

(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2008-166726  
(P2008-166726A)

(43) 公開日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/88 S	5 F 0 3 3
HO 1 L 23/52 (2006.01)	HO 1 L 21/90 N	
HO 1 L 21/768 (2006.01)		
HO 1 L 23/522 (2006.01)		

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-290071 (P2007-290071)  
 (22) 出願日 平成19年11月7日(2007.11.7)  
 (31) 優先権主張番号 特願2006-329891 (P2006-329891)  
 (32) 優先日 平成18年12月6日(2006.12.6)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100071526  
 弁理士 平田 忠雄  
 (74) 代理人 100099597  
 弁理士 角田 賢二  
 (74) 代理人 100124235  
 弁理士 中村 恵子  
 (74) 代理人 100124246  
 弁理士 遠藤 和光  
 (72) 発明者 松永 範昭  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

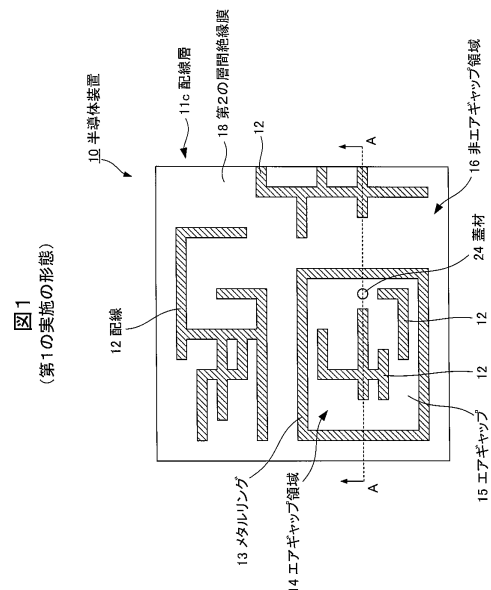
(54) 【発明の名称】 半導体装置、およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 必要な領域にのみエアギャップを有し、エアギャップに起因する機械的強度の低下を抑える半導体装置、およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の実施の形態による半導体装置は、表面に半導体素子を有する半導体基板と、前記半導体基板上に形成された配線構造を含む層間絶縁膜と、前記層間絶縁膜内に形成されたメタルリングと、前記層間絶縁膜の前記メタルリングの片側の領域に形成されたエアギャップと、を有する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

表面に半導体素子を有する半導体基板と、  
前記半導体基板上に形成された配線構造を含む層間絶縁膜と、  
前記層間絶縁膜内に形成されたメタルリングと、  
前記層間絶縁膜の前記メタルリングの片側の領域に形成されたエアギャップと、  
を有することを特徴とする半導体装置。

**【請求項 2】**

前記配線構造を含む前記層間絶縁膜は、ビアを含む第 1 の層間絶縁膜および前記ビアと  
接続した配線を含む第 2 の層間絶縁膜が積層して形成され、

前記メタルリングは、前記第 2 の層間絶縁膜内に形成された閉ループ形状を有する配線  
を含み、

前記エアギャップは、前記第 2 の層間絶縁膜における前記閉ループ形状を有する配線の  
閉ループ内の領域に形成された、

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】**

前記層間絶縁膜内の前記メタルリングの内側の領域に、他のメタルリングを更に有し、

前記エアギャップは、前記層間絶縁膜内の前記メタルリングと前記他のメタルリングの  
間の領域に形成される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

**【請求項 4】**

前記層間絶縁膜内の前記メタルリングの前記片側の領域に形成された配線は、前記層間  
絶縁膜の上層または下層の前記メタルリングを含まない他の層間絶縁膜内に形成された配  
線を介して、前記メタルリングの他の側の領域に形成された回路に接続される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

**【請求項 5】**

表面に半導体素子を有する半導体基板上に層間絶縁膜を形成工程と、

前記層間絶縁膜内にメタルリングを含む配線構造を形成する工程と、

前記メタルリングの内側の前記層間絶縁膜の少なくとも一部を、前記層間絶縁膜の上層  
に形成された絶縁膜を通して露出させる反応物排出孔を形成する工程と、

前記メタルリングの内側の前記層間絶縁膜をエッチングにより前記反応物排出孔を介し  
て除去する工程と、

を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

**【請求項 6】**

前記メタルリングの内側の前記層間絶縁膜を除去する工程の後、前記反応物排出孔の少  
なくとも開口部近傍を埋めるように蓋材を形成する工程と、

を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の半導体装置の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、配線層にエアギャップを有する半導体装置、およびその製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年の半導体装置の微細化に伴い、配線層の配線間容量、特に同層の配線間容量が増大  
する傾向にある。配線間容量が増加すると、回路の寄生的な容量が増加するため、半導体  
装置の動作速度の低下に繋がる。この配線間容量を低減するために、配線間にエアギャッ  
プを設けたエアギャップ構造を有する半導体装置が知られている。

**【0003】**

エアギャップ構造により配線間容量を低減し、且つエアギャップ構造に起因する配線の  
形状変化を抑えた半導体装置が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

10

20

30

40

50

## 【0004】

この特許文献1に係る半導体装置は、各配線層のエアギャップを介して配置された配線が、上下の層間絶縁膜に挟まれた構造を有し、各配線の形状変化を抑えることができる。

## 【0005】

しかし、この特許文献1に係る半導体装置によると、配線の形状変化を抑えることができても、エアギャップを形成する領域を特定することができないため、半導体装置全体の機械的強度の低下を十分に抑えることができない。

【特許文献1】特開平10-294316号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

10

## 【0006】

本発明の目的は、必要な領域にのみエアギャップを有し、エアギャップに起因する機械的強度の低下を抑える半導体装置、およびその製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明の一態様は、表面に半導体素子を有する半導体基板と、前記半導体基板上に形成された配線構造を含む層間絶縁膜と、前記層間絶縁膜内に形成されたメタルリングと、前記層間絶縁膜の前記メタルリングの片側の領域に形成されたエアギャップと、を有することを特徴とする半導体装置を提供する。

## 【0008】

20

また、本発明の一態様は、表面に半導体素子を有する半導体基板上に層間絶縁膜を形成工程と、前記層間絶縁膜内にメタルリングを含む配線構造を形成する工程と、前記メタルリングの内側の前記層間絶縁膜の少なくとも一部を、前記層間絶縁膜の上層に形成された絶縁膜を通して露出させる反応物排出孔を形成する工程と、前記メタルリングの内側の前記層間絶縁膜をエッチングにより前記反応物排出孔を介して除去する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

## 【発明の効果】

## 【0009】

本発明によれば、必要な領域にのみエアギャップを有し、エアギャップに起因する機械的強度の低下を抑える半導体装置、およびその製造方法を提供することができる。

30

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

〔第1の実施の形態〕

(半導体装置の構成)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。また、図2は、図1の破線A-Aにおける半導体装置の断面図である。

## 【0011】

半導体装置10は、表面に半導体素子を有する半導体基板(図示しない)と、半導体基板上に積層された複数の配線層を有し、その複数の配線層のうち、配線層11cの平面図を図1に示し、配線層11a、11b、11c、11dの4層の断面図を図2に示す。なお、半導体装置10の有する配線層の層数は4層に限られない。

40

## 【0012】

配線層11a、11b、11cは、第1の層間絶縁膜17と、第1の層間絶縁膜17上に形成された第2の層間絶縁膜18と、第2の層間絶縁膜18内に所定のレイアウトで形成された配線12と、第1の層間絶縁膜17内に形成された上下層の配線12同士を電氣的に接続するビア21と、第2の層間絶縁膜18上に形成された第1のキャップ膜19と、配線12および第1のキャップ膜19の上面に形成された第2のキャップ膜20と、を有する。

## 【0013】

第2の層間絶縁膜18は、ポリアリーレン、ベンゾオキサゾール等の有機絶縁材料から

50

なる。

【0014】

第1の層間絶縁膜17は、SiOC、SiO<sub>2</sub>、SiOCH、SiOF等の第2の層間絶縁膜18とのエッチング選択比を大きく取ることのできる絶縁材料からなる。

【0015】

配線12は、例えば、Cuからなる。また、配線12内の金属の隣接する層間絶縁膜への拡散を防ぐためのバリアメタル(図示しない)を表面に有する。

【0016】

ビア21は、配線12と同じ材料からなり、バリアメタル(図示しない)を表面に有する。

10

【0017】

第1のキャップ膜19は、SiO<sub>2</sub>、SiC、SiOCH、SiOC等の絶縁材料からなり、配線12を形成する際のCMP(Chemical Mechanical Polishing)による平坦化処理のためのストッパや、後述するエアギャップ15上の層間絶縁膜の保持部材として用いられる。

【0018】

第2のキャップ膜20は、SiC、SiN、SiCN等の絶縁材料からなり、配線12内の金属の上層の層間絶縁膜への拡散を防ぐ。なお、第2のキャップ膜20は、配線12の上面にのみ形成されるものであってもよい。

【0019】

また、配線層11a、11b、11cには、メタルリング13が形成される。メタルリング13は、閉ループ形状を有する配線12、または配線12およびビア21により形成することができる(図2は、配線12およびビア21により構成されるメタルリング13を示す)。メタルリング13の閉ループ内では、第2の層間絶縁膜18が除去されてエアギャップ15が形成されている。これらのエアギャップ15が形成される領域をエアギャップ領域14、それ以外のエアギャップの形成されない領域を非エアギャップ領域16として、図1、2に示す。

20

【0020】

配線層11dは、メタルリング13およびエアギャップ15を含まない配線層であり、配線層11a、11b、11cの第1および第2の層間絶縁膜17、18の代わりに第3の層間絶縁膜22を有する。その他の構成は配線層11a、11b、11cと同様である。

30

【0021】

第3の層間絶縁膜22は、SiOC、SiO<sub>2</sub>、SiOCH、SiOF等の絶縁材料からなる。第1の層間絶縁膜17と同じ材料を用いてもよい。

【0022】

また、半導体装置10には、エアギャップ15を形成するための後述する反応物排出孔23を塞ぐための蓋材24が形成される。

【0023】

蓋材24には、金属やセラミックペースト、モールド用樹脂、SiO<sub>2</sub>膜、SiOC膜、有機膜を用いることができる。また、SiO<sub>2</sub>膜、SiOC膜、有機膜等をその薬液(前駆体液)が塗布時に比較的高い粘性を有するSOD法、SOG法により形成したSOD(Spin on Dielectric)膜、SOG(Spin on glass)膜等を用いることができる。蓋材24は、反応物排出孔23の入り口を塞げばよく、その形状は図2に示したものに限られない。

40

【0024】

(半導体装置の製造方法)

図3A(a)~(b)、図3B(c)~(d)は、本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。

【0025】

50

まず、図 3 A ( a ) に示すように、図示しない半導体基板上に配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d を形成する。配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c は、メタルリング 1 3 を含む。

【 0 0 2 6 】

次に、図 3 A ( b ) に示すように、リソグラフィ法と R I E ( Reactive Ion Etching ) 等の異方性エッチングにより、メタルリング 1 3 に囲まれた領域に、配線層 1 1 a の第 2 の層間絶縁膜 1 8 が露出する深さまで反応物排出孔 2 3 を形成する。なお、後のエアギャップ 1 5 を形成する工程の効率を上げるため、複数の反応物排出孔 2 3 を形成してもよい。

【 0 0 2 7 】

また、配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 1 d の反応物排出孔 2 3 を形成する領域に、配線 1 2 およびビア 1 4 のパターンを利用して金属の柱を予め形成しておき、この金属の柱を例えば過酸化水素と塩酸を用いて除去することにより反応物排出孔 2 3 を形成してもよい。

【 0 0 2 8 】

次に、図 3 B ( c ) に示すように、反応物排出孔 2 3 を介して酸素、窒素、水素等のラジカルをエッチャントとして用いたダウンフロー型ケミカルドライエッチング等の等方性エッチングを施し、閉ループ形状のメタルリング 1 3 に囲まれた領域の第 2 の層間絶縁膜 1 8 を除去する。これにより、配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c にエアギャップ 1 5 が形成される。エッチングにより生じた反応物は、反応物排出孔 2 3 を介して排出される。なお、ウェットエッチングにより第 2 の層間絶縁膜 1 8 を除去した場合は、例えば、液体である反応物を加熱することにより気化させ、反応物排出孔 2 3 を介して排出する。

【 0 0 2 9 】

次に、図 3 B ( d ) に示すように、蓋材 2 4 を用いて反応物排出孔 2 3 を塞ぐ。蓋材 2 4 は、その薬液が塗布時にエアギャップ 1 5 にあまり流れ込まない程度の粘性を有するような方法を用いて形成する。

【 0 0 3 0 】

なお、蓋材 2 4 を配線層 1 1 d の第 3 の層間絶縁膜 2 2 と同じ材料から同時に形成してもよい。この場合、配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c を形成して、配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c にエアギャップ 1 5 を形成した後、配線層 1 1 d の第 3 の層間絶縁膜 2 2 を形成する。これにより、第 3 の層間絶縁膜 2 2 の材料が反応物排出孔 2 3 に入り込み、蓋材 2 4 となる。また、段差被覆性の低い成膜条件で第 3 の層間絶縁膜 2 2 を形成することにより、反応物排出孔 2 3 の入り口付近のみを塞ぐことができる。

【 0 0 3 1 】

( 第 1 の実施の形態の効果 )

本発明の第 1 の実施の形態によれば、エアギャップ 1 5 をメタルリング 1 3 に囲まれた領域にのみ形成し、エアギャップ領域 1 4 と非エアギャップ領域 1 6 を作り分けることができる。これにより、エアギャップ 1 5 の必要ない領域 ( 配線間容量の低減を強く求めない領域 ) の機械的強度を保ち、半導体装置 1 0 全体の機械的強度の低下を抑えることができる。

【 0 0 3 2 】

なお、メタルリング 1 3 の内側の領域においては、配線 1 2 は閉ループ形状をとらないことが好ましい。閉ループ形状を有する配線 1 2 はメタルリングとして働き、その内側が外部と遮断されるため、エアギャップ 1 5 を形成するためには、閉ループ形状の内側に反応物排出孔 2 3 を別個に設けなければならないからである。

【 0 0 3 3 】

( 第 2 の実施の形態 )

本発明の第 2 の実施の形態は、半導体装置 1 0 の製造方法において第 1 の実施の形態と異なる。半導体装置 1 0 の構成等、第 1 の実施の形態と同様の点については説明を省略する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 4 】

図 4 ( a ) ~ ( e ) は、本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

## 【 0 0 3 5 】

まず、図 4 ( a ) に示すように、図示しない半導体基板上に第 1 の配線層 1 1 a を形成する。

## 【 0 0 3 6 】

次に、図 4 ( b ) に示すように、メタルリング 1 3 に囲まれた領域の第 2 の層間絶縁膜 1 8 上の第 1 および第 2 のキャップ膜 1 9、2 0 を除去して、反応物排出孔 2 3 を形成する。

10

## 【 0 0 3 7 】

次に、図 4 ( c ) に示すように、反応物排出孔 2 3 を介して等方性エッチングを施し、閉ループ形状のメタルリング 1 3 に囲まれた領域の第 2 の層間絶縁膜 1 8 を除去する。これにより、配線層 1 1 a にエアギャップ 1 5 が形成される。

## 【 0 0 3 8 】

次に、図 4 ( d ) に示すように、配線層 1 1 a 上に配線層 1 1 b を形成する。

## 【 0 0 3 9 】

次に、図 4 ( e ) に示すように、配線層 1 1 a と同様に、配線層 1 1 b にエアギャップ 1 5 を形成する。その後、同様に配線層 1 1 b 上にエアギャップ 1 5 を含む配線層 1 1 c を形成し、その上にエアギャップ 1 5 を含まない配線層 1 1 d を形成することで、半導体装置 1 0 を形成する。

20

## 【 0 0 4 0 】

( 第 2 の実施の形態の効果 )

本発明の第 2 の実施の形態によれば、1 つの配線層を形成する毎にエアギャップ 1 5 を形成するため、反応物排出孔 2 3 が上層の配線層により塞がれ、蓋材 2 4 を用いる必要がない。

## 【 0 0 4 1 】

( 第 3 の実施の形態 )

本発明の第 3 の実施の形態は、配線 1 2 およびビア 2 1 からなる配線構造の構成において第 1 の実施の形態と異なる。他の部材の構成等、第 1 の実施の形態と同様の点については説明を省略する。

30

## 【 0 0 4 2 】

図 5 ( a ) ~ ( e ) は、本発明の第 3 の実施の形態に係る配線およびビアの製造方法を示す断面図である。なお、図 5 ( a ) ~ ( e ) においては、1 つの配線 1 2 およびビア 2 1 の周辺を拡大して示すが、これらの配線 1 2 およびビア 2 1 の構成は、半導体装置 1 0 の任意の領域の配線 1 2、ビア 2 1 およびメタルリング 1 3 の構成に適用することができる。

## 【 0 0 4 3 】

まず、図 5 ( a ) に示すように、第 1 のキャップ膜 1 9 および第 2 の層間絶縁膜 1 8 の配線 1 2 を形成する領域をエッチングにより除去し、配線溝 2 5 を形成する。

40

## 【 0 0 4 4 】

次に、図 5 ( b ) に示すように、 $SiO_2$ 、 $SiOCH$  等の第 2 の層間絶縁膜 1 8 とのエッチング選択比を大きく取ることのできる絶縁材料 ( 第 1 の層間絶縁膜 1 7 と同じ材料を用いてもよい ) を配線溝 2 5 の内面に堆積させ、保護膜 2 6 を形成する。

## 【 0 0 4 5 】

次に、図 5 ( c ) に示すように、異方性エッチングにより、配線溝 2 5 の底面および第 1 のキャップ膜 1 9 の上面の保護膜 2 6 を除去する。

## 【 0 0 4 6 】

次に、図 5 ( d ) に示すように、 $Cu$  等を堆積させた後に  $CMP$  等による平坦化処理を行うことにより、配線溝 2 5 内に配線 1 2 を形成する。

50

## 【 0 0 4 7 】

次に、図 5 ( e ) に示すように、形成した配線 1 2 および第 1 のキャップ膜 1 9 の上に第 2 のキャップ膜 2 0 を形成した後、同様の方法で上層のビア 2 1 および配線 1 2 を形成する。

## 【 0 0 4 8 】

( 第 3 の実施の形態の効果 )

本発明の第 3 の実施の形態によれば、配線 1 2 およびビア 2 1 の側面に保護膜 2 6 が形成されるため、エアギャップ形成時やエアギャップ形成後における配線 1 2 およびビア 2 1 の酸化や、その他の化学変化に対する耐性が向上する。

## 【 0 0 4 9 】

( 第 4 の実施の形態 )

本発明の第 4 の実施の形態は、メタルリング 1 3 の内側に別のメタルリング 1 3 a が形成される点において第 1 の実施の形態と異なる。他の部材の構成等、第 1 の実施の形態と同様の点については説明を省略する。

## 【 0 0 5 0 】

図 6 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。

## 【 0 0 5 1 】

図 6 に示すように、配線層のメタルリング 1 3 に囲まれた領域内に、他のメタルリング 1 3 a が形成されている。メタルリング 1 3 の内側でメタルリング 1 3 a の外側となる領域はエアギャップ領域 1 4 であり、反応物排出孔 2 3 を塞いだ蓋材 2 4 が設けられている。一方、メタルリング 1 3 a の内側は非エアギャップ領域 1 6 であり、エアギャップ 1 5 が存在しない。そのため、エアギャップ 1 5 による機械的強度の低下が生じない。

## 【 0 0 5 2 】

なお、メタルリング 1 3 a の内側には、配線 1 2 が形成されても、形成されなくてもよい。また、メタルリング 1 3 a の内側に、さらに別のメタルリングが形成されてもよい。

## 【 0 0 5 3 】

( 第 4 の実施の形態の効果 )

本発明の第 4 の実施の形態によれば、メタルリング 1 3 の内側の領域において配線間容量の低減の必要性の少ない領域が存在する等の場合、その領域にメタルリング 1 3 a を形成することにより、メタルリング 1 3 a をエアギャップ領域 1 4 の機械的強度を保持する柱として用いることができる。なお、機械的強度の保持にメタルリング 1 3 a を用いる場合、メタルダミーパターンを用いて機械的強度の保持を図る場合と比べて、メタル部分の面積が小さいため、特に上下の配線層の配線間における電気容量の増加を抑えることができる。

## 【 0 0 5 4 】

( 第 5 の実施の形態 )

本発明の第 5 の実施の形態は、任意の配線層の任意の領域にエアギャップを形成する点において第 1 の実施の形態と異なる。他の部材の構成等、第 1 の実施の形態と同様の点については説明を省略する。

## 【 0 0 5 5 】

( 半導体装置の構成 )

図 7 は、本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。また、図 8 は、図 7 の破線 B - B における半導体装置の断面図であり、図 9 は、図 7 の破線 C - C における半導体装置の断面図である。

## 【 0 0 5 6 】

図 7 に示す回路ブロック 2 7 a、2 7 b の間で、高速な信号の送受信が行われる場合、回路ブロック 2 7 a、2 7 b を繋ぐ配線 1 2 の配線間容量の低減が求められる。

## 【 0 0 5 7 】

図 8 に示すように、回路ブロック 2 7 a、2 7 b を繋ぐ配線 1 2 は、主に配線層 1 1 a

10

20

30

40

50

のメタルリング 1 3 の内側を通り、メタルリング 1 3 の形成されない配線層 1 1 c を通って、メタルリング 1 3 の外側にある回路ブロック 2 7 a、2 7 b に接続される。そのため、配線層 1 1 a のメタルリング 1 3 の内側の領域にエアギャップ 1 5 が形成されている。一方、配線層 1 1 b には配線 1 2 が通る領域が少ないので、機械的強度を優先して、エアギャップ 1 5 がほとんど形成されていない。

【0058】

また、図 9 に示すように、配線層 1 1 b、1 1 c における反応物排出孔 2 3 を塞いだ蓋材 2 4 の周りには、メタルリング 1 3 b が形成されている。

【0059】

なお、配線層 1 1 b のメタルリング 1 3 は無くてもよい。また、配線層 1 1 b、1 1 c の第 1 および第 2 の層間絶縁膜 1 7、1 8 の代わりに第 3 の層間絶縁膜 2 2 を用いてもよい。

10

【0060】

(半導体装置の製造方法)

図 10 A (a) ~ (b)、図 10 B (c) ~ (d) は、本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。図 10 A (a) ~ (b)、図 10 B (c) ~ (d) に示した断面は、図 9 に示した断面に対応する。

【0061】

まず、図 10 A (a) に示すように、図示しない半導体基板上に配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c を形成する。メタルリング 1 3 は配線層 1 1 a、1 1 b に含まれ、メタルリング 1 3 b は配線層 1 1 b、1 1 c に含まれる。

20

【0062】

次に、図 10 A (b) に示すように、異方性エッチングにより、メタルリング 1 3 b に囲まれた領域に、配線層 1 1 a の第 2 の層間絶縁膜 1 8 が露出する深さまで反応物排出孔 2 3 を形成する。

【0063】

次に、図 10 B (c) に示すように、反応物排出孔 2 3 を介して等方性エッチングを施し、配線層 1 1 a におけるメタルリング 1 3 に囲まれた領域、および配線層 1 1 b、1 1 c におけるメタルリング 1 3 b に囲まれた領域の第 2 の層間絶縁膜 1 8 を除去する。これにより、配線層 1 1 a、1 1 b、1 1 c にエアギャップ 1 5 が形成される。エッチングにより生じた反応物は、反応物排出孔 2 3 を介して排出される。なお、配線層 1 1 b、1 1 c のメタルリング 1 3 b の大きさを変えることにより、配線層 1 1 b、1 1 c に形成されるエアギャップ 1 5 の大きさを調節することができる。

30

【0064】

次に、図 10 B (d) に示すように、蓋材 2 4 を用いて反応物排出孔 2 3 を塞ぐ。

【0065】

(第 5 の実施の形態の効果)

本発明の第 5 の実施の形態によれば、メタルリング 1 3 b の内側に反応物排出孔 2 3 を形成することにより、配線層 1 1 b、1 1 c においてメタルリング 1 3 b に囲まれた領域にのみエアギャップ 1 5 を形成することができる。これにより、任意の配線層の任意の領域にのみエアギャップ 1 5 を形成することができる。

40

【0066】

なお、本実施の形態においては、回路ブロック 2 7 a、2 7 b に繋がる配線 1 2 がメタルリング 1 3 の内側の領域から上層の配線層に引き出されるが、下層の配線層に引き出される構成であってもよい。

【0067】

(第 6 の実施の形態)

本発明の第 6 の実施の形態は、配線 1 2 ではなく、回路ブロック 2 7 a、2 7 b をエアギャップ領域 1 4 に備える点において第 5 の実施の形態と異なる。他の部材の構成等、第 5 の実施の形態と同様の点については説明を省略する。

50



## 【 0 0 6 8 】

図 1 1 は、本発明の第 6 の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。

## 【 0 0 6 9 】

図 1 1 に示すように、回路ブロック 2 7 a、2 7 b がメタルリング 1 3 の内側のエアギャップ領域 1 4 に形成されている。また、回路ブロック 2 7 a、2 7 b を繋ぐ配線 1 2 は、メタルリング 1 3 の内側の領域から下層の配線層に引き出され、その下層の配線層を通る。なお、回路ブロック 2 7 a、2 7 b を繋ぐ配線 1 2 は、メタルリング 1 3 の内側の領域から上層の配線層に引き出される構成であってもよい。

## 【 0 0 7 0 】

( 第 6 の実施の形態の効果 )

本発明の第 6 の実施の形態によれば、回路ブロック 2 7 a、2 7 b の配線間容量の低減を重視する場合、これを実現することができる。

## 【 0 0 7 1 】

( 第 7 の実施の形態 )

本発明の第 7 の実施の形態においては、上記各実施の形態における蓋材 2 4 の変形例について説明する。

## 【 0 0 7 2 】

図 1 2 は、本発明の第 7 の実施の形態に係る半導体装置の断面図である。図 1 2 に示した断面は、図 2 に示した第 1 の実施の形態にかかる半導体装置 1 0 の断面に対応する。また、図 1 2 は、反応物排出孔 2 3 付近を拡大して示してある。

## 【 0 0 7 3 】

蓋材 2 8 には、SOD 膜、SOG 膜等のように、その薬液が塗布時に高い粘性を有するような方法により形成した膜を用いることが好ましい。この場合、蓋材 2 8 を反応物排出孔 2 3 の深い位置まで埋め込まずに、図 1 2 に示すように、反応物排出孔 2 3 の開口部近傍のみを埋めるような形状に形成することができる。仮に、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法等の、薬液が塗布時にあまり高い粘性を有さないような方法により、蓋材 2 8 を反応物排出孔 2 3 の開口部近傍のみを埋めるような形状に形成しようとした場合、蓋材 2 8 が開口部を塞ぎきれず、さらにはエアギャップ 1 5 内に入り込むおそれがある。

## 【 0 0 7 4 】

なお、蓋材 2 8 の材料としては、SiO<sub>2</sub> 膜、SiOC 膜、有機膜等を用いることができる。また、蓋材 2 8 の薬液の粘性は、溶媒の材料を選択すること等により調節することができる。

## 【 0 0 7 5 】

蓋材 2 8 がこのような反応物排出孔 2 3 の開口部近傍のみを埋めるような形状を有する場合、蓋材 2 8 を反応物排出孔 2 3 の深い位置まで埋め込む場合と比較して、エアギャップ 1 5 内に蓋材 2 8 が入り込んでエアギャップ 1 5 の体積を小さくするおそれが少なくなる。

## 【 0 0 7 6 】

また、SOD 法、SOG 法等のように、その薬液が塗布時に高い粘性を有するような方法により蓋材 2 8 を形成した場合、蓋材 2 8 の空孔径を分子サイズの比較的小さい水分が内部を通過できるような大きさにすることができる。この場合、半導体装置 1 0 を真空中で高温に保持することにより、各層間絶縁膜、エアギャップ 1 5 等に含まれる水分を反応物排出孔 2 3、蓋材 2 8 を介して外部に排出することができる。そこで、蓋材 2 8 を反応物排出孔 2 3 の開口部近傍のみを埋めるような形状に形成した場合、蓋材 2 8 を反応物排出孔 2 3 の深い位置まで埋め込む場合と比較して、水分が通過する蓋材 2 8 内部の距離が短いため、より効率的に水分を外部に排出することができる。各層間絶縁膜、エアギャップ 1 5 等に含まれる水分は、半導体装置 1 0 内における寄生容量の増加、エレクトロマイグレーション、ストレスマイグレーションの発生等の問題を引き起こすおそれがあるため、より多くの水分を外部に排出することが好ましい。なお、逆に、蓋材 2 8 の上層

10

20

30

40

50

の絶縁膜を形成する際に用いる成膜ガスは、分子サイズが水分よりも大きいいため、蓋材 28 を通過して内部に侵入するおそれは少ない。

【0077】

また、蓋材 28 は、図 12 に示すようにフリンジ部 28 f を有してもよいし、有さなくてもよい。フリンジ部 28 f を有さない場合は、蓋材 28 の上面の高さが、配線層 11 d の第 2 のキャップ膜 20 の上面の高さとほぼ一致する。

【0078】

図 13 (a) ~ (d) は、本発明の第 7 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。図 13 (a) ~ (d) に示した断面は、図 12 に示した本実施の形態に係る半導体装置 10 の断面に対応し、蓋材 28 近傍を拡大したものである。

10

【0079】

まず、図 3 B (c) に示した配線層 11 a、11 b、11 c にエアギャップ 15 を形成するまでの工程を、第 1 の実施の形態と同様に行う。

【0080】

次に、図 13 (a) に示すように、SOD 法等により、蓋材 28 を形成する。このとき、蓋材 28 は反応物排出孔 23 の開口部近傍を埋め、かつ第 2 のキャップ膜 20 上に堆積される。

【0081】

次に、図 13 (b) に示すように、フォトリソグラフィ法等により、蓋材 28 上に所定のパターンを有するレジスト 29 を形成する。

20

【0082】

次に、図 13 (c) に示すように、レジスト 29 をマスクとして、RIE 等により蓋材 28 にエッチングを施し、レジスト 29 のパターンを転写する。

【0083】

次に、図 13 (d) に示すように、レジスト 29 を除去した後、CVD 法等により、蓋材 28 および第 2 のキャップ膜 20 上に SiOC 等の絶縁材料からなる絶縁膜 30 を形成する。なお、絶縁膜 30 を形成する前に、半導体装置 10 を真空中で高温に保持することにより、各層間絶縁膜、エアギャップ 15 等に含まれる水分を反応物排出孔 23、蓋材 28 を介して外部に排出してもよい。

【0084】

30

なお、フリンジ 28 f を有さない蓋材 28 を形成する場合は、図 13 (a) に示した、SOD 法、SOG 法等により蓋材 28 を形成する工程を行った後、蓋材 28 に対して、RIE による全面エッチバック、または CMP による平坦化を行う。RIE による全面エッチバックを行う場合は、エッチング実施時間を調節することにより、第 2 のキャップ膜 20 の蓋材 28 に隣接する部分の上面が露出するまで蓋材 28 のエッチングを行い、蓋材 28 の上面の高さと第 2 のキャップ膜 20 の上面の高さがほぼ一致する用に用いる。一方、CMP による平坦化を行う場合は、第 2 のキャップ膜 20 の上面をストップとして用いて、蓋材 28 を平坦化する。

【0085】

また、上記の蓋材 28 の製造方法の例は、蓋材 28 に比較的孔率の大きい材料を用いた場合、物理的強度が弱まるおそれがあるため、蓋材 28 の必要のない部分をパターニングにより除去したものである。しかし、蓋材 28 の物理的強度に問題がない場合は、蓋材 28 のパターニングを行わずに、第 2 のキャップ膜 20 上に位置する部分を残したままでもよい。

40

【0086】

また、蓋材 28 と絶縁膜 30 を一体に形成してもよい。この場合、図 13 (a) に示した、SOD 法、SOG 法等により蓋材 28 を形成する工程において、蓋材 28 を絶縁膜 30 の厚さの分だけ厚く形成する。蓋材 28 のパターニングは行わない。

【0087】

また、反応物排出孔 23 が複数隣接して形成されている場合は、複数の反応物排出孔 2

50

3の開口部近傍に共通して1つの蓋材28が設けられてもよい。

【0088】

また、蓋材28の材料とレジスト29の材料のエッチング選択比が小さい場合には、蓋材28とレジスト29の間に、蓋材28およびレジスト29に対するエッチング選択比が大きい材料からなる付加膜31を形成してもよい。この付加膜31を用いる蓋材28の形成方法を図14(a)~(d)に示す。

【0089】

まず、図14(a)に示すように、図13(a)に示した、SOD法、SOG法等により蓋材28を形成する工程を行った後、CVD法等により、蓋材28上に付加膜31を形成する。

【0090】

次に、図14(b)に示すように、フォトリソグラフィ法等により、付加膜31上に所定のパターンを有するレジスト29を形成する。

【0091】

次に、図14(c)に示すように、レジスト29をマスクとして、RIE等により付加膜31にエッチングを施し、レジスト29のパターンを転写する。

【0092】

次に、図14(d)に示すように、付加膜31をマスクとして、RIE等により蓋材28にエッチングを施し、付加膜31のパターンを転写した後、付加膜31および第2のキャップ膜20上に絶縁膜30を形成する。なお、レジスト29は蓋材28をパターンニングする前または後に除去する。また、絶縁膜30を形成する前に、付加膜31を除去してもよい。

【0093】

(第7の実施の形態の効果)

本発明の第7の実施の形態によれば、蓋材28をSOD法、SOG法等の薬液が塗布時に高い粘性を有するような方法で形成することにより、反応物排出孔23の開口部近傍のみを埋めるような形状に形成することができる。これにより、エアギャップ15内に蓋材28が入り込むことを抑え、各層間絶縁膜、エアギャップ15等に含まれる水分をより効率的に外部に排出することができる。

【0094】

〔他の実施の形態〕

なお、上記各実施例は一実施例に過ぎず、本発明はこれらに限定されずに、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施が可能である。

【0095】

例えば、第1の層間絶縁膜17にSiC膜、第2の層間絶縁膜18にSiO<sub>2</sub>膜を用いることができる。この場合、第2の層間絶縁膜18のエッチングに用いるエッチャントとして、フッ酸、フッ化アンモニウム等を用いることができる。

【0096】

また、発明の主旨を逸脱しない範囲内において上記各実施の形態の構成要素を任意に組み合わせることができる。例えば、第2の実施の形態に係る半導体装置10の製造方法、第3の実施の形態に係る配線12およびビア21の構成は、他の実施の形態に係る半導体装置10に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0097】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の図1の破線A-Aにおける断面図である。

【図3A】(a)~(b)は、本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 3 B】(c) ~ (d) は、本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。

【図 4】(a) ~ (e) は、本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【図 5】(a) ~ (e) は、本発明の第 3 の実施の形態に係る配線およびビアの製造方法を示す断面図である。

【図 6】本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。

【図 7】本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。

【図 8】本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の図 7 の破線 B - B における断面図である。

【図 9】本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の図 7 の破線 C - C における断面図である。

【図 10 A】(a) ~ (b) は、本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。

【図 10 B】(c) ~ (d) は、本発明の第 5 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。

【図 11】本発明の第 6 の実施の形態に係る半導体装置の有する所定の配線層の平面図である。

【図 12】本発明の第 7 の実施の形態に係る半導体装置の断面図である。

【図 13】(a) ~ (d) は、本発明の第 7 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を表す断面図である。

【図 14】(a) ~ (d) は、本発明の第 7 の実施の形態に係る半導体装置の他の製造方法を表す断面図である。

【符号の説明】

【0098】

10	半導体装置。	12	配線。	13、13a、13b	メタルリング。
15	エアギャップ。	17	第 1 の層間絶縁膜。	18	第 2 の層間絶縁膜。
21	ビア。	23	反応物排出孔。	27a、27b	回路ブロック。
	蓋材。			28	

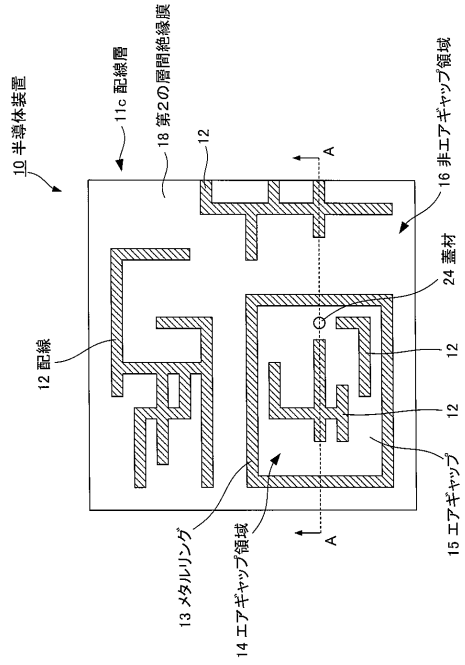
10

20

30

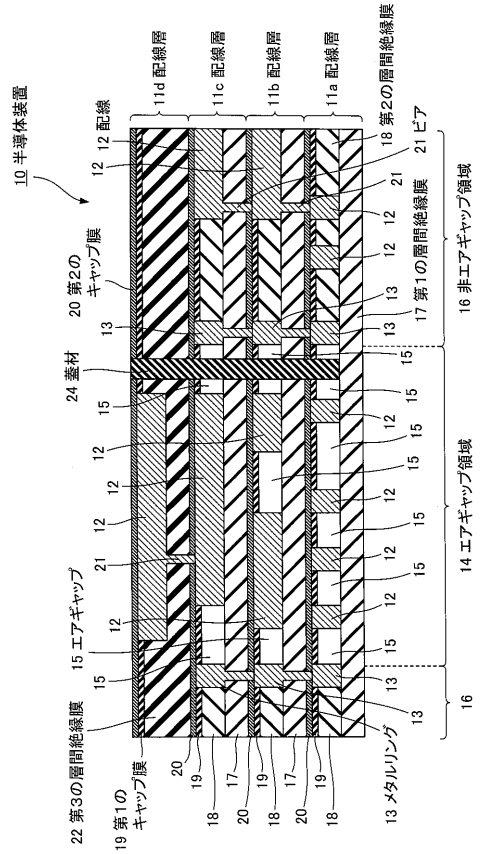
【 図 1 】

図1  
(第1の実施の形態)



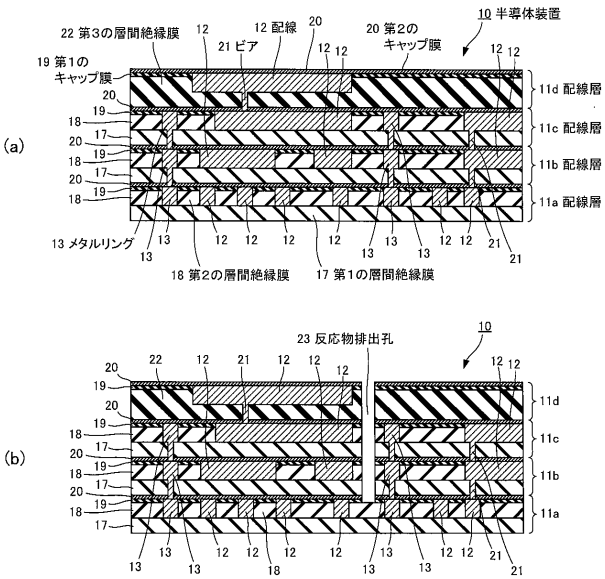
【 図 2 】

図2  
(第1の実施の形態)



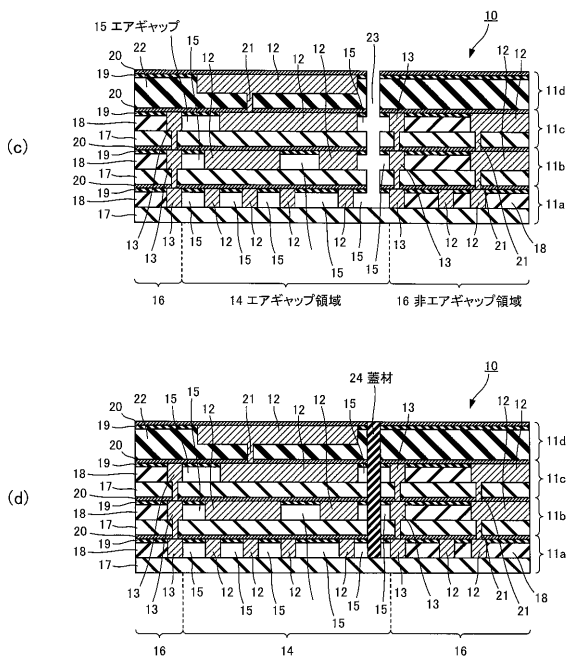
【 図 3 A 】

図3A  
(第1の実施の形態)



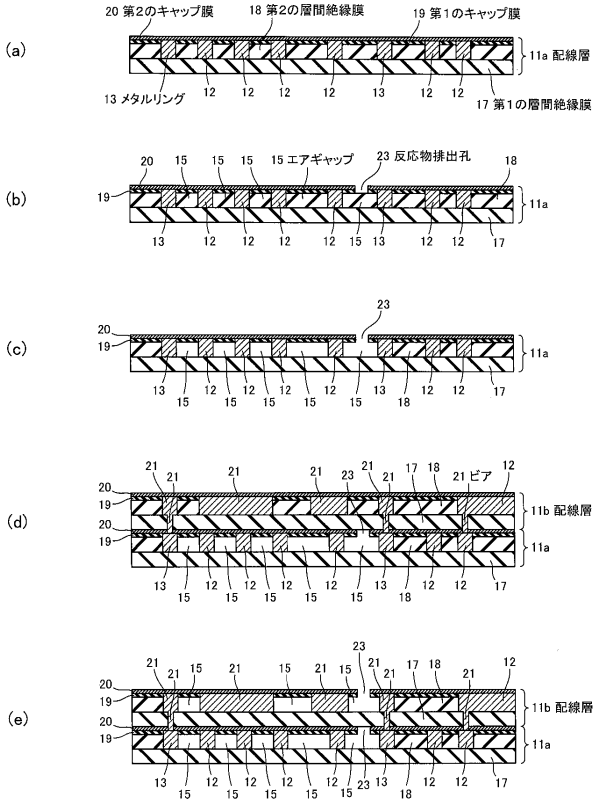
【 図 3 B 】

図3B  
(第1の実施の形態)



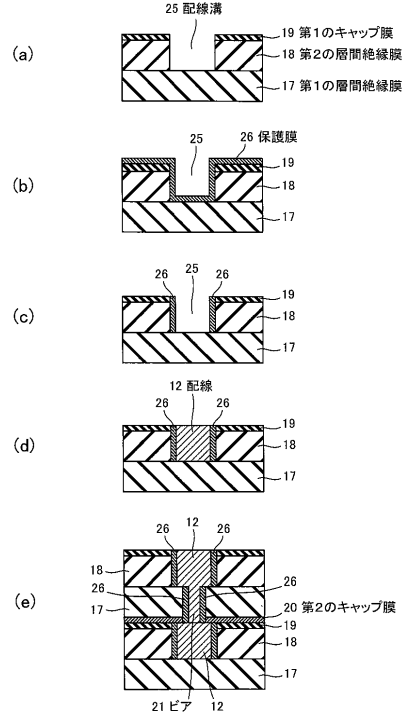
【 図 4 】

図4  
(第2の実施の形態)



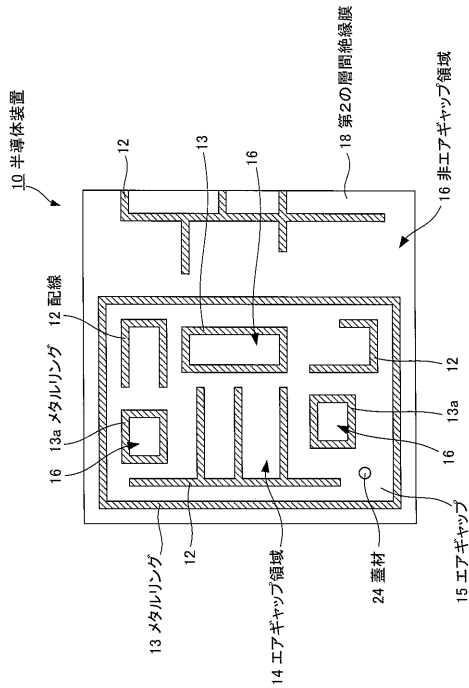
【 図 5 】

図5  
(第3の実施の形態)



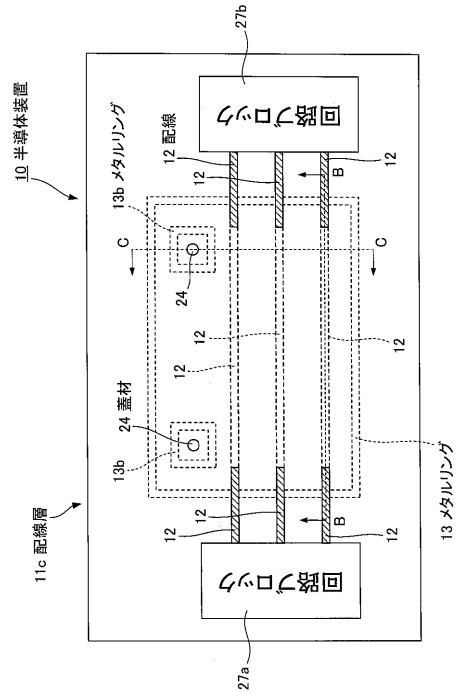
【 図 6 】

図6  
(第4の実施の形態)

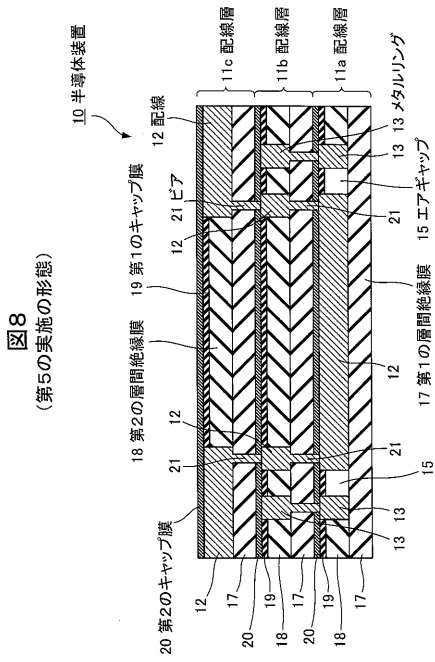


【 図 7 】

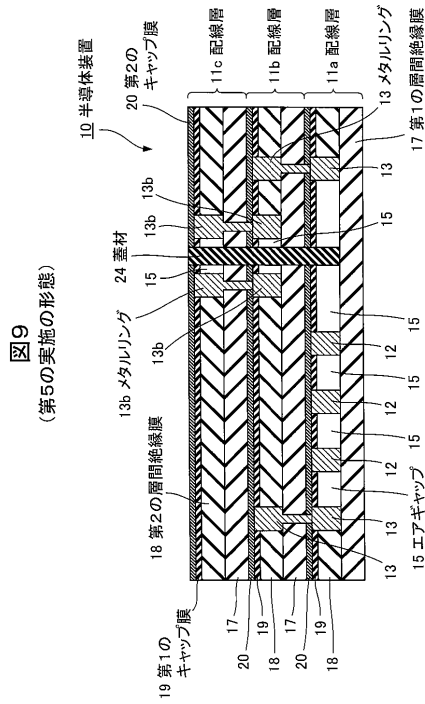
図7  
(第5の実施の形態)



【 図 8 】

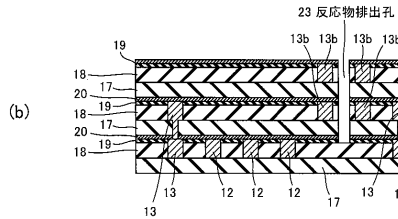
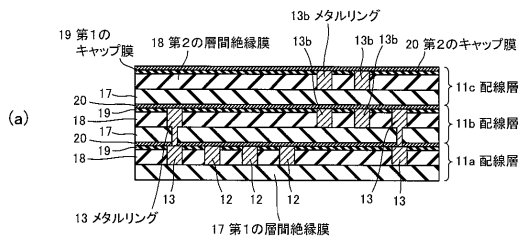


【 図 9 】



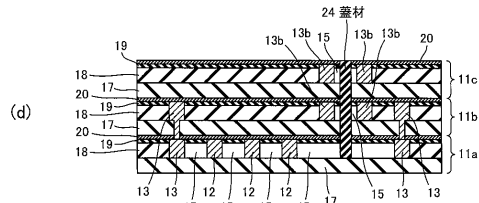
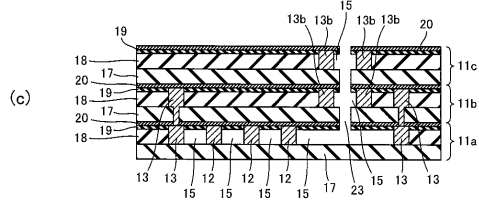
【 図 10 A 】

図10A (第5の実施の形態)

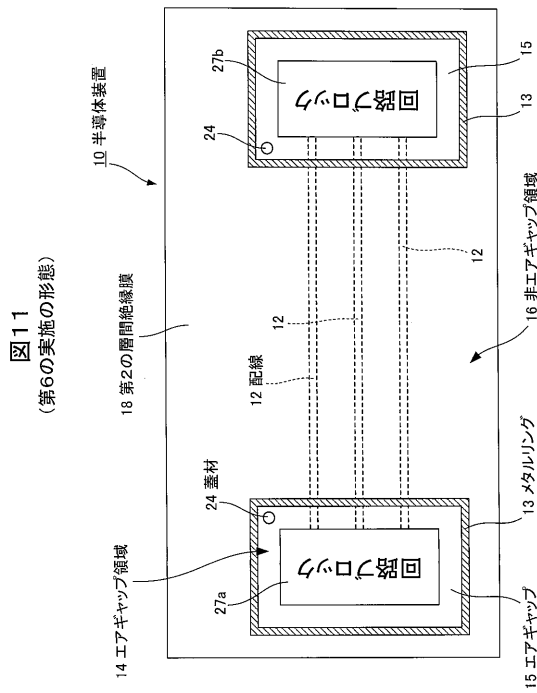


【 図 10 B 】

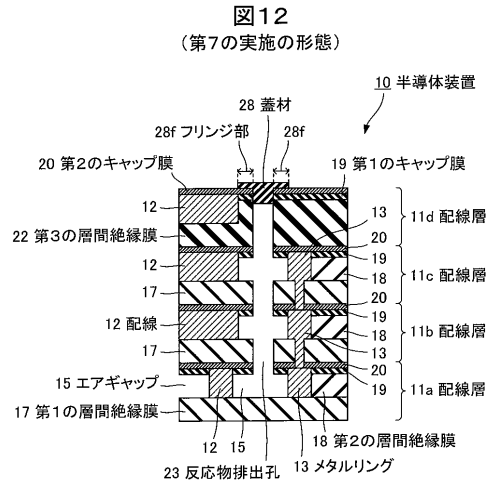
図10B (第5の実施の形態)



【 図 1 1 】

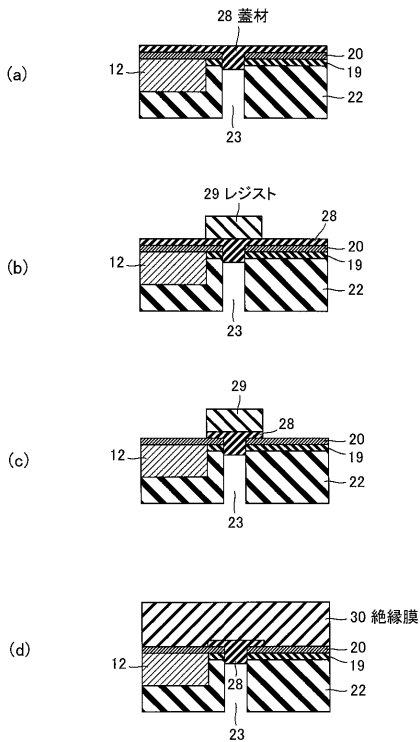


【 図 1 2 】



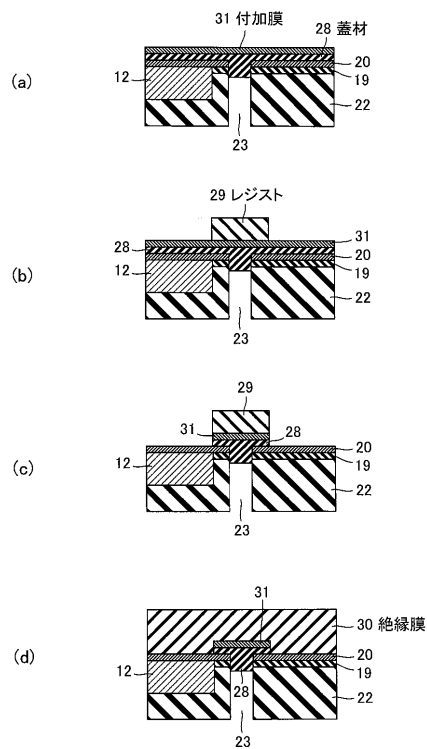
【 図 1 3 】

図13 (第7の実施の形態)



【 図 1 4 】

図14 (第7の実施の形態)





---

フロントページの続き

(72)発明者 中村 直文

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 下岡 義明

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5F033 HH11 JJ11 KK11 MM02 MM10 MM13 NN05 NN07 QQ09 QQ10  
QQ13 QQ16 QQ18 QQ35 QQ48 QQ49 RR01 RR04 RR09 RR11  
RR21 RR30 SS11 SS22 TT02 VV00 XX00 XX19