

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-123404

(P2017-123404A)

(43) 公開日 平成29年7月13日(2017.7.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/12 (2006.01)	HO 1 L 23/12 5 O 1 P	5 F 0 3 8
HO 1 L 21/822 (2006.01)	HO 1 L 27/04 H	5 F 1 0 2
HO 1 L 27/04 (2006.01)	HO 1 L 29/80 H	5 J 0 1 4
HO 1 L 21/338 (2006.01)	HO 1 L 23/12 3 O 1 Z	
HO 1 L 29/812 (2006.01)	HO 1 P 3/08 2 O 1	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-1934 (P2016-1934)
 (22) 出願日 平成28年1月7日(2016.1.7)

(出願人による申告)平成27年度、総務省、「超高周波搬送波による数十ギガビット無線伝送技術の研究開発」研究開発委託契約に基づく開発項目「超高周波帯送受信技術の開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100092978
 弁理士 真田 有
 (74) 代理人 100112678
 弁理士 山本 雅久
 (72) 発明者 高橋 剛
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
 Fターム(参考) 5F038 BE07 BH10 BH19 CA09 CA10
 CD18 EZ01 EZ02 EZ14 EZ15
 EZ20

最終頁に続く

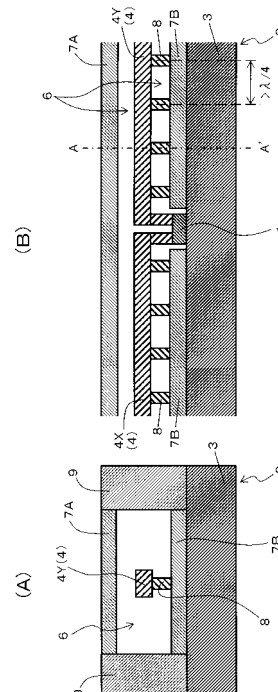
(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法、通信装置

(57) 【要約】

【課題】高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子を備える半導体装置に備えられる配線における伝送損失を低減し、伝送特性を向上させる。

【解決手段】半導体装置を、半導体基板3上に設けられた半導体素子1と、半導体基板の上方に設けられ、半導体素子に接続された信号配線4と、信号配線の上方及び下方のそれぞれに空間を挟んで設けられた上部金属層7A及び下部金属層7Bと、信号配線と下部金属層との間に設けられ、信号配線を支持する絶縁体8と、半導体基板の上方の信号配線、上部金属層、下部金属層、絶縁体及び空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層9とを備えるものとする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

半導体基板上に設けられた半導体素子と、
前記半導体基板の上方に設けられ、前記半導体素子に接続された信号配線と、
前記信号配線の上方及び下方のそれぞれに空間を挟んで設けられた上部金属層及び下部金属層と、

前記信号配線と前記下部金属層との間に設けられ、前記信号配線を支持する絶縁体と、
前記半導体基板の上方の前記信号配線、前記上部金属層、前記下部金属層、前記絶縁体及び前記空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層とを備えることを特徴とする半導体装置。

10

【請求項 2】

前記信号配線の側方に空間を挟んで設けられた側部金属層を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】

前記絶縁体は、前記信号配線が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられていることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記絶縁体は、柱状になっていることを特徴とする、請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記信号配線と前記上部金属層との間に設けられ、前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

20

【請求項 6】

前記下部金属層と前記上部金属層との間に設けられ、前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記金属層支持用絶縁体は、柱状になっていることを特徴とする、請求項 5 又は 6 に記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記絶縁体は、板状になっており、前記信号配線が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、

前記絶縁体及び前記信号配線と前記上部金属層との間に設けられ、前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、請求項 3 に記載の半導体装置。

30

【請求項 9】

前記絶縁体は、前記信号配線を支持する平面状部分と、前記平面状部分の両側部と前記下部金属層との間に設けられ、前記平面状部分を支持する支持部分とを備えることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

【請求項 10】

前記絶縁体は、さらに、板状になっており、前記平面状部分と前記下部金属層との間に前記信号配線が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、前記平面状部分を支持しており、前記信号配線が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている板状支持部分を備えることを特徴とする、請求項 9 に記載の半導体装置。

40

【請求項 11】

前記上部金属層を支持する金属層支持用平面状部分と、前記金属層支持用平面状部分の両側部と前記平面状部分の両側部との間に設けられ、前記金属層支持用平面状部分を支持する金属層支持用支持部分とを備える金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、請求項 9 又は 10 に記載の半導体装置。

【請求項 12】

前記金属層支持用絶縁体は、さらに、板状になっており、前記平面状部分及び前記信号

50

配線と前記金属層支持用平面状部分との間に前記信号配線が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、前記金属層支持用平面状部分を支持しており、前記信号配線が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている金属層支持用板状支持部分を備えることを特徴とする、請求項 1 1 に記載の半導体装置。

【請求項 1 3】

前記信号配線の前記半導体素子に接続されている側の反対側の端部に接続された端子と

、前記端子及び前記信号配線の前記端子に接続されている部分を取り囲むように設けられた端部金属層とを備えることを特徴とする、請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

10

【請求項 1 4】

前記間隔は、信号波長の 1 / 4 以上になっていることを特徴とする、請求項 3 ~ 8、1 0、1 2 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項 1 6】

半導体素子が設けられた半導体基板の上方に、下部金属層を形成する工程と、前記下部金属層上に、絶縁体及び前記絶縁体の周囲の下部犠牲層を形成する工程と、前記絶縁体上に、前記半導体素子に接続され、かつ、前記絶縁体に支持されるように、信号配線を形成する工程と、

20

前記信号配線を覆うように上部犠牲層を形成する工程と、

前記上部犠牲層上に、上部金属層を形成する工程と、

前記下部犠牲層及び前記上部犠牲層を除去して、前記信号配線と前記下部金属層との間及び前記信号配線と前記上部金属層との間に空間を形成する工程と、

前記半導体基板の上方の前記信号配線、前記上部金属層、前記下部金属層、前記絶縁体及び前記空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0 0 0 1】

本発明は、半導体装置及びその製造方法、通信装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、大容量無線通信を実現させるために、例えばミリ波やテラヘルツ波などを利用することが研究されている。

この場合、高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子を備える半導体チップ（半導体装置）が用いられることになる。

そして、このような半導体チップでは、半導体素子の動作特性だけでなく、半導体素子に接続される配線の伝送特性もチップ全体の特性に影響を及ぼすことになる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【特許文献 1】特表 2 0 0 7 - 5 3 5 8 2 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 8 - 3 1 1 4 8 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

ところで、例えば、上述のような半導体チップに備えられる配線としては、コプレーナ型配線（図 1 7（A）参照）やマイクロストリップ型の配線（図 1 7（B）参照）を

50

用いることが考えられる。

しかしながら、これらの配線では、グラウンド層との間に絶縁層が介在しているため、伝送損失が大きくなってしまふ。

【0005】

また、高周波又は超高周波の信号を伝送する場合、外部からのノイズの影響を受けやすく、また、半導体基板を介した信号のフィードバックも起こり、これらも伝送特性に影響を及ぼすことになる。

そこで、高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子を備える半導体装置に備えられる配線における伝送損失を低減し、伝送特性を向上させたい。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本半導体装置は、半導体基板上に設けられた半導体素子と、半導体基板の上方に設けられ、半導体素子に接続された信号配線と、信号配線の上方及び下方のそれぞれに空間を挟んで設けられた上部金属層及び下部金属層と、信号配線と下部金属層との間に設けられ、信号配線を支持する絶縁体と、半導体基板の上方の信号配線、上部金属層、下部金属層、絶縁体及び空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層とを備える。

【0007】

本通信装置は、上述の半導体装置を備える。

本半導体装置の製造方法は、半導体素子が設けられた半導体基板の上方に、下部金属層を形成する工程と、下部金属層上に、絶縁体及び絶縁体の周囲の下部犠牲層を形成する工程と、絶縁体上に、半導体素子に接続され、かつ、絶縁体に支持されるように、信号配線を形成する工程と、信号配線を覆うように上部犠牲層を形成する工程と、上部犠牲層上に、上部金属層を形成する工程と、下部犠牲層及び上部犠牲層を除去して、信号配線と下部金属層との間及び信号配線と上部金属層との間に空間を形成する工程と、半導体基板の上方の信号配線、上部金属層、下部金属層、絶縁体及び空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層を形成する工程とを含む。

【発明の効果】

【0008】

したがって、本半導体装置及びその製造方法、通信装置によれば、高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子を備える半導体装置に備えられる配線における伝送損失を低減し、伝送特性を向上させることができるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】(A)、(B)は、本実施形態にかかる半導体装置の構成を示す模式的断面図であって、(A)は(B)のA-A線に沿う断面図である。

【図2】(A)~(C)は、本実施形態にかかる半導体装置の構成を示す模式図であって、(A)は平面図であり、(B)は断面図であり、(C)は(B)のA-A線に沿う断面図である。

【図3】(A)~(D)は、本実施形態にかかる半導体装置の製造方法を説明するための模式的断面図である。

【図4】(A)~(C)は、本実施形態にかかる半導体装置の製造方法を説明するための模式的断面図である。

【図5】(A)~(C)は、本実施形態にかかる半導体装置の製造方法を説明するための模式的断面図である。

【図6】(A)~(D)は、本実施形態にかかる半導体装置の製造方法の変形例を説明するための模式的断面図である。

【図7】(A)~(C)は、本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式図であって、(A)は平面図であり、(B)は断面図であり、(C)は(B)のA-A線に沿う断面図である。

【図8】(A)、(B)は、本実施形態の変形例の半導体装置の製造方法を説明するため

10

20

30

40

50

の模式的断面図である。

【図 9】(A) ~ (C) は、本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式図であって、(A) は平面図であり、(B) は断面図であり、(C) は (B) の A - A 線に沿う断面図である。

【図 10】(A) ~ (C) は、本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式図であって、(A) は平面図であり、(B) は断面図であり、(C) は (B) の A - A 線に沿う断面図である。

【図 11】(A) ~ (C) は、本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式図であって、(A) は平面図であり、(B) は断面図であり、(C) は (B) の A - A 線に沿う断面図である。

【図 12】(A) ~ (C) は、本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式図であって、(A) は平面図であり、(B) は断面図であり、(C) は (B) の A - A 線に沿う断面図である。

【図 13】本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式的断面図である。

【図 14】本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式的断面図である。

【図 15】本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式的断面図である。

【図 16】本実施形態にかかる半導体装置の変形例の構成を示す模式的断面図である。

【図 17】一般的な配線構造を説明するための模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面により、本発明の実施の形態にかかる半導体装置及びその製造方法、通信装置について、図 1 ~ 図 17 を参照しながら説明する。

本実施形態にかかる半導体装置は、高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子を備える半導体装置であって、例えば送信機、受信機、送受信機等の通信装置に備えられる。

本実施形態では、半導体装置は、図 1 に示すように、例えばミリ波やテラヘルツ波などの高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子として増幅素子 (トランジスタ素子) 1 を備える半導体チップ (例えば MMIC チップ) 2 である。そして、この半導体チップ 2 は、例えば筐体に収納されてモジュール (高周波モジュール) とされ、増幅器 (半導体増幅器) として、通信装置に搭載される。

【0011】

ここでは、例えばミリ波やテラヘルツ波などの高周波又は超高周波で高速動作する増幅素子 1 として、例えば InP - HEMT を用いる。

例えば、InP - HEMT 1 は、InP 基板 3 [ここでは半絶縁性 InP 基板 (SI - InP 基板) ; 半導体基板] 上に、InGaAs 電子走行層 (チャンネル層) 及び InAlAs 電子供給層を含む半導体積層構造 (HEMT 構造) を設け、その上方にソース電極、ドレイン電極、ゲート電極を設けた構造になっている。なお、表面保護膜として絶縁膜 (例えば SiN 膜) が設けられている場合もある。この InP - HEMT 1 は、高い周波数で低雑音であり、かつ、高い電力増幅率を持つという特徴である。

【0012】

そして、本半導体チップ 2 では、半導体素子 1 として InP - HEMT が設けられた半導体基板 3 の上方に、InP - HEMT 1 に接続された信号配線 4 (例えば Au からなる) が設けられている。この信号配線 4 は、例えばミリ波やテラヘルツ波などの高周波又は超高周波で動作する半導体素子 1 に接続され、高周波又は超高周波の信号を伝送するための配線である。

【0013】

ここでは、信号配線 4 として、InP - HEMT 1 の入力側、即ち、InP - HEMT 1 のゲート電極に入力側の信号配線 (入力配線) 4 X が接続されており、InP - HEMT 1 の出力側、即ち、InP - HEMT 1 のドレイン電極に出力側の信号配線 (出力配線) 4 Y が接続されている。つまり、ここでは、信号配線 4 として、入力配線 4 X と出力配線 4 Y の 2 つの信号配線が接続されている。なお、InP - HEMT 1 のソース電極はグ

10

20

30

40

50

ランドに接続されている。

【0014】

また、ここでは、信号配線4のInP-HEMT1に接続されている側の反対側の端部は、端子5(コンタクト端子)に接続されている(図2(A)、図2(B)参照)。つまり、入力配線4XのInP-HEMT1に接続されている側の反対側の端部は、端子(入力端子)5Xに接続されており、出力配線4YのInP-HEMT1に接続されている側の反対側の端部は、端子(出力端子)5Yに接続されている。

【0015】

また、本半導体チップ2では、信号配線4の上方及び下方のそれぞれに空間(空洞)6を挟んで設けられた上部金属層7A及び下部金属層7Bを備える。

10

ここでは、下部金属層7Bは、半導体基板3としてのInP基板上に、信号配線4としての入力配線4X及び出力配線4Yが延びる方向に沿って延びるように設けられている。また、上部金属層7Aは、信号配線4を挟んで下部金属層7Bの反対側に設けられており、下部金属層7Bが設けられている領域に対応して、信号配線4としての入力配線4X及び出力配線4Yが延びる方向に沿って延びるように設けられている。これらの上部金属層7A及び下部金属層7Bは、グラウンドに接続されているため、グラウンド層であり、また、信号配線4をシールドしているため、シールド層でもある。このため、上部金属層7A及び下部金属層7Bを、金属グラウンド層、金属シールド層又は金属グラウンド・シールド層ともいう。ここでは、これらの上部金属層7A及び下部金属層7Bは、例えばAuからなる。

20

【0016】

このように、信号配線4の上方及び下方のそれぞれに空間6を挟んで上部金属層7A及び下部金属層7Bが設けられているため、信号配線4における伝送損失を低減し、伝送特性を向上させることができる。

つまり、信号配線4の上方及び下方の両方に金属グラウンド層7A、7Bが設けられていることになるため、実質的な電流が増加し、特に高周波又は超高周波の信号は通りやすくなるため、伝送損失を低減することができる。

【0017】

また、信号配線4と上方及び下方の両方の金属グラウンド層7A、7Bとの間が空間6になっているため、絶縁層が介在する場合(例えば図17(A)、図17(B)参照)と比較して、高いインピーダンスを実現することができ、伝送損失(例えば絶縁層による信号のロス)を低減することができる。これに対し、従来のコプレーナ型(例えば図17(A)参照)やマイクロストリップ型(例えば図17(B)参照)の配線ではグラウンド層との間に絶縁層が介在することになるため、低インピーダンスになり、寄生抵抗成分の影響を受け易く、伝送損失が大きくなってしまう。

30

【0018】

また、信号配線4の上方が金属シールド層7Aによってシールドされているため、外部からのノイズの影響を抑えることができ、伝送特性を向上させることができる。例えば、テラヘルツ帯のような超高周波領域になると、外部からのノイズの影響を受けやすくなるが、このような外部からのノイズの影響を抑えることができ、伝送特性を向上させることができる。

40

【0019】

また、信号配線4の下方が金属シールド層7Bによってシールドされているため、半導体基板3を介した信号のフィードバックの影響を抑えることができ、伝送特性を向上させることができる。例えば、テラヘルツ帯のような超高周波領域になると、半導体基板3を介した余分なフィードバック電磁波が信号配線4に伝わることになり、伝送特性に影響を及ぼすことになるが、このようなフィードバックの影響を抑え、動作を安定化させることができ、伝送特性を向上させることができる。

【0020】

そして、信号配線4は、信号配線4と下部金属層7Bとの間に設けられた絶縁体8によ

50

って支持されている。つまり、上部金属層 7 A と下部金属層 7 B との間の空間 6 内に設けられた信号配線 4 としての入力配線 4 X 及び出力配線 4 Y が、下部金属層 7 B 上に絶縁体 8 を介して支持されて、空間 6 内に固定されている。これにより、信号配線 4 の機械的強度を保ち、信号配線 4 の変形を抑制することができる。また、信号配線 4 の形状の変形を抑制することができるため、信号配線 4 と上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B との間の距離を一定に保つことができ、信号配線 4 の変形によるインピーダンスの変化を抑制し、信号のロスが増大してしまうのを抑制することができる。これに対し、例えばエアブリッジ配線（例えば図 17 (C) 参照）のように配線が支持されていないと、機械的強度が弱く、配線が変形してしまい、この結果、インピーダンスが変化して、信号のロスが増大してしまうことになる。なお、このように絶縁体 8 によって支持される信号配線 4 を備えるため、これを支持配線型半導体装置ともいう。

10

【0021】

本実施形態では、絶縁体 8 は、柱状（支柱状）になっており、信号配線 4 が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている。これにより、信号配線 4 に接触する面積を減らすことができ、より伝送損失を低減することができる。この場合、複数の柱状の絶縁体 8 の間隔は、信号配線が落ちたり、歪んだりしないように、適度な間隔に保つことで、信号配線 4 の変形を抑制し、形状の安定化を図ることができる。また、複数の柱状の絶縁体 8 の間隔は、使用する周波数（使用する信号波長）に基づいて設定すれば良く、信号波長の 1 / 4 以上になるようにするのが好ましい。これにより、絶縁体 8 によって支持することによる伝送損失への影響を抑制することができ、さらに伝送損失を低減することができる。特に、テラヘルツ帯などの超高周波での伝送損失を低減するのに効果的である。ここでは、絶縁体 8 は、低誘電率材料からなる低誘電体であり、例えばベンゾシクロブテン（BCB）樹脂からなる低誘電率の絶縁体である。なお、絶縁体 8 の材料は、BCB 樹脂に限られるものではなく、例えば SOG などの他の低誘電率材料を用いても良く、コーティングして硬化させることができるものであることが好ましい。

20

【0022】

なお、このように、少なくとも上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B が設けられていれば良いが、例えば図 2 (C) に示すように、信号配線 4 の側方に空間 6 を挟んで側部金属層 7 C が設けられているのが好ましい。つまり、上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B の両側部を連結するように側部金属層 7 C が設けられているのが好ましい。ここでは、側部金属層 7 C も例えば Au からなる。このように、信号配線 4 の全周囲を取り囲むように金属層 7 A ~ 7 C が設けられているのが好ましい。この場合、信号配線 4 の全周囲が、例えば Au からなる金属層 7 A ~ 7 C で覆われ、シールドされることになる。

30

【0023】

また、例えば図 2 (A)、図 2 (B) に示すように、端子 5（コンタクト端子）及び信号配線 4 の端子 5 に接続されている部分（信号配線の引き出し部分）を取り囲むように端部金属層 7 D が設けられているのが好ましい。つまり、上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B に連なり、端子 5 及び信号配線 4 の端子 5 に接続されている部分の全周囲を取り囲むように、端部金属層 7 D が設けられているのが好ましい。ここでは、入力端子 5 X が設けられている側に、入力端子 5 X 及び入力配線 4 X の入力端子 5 X に接続されている部分を取り囲むように入力側端部金属層 7 D X が設けられており、出力端子 5 Y が設けられている側に、出力端子 5 Y 及び出力配線 4 Y の出力端子 5 Y に接続されている部分を取り囲むように出力側端部金属層 7 D Y が設けられているのが好ましい。この場合、端子 5 を含む信号配線 4 の全体が金属層 7 A ~ 7 D で覆われ、シールドされることになる。これにより、半導体基板 3 からの信号の回り込みを抑制することができ、伝送特性を向上させることが可能となる。

40

【0024】

そして、絶縁体 8 で支持された信号配線 4 に対して空間 6 を挟んで設けられたシールドの外部には、絶縁層 9 が設けられている。つまり、半導体基板 3 の上方の信号配線 4、上部金属層 7 A、下部金属層 7 B、絶縁体 8 及び空間 6（ここではさらに側部金属層 7 C 及

50

び端部金属層 7 D を含む) が設けられている領域の外側は絶縁層 9 で埋め込まれている。このように、本半導体チップ 2 は、上述のように構成される配線構造が、絶縁層 9 によって、半導体素子 1 が設けられている半導体基板 3 上に一体化された構成になっている。ここでは、絶縁層 9 は、例えば B C B 樹脂からなる絶縁層である。なお、絶縁層 9 の材料は、B C B 樹脂に限られるものではなく、例えば S O G などの他の低誘電率材料を用いても良く、コーティングして硬化させることができるものであることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

なお、上述のようにして、半導体基板 3 の上方に設けられた配線構造の上に、同様の構造を有する配線構造を積層させて、多層構造の配線構造としても良い。また、同一半導体基板 3 上に、複数の半導体素子 1 が設けられており、これらの複数の半導体素子 1 のそれぞれに上述のような配線構造が設けられていても良い。

10

次に、本実施形態にかかる半導体装置の製造方法について説明する。

【 0 0 2 6 】

本半導体装置の製造方法は、半導体素子が設けられた半導体基板の上方に、下部金属層を形成する工程と、下部金属層上に、絶縁体及び絶縁体の周囲の下部犠牲層を形成する工程と、絶縁体上に、半導体素子に接続され、かつ、絶縁体に支持されるように、信号配線を形成する工程と、信号配線を覆うように上部犠牲層を形成する工程と、上部犠牲層上に、上部金属層を形成する工程と、下部犠牲層及び上部犠牲層を除去して、信号配線と下部金属層との間及び信号配線と上部金属層との間に空間を形成する工程と、半導体基板の上方の信号配線、上部金属層、下部金属層、絶縁体及び空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層を形成する工程とを含む。

20

【 0 0 2 7 】

以下、図 3 ~ 図 6 を参照しながら、具体例を挙げて説明する。

なお、ここでは、図 2 に示す構造のものを製造する場合を例に挙げて説明する。

まず、図 3 (A) に示すように、半導体基板 3 上に半導体素子 1 を設ける。

ここでは、I n P 基板 3 上に、I n G a A s 電子走行層 (チャネル層) 及び I n A l A s 電子供給層を含む半導体積層構造を備え、その上方にソース電極、ドレイン電極、ゲート電極を備える I n P - H E M T 1 を形成する。

【 0 0 2 8 】

具体的には、半絶縁性 I n P 基板 3 上に、i - I n A l A s バッファ層 (厚さ約 3 0 0 n m)、i - I n G a A s チャネル層 (厚さ約 1 5 n m)、i - I n A l A s スペース層 (厚さ約 3 n m)、ドープ層 (ドーピング濃度約 $2 \times 1 0^{12} \text{ cm}^{-2}$) 及び i - I n A l A s バリア層 (厚さ約 8 n m) からなる電子供給層、n - I n G a A s キャップ層 (厚さ約 5 0 n m) を、それぞれ、結晶成長させ、例えばフォトリソグラフィなどを用いて、その上方にソース電極、ドレイン電極、ゲート電極を形成して、I n P - H E M T 1 を形成する。

30

【 0 0 2 9 】

次に、図 3 (B) に示すように、半導体素子 1 が設けられた半導体基板 3 の上方に、下部金属層 7 B を形成する。

ここでは、I n P - H E M T 1 が設けられた I n P 基板 3 の上方に、I n P - H E M T 1 を取り囲むように、グランド層及びシールドとなる下部金属層 7 B として、A u 層を形成する。具体的には、例えば T i (厚さ約 1 0 n m) / P t (厚さ約 3 0 n m) / A u (厚さ約 3 0 0 n m) を蒸着し、リフトオフ法によって、下部金属層 7 B を形成する。この場合、T i 層は密着層であり、P t 層はバリア層である。

40

【 0 0 3 0 】

次に、図 3 (C)、図 3 (D) に示すように、下部金属層 7 B 上に、絶縁体 8 及び絶縁体 8 の周囲の下部犠牲層 1 0 を形成する。

ここでは、まず、図 3 (C) に示すように、下部金属層 7 B 上に、信号配線 4 を支持する柱状の絶縁体 8 を、間隔をあけて、複数形成する。具体的には、全面に B C B 樹脂を塗布し、約 2 5 0 以上の温度でキュアすることで硬化させ、フォトリソグラフィを用いて

50

マスクを形成し、酸素を含んだドライエッチングによってBCB樹脂をエッチングして、柱状のBCB樹脂からなる絶縁体8を、間隔をあけて、複数形成する。

【0031】

次に、図3(D)に示すように、下部金属層7B上に、絶縁体8の周囲が埋め込まれるように下部犠牲層10を形成する。具体的には、全面にPMGI(poly(dimethylglutarimide))樹脂を塗布し、約250以上の温度でキュアすることで硬化させ、酸素系のドライエッチングでエッチバックを行なって平坦化して、PMGI樹脂からなる下部犠牲層10を形成する。

【0032】

なお、このような方法に限られるものではなく、例えば、図6(A)に示すように、全面にPMGI樹脂100を塗布し、約250以上の温度でキュアすることで硬化させ、フォトリソグラフィを用いてマスクを形成し、図6(B)に示すように、酸素を含んだドライエッチングによってPMGI樹脂100をエッチングして絶縁体8を設ける開口部100Xを形成し、図6(C)に示すように、全面にBCB樹脂80を塗布して開口部100XにBCB樹脂80を充填し、約250以上の温度でキュアすることで硬化させ、図6(D)に示すように、BCB樹脂80のエッチバックを行なって、開口部100Xに充填されたBCB樹脂80を露出させることで、下部金属層7B上に、BCB樹脂80からなる絶縁体8及び絶縁体8の周囲にPMGI樹脂100からなる下部犠牲層10を形成しても良い。

【0033】

次に、フォトリソグラフィを用いてコンタクトホールを形成する領域に開口部を有するマスクを形成し、図4(A)に示すように、InP-HEMT1のゲート電極及びドレイン電極上に設けられているPMGI樹脂からなる下部犠牲層10をドライエッチングしてコンタクトホール11を形成する。

次に、図4(B)に示すように、絶縁体8上に、半導体素子1としてのInP-HEMTに接続され、かつ、絶縁体8に支持されるように、信号配線4(ここでは入力配線4X及び出力配線4Y)を形成する。

【0034】

ここでは、BCB樹脂からなる複数の柱状の絶縁体8及びPMGI樹脂からなる下部犠牲層10上に、フォトリソグラフィを用いて信号配線4を形成する領域に開口部を有するマスクを形成し、金めっきによって、信号配線4を形成する。この場合、コンタクトホール11も金めっきによって埋め込まれる。これにより、InP-HEMT1のゲート電極及びドレイン電極に接続され、BCB樹脂からなる複数の柱状の絶縁体8によって支持されるように、Auからなる信号配線4が形成される。

【0035】

次に、図4(C)に示すように、信号配線4を覆うように上部犠牲層12を形成する。具体的には、全面にPMGI樹脂を塗布し、約250以上の温度でキュアすることで硬化させ、上部犠牲層12を形成する。

次に、フォトリソグラフィを用いて端子5と信号配線4とを接続する部分、側部金属層7C及び端部金属層7Dを形成する領域に開口部を有するマスクを形成し、図5(A)に示すように、上部犠牲層12及び下部犠牲層10としてのPMGI樹脂をドライエッチングする。

【0036】

次に、フォトリソグラフィを用いて端子5、側部金属層7C、端部金属層7D及び上部金属層7Aを形成する領域に開口部を有するマスクを形成し、図5(B)に示すように、金めっきを行なって、端子5(ここでは入力端子5X及び出力端子5Y)、側部金属層7C(図示せず)、端部金属層7D及び上部金属層7Aを形成する。この工程は、上部犠牲層12上に上部金属層7Aを形成する工程である。

【0037】

次に、図5(C)に示すように、下部犠牲層10及び上部犠牲層12を除去して、信号

10

20

30

40

50

配線 4 と下部金属層 7 B との間及び信号配線 4 と上部金属層 7 A との間に空間 6 を形成する。具体的には、溶剤によって下部犠牲層 1 0 及び上部犠牲層 1 2 を構成する P M G I 樹脂を溶解させることによって、信号配線 4 の周囲に空間 6 を形成する。この場合、空間 6 内に設けられた信号配線 4 は B C B 樹脂からなる複数の柱状の絶縁体 8 によって支持されて固定されることになる。

【 0 0 3 8 】

次に、半導体基板 1 の上方の信号配線 4、上部金属層 7 A、下部金属層 7 B、絶縁体 8 及び空間 6 (ここでは側部金属層 7 C 及び端部金属層 7 D も含む) が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層 9 を形成する (例えば図 2 参照)。ここでは、I n P 基板 3 上の配線構造が設けられている領域の外側を B C B 樹脂からなる絶縁層 9 で埋め込む。

10

このようにして、本実施形態の半導体装置 (半導体チップ) 2 を製造することができる。

【 0 0 3 9 】

したがって、本実施形態にかかる半導体装置及びその製造方法、通信装置によれば、高周波又は超高周波で高速動作する半導体素子 1 を備える半導体装置 2 に備えられる配線 4 における伝送損失を低減し、伝送特性を向上させることができるという利点がある。

なお、上述の実施形態の構成に限られるものではなく、例えば図 7 に示すように、さらに、信号配線 4 と上部金属層 7 A との間に設けられ、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 3 を備えるものとしても良い。この場合、金属層支持用絶縁体 1 3 は柱状になっているものとするれば良い。なお、上述の実施形態 (図 1 参照) のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

20

【 0 0 4 0 】

また、この場合、半導体装置の製造方法は、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 3 を形成する工程を含むことになる。例えば、信号配線 4 を形成した後、上部犠牲層 1 2 を形成する前に、図 8 (A) に示すように、信号配線 4 上に、上部金属層 7 A を支持する柱状の金属層支持用絶縁体 1 3 を、間隔をあけて、複数形成する工程を含むものとし、上部犠牲層 1 2 を形成する工程で、図 8 (B) に示すように、複数の柱状の金属層支持用絶縁体 1 3 の周囲が埋め込まれるように上部犠牲層 1 2 を形成すれば良い。具体的には、全面に B C B 樹脂を塗布し、約 2 5 0 以上の温度でキュアすることで硬化させ、フォトリソグラフィを用いてマスクを形成し、酸素を含んだドライエッチングによって B C B 樹脂をエッチングして、図 8 (A) に示すように、信号配線 4 としての A u 配線上に、柱状の B C B 樹脂からなる金属層支持用絶縁体 1 3 を、間隔をあけて、複数形成し、次いで、図 8 (B) に示すように、全面に P M G I 樹脂を塗布し、約 2 5 0 以上の温度でキュアすることで硬化させ、酸素系のドライエッチングでエッチバックを行なって平坦化して、上部犠牲層 1 2 を形成すれば良い。

30

【 0 0 4 1 】

また、この場合、信号配線 4 は上方からも支持されることになるため、より確実に、その機械的強度を保ち、信号配線 4 の変形 (歪み) を抑制することが可能となる。このように、信号配線 4 の機械的強度を保ち、信号配線 4 の変形を抑制するためには、上下方向の両方向から支持するのが有効である。また、この場合、金属層支持用絶縁体 1 3 を設けることで、上部金属層 7 A の変形を抑制することができ、ひいては、信号配線 4 の周囲の空間の形状が変わってしまうのを抑制することができる。これにより、信号配線 4 と上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B との間の距離を一定に保つことができ、信号配線 4 や上部金属層 7 A の変形によるインピーダンスの変化を抑制し、信号のロスが増大してしまうのを抑制することができる。

40

【 0 0 4 2 】

また、例えば図 9 に示すように、下部金属層 7 B と上部金属層 7 A との間に設けられ、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 4 を備えるものとしても良い。この場合、金属層支持用絶縁体 1 4 は柱状になっているものとするれば良い。なお、上述の実施形態 (図 1 参照) のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。また、信号配線 4 と

50

上部金属層 7 A との間に設けられた金属層支持用絶縁体 1 3 を備えないものとしても良い。

【 0 0 4 3 】

また、この場合、半導体装置の製造方法は、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 4 を形成する工程を含むことになる。例えば、上部犠牲層 1 2 を形成した後、上部金属層 7 A を形成する前に、下部金属層 7 B 上に、上部金属層 7 A を支持する柱状の金属層支持用絶縁体 1 4 を、間隔をあけて、複数形成する工程を含むものとすれば良い。具体的には、フォトリソグラフィを用いてマスクを形成し、酸素を含んだドライエッチングによって P M G I 樹脂からなる上部犠牲層 1 2 をエッチングして金属層支持用絶縁体 1 4 を設ける穴を形成し、全面に B C B 樹脂を塗布して穴に B C B 樹脂を充填し、約 2 5 0 以上の温度でキュアすることで硬化させ、B C B 樹脂のエッチバックを行なって、穴に充填された B C B 樹脂を露出させることで、下部金属層 7 B 上に、柱状の B C B 樹脂からなる金属層支持用絶縁体 1 4 を、間隔をあけて、複数形成すれば良い。

10

【 0 0 4 4 】

また、この場合、金属層支持用絶縁体 1 4 を設けることで、上部金属層 7 A の変形を抑制することができ、ひいては、信号配線 4 の周囲の空間の形状が変わってしまうのを抑制することができる。これにより、信号配線 4 と上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B との間の距離を一定に保つことができ、信号配線 4 や上部金属層 7 A の変形によるインピーダンスの変化を抑制し、信号のロスが増大してしまうのを抑制することができる。

【 0 0 4 5 】

また、上述の実施形態では、信号配線 4 を支持する絶縁体 8 は、柱状になっているが、これに限られるものではない。

20

例えば図 1 0 に示すように、信号配線 4 を支持する絶縁体 8 A は、板状になっており、信号配線 4 が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられており、さらに、この絶縁体 8 A 及び信号配線 4 と上部金属層 7 A との間に設けられ、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 4 A を備えるものとしても良い。ここでは、金属層支持用絶縁体 1 4 A も板状になっている。また、絶縁体 8 A と金属層支持用絶縁体 1 4 A は一体化されており、一枚の板状になっている。なお、上述の実施形態（図 1 参照）のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

【 0 0 4 6 】

この場合、信号配線 4 は上下左右から支持されることになるため、より確実に、その機械的強度を保ち、信号配線 4 の変形を抑制することが可能となる。このように、信号配線 4 の機械的強度を保ち、信号配線 4 の変形を抑制するためには、上下左右方向の複数の方向から支持するのが有効である。また、この場合、金属層支持用絶縁体 1 4 A を設けることで、上部金属層 7 A の変形を抑制することができ、ひいては、信号配線 4 の周囲の空間の形状が変わってしまうのを抑制することができる。これにより、信号配線 4 と上部金属層 7 A 及び下部金属層 7 B との間の距離を一定に保つことができ、信号配線 4 や上部金属層 7 A の変形によるインピーダンスの変化を抑制し、信号のロスが増大してしまうのを抑制することができる。

30

【 0 0 4 7 】

また、この場合、半導体装置の製造方法は、絶縁体を形成する工程において、信号配線 4 が延びる方向に交差する方向に延びるように板状の絶縁体 8 A を形成するようにし、さらに、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 4 A を形成する工程を含むことになる。この金属層支持用絶縁体 1 4 A を形成する工程においても、絶縁体 8 A 及び信号配線 4 の上に、板状の金属層支持用絶縁体 1 4 A を形成することになる。なお、ここでは、絶縁体 8 A と金属層支持用絶縁体 1 4 A が 1 枚の板状になっており、これによって空間 6 が仕切られることになるため、溶剤によって犠牲層を溶解させて空間 6 を形成する際に溶剤を入れ、犠牲層を除去するための開口部 1 5 を形成することになる（例えば図 1 0 (A) 参照）。

40

【 0 0 4 8 】

50

また、例えば図 1 1 に示すように、信号配線 4 を支持する絶縁体 8 B は、信号配線 4 を支持する平面状部分 8 B X と、平面状部分 8 B X の両側部と下部金属層 7 B との間に設けられ、平面状部分 8 B X を支持する支持部分 8 B Y とを備えるものとしても良い。なお、半導体装置の製造方法において、下部犠牲層 1 0 を覆うように B C B 樹脂を設け、その上に信号配線 4 を形成することで、信号配線 4 を支持する平面状部分 8 B X を形成することができ、支持部分 8 B Y は、上述の実施形態の B C B 樹脂からなる柱状の絶縁体 8 と同様に形成することができる。なお、上述の実施形態（図 1 参照）のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

【 0 0 4 9 】

この場合、信号配線 4 を支持する絶縁体 8 B は、さらに、板状になっており、平面状部分 8 B X と下部金属層 7 B との間に信号配線 4 が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、平面状部分 8 B X を支持しており、信号配線 4 が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている板状支持部分 8 B Z を備えるものとしても良い。この場合、複数の板状支持部分 8 B Z の間隔は、信号波長の $1/4$ 以上になっているのが好ましい。なお、半導体装置の製造方法において、板状支持部分 8 B Z は、上述の変形例の B C B 樹脂からなる板状の絶縁体 8 A と同様に形成することができる。なお、この板状支持部分 8 B Z を備えないものとしても良い。また、上述の実施形態（図 1 参照）のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

10

【 0 0 5 0 】

また、例えば図 1 2 に示すように、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用平面状部分 1 4 B X と、金属層支持用平面状部分 1 4 B X の両側部と平面状部分 8 B X の両側部との間に設けられ、金属層支持用平面状部分 1 4 B X を支持する金属層支持用支持部分 1 4 B Y とを備える金属層支持用絶縁体 1 4 B を備えるものとしても良い。この場合、半導体装置の製造方法は、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 4 B を形成する工程を含むことになる。なお、半導体装置の製造方法において、上部犠牲層 1 2 を覆うように B C B 樹脂を設け、その上に上部金属層 7 A を形成することで、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用平面状部分 1 4 B X を形成することができ、金属層支持用支持部分 1 4 B Y は、上述の変形例の B C B 樹脂からなる柱状の金属層支持用絶縁体 1 3 と同様に形成することができる。なお、上述の実施形態（図 1 参照）のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

20

30

【 0 0 5 1 】

この場合、金属層支持用絶縁体 1 4 B は、さらに、板状になっており、平面状部分 8 B X 及び信号配線 4 と金属層支持用平面状部分 1 4 B X との間に信号配線 4 が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、金属層支持用平面状部分 1 4 B X を支持しており、信号配線 4 が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている金属層支持用板状支持部分 1 4 B Z を備えるものとしても良い。この場合、複数の金属層支持用板状支持部分 1 4 B Z の間隔は、信号波長の $1/4$ 以上になっているのが好ましい。また、この場合、半導体装置の製造方法は、上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 1 4 B を形成する工程を含むことになる。なお、半導体装置の製造方法において、金属層支持用板状支持部分 1 4 B Z は、上述の変形例の板状の金属層支持用絶縁体 1 4 A と同様に形成することができる。なお、この金属層支持用板状支持部分 1 4 B Z を備えないものとしても良い。また、上述の実施形態（図 1 参照）のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

40

【 0 0 5 2 】

また、上述の実施形態の構成に限られるものではなく、例えば図 1 3 に示すように、空間 6 に設けられた他の信号配線 2 0 と、他の信号配線 2 0 を支持する他の絶縁体 2 1 とを備えるものとしても良い。この場合、他の信号配線 2 0 と上部金属層 7 A との間に上部金属層 7 A を支持する金属層支持用絶縁体 2 2 を設けても良い。このようにして多層配線構造としても良い。なお、金属層支持用絶縁体 2 2 は設けなくても良い。なお、上述の実施形態（図 1 参照）のように側部金属層 7 C が設けられていなくても良い。

50

【0053】

また、上述の実施形態の構成に限られるものではなく、例えば図14に示すように、信号配線4と絶縁体8との間に絶縁体8と異なる絶縁材料からなる絶縁膜23を備えるものとしても良い。例えば、上述の実施形態のように、信号配線4を支持する絶縁体8をBCB樹脂とする場合、信号配線4の直下、即ち、信号配線4とBCB樹脂からなる絶縁体8との間に、例えばSiN膜などのCVD法（プラズマCVD法）などによって成膜できる絶縁膜23を備えるものとしても良い。これにより、信号配線4を形成しやすくなる。なお、上述の実施形態（図1参照）のように側部金属層7Cが設けられていなくても良い。また、ここでは、金属層支持用絶縁体13を設けているが、これを備えないものとしても良い。

10

【0054】

また、上述の実施形態の構成に限られるものではなく、例えば図15に示すように、信号配線4の表面、上部金属層7A及び下部金属層7Bの内側表面を覆う保護絶縁膜24を備えるものとしても良い。ここでは、側部金属層7Cも備えられており、この内側表面も保護絶縁膜24によって覆われるようにしている。これにより、信号配線4や金属層7A～7Cの表面を保護することができる。なお、端部金属層7Dの内側表面も保護絶縁膜24に覆われるようにしても良い。また、保護絶縁膜24は、金属表面を保護できれば良いため、厚さが薄い絶縁膜である。なお、上述の実施形態（図1参照）のように側部金属層7Cが設けられていなくても良い。また、ここでは、金属層支持用絶縁体13を設けているが、これを備えないものとしても良い。

20

【0055】

また、上述の実施形態の構成に限られるものではなく、例えば図16に示すように、下部金属層7Bとしてのグランド層と側部金属層7Cとの間にスリット25が入っている構造であっても良い。なお、ここでは、金属層支持用絶縁体13を設けているが、これを備えないものとしても良い。

また、上述の実施形態では、半導体素子1をInP-HEMTとしているが、これに限られるものではなく、例えばInP-HBT、GaN-HEMT、Si基板上に設けられるCMOSなどであっても良いし、また、ショットキーダイオード、トンネルダイオードなどの2端子デバイス（整流素子）であっても良い。

30

【0056】

なお、本発明は、上述した実施形態及び変形例に記載した構成に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形することが可能である。

以下、上述の実施形態及び変形例に関し、更に、付記を開示する。

（付記1）

半導体基板上に設けられた半導体素子と、
前記半導体基板の上方に設けられ、前記半導体素子に接続された信号配線と、
前記信号配線の上方及び下方のそれぞれに空間を挟んで設けられた上部金属層及び下部金属層と、

前記信号配線と前記下部金属層との間に設けられ、前記信号配線を支持する絶縁体と、
前記半導体基板の上方の前記信号配線、前記上部金属層、前記下部金属層、前記絶縁体及び前記空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層とを備えることを特徴とする半導体装置。

40

【0057】

（付記2）

前記信号配線の側方に空間を挟んで設けられた側部金属層を備えることを特徴とする、付記1に記載の半導体装置。

（付記3）

前記絶縁体は、前記信号配線が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられていることを特徴とする、付記1又は2に記載の半導体装置。

【0058】

50

(付記 4)

前記絶縁体は、柱状になっていることを特徴とする、付記 3 に記載の半導体装置。

(付記 5)

前記信号配線と前記上部金属層との間に設けられ、前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、付記 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【0059】

(付記 6)

前記下部金属層と前記上部金属層との間に設けられ、前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、付記 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

(付記 7)

前記金属層支持用絶縁体は、柱状になっていることを特徴とする、付記 5 又は 6 に記載の半導体装置。

【0060】

(付記 8)

前記絶縁体は、板状になっており、前記信号配線が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、

前記絶縁体及び前記信号配線と前記上部金属層との間に設けられ、前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、付記 3 に記載の半導体装置。

【0061】

(付記 9)

前記絶縁体は、前記信号配線を支持する平面状部分と、前記平面状部分の両側部と前記下部金属層との間に設けられ、前記平面状部分を支持する支持部分とを備えることを特徴とする、付記 1 又は 2 に記載の半導体装置。

(付記 10)

前記絶縁体は、さらに、板状になっており、前記平面状部分と前記下部金属層との間に前記信号配線が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、前記平面状部分を支持しており、前記信号配線が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている板状支持部分を備えることを特徴とする、付記 9 に記載の半導体装置。

【0062】

(付記 11)

前記上部金属層を支持する金属層支持用平面状部分と、前記金属層支持用平面状部分の両側部と前記平面状部分の両側部との間に設けられ、前記金属層支持用平面状部分を支持する金属層支持用支持部分とを備える金属層支持用絶縁体を備えることを特徴とする、付記 9 又は 10 に記載の半導体装置。

【0063】

(付記 12)

前記金属層支持用絶縁体は、さらに、板状になっており、前記平面状部分及び前記信号配線と前記金属層支持用平面状部分との間に前記信号配線が延びる方向に交差する方向に延びるように設けられ、前記金属層支持用平面状部分を支持しており、前記信号配線が延びる方向に沿って間隔をあけて複数設けられている金属層支持用板状支持部分を備えることを特徴とする、付記 11 に記載の半導体装置。

【0064】

(付記 13)

前記信号配線の前記半導体素子に接続されている側の反対側の端部に接続された端子と、
前記端子及び前記信号配線の前記端子に接続されている部分を取り囲むように設けられた端部金属層とを備えることを特徴とする、付記 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【0065】

10

20

30

40

50

(付記 14)

前記間隔は、信号波長の 1 / 4 以上になっていることを特徴とする、付記 3 ~ 8、10、12 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

(付記 15)

前記空間に設けられた他の信号配線と、

前記他の信号配線を支持する他の絶縁体とを備えることを特徴とする、付記 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【0066】

(付記 16)

前記信号配線と前記絶縁体との間に前記絶縁体と異なる絶縁材料からなる絶縁膜を備えることを特徴とする、付記 1 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。 10

(付記 17)

前記信号配線の表面、前記上部金属層及び前記下部金属層の内側表面を覆う保護絶縁膜を備えることを特徴とする、付記 1 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の半導体装置。

【0067】

(付記 18)

付記 1 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の半導体装置を備えることを特徴とする通信装置。

(付記 19)

半導体素子が設けられた半導体基板の上方に、下部金属層を形成する工程と、
前記下部金属層上に、絶縁体及び前記絶縁体の周囲の下部犠牲層を形成する工程と、
前記絶縁体上に、前記半導体素子に接続され、かつ、前記絶縁体に支持されるように、
信号配線を形成する工程と、 20

前記信号配線を覆うように上部犠牲層を形成する工程と、

前記上部犠牲層上に、上部金属層を形成する工程と、

前記下部犠牲層及び前記上部犠牲層を除去して、前記信号配線と前記下部金属層との間及び前記信号配線と前記上部金属層との間に空間を形成する工程と、

前記半導体基板の上方の前記信号配線、前記上部金属層、前記下部金属層、前記絶縁体及び前記空間が設けられている領域の外側を埋め込む絶縁層を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【0068】

(付記 20)

前記上部金属層を支持する金属層支持用絶縁体を形成する工程を含むことを特徴とする、付記 19 に記載の半導体装置の製造方法。 30

【符号の説明】

【0069】

1 半導体素子 (InP-HEMT)

2 半導体装置 (半導体チップ)

3 InP 基板 (半導体基板)

4 信号配線

4 X 入力配線 40

4 Y 出力配線

5 端子

5 X 入力端子

5 Y 出力端子

6 空間

7 A 上部金属層

7 B 下部金属層

7 C 側部金属層

7 D 端部金属層

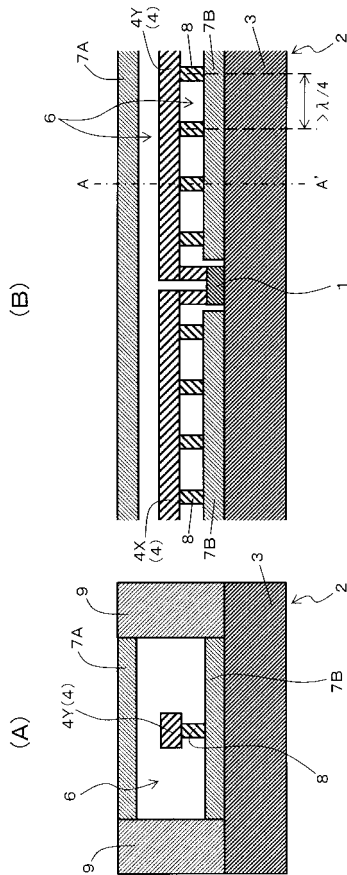
8 絶縁体 (柱状の絶縁体) 50

- 8 A 絶縁体
- 8 B 絶縁体
- 8 B X 平面状部分
- 8 B Y 支持部分
- 8 B Z 板状支持部分
- 9 絶縁層
- 10 下部犠牲層
- 100 PMGI樹脂
- 100X 開口部
- 11 コンタクトホール
- 12 上部犠牲層
- 13 金属層支持用絶縁体
- 14 金属層支持用絶縁体
- 14 A 金属層支持用絶縁体
- 14 B 金属層支持用絶縁体
- 14 B X 金属層支持用平面状部分
- 14 B Y 金属層支持用支持部分
- 14 B Z 金属層支持用板状支持部分
- 20 他の信号配線
- 21 他の絶縁体
- 22 金属層支持用絶縁体
- 23 絶縁膜
- 24 保護絶縁膜
- 25 スリット

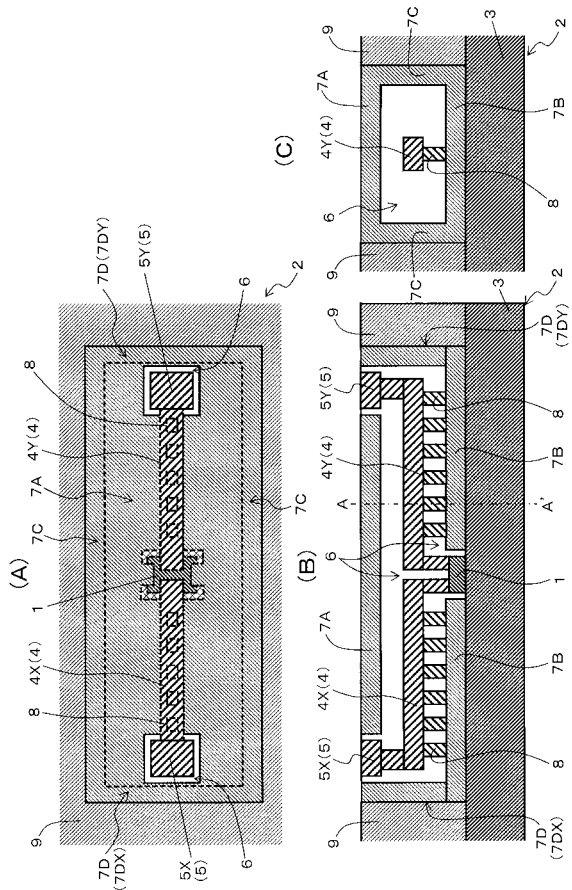
10

20

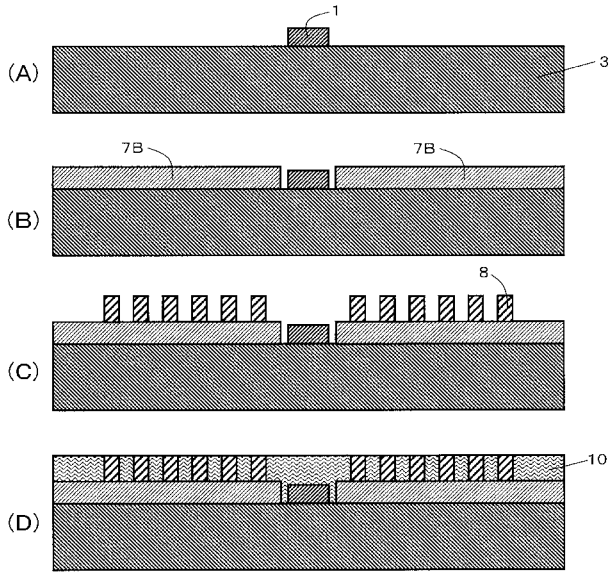
【図1】



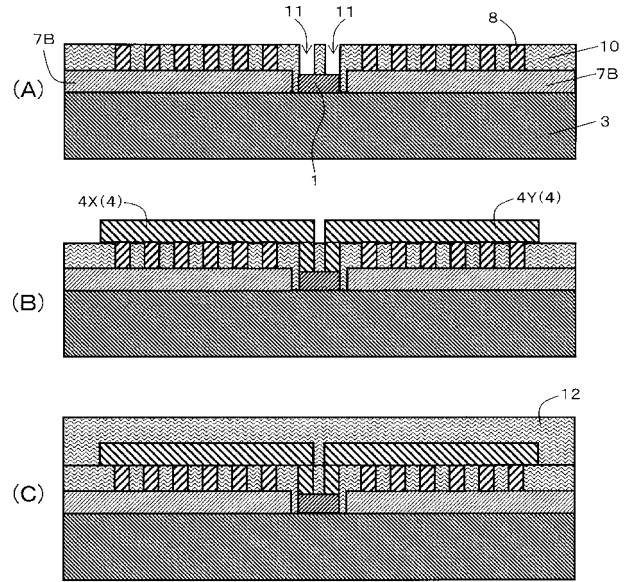
【図2】



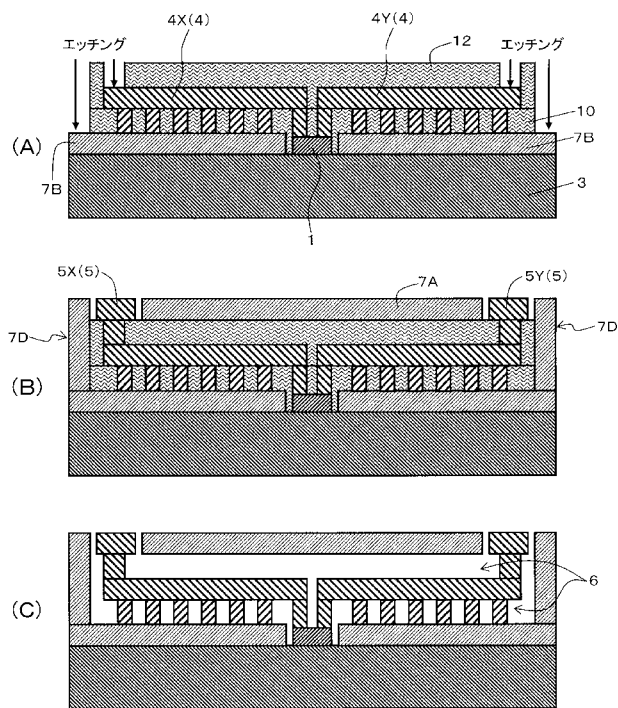
【 図 3 】



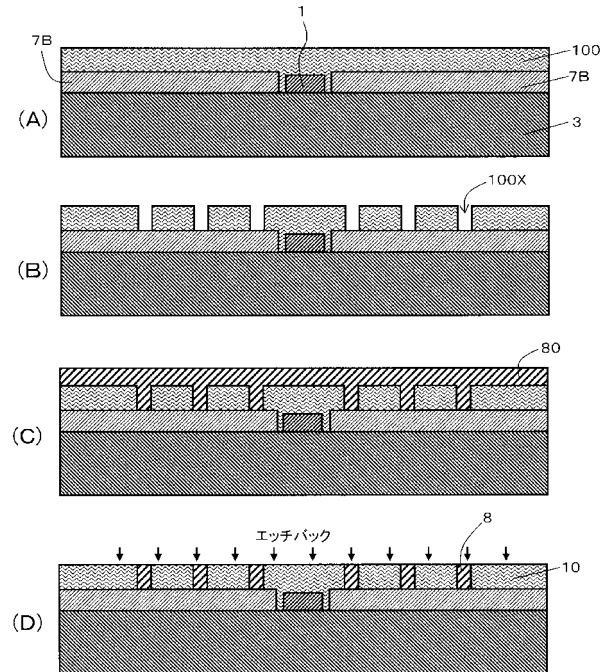
【 図 4 】



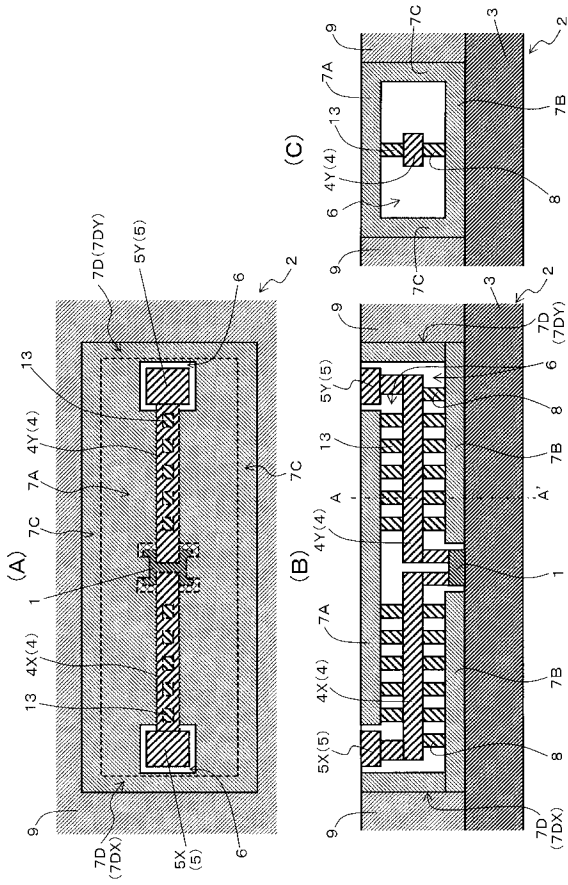
【 図 5 】



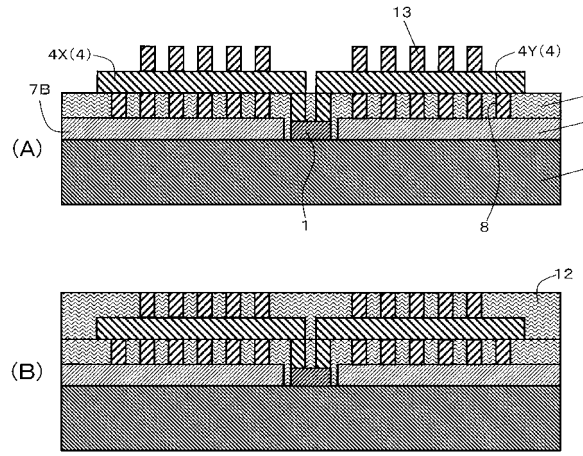
【 図 6 】



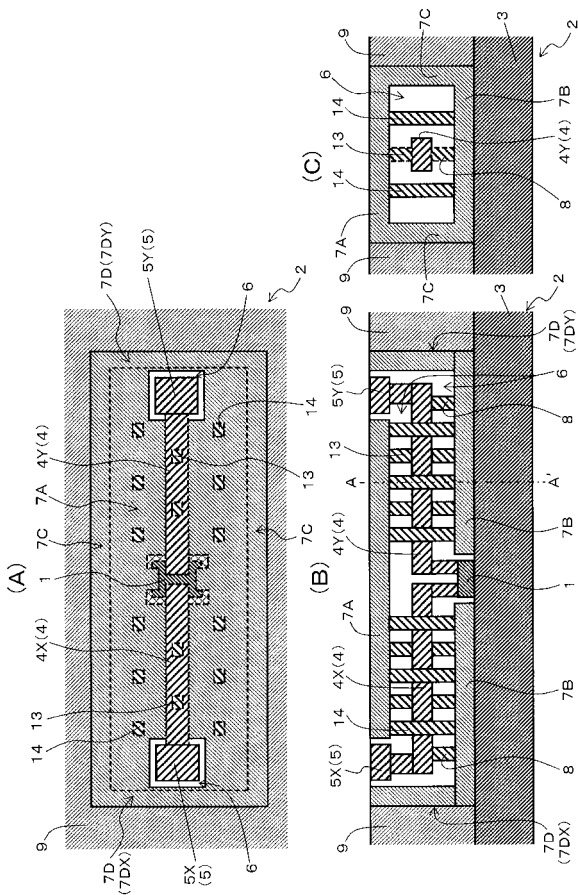
【 図 7 】



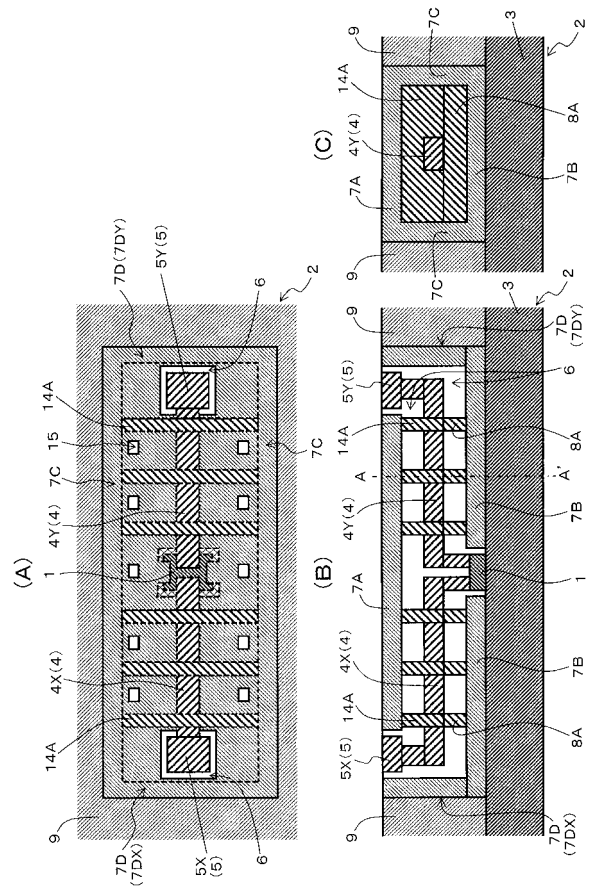
【 図 8 】



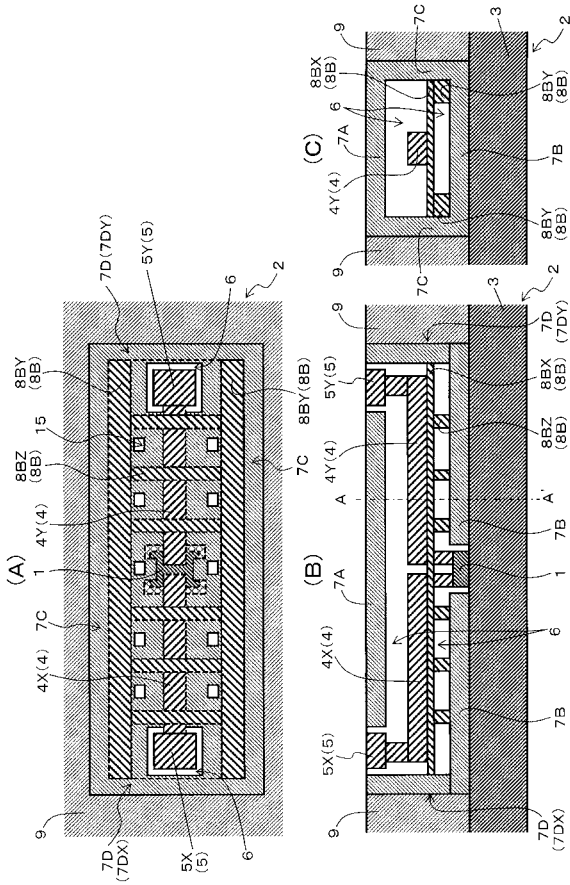
【 図 9 】



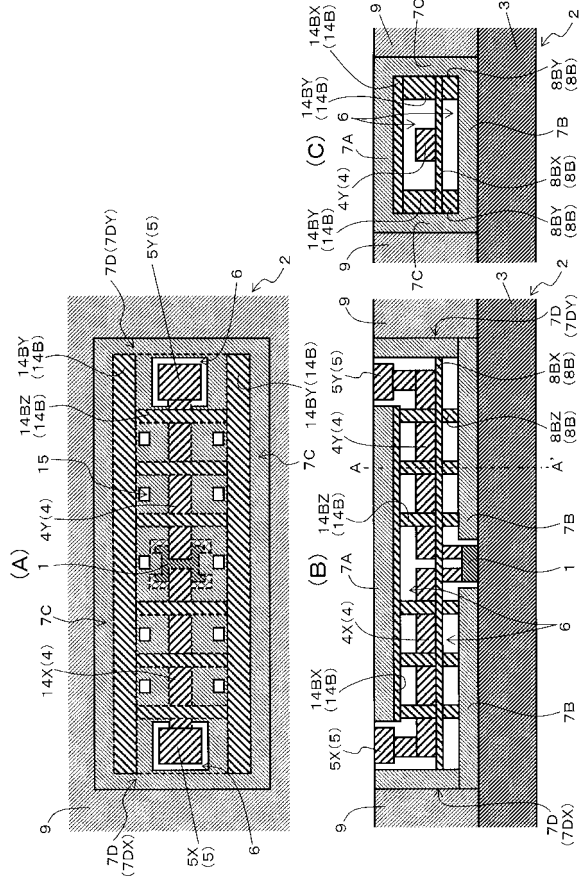
【 図 10 】



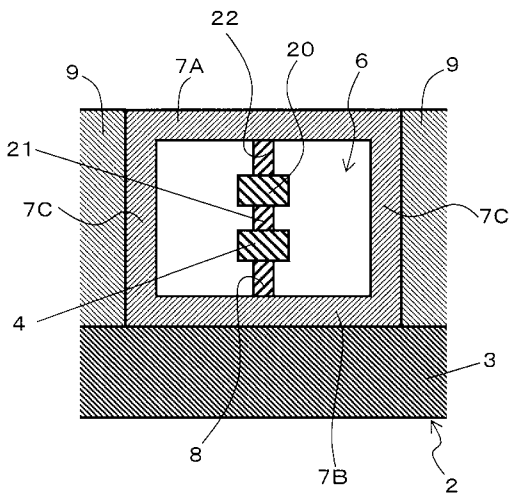
【 図 1 1 】



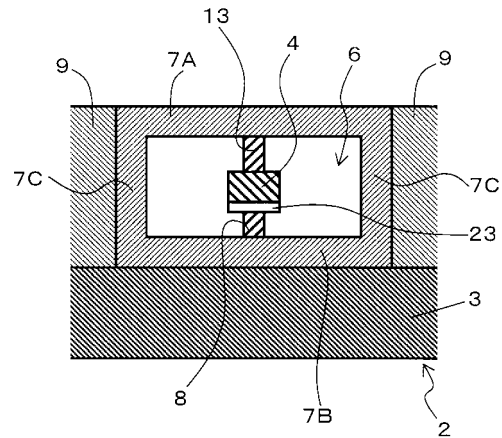
【 図 1 2 】



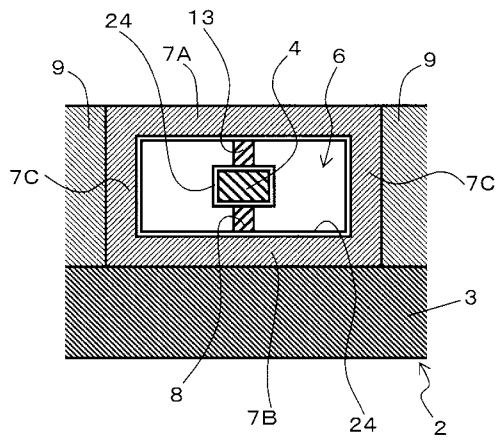
【 図 1 3 】



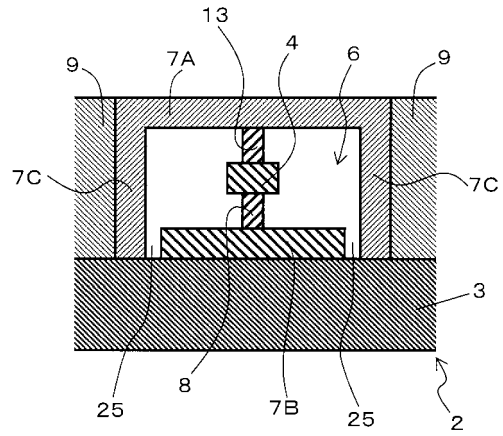
【 図 1 4 】



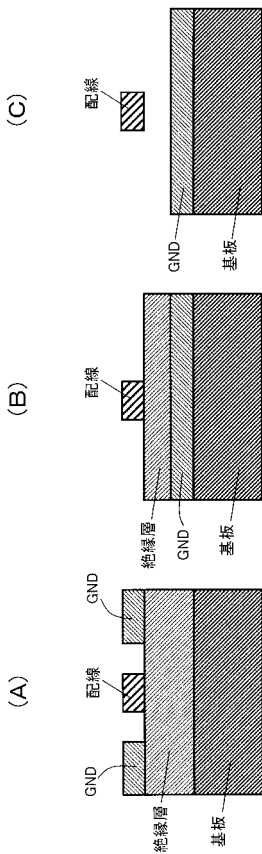
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 L 29/778 (2006.01)
H 0 1 P 3/08 (2006.01)

Fターム(参考) 5F102 GA18 GB01 GC01 GD01 GJ06 GK04 GL04 GL20 GM04 GQ01
5J014 CA23 CA57