

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3678065号  
(P3678065)

(45) 発行日 平成17年8月3日(2005.8.3)

(24) 登録日 平成17年5月20日(2005.5.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H O 1 L 27/14

H O 1 L 27/14

Z

H O 1 L 31/10

H O 1 L 27/14

D

H O 1 L 31/10

A

請求項の数 6 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平11-232972                  (22) 出願日 平成11年8月19日(1999.8.19)                  (65) 公開番号 特開2001-60677(P2001-60677A)                  (43) 公開日 平成13年3月6日(2001.3.6)                  審査請求日 平成14年1月10日(2002.1.10)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000004260                  株式会社デンソー                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地                  (74) 代理人 100096998                  弁理士 碓氷 裕彦                  (74) 代理人 100118197                  弁理士 加藤 大登                  (74) 代理人 100123191                  弁理士 伊藤 高順                  (72) 発明者 豊田 稲男                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会                  社デンソー内                  (72) 発明者 後藤 吉孝                  愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会                  社デンソー内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 集積化フォトセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1つのチップ(1)上に、光を受光して電気信号に変換する受光素子(4)と、該受光素子からの電気信号を処理する信号処理回路用素子(5、6)とが互いに別部位に形成されており、前記チップ上における前記信号処理回路用素子の形成領域には、受光領域を設定するための遮光膜(34)が形成されており、この遮光膜と前記チップとの間には、電気絶縁性を有する層間絶縁膜(30)が介在設定されている集積化フォトセンサにおいて、前記層間絶縁膜は前記受光素子上にも形成されており、前記受光素子上に形成された層間絶縁膜(30a)の上は、前記層間絶縁膜と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル(100)にて覆われていることを特徴とする集積化フォトセンサ。

10

【請求項2】

1つのチップ(1)上に、光を受光して電気信号に変換する受光素子(4)と、該受光素子からの電気信号を処理する信号処理回路用素子(5、6)とが互いに別部位に形成されており、前記チップ上における前記信号処理回路用素子の形成領域には、受光領域を設定するための遮光膜(34)が形成されており、この遮光膜と前記チップとの間には、電気絶縁性を有する層間絶縁膜(30)が介在設定されている集積化フォトセンサにおいて、前記層間絶縁膜は前記受光素子上にも形成されており、前記受光素子上に形成された層間絶縁膜(30a)の上は、前記層間絶縁膜と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル(100)にて覆われており、この光透過性ゲルは、前記遮光膜よりも厚く、且つ、前記遮光膜と前記受光素子上に形成された層間絶縁膜との間に生じる段差を埋めるように形成され

20

ていることを特徴とする集積化フォトセンサ。

【請求項 3】

前記光透過性ゲル(100)は前記遮光膜(34)上も覆うものであり、且つ、前記チップ(1)を保護するに十分な厚さを有するものであることを特徴とする請求項1または2に記載の集積化フォトセンサ。

【請求項 4】

前記光透過性ゲル(100)は、その厚さが前記受光素子(4)上に形成された層間絶縁膜(30a)の厚さの100倍以上である請求項1ないし3のいずれか1つに記載の集積化フォトセンサ。

【請求項 5】

前記受光素子(100)はシリコンからなり、前記層間絶縁膜(30)はシリコン酸化膜からなることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の集積化フォトセンサ。

【請求項 6】

前記受光素子(4)はシリコンからなり、前記層間絶縁膜(30)はシリコン窒化膜からなることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の集積化フォトセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板上に受光素子、信号処理回路用素子を集積形成してなる集積化フォトセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の集積化フォトセンサとしては、特開平10-289994号公報に記載のものが提案されている。このものは、1つのチップ上に受光素子、信号処理回路用素子を形成し、チップ表面を選択的に受光領域を設定するための遮光膜を配設して構成したものである。それによって、集積化する際にチップサイズを極力小さくして、かつ、信号処理回路用素子が光を受けることによる誤動作を極力防止することができることとされている。また、このようなセンサにおいては、一般に、センサを保護するためにチップ上を樹脂等よりなる保護膜で覆っていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記フォトセンサにおいては、遮光膜は受光素子以外の領域を覆うように設けられ、遮光膜の下には信号処理回路用素子(デジタル回路用、アナログ回路用、調整用等の各回路素子)との電氣的絶縁を確保するためのシリコン酸化膜等よりなる絶縁膜(層間絶縁膜)が介在されている。

【0004】

そして、この層間絶縁膜が受光素子上に存在すると光学特性が光の干渉によって波長毎にばらつく。この光学特性のばらつきを防止するために、受光素子上では層間絶縁膜を除去した構成としている。しかし、この場合、除去する工程が追加され製造コストがかかるとい問題がある。また、この場合、受光素子上に上記保護膜が載った形となるが、保護膜の種類によってはセンサ感度がばらつく可能性がある。

【0005】

ちなみに、特開平8-32045号公報では、集積化フォトセンサにおいて、受光素子上に層間絶縁膜を残した構造とし、この受光素子上の層間絶縁膜上に、層間絶縁膜に対して屈折率の近い膜(プラズマCVDによる酸化膜、以下、P-SiO<sub>2</sub>膜という)を用いることで、この屈折率の近い膜と層間絶縁膜との界面における反射を抑制するようにしている。

【0006】

しかしながら、この構成においては、上記P-SiO<sub>2</sub>膜の膜厚が薄いため、受光素子上

10

20

30

40

50

に屈折率の大きく異なるSiN膜を残す場合に比べて、界面での反射は抑えられるものの、干渉による影響を排除することは難しく、光学特性の変動を十分抑制できてはいない。また、上記P-SiO<sub>2</sub>膜を形成するにあたっては、成膜プロセスにおける膜厚等の制御が難しいため、膜厚に影響を及ぼし、光学特性のばらつきを引き起こす。

【0007】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、簡単に製造でき、且つ、干渉による影響から生ずる光学特性のばらつきを適切に抑制することのできる集積化フォトセンサを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1～請求項8記載の発明は、1つのチップ(1)上に、光を受光して電気信号に変換する受光素子(4)と、該受光素子からの電気信号を処理する信号処理回路用素子(5、6)とを互いに別部位に形成し、該チップ上における該信号処理回路用素子の形成領域に、受光領域を設定するための遮光膜(34)を形成し、該遮光膜と該チップとの間に、電気絶縁性を有する層間絶縁膜(30)を介在設定させてなる集積化フォトセンサについて、為されたものである。

【0009】

まず、請求項1の発明では、層間絶縁膜(30)を受光素子(4)上にも形成し、該受光素子上に形成された層間絶縁膜(30a)上を、該層間絶縁膜と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル(100)にて覆うようにしたことを特徴としている。

【0010】

本発明のように、受光素子(4)上に形成された層間絶縁膜(30a)と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル(100)を用いれば、当該ゲルの膜厚を干渉が発生しない程度に十分に厚くできる。また、従来のP-SiO<sub>2</sub>膜のように膜厚が薄いと、膜厚ばらつきが光学特性に影響を与えるが、光透過性ゲルは十分に膜厚を厚くできるから、多少、当該ゲルの膜厚がばらついたところで、光学特性に影響を殆ど及ぼさない。

【0011】

更には、光透過性ゲルの厚さを干渉が起きない程度に厚くできるため、層間絶縁膜を厚いものとともに、層間絶縁膜の厚さがばらついても、光学特性への影響を抑制することができる。そのため、受光素子上の層間絶縁膜の除去工程が不要とできる。また、当該ゲルは、塗布等にて簡単に層間絶縁膜上に配設することができる。従って、本発明によれば、簡単に製造でき、且つ、干渉による影響から生ずる光学特性のばらつきを適切に抑制することのできる集積化フォトセンサを提供することができる。

【0012】

また、請求項2の発明では、層間絶縁膜(30)を受光素子(4)上にも形成し、該受光素子上に形成された層間絶縁膜(30a)上を、該層間絶縁膜と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル(100)にて覆うとともに、この光透過性ゲルを、該遮光膜よりも厚く且つ該遮光膜と該受光素子上に形成された層間絶縁膜との間に生じる段差を埋めるように形成したことを特徴としている。

【0013】

本発明のように、受光素子(4)上に形成された層間絶縁膜(30)上を被覆し且つ該層間絶縁膜と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル(100)を、遮光膜(34)よりも厚く且つ該遮光膜と受光素子上に形成された層間絶縁膜との間に生じる段差を埋めるように形成すれば、当該ゲルの厚さを十分に厚くできるため、請求項1の発明と同様の作用効果を効率よく発揮することができる。

【0014】

また、請求項3の発明では、光透過性ゲル(100)を、遮光膜(34)上も覆うものとし且つチップ(1)を保護するに十分な厚さを有するものとするれば、当該ゲルを、チップ全体を覆うほど厚く形成されたものとしてできるから、光学特性ばらつきとなるような入射光の干渉をより効率良く抑制できる。また、請求項4の発明のように、光透過性ゲル(100)

10

20

30

40

50

0)の厚さを、受光素子(4)上に形成された層間絶縁膜(30a)の厚さの100倍以上(より好ましくは200倍以上)とすることによっても、光の干渉を十分に抑制できる厚さが実現できる。

【0016】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。図1は本実施形態に係る集積化フォトセンサの要部であるセンサ部200の縦断面構成について必要な素子形成領域を選択的に示した模式図である。なお、図1に示すセンサ部200は、上記特開平10-289994号公報に記載のものを、その基本構造としていおり、シリコン基板1の1チップ単位に形成されたものである。

10

【0018】

半導体基板としてのp形(図中、高濃度領域はp+、n+で示す)シリコン基板(本発明でいうチップ)1は、面方位が(100)のものを用いており、低濃度のn形(図中、低濃度領域はp-、n-で示す)エピタキシャル層が積層されている(図中、シリコン基板1の上側の破線で示す領域に相当する)。このエピタキシャル層2には素子形成領域単位で分離されるように、周囲を高濃度p形分離拡散領域3として形成している。

【0019】

この場合、分離拡散領域3は、予めエピタキシャル層2を形成する前に埋込形成している不純物層を熱拡散することにより上方に向けてp形領域3aを形成すると共に、エピタキシャル層2を形成した状態で、上方から不純物を熱拡散することにより下方に向けてp形領域3bを形成することにより、両p形領域3a、3bが連結するように形成したものである。

20

【0020】

また、エピタキシャル層2を形成する際には、素子形成領域のうちで必要に応じて高濃度n形不純物領域を埋込形成しており、素子形成後に横方向に対する電流が流れやすくなるように低抵抗領域として形成されている。そして、素子形成領域には、後述するように、受光素子としてのフォトダイオード4、デジタル回路用素子としてのIIL素子5、アナログ回路用素子としてのバイポーラトランジスタ6、調整用回路素子としての薄膜抵抗素子7が形成される他に、拡散抵抗、キャパシタあるいはダイオードなどの各種回路用素子が形成されると共に、電極パッド8が形成されている。

30

【0021】

フォトダイオード4は、エピタキシャル層2を分離形成された素子形成領域4aに設けられている。素子形成領域4aには、基板1との界面部に予め高濃度n形埋込拡散領域9が形成されており、その周辺部位に表面までつながった状態で形成された高濃度n形領域10が設けられると共に、表層部分にはコンタクト用の高濃度n形領域11が形成されている。また、素子形成領域4aの内側には受光部となるpn接合を構成する高濃度p形拡散領域12が形成されていると共に、コンタクトをとるための高濃度p形拡散領域13がその一端側に形成されている。

40

【0022】

IIL素子5は、エピタキシャル層2を分離形成された素子形成領域5aに設けられている。素子形成領域5aには、基板1との界面部に予め高濃度n形埋込拡散領域14が形成されており、また、その周辺部位に表面までつながった状態で形成された高濃度n形領域15が設けられると共に、表層部分にはコンタクト用の高濃度n形領域16が形成されている。また、素子形成領域5aの内側には低濃度p形ベース層17及びこのベース層17へのコンタクト用の高濃度p形領域18を形成すると共に、高濃度p形インジェクタ層19を形成している。また、ベース層17内には、3つの高濃度n形エミッタ層20が形成されている。

50

## 【0023】

バイポーラトランジスタ6は、エピタキシャル層2を分離形成された素子形成領域6aに設けられており、その素子形成領域6aには、基板1との界面部に予め高濃度n形埋込拡散領域21が形成されている。そして、素子形成領域6aには、高濃度p形ベース領域22が形成されると共に、高濃度n形コレクタ領域23及びベース領域21内に高濃度n形エミッタ領域24が形成されている。

## 【0024】

薄膜抵抗素子7は、エピタキシャル層2を分離形成された素子形成領域7aに設けられており、その素子形成領域7aの表面部には高濃度n形領域25が形成されている。また、この素子形成領域7aの上部には、所定膜厚の酸化膜(シリコン酸化膜)26を介した状態

10

## 【0025】

電極パッド8は、エピタキシャル層2を分離形成した素子形成領域8aの上の基板表面に形成された酸化膜26上に、配線用材料のアルミニウムなどによりパターンニングされた電極パターン28及び電極パターン29を積層してなるもので、この部分はボンディング工程にて外部と電気的に接続されるようになっている。

## 【0026】

上述のようにして基板1内部に形成された各種回路用素子4~8に対して、表面部には酸化膜26が形成されると共に、端子に対応する部分に所定の電極パターン28(膜厚は例えば1.1 $\mu$ m程度)が上述のアルミニウム配線処理工程を経て形成されている。ここで

20

## 【0027】

そして、このようにして形成された基板1の表面には、平坦化処理用の電気絶縁性を有する絶縁膜としての第1のTEOS(テトラエトキシシリコン)膜31(膜厚は例えば200nm程度)、例えばBPSG(Boron-Phospho-Silicated Glass)等のSOG(スピノンガラス)32及び第2のTEOS膜33(膜厚は例えば700nm程度)が順次積層形成されている。これによって、アルミニウム配線用のパターンニングによる段差部分がSOG32により埋められ、第2のTEOS膜33を積層することにより、急峻な段差部の無い平坦化された表面が得られる。本実施形態では、これら各膜31~33により本発

30

## 【0028】

この平坦化された第2TEOS膜33の上には所定の遮光領域にアルミニウム系金属(Al-Si)よりなる遮光膜34(膜厚は例えば1.3 $\mu$ m)が積層形成されている。この場合、遮光膜34は、IIL素子5、バイポーラトランジスタ6などの信号処理を行う信号処理回路用素子の表面を覆うように配置形成されている。また、遮光膜34の形成と共に同時に、そのAl-Siにより電極パッド8の電極パターン29も形成してパターンニングしている。また、この遮光膜34は、所定部位34aで下層のアルミニウム電極28aを介して基板1のp形分離拡散領域3と電気的に接続された状態とされ、その電位が基板1の電位と同じになるように設定されている。

40

## 【0029】

さらに、この遮光膜34の上部に保護用のシリコン窒化膜(SiN膜)35(膜厚は例えば1.6 $\mu$ m程度)が積層形成されている。なお、上述した電極パターン29の面にはSiN膜35は配置形成されず、電極パターン29の面が露出される状態に形成される。また、フォトダイオード4の受光面部分には、遮光膜34及びSiN膜35のいずれも配置されていない。

## 【0030】

図1に示すセンサ部200は、以上のように、上記特開平10-289994号公報に記載の構成、即ち、1つのシリコン基板(チップ)1上に、受光素子4と信号処理回路用素子5、6とを互いに別部位に形成し、基板1上に受光領域を設定するための遮光膜34を

50

形成し、遮光膜 34 と基板 1 との間に層間絶縁膜 30 を介在設定した構成を基本構造としているが、本実施形態では、次に述べるように、当該公報とは異なる独自の構成を有している。

#### 【0031】

まず、本実施形態では、図 1 に示す様に、SiN 膜 35 及び遮光膜 34 が存在しない領域であるフォトダイオード 4 の受光面部分に、層間絶縁膜 30 (31 ~ 33) を残している。ここで、フォトダイオード 4 上の酸化膜 26 の上に形成された層間絶縁膜 30 を、符号を代えて層間絶縁膜 30a とする。そして、フォトダイオード 4 上に形成された層間絶縁膜 30a の上を、層間絶縁膜 30 と略同等の屈折率を有する光透過性ゲル 100 にて覆った構成としている。なお、SOG 32 は両 TEOS 膜 31、33 の段差を埋めるものであり、フォトダイオード 4 上に形成された層間絶縁膜 30a においては平坦なため SOG 32 は存在せず、該層間絶縁膜 30a は両 TEOS 膜 31、33 の 2 層膜から構成されている。

10

#### 【0032】

層間絶縁膜 30 の屈折率は 1.46 程度であり、この光透過性ゲル 100 は屈折率が層間絶縁膜 30 と略同等 (例えば 1.0 ~ 2.13 程度の屈折率) のシリコンゲルよりなる。また、この光透過性ゲル 100 は、遮光膜 34 上 (SiN 膜 35 上) も覆っており、チップとしてのシリコン基板 1 全体を保護するに十分な厚さを有し、チップとしてのシリコン基板 1 を保護する保護材としても機能している。

#### 【0033】

この光透過性ゲル 100 の厚さは、遮光膜 34 (膜厚は例えば 1.3 μm) よりも厚く、且つ、フォトダイオード 4 上に形成された層間絶縁膜 30a の厚さの 100 倍以上とすることが好ましい。例えば、光透過性ゲル 100 の厚さは 200 μm 程度とできる。そして、このように厚く形成された光透過性ゲル 100 は、遮光膜 34 とフォトダイオード 4 上の層間絶縁膜 30a との間に生じる段差を埋めるように配置されている。

20

#### 【0034】

そして、本センサ部 200 においては、上記図 1 に示す構成がシリコン基板 1 における 1 つのチップ単位内に形成されており、チップ化されたセンサ部 200 は、図 2 に示すように組み付けられて、本発明の集積化フォトセンサとして使用される。図 2 は、本発明の集積化フォトセンサを示す概略断面図である。このフォトセンサは、例えば、車載用光センサとして用いられ、自動車の照明を周囲環境に応じてオンオフ制御するときの周囲照度を検知するセンサ (以下、照度検知センサという)、または、オートエアコン制御に用いる日射センサとして適用される。

30

#### 【0035】

図 2 において、201 はコネクタケースであり、PPS (ポリフェニレンサルファイド) や PBT (ポリブチレンテレフタレート) 等の樹脂等よりなるケース本体 202 に、金属製のリードフレーム 203 が内蔵されている。コネクタケース 201 の一端側 (図中、下方側端部) は、配線部材 (図示せず) 等を介して図示しない外部回路 (自動車の ECU 等) に接続されるようになっている。

#### 【0036】

コネクタケース 201 の他端側には凹部が形成され、この凹部に露出したリードフレーム 203 上に上記センサ部 200 が接着剤等により接着固定されている。また、このセンサ部 200 における電極パッド 8 は、ボンディングワイヤ 204 を介してリードフレーム 203 に結線されている。そして、上記凹部を埋めるように配された光透過性ゲル 100 によって、センサ部 200 は封入され、且つ、保護されている。また、ゲル 100 及びセンサ部 200 上を覆うように、透光性樹脂よりなるカバー 205 が、ケース本体 202 に取り付けられている。

40

#### 【0037】

かかる、集積化フォトセンサにおいては、カバー 205 方向から検出対称となる光が、カバー 205 を通過してセンサ部 200 に入射される。この入射光は、ゲル 100、層間絶

50

縁膜30aを通過して、フォトダイオード4に受光される。すると、受光量等に応じてフォトダイオード4に光電流(本発明でいう電気信号)が発生し、この光電流は、IIL素子5及びバイポーラトランジスタ6よりなる信号処理回路用素子にて信号処理され、電極パッド8から、ワイヤ204、リードフレーム203を通過して、外部回路に出力される。

【0038】

また、上記センサ部200は、上記特開平10-289994号公報に記載の製造工程に準じて製造することができる。詳細は当該公報に譲って、ここではセンサ部200の製造工程の概略を述べることにする。まず、シリコン基板1上に通常のIC製造技術に用いられる手段(イオンインプランテーション、拡散等)を用いて、フォトダイオード4等の各種回路用素子4~8及び酸化膜26を形成する。その後、金属薄膜であるAlを成膜し、これをフォトエッチングすることによって、回路素子の配線用電極(電極パターン28)を形成する。

10

【0039】

その後、第1のTEOS膜31、SOG32及び第2のTEOS膜33からなる層間絶縁膜30を形成し、次に、遮光膜34となるAl-Si膜を成膜し、遮光膜34のパターンにフォトエッチングする。次に、保護膜としてのSiN膜をCVD法によって成膜し、フォトエッチングによって、フォトダイオード4の受光面上のSiN膜をドライエッチングによって除去する。

【0040】

このようにして作製したシリコン基板1を個々のチップに切り出し、該チップ(即ち、上記センサ部200)をコネクタケース201のリードフレーム203上に接着剤にて接着した後、センサ部200の電極パッド8とリードフレーム203とをワイヤボンディングにより電気的に接続する。その後、センサ部200上に、光透過性ゲル100を塗布し、続いて、熱処理を施した後、カバー202をケース本体202に接着固定する。こうして、上記図2に示す集積化フォトセンサが完成する。

20

【0041】

ところで、本実施形態によれば、フォトダイオード(受光素子)4上に形成された層間絶縁膜30aと同等の屈折率を有する光透過性ゲル100を用いれば、当該ゲル100の膜厚を干渉が発生しない程度に十分に厚くできる。本実施形態では、光透過性ゲル100は、遮光膜34上(さらにはSiN膜35上)も覆っており、チップとしてのシリコン基板1全体を保護するに十分な厚さを有し、遮光膜34とフォトダイオード4上の層間絶縁膜30aとの間に生じる段差を埋めるように配置されている。

30

【0042】

このように厚く形成された光透過性ゲル100によって、光学特性ばらつきとなるような入射光の干渉をより効率良く抑制できる。つまり、上記特開平8-32045号公報記載のP-SiO<sub>2</sub>膜のように膜厚が薄いと、膜厚ばらつきが光学特性に影響を与えるが、光透過性ゲル100は十分に膜厚を厚くできるから、多少、当該ゲル100の膜厚がばらついたところで、光学特性に影響を殆ど及ぼさない。

【0043】

更には、光透過性ゲル100の厚さを干渉が起きない程度に厚くできるため、フォトダイオード4上の層間絶縁膜30aを厚いものとともに、該層間絶縁膜30aの厚さがばらついても、光学特性への影響を抑制することができる。よって、従来のように受光素子上の層間絶縁膜を除去する工程が不要であり、製造コスト的に有利である。また、当該ゲル100は、上記従来のP-SiO<sub>2</sub>膜のように成膜装置を用いて配設するものではなく、塗布にて簡単に層間絶縁膜30a上に配設することができるため、製造も容易である。

40

【0044】

このように、本実施形態では、塗布により簡単にしかも厚く配設できるというゲルの特性に着目して光透過性ゲル100を採用した構成としている。従って、本実施形態によれば、簡単に製造でき、且つ、干渉による影響から生ずる光学特性のばらつきを適切に抑制す

50

ることのできる集積化フォトセンサを提供することができる。

【0045】

このように、本実施形態では、シリコンよりなるフォトダイオード（受光素子）4の上に、酸化膜26及び層間絶縁膜30aよりなるシリコン酸化膜、光透過性ゲル（本例ではシリコンゲル）100が順次積層形成された独自の構成とすることにより、上記の種々の効果を奏するが、次に、このような構成による、より具体的な作用効果について説明していく。

【0046】

シリコン（本実施形態ではフォトダイオード4に相当）の屈折率を $n_2$ 、シリコン酸化膜（本実施形態では酸化膜26と層間絶縁膜30aに相当）の屈折率を $n_1$ 、シリコン酸化膜上の物質（本実施形態では光透過性ゲル100に相当）の屈折率を $n_0$ とし、受光素子上方から光を入射した時にシリコンに透過する光の透過率 $T$ を下記の数式1に示す。なお、本実施形態において、酸化膜26と層間絶縁膜30aとは、製法は異なるが共にシリコン酸化膜であるから、互いに屈折率は略同じであり、屈折率 $n_1$ は層間絶縁膜30aの屈折率とみなすことができる。

【0047】

【数1】

$$T = a / (b + c \cdot \cos(2 \cdot n_1 \cdot d))$$

ここで、 $\lambda$ は照射光の波長であり、 $d$ はシリコン酸化膜の厚さ（膜厚）であり、数式1中の $a$ 、 $b$ 、 $c$ は下記の数式2にて示されるものである。

【0048】

【数2】

$$a = 8 n_0 \cdot n_1^2 \cdot n_2$$

$$b = (n_0^2 + n_1^2)(n_1^2 + n_2^2) + 4 n_0 \cdot n_1^2 \cdot n_2$$

$$c = (n_0^2 - n_1^2)(n_1^2 - n_2^2)$$

これらの数式を用いて、シリコン酸化膜上の物質が空気（屈折率が1）である場合（つまり、光透過性ゲル100が無い場合）の透過率 $T$ を計算した比較例を、図3に示す。ここで、シリコンの屈折率 $n_0$ を3.45、シリコン酸化膜の屈折率 $n_1$ を1.46とした。

【0049】

図3では、シリコン酸化膜の厚さ $d$ が1000nmの場合（図中、実線図示）と、シリコン酸化膜の厚さ $d$ が100nmの場合（図中、破線図示）とについて、透過率 $T$ の照射光波長（単位：nm）に対する依存性を示している。これより、シリコン酸化膜の厚さ $d$ が厚いときに、透過率 $T$ が大きく変化することがわかる。

【0050】

透過率 $T$ が変化すると、受光素子で検出される光の量が変わってしまうため、光強度の検出特性のばらつき要因となるほか、光の波長によっても透過率 $T$ が異なるため、同じ明るさでも光の波長によって光強度の検出特性が異なる。特に、車載用として用いられる上記照度検知センサや日射センサでは、太陽光をはじめとして車外の種々の光が検出対象となるため、波長依存性が大きいことは問題となる。比較例の場合では、透過率 $T$ の変化を小さくするためには、100nm程度の薄い膜厚のシリコン酸化膜を用い、且つ、その膜厚を精度良く制御する必要がある。

【0051】

これに対し、シリコン上にシリコン酸化膜26、30aが形成され、これらシリコン酸化膜26、30a上に光透過性ゲル100が形成されている本実施形態の場合について、上記数式1及び2を用いて検討した例を示す。光透過性ゲル100として、その屈折率が1.41のシリコンゲルを用いた時の透過率 $T$ を計算したものを、図4に示す。なお、上記比較例と同様、シリコンの屈折率 $n_0$ を3.45、シリコン酸化膜の屈折率 $n_1$ を1.46とした。

【0052】

図4では、シリコン酸化膜の厚さ $d$ が1000nmの場合（図中、実線図示）と、シリコ

10

20

30

40

50

ン酸化膜の厚さ  $d$  が  $100\text{ nm}$  の場合 ( 図中、破線図示 ) とについて、透過率  $T$  の照射光の波長 ( 単位 :  $\text{nm}$  ) に対する依存性を示している。これより、本実施形態では比較例に比べて、シリコン酸化膜の厚さ  $d$  が厚い場合でも、透過率  $T$  の変化が非常に小さいことがわかる。

【 0053 】

このため、受光素子 ( フォトダイオード 4 ) 上のシリコン酸化膜 26、30a を薄くする必要が無く、また、従来のように、受光素子上の層間絶縁膜等を除去する必要がない。また、受光素子上のシリコン酸化膜の膜厚がばらついていても、殆ど透過率変化に影響しないため、従来のように、シリコン酸化膜の厚さを精度良く制御する必要がなくなる。

【 0054 】

また、上記数式 1 において、右辺の  $\cos(2 \cdot n_1 \cdot d)$  は、 $d$  の値によって  $-1$  から  $+1$  の間を振動する。従って、下記の数式 3 に示されるように、透過率  $T$  の最小値  $T_{\min}$  及び透過率  $T$  の最大値  $T_{\max}$  が求められ、更には、これら最大値及び最小値から、光の波長  $\lambda$  やシリコン酸化膜の厚さ  $d$  が変化したときの透過率  $T$  の変動  $\Delta T$  が求められる。

【 0055 】

【 数 3 】

$$T_{\min} = a / ( b + c )$$

$$T_{\max} = a / ( b - c )$$

$$\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$$

図 5 は、透過率の変動  $\Delta T$  がシリコン酸化膜上の物質の屈折率  $n_0$  によってどのように変わるかを示すものである。

【 0056 】

図 5 からわかるように、シリコン酸化膜上の物質 ( 本実施形態の光透過性ゲル 100 に相当 ) の屈折率  $n_0$  が、シリコン酸化膜の屈折率  $n_1$  ( 上記のように、実質的には層間絶縁膜 30 の屈折率に相当、本例では  $1.46$  ) と完全に同等 ( つまり  $n_0 = n_1$  ) である時、最も透過率変動は小さくなる。また、図 5 から、光透過性ゲル 100 の屈折率  $n_0$  が  $1 \sim 2.13$  の範囲に有れば、ゲル 100 が無い状態即ち空気 (  $n_0 = 1$  ) に比べて透過率の変化が小さくなるため、好ましいことがわかる。

【 0057 】

次に、本発明者等の試作検討に基づく、本実施形態の具体的効果を図 6 ~ 図 9 を参照して述べる。図 6 は、フォトダイオード 4 上にシリコン酸化膜 26、30a を厚さ  $270\text{ nm}$  にて形成し、シリコンゲル ( 光透過性ゲル 100 ) は形成しないもの、図 7 は、フォトダイオード 4 上にシリコン酸化膜 26、30a を厚さ  $270\text{ nm}$  にて形成し、該シリコンゲルを厚さ  $200\text{ }\mu\text{m}$  にて形成したものである。

【 0058 】

また、図 8 は、フォトダイオード 4 上にシリコン酸化膜 26、30a を厚さ  $1010\text{ nm}$  にて形成し、該シリコンゲルは形成しないもの、図 9 は、フォトダイオード 4 上にシリコン酸化膜 26、30a を厚さ  $1010\text{ nm}$  にて形成し、該シリコンゲルを厚さ  $200\text{ }\mu\text{m}$  にて形成したものである。ここで、各図 6 ~ 図 9 において、フォトダイオード 4 の屈折率  $n_2$ 、シリコン酸化膜  $n_1$ 、及びシリコンゲルの屈折率  $n_0$  は、それぞれ、上記と同様、 $3.45$ 、 $1.46$ 、 $1.41$  とした。そして、図 6 ~ 図 9 においては、センサ感度 ( 相対感度で示す ) の光波長依存性を示してある。

【 0059 】

図 6 と図 8 との比較からわかるように、シリコン酸化膜 26、30a を薄く形成すれば、光透過性ゲル 100 が無い場合でもセンサ感度は良好となる。しかし、図 6 のように、シリコン酸化膜 26、30a を薄く形成する場合には、受光素子 4 上の該酸化膜を除去する工程が追加され、製造コストの上昇につながる。また、図 8 のように、該酸化膜を除去せず厚く形成した場合には、干渉によって受光特性 ( センサ感度 ) は光波長によるばらつきを生じてしまう。

【 0060 】

10

20

30

40

50

一方、図7及び図9に示す様に、本実施形態の光透過性ゲル100をシリコン酸化膜26、30aの膜厚に比べて厚く形成した場合には、シリコン酸化膜26、30aの膜厚に関係なく、良好なセンサ感度を示していることが確認された。ここで、光透過性ゲル100の膜厚は、シリコン酸化膜26、30aの膜厚（実質的には層間絶縁膜30aの膜厚）の100倍（より好ましくは200倍）以上であることが好ましい。なお、図9では、ゲル200の膜厚を該酸化膜の膜厚の200倍程度とした例を示してある。

#### 【0061】

（他の実施形態）

なお、上記実施形態では、受光素子上の層間絶縁膜30aとしてシリコン酸化膜を用いたが、シリコン窒化膜を用いた場合でも、同様に、光透過性ゲルによる効果が得られる。この場合、シリコン窒化膜の屈折率は、約2であり、光透過性ゲル100の屈折率 $n_0$ が1以上4.0以下の範囲にあれば、当該ゲル100が無い状態即ち空気（ $n_0 = 1$ ）に比べて透過率の変化を小さくでき、好ましい。また、当該ゲル100としては、フッ素ゲル、フロロシリコンゲル等も用いることができる。

#### 【0062】

また、上記実施形態では、受光素子4上に形成された層間絶縁膜30aの上は、層間絶縁膜30（30a）と同等の屈折率を有する光透過性ゲル100が直接接して覆われているが、当該ゲル100と層間絶縁膜30aとの間に、層間絶縁膜30aと屈折率の同等の膜（SiO<sub>2</sub>膜等）が別途介在していても良い。

#### 【0063】

また、光透過性ゲル100は少なくとも受光素子4上に形成された層間絶縁膜30aを覆っていれば良く、遮光膜34等、受光素子4以外の領域を覆っていても良い。また、光透過性ゲル100は、干渉を抑制するに十分な厚さで有れば、遮光膜34と受光素子4上に形成された層間絶縁膜30aとの間に生じる段差を埋めるように形成されていても良い。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る集積化フォトセンサ要部の模式的断面図である。

【図2】本発明の実施形態に係る集積化フォトセンサの概略全体断面図である。

【図3】シリコン酸化膜上の物質を空気とした比較例における透過率の波長依存性を示す図である。

【図4】シリコン酸化膜上の物質を本発明の光透過性ゲルとした場合における透過率の波長依存性を示す図である。

【図5】受光素子における透過率の変動がシリコン酸化膜上の物質の屈折率によってどのように変わるかを示す図である。

【図6】フォトダイオード上にシリコン酸化膜を厚さ270nmにて形成し、シリコンゲルは形成しない場合の相対感度の光波長依存性示すグラフである。

【図7】フォトダイオード上にシリコン酸化膜を厚さ270nmにて形成し、シリコンゲルを厚さ200 $\mu$ mにて形成した場合の相対感度の光波長依存性示すグラフである。

【図8】フォトダイオード上にシリコン酸化膜を厚さ1010nmにて形成し、シリコンゲルは形成しない場合の相対感度の光波長依存性示すグラフである。

【図9】フォトダイオード上にシリコン酸化膜を厚さ1010nmにて形成し、シリコンゲルを厚さ200 $\mu$ mにて形成した場合の相対感度の光波長依存性示すグラフである。

#### 【符号の説明】

- 1 ... シリコン基板、
- 4 ... フォトダイオード、
- 5 ... I I L 素子、
- 6 ... バイポーラトランジスタ、
- 30 ... 層間絶縁膜、
- 30a ... フォトダイオード上に形成された層間絶縁膜、
- 34 ... 遮光膜、
- 100 ... 光透過性ゲル。

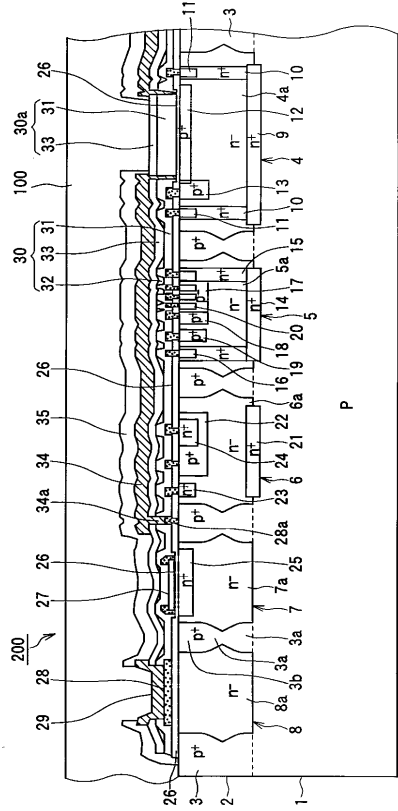
10

20

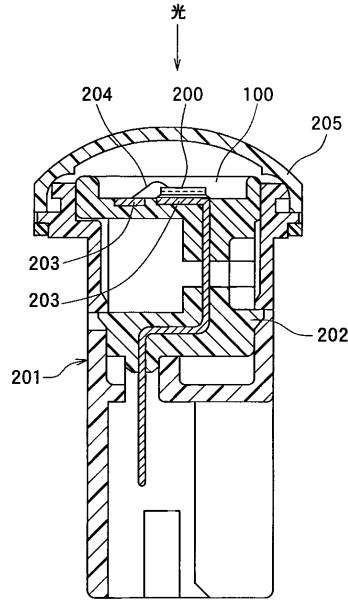
30

40

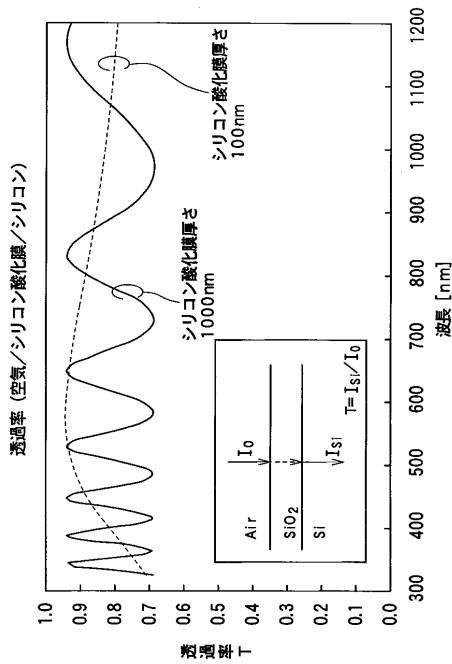
【図 1】



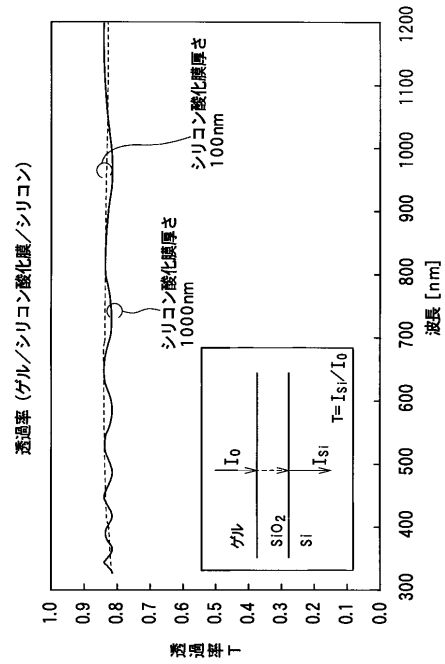
【図 2】



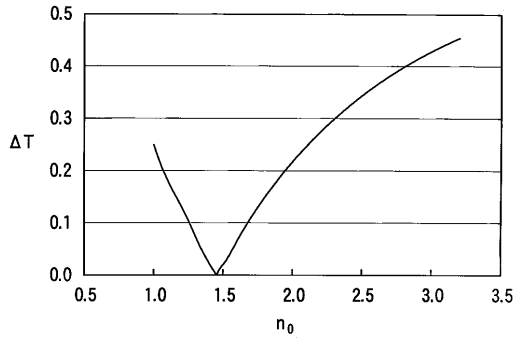
【図 3】



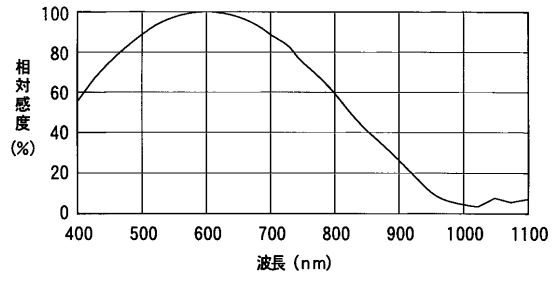
【図 4】



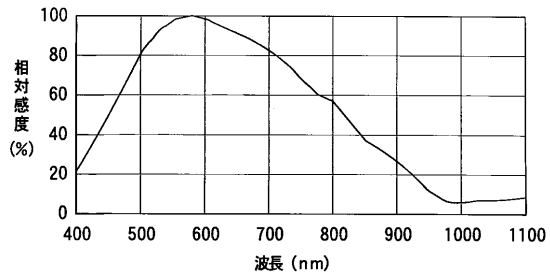
【 図 5 】



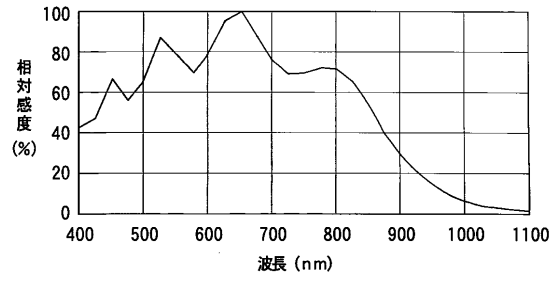
【 図 7 】



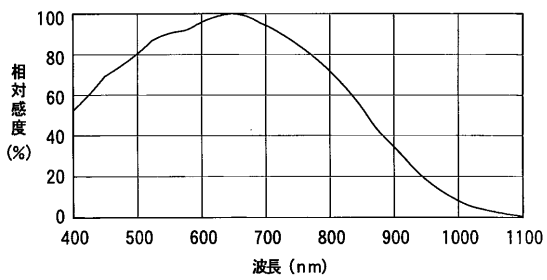
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

審査官 齋藤 恭一

- (56)参考文献 特開平10-093129(JP,A)  
特開平09-293847(JP,A)  
特開平08-032045(JP,A)  
特開平10-027922(JP,A)  
特開平11-097656(JP,A)  
特開平05-326907(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
H01L 27/14 ~ H01L 27/148  
H04N 5/335