

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5241902号  
(P5241902)

(45) 発行日 平成25年7月17日(2013.7.17)

(24) 登録日 平成25年4月12日(2013.4.12)

(51) Int.Cl.

H01L 27/14 (2006.01)  
H04N 5/369 (2011.01)  
H04N 5/374 (2011.01)

F 1

H01L 27/14 D  
H04N 5/335 690  
H04N 5/335 740

請求項の数 26 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2011-223294 (P2011-223294)  
 (22) 出願日 平成23年10月7日 (2011.10.7)  
 (65) 公開番号 特開2012-182427 (P2012-182427A)  
 (43) 公開日 平成24年9月20日 (2012.9.20)  
 審査請求日 平成24年9月5日 (2012.9.5)  
 (31) 優先権主張番号 特願2011-26354 (P2011-26354)  
 (32) 優先日 平成23年2月9日 (2011.2.9)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 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 鈴木 翔  
 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  
 (72) 発明者 岡部 剛士  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置の製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の光電変換部が配された第1領域、及び前記複数の光電変換部からの信号を処理する回路が配された第2領域を含む半導体基板と、

前記半導体基板の前記第1領域の上、及び前記第2領域の上に配された絶縁体と、を備える半導体装置の製造方法であって、

前記絶縁体の前記複数の光電変換部の各々と重なる位置に複数の開口を形成する第1工程と、

前記第1工程の後に、前記複数の開口の各々の内部、前記絶縁体の前記第1領域の上に配された部分の上、及び前記絶縁体の前記第2領域の上に配された部分の上に第1部材を形成する第2工程と、

前記第1部材のうち前記第2領域の上に配された部分の少なくとも一部を除去する第3工程と、

前記第3工程の後に、前記第1部材を平坦化する第4工程と、を含み、

前記絶縁体は、複数の配線層を互いに絶縁するための複数の絶縁膜を含んで構成され、

前記複数の開口の各々は、前記複数の絶縁膜の少なくとも一部を貫通し、

前記複数の開口の各々の内部に形成された第1部材が光導波路を構成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【請求項 2】

前記第1工程において、前記絶縁体の前記第2領域の上に配された前記部分には開口が

10

20

形成されないことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記第 4 工程の後に、前記絶縁体の前記第 1 領域の上に配された前記部分であって、前記複数の開口が形成されていない部分の上に、前記第 1 部材の少なくとも一部が残ることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記第 4 工程の後に、前記絶縁体の前記第 1 領域の上に配された前記部分であって、前記複数の開口が形成されていない部分の上に残る、前記第 1 部材の前記少なくとも一部の膜厚が 50 nm から 350 nm の範囲であり、

前記第 4 工程の後に、前記絶縁体の前記第 2 領域の上に配された前記部分の上に残る前記第 1 部材の膜厚が 200 nm から 500 nm の範囲であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 5】

前記第 4 工程の後に、前記第 1 部材の上に第 2 部材を形成する第 5 工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記第 5 工程の後に、前記第 1 部材の前記第 2 領域の上に配された部分、及び前記第 2 部材の前記第 2 領域の上に配された部分を除去する第 6 工程をさらに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。

【請求項 7】

前記第 1 部材及び前記第 2 部材が同じ材料で構成されることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

20

【請求項 8】

前記第 2 部材の屈折率が、前記第 1 部材の屈折率よりも小さいことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記第 4 工程の後に、前記第 1 部材の前記第 2 領域の上に配された部分を除去する第 6 工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

30

前記第 3 工程において、前記第 1 部材のうち前記第 2 領域の上に配された前記部分はエッチングによって除去され、

前記第 3 工程の後に、前記第 1 部材のうち前記第 2 領域の上に配された前記部分の一部が前記絶縁体の上に残ることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記第 1 部材の屈折率は、前記絶縁体の屈折率よりも高いことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

前記半導体基板と前記絶縁体との間にエッチングストップ層が配され、

40

前記第 1 工程において、前記エッチングストップ層が露出するまで、前記絶縁体に対して条件の異なる複数回のエッチングを行うことによって、前記複数の開口の各々が形成されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか一項に記載の半導体装置の形成方法。

。

【請求項 13】

前記複数の開口の各々は、前記複数の絶縁膜を貫通していることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 14】

複数の光電変換部が配された第 1 領域、及び前記複数の光電変換部からの信号を処理する回路が配された第 2 領域を含む半導体基板と、

50

前記半導体基板の前記第1領域の上、及び前記第2領域の上に配された絶縁体と、を備える半導体装置の製造方法であって、

前記絶縁体の前記複数の光電変換部の各々と重なる位置に複数の開口を形成する第1工程と、

前記第1工程の後に、前記複数の開口の各々の内部、前記絶縁体の前記第1領域の上に配された部分の上、及び前記絶縁体の前記第2領域の上に配された部分の上に第1部材を形成する第2工程と、

前記第1部材のうち前記第2領域の上に配された部分の少なくとも一部を除去する第3工程と、

前記第3工程の後に、前記第1部材の上に第2部材を形成した後、前記第2部材を平坦化する第4工程と、を含み、

前記絶縁体は、複数の配線層を互いに絶縁するための複数の絶縁膜を含んで構成され、前記複数の開口の各々は、前記複数の絶縁膜の少なくとも一部を貫通し、

前記複数の開口の各々の内部に形成された第1部材が光導波路を構成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項15】

前記第1工程において、前記絶縁体の前記第2領域の上に配された前記部分には開口が形成されないことを特徴とする請求項14に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】

前記第4工程の後に、前記絶縁体の前記第1領域の上に配された前記部分であって、前記複数の開口が形成されていない部分の上に、前記第1部材の少なくとも一部が残ることを特徴とする請求項14または請求項13に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】

前記第4工程の後に、前記絶縁体の前記第1領域の上に配された前記部分であって、前記複数の開口が形成されていない部分の上に残る、前記第1部材の前記少なくとも一部の膜厚が50nmから350nmの範囲であり、

前記第4工程の後に、前記絶縁体の前記第2領域の上に配された前記部分の上に残る前記第1部材の膜厚が200nmから500nmの範囲であることを特徴とする請求項16に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】

前記第4工程の後に、前記第1部材の前記第2領域の上に配された部分、及び前記第2部材の前記第2領域の上に配された部分を除去する第6工程をさらに含むことを特徴とする請求項14乃至請求項17のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項19】

前記第4工程の後に、前記第2部材の前記第2領域の上に配された部分を除去する第6工程をさらに含むことを特徴とする14乃至請求項17のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項20】

前記第1部材及び前記第2部材が同じ材料で構成されることを特徴とする請求項14乃至請求項19のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】

前記第2部材の屈折率が、前記第1部材の屈折率よりも小さいことを特徴とする請求項14乃至請求項19のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項22】

前記第4工程の後に、前記第1部材の前記第2領域の上に配された部分を除去する第6工程をさらに含むことを特徴とする請求項14乃至請求項17のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項23】

前記第3工程において、前記第1部材のうち前記第2領域の上に配された前記部分はエッチングによって除去され、

10

20

30

40

50

前記第3工程の後に、前記第1部材のうち前記第2領域の上に配された前記部分の一部が前記絶縁体の上に残ることを特徴とする請求項14乃至請求項22のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項24】**

前記第1部材の屈折率は、前記絶縁体の屈折率よりも高いことを特徴とする請求項14乃至請求項23のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

**【請求項25】**

前記半導体基板と前記絶縁体との間にエッチストップ層が配され、

前記第1工程において、前記エッチストップ層が露出するまで、前記絶縁体に対して条件の異なる複数回のエッチングを行うことによって、前記複数の開口の各々が形成されることを特徴とする請求項14乃至請求項24のいずれか一項に記載の半導体装置の形成方法。

**【請求項26】**

前記複数の開口の各々は、前記複数の絶縁膜を貫通していることを特徴とする請求項14乃至請求項25のいずれか一項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】**

本発明は半導体装置の製造方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

近年、半導体装置の一つである固体撮像装置に関して、光電変換部に入射する光量を増やすため、光導波路を有する固体撮像装置が提案されている。

**【0003】**

特許文献1には、低屈折率のクラッド層と、クラッド層に囲まれた溝部内に埋め込まれた高屈折率のコア層とが構成する導波路を有する固体撮像装置が開示されている。このような固体撮像装置の製造方法として、光電変換部に対応する開口を有するクラッド層の上の全面にコア層を成膜する方法が示されている。コア層を形成した後に、パシベーション膜、平坦化膜、オンチップカラーフィルタ及びオンチップマイクロレンズを形成することが記載されている。

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0004】**

**【特許文献1】特開2010-103458号公報**

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0005】**

本発明者らは特許文献1に記載された固体撮像装置の製造方法においては、固体撮像装置の平坦化が困難であるという課題を見出した。そのため、従来技術においてはオンチップカラーフィルタやオンチップマイクロレンズを高い精度で形成することが困難であった。結果として画質の低下を招いていた。また、固体撮像装置以外の半導体装置においても、集積度の増大に伴い高背化が進み、製造過程における平坦化の困難性が課題となっている。

**【0006】**

このように、従来技術では、高い精度で半導体装置を形成することが困難であった。上述の課題に鑑み、本発明の目的は平坦化が容易な半導体装置の製造方法を提供することである。

**【課題を解決するための手段】**

**【0007】**

本発明の一つの側面に係る半導体装置の製造方法は、複数の光電変換部が配された第1

10

20

30

40

50

領域、及び前記複数の光電変換部からの信号を処理する回路が配された第2領域を含む半導体基板と、前記半導体基板の前記第1領域の上、及び前記第2領域の上に配された絶縁体と、を備える半導体装置の製造方法であって、前記絶縁体の前記複数の光電変換部の各々と重なる位置に複数の開口を形成する第1工程と、前記第1工程の後に、前記複数の開口の各々の内部、前記絶縁体の前記第1領域の上に配された部分の上、及び前記絶縁体の前記第2領域の上に配された部分の上に第1部材を形成する第2工程と、前記第1部材のうち前記第2領域の上に配された部分の少なくとも一部を除去する第3工程と、前記第3工程の後に、前記第1部材を平坦化する第4工程と、を含み、前記絶縁体は、複数の配線層を互いに絶縁するための複数の絶縁膜を含んで構成され、前記複数の開口の各々は、前記複数の絶縁膜の少なくとも一部を貫通し、前記複数の開口の各々の内部に形成された第1部材が光導波路を構成することを特徴とする。  
10

#### 【0008】

本発明の別の側面に係る半導体装置の製造方法は、複数の光電変換部が配された第1領域、及び前記複数の光電変換部からの信号を処理する回路が配された第2領域を含む半導体基板と、前記半導体基板の前記第1領域の上、及び前記第2領域の上に配された絶縁体と、を備える半導体装置の製造方法であって、前記絶縁体の前記複数の光電変換部の各々と重なる位置に複数の開口を形成する第1工程と、前記第1工程の後に、前記複数の開口の各々の内部、前記絶縁体の前記第1領域の上に配された部分の上、及び前記絶縁体の前記第2領域の上に配された部分の上に第1部材を形成する第2工程と、前記第1部材のうち前記第2領域の上に配された部分の少なくとも一部を除去する第3工程と、前記第3工程の後に、前記第1部材の上に第2部材を形成した後、前記第2部材を平坦化する第4工程と、を含み、前記絶縁体は、複数の配線層を互いに絶縁するための複数の絶縁膜を含んで構成され、前記複数の開口の各々は、前記複数の絶縁膜の少なくとも一部を貫通し、前記複数の開口の各々の内部に形成された第1部材が光導波路を構成することを特徴とする。  
20

。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明によれば、高い精度で半導体装置を製造することができる。特に画質の高い固体撮像装置を製造することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】実施例1の固体撮像装置の製造方法を示す図。  
【図2】実施例1の固体撮像装置の製造方法を示す図。  
【図3】実施例1の固体撮像装置の平面構造の概略図。  
【図4】実施例2の固体撮像装置の製造方法を示す図。  
【図5】実施例2の固体撮像装置の製造方法を示す図。  
【図6】実施例2の固体撮像装置の製造方法を示す図。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0012】

本発明は半導体装置の製造方法に関するものであり、具体的には、半導体基板上の絶縁体に、第1の密度で複数の開口が配された第1領域と第1の密度よりも小さい第2の密度で複数の開口が配された第2の領域を有し、第1領域の複数の開口を埋め込み部材により埋め込む構成に適用できる。ここで第2の密度はゼロであってもよい。このような構成において第2領域においてのみ、埋め込み部材の膜を薄膜化するものである。  
40

#### 【0013】

例えば、固体撮像装置の製造方法に適用可能である。固体撮像装置は複数の光電変換部が配された半導体基板を有する半導体装置である。具体的には、複数の光電変換部の各々に対応して開口を形成して、開口に高屈折材料を埋め込むなどして光導波路を形成する場合に適用できる。この場合の第2領域は光電変換部で生じた信号を処理するための回路が配される周辺領域が該当する。なぜならば通常、周辺領域には光導波路を形成するための  
50

開口を設けない、もしくは設けたとしても撮像領域に比べて少ないためである。

【0014】

固体撮像装置の製造方法を例に本発明の好適な実施形態を説明する。半導体基板101は、複数の光電変換部105が配された撮像領域103、光電変換部105からの信号を処理する回路が配された周辺領域104を含む。半導体基板101の上には、絶縁体が配される。絶縁体は例えば複数の層間絶縁膜113a～113eである。

【0015】

まず、絶縁体に開口116を形成する。開口は絶縁体のうち複数の光電変換部105と重なった位置に形成される。撮像領域103には多数の光電変換部105が配されうる。そのため、周辺領域104よりも撮像領域103のほうが、開口の配された密度が高くなる。

10

【0016】

次に、開口が形成された絶縁体の上に第1導波路部材118を形成する。第1導波路部材118は先述の開口116の内部を埋めるように撮像領域103に配された絶縁体の上に形成される。さらに、第1導波路部材118は周辺領域104に配された絶縁体の上に形成される。この時、開口の内部の全体が埋められる必要はない。開口の内部の一部に空隙が残ってもよい。

【0017】

第1導波路部材118のうち、周辺領域104に配された部分を除去する。除去の方法は、エッティングやリフトオフなどを用いることができる。第1導波路部材118の除去の対象となる部分について、平面で見たときの観点と深さ方向で見たときの観点から説明する。

20

【0018】

平面的には、第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分のうち少なくとも一部が除去される。周辺領域104に配された部分の大部分を除去することが好ましい。周辺領域104に配された部分の全面を除去することがさらに好ましい。

【0019】

深さ方向における除去の程度については、第1導波路部材118の少なくとも一部が除去されればよい。つまり、周辺領域104に配された第1導波路部材118が少なくとも薄膜化されればよい。第1導波路部材118の一部を残して、下地の絶縁体が露出しないようにする程度が好ましい。しかしながら、深さ方向において第1導波路部材118の全部を除去してもよい。すなわち、下地の絶縁体が露出するまで第1導波路部材118を除去してもよい。

30

【0020】

第1導波路部材118のうち、周辺領域104に配された部分を除去した後に、撮像領域103及び周辺領域104を平坦化する。

【0021】

以上に述べた製造方法による効果を説明する。撮像領域103と周辺領域104のように、開口116が配された密度が大きく異なる面に第1導波路部材118を形成すると、開口116の密度の高い部分と開口116の密度の低い部分との間で大きな段差が生じる。そのため、従来技術の平坦化工程では段差を十分に軽減することができなかった。

40

【0022】

これに対して、本発明では第1導波路部材118のうち、周辺領域104に配された部分を除去する。周辺領域104に配された部分は段差の高い部分である。この工程によって、平坦化工程の前に、撮像領域103と周辺領域104との段差をある程度軽減することができる。したがって、後の平坦化工程において露出面を十分に平坦化することが可能となる。

【0023】

半導体装置の製造方法では、一般に1枚のウェハに複数のチップが形成される。特に固体撮像装置では、撮像領域103と周辺領域104が比較的長い周期で交互に配置される

50

。そのため、長い周期での段差が生じやすい。このような段差をC M Pなどの方法で軽減することは困難なため、従来の固体撮像装置の製造方法では上述の課題が特に顕著であった。そのため、固体撮像装置の製造方法に本発明を適用すると効果が高い。

#### 【0024】

なお、本発明は固体撮像装置の製造方法に限られるものではない。例えば、後述のダマシン法による配線の形成においては、開口の形成された絶縁体の上に金属膜を形成する。このときに、絶縁体に配される開口に粗密の分布があると、開口の密度が高い部分には金属膜が相対的に厚く形成され、開口の密度が低い部分には金属膜が相対的に薄く形成される場合がある。ダマシン法は固体撮像装置以外にも、一般的の半導体装置において配線を形成する方法として広く使われる。このような場合に本発明を適用することで、段差を軽減することが可能である。

10

#### 【0025】

以下の説明では、電子が信号電荷である場合について説明するが、ホールが信号電荷であってもよい。ホールが信号電荷である場合には、半導体領域の導電型を反対にすればよい。

#### 【実施例1】

#### 【0026】

図面を用いて本発明に係る固体撮像装置の製造方法の第1の実施例を説明する。図1、図2は、本実施例の各工程における、固体撮像装置の断面構造の概略図である。

#### 【0027】

20

固体撮像装置100は半導体基板101を有する。半導体基板は、固体撮像装置を構成する部材のうち半導体材料の部分である。例えば、半導体基板は、半導体ウェハに対して周知の半導体製造プロセスにより半導体領域が形成されたものを含む。半導体材料としては例えばシリコンが挙げられる。半導体材料と別の材料との界面が半導体基板の主面102である。例えば、別の材料は半導体基板上に該半導体基板と接して配された熱酸化膜などである。

#### 【0028】

本実施例において、半導体基板101には周知の半導体基板を用いることができる。半導体基板101にP型半導体領域、N型半導体領域が配される。102は半導体基板101の主面である。本実施例では、主面102は半導体基板101と半導体基板101に積層された熱酸化膜(不図示)との界面である。半導体基板101は複数の画素が配された撮像領域103、及び画素からの信号を処理する信号処理回路が配された周辺領域104を有する。撮像領域103、及び周辺領域104についての説明は後述する。

30

#### 【0029】

なお、本明細書において、平面は主面102と平行な面である。例えば、後述する光電変換部が配された領域における主面102、あるいはMOSトランジスタのチャネルにおける主面102を基準としてよい。本明細書において、断面は平面と交差する面である。

#### 【0030】

図1(a)に示される工程においては、半導体基板101内に各半導体領域、半導体基板101の上にゲート電極、多層配線を形成する。半導体基板101の撮像領域103には、光電変換部105、フローティングディフュージョン(以下、FD)106、及び画素トランジスタ用のウェル107のソース・ドレイン領域が形成される。光電変換部105は例えばフォトダイオードである。光電変換部105は半導体基板101に配されたN型半導体領域を含む。光電変換によって発生した電子が光電変換部のN型半導体領域に収集される。FD106はN型半導体領域である。光電変換部105で発生した電子はFD106に転送され、電圧に変換される。FD106は増幅部の入力ノードに電気的に接続される。あるいは、FD106は信号出力線に電気的に接続される。本実施例では、FD106は増幅トランジスタのゲート電極110bにプラグ114を介して電気的に接続される。画素トランジスタ用のウェル107には、信号を増幅する増幅トランジスタや、増幅トランジスタの入力ノードをリセットするリセットトランジスタなどのソース・ドレイ

40

50

ン領域が形成される。半導体基板 101 の周辺領域 104 には、周辺トランジスタ用のウェル 108 が形成される。周辺トランジスタ用のウェル 108 には、信号処理回路を構成する周辺トランジスタのソース・ドレイン領域が形成される。また、半導体基板 101 には、素子分離部 109 が形成されてもよい。素子分離部 109 は画素トランジスタ、または周辺トランジスタを他の素子と電気的に分離する。素子分離部 109 は、STI (Shallow Trench Isolation)、LOCOS (Local Oxidation of Silicon) などである。

#### 【0031】

また、この工程では転送ゲート電極 110a、ゲート電極 110b を形成する。転送ゲート電極 110a、ゲート電極 110b は、半導体基板 101 上に不図示の酸化膜を介して配される。転送ゲート電極 110a は光電変換部 105 と FD106 との間の電荷の転送を制御する。ゲート電極 110b は画素トランジスタ、周辺トランジスタのゲートである。

#### 【0032】

さらに、この工程では、半導体基板 101 上に保護層 111 を形成する。例えば保護層 111 はシリコン窒化膜である。また、保護層 111 はシリコン窒化膜、シリコン酸化膜を含む複数の層で構成されてもよい。保護層 111 は、後の工程で光電変換部に与えられるダメージを低減する機能を有していてもよい。あるいは、保護層 111 が反射防止の機能を有していてもよい。あるいは、シリサイド工程における金属の拡散を防止する機能を有していてもよい。また、保護層 111 に対して半導体基板 101 とは反対側にエッチストップ部材 117 を形成する。エッチストップ部材 117 の面積は、その後に形成される開口 116 の底の面積より大きいことが好ましい。なお、保護層 111 及びエッチストップ部材 117 は必ずしも形成される必要はない。

#### 【0033】

続いて、第 1 配線層 112a、及び第 2 配線層 112b、及び複数の層間絶縁膜 113a ~ 113e を形成する。本実施例ではダマシン法によって第 1 配線層 112a、第 2 配線層 112b が形成される。便宜的に半導体基板 101 に近いほうから順に、第 1 ~ 第 5 層間絶縁膜 113a ~ 113e とする。

#### 【0034】

第 1 層間絶縁膜 113a を撮像領域 103 及び周辺領域 104 に形成する。必要に応じて、第 1 層間絶縁膜 113a の半導体基板 101 とは反対側の面を平坦化してもよい。第 1 層間絶縁膜 113a にはスルーホールが形成される。スルーホールには、第 1 配線層 112a の導電部材と半導体基板 101 の半導体領域とを電気的に接続するプラグ 114 が配される。プラグ 114 は導電性の材料で構成される。例えばプラグ 114 はタングステンである。

#### 【0035】

次に、第 1 層間絶縁膜 113a に対して半導体基板 101 とは反対側に第 2 層間絶縁膜 113b を形成する。第 2 層間絶縁膜 113b のうち、第 1 配線層 112a の導電部材が配される領域に対応した部分をエッチングにより除去する。その後、第 1 配線層の材料となる金属膜を撮像領域 103 及び周辺領域 104 に形成する。その後、CMP などの方法により第 2 層間絶縁膜が露出するまで金属膜を除去する。このような手順によって、第 1 配線層 112a の配線を構成する導電部材が所定のパターンに配される。

#### 【0036】

続いて、第 3 層間絶縁膜 113c、第 4 層間絶縁膜 113d を撮像領域 103 及び周辺領域 104 に形成する。ここで、第 4 層間絶縁膜 113d のうち、第 2 配線層 112b の導電部材が配される領域に対応した部分をエッチングにより除去する。次に、第 3 層間絶縁膜 113c のうち、第 1 配線層 112a の導電部材と第 2 配線層 112b の導電部材とを電気的に接続するプラグが配される領域に対応した部分をエッチングにより除去する。その後、第 2 配線層及びプラグの材料となる金属膜を撮像領域 103 及び周辺領域 104 に形成する。その後、CMP などの方法により第 4 層間絶縁膜が露出するまで金属膜を除

10

20

30

40

50

去する。このような手順によって、第2配線層112bの配線パターン、及びプラグのパターンを得る。なお、第3層間絶縁膜113c、第4層間絶縁膜113dを形成した後に、先に第1配線層112aの導電部材と第2配線層112bの導電部材とを電気的に接続するプラグが配される領域に対応した部分をエッティングにより除去してもよい。

#### 【0037】

最後に第5層間絶縁膜113eを撮像領域103及び周辺領域104に形成する。必要に応じて、第5層間絶縁膜113eの半導体基板101とは反対側の面をCMPなどの方法で平坦化してもよい。

#### 【0038】

なお、第1配線層112a及び第2配線層112bはダマシン法以外の手法で形成されてもよい。ダマシン法以外の手法の一例を説明する。第1層間絶縁膜113aが形成された後に、第1配線層の材料となる金属膜を撮像領域103及び周辺領域104に形成する。次に、金属膜のうち、第1配線層112aの導電部材が配される領域以外の部分をエッティングにより除去する。これによって、第1配線層112aの配線パターンを得る。その後、第2層間絶縁膜113b、第3層間絶縁膜113cを形成し、同様に第2配線層112bを形成する。第2配線層112bが形成された後、第4層間絶縁膜113d及び第5層間絶縁膜113eを形成する。第3層間絶縁膜113c、及び第5層間絶縁膜113eの半導体基板101とは反対側の面は必要に応じて平坦化される。

10

#### 【0039】

第1配線層112a、第2配線層112bは、半導体基板101の主面を基準に異なる高さに配される。本実施例において、第1配線層112a、及び第2配線層112bの導電部材は銅で形成される。導電部材は導電性の材料であれば銅以外の材料で形成されてもよい。プラグによって電気的に接続される部分を除いて、第1配線層112aの導電部材と第2配線層112bの導電部材とは層間絶縁膜113cによって互いに絶縁されている。なお、配線層の数は2層に限らず、配線層が単層であっても、3層以上であってもよい。

20

#### 【0040】

また、各層間絶縁膜の間にはエッチストップ膜、金属の拡散防止膜、あるいは両方の機能を備える膜が配されてもよい。本実施例では、複数の層間絶縁膜113a～113eがシリコン酸化膜である。シリコン酸化膜に対しては、シリコン窒化膜が金属の拡散防止膜となる。そこで、各層間絶縁膜の間に、拡散防止膜115が配される。なお、拡散防止膜115は必ず配される必要はない。

30

#### 【0041】

図1(b)においては、複数の層間絶縁膜113a～113eの光電変換部105と重なる領域に開口116を形成する。拡散防止膜115が配されている場合は、拡散防止膜115に開口を形成する。

#### 【0042】

まず、不図示のエッティング用のマスクパターンを層間絶縁膜113eに対して半導体基板101とは反対側に積層する。エッティング用のマスクパターンは開口116が配されるべき領域以外に配される。言い換えれば、エッティング用のマスクパターンは開口116が配されるべき領域に開口を有する。エッティング用のマスクパターンは、例えばフォトリソグラフィ及び現像によってパターニングされたフォトレジストである。

40

#### 【0043】

続いて、エッティング用のマスクパターンをマスクとして、複数の層間絶縁膜113a～113e及び拡散防止膜115をエッティングする。これによって、開口116が形成される。また、条件の異なる複数回のエッティングによって、開口116を形成するようにしてもよい。エッティングの後に、エッティング用のマスクパターンを除去してもよい。

#### 【0044】

エッチストップ部材117が配された場合には、図1(b)の工程において、エッチストップ部材117が露出するまでエッティングが行われることが好ましい。エッチストップ

50

部材 117 は、層間絶縁膜 113a をエッティングするエッティング条件におけるエッティングレートが、層間絶縁膜 113a のエッティングレートよりも小さいことが好ましい。層間絶縁膜 113a がシリコン酸化膜である場合は、エッチストップ部材 117 はシリコン窒化膜、あるいはシリコン酸窒化膜であればよい。また、条件の異なる複数回のエッティングによって、エッチストップ部材 117 が露出するようにしてもよい。

#### 【0045】

開口 116 の断面形状については、開口 116 が必ずしも第 1 ~ 第 5 層間絶縁膜 113a ~ 113e のすべてを貫通している必要はない。第 5 層間絶縁膜 113e が有する凹みが開口 116 であってもよい。または、開口 116 が第 1 ~ 第 5 層間絶縁膜 113a ~ 113e の一部のみを貫通していてもよい。開口 116 の平面形状については、開口 116 の境界が円形や四角形等の閉じたループである。あるいは、開口 116 の平面形状が、複数の光電変換部 105 にわたって延在する溝のような形状であってもよい。つまり本明細書において、ある平面において層間絶縁膜 113e の配されていない領域が、層間絶縁膜 113e の配された領域に囲まれている、あるいは挟まれているときに、層間絶縁膜 113e は開口 116 を有するという。

#### 【0046】

平面における開口 116 の位置について、開口 116 の少なくとも一部が光電変換部 105 と平面的に重なって配される。すなわち、開口 116 及び光電変換部 105 を同一の平面に投写した時に、当該同一の平面に開口 116 及び光電変換部 105 の両方が投写された領域が存在する。

10

20

#### 【0047】

本実施例においては、光電変換部 105 と重なった領域に開口 116 が形成され、周辺領域 104 には開口 116 が形成されない。しかし、周辺領域 104 に開口 116 が形成されてもよい。その場合には、撮像領域 103 に形成される開口 116 の密度が、周辺領域 104 に形成される開口 116 の密度よりも高ければよい。開口 116 の密度は、単位面積あたりに配された開口 116 の数によって決めることができる。あるいは、開口 116 の密度は、開口 116 の占める面積の割合によって決めることができる。

#### 【0048】

図 1 (c)においては、開口 116 の内部、及び第 5 層間絶縁膜 113e の上に、第 1 導波路部材 118 を形成する。具体的には、撮像領域 103 及び周辺領域 104 に第 1 導波路部材 118a を形成する。第 1 導波路部材 118 の形成は、CVD あるいはスパッタによる成膜や、ポリイミド系高分子に代表される有機材料の塗布によって行うことができる。なお、条件の異なる複数の工程で、第 1 導波路部材 118 を形成してもよい。例えば、最初の工程では、下地との密着性が高くなるような条件で第 1 導波路部材 118 を形成し、次の工程では、開口 116 内部の埋め込み性が高くなるような条件で第 1 導波路部材 118 を形成してもよい。あるいは、複数の異なる材料を順次形成することによって第 1 導波路部材 118 を形成してもよい。例えば、シリコン窒化膜を最初に堆積させ、次に埋め込み性能の高い有機材料を堆積させることによって、第 1 導波路部材 118 を形成してもよい。また、図 1 (b)の工程で、エッチストップ部材 117 が露出するまで第 1 層間絶縁膜 113a がエッティングされた場合には、第 1 導波路部材 118 がエッチストップ部材 117 と接するように配される。

30

40

#### 【0049】

第 1 導波路部材 118 の材料は、層間絶縁膜 113a ~ 113e の屈折率よりも高い材料であればよい。層間絶縁膜 113a ~ 113e がシリコン酸化膜である場合は、第 1 導波路部材 118 の材料としては、シリコン窒化膜やポリイミド系の有機材料が挙げられる。シリコン窒化膜は屈折率が 1.7 ~ 2.3 の範囲である。周囲のシリコン酸化膜の屈折率は 1.4 ~ 1.6 の範囲である。そのため、スネルの法則に基づいて、第 1 導波路部材 118 と層間絶縁膜 113a ~ 113e との界面に入る光が反射する。これによって、第 1 導波路部材 118 の内部に閉じ込めることができる。またシリコン窒化膜の水素含有量を多くすることが可能であり、水素供給効果によって基板のダンギングボンドを終端す

50

ることができる。これによって、白傷などのノイズを低減することが可能となる。ポリイミド系の有機材料は屈折率が約1.7である。ポリイミド系の有機材料の埋め込み特性はシリコン窒化膜より優れている。第1導波路部材118の材料については、屈折率差などの光学特性と製造工程上の長所との兼ね合いを考慮して適宜選定することが好ましい。

#### 【0050】

ここで、複数の層間絶縁膜113a～113eと開口116に配された第1導波路部材118との位置関係について説明する。ある平面において第1導波路部材118が配された領域が複数の層間絶縁膜113a～113eの配された領域に囲まれている、あるいは挟まれている。言い換えると、光電変換部105と開口116に配された第1導波路部材118とが並ぶ方向と交差する方向に沿って、複数の層間絶縁膜113a～113eの第1部分、第1部分とは異なる第2部分、及び開口116に配された第1導波路部材118が並んでいる。光電変換部105と開口116に配された第1導波路部材118とが並ぶ方向と交差する方向は例えば半導体基板101の主面102と平行な方向である。

10

#### 【0051】

半導体基板101上の光電変換部105に重なる位置に第1導波路部材118が配される。第1導波路部材118の周囲には複数の層間絶縁膜113a～113eが配される。第1導波路部材118を形成する材料の屈折率は、複数の層間絶縁膜113a～113eの屈折率より高いことが好ましい。このような屈折率の関係によって、第1導波路部材118に入射した光のうち、複数の層間絶縁膜113a～113eに漏れ出す光の量を低減することができる。そのため、第1導波路部材118の少なくとも一部が光電変換部105と重なって配されれば、光電変換部105に入射する光の量を増やすことができる。

20

#### 【0052】

第1導波路部材118の屈折率が必ずしも複数の層間絶縁膜113a～113eより高い必要はない。第1導波路部材118に入射した光が周囲の絶縁体に漏れ出ない構成であれば光導波路として機能する。例えば開口116の側壁に光を反射する部材が配され、開口116の他の部分に第1導波路部材118が埋め込まれた構成としてもよい。また、開口116に配された第1導波路部材118と複数の層間絶縁膜113a～113eとの間にエアギャップがあってもよい。エアギャップは真空であってもよいし、気体が配されていてもよい。これらの場合、第1導波路部材118を構成する材料の屈折率と複数の層間絶縁膜113a～113eを構成する材料の屈折率とは、どのような大小関係になっていてもよい。

30

#### 【0053】

続いて、図2(a)で示す工程では、第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分を除去する。まず、不図示のエッティングマスクを第1導波路部材118に積層する。エッティングマスクは、周辺領域104の位置に開口を有する。次に第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分をエッティングによって除去する。

#### 【0054】

このとき、第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分が所定の膜厚だけ残るようにエッティングされることが好ましい。このように所定の膜厚だけ第1導波路部材118が存在することによって、エッティングが半導体基板側に与えるダメージを低減することができる。もちろん、第5層間絶縁膜113eが露出するまで第1導波路部材118を除去してもよい。

40

#### 【0055】

本実施例では、第1導波路部材118のうち、周辺領域104に配されたすべての部分をエッティングしている。言い換えると、周辺領域104にはエッティングマスクが配されていない。このように、エッティングする部分の面積が大きいことが好ましい。しかし、周辺領域104に配された部分のうち一部のみをエッティングしてもよい。ここでの面積とは、平面における面積である。

#### 【0056】

また、第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分を除去する方法は、エッ

50

チングに限られない。例えばリフトオフによって、第1導波路部材118の一部を除去してもよい。具体的には、第1導波路部材118を形成する前に、周辺領域104に下地膜を形成する。第1導波路部材118を形成した後に下地膜を除去することで、その上に配された第1導波路部材118も同時に除去される。

【0057】

なお、この工程において、撮像領域103に配された第1導波路部材118の一部が除去されてもかまわない。

【0058】

図2(b)の工程では、第1導波路部材118の半導体基板101とは反対側の面を平坦化する。第1導波路部材118の平坦化は、例えばCMPや研磨、エッチングによって行われる。本実施例ではCMPによって平坦化が行われる。

10

【0059】

なお、図2(b)の工程においては、第1導波路部材118の半導体基板101とは反対側の面が完全に平坦になる必要はない。平坦化を行う前の第1導波路部材118の半導体基板101とは反対側の面における段差が、平坦化の工程によって低減されればよい。例えば、周辺領域104において、平坦化された後の第1導波路部材118の膜厚は、200nm~500nmの範囲であることが好ましい。また、撮像領域103の開口116が配されていない領域において、平坦化された後の第1導波路部材118の膜厚は、50nm~350nmの範囲であることが好ましい。

【0060】

20

なお、本実施例では平坦化の工程の際に第1導波路部材118の半導体基板101とは反対側の面が露出している。そのため、撮像領域103の上に配された第1導波路部材118の露出面と、周辺領域104の上に配された第1導波路部材118の露出面とが平坦化される。第1導波路部材118の上に別の部材が形成された場合は、当該別の部材の露出面が平坦化される。あるいは、図2(a)の工程で、下地の第5層間絶縁膜113eが露出するまで第1導波路部材118が除去された場合、第5層間絶縁膜113eの露出面が平坦化される。

【0061】

この工程での平坦化は、撮像領域103の上の露出面と周辺領域104の上の露出面との間で段差が低減されるように平坦化がされてもよい。あるいは、撮像領域103の上の露出面の面内において平坦化がなされ、同時に周辺領域104の上の露出面の面内において平坦化がなされてもよい。

30

【0062】

続いて、図2(c)の工程では、第6層間絶縁膜119、第3配線層112c、及び層内レンズ120を形成する。まず第6層間絶縁膜119を、第1導波路部材118の上に形成する。第6層間絶縁膜119は第5層間絶縁膜113eと同じ材料で形成されることが好ましい。本実施例においては、第6層間絶縁膜119はシリコン酸化膜である。次に、第2配線層112bの所定の導電部材と、第3配線層112cの所定の導電部材を電気的に接続するプラグ121を配するためのスルーホールを形成する。スルーホールにはプラグ121を形成する。

40

【0063】

次に、第3配線層112cを形成する。本実施例では、第3配線層112cの導電部材はアルミで構成される。なお、第3配線層112cを形成する方法は、第1配線層112aまたは第1配線層112bを形成する方法で説明した方法が適宜用いられる。

【0064】

次に、層内レンズ120を形成する。層内レンズ120は光電変換部105に対応して配される。層内レンズ120は例えばシリコン窒化膜で形成される。層内レンズ120を形成する方法は、周知の方法を用いることができる。その後、必要に応じて、層内レンズ120に対して半導体基板101とは反対側に、カラーフィルター、マイクロレンズ等が形成される。

50

## 【0065】

図3は、本実施例の固体撮像装置の平面構造を示す概略図である。図3の直線A Bに沿った断面が、図1及び図2に示されている。

## 【0066】

図3において、固体撮像装置100は、撮像領域103と、周辺領域104を備える。撮像領域103は、さらに受光領域103a、遮光領域103bを含んでいてもよい。撮像領域103には、複数の画素が2次元状に配される。遮光領域103bに配された画素の光電変換部は遮光される。このような画素からの信号は、黒レベルの基準として使うことができる。

## 【0067】

周辺領域104は、撮像領域103以外の領域である。本実施例において、周辺領域104には、垂直走査回路302、水平走査回路303、列アンプ304、列ADC(Analog to Digital Converter)305、メモリ306、タイミングジェネレータ307、複数のパッド308が配される。これらの回路は、画素からの信号を処理するための回路である。なお、上述の回路の一部が配されていなくてもよい。

## 【0068】

本実施例において、第1導波路部材118が除去される領域は、図3において破線より外側の領域301である。図3が示す通り、周辺領域104の大部分が領域301であることが望ましい。

## 【0069】

本実施例においては、第1導波路部材118を形成する際に、その下地となる面に開口116が配されている。この開口116は撮像領域103のみに配される。もしくは、撮像領域103に配された開口116の密度が、周辺領域104に配された開口の密度よりも高い。そのため、開口116が多く配された領域に比べて、開口116が少ない領域には第1導波路部材118が厚く形成される。すなわち、開口116が多く配された領域(撮像領域103)と開口116が少ない領域(周辺領域104)との間で段差が生じる。そこで、第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分を除去することによって、この段差を軽減することが可能である。

## 【0070】

## [実施例1の変形例]

図2(b)の工程、すなわち第1導波路部材118が平坦化された後に、第1導波路部材118の周辺領域104に形成された部分を除去する工程を行ってもよい。特にこの工程では、プラグ121が配される位置、及びプラグ121が配される位置から所定の距離以内に配された第1導波路部材118を除去することが好ましい。その後、第6層間絶縁膜119を形成する。

## 【0071】

このような工程によれば、プラグ121を配するためのスルーホールを形成することが容易になる。この理由を簡単に説明する。第6層間絶縁膜119を形成する前に第1導波路部材118を除去しなかった場合、半導体基板101に近い側から第5層間絶縁膜113e、第1導波路部材118、第6層間絶縁膜119が順に積層される。そうすると、スルーホールを形成するためには、各層に適した条件での3回の除去工程(例えばエッチング)が必要となる。これに対して、先に第1導波路部材118を除去してから、第6層間絶縁膜119を形成することによって、スルーホールを形成すべき領域には半導体基板101に近い側から第5層間絶縁膜113e、第6層間絶縁膜119が順に積層される。第5層間絶縁膜113eと第6層間絶縁膜119と同じ材料で形成することによって、スルーホールを形成する除去工程を1つの条件で行うことができる。したがって、先に行われる第1導波路部材118の除去工程を含めて、2回の除去工程でスルーホールを形成することができる。

## 【実施例2】

## 【0072】

10

20

30

40

50

本発明に係る固体撮像装置の製造方法の第2の実施例を説明する。図4～図6は、本実施例の各工程における、固体撮像装置の断面構造の概略図である。図1または図2と同様の機能を有する部分については同じ符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0073】

図4(a)は、実施例1の図2(a)で示される工程と同じ工程を示している。つまり、図4(a)は、第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分が除去された状態を示している。本実施例の製造方法における図4(a)までの工程は、実施例1の図1(a)～図2(a)の工程と同様である。

【0074】

図4(b)で示される工程では、第1導波路部材118に対して半導体基板101とは反対側に第2導波路部材122を形成する。第2導波路部材122は撮像領域103及び周辺領域104に形成される。本実施例において、第1導波路部材118を形成する工程と、第2導波路部材122を形成する工程の違いは、両工程の間に第1導波路部材118の周辺領域104に配された部分を除去する工程が行われることである。そのため、第1導波路部材118と同じ材料で第2導波路部材122を形成してもよい。あるいは、第1導波路部材118を形成するときと同じ方法で第2導波路部材122とを形成してもよい。もちろん、第1導波路部材118と異なる材料で第2導波路部材122を形成してもよし、第1導波路部材118を形成するときと異なる方法で第2導波路部材122とを形成してもよい。

【0075】

本実施例では、第1導波路部材118と第2導波路部材122は同じ材料で形成される。具体的には、第2導波路部材122は窒化シリコンで形成される。この場合、CVDあるいはスパッタによって第2導波路部材122を形成することができる。あるいは、ポリイミド系高分子に代表される有機材料の塗布によって第2導波路部材122を形成してもよい。

【0076】

本実施例では、第1導波路部材118及び第2導波路部材をいずれもCVDによって形成している。しかし、プロセスの条件は、両者の間で異なる。なお、条件の異なる複数の工程で、第2導波路部材122を形成してもよい。さらには、複数の異なる材料を順次形成することによって第2導波路部材122を形成してもよい。

【0077】

図4(c)は、第2導波路部材122が形成された後の平坦化工程を示す。本実施例においては、CMPによって第2導波路部材122の半導体基板101とは反対側の面を平坦化する。平坦化は周知の方法で行うことができる。例えば、研磨やエッチング等によって平坦化が行われてもよい。また、平坦化によって、第1導波路部材118、あるいは第2導波路部材よりも半導体基板101側にある部材が露出してもよい。本実施例においては、周辺領域104において、第1導波路部材118が露出している。そして撮像領域103には第2導波路部材122が残っている。しかし、周辺領域104に第2導波路部材122が残っていてもよい。

【0078】

なお、図4(c)の工程においては、第2導波路部材122の半導体基板101とは反対側の面が完全に平坦になる必要はない。平坦化を行う前の第2導波路部材122の半導体基板101とは反対側の面における段差が、平坦化の工程によって低減されればよい。例えば、周辺領域104において、平坦化された後の第1導波路部材118及び第2導波路部材122を合わせた膜厚は、200nm～500nmの範囲であることが好ましい。また、撮像領域103の開口116が配されていない領域において、平坦化された後の第1導波路部材118及び第2導波路部材122を合わせた膜厚は、50nm～350nmの範囲であることが好ましい。

【0079】

なお、本実施例では平坦化の工程の際に第2導波路部材122の半導体基板101とは

10

20

30

40

50

反対側の面が露出している。第2導波路部材122の上に別の部材が形成された場合は、当該別の部材の露出面が平坦化される。

【0080】

図5(a)の工程では、低屈折率部材123を形成する。低屈折率部材123の屈折率は、当該低屈折率部材123よりも半導体基板101側に配され、かつ当該低屈折率部材123と接して配された部材の屈折率よりも低い。低屈折率部材123よりも半導体基板101側に配され、かつ低屈折率部材123と接して配された部材は、言い換えると、低屈折率部材123が形成される前の時点では、露出している部材である。本実施例では第1導波路部材118及び第2導波路部材122が対応する。すなわち、本実施例では、第1導波路部材118及び第2導波路部材122の屈折率よりも、低屈折率部材123の屈折率が低い。具体的には、低屈折率部材123はシリコン酸窒化膜で形成される。シリコン酸窒化膜の屈折率は約1.72である。なお、低屈折率部材123は必ずしも設けられる必要はない。低屈折率部材123を設けない場合は、図5(a)の工程は省略できる。

【0081】

図5(b)の工程では、第1導波路部材118の周辺領域104に形成された部分、あるいは第2導波路部材122の周辺領域104に形成された部分、またはその両方を除去する。特にこの工程では、後述のプラグ121が配される位置、及びプラグ121が配される位置から所定の距離以内に配された第1導波路部材118及び第2導波路部材122を除去することが好ましい。また、低屈折率部材123が配されている場合は、低屈折率部材123の周辺領域104に配された部分を除去する。

【0082】

なお、この工程より前の工程に応じて、第1導波路部材118または第2導波路部材122のいずれかが、周辺領域104に配されていない場合がある。このような場合には、第1導波路部材118または第2導波路部材122のうち、周辺領域104に配されている方を除去する。

【0083】

除去する方法は、周知の方法を用いることができる。例えば、本実施例ではエッチングによって第1導波路部材118、第2導波路部材122、及び低屈折率部材123の周辺領域104に形成された部分を除去している。

【0084】

図5(c)の工程では、第7層間絶縁膜124を形成する。第7層間絶縁膜124は第5層間絶縁膜113eと同じ材料で形成されることが好ましい。必要に応じて、第7層間絶縁膜124の半導体基板101とは反対側の面が平坦化されてもよい。

【0085】

図5(b)及び図5(c)に示された工程によれば、プラグ121を配するためのスルーホール125を形成することが容易になる。この理由を簡単に説明する。第7層間絶縁膜124を形成する前に第1導波路部材118、第2導波路部材122及び低屈折率部材123を除去しなかった場合、第5層間絶縁膜113eと第7層間絶縁膜124との間に、第1導波路部材118、第2導波路部材122及び低屈折率部材123が配される。そうすると、スルーホール125を形成するためには、各層に適した条件での除去工程(例えばエッチング)が必要となる場合がある。これに対して、先に第7層間絶縁膜124を形成する前に第1導波路部材118、第2導波路部材122及び低屈折率部材123を除去してから、第7層間絶縁膜124を形成することによって、スルーホール125を形成すべき領域には第5層間絶縁膜113e、及び第7層間絶縁膜124が互いに接して配される。第5層間絶縁膜113eと第7層間絶縁膜124と同じ材料で形成することによって、スルーホール125を形成する工程を1回のプロセスで行うことができる。したがって、先に行われる第1導波路部材118の除去工程を含めて、2回の除去工程でスルーホール125を形成することができる。このようにスルーホール125を形成することができるため、工程が簡略化される。

【0086】

10

20

30

40

50

図6(a)の工程では、第7層間絶縁膜124の第2配線層112bの所定の導電部材と重なった位置にスルーホール125を形成する。スルーホール125は例えばエッチングによって形成される。

【0087】

図6(b)の工程では、第3配線層112c、及び層内レンズ120を形成する。まず、スルーホール125にプラグ121を形成する。プラグ121は第2配線層112bの所定の導電部材と第3配線層112cの所定の導電部材とを電気的に接続する。

【0088】

次に、第3配線層112cを形成する。本実施例では、第3配線層112cの導電部材はアルミで構成される。なお、第3配線層112cを形成する方法は、第1配線層112aまたは第1配線層112bを形成する工程で説明した方法が適宜用いられる。第3配線層112cの導電部材は、アルミ以外の金属で構成されてもよい。

10

【0089】

また、この工程では層内レンズ120を形成する。層内レンズ120は光電変換部105に対応して配される。層内レンズ120は例えばシリコン窒化膜で形成される。層内レンズ120を形成する方法は、周知の方法を用いることができる。本実施例では、層内レンズ120を形成する材料が周辺領域104にも配される。しかし、層内レンズ120を形成する材料が撮像領域103のみに配されてもよい。

【0090】

また、層内レンズ120と第7層間絶縁膜124の間には、両者の中間の屈折率を有する中間部材が配されてもよい。本実施例では、不図示のシリコン酸窒化膜が、層内レンズ120と第7層間絶縁膜124との間に配される。具体的にはシリコン酸窒化膜(層内レンズ120)の屈折率が約2.00、シリコン酸窒化膜(中間部材)の屈折率が約1.72、シリコン酸化膜(第7層間絶縁膜124)の屈折率が約1.45である。

20

【0091】

このような構成によって、反射率を低減することが可能である。この点について簡単に説明する。一般に、屈折率n1の媒質から屈折率n2の媒質に光が進むとき、n1とn2の差が大きいほど反射率が大きくなる。層内レンズ120と第7層間絶縁膜124との間に、両者の中間の屈折率を有する中間部材が配されることによって、界面での屈折率の差が小さくなる。結果として、層内レンズ120と第7層間絶縁膜124とが互いに接して配された場合に比べて、層内レンズ120から第7層間絶縁膜124へ光が入射する場合の反射率を小さくすることができる。同様に第7層間絶縁膜124と第2導波路部材122との間に、両者の中間の屈折率を有する低屈折率部材123が配されることによって、界面での屈折率の差が小さくなる。結果として、第7層間絶縁膜124から第2導波路部材122へ光が入射する場合の反射率を小さくすることができる。

30

【0092】

中間部材が配されたことによる反射率の低減の度合いは、中間部材の膜厚d、中間部材の屈折率N、及び入射光の波長pの関係によって変化する。これは、複数の界面からの多重反射光が互いに打消しあうからである。理論的には、kが0以上の任意の整数であるとき、式(1)の条件の時に反射率が最も低減される。

40

【0093】

【数1】

$$d = \frac{p}{4N} (2k+1) \cdots (1)$$

【0094】

50

すなわち、中間部材の膜厚が、 $p / 4N$  の奇数倍の時に、理論的には最も反射率が低減される。したがって、上記の式(1)に基づいて、中間部材の膜厚を設定すればよい。特に、中間部材の膜厚は以下の式(2)を満足することが好ましい。さらに、式(2)において  $k = 0$  の場合が最も好ましい。

【0095】

【数2】

$$\frac{p}{4N} (2k+0.5) < d < \frac{p}{4N} (2k+1.5) \quad \cdots (2)$$

10

【0096】

例えば、第7層間絶縁膜124の屈折率が1.45、中間部材の屈折率が1.72、層内レンズ120の屈折率が2.00であり、入射光の波長が550nmである例を考える。このとき、中間部材の膜厚を80nmとすると、層内レンズ120から第7層間絶縁膜124へ透過する光の透過率は約1.00である。これに対して、層内レンズ120と第7層間絶縁膜124とが互いに接して配された場合、透過率は約0.97である。

【0097】

図6(c)の工程では、カラーフィルター127a、127b、マイクロレンズ128を形成する。まず、層内レンズ120に対して半導体基板101とは反対側に第8絶縁膜126を形成する。第8絶縁膜126は例えば有機材料で形成される。必要に応じて第8絶縁膜126の半導体基板101とは反対側の面は平坦化される。例えば、第8絶縁膜126を構成する有機材料を塗布することによって、半導体基板101とは反対側の面が平坦化された第8絶縁膜126を形成することができる。

20

【0098】

次にカラーフィルター127a、127bを形成する。カラーフィルター127a、127bは光電変換部105に対応して配される。カラーフィルター127aを透過する光の波長と、カラーフィルター127bを透過する光の波長は異なってもよい。続いて、カラーフィルター127a、127bに対して半導体基板101とは反対側にマイクロレンズ128を形成する。マイクロレンズ128を形成する方法は周知の方法を用いることができる。

30

【0099】

本実施例の製造方法によれば、第1導波路部材118を形成した後に、平坦化することが容易である。そのため、層内レンズ120、カラーフィルター127、あるいはマイクロレンズ128を形成する際に、平坦性の高い下地の上にこれらの部材を形成することができる。したがって、高い精度で層内レンズ120、カラーフィルター127、あるいはマイクロレンズ128を形成することができる。結果として、画質を向上することができる。

【0100】

40

【実施例2の変形例】

実施例2では、第2導波路部材122を形成した後に、図4(c)で示される平坦化の工程を行った。しかし、図4(a)の工程の後に平坦化を行い、その後第2導波路部材122を形成してもよい。

【符号の説明】

【0101】

- 100 固体撮像装置
- 101 半導体基板
- 103 撮像領域
- 104 周辺領域

50

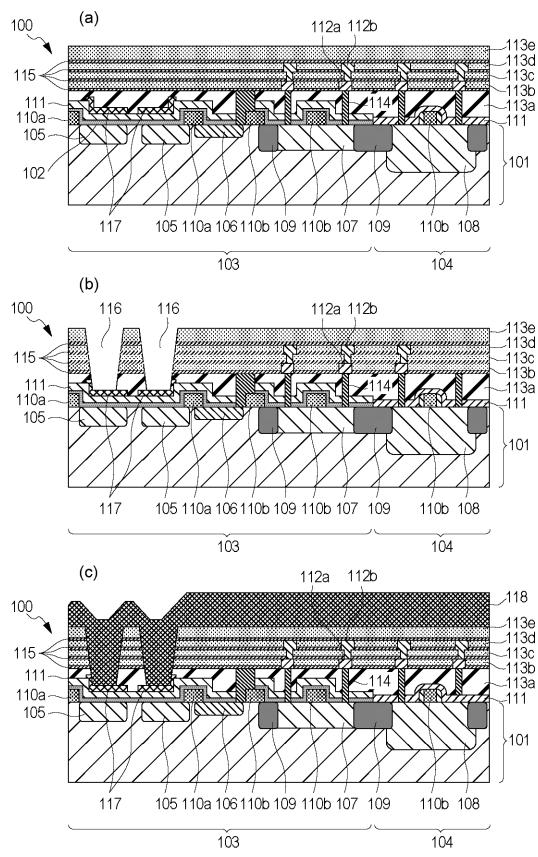
105 光電変換部

1 1 3 a ~ 1 1 3 e 第 1 ~ 第 5 層間絶縁膜

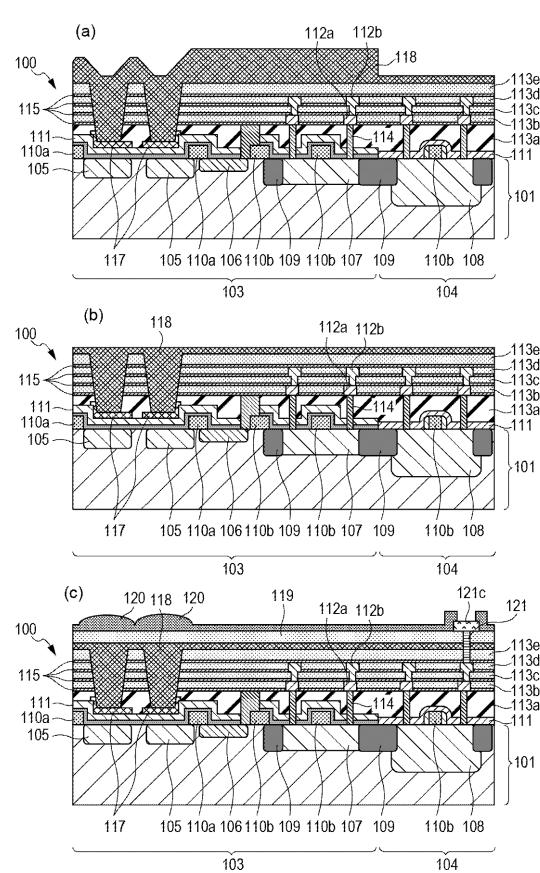
1 1 6 開口

1 1 8 第 1 導波路部材

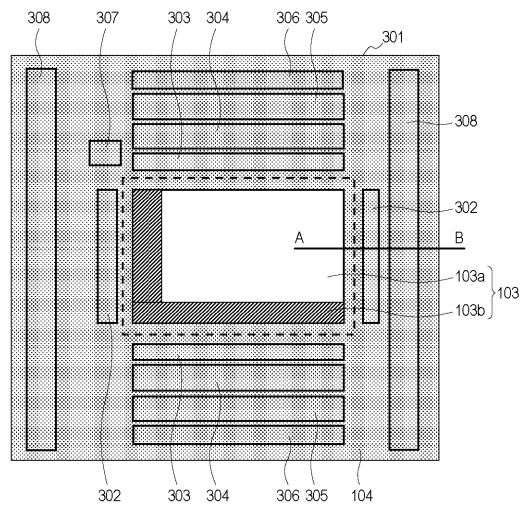
【 四 1 】



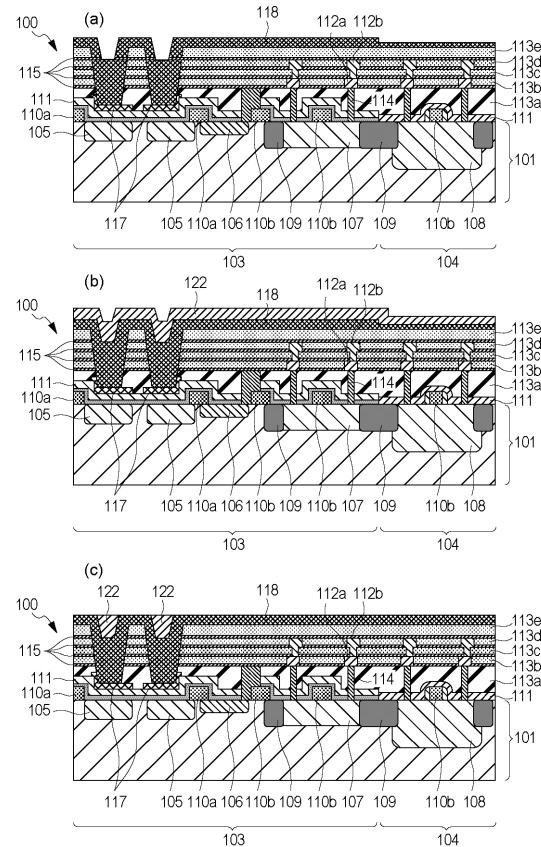
【 図 2 】



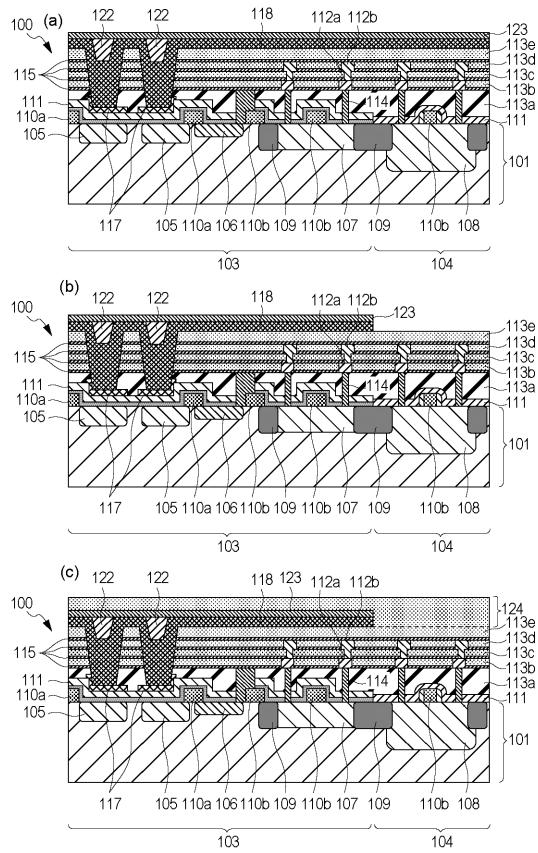
【図3】



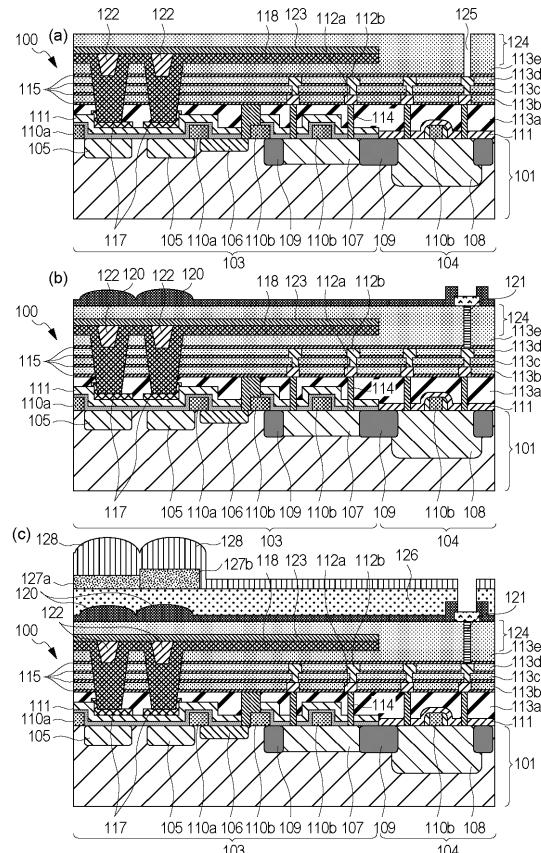
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 板橋 政次  
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

審査官 石坂 博明

(56)参考文献 特開平07-235537(JP, A)  
特開2005-302894(JP, A)  
特開2004-335497(JP, A)  
特開2008-109153(JP, A)  
特開2009-176952(JP, A)  
特開2007-057846(JP, A)  
特開2008-098373(JP, A)  
特開2003-007702(JP, A)  
特開2010-103458(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/28-21/288, 21/3205-21/3213  
21/329, 21/339, 21/44-21/445  
21/70, 21/74-21/764, 21/768  
23/522, 23/532  
27/14, 27/144-27/148  
29/40-29/49, 29/762, 29/872