



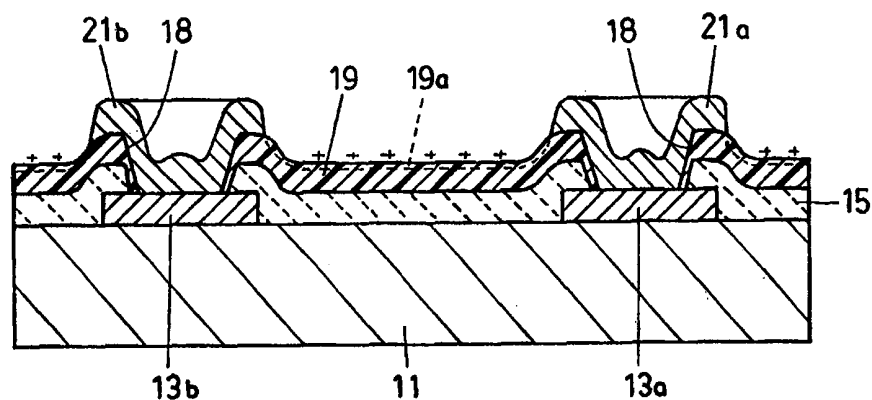
PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 <b>H01L 21/768, 21/312</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) 国際公開番号 <b>WO99/38208</b></p> <p>(43) 国際公開日 1999年7月29日(29.07.99)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP99/00255</p> <p>(22) 国際出願日 1999年1月22日(22.01.99)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平10/10073 1998年1月22日(22.01.98) JP 特願平10/53021 1998年3月5日(05.03.98) JP 特願平10/269701 1998年9月24日(24.09.98) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) シチズン時計株式会社 (CITIZEN WATCH CO., LTD.)[JP/JP] 〒163-0428 東京都新宿区西新宿2丁目1番1号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 宮崎 太一 (MIYAZAKI, Taichi)[JP/JP] 〒359-8511 埼玉県所沢市大字下富字武野840番地 シチズン時計株式会社 技術研究所内 Saitama, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 大澤 敬 (OSAWA, Takashi) 〒170-0013 東京都豊島区東池袋1丁目20番2号 池袋ホワイトハウビル818号 Tokyo, (JP)</p>	<p>(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	

(54) Title: **METHOD OF FABRICATING SEMICONDUCTOR DEVICE**

(54) 発明の名称 半導体装置の製造方法



(57) Abstract

A method of fabricating a semiconductor device for forming interconnections formed on a semiconductor device in multiple layers above and below an organic interlayer insulation film (19) as an insulation film, wherein the organic interlayer insulation film (19) having its insulation resistance lowered on receiving damage by plasma is subjected to ashing or ashing and heat treating by sputter etching to be performed to reduce a contact resistance between lower layer interconnections (13a, 13b) and upper layer interconnections (21a, 21b), whereby a charge-up layer (19a), a surface layer subjected to the plasma damage, is removed to increase an insulation resistance value and prevent a leak current from flowing between the upper layer interconnections (21a, 21b).

(57)要約

半導体装置上に形成される配線が有機系層間絶縁膜(19)を絶縁膜として上下に多層に形成される半導体装置の製造方法において、下層配線(13a, 13b)と上層配線(21a, 21b)との接触抵抗を下げるために行なうスパッタエッチングによりプラズマによるダメージを受け絶縁抵抗を低下した有機系層間絶縁膜(19)を、灰化处理あるいは灰化处理と熱処理することによって、プラズマダメージを受けた表面層であるチャージアップ層(19a)を除去して絶縁抵抗値を高め、上層配線(21a, 21b)間にリーク電流が流れないようにする。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SG シンガポール
AL アルバニア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SI スロヴェニア
AM アルメニア	FR フランス	LR リベリア	SK スロヴァキア
AT オーストリア	GA ガボン	LS レソト	SL シェラ・レオネ
AU オーストラリア	GB 英国	LT リトアニア	SN セネガル
AZ アゼルバイジャン	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SZ スワジランド
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE ギルジア	LV ラトヴィア	TD チャード
BB バルバドス	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴ
BE ベルギー	GM ガンビア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BF ブルキナ・ファソ	GN ギニア	MG マダガスカル	TM トルクメニスタン
BG ブルガリア	GW ギニア・ビサオ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR トルコ
BJ ベナン	GR キリシヤ	共和国	TT トリニダード・トバゴ
BR ブラジル	HR クロアチア	ML マリ	UA ウクライナ
BY ベラルーシ	HU ハンガリー	MN モンゴル	UG ウガンダ
CA カナダ	ID インドネシア	MR モーリタニア	US 米国
CF 中央アフリカ	IE アイルランド	MW マラウイ	UZ ウズベキスタン
CG コンゴ	IL イスラエル	MX メキシコ	VN ヴィエトナム
CH スイス	IN インド	NE ニジェール	YU ユーゴスラビア
CI コートジボアール	IS アイスランド	NL オランダ	ZA 南アフリカ共和国
CM カメルーン	IT イタリア	NO ノールウェー	ZW ジンバブエ
CN 中国	JP 日本	NZ ニュー・ジーランド	
CU キューバ	KE ケニア	PL ポーランド	
CY キプロス	KG キルギスタン	PT ポルトガル	
CZ チェッコ	KP 北朝鮮	RO ルーマニア	
DE ドイツ	KR 韓国	RU ロシア	
DK デンマーク	KZ カザフスタン	SD スーダン	
EE エストニア	LC セントルシア	SE スウェーデン	

## 明 細 書

## 半 導 体 装 置 の 製 造 方 法

## 技 術 分 野

この発明は半導体装置の製造方法に関し、特に、有機系層間絶縁膜を配線間の絶縁膜として用いる半導体装置の製造方法に関する。

## 背 景 技 術

多数の能動素子と受動素子からなる集積回路を形成する半導体装置においては、その内部回路相互の接続用の配線や外部回路（又は装置）と接続するための配線など、複数層の配線が設けられている。そして、その各配線間を絶縁する絶縁膜として有機系層間絶縁膜を用いた半導体装置がある。

従来そのような半導体装置の構造とその製造方法を第10図および第11図によって説明する。

第10図はその半導体装置の模式的な平面図、第11図は第10図のY-Y線に沿う幾分拡大した模式的な断面図である。

11は内部に集積回路を形成した半導体基板（半導体チップあるいはウエハ）であり、その上面にアルミニウムを主成分とする金属膜をパターン形成した複数の下層配線13a, 13bが設けられている。

そして、この半導体基板11上の全面に、シリコン酸化膜又はシリコン窒化膜からなる保護膜15を形成し、その保護膜15の下層配線13a, 13b上の所要の位置にコンタクトホール16を設けている。

さらに、その保護膜15上の全面に有機系層間絶縁膜19が形成され、それにも保護膜15のコンタクトホール16と同じ位置にコンタクトホール18が設けられている。この有機系層間絶縁膜19は、例えば感光性ポリミド前駆体を保護膜1

5上に塗布した後、パターンニングしてコンタクトホール18を形成し、熱処理を行なってポリミド化することにより形成される。

そして、この層間絶縁膜19上にアルミニウムを主成分とする金属膜などをパターン形成した上層配線21a, 21bが設けられ、その上層配線21a, 21bは、それぞれコンタクトホール18, 18を通して下層配線13a, 13bと個別に接続している。

この上層配線21aと21bの間には、図示のように露出した有機系層間絶縁膜19があり、それによって絶縁されている。

なお、上層配線21a, 21bを形成する前にコンタクトホール18の底部に露出している下層配線13a, 13bの表面は、空气中で酸化されて酸化膜絶縁層を形成している。そのため、その酸化膜絶縁層を除去しないと、下層配線と上層配線の間で良好な電氣的接続特性を示さなくなる。

そこで、上層配線21a, 21bを形成する前に、アルゴンイオンによるスパッタエッチングによりコンタクトホール18の底部に露出した下層配線13a, 13bの表面をクリーニングし、その酸化膜絶縁層を除去する。

このようにして、半導体装置を構成する半導体基板11上に容易に多層配線を行なうことができる。なお、第10図および第11図では一対の下層配線13a, 13bと、一対の上層配線21a, 21bだけを設けているが、これは説明の便宜上簡略化して示しているのであり、実際には多数の下層配線及び上層配線が設けられ、上層配線には半導体装置内の回路相互の接続を行なうものだけでなく、外部回路(又は装置)と接続する配線もある。

しかしながら、この例において隣接する上層配線21aと21b間での絶縁抵抗値を測定すると、 $10^7\Omega\sim 10^{10}\Omega$ になる。これは、半導体装置における配線間の絶縁抵抗の値として充分高い値ではない。このように、上層配線間での絶縁抵抗値が低いと、半導体装置におけるリーク電流の増加と消費電力の増加を招くことに

なる。

また、この半導体装置をパッケージングしたとき、パッケージの絶縁抵抗を低下させてしまい、信頼性を低下させることになるという問題も生じる。

#### 発明の開示

この発明は、有機系層間絶縁膜を配線間の絶縁膜として用いる半導体装置における上記の問題を解決して、各上層配線間の絶縁抵抗値を高め、信頼性の高い半導体装置を製造できるようにすることを目的とする。

そのため、この発明による半導体装置の製造方法は、集積回路を形成した半導体基板上に、有機系層間絶縁膜を絶縁膜として複数層の配線が形成される半導体装置の製造方法であって、次の各工程を有する。

上記半導体基板上に金属膜による下層配線を形成する工程、

その下層配線を形成した半導体基板上に有機系層間絶縁膜を形成する工程、

その有機系層間絶縁膜をパターンニングして、上記下層配線上の所要の位置にコンタクトホールを形成する工程、

そのコンタクトホール内に露出する上記下層配線の表面をスパッタエッチングによりクリーニングする工程、

そのコンタクトホールを通して上記下層配線と接続する金属膜による上層配線を上記有機系層間絶縁膜上に形成する工程、および

上記下層配線の表面をクリーニングする工程におけるプラズマによりダメージを受けて絶縁抵抗を低下した上記有機系層間絶縁膜の表面層を灰化处理してそのダメージを回復させる工程、

この工程の後に熱処理により上記有機系層間絶縁膜のダメージを一層回復させる工程を行なうとなおよい。

あるいは、上記有機系層間絶縁膜の表面層を灰化处理してそのダメージを回復させる工程で、その灰化处理を加熱しながら行なうようにするとよい。

上記ダメージを回復させる工程における灰化処理は、酸素プラズマあるいは酸素ラジカルを用いて行なうか、酸素ガスに紫外光を照射してオゾンが発生させ、そのオゾンを用いて行なうことができる。

このように、この発明による半導体装置の製造方法は、前述のように下層配線と上層配線との接触抵抗を下げるために行なうスパッタエッチングによって、プラズマによるダメージを受けて絶縁抵抗を低下させてしまった有機系層間絶縁膜を、灰化処理をすることによって、そのプラズマダメージを回復させて絶縁抵抗を高めることを特徴とする。

発明者が実験を行なった結果、有機系層間絶縁膜上に上層配線を形成した後、露出している有機系層間絶縁膜の表面の絶縁抵抗値を測定した結果は、前述したように $10^7 \Omega \sim 10^{10} \Omega$ となった。これは、未処理の有機系層間絶縁膜の絶縁抵抗値が $10^{14} \Omega$ 以上のに比べて、著しく絶縁抵抗値が低下していることになる。

その原因は、上層配線形成前に行なうスパッタエッチング処理によって、有機系層間絶縁膜の表面がアルゴンイオンのイオン注入によりプラズマダメージを受け、その表面付近にチャージアップ層が生成され、それによって有機系層間絶縁膜の絶縁抵抗値が低下したものであることが判明した。

そこで、上述のように有機系層間絶縁膜上に上層配線を形成した後、有機系層間絶縁膜の表面を灰化処理することにより、プラズマダメージを受けた有機系絶縁膜の表面層（チャージアップ層）を除去し、有機系層間絶縁膜の絶縁抵抗値を回復させ、上層配線間の絶縁抵抗値を上げることができる。その灰化処理後に熱処理を行なうか、加熱しながら灰化処理を行なうことにより、有機系層間絶縁膜の絶縁抵抗値を一層高めることができる。

それによって、配線間でのリーク電流を無くし、半導体装置の消費電力を減らすことができる。

図面の簡単な説明

第1図乃至第5図は、この発明による半導体装置の製造方法を説明するための図であり、各工程を示す第10図のY-Y線に沿う断面に相当する模式的な断面図である。

第6図乃至第9図は、この発明による半導体装置の製造方法において、有機系層間絶縁膜の表面層の加熱灰化处理を行なうための装置のそれぞれ異なる例を示す概略図である。

第10図は、この発明の対象とする半導体装置の平面図である。

第11図は、第10図のY-Y線に沿う幾分拡大した模式的な断面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

この発明をより詳細に説明するために、添付図面によってこの発明の実施の形態を説明する。

第1図から第5図は、この発明による半導体装置の製造方法を説明するための図で、その各工程を示す第10図におけるY-Y線に沿う断面に相当する模式的な断面図である。なお、完成した半導体装置の平面図は第10図と同様になるので、それをこの発明の実施形態の説明にも使用する。

この実施形態においては、まず第1図に示すように、半導体装置の主体となる半導体基板（半導体チップあるいはウエハ）11上に、スパッタリングあるいは真空蒸着によって、アルミニウムを主成分とする金属膜を500nmから1000nmの膜厚で形成する。この半導体基板11には、図示は省略しているが、半導体装置を構成する多数の能動素子および受動素子からなる集積回路が形成されている。

次いで、その金属膜上に図示はしないが感光性樹脂（フォトレジスト）を塗布した後、配線パターンが形成してあるフォトマスクを用いて露光および現像処理をして、感光性樹脂を下層配線形状にパターンニングする。

そのパターンニングした感光性樹脂をエッチングマスクとして、ハロゲン系ガスを主成分とするエッチングガスを用いたドライエッチングにより、上記金属膜をパタ

ーニングする。それによって、第1図に示す下層配線13a, 13bが形成される。

つぎに、この下層配線13a, 13b上を含む半導体基板11上の全面に、化学的気相成長法などによって、シリコン酸化膜又はシリコン窒化膜からなる保護膜15を、800nmから1200nmの膜厚で形成する。

この保護膜15上に感光性樹脂（図示せず）を塗布した後、下層配線13a, 13bに対応する所要位置に開口が形成されているフォトマスクを用いて露光および現像処理をして、その感光性樹脂をパターニングする。

ついで、そのパターニングした感光性樹脂をエッチングマスクとして、四フッ化炭素を主成分とするエッチングガスを用いたドライエッチングにより、保護膜15をエッチングしてパターニングを行ない、第1図に示すコンタクトホール16を形成する。

このコンタクトホール16は、下層配線13a, 13bが露出するように保護膜15を開口する。そして、このコンタクトホール16は、保護膜15上に新たに形成される配線や、この半導体装置と外部の装置との電気的な導通を得るための接点部となる。例えば、このコンタクトホール16にバンプや金属ワイヤー等を挿入して、この半導体装置と外部の装置との電気的な導通を得ることができる。

つぎに、第2図に示すように、保護膜15上に有機系層間絶縁膜材料として感光性ポリイミドの前駆体17を、回転塗布法により20 $\mu$ mから4 $\mu$ mの膜厚で塗布する。その後、コンタクトホール16に対応する位置に開口部がパターン形成されているフォトマスクを用いて露光および現像処理を行なう。

その結果、ポリイミドの前駆体17に、保護膜15のコンタクトホール16の位置に合わせてコンタクトホール18が開口される。

このパターニングされた感光性ポリイミドの前駆体17を、高温炉を用いて、空気雰囲気あるいは窒素雰囲気中で温度350 $^{\circ}$ C~400 $^{\circ}$ Cの熱処理を30分行ない、ポリイミド化する。

ポリイミドの前駆体 17 は、ポリイミド化を行なうことによりその膜厚がおよそ半分になり、 $10\ \mu\text{m}$  から  $2\ \mu\text{m}$  になる。このポリイミド化された膜は、第 3 図に示すように、コンタクトホール 18 がパターンニングされた有機系層間絶縁膜 19 となる。

この有機系層間絶縁膜 19 のコンタクトホール 18 を保護膜 15 のコンタクトホール 16 の内側になるように形成すると、ポリイミド化を行なう温度  $350^\circ\text{C}$  ~  $400^\circ\text{C}$  の熱処理時に体積収縮でして、コンタクトホール 18 の内壁の形状が第 3 図に示すように順テーパ形状になり、次の工程で形成する上層配線の被覆性が向上する。

このように有機系層間絶縁膜 19 を形成する工程を行なっている間に、第 3 図に示すようにコンタクトホール 18 の底部に露出している下層配線 13 a, 13 b の表面が空气中で酸化され、酸化膜絶縁層が形成されてしまう。そのため、この酸化膜絶縁層を除去しないと、下層配線 13 a, 13 b とその上に形成する上層配線との間で良好な電氣的接続特性を示さなくなる。

そこで、この酸化膜絶縁層を除去するため、アルゴンイオンによるスパッタエッチングにより、コンタクトホール 18 の底部に露出した下層配線 13 a, 13 b 表面をクリーニングする。

その後、スパッタリングあるいは真空蒸着法によって、アルミニウムを主成分とする金属膜やアルミニウムを主成分とする金属膜とクロムからなる金属膜、あるいはアルミニウムを主成分とする金属膜と高融点金属からなる金属膜又は銅膜を膜形成する。

さらに、その金属膜上に感光性樹脂を塗布した後、上層配線パターンが形成されているフォトマスクを用いて露光および現像処理をして、その感光性樹脂をパターンニングする。

そして、そのパターンニングした感光性樹脂をエッチングマスクとして使用して、

ハロゲン系ガスを主成分として用いるドライエッチング、あるいはリン酸を主成分として用いるウェットエッチングにより金属膜をパターンニングして、第4図及び第10図に示すように、有機系層間絶縁膜19上に上層配線21a, 21bを形成する。

この上層配線21a, 21bは、それぞれコンタクトホール18, 18を埋めるように形成され、下層配線13a, 13bと個別に接続する。また、各上層配線21a, 21b間には有機系層間絶縁膜19があり、それによって互いに電氣的に絶縁されている。

しかし、前述のように、この上層配線21a, 21bを形成する前に、アルゴンイオンによるスパッタエッチングを行なって、下層配線13a, 13bのコンタクトホール18内に露出する表面に形成された酸化膜絶縁層を除去するクリーニング工程を実施している。その工程において、有機系層間絶縁膜19の表面がアルゴンイオンのイオン注入によりプラズマダメージを受け、第4図に破線で示す表面付近にチャージアップ層19aが生成され、それによって有機系層間絶縁膜19の絶縁抵抗値が低下してしまう。そのため、上層配線21a, 21b間の抵抗値は $10^7 \Omega \sim 10^9 \Omega$ になっている。

そこで、有機系層間絶縁膜19上に上層配線21a, 21bを形成した後、有機系層間絶縁膜19の表面を灰化处理することにより、プラズマダメージを受けた有機系絶縁膜の表面層（チャージアップ層19a）を除去し、有機系層間絶縁膜19の絶縁抵抗値を回復させ、上層配線21a, 21b間の絶縁抵抗値を上げる。その結果、灰化处理を行なった後の上層配線21a, 21b間の抵抗値は、 $10^{11} \Omega \sim 10^{13} \Omega$ になる。

第5図は、その灰化处理後の半導体装置を示し、灰化处理後の有機系層間絶縁膜を符号19'で示している。この灰化处理後に熱処理を行なうか、加熱しながら灰化处理を行なうことにより、有機系層間絶縁膜19'の絶縁抵抗値を一層高めるこ

とができる。それによって、上層配線 2 1 a, 2 1 b 間でのリーク電流を無くし、半導体装置の消費電力を減らすことができる。

なお、この実施形態においては半導体基板 1 1 と有機系層間絶縁膜 1 9 (1 9') の間に保護膜 1 5 を形成しているが、これは必須のものではなく、保護膜 1 5 を省略して、半導体基板 1 1 上に有機系層間絶縁膜 1 9 を直接形成してもよい。

有機系層間絶縁膜 1 9 の灰化処理には、酸素ガスを用いて平行平板電極間で反応性イオンエッチングで行なう灰化処理法や、酸素プラズマの自己バイアスのみで灰化処理を行なうプラズマエッチング法、高周波電源で活性化された酸素のラジカル(中和活性酸素)のみを用いた灰化処理、酸素ガスに紫外光をあててオゾンを生じさせて行なうオゾンによる灰化処理方法などがある。

たとえば、平行平板電極間で反応性エッチングを行なう場合、装置内の酸素圧力を 5 Pa (パスカル) にし、高周波 (RF) 出力を 4 0 0 W で 1 分間の灰化処理を行なう。それによって、第 4 図に示した有機系層間絶縁膜 1 9 の表面層が 1 0 0 ~ 1 5 0 nm 程度エッチングされ、チャージアップ層 1 9 a を除去することができる。このような灰化処理を行なった後の上層配線 2 1 a, 2 1 b 間の抵抗値は、前述のように  $1 0^{11} \Omega \sim 1 0^{13} \Omega$  になる。

しかしながら、有機系層間絶縁膜 1 9 は膜形成における絶縁抵抗値は  $1 0^{14} \Omega$  以上の値を示すので、灰化処理だけでは完全にプラズマダメージは回復していないことになる。

これは、灰化処理時の酸素イオンや酸素の活性種により、第 5 図に示した灰化処理後の有機系層間絶縁膜 1 9' の表面がわずかながら電荷を帯びているためである。

そこで、この灰化処理に続けて熱処理を行なうとよい。その熱処理の方法としては、高温炉やリフロー炉あるいは半導体製造工程で用いる酸化炉などを用いる方法がある。

有機系層間絶縁膜としてポリイミド系材料を用いる場合、熱処理の温度は 1 0 0

℃から400℃で行なう。ただし、この熱処理温度は用いる有機系材料が変質しない温度であれば400℃以上であってもよい。

灰化处理により絶縁抵抗値が $10^{11}\Omega$ から $10^{13}\Omega$ に回復した有機系層間絶縁膜19'を、高温炉を用いて空気雰囲気下の1気圧下で熱処理温度300℃で30分間熱処理を行なうと、有機系層間絶縁膜19'の絶縁抵抗値は $10^{14}$ 以上になった。つまり、有機系層間絶縁膜19の膜形成直後の絶縁抵抗値と同じになった。

なお、この熱処理を行なうときの条件として、熱処理を行う装置内には、空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、水素、その他の気体が、 $10^{-3}$ トール以上の気体圧力で存在していることが必要である。

発明者の実験では、空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、水素等の気体を真空装置内に導入し、装置内の圧力を $10^{-3}$ トール未満にして熱処理温度350℃で30分間の熱処理を行ったが、有機系層間絶縁膜19'の絶縁抵抗値を $10^{14}\Omega$ 以上に回復させることはできなかった。

これは、熱エネルギーにより励起された有機系層間絶縁膜19'の表面の電荷が、有機系層間絶縁膜19'の表面より抜け出すためには、電荷を運ぶ気体が有機系層間絶縁膜19'表面に存在する必要があるためである。

よって、熱処理を行う装置内の気体圧力が $10^{-3}$ トール未満の真空の場合、電荷を運ぶ気体と有機系層間絶縁膜19'との衝突確率が小さくなるため、絶縁抵抗値が充分には回復しない。

また、熱処理をリフロー炉を用いて、空気雰囲気、酸素濃度20PPM以下の窒素雰囲気下で、到達最高温度230℃で220℃以上を10秒間保つ条件で行った結果、灰化处理によって絶縁抵抗値が $10^{11}\Omega\sim 10^{13}\Omega$ になった有機系層間絶縁膜19'の絶縁抵抗値を $10^{11}\Omega$ 以上にすることができた。

この熱処理を灰化处理と同時に行うようにして、加熱灰化处理を行なっても同様な効果が得られる。

たとえば、平行平板電極間で反応性エッチングを行なう場合、装置内の酸素圧力を5 Pa（パスカル）にし、高周波出力を400 Wにして、半導体装置を100℃に加熱しながら1分間の灰化处理を行なうと、第5図に示す層配線21a, 21b間の絶縁抵抗値が $10^{14}$ Ω以上になった。

このように、加熱灰化处理を行なうと、第4図に示した有機系層間絶縁膜19のチャージアップ層19aを形成している表面層が灰化处理によって除去されて、電荷を帯びていない有機系絶縁膜19が表面に露出されることになると同時に、灰化处理によってその表面に付着する酸素プラズマや酸素の活性種が、熱エネルギーによって有機系層間絶縁膜19の表面より離脱する。このため、第5図に示した灰化处理後の有機系層間絶縁膜19'の表面が電荷が帯びることを防ぐことができる。

例えば、同軸型のバレルアッシャを用いて、プラズマダメージを受けた有機系層間膜19の加熱灰化处理を、真空度0.8 torr（トール）、温度100℃で、5分間行なった結果、有機系層間絶縁膜19の表面層が約100 nm程度の厚さ除去され、上層配線21a, 21b間の絶縁抵抗値が $10^{14}$ Ω以上に回復した。

この加熱灰化处理の温度は50℃以上で効果が認められ、有機系層間絶縁膜にポリイミド系材料を用いる場合、50℃～400℃の温度範囲で処理を行うのが望ましい。ただし、加熱温度は用いる有機系材料が変質しない温度であれば400℃以上でもよい。

ここで、第6図乃至第9図によって、半導体装置における有機系層間絶縁膜19の表面層の加熱灰化处理を行なうための装置およびその加熱灰化处理方法の例を説明する。

第6図および第7図は、平行平板電極間で酸素プラズマを発生させて加熱灰化处理を行なう装置の例を示す。

チャンバ（真空容器）30内に平行平板状の下部電極板31と上部電極板32を対向させて配置し、その下部電極板31上に、第4図に示した半導体装置を多数形

成した半導体ウエハ10を載置する。そして、第6図に示す装置では、上部電極板32に高周波(RF)電源34からの高周波電力を印加して下部電極板31を接地しており、第7図に示す装置では、下部電極板31に高周波(RF)電源34からの高周波電力を印加して上部電極板31を接地している。

また、下部電極板31内あるいはその下面に、ヒータ33が絶縁材で被覆されて配設されており、ヒータ電源35によって通電されて発熱し、下部電極板31を介して処理対象物である半導体ウエハ10を加熱する。

このチャンバ30内に、吸気口30aから酸素(O<sub>2</sub>)を導入し、排気口30bから排気させる。そして、下部電極板31と上部電極板32間に酸素ラジカルと酸素イオンからなる酸素プラズマを発生させ、その自己バイアスにより酸素ラジカルと酸素イオンを、ヒータ33によって加熱された半導体ウエハ10上に形成されている有機系層間絶縁膜の表面にあてて加熱灰化処理を行なう

第6図に示す装置の場合には、灰化処理はほとんど酸素ラジカルによって行なわれ、ウエハ10に到達して灰化処理に作用する酸素イオンは僅かである。第7図に示す装置の場合には、酸素ラジカルと酸素イオンの両方によって灰化処理がなされる。

第8図は、同軸型のバレルアッシャを用いて加熱灰化処理を行なう装置の例を示す。この装置は、角筒状のチャンバ(真空容器)40内に、一对の半円筒状の金属片からなる半筒状電極41、42と、それより少し径が小さい石英管43と、さらに径が小さい金属メッシュ筒44とが同軸状に配置されており、その金属メッシュ筒44内に、処理対象物である半導体ウエハ10を図示しない支持部材に支持させて配置する。金属メッシュ筒44は金属性のチャンバ40を経て接地される。

チャンバ40の四隅付近にはそれぞれ赤外線ランプが同心軸方向に沿って設けられており、この4本の赤外線ランプの点灯によって、石英管43内を加熱する。

そして、チャンバ40の吸気口40aから酸素を導入すると、その酸素は石英管

43の一端から内部に入り、その内部を通過して他端から出て排気口40bから排出される。

その際、半筒状電極41と42の間に高周波電源45によって400W程度の高周波電力を付与すると、石英管43内に酸素によるプラズマが発生し、酸素ラジカルと酸素イオンが生成される。そのうち、酸素イオンは接地された金属メッシュ筒44に捕らえられて消滅し、その内部には入れず、酸素ラジカルのみが金属メッシュ筒44を通過して半導体ウエハ10に到達し、その上面に形成されている有機系層間絶縁膜の灰化処理を行なう。

このとき、石英管43内は赤外線ランプ46による赤外線の照射で加熱されているので、半導体ウエハ10上の有機系層間絶縁膜の灰化処理と熱処理が同時に行なわれる。この場合には、有機系層間絶縁膜の灰化処理は酸素ラジカルのみによってなされるため、処理後の有機系層間絶縁膜の表面にイオンが残る恐れがなく、好ましい。

第9図は、オゾンを発生させて灰化処理を行なう装置の例を示す。

この装置は、両端部に吸気口50aと排気口50bを設け周面の上部に石英による細長い窓50cを設けた金属管50と、その窓50cの外側に密着して設けた紫外線ランプ52と、金属管50の外周面の紫外線ランプ52と反対側に絶縁して取り付けられたヒータ53と、そのヒータ53に通電するヒータ電源55からなる。

そして、この金属管50内のヒータ53の取り付け位置に対応する内面に、処理対象物である半導体ウエハ10を配置し、吸気口50aから金属管50内に酸素を導入して、導入排気口50bから排気させる。

そのとき、ヒータ53がヒータ電源55によって通電されて発熱し、金属管50内を加熱する。特に、ヒータ53の近くに配置されている半導体ウエハ10が加熱される。

また、紫外線ランプ52が図示しない電源によって給電されて発光し、紫外線を

放射する。その紫外線が窓50cを通して金属管内に照射され、酸素 $O_2$ からオゾン $O_3$ を発生させる。そのオゾンが加熱されている半導体ウエハ10上の有機系層間絶縁膜に衝突して、その表面層を灰化处理する。

これらの装置によって加熱灰化处理を行ない、半導体ウエハ10上の有機系層間絶縁膜のプラズマダメージを回復させて、その絶縁抵抗値を初期の値である $10^{14}$ Ω以上に高めた後、その半導体ウエハ10をダイシングによって各チップ毎に切断して、多数のチップ状の半導体装置にすることができる。

あるいは、チップ状の半導体装置にしたものを並べて灰化处理および熱処理を、あるいは加熱灰化处理を行なうことも可能である。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、この発明によれば、有機系層間絶縁膜を絶縁膜として配線が上下に多層に形成される半導体装置において、下層配線と上層配線との接触抵抗を下げるために行なうスパッタエッチングの際に、プラズマによるダメージを受けて絶縁抵抗を低下させてしまった有機系層間絶縁膜を、灰化处理によりそのプラズマダメージを回復させ、上層配線間での絶縁抵抗を上げることにより配線間でのリーク電流を無くし、半導体装置の消費電力を減らすことができ、信頼性の高い半導体装置を得ることができる。

## 請求の範囲

1. 集積回路を形成した半導体基板の上に、有機系層間絶縁膜を絶縁膜として複数層の配線が形成される半導体装置の製造方法であって、

前記半導体基板の上に金属膜による下層配線を形成する工程と、

該下層配線を形成した半導体基板の上に前記有機系層間絶縁膜を形成する工程と、

該有機系層間絶縁膜をパターンニングして、前記下層配線上の所要の位置にコンタクトホールを形成する工程と、

該コンタクトホール内に露出する前記下層配線の表面をスパッタエッチングによりクリーニングする工程と、

そのコンタクトホールを通して前記下層配線と接続する金属膜による上層配線を前記有機系層間絶縁膜上に形成する工程と、

前記下層配線の表面をクリーニングする工程におけるプラズマによりダメージを受けて絶縁抵抗を低下した前記有機系層間絶縁膜の表面層を灰化处理してそのダメージを回復させる工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

2. 請求の範囲第1項記載の半導体装置の製造方法において、

前記有機系層間絶縁膜の表面層を灰化处理してそのダメージを回復させる工程の後に、熱処理により前記有機系層間絶縁膜のダメージを一層回復させる工程を行なう半導体装置の製造方法。

3. 請求の範囲第1項記載の半導体装置の製造方法において、

前記有機系層間絶縁膜の表面層を灰化处理してそのダメージを回復させる工程で、その灰化处理を加熱しながら行なう半導体装置の製造方法。

4. 前記灰化处理を、酸素プラズマを用いて行なう請求の範囲第1項記載の半導体

装置の製造方法。

5. 前記灰化処理を、酸素プラズマを用いて行なう請求の範囲第2項記載の半導体装置の製造方法。

6. 前記灰化処理を、酸素プラズマを用いて行なう請求の範囲第3項記載の半導体装置の製造方法。

7. 前記灰化処理を、酸素のラジカルを用いて行なう請求の範囲第1項記載の半導体装置の製造方法。

8. 前記灰化処理を、酸素のラジカルを用いて行なう請求の範囲第2項記載の半導体装置の製造方法。

9. 前記灰化処理を、酸素のラジカルを用いて行なう請求の範囲第3項記載の半導体装置の製造方法。

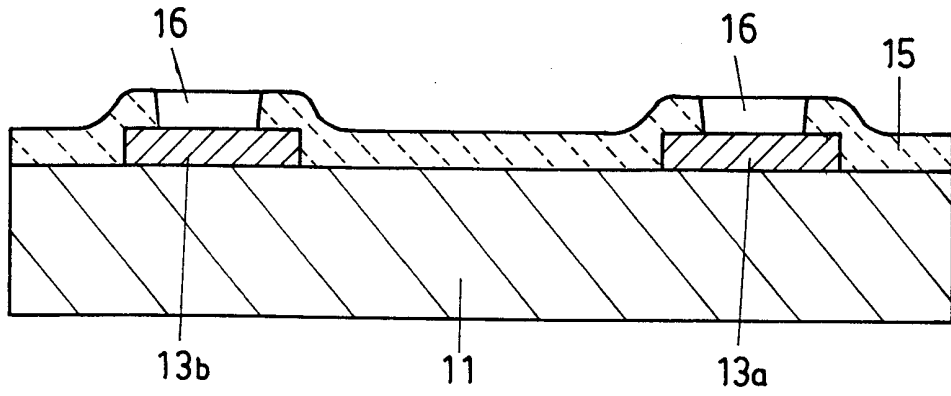
10. 前記灰化処理を、酸素ガスに紫外光を照射してオゾンが発生させ、そのオゾンを用いて行なう請求の範囲第1項記載の半導体装置の製造方法。

11. 前記灰化処理を、酸素ガスに紫外光を照射してオゾンが発生させ、そのオゾンを用いて行なう請求の範囲第2項記載の半導体装置の製造方法。

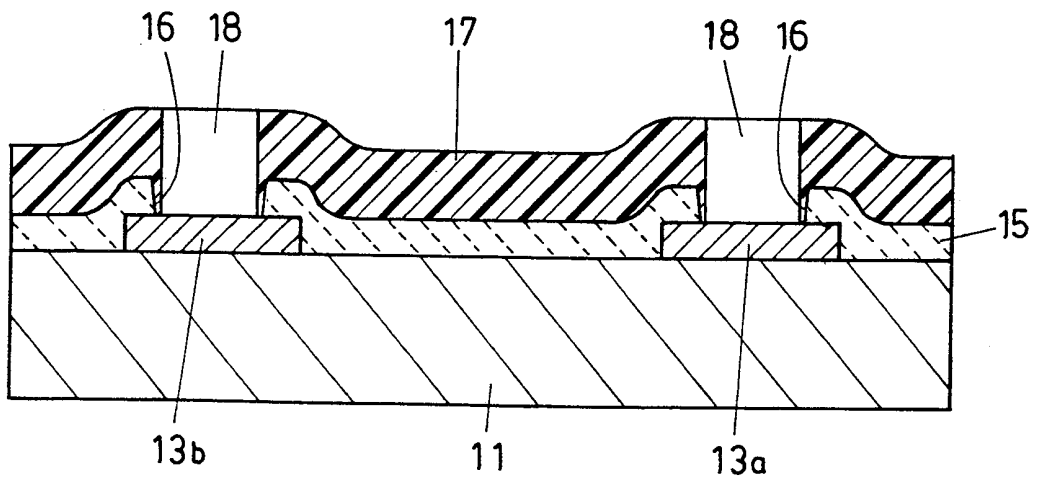
12. 前記灰化処理を、酸素ガスに紫外光を照射してオゾンが発生させ、そのオゾンを用いて行なう請求の範囲第3項記載の半導体装置の製造方法。

1 / 5

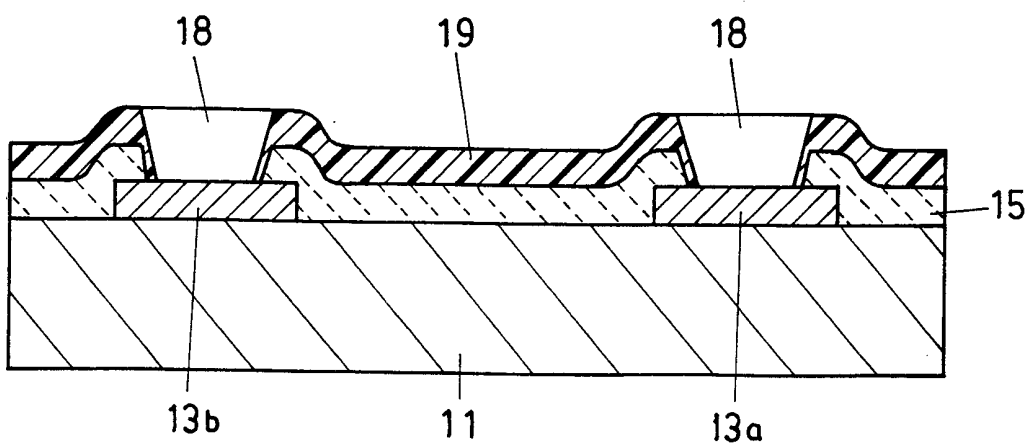
第 1 図



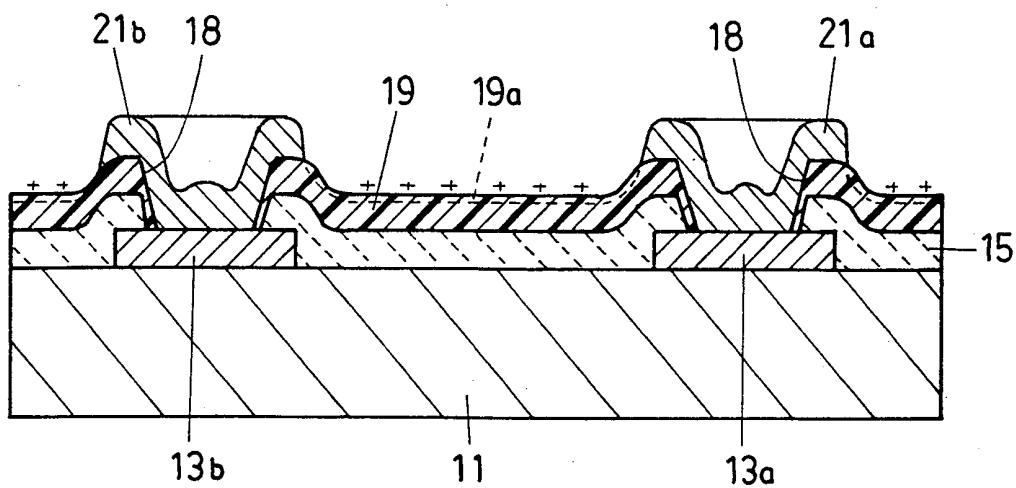
第 2 図



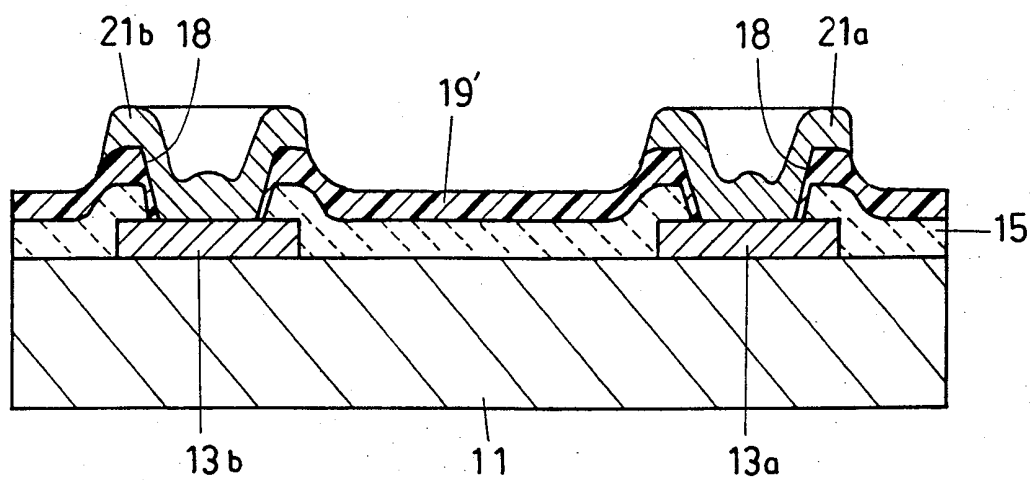
第 3 図



第 4 図

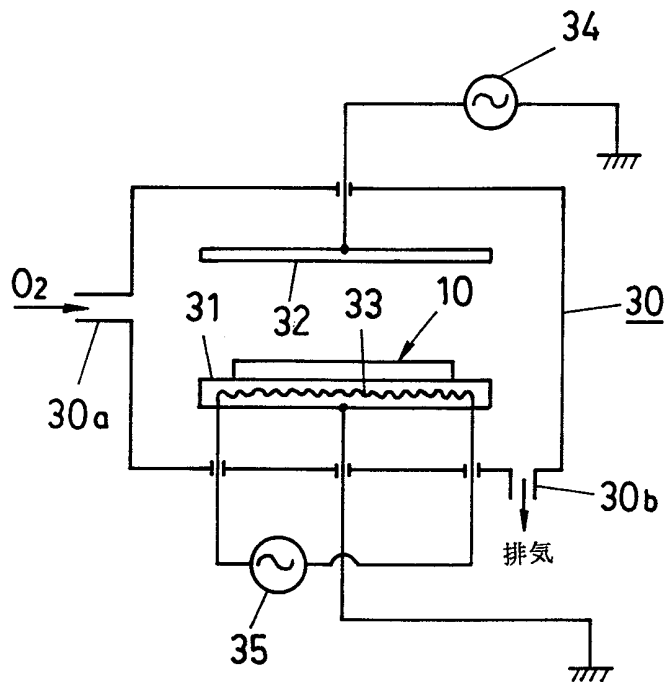


第 5 図

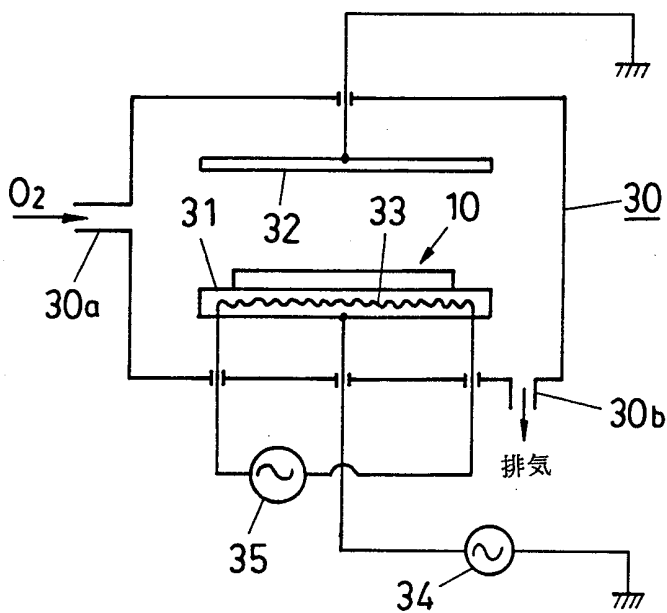


3 / 5

第 6 图

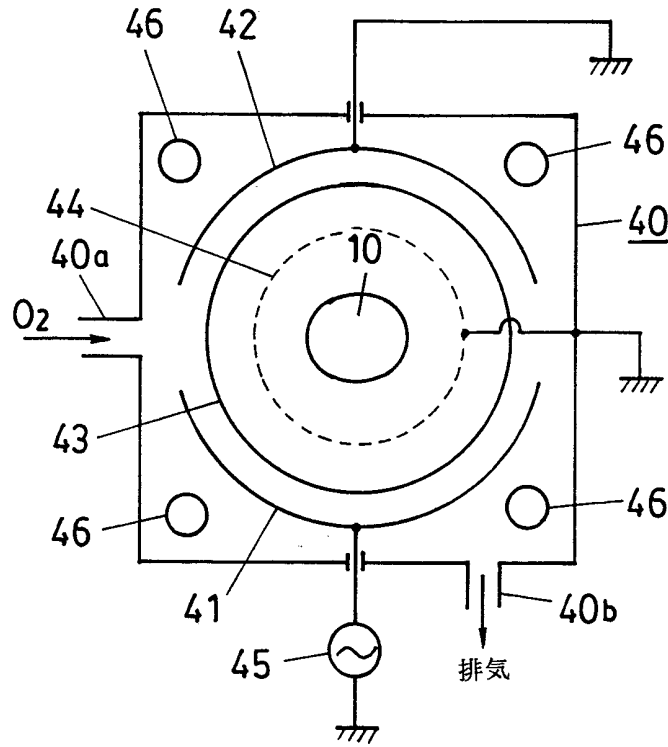


第 7 图

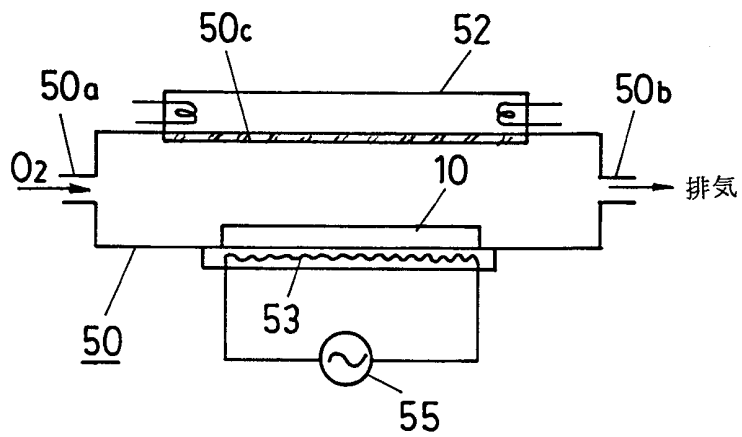


4 / 5

第 8 图

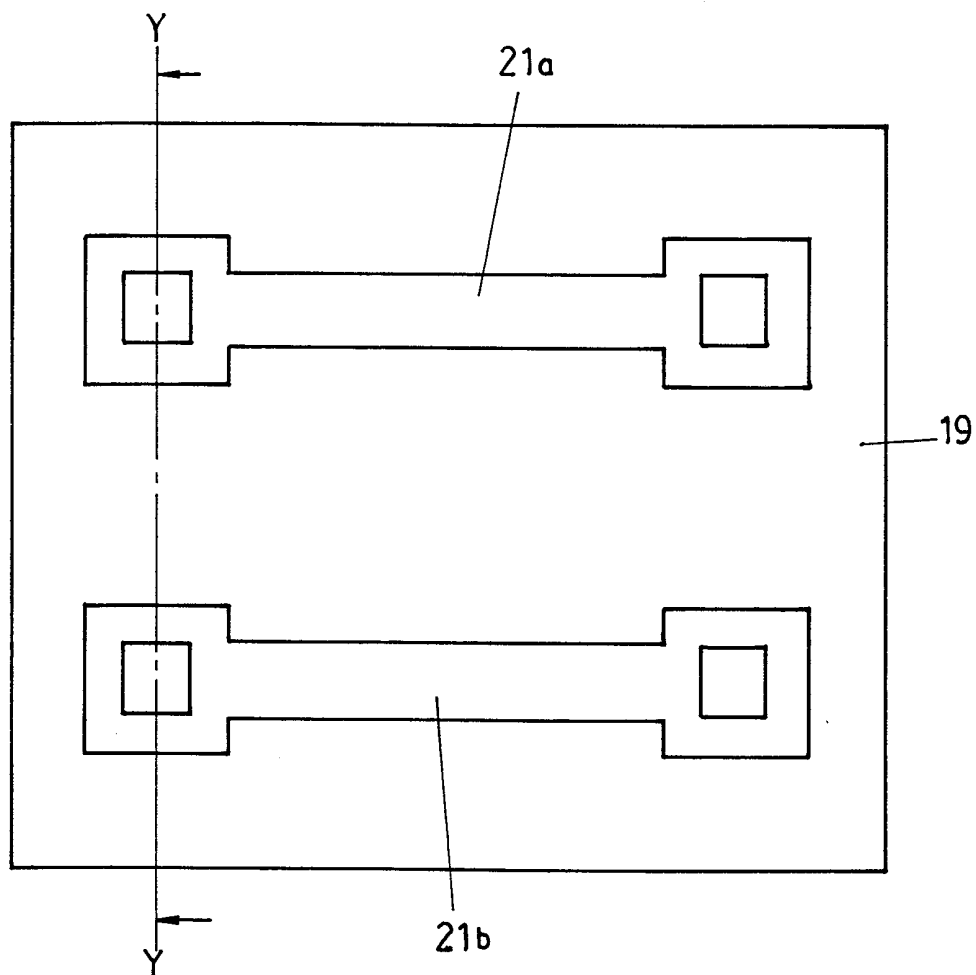


第 9 图

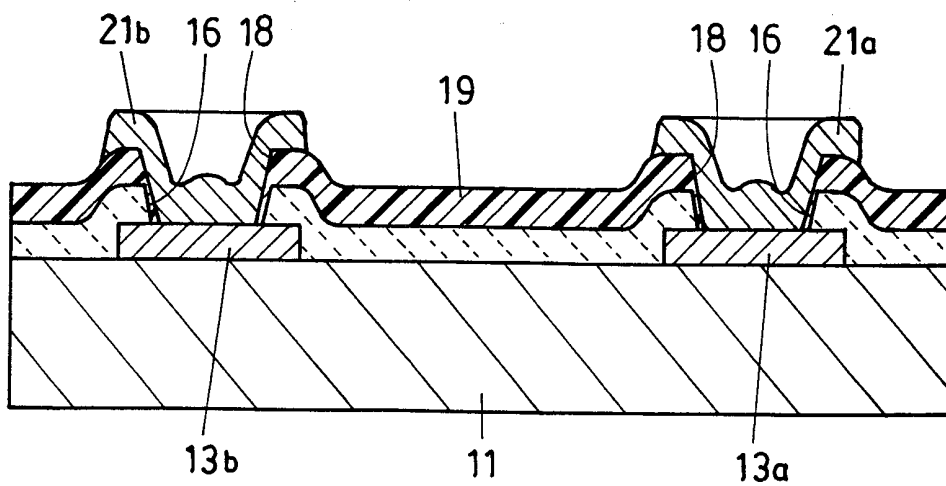


5 / 5

第 10 図



第 11 図



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
**PCT/JP99/00255**

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>6</sup> H01L21/768, H01L21/312

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<sup>6</sup> H01L21/768, H01L21/312

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

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

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 5-291416, A (Sharp Corp.), 5 November, 1993 (05. 11. 93), Full text (Family: none)	1, 3, 4, 6 2, 5, 7-12
X Y	JP, 7-283317, A (Mitsumi Electric Co., Ltd.), 27 October, 1995 (27. 10. 95), Full text (Family: none)	1, 3 2, 4-12
Y	JP, 8-162449, A (Sony Corp.), 21 June, 1996 (21. 06. 96), Column 6 (Family: none)	7-9
Y	JP, 3-76145, A (Citizen Watch Co., Ltd.), 2 April, 1991 (02. 04. 91), Fig. 1 (Family: none)	10-12

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

<p>* 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 document 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</p>	<p>"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                  "&amp;" document member of the same patent family</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Date of the actual completion of the international search  
15 April, 1999 (15. 04. 99)

Date of mailing of the international search report  
27 April, 1999 (27. 04. 99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. C1<sup>o</sup> H01L21/768, H01L21/312

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int. C1<sup>o</sup> H01L21/768, H01L21/312

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 1926~1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971~1999年  
 日本国登録実用新案公報 1994~1999年  
 日本国実用新案登録公報 1996~1999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 請求の範囲の番号
X Y	J P, 5-291416, A (シャープ株式会社) 5, 11月, 1993 (05, 11, 93), 全文, (ファミリーなし)	1, 3, 4, 6 2, 5, 7~12
X Y	J P, 7-283317, A (ミツミ電機株式会社) 27, 10月, 1995 (27. 10. 95), 全文, (ファミリーなし)	1, 3 2, 4~12
Y	J P, 8-162449, A (ソニー株式会社) 21, 6月, 1996 (21, 06, 96), 第6欄, (ファミリーなし)	7~9
Y	J P, 3-76145, A (シチズン時計株式会社) 2, 4月, 1991 (02, 04, 91), 第1図, (ファミリーなし)	10~12

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー  
 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
 15. 04. 99

国際調査報告の発送日  
**27.04.99**

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
 土屋 知久 印  
 4 L 8826  
 電話番号 03-3581-1101 内線 6774