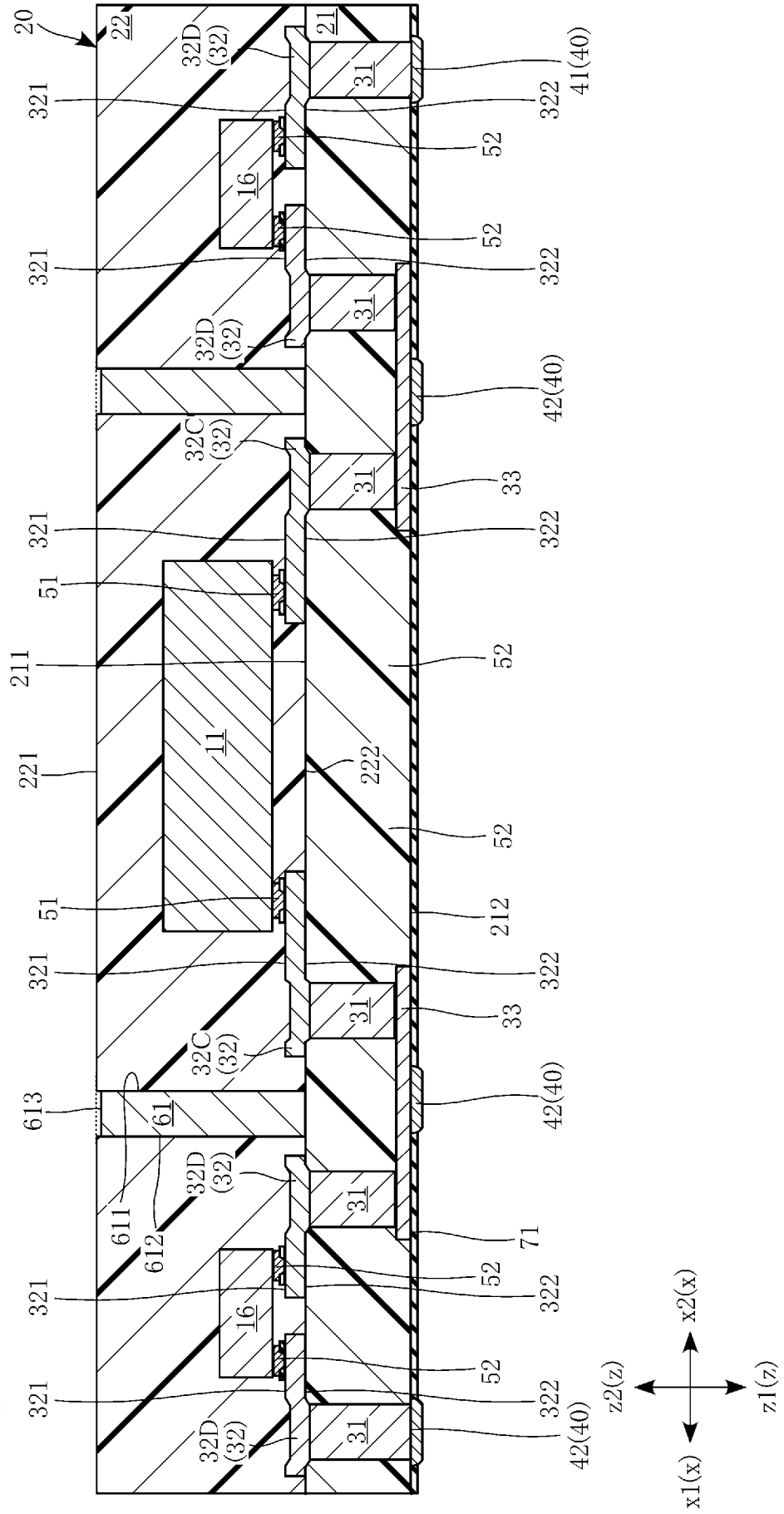
[図36]
FIG.36



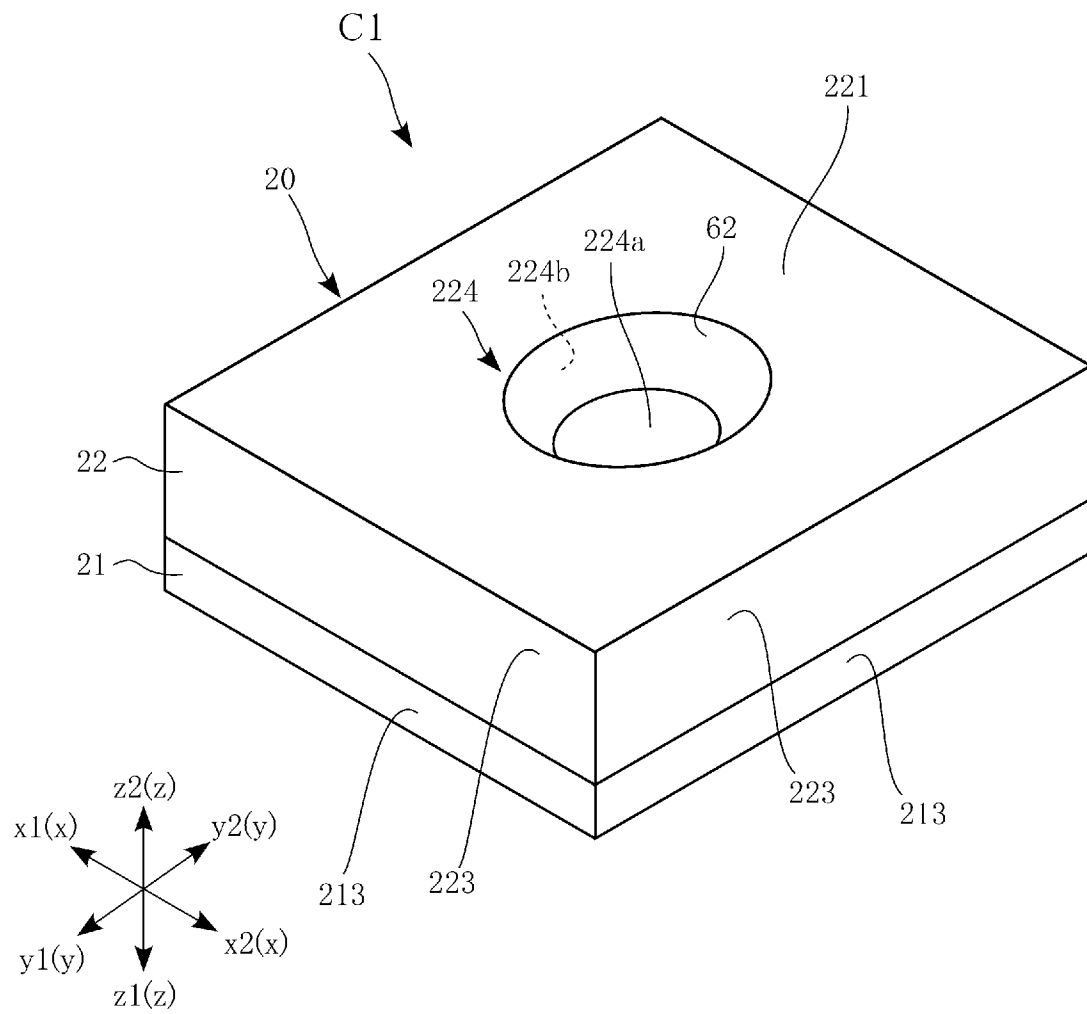
[図39]

FIG.39

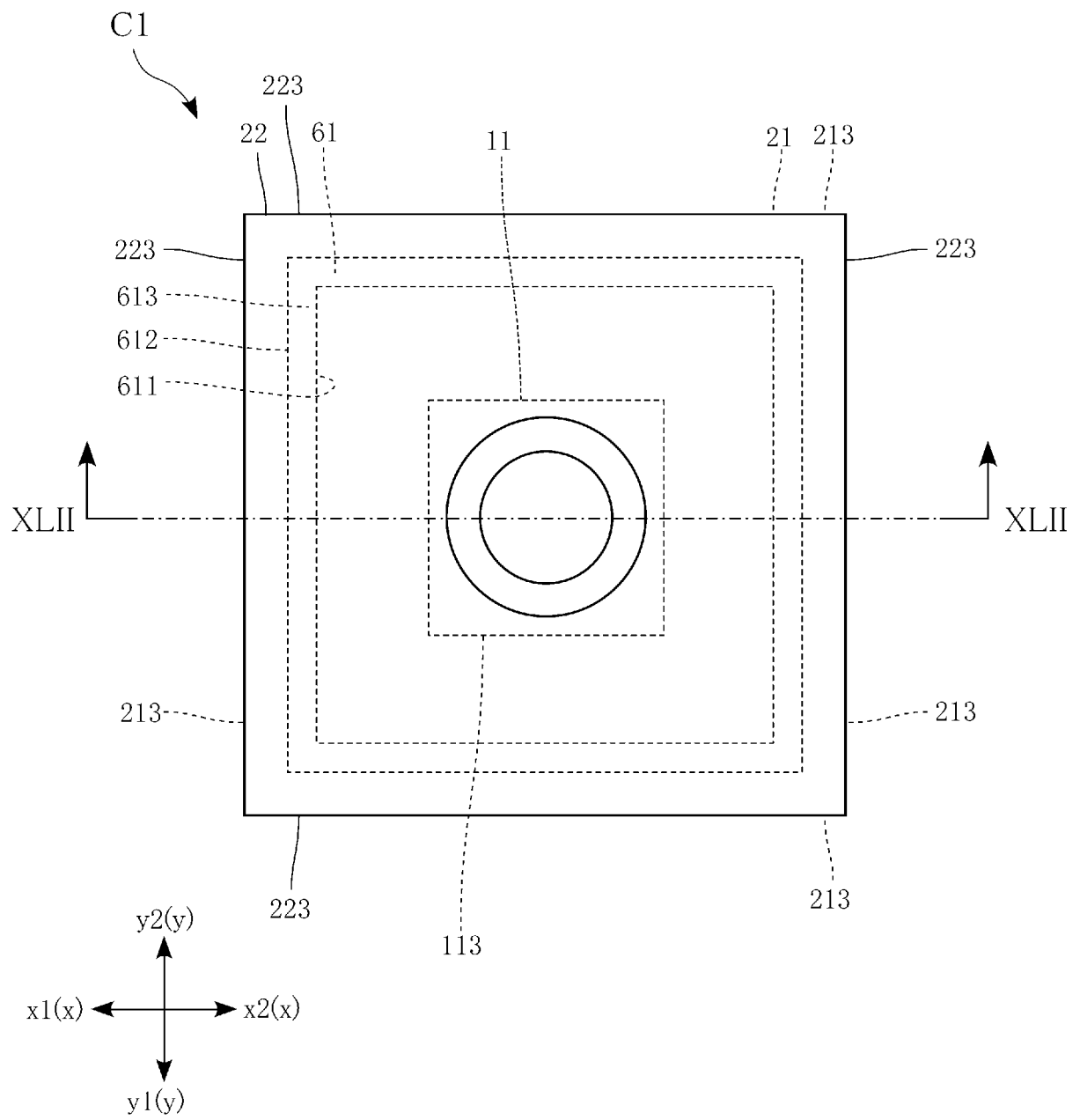
B4

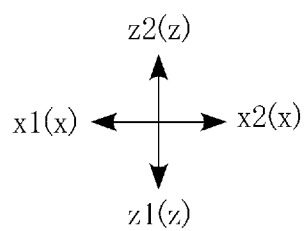


[図40]
FIG.40

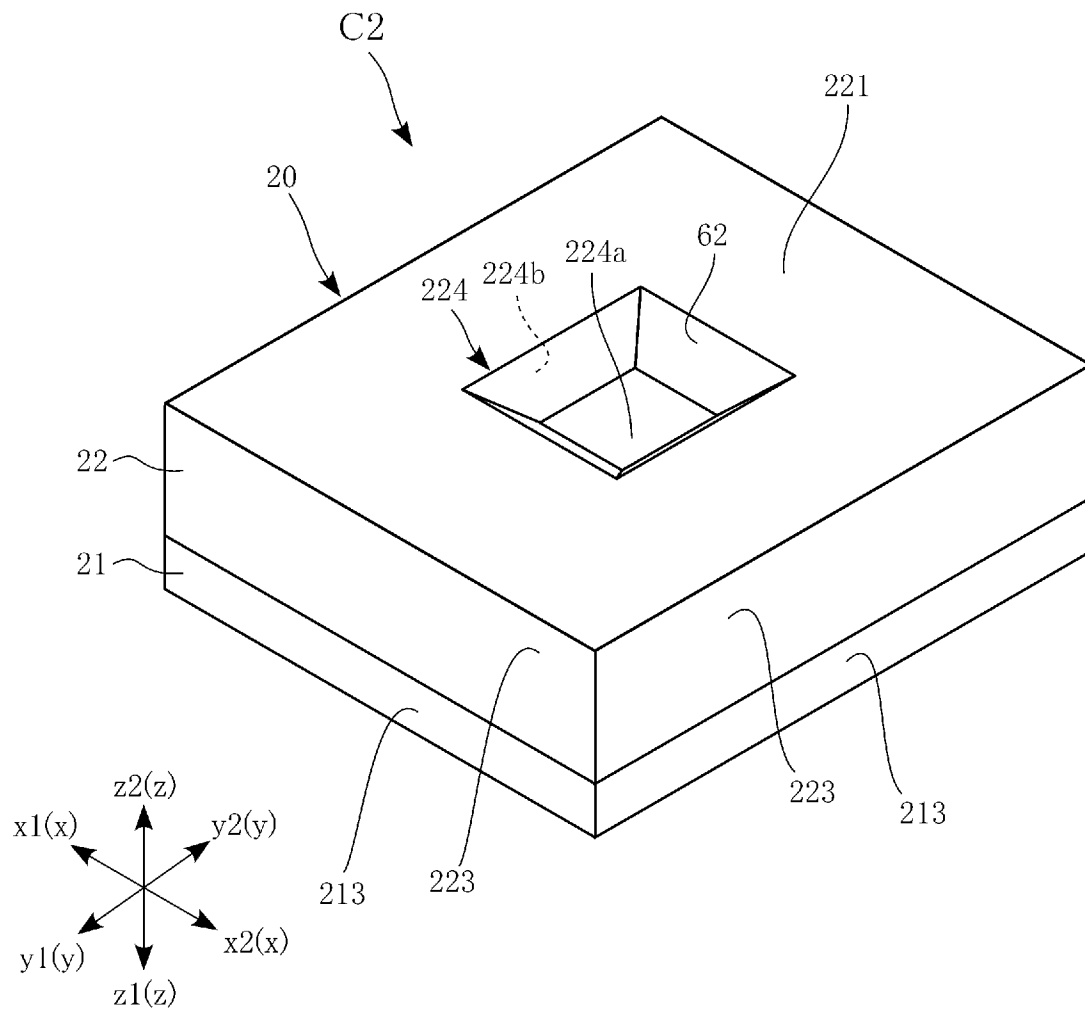


[図41]
FIG.41

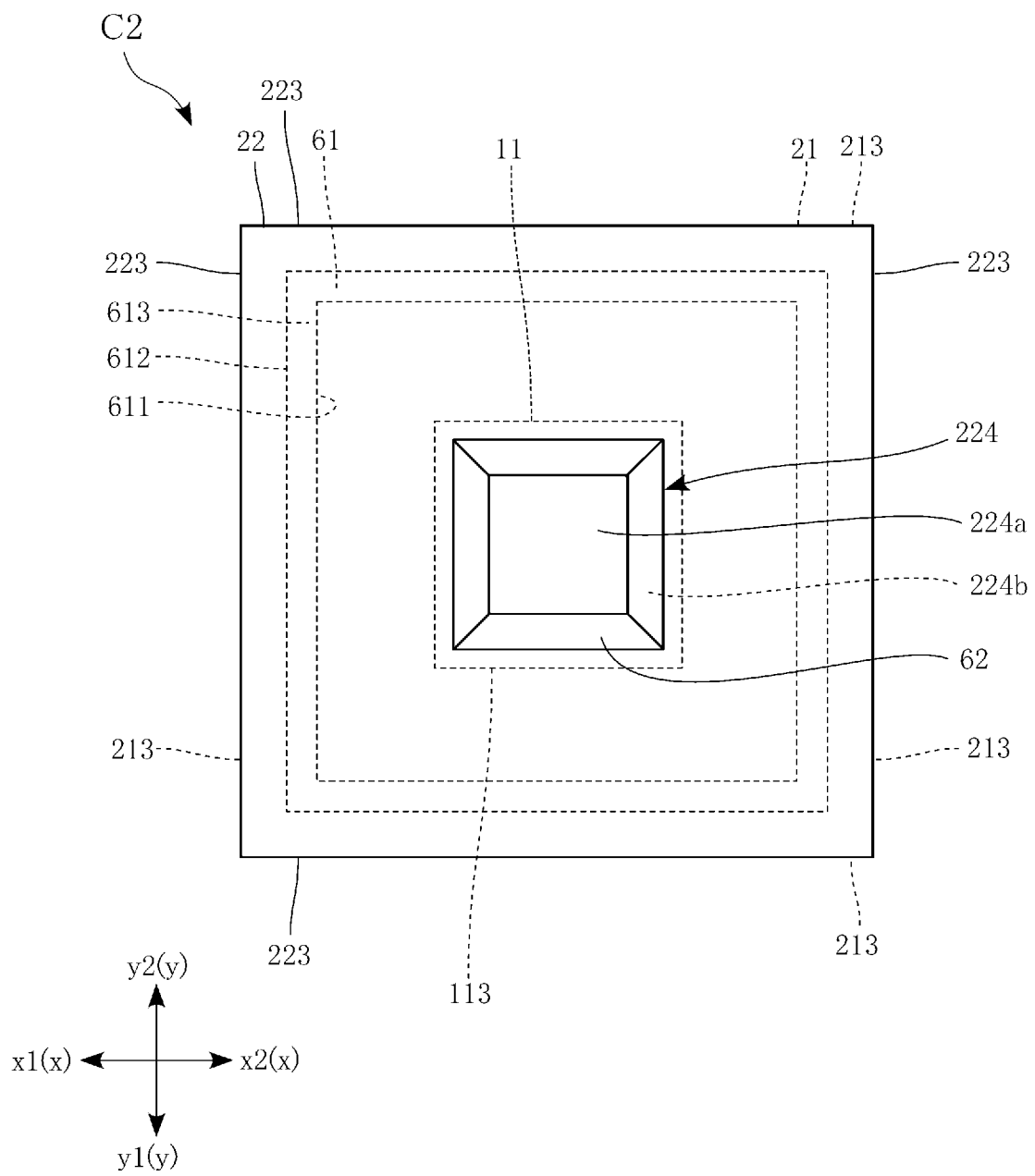




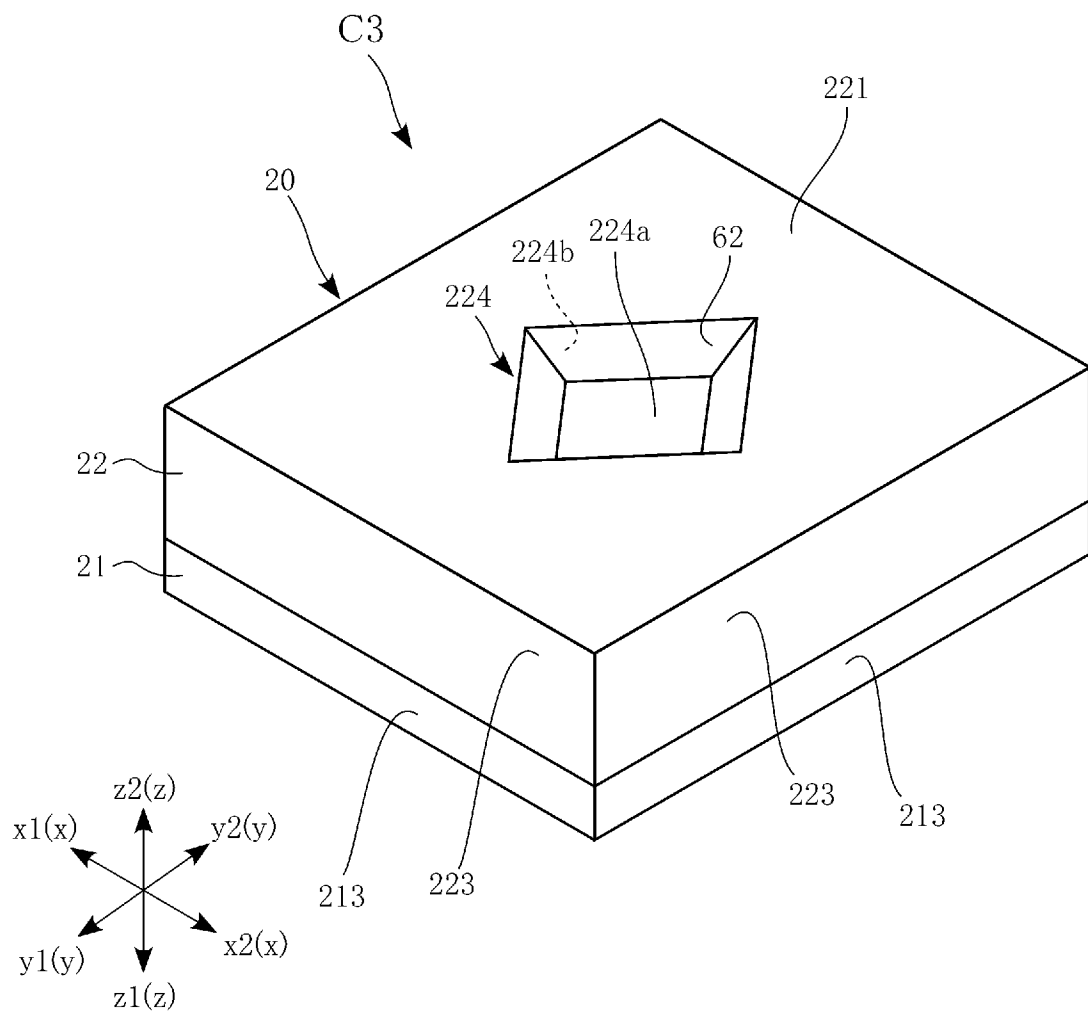
[図43]
FIG.43



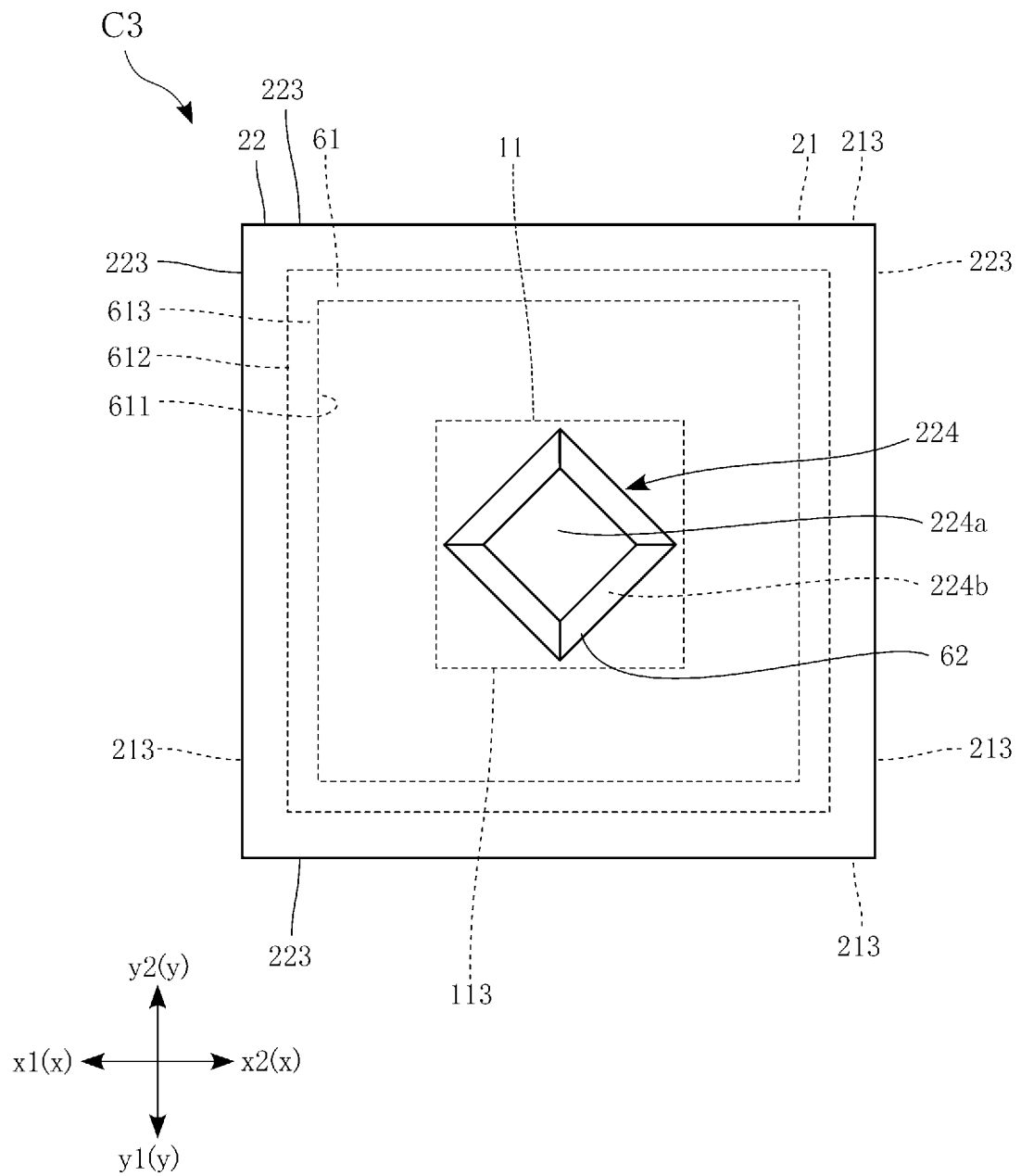
[図44]
FIG.44



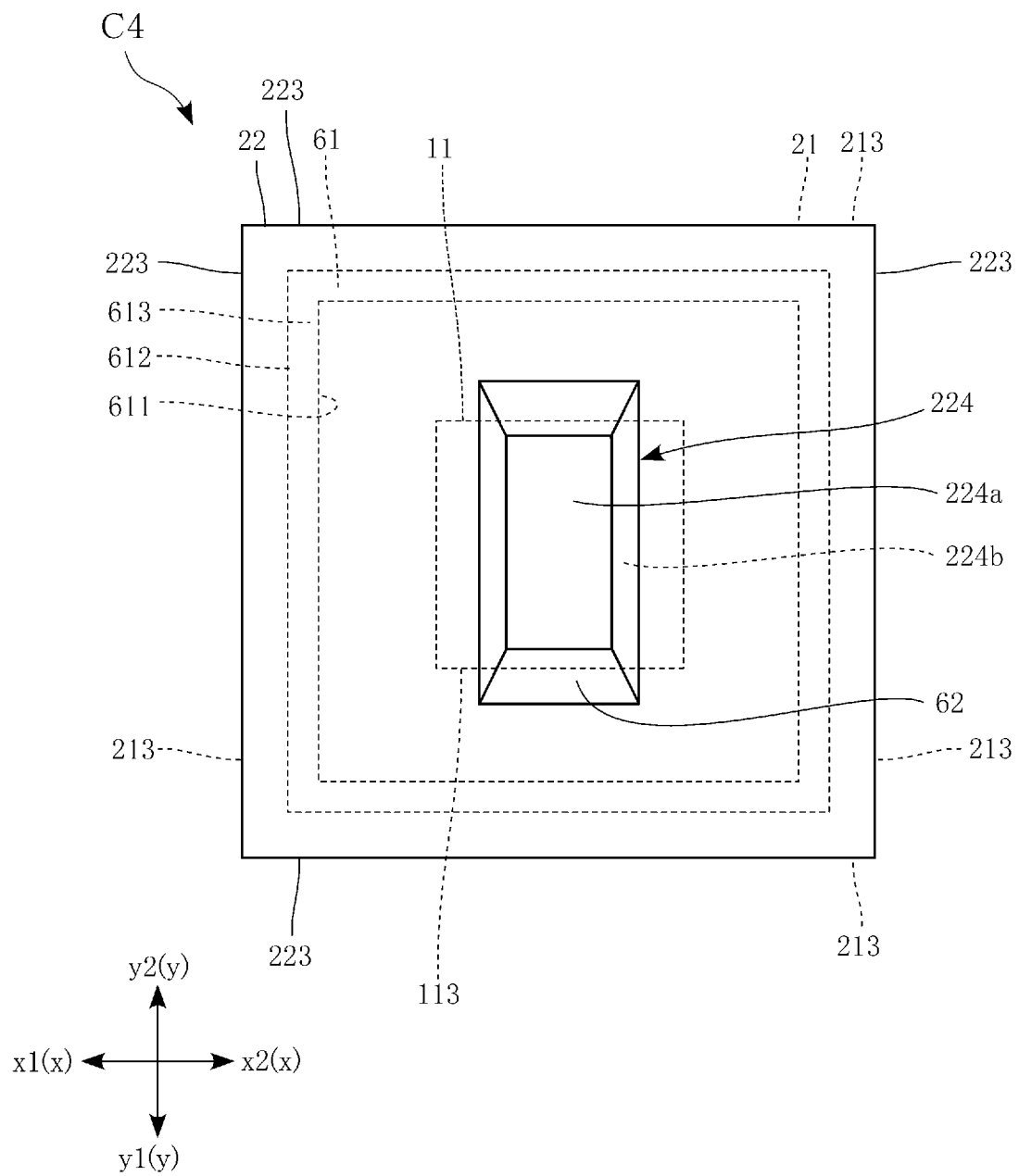
[図45]
FIG.45



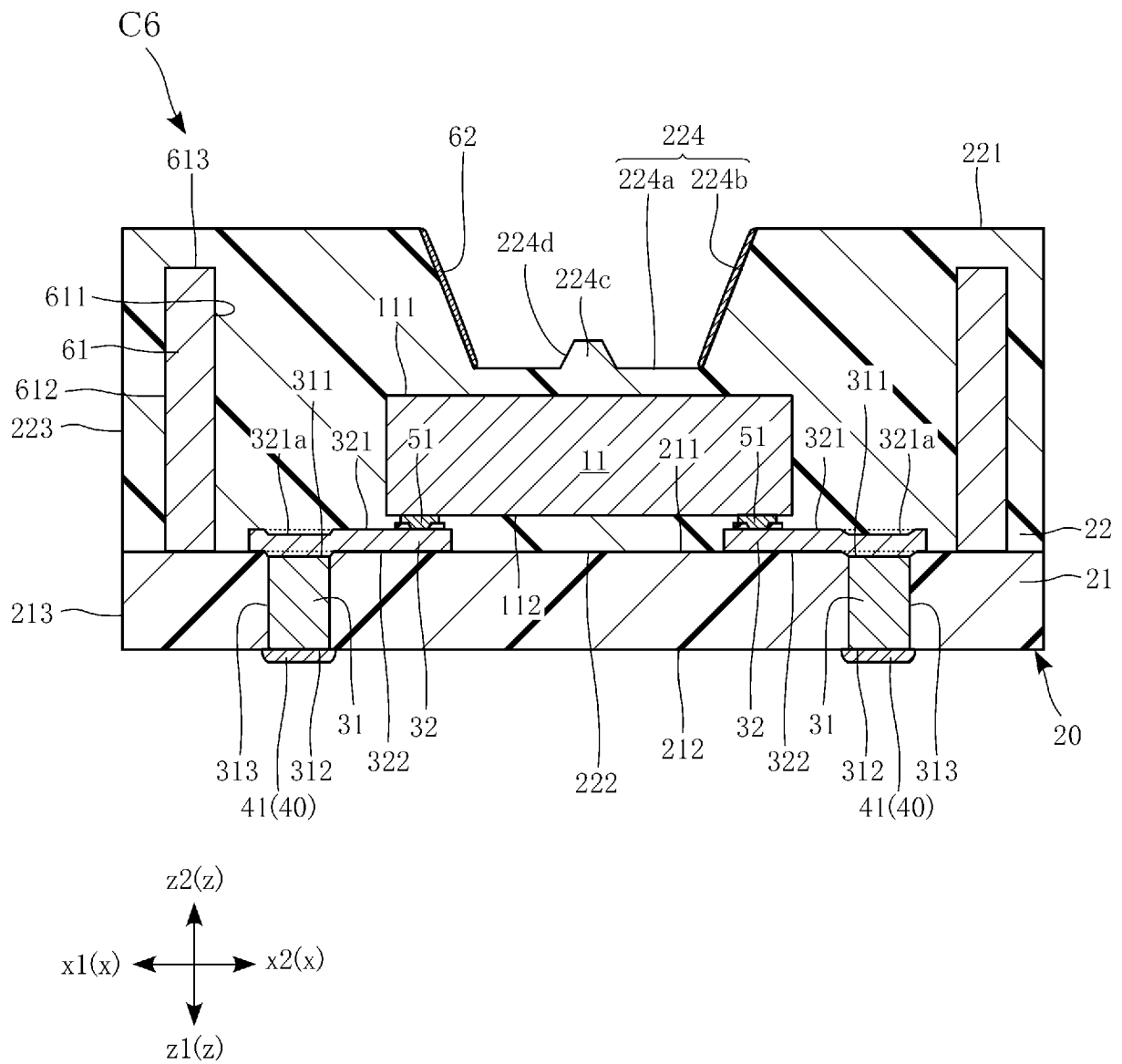
[図46]
FIG.46



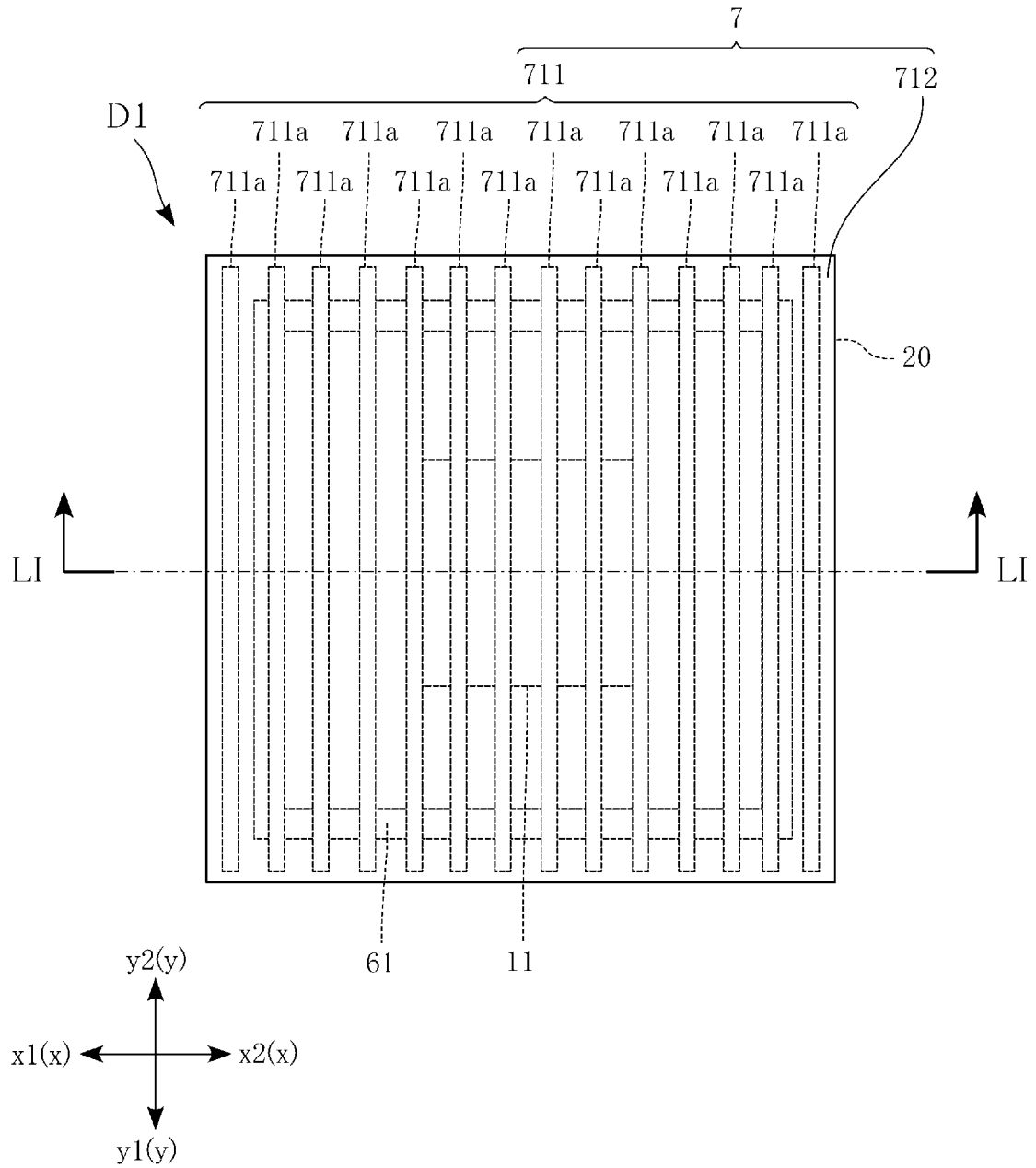
[図47]
FIG.47



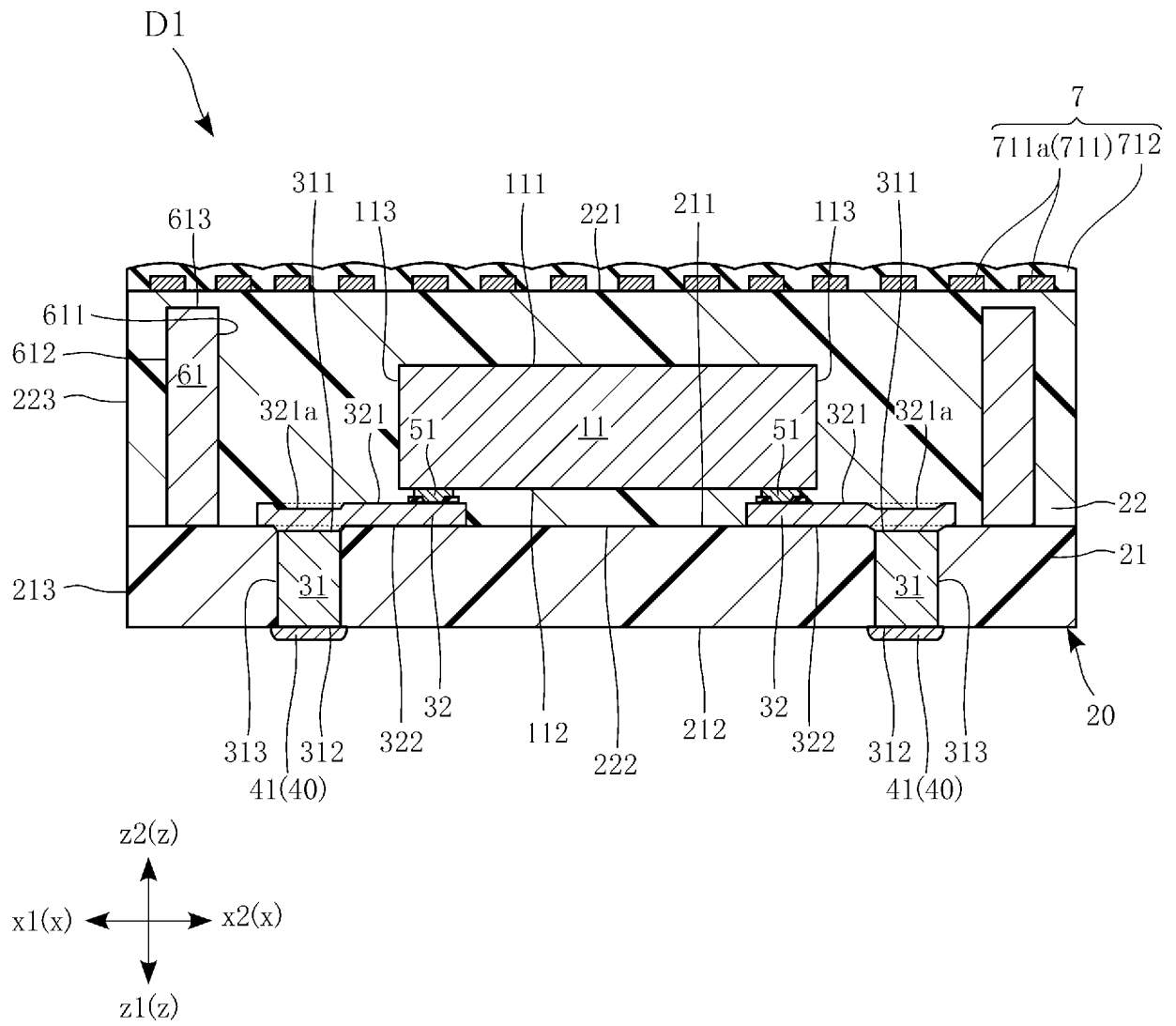
[図49]
FIG.49



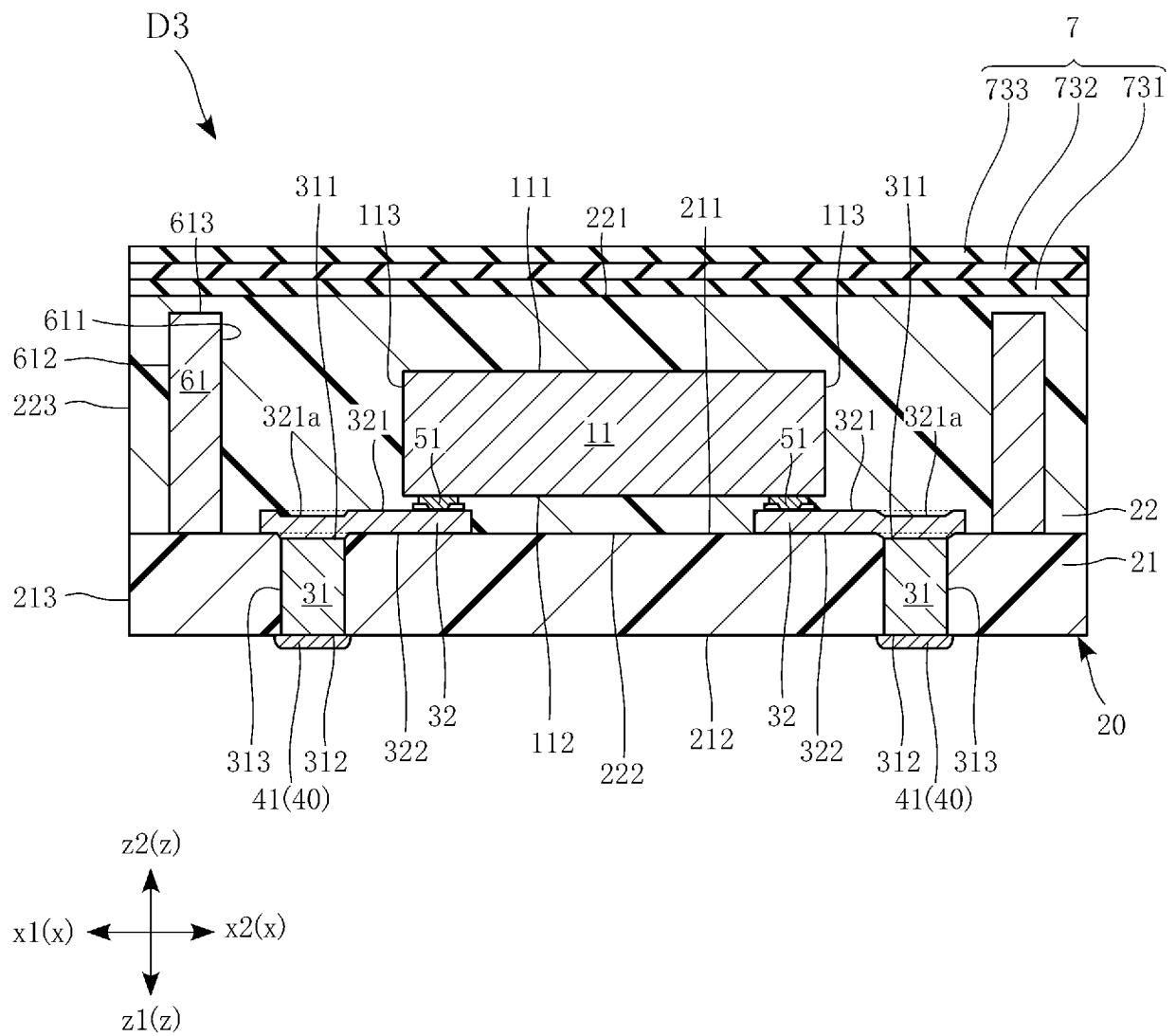
[図50]
FIG.50

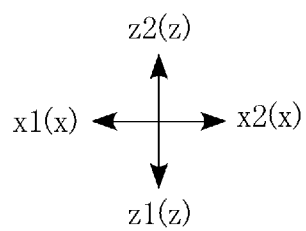


[図51]
FIG.51

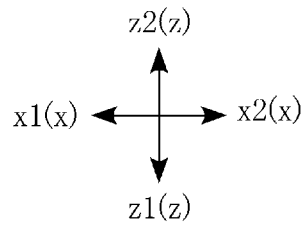
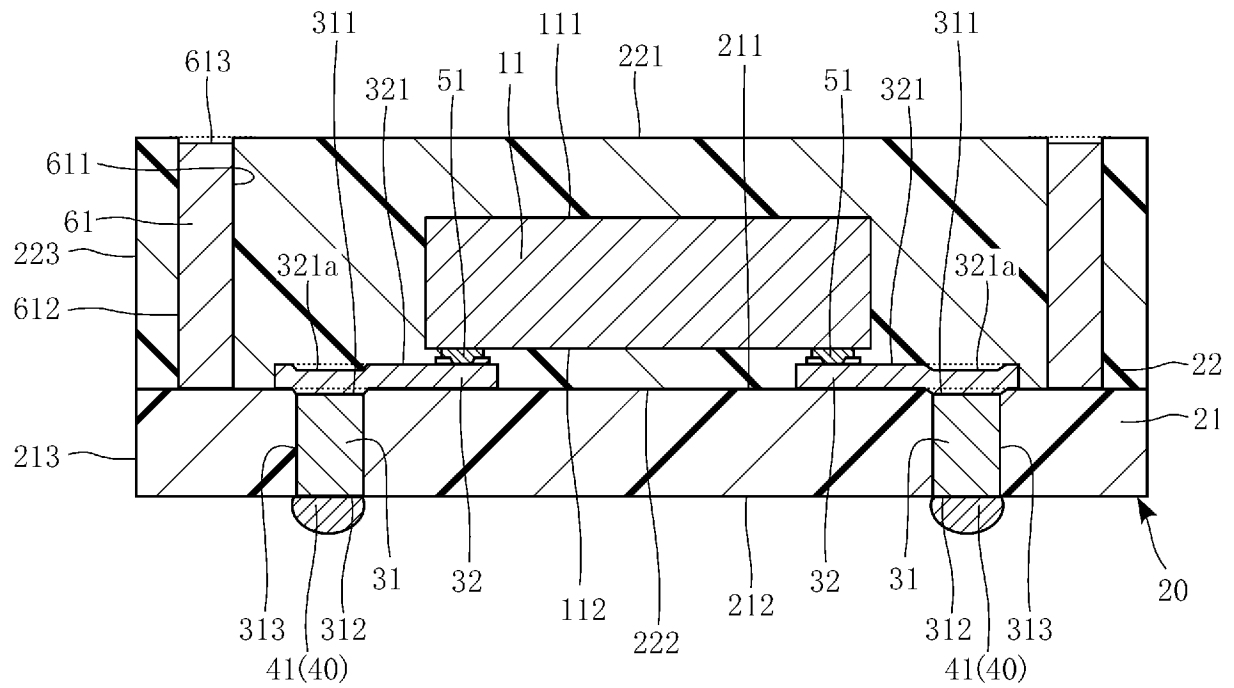


[図54]
FIG.54

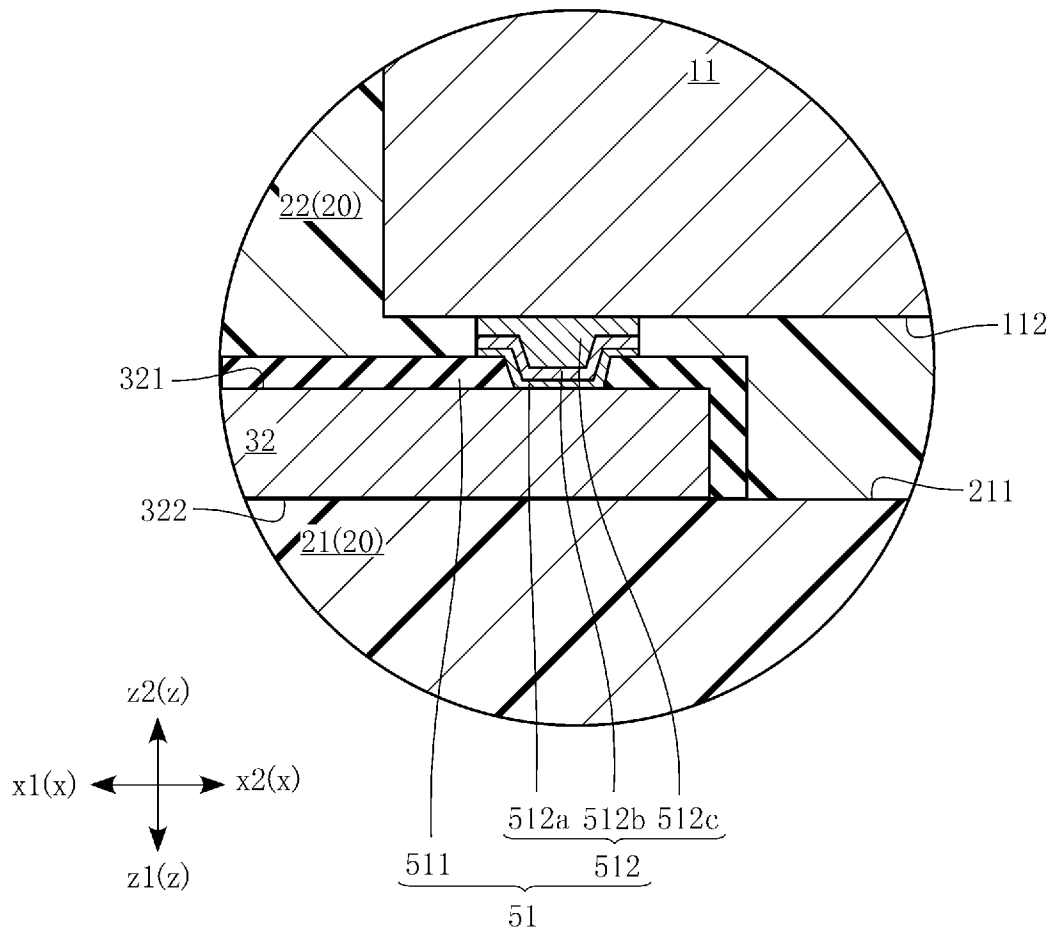


[illegible]

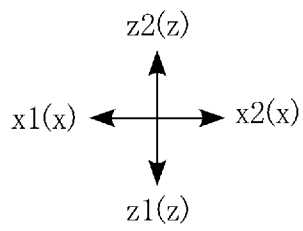
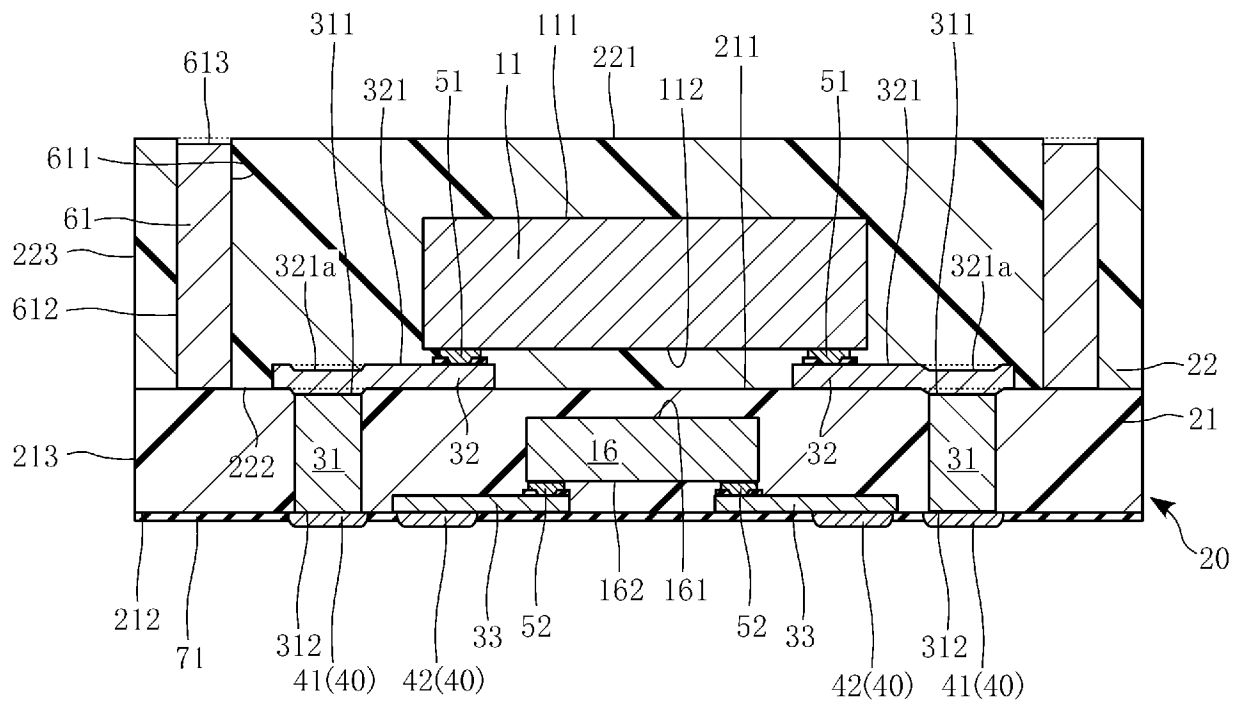
[図57]
FIG.57

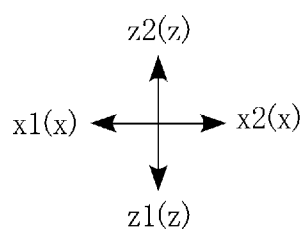


[図58]
FIG.58

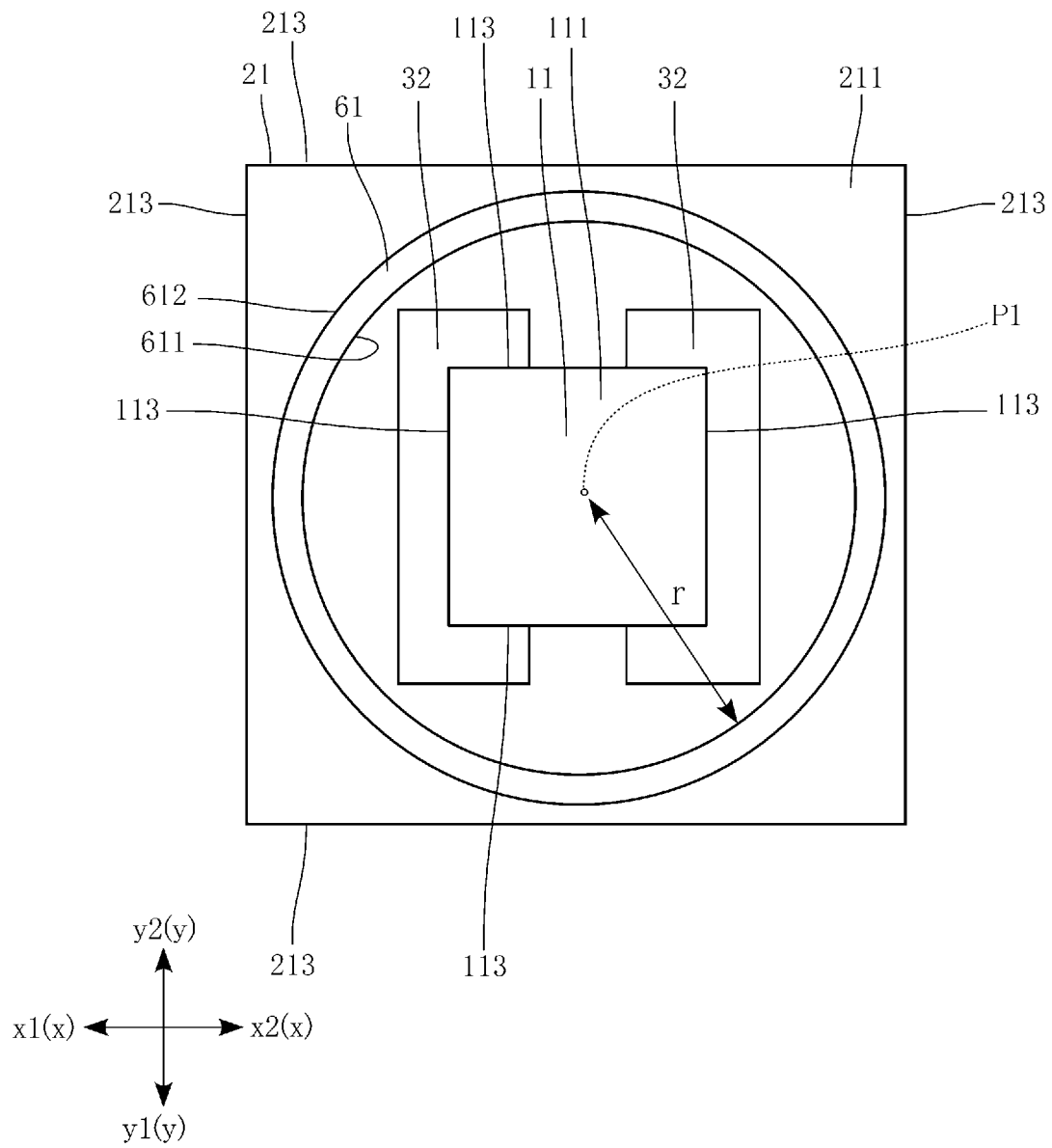


[図59]
FIG.59

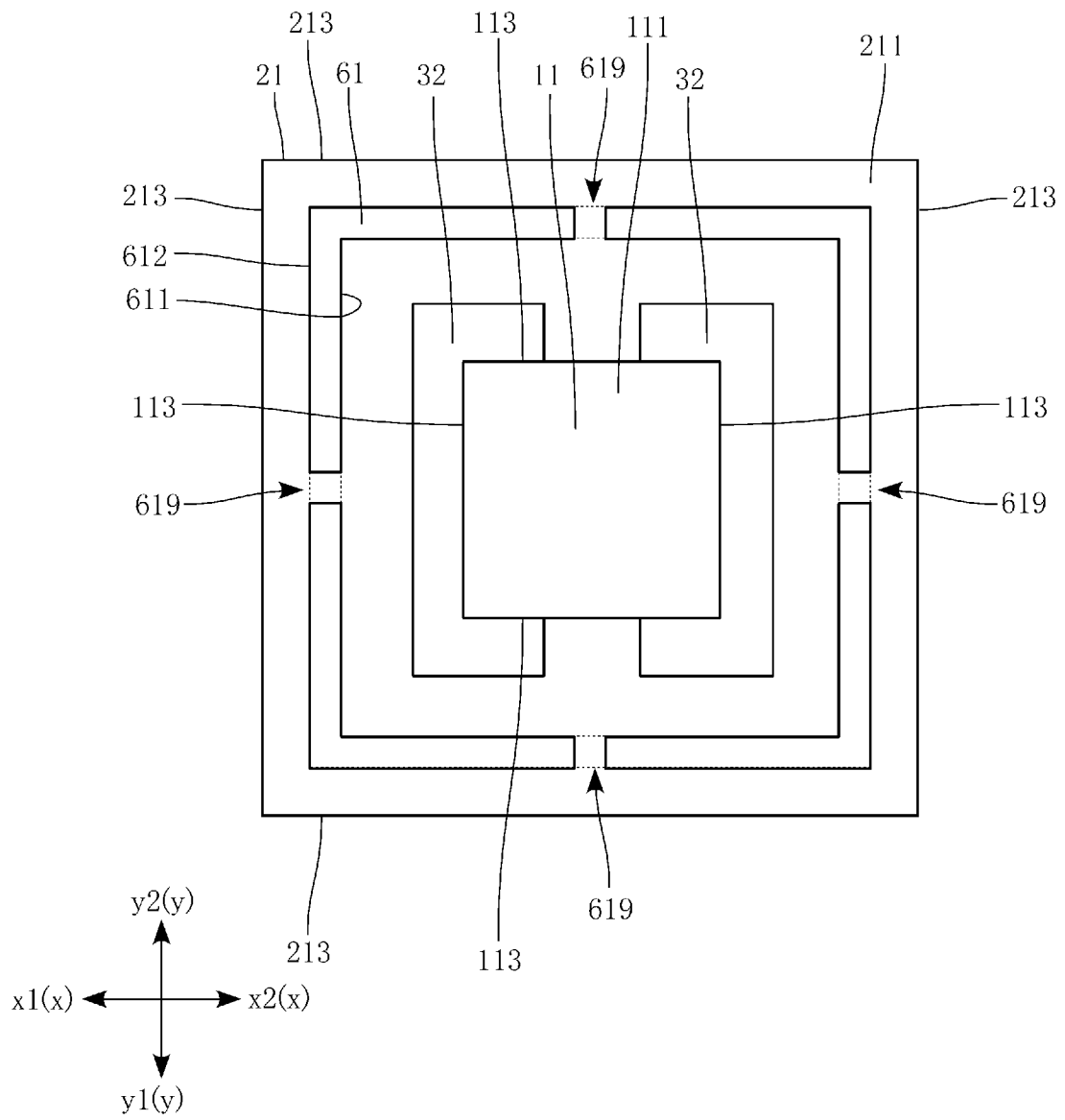


[illegible]

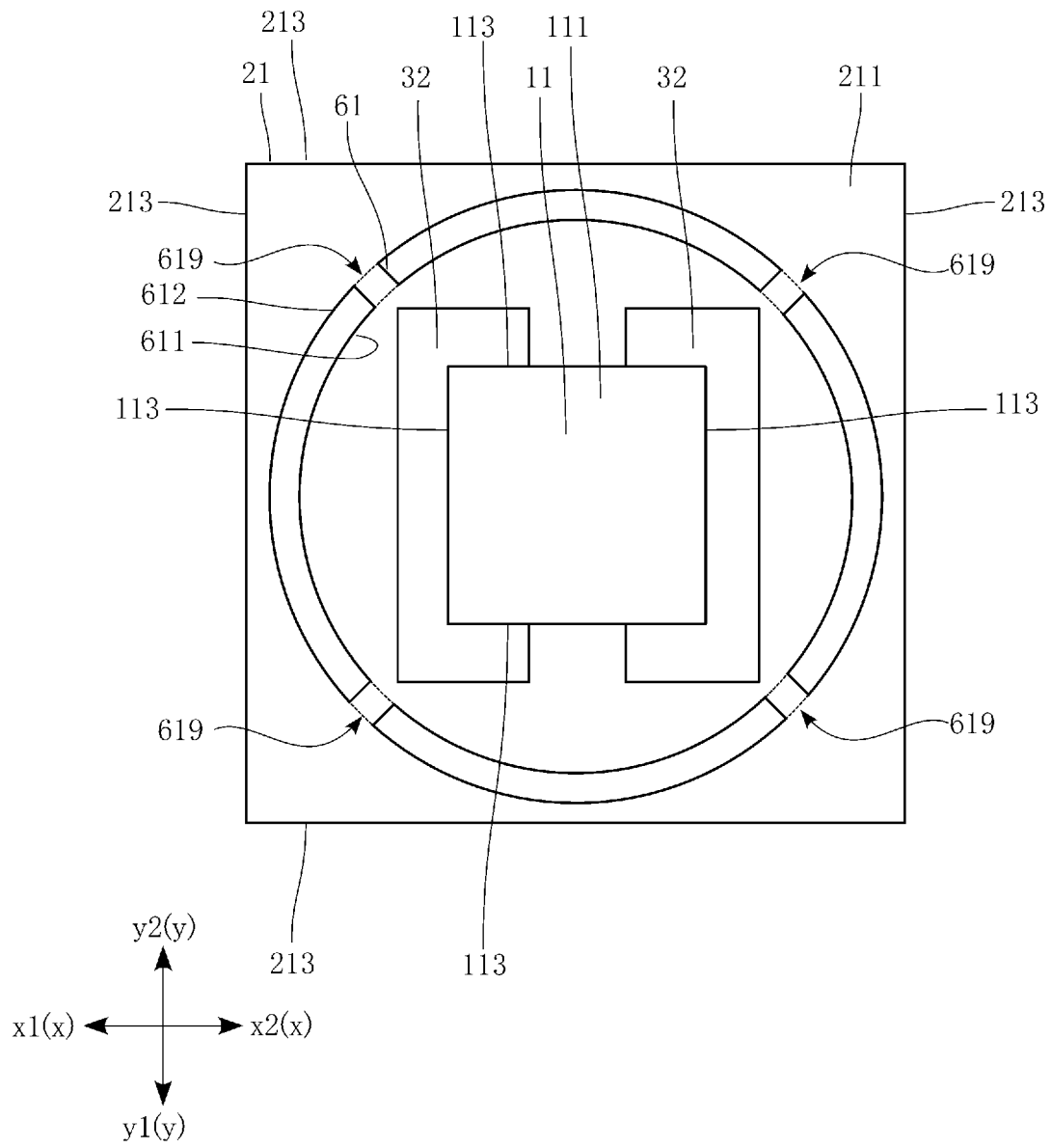
[図61]
FIG.61



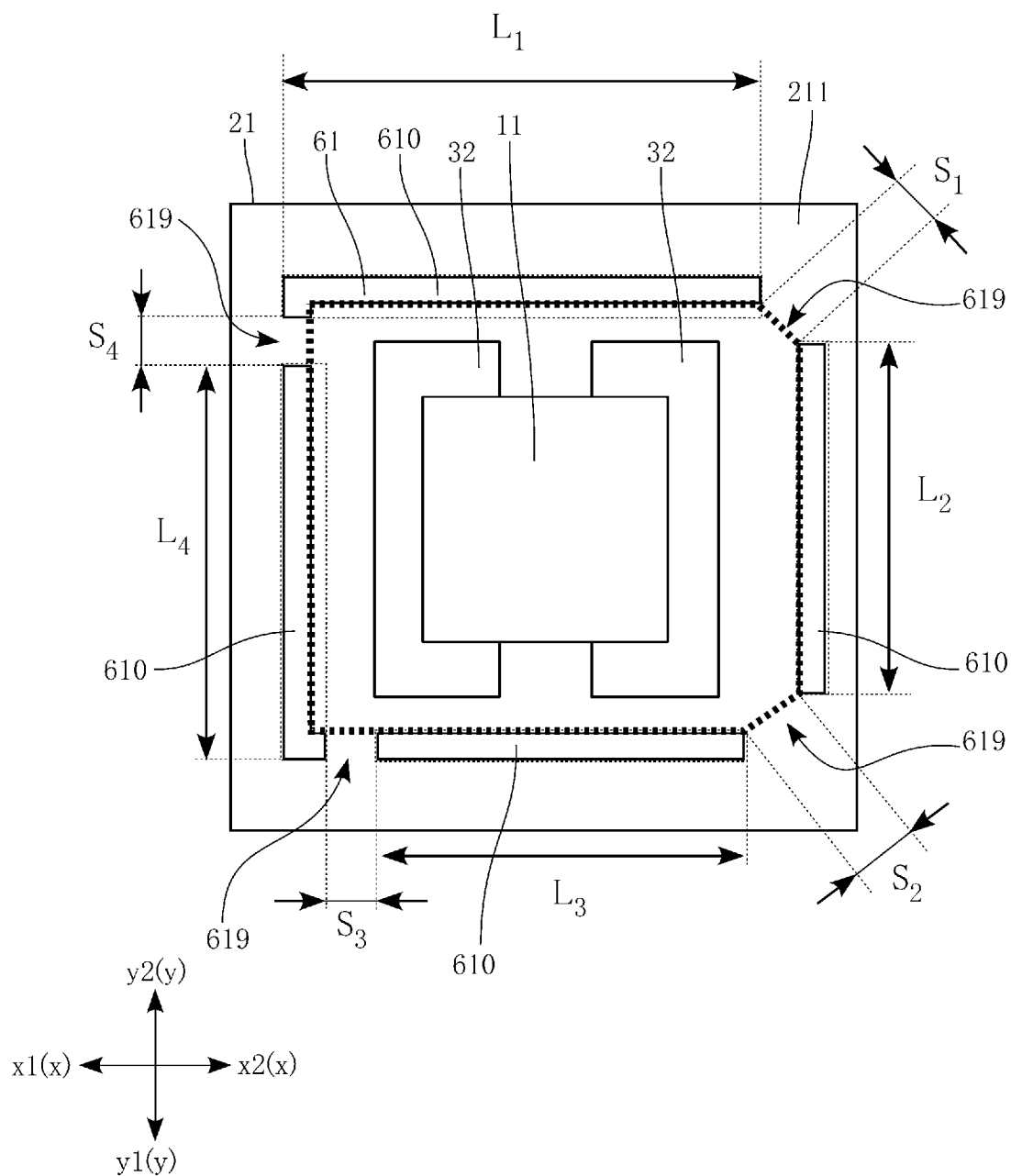
[図62]
FIG.62



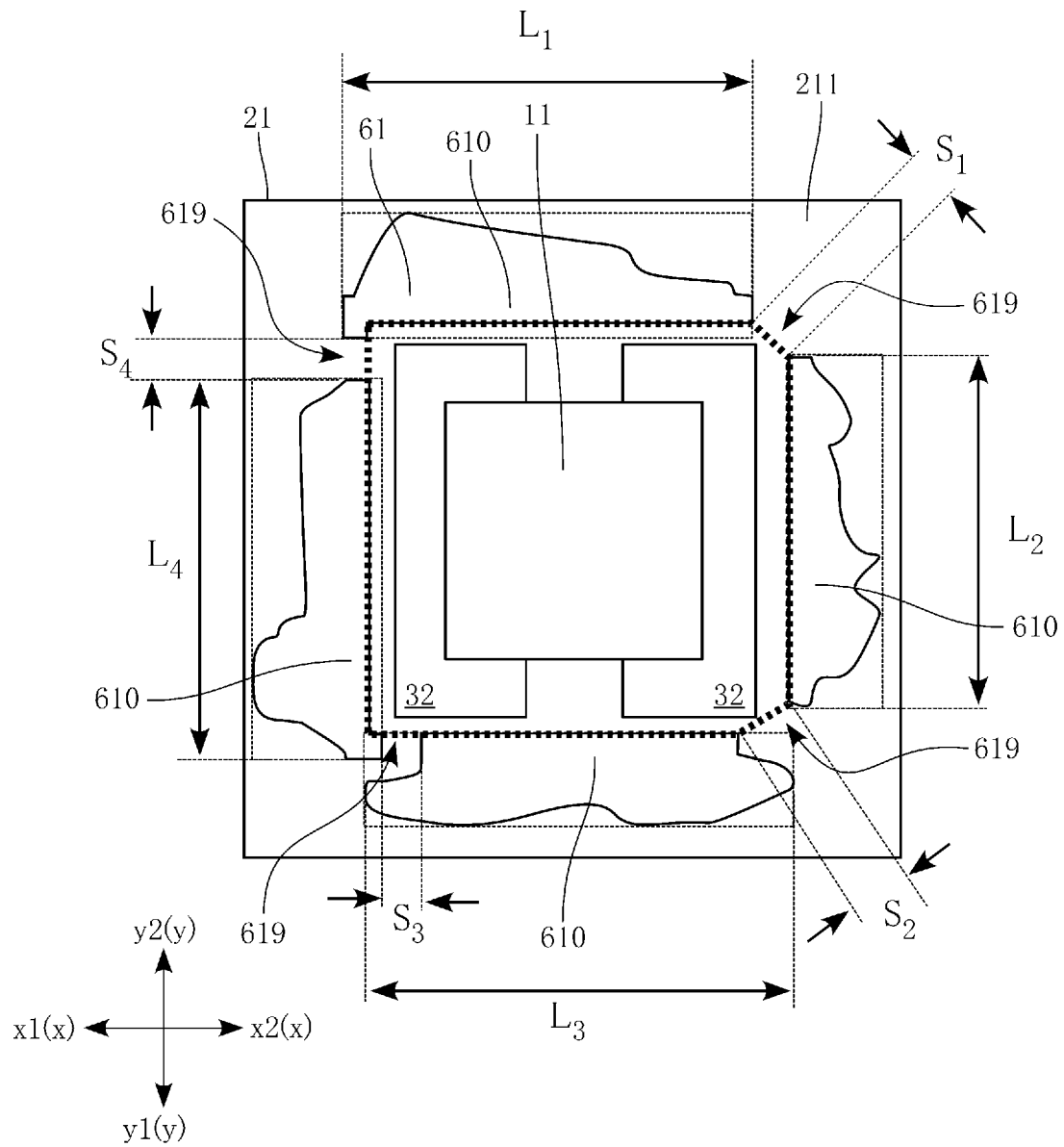
[図63]
FIG.63



[図64]
FIG.64



[図65]
FIG.65



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/046571

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L23/14 (2006.01) i, H01L23/28 (2006.01) i, H03B7/08 (2006.01) i
FI: H01L23/14 R, H03B7/08, H01L23/28 F, H01L23/28 J

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. H01L23/14, H01L23/28, H03B7/08

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
Y	JP 2018-88505 A (ROHM CO., LTD.) 07 June 2018, paragraphs [0100]-[0128], fig. 29-41, paragraphs [0100]-[0128], fig. 29-41	1, 2, 11, 17-20, 23
A		3-10, 12-16, 21, 22
Y	JP 2016-111542 A (ROHM CO., LTD.) 20 June 2016, paragraphs [0019]-[0040], fig. 1, 2, paragraphs [0019]-[0040], fig. 1, 2	1, 2, 11, 17-20, 23
A		3-10, 12-16, 21, 22
Y	JP 2017-55049 A (TOSHIBA CORP.) 16 March 2017, paragraphs [0030], [0031]	18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31.01.2020

Date of mailing of the international search report
10.02.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2019/046571

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-522175 A (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 28 August 2014, entire text, all drawings	1-23
A	JP 2015-141926 A (FUJITSU LTD.) 03 August 2015, entire text, all drawings	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/046571

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-88505 A	07.06.2018	(Family: none)	
JP 2016-111542 A	20.06.2016	US 2017/0271774 A1 paragraphs [0042]- [0063], fig. 1, 2 WO 2016/092886 A1	
JP 2017-55049 A	16.03.2017	(Family: none)	
JP 2014-522175 A	28.08.2014	US 2013/0026586 A1 entire text, all drawings WO 2013/016536 A2 CN 103733429 A	
JP 2015-141926 A	03.08.2015	US 2015/0214174 A1 entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/14(2006.01)i; H01L 23/28(2006.01)i; H03B 7/08(2006.01)i FI: H01L23/14 R; H03B7/08; H01L23/28 F; H01L23/28 J		
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）） H01L23/14; H01L23/28; H03B7/08		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y	JP 2018-88505 A（ローム株式会社）07.06.2018（2018-06-07） 段落[0100]-[0128], 図29-41	1, 2, 11, 17-20, 23
A	段落[0100]-[0128], 図29-41	3-10, 12-16, 21, 22
Y	JP 2016-111542 A（ローム株式会社）20.06.2016（2016-06-20） 段落[0019]-[0040], 図1, 2	1, 2, 11, 17-20, 23
A	段落[0019]-[0040], 図1, 2	3-10, 12-16, 21, 22
Y	JP 2017-55049 A（株式会社東芝）16.03.2017（2017-03-16） 段落[0030], [0031]	18
A	JP 2014-522175 A（日本テキサス・インスツルメンツ株式会社）28.08.2014（2014-08-28） 全文, 全図	1-23
A	JP 2015-141926 A（富士通株式会社）03.08.2015（2015-08-03） 全文, 全図	1-23
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 31.01.2020		国際調査報告の発送日 10.02.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 川原 光司 5F 5382 電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/046571

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-88505	A	07.06.2018	(ファミリーなし)	
JP	2016-111542	A	20.06.2016	US 2017/0271774 A1	
				段落[0042]-[0063], 図1, 2	
				WO 2016/092886 A1	
JP	2017-55049	A	16.03.2017	(ファミリーなし)	
JP	2014-522175	A	28.08.2014	US 2013/0026586 A1	
				全文, 全図	
				WO 2013/016536 A2	
				CN 103733429 A	
JP	2015-141926	A	03.08.2015	US 2015/0214174 A1	
				全文, 全図	