

(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2015-115402

(P2015-115402A)

(43) 公開日 平成27年6月22日 (2015.6.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3213 (2006.01)	HO 1 L 21/88 D	4 M 1 O 4
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/88 N	4 M 1 1 8
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/28 E	5 F O O 4
HO 1 L 23/532 (2006.01)	HO 1 L 21/28 3 O 1 R	5 F O 3 3
HO 1 L 21/28 (2006.01)	HO 1 L 27/14 A	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-255211 (P2013-255211)  
 (22) 出願日 平成25年12月10日 (2013.12.10)

(71) 出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 鳥居 慶大  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 Fターム(参考) 4M104 BB02 BB14 DD62 DD65 DD67  
 DD71 DD72 EE05 FF17 FF18  
 GG05 HH14

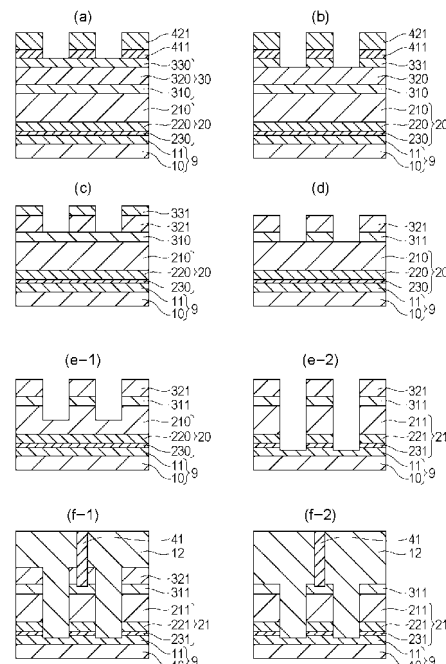
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電体パターンの形成方法および半導体装置の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 導電体パターンの幅のばらつきを低減する  
 【解決手段】 導電体膜の上に導電体膜の側から順に、導電体膜よりも薄い第一層と、第一層よりも厚い第二層と、第二層よりも薄い第三層とが、積層されてなる積層膜を形成する工程と、積層膜の上に形成されたフォトリソマスクを用いて第三層をドライエッチングすることで第三層から第一マスクを形成する工程と、第一マスクを用いて第二層をドライエッチングすることで第二層から第二マスクを形成する工程と、第一マスクをドライエッチングすることで第一マスクを除去するのと並行して、第二マスクを用いて第一層をドライエッチングすることで導電体膜を露出させる工程と、第二マスクを用いて導電体膜をドライエッチングすることで導電体膜から導電体パターンを形成する工程と、を有する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

導電体膜の上に、前記導電体膜の側から順に、前記導電体膜よりも薄い第一層と、前記第一層よりも厚い第二層と、前記第二層よりも薄い第三層とが、積層されてなる積層膜を形成する工程と、

前記積層膜の上に形成されたフォトリソマスクを用いて前記第三層をドライエッチングすることで前記第三層から第一マスクを形成する工程と、

前記第一マスクを用いて前記第二層をドライエッチングすることで前記第二層から第二マスクを形成する工程と、

前記第二マスクを用いて前記第一層をドライエッチングするのと並行して前記第一マスクをドライエッチングすることで、前記導電体膜を露出させるとともに前記第一マスクを除去する工程と、

前記第二マスクを用いて前記導電体膜をドライエッチングすることで前記導電体膜から導電体パターンを形成する工程と、を有することを特徴とする導電体パターンの形成方法。

10

**【請求項 2】**

アルミニウム層を含む導電体膜の上に前記導電体膜の側から順に、第一層と、第二層と、第三層とが、積層されてなる積層膜を形成する工程と、

前記積層膜の上に形成されたフォトリソマスクを用いて前記第三層をドライエッチングすることで前記第三層から第一マスクを形成する工程と、

前記第一マスクを用いて前記第二層をドライエッチングすることで前記第二層から第二マスクを形成する工程と、

前記第二マスクを用いて前記第一層をドライエッチングするのと並行して前記第一マスクをドライエッチングすることで、前記アルミニウム層を露出させるとともに前記第一マスクを除去する工程と、

前記第二マスクを用いて前記導電体膜をドライエッチングすることで前記導電体膜から導電体パターンを形成する工程と、を有することを特徴とする導電体パターンの形成方法。

20

**【請求項 3】**

前記第一層の前記ドライエッチングは、前記第一層に対するエッチングレートが前記導電体膜に対するエッチングレートよりも高いエッチング条件で行う、請求項 1 又は 2 に記載の導電パターンの形成方法。

30

**【請求項 4】**

前記第一層は導電体層であり、前記第二層は絶縁体層である、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

**【請求項 5】**

前記第一層と前記第三層は同じ材料からなる、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

**【請求項 6】**

前記第二層および前記第三層は無機物層である、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

40

**【請求項 7】**

前記導電体膜は前記第一層よりも厚いアルミニウム層を含み、前記第一層は窒化チタン層である、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

**【請求項 8】**

前記導電体膜は、前記第一層よりも厚い第一導電体層と、前記第一導電体層の下に位置する、前記第一導電体層よりも薄い第二導電体層とを含み、前記第一層および前記第三層の少なくとも一方と前記第二導電体層は同じ材料からなる、請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

**【請求項 9】**

50

前記導電体パターンの上に前記第一層が残存した状態で、前記導電体パターンおよび前記第一層を覆う絶縁体膜を形成する工程を有する、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

【請求項 10】

前記導電体パターンの上に前記第一層および前記第二マスクが残存した状態で、前記導電体パターン、前記第一層および前記第二マスクを覆う絶縁体膜を形成する工程を有する、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法を用いて配線を形成する半導体装置の製造方法。

10

【請求項 12】

フォトダイオードアレイと、レンズアレイと、前記フォトダイオードアレイと前記レンズアレイとの間に位置する配線と、を備え、フォトダイオードアレイに含まれるフォトダイオードの数が前記レンズアレイに含まれるレンズの数よりも大きい半導体装置の製造方法であって、請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の導電パターンの形成方法を用いて前記配線を形成する半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、エッチングマスクを用いた導電体パターンの形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置や表示装置等の電子デバイスの配線は、導電体膜をエッチングによりパターニングして形成された導電体パターンである。技術の発展に伴って導電体パターンを微細化することが求められる。

【0003】

特許文献 1 には上層ハードマスクをマスクとして下層ハードマスク膜をエッチングして下層ハードマスクを形成している。そして、上層ハードマスク、下層ハードマスクをマスクとして、被エッチング膜をドライエッチングする技術が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 81383 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 の技術は、被エッチング膜のエッチングの開始直後では上層ハードマスクと下層ハードマスクをマスクとして用いている。そして、エッチングの途中で上層ハードマスクが消滅し、エッチングの終了直前では下層ハードマスクのみをマスクとして被エッチング膜をエッチングしている。このように、途中でマスクが変わると、被エッチング膜の側面にサイドエッチが生じたり、側面に傾斜や凹凸を生じたりする場合があることが分かった。このような現象は導電体パターンの幅にばらつきを生じ、配線の特性の低下や信頼性の低下を招く可能性がある。

40

【0006】

そこで本発明は、導電体パターンの幅のばらつきを低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するための第一の手段は、導電体パターンの形成方法であって、導電体膜の上に、前記導電体膜の側から順に、前記導電体膜よりも薄い第一層と、前記第一層よ

50

りも厚い第二層と、前記第二層よりも薄い第三層とが、積層されてなる積層膜を形成する工程と、前記積層膜の上に形成されたフォトレジストマスクを用いて前記第三層をドライエッチングすることで前記第三層から第一マスクを形成する工程と、前記第一マスクを用いて前記第二層をドライエッチングすることで前記第二層から第二マスクを形成する工程と、前記第二マスクを用いて前記第一層をドライエッチングするのと並行して前記第一マスクをドライエッチングすることで、前記導電体膜を露出させるとともに前記第一マスクを除去する工程と、前記第二マスクを用いて前記導電体膜をドライエッチングすることで前記導電体膜から導電体パターンを形成する工程と、を有することを特徴とする。

【0008】

上記課題を解決するための第二の手段は、導電体パターンの形成方法であって、アルミニウム層を含む導電体膜の上に前記導電体膜の側から順に、第一層と、第二層と、第三層とが、積層されてなる積層膜を形成する工程と、前記積層膜の上に形成されたフォトレジストマスクを用いて前記第三層をドライエッチングすることで前記第三層から第一マスクを形成する工程と、前記第一マスクを用いて前記第二層をドライエッチングすることで前記第二層から第二マスクを形成する工程と、前記第二マスクを用いて前記第一層をドライエッチングするのと並行して前記第一マスクをドライエッチングすることで、前記アルミニウム層を露出させるとともに前記第一マスクを除去する工程と、前記第二マスクを用いて前記導電体膜をドライエッチングすることで前記導電体膜から導電体パターンを形成する工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、導電体パターンの幅のばらつきを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】導電体パターンの形成方法を説明する断面模式図。

【図2】半導体装置の一例を説明する模式図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態を説明する。なお、以下の説明および図面において、複数の図面に渡って共通の構成については共通の符号を付している。そのため、共通の符号を付した構成については適宜説明を省略する。

【0012】

図1は、導電体パターンの形成方法を工程順に説明するための断面模式図である。

【0013】

図1(a)は工程A-1、工程A-2、工程A-3を経た状態を示している。

【0014】

(工程A-1) まず、絶縁性の基体9の上に導電体膜20を形成する。絶縁性の基体9は表面が絶縁体で構成されていれば、ガラス基板でもよいし、絶縁体で覆われた半導体基板や導電体基板であってもよい。本例の基体9は半導体基板10と半導体基板10の上に形成された絶縁体膜11で構成されている。導電体膜20の下地の表面の全面が絶縁体で形成されている必要はなく、導電体膜20が、導電体膜20の下に存在する導電体と部分的に接していてもよい。

【0015】

導電体膜20は少なくとも1層の導電体層(第一導電体層210)を含む単層膜あるいは複層膜である。本例の導電体膜20は、基体9と第一導電体層210の間に位置する第二導電体層220と、第二導電体層220と基体9との間に位置する第三導電体層230とをさらに含む。導電体膜20主たる導電体層は第一導電体層210であり、第二導電体層220や第三導電体層230は第一導電体層210よりも薄い。なお、以下の説明において、「薄い」とは厚みが小さいことを意味し、「厚い」の対義語である。

【0016】

10

20

30

40

50

第一導電体層 210 がアルミニウム層である場合に、本形態に係る導電パターンの形成方法は好適である。なお、アルミニウム層は単体のアルミニウムからなるもののみならず、アルミニウムを主成分とする合金であってもよい。

【0017】

(工程 A - 2) 次に、導電体膜 20 の上に積層膜 30 を形成する。本実施形態では、積層膜 30 は導電体膜 20 の側から順に、第一層 310、第二層 320 および第三層 330 が積層されてなる。積層膜 30 の主たる層は第二層 320 である。第二層 320 は第一層 310 よりも厚いことが好ましく、第三層 330 は第二層 320 よりも薄いことが好ましい。第一層 310 は導電体膜 20 よりも薄いことが好ましく、特に第一導電体層 210 よりも薄いことが好ましい。すなわち、導電体膜 20 の厚みを  $T_0$ 、第一層 310 の厚みを  $T_1$ 、第二層 320 の厚みを  $T_2$ 、第三層 330 の厚みを  $T_3$  とすると、 $T_0 > T_1$ 、 $T_1 < T_2$ 、 $T_2 > T_3$  の関係にあることが好ましい。また、 $T_0 > T_3$  の関係にあることも好ましい。

10

【0018】

積層膜 30 が別々の層として識別される 3 つの層を含むことは、第二層 320 が第一層 310 と第三層 330 と異なる材料からなることを意味する。材料が異なることの技術的な意味としては後述する積層膜 30 のドライエッチングにおいて複数の層間でエッチングレートを変えさせることが可能であることを意味する。第一層 310、第二層 320 および第三層 330 の各々の導電性は特に制限がないが、第一層 310 は導電体層であることが好ましく、第二層 320 は絶縁体層であることが好ましい。第一層 310 は導電体膜 20 の最上層である第一導電体層 210 と異なる材料からなる。第一層 310、第二層 320 および第三層 330 の少なくともいずれかが、第二導電体層 220 および第三導電体層 230 の一方と同じ材料であってもよい。例えば、第二導電体層 220 が第一層 310 と同じ材料であってもよく、第二導電体層 220 が第三層 330 と同じ材料であってもよい。また、第三導電体層 230 が第一層 310、第二層 320 および第三層 330 の少なくともいずれかと同じ材料であってもよい。第一層 310 と第三層 330 は同じ材料からなることが好ましい。そのため、第三層 330 は導電体層であることが好ましい。第一層 310、第二層 320 および第三層 330 は無機物層でありうる。あるいは、第一層 310 および第三層 330 が無機物層であり、第二層 320 が有機物層でありうる。無機物としては、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコンなどのシリコン化合物を用いることができる。また、無機物としては、金属酸化物、金属窒化物、金属炭化物などの金属化合物を用いることができる。また、シリコンまたは金属の酸化窒化物、炭化窒化物、炭化酸化物を用いることができる。有機物としては、ノボラック系レジスト、ポリヒドロキシスチレン系レジスト、ポリイミド系レジスト、カーボンなどが挙げられる。カーボン層は、これらのレジストなどの有機物層のエッチング条件と類似の条件でドライエッチングできるので、カーボン層は有機物層に分類している。

20

30

【0019】

(工程 A - 3) 次に、積層膜 30 の上に BARC (Bottom Anti Reflective Coatings) と呼ばれる、フォトリソグラフィ用の反射防止膜を形成する。さらに反射防止膜の上にフォトレジスト膜を形成する。フォトレジスト膜の厚みや材料は露光波長に応じて適宜設定することができる。フォトレジスト膜は第三層 330 よりも厚く形成することができる。また、フォトレジスト膜は積層膜 30 よりも薄く形成することができる。また、フォトレジスト膜は導電体膜 20 よりも薄く形成することができる。反射防止膜はフォトレジスト膜よりも薄く形成することができる。フォトリソグラフィによってフォトレジスト膜を所望のパターンに露光、現像をして、フォトレジスト膜からフォトレジストマスク 421 を形成する。露光光の光源として ArF エキシマレーザーや  $F_2$  エキシマレーザーのような短波長の露光光を用いることで微細化が可能となる。フォトレジストマスク 421 をマスクとして、反射防止膜 (BARC) をパターンニングして、残存パターン 411 が形成される。なお、反射防止膜 (BARC) は使用しなくてもよい。

40

50

## 【 0 0 2 0 】

( 工程 B ) 図 1 ( b ) は工程 B を経た状態を示している。工程 B では、フォトリジストマスク 4 2 1 をマスクとして用いて第三層 3 3 0 をドライエッチングすることで、第三層 3 3 0 から第一マスク 3 3 1 を形成する。工程 B では、フォトリジストマスク 4 2 1 のパターンを第一マスク 3 3 1 に転写することが主たる目的である。第一マスク 3 3 1 のパターンはフォトリジストマスク 4 2 1 に応じたパターンである。

## 【 0 0 2 1 】

工程 B において、第三層 3 3 0 に対するエッチングレート E B 3 が第二層 3 2 0 に対するエッチングレート E B 2 よりも高いエッチング条件で、第三層 3 3 0 をドライエッチングすることが好ましい。このようにすることで、第三層 3 3 0 をドライエッチングする際に、第二層 3 2 0 はエッチングストッパとして機能する。第三層 3 3 0 のエッチングレート E B 3 の第二層 3 2 0 のエッチングレート E B 2 に対する比であるエッチング選択比 (  $E B 3 / E B 2$  ) は 5 以上であることが好ましい。

10

## 【 0 0 2 2 】

( 工程 C ) 図 1 ( c ) は工程 C を経た状態を示している。工程 C では、第一マスク 3 3 1 をマスクとして用いて第二層 3 2 0 をドライエッチングすることで、第二層 3 2 0 から第二マスク 3 2 1 を形成する。第二マスク 3 2 1 のパターンは第一マスク 3 3 1 に応じたパターンである。

## 【 0 0 2 3 】

工程 C において、第二層 3 2 0 に対するエッチングレート E C 2 が第一マスク 3 3 1 に対するエッチングレート E C 3 よりも高いエッチング条件で、第二層 3 2 0 をドライエッチングすることが好ましい。このようにすることで、第二層 3 2 0 をドライエッチングする際に、第一マスク 3 3 1 の厚みの減少が抑制される。第二層 3 2 0 のエッチングレート E C 2 の第一マスク 3 3 1 のエッチングレート E C 3 に対する比であるエッチング選択比 (  $E C 2 / E C 3$  ) は 5 以上であることが好ましい。

20

## 【 0 0 2 4 】

工程 C において、第二層 3 2 0 に対するエッチングレート E C 2 が第一層 3 1 0 に対するエッチングレート E C 1 よりも高いエッチング条件で、第二層 3 2 0 をドライエッチングすることが好ましい。このようにすることで、第二層 3 2 0 をドライエッチングする際に、第一層 3 1 0 はドライエッチングストッパとして機能する。第二層 3 2 0 のエッチングレート E C 2 の第一層 3 1 0 のエッチングレート E C 1 に対する比であるエッチング選択比 (  $E C 2 / E C 1$  ) は 5 以上であることが好ましい。

30

## 【 0 0 2 5 】

工程 C の第二層 3 2 0 のドライエッチングに先立って、フォトリジストマスク 4 2 1 や残存パターン 4 1 1 をアッシングによって除去することが好ましい。しかし、工程 C では、第一マスク 3 3 1 の上に、フォトリジストマスク 4 2 1 や残存パターン 4 1 1 が存在していてもよい。第二層 3 2 0 をドライエッチングする際に、エッチング時間を長くしてオーバードライエッチングすることで、フォトリジストマスク 4 2 1 や残存パターン 4 1 1 を除去することができる。また、第二層 3 2 0 が有機物層であれば、第二層 3 2 0 のエッチングと並行してフォトリジストマスク 4 2 1 や残存パターン 4 1 1 を除去することもできる。

40

## 【 0 0 2 6 】

( 工程 D ) 図 1 ( d ) は工程 D を経た状態を示している。工程 D では、第二マスクを用いて導電体膜 2 0 が露出するように第一層 3 1 0 をドライエッチングする。第一層 3 1 0 のドライエッチングによって第一層 3 1 0 から残存パターン 3 1 1 が形成される。この時、第一層 3 1 0 のドライエッチングに並行して第一マスク 3 3 1 を除去する。

## 【 0 0 2 7 】

工程 D において、第一層 3 1 0 に対するエッチングレート E D 1 が導電体膜 2 0 に対するエッチングレート E D 0 よりも高いエッチング条件で、第一層 3 1 0 をドライエッチングすることが好ましい。このようにすることで、第一層 3 1 0 をドライエッチングする際

50

に、導電体膜 20 はエッチングストップパとして機能する。

【0028】

第一層 310 のエッチングレート ED1 の導電体膜 20 のエッチングレート ED0 に対する比であるエッチング選択比 (ED1 / ED0) は 5 以上であることが好ましい。

【0029】

本工程では、第一層 310 のドライエッチングと第一マスク 331 のドライエッチングが同時に行われる状況が一定時間、持続すればよい。従って、第一層 310 のドライエッチングの開始のタイミングと第一マスク 331 のドライエッチングの開始のタイミングがずれていてもよい。また、第一層 310 のドライエッチングの終了と第一マスク 331 のドライエッチングの終了のタイミングがずれていてもよい。すなわち、第一層 310 の除去に伴う第二マスク 321 の上面の露出と、第一層 310 の部分的な除去に伴う導電体膜 20 の上面の露出のタイミングがずれていてもよい。第一層 310 のドライエッチングの開始から終了までの時間の半分以上において、第一マスク 331 のドライエッチングが同時に行われることが好ましい。第一マスク 331 のドライエッチングの開始から終了までの時間の半分以上において、第一層 310 のドライエッチングが同時に行われることが好ましい。

10

【0030】

第一層 310 と第一マスク 331 の厚みが異なっても、第一層 310 および第一マスク 331 をドライエッチングする際に、エッチング時間を長くしてオーバードライエッチングすることで、導電体膜 20 の露出と第一マスク 331 の除去を精度よく行うことができる。また、第一層 310 と第一マスク 331 の材料が異なっても、エッチング時間を長くしてオーバードライエッチングすることで、導電体膜 20 の露出と第一マスク 331 の除去を精度よく行うことができる。しかしながら、第一マスク 331 (およびその形成に用いられる第三層 330) と第一層 310 に同じ材料を用いたり、これらの厚みを近づけたりしておくことが好ましい。第一層 310 と第三層 330 の厚みを近づけることの具体的な範囲としては、一方の厚みが他方の厚みの 1 / 2 倍以上 2 倍以下であればよい。すなわち、 $T1 / 2 < T3 < 2 \times T1$  の関係を満たすことが好ましい。このようにすることで、オーバーエッチング量を低減し、オーバーエッチングによる第二マスク 321 や導電体膜 20 へのダメージを抑制することができる。

20

【0031】

(工程 E) 図 1 (e - 1) は工程 E の途中の状態を、工程 (e - 2) は工程 E を経た状態を示している。工程 E では、第二マスク 321 を用いて導電体膜 20 をドライエッチングすることで導電体膜 20 から導電体パターン 21 を形成する。導電体パターン 21 は、第一導電体層 210 から形成された第一導電体層 211、第二導電体層 220 から形成された第二導電体層 221、第三導電体層 230 から形成された第三導電体層 231、を有する積層体である。

30

【0032】

工程 E において、導電体膜 20 に対するエッチングレート EE0 が第二マスク 321 に対するエッチングレート EE2 よりも高いエッチング条件で、導電体膜 20 をドライエッチングすることが好ましい。このようにすることで、導電体膜 20 をドライエッチングする際に、第二マスク 321 の厚みの減少が抑制される。導電体膜 20 のエッチングレート EE0 の第二マスク 321 のエッチングレート EE2 に対する比であるエッチング選択比 (EE0 / EE2) は 5 以上であることが好ましい。

40

【0033】

第二マスク 321 は導電体膜 20 のエッチングが終了するまで、すなわち、導電体膜 20 の下地となる基体 9 が露出するまで存在する。本例では、オーバーエッチングを行うことで、露出した基体 9 の絶縁体膜 11 がエッチングされているが、基体 9 が露出した時点で導電体膜 20 のエッチングを終了してもよい。

【0034】

(工程 F) 図 1 (f - 1) は工程 F の第一例を、工程 (f - 2) は工程 F の第二例を

50

経た状態を示している。工程 F は導電体パターン 2 1 を覆う絶縁体膜 1 2 を形成する段階を含む。また、工程 F は絶縁体膜 1 2 を貫通して導電体パターン 2 1 と電氣的に接続する導電体部材 4 1 (プラグ) を形成する段階を含む。

【0035】

工程 F の第一例は、導電体パターン 2 1 の上に第一層 3 1 0 の一部である残存パターン 3 1 1 および第二マスク 3 2 1 が残存した状態で、導電体パターン 2 1、残存パターン 3 1 1 および第二マスク 3 2 1 を覆う絶縁体膜 1 2 を形成する段階を経るものである。導電体部材 4 1 は、絶縁体膜 1 2 に貫通孔を設け貫通孔を導電体で埋めることで形成できる。

【0036】

本例では導電体部材 4 1 は絶縁体である第二マスク 3 2 1 を貫通して、導電体である残存パターン 3 1 1 に接触しており、導電体部材 4 1 は残存パターン 3 1 1 を介して導電体パターン 2 1 と電氣的に接続している。第二マスク 3 2 1 が導電体であれば、第二マスク 3 2 1 を貫通せずとも、第二マスク 3 2 1 に接触することで導電体パターン 2 1 と電氣的に接続することもできる。

【0037】

工程 F の第二例は、絶縁体膜 1 2 を形成する段階の前に、第二マスク 3 2 1 を除去する段階をさらに行ったものである。その後、導電体パターン 2 1 の上の第一層 3 1 0 の一部である残存パターン 3 1 1 が残存した状態で、導電体パターン 2 1 および残存パターン 3 1 1 を覆う絶縁体膜 1 2 を形成する段階を経るものである。

【0038】

本例では導電体部材 4 1 は導電体である残存パターン 3 1 1 に接触しており、導電体部材 4 1 は残存パターン 3 1 1 を介して導電体パターン 2 1 と電氣的に接続している。第二マスク 3 2 1 が導電体であれば、第二マスク 3 2 1 を貫通せずとも、第二マスク 3 2 1 に接触することで導電体パターン 2 1 と電氣的に接続することもできる。

【0039】

なお、工程 F において、絶縁体膜 1 2 を形成する段階の前に、第二マスク 3 2 1 のみならず残存パターン 3 1 1 を除去してもよく、その場合には、導電体部材 4 1 は導電体パターン 2 1 に接触すればよい。

【0040】

工程 F を省略して、導電体パターン 2 1 が大気などの外部空間に曝されたままで導電体パターン 2 1 を使用してもよい。また、導電体パターン 2 1 を多層配線層の最上層に用いるような場合には、導電体部材 4 1 は必要ではない。

【0041】

上述した各工程について説明を追加する。

【0042】

工程 A でフォトリソをパターンニングする際には、ArF エキシマレーザーや F<sub>2</sub> エキシマレーザーのような短波長の露光光は、一般的なフォトリソ材料に対して透過率が低い。フォトリソを上面から下面まで均一に露光するためには、フォトリソを薄くすることが必要となる。

【0043】

また、フォトリソパターンの微細化を図るとフォトリソパターンのアスペクト比が大きくなり、フォトリソパターンが倒れる可能性がある。パターンの倒れは現象や洗浄などのウェット処理により生じやすい。このような現象に対しても、工程 A で用いるフォトリソを薄くすることが有効である。

【0044】

しかし、薄いフォトリソパターンをマスクとして厚い導電体膜 2 0 をドライドライエッチングすると、厚い導電体膜 2 0 のドライエッチング加工が終了する前にフォトリソマスクが消失するという問題が発生する。これに対して、工程 B では、フォトリソマスク 4 2 1 のパターンを、薄い第三層 3 3 0 に転写して第一マスク 3 3 1 を形成している。このようにすることで、工程 A でのフォトリソのパターンニング時に微細化のた

10

20

30

40

50



め薄いフォトリソマスク 4 2 1 を用いても、フォトリソマスク 4 2 1 の消失を抑制することができる。また、薄い第一マスク 3 3 1 を形成することでパターン倒れを生じにくくする。

#### 【 0 0 4 5 】

工程 C では、厚い第二層 3 2 0 をドライエッチングして第二マスク 3 2 1 を形成するが、第一マスク 3 3 1 が残存するように行われる。工程 D で、導電体膜 2 0 を露出させるために第一層 3 1 0 をドライエッチングする必要があるが、その際に第一マスク 3 3 1 で第二マスク 3 2 1 を保護することで、第二マスク 3 2 1 の寸法の変化を抑制することができる。第二マスク 3 2 1 は厚いが、これをドライエッチングで形成することで、フォトリソパターン形成のようにウェット処理を行う場合に比べてパターン倒れを抑制できる。

10

#### 【 0 0 4 6 】

工程 D では、第一マスク 3 3 1 を除去する際に、第一層 3 1 0 が導電体膜 2 0 に対する保護層として機能し得る。仮に第一層 3 1 0 が存在しなければ、第一マスク 3 3 1 の除去時に導電体膜 2 0 がエッチングされてしまう可能性がある。また、第一層 3 1 0 をドライエッチングして導電体膜 2 0 が露出した後に、第二マスク 3 2 1 のエッチングを開始すると、第一層 3 1 0 から形成された残存パターン 3 1 1 のサイドエッチングが進行してしまう。残存パターン 3 1 1 にサイドエッチングが生じると、工程 E で第二マスク 3 2 1 の下で導電体膜 2 0 のアンダーエッチングが生じ、導電体パターン 2 1 の形状に好ましくない影響を与える。

20

第一マスク 3 3 1 と第一層 3 1 0 とを並行して除去することで、第二マスク 3 2 1 と導電体膜 2 0 の双方のダメージを低減することができる。

#### 【 0 0 4 7 】

工程 E では、厚い第一導電体層 2 1 0 をドライエッチングする際に、薄い第一マスク 3 3 1 ではなく厚い第二マスク 3 2 1 を用いる。仮に第一導電体層 2 1 0 のドライエッチングに第一マスク 3 3 1 と第二マスク 3 2 1 を併用すると、第一導電体層 2 1 0 のドライエッチングの途中で第一マスク 3 3 1 が消滅してしまう可能性がある。これは、第一導電体層 2 1 0 のドライエッチングの途中で第一マスク 3 3 1 の寸法が変化することと、第一導電体層 2 1 0 のドライエッチングの途中でマスクの材料が切り替わることを意味する。このような変化は、第一導電体層 2 1 0 のサイドエッチングを生じ、導電体パターン 2 1 の寸法にばらつきを生じる。この理由を説明する。サイドエッチは、第一導電体層 2 1 0 のドライエッチングの途中で第一導電体層 2 1 0 に形成された側壁を、保護膜で保護することで抑制できる。側壁の保護膜は、第 1 成分、第 2 成分、第 3 成分の 3 つの成分で構成されると考えられる。第 1 成分は、第一導電体層 2 1 0 と第一導電体層 2 1 0 のエッチングガスとの反応生成物に由来する成分である。第 2 成分は、第 1 マスクや第 2 マスクと第一導電体層 2 1 0 のエッチングガスの反応生成物に由来する成分である。第 3 成分は、側壁保護用のデポジットガスの堆積物に由来する成分である。保護膜の 3 つ成分のうち、マスクの材料が切り替わることで、第 2 成分が変化する。そうすると、保護膜の厚みやエッチング耐性が変化し、第一導電体層 2 1 0 のサイドエッチングの程度が変化する。このことが、導電体パターン 2 1 の寸法にばらつきを生じる要因と考えられる。本実施形態では予め、工程 D で第一マスク 3 3 1 を除去しておくことで、工程 E でのマスクの切り替わりを抑制することができる。

30

40

#### 【 0 0 4 8 】

また、本実施形態は、導電体膜 2 0 の第一導電体層 2 1 0 以外の層（例えば第二導電体層 2 1 0 ）が残存パターン 3 1 1 や第 1 マスク 3 3 1 と同じ材料である場合に、特に有効である。残存パターン 3 1 1 や第 1 マスク 3 3 1 をエッチング可能なエッチング条件で導電体膜 2 0 （第二導電体層 2 1 0 ）をエッチングする必要があるからである。第 1 マスク 3 3 1 が予め除去されていることで、導電体膜 2 0 のエッチングの途中で第 1 マスク 3 1 1 から第 2 マスク 3 2 1 への切り替わりが生じることを回避できる。また、第 1 層 3 1 0 を第 2 層 3 2 0 よりも薄くしておくことで、導電体膜 2 0 の第一導電体層 2 1 0 以外の層

50

のエッチング時の残存パターン 3 1 1 のサイドエッチングによる影響を低減できる。

【 0 0 4 9 】

図 2 を用いて、上述した導電体パターンの形成方法を光電変換装置に応用した例を説明する。半導体装置において慣用される銅配線は銅に対する拡散防止層が必要であり、層間絶縁層と拡散防止層の積層構造が光学特性を低下させる要因となる。また、拡散防止層を設けたとしても銅の拡散による汚染の可能性が残る。そのため、光電変換装置においてはアルミニウム配線を用いることが好ましい。もちろん、光電変換装置以外の半導体装置や半導体装置以外の電子デバイスにも、上述した導電体パターンの形成方法を適用することができる。

【 0 0 5 0 】

光電変換装置において画素数の増大などに伴って増大する配線数に対して、微細なアルミニウム配線を形成することが求められる。特に、1つの画素に複数の光電変換部を設けて焦点検出を行うような光電変換装置においては、複数の光電変換部からの信号を読み出すために、従来と同じ画素数であっても倍以上の数の配線を設ける必要がある。

【 0 0 5 1 】

アルミニウム配線は銅配線に比べて抵抗率が高いことから、製造上のばらつきにより、微細な部分が存在すると、動作が不安定になったり配線が破断したりする場合がある。そのため、アルミニウム配線の微細化のためのパターンニングプロセスには非常に高い信頼性が求められることになる。

【 0 0 5 2 】

本実施形態は、アルミニウム配線を微細化する上で非常に有利な技術である。すなわち、アルミニウム層のドライエッチング中のマスクの切り替わりが生じにくい、アルミニウム配線の幅にばらつきが生じにくく、信頼性の高い配線の形成方法を提供することができる。

【 0 0 5 3 】

図 2 ( a ) は焦点検出が可能な画素が配列された画素アレイの平面模式図である。画素アレイの各画素は複数のフォトダイオードとして第一フォトダイオード P D 1 と第二フォトダイオード P D 2 を有している。各画素のフォトダイオードは、複数のフォトダイオードが配列されたフォトダイオードアレイを構成しておりここでは 2 画素分の 4 つのフォトダイオードを示している。各画素の第一フォトダイオード P D 1 と第二フォトダイオード P D 2 との間には接合分離あるいは絶縁体分離によって構成される第一分離領域 S 1 が設けられている。本例では第一分離領域 S 1 は第一フォトダイオード P D 1 と第二フォトダイオード P D 2 の n 型の蓄積領域とは反対導電型の p 型の不純物領域である。隣の画素との間には接合分離あるいは絶縁体分離によって構成される第二分離領域 S 2 が設けられている。第一フォトダイオード P D 1 で生じた信号電荷は第一転送ゲート T X 1 を介して第一浮遊拡散領域 F D 1 へ転送される。第二フォトダイオード P D 2 で生じた信号電荷は第二転送ゲート T X 2 を介して第二浮遊拡散領域 F D 2 へ転送される。第一浮遊拡散領域 F D 1、第二浮遊拡散領域 F D 2 の電位に応じた信号が増幅装置 S F で生成され、選択装置 S L を介して出力される。第一浮遊拡散領域 F D 1、第二浮遊拡散領域 F D 2 の電位はリセット装置 R S でリセットされる。時分割方式で第一浮遊拡散領域 F D 1 の電位と第二浮遊拡散領域 F D 2 の電位に基づく信号を出力することができる。第一浮遊拡散領域 F D 1 に対応する増幅装置 S F と第二浮遊拡散領域 F D 2 に対応する増幅装置 S F とを別々に設けることもできる。

【 0 0 5 4 】

図 2 ( b ) は図 2 ( a ) の A - B 線における画素アレイの断面模式図である。第一絶縁体膜 1 1 と第二絶縁体膜 1 2 の間に配線層を構成する第一導電体パターン 2 1 が設けられている。第二絶縁体膜 1 2 と第三絶縁体膜 1 3 の間に配線層を構成する第二導電体パターン 2 2 が設けられている。第三絶縁体膜 1 3 の上には遮光層を構成する第三導電体パターン 2 3 が形成されている。第三導電体パターン 2 3 はパッシベーション膜 1 4 で覆われている。パッシベーション膜 1 4 の上には平坦化膜 1 5、カラーフィルタ 1 6、マイクロレ

10

20

30

40

50

ンズ 17 が設けられている。各画素のマイクロレンズは、複数のマイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイを構成しておりここでは 2 画素分の 2 つのマイクロレンズを示している。このように、フォトダイオードアレイに含まれるフォトダイオードの数がマイクロレンズアレイに含まれるマイクロレンズの数よりも大きい。なお、図 2 ( a ) の点線 M L はマイクロレンズ 17 の 1 つの等高線を例示している。マイクロレンズ 17 へ入射した光は第一フォトダイオード P D 1 と第二フォトダイオード P D 2 の少なくとも一方に入射する。各画素では、第一フォトダイオード P D 1 と第二フォトダイオード P D 2 で生じる電荷の量の違いに基づいて、位相差検出方式による焦点検出が可能となる。

#### 【 0 0 5 5 】

このように、1 画素に複数のフォトダイオードを設けることで、配線数が増加するため、配線層を成す第一導電体パターン 2 1 や第二導電体パターン 2 2 の微細化が必要である。マイクロレンズアレイとフォトダイオードアレイとの間に設けられた第一導電体パターン 2 1 や第二導電体パターン 2 2 の微細化を図るうえで、図 1 を用いて説明した導電体パターンの形成方法を採用することが有利である。もちろん第三導電体パターン 2 3 にも図 1 を用いて説明した導電体パターンの形成方法を採用してもよい。

#### 【 0 0 5 6 】

上述した第 1 層 3 1 0 を窒化チタン層とし、図 1 ( f - 1 ) や図 1 ( f - 2 ) のように、導電体パターン 2 0 の上に残存パターン 3 1 1 としての窒化チタン層を残して絶縁体膜 1 2 を形成するとよい。このようにすることで、導電体パターン 2 1 の上に設けた窒化チタン層は、導電体パターン 2 1 の上面での反射を抑制する反射防止膜として機能しうる。導電体パターン 2 1 の上面を成す第一導電体層 2 1 1 が反射率の高いアルミニウム層で形成されている場合には、上面での入射光の反射が低減されることで迷光を抑制し良好な画質を得ることができる。

#### 【 0 0 5 7 】

光電変換装置は半導体基板を収容するパッケージをさらに備えることもできる。パッケージは、半導体基板が固定された基体と、半導体基板に対向する蓋体と、外部との信号をやり取りするための接続部材と、を含みうる。

#### 【 0 0 5 8 】

光電変換装置を用いて、撮像システムを構築することができる。撮像システムは、カメラや撮影機能を有する情報端末である。撮像システムは光電変換装置から得られた信号を処理する信号処理手段や、光電変換装置で撮影された画像を表示する表示手段、を備えることができる。

#### 【 0 0 5 9 】

以上、説明した実施形態は、本発明の思想を逸脱しない範囲において適宜変更が可能である。

#### 【 実施例 1 】

#### 【 0 0 6 0 】

図 1 を参照しながら、具体的な材料とエッチング条件を挙げて、実施例 1 を説明する。

#### 【 0 0 6 1 】

本実施例では、第一導電体層 2 1 0 は 1 5 0 ~ 4 0 0 n m の厚みを有するアルミニウム層、第二導電体層 2 2 0 は 5 ~ 5 0 n m の厚みを有する窒化チタン層、第三導電体層 2 3 0 は 0 ~ 3 0 n m の厚みを有するチタン層である。本例のアルミニウム層は、アルミニウムを 1 0 0 - X %、銅を X % ( 0 < X < 5 ) 含むアルミニウム - 銅合金である。導電体膜 2 0 の厚みは 1 5 5 ~ 4 8 0 n m となる。

#### 【 0 0 6 2 】

本実施例では、第一層 3 1 0 は 1 0 ~ 1 0 0 n m の厚みを有する窒化チタン層、第二層 3 2 0 は 1 5 0 ~ 4 0 0 n m の厚みを有する酸化シリコン層、第三層 3 3 0 は 1 0 ~ 1 0 0 n m の厚みを有する窒化チタン層である。

#### 【 0 0 6 3 】

第二層 3 2 0 の酸化シリコン層は、単結晶や多結晶などの結晶構造を有していてもよい

10

20

30

40

50

し、アモルファス構造を有していてもよい。BPSG (Boron Phosphorus Silicon Glass) などのケイ酸塩ガラスやSOG (Spin On Glass) などのシリカガラスも酸化シリコン層に分類される。

#### 【0064】

本実施例では残存パターン411を形成する工程Aのフォトリソグラフィの露光では、露光光源として例えばArFエキシマレーザー（発振波長193nm）を用いることができる。フォトレジスト膜の材料は、露光光に応じて選択すればよい。フォトレジストマスク421の厚みは100～200nm程度、パターン幅は65～120nm程度とすることができる。

#### 【0065】

本実施例では、第三層330をドライエッチングする工程Bで例えば次のようなエッチング条件を採用することができる。なお、プロセスガスの圧力とは、プラズマエッチング装置のチャンバー内のガスの全圧のことを意味する。

- ・プロセスガスの圧力：3～20mTorr
- ・高周波ソースパワー：400～1000W
- ・RFバイアスパワー：0～500W
- ・BCl<sub>3</sub>ガスの流量：0～50sccm
- ・Cl<sub>2</sub>ガスの流量を50～150sccm
- ・N<sub>2</sub>ガスの流量を0～30sccm
- ・C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>（30％）-He（70％）混合ガスの流量：10～40sccm

本実施例では、第二層320をドライエッチングする工程Cで例えば次のようなエッチング条件を採用することができる。

- ・プロセスガスの圧力：3～20mTorr
- ・高周波ソースパワー：100～1000W
- ・RFバイアスパワー：500～2000W
- ・CF<sub>4</sub>ガスの流量：20～200sccm
- ・CHF<sub>3</sub>ガスの流量：0～100sccm
- ・O<sub>2</sub>ガスの流量：5～40sccm
- ・Arガスの流量：0～800sccm

窒化チタンがドライエッチングストップとして機能する酸化シリコンのエッチングガスとしては酸素含有ガスおよびフッ素含有ガスを用いることができる。フッ素含有ガスとしては、CF<sub>4</sub>、CHF<sub>3</sub>の他に、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>等のフルオロカーボン系ガスを使用することができる。なお、このエッチング条件では窒化チタンからなる第一マスク331および第一層310に対する、酸化シリコンからなる第二層320のエッチング選択比は、25以上となる。

#### 【0066】

本実施例では、第一マスク331および第一層310をドライエッチングする工程Dで例えば次のようなエッチング条件を採用することができる。

- ・プロセスガスの圧力：3～10mTorr
- ・高周波ソースパワー：1000～1800W
- ・RFバイアスパワー：0～200W
- ・Cl<sub>2</sub>ガスの流量：30～200sccm
- ・CHF<sub>3</sub>ガスの流量：0～50sccm

なお、このエッチング条件では窒化チタン層（第一層310）とアルミニウム層（第一導電体層210）とのエッチング選択比は、10以上となる。

#### 【0067】

窒化チタン層のエッチングでは、主には塩素含有ガスを用いて、さらにフッ素含有ガスを添加したプロセスガスを用いている。塩素含有ガスは、窒化チタンと反応して塩化チタンを生成する。フッ素含有ガスは、アルミニウムと反応してフッ化アルミニウムを生成する。塩化チタンの沸点は136℃、フッ化アルミニウムの沸点は1291℃である。被工

10

20

30

40

50

エッチング膜とエッチングガスとの反応生成物の揮発性が高いほど、被エッチング膜はエッチングされやすい。そのため、被エッチング膜のエッチングレートは反応生成物の沸点が小さいほど高い。この事より、この工程Dで塩素含有ガスとフッ素含有ガスを用いることで、窒化チタン層は容易にエッチングされるのに対し、アルミニウム層はエッチングされにくいというエッチング条件が成立している。本例では、第一マスク331と第一層310の材料を共に窒化チタンとしており、両者のエッチングをほぼ同時に終了できるため、残存パターン311のサイドエッチを抑制することができる。

#### 【0068】

なお、塩素含有ガスとアルミニウムの反応生成物である塩化アルミニウムの沸点は183である。そのため、塩素含有ガス単独ではアルミニウム層はエッチングされやすい。塩素含有ガスにフッ素含有ガスを添加することにより、アルミニウム層の表面に反応生成物としてフッ化アルミニウムを生成させてエッチングを阻止することができる。このようにすることで、導電体膜20のアルミニウム層をサイドエッチから保護することができる。

10

#### 【0069】

本例では、第一層310、第三層330の材料は窒化チタンであるが、窒化チタンに代えてチタン、タングステン、タンタル、酸化窒化チタン(TiON)や窒化チタンアルミ(TiAlN)でも、同様の条件で行うことができる。

#### 【0070】

本実施例では、導電体膜20をドライエッチングする工程Eで例えば次のようなエッチング条件を採用することができる。

20

- ・プロセスガスの圧力：3～10mTorr
- ・高周波ソースパワー：200～800W
- ・RFバイアスパワー：200～600W
- ・BCl<sub>3</sub>ガスの流量：20～100sccm
- ・Cl<sub>2</sub>ガスの流量：50～200sccm
- ・N<sub>2</sub>ガスの流量：0～20sccm
- ・C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(30%) - He(70%)混合ガスの流量：0～20sccm

なお、BCl<sub>3</sub>ガスとCl<sub>2</sub>ガスは上述したエッチングガスとして作用し、第1成分として塩化アルミニウムを生成する。Cl<sub>2</sub>ガスやN<sub>2</sub>ガスは上述したアルミニウム層の側壁保護用ガスとして作用し、第3成分として有機ポリマーを生成する。

30

#### 【実施例2】

#### 【0071】

図1を参照しながら、具体的な材料とエッチング条件を挙げて、実施例2を説明する。

#### 【0072】

本実施例では、第二層320は150～600nmの厚みを有するカーボン層である点の実施例1と異なり、導電体膜20の構成と、積層膜30の第二層320以外の構成は実施例1と同じである。

#### 【0073】

第二層320のカーボン層はカーボン粒子を有機バインダーに分散した液体を塗布して、塗布カーボン膜として成膜することができる。代わりに、スパッタ法によってカーボン層を成膜することもできる。

40

#### 【0074】

第三層330をドライエッチングする工程Bは、実施例1と同様のエッチング条件を採用することができる。

#### 【0075】

本実施例では、第二層320をドライエッチングする工程Cで例えば次のようなエッチング条件を採用することができる。

- ・プロセスガスの圧力：10～50mTorr
- ・高周波ソースパワー：500～1800W

50

- ・ R F バイアスパワー：200～1000W
- ・ H<sub>2</sub> ガスの流量：100～300 s c c m
- ・ N<sub>2</sub> ガスの流量：300～1000 s c c m

カーボン層からなる第二層320は窒素および水素含有ガスを用いてドライエッチングすることができる。なお、このエッチング条件ではカーボン層である第二層320と窒化チタン層である第一層310とのエッチング選択比は、100以上となる。

#### 【0076】

第一マスク331および第一層310をドライエッチングする工程Dは、実施例1と同様のエッチング条件を採用することができる。

#### 【0077】

本実施例では、導電体膜20をドライエッチングする工程Eで例えば次のようなエッチング条件を採用することができる。

- ・ プロセスガスの圧力：3～10 m T o r r
- ・ 高周波ソースパワー：200～800W
- ・ R F バイアスパワー：200～600W
- ・ B C l<sub>3</sub> ガスの流量：20～100 s c c m
- ・ C l<sub>2</sub> ガスの流量：50～200 s c c m
- ・ N<sub>2</sub> ガスの流量：0～20 s c c m
- ・ C<sub>2</sub> H<sub>4</sub> (30%) - H e (70%) 混合ガスの流量：0～20 s c c m

第二マスク321の除去には例えば次のようなエッチング条件を採用することができる

- ・ プロセスガスの圧力：50～500 m T o r r
- ・ 高周波ソースパワー：500～2000W
- ・ R F バイアスパワー：0～500W
- ・ O<sub>2</sub> ガスの流量：500～3000 s c c m
- ・ H<sub>2</sub> O ガスの流量：0～3000 s c c m

#### 【符号の説明】

#### 【0078】

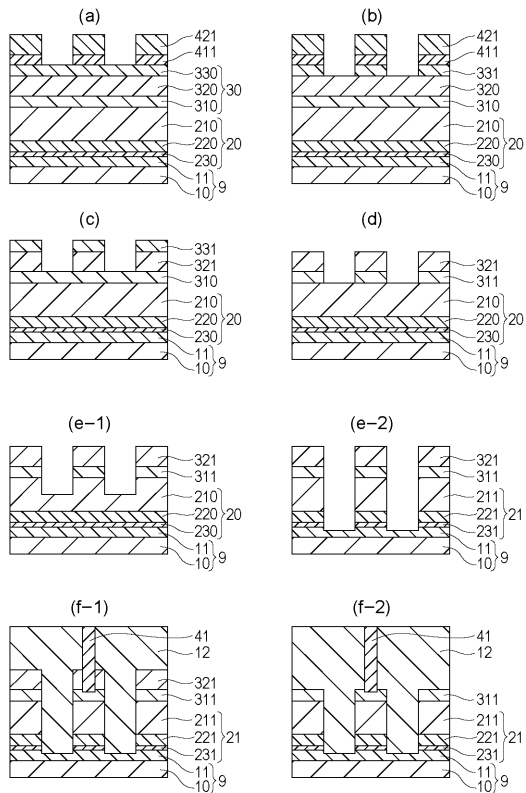
- 20 導電体膜
- 30 積層膜
- 310 第一層
- 320 第二層
- 330 第三層
- 331 第一マスク
- 321 第二マスク
- 421 レジストパターン

10

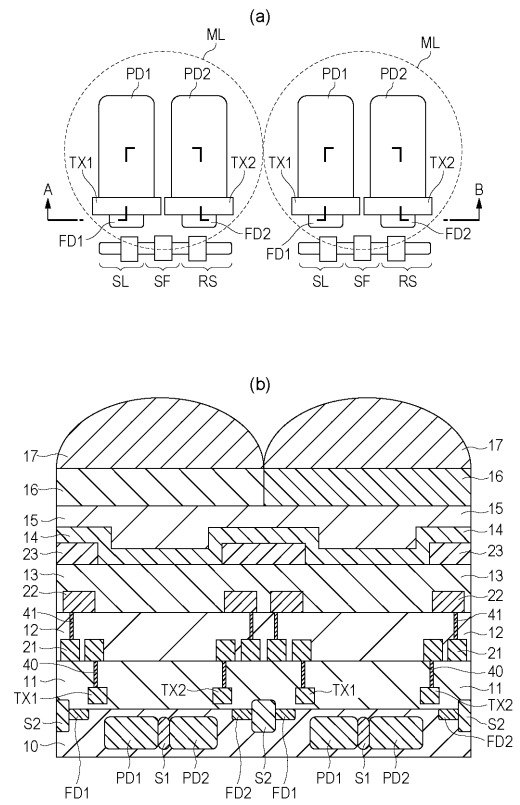
20

30

【図 1】



【図 2】



## 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 27/146 (2006.01)**

H 0 1 L 21/302 1 0 5 A

**H 0 1 L 21/3065 (2006.01)**

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 AB03 BA14 CA02 DD04 EA14 FA06 FA26 FA28  
 GB03 GB07 GB11 GB15 GB18 GC07 GD04 HA02  
 5F004 AA01 DA00 DA01 DA02 DA04 DA11 DA15 DA16 DA22 DA23  
 DA24 DA25 DA26 DB03 DB09 EA01 EA05 EA06 EA23 EB02  
 5F033 GG03 HH09 HH18 HH19 HH21 HH33 KK09 KK18 KK19 KK21  
 KK33 LL02 MM08 MM13 MM15 NN17 QQ04 QQ08 QQ09 QQ12  
 QQ15 QQ24 QQ27 QQ28 QQ30 QQ35 QQ37 QQ91 RR04 RR06  
 XX03