

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3836026号
(P3836026)

(45) 発行日 平成18年10月18日(2006.10.18)

(24) 登録日 平成18年8月4日(2006.8.4)

(51) Int.C1.

F 1

HO1L 31/10	(2006.01)	HO1L 31/10	A
HO1L 27/14	(2006.01)	HO1L 27/14	Z
HO1L 27/15	(2006.01)	HO1L 27/15	C

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2001-522591 (P2001-522591)
(86) (22) 出願日	平成12年9月6日(2000.9.6)
(65) 公表番号	特表2004-500704 (P2004-500704A)
(43) 公表日	平成16年1月8日(2004.1.8)
(86) 國際出願番号	PCT/DE2000/003073
(87) 國際公開番号	W02001/018867
(87) 國際公開日	平成13年3月15日(2001.3.15)
審査請求日	平成14年3月7日(2002.3.7)
(31) 優先権主張番号	199 42 692.9
(32) 優先日	平成11年9月7日(1999.9.7)
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)

(73) 特許権者	501209070 インフィネオン テクノロジーズ アクチ エンゲゼルシャフト ドイツ連邦共和国 81669 ミュンヘ ン ザンクト マルティン シュトラーゼ 53
(74) 代理人	110000338 特許業務法人原謙三国際特許事務所
(74) 代理人	100080034 弁理士 原 謙三
(74) 代理人	100113701 弁理士 木島 隆一
(74) 代理人	100115026 弁理士 圓谷 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトダイオード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板(20)と、
この半導体基板(20)の中に形成され、ドープされた窪み(21)と、
上記半導体基板(20)から立ち上がっているメサ(26)であって、上記窪み(21)
と同じ電導性タイプの部分(26)を備えたメサ(26)と、
空乏層を形成するドーピング領域(24, 25, 26, 27; 44, 45, 26)によ
つて構成されており、一部はメサ(26)に、一部は半導体基板(20)に形成された窪
み(21)の内側に配置されている光電子工学的に活性な部分と、

上記半導体基板に形成された窪み(21)に配置された集積光波導体(28, 47)で
あって、メサ(26)を取り囲むことで、メサ(26)の側壁および窪み(21)の表面
を経由させて、上記光電子工学的に活性なダイオード部分に光を連結させる集積光波導体
(28, 47)とを含むフォトダイオード。

【請求項2】

上記の光電子工学的に活性なダイオード部分が、
上記半導体基板(20)に面していないメサ(26)の端部に配置され、窪み(21)
と逆の電導性タイプを生じるドーピングを有するゾーン(27)と、
半導体基板の表面の窪み(21)の内側に配置され、上記窪み(21)と比較して同じ
電導性タイプでより高いドーピング剤濃度であるゾーン(24, 25)と、
上記メサの部分(26)とを含んでいることを特徴とする請求項1に記載のフォトダイ
オード。

10

20

オード。

【請求項 3】

半導体基板(20)に面していないメサの端部に配置された上記ゾーン(27)が、シリコンから構成されていることを特徴とする請求項2に記載のフォトダイオード。

【請求項 4】

半導体基板(20)に面していないメサの端部に配置された上記ゾーン(27)が、窪み(21)と比較して高いドーピング濃度であることを特徴とする請求項2に記載のフォトダイオード。

【請求項 5】

上記の光電子工学的に活性なダイオードの部分が、
上記窪み(21)と同じ電導性タイプを生じるドーピングを有するとともに、窪み(21)と比較して高いドーピング濃度である第1ゾーン(44)と、
上記窪み(21)と逆の電導性タイプを生じるドーピングを有するとともに、窪み(21)と比較して高いドーピング濃度である第2ゾーン(45)と、
上記メサの部分(26)とを有し、
上記第1および第2ゾーン(44, 45)が、上記メサ(26)の側壁、ならびに半導体基板(20)の中に形成された窪み(21)の表面にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項1に記載のフォトダイオード。

【請求項 6】

上記光波導体(28, 47)が、メサ(26)を環状に取り囲んでいることを特徴とする請求項1~5のいずれか1項に記載のフォトダイオード。

【発明の詳細な説明】

本発明は、請求項1の前提構成によるフォトダイオードに関するものである。

【0001】

マイクロ電子工学では、トランジスター、ダイオード、およびキャパシタ等の電子機能ユニットが半導体基板に集積された集積半導体回路のような純粋な電子構造の他に、このような電子機能ユニットと光学素子とを組み合わせることも一般的となっている。ここでは、最新の半導体技術によって、フォトダイオードの形状のフォトセンサーと、例えば増幅器のような電子システムを有する光波導体とを、一体式構造で集積することが可能となる。また、このような集積は、例えば、MOS技術で実施されている。この技術では、フォトダイオードの形状のフォトセンサーおよび光波導体の製造は、電子増幅器機能ユニットの製造と互換性がある。

【0002】

上記したようなタイプの光電子光学的マイクロ電子構造は、基本的には、「マイクロ電子工学技術」1991年15巻289頁~292頁から周知である。この文献では、NMOSトランジスターおよびPMOSトランジスター、ならびにフォトダイオードを有するCMOS技術における集積構造に基づいて、一体式構造集積の技術が説明されている。

【0003】

図1に、周知のフォトダイオードの基本構造を示す。シリコン基板10は、弱くドーピングされた、任意の電導性タイプ(例えばp電導性タイプ)の基板である。この基板10では、上述のMOSトランジスターのような電子機能ユニット(図示せず)に対する絶縁のために、トレンチ絶縁11, 12が設けられている。これらトレンチ絶縁物11, 12は、酸化シリコンを有するいわゆるSTI領域(皿状トレンチ絶縁物)である。トレンチ絶縁物11, 12の間の領域には、ゾーン13ならびにゾーン14がある。ゾーン13は、任意の電導性タイプ、つまり、例えばp電導性タイプであり、ゾーン14は、逆の電導性タイプ、つまり、例えばn電導性タイプである。これらのゾーンは、基板10のドーピング濃度と比較して、高いドーピング濃度を有している。基板のドーピングに関する上記した「弱いドーピング」という表現は、つまり、ゾーン13, 14のドーピング濃度と比較して低いドーピング濃度であることを意味する。従って、ゾーン13, 14の間には、弱くドープされたゾーン15がある。このゾーン15は、実際的に、本質的なゾーン(in 50

trinsische Zone) とも呼ぶことができる。従来のように、低いドーピング濃度をマイナスで、高いドーピング濃度をプラスで示す場合、上記に例としてあげた基板 10 ならびにゾーン 13, 14 の電導性タイプでは、光電子工学的に活性なダイオード部分は、連続ゾーン、すなわち、 p^+ (ゾーン 13)、 p^- (ゾーン 15)、ならびに n^+ (ゾーン 14) を有することとなる。

【0004】

トレンチ絶縁物 11, 12、およびゾーン 13, 14, 15 を有する基板の上に、光波導体 16 が設けられている。この光波導体 16 は、例えば窒化シリコン / 酸化シリコンから構成される。この光波導体 16 を流れる、矢印 17 で図示した光波から、漏波カッターを介して、光電子工学的に活性なダイオード部分に光が連結される。図 1 において、光波導体 16 からゾーン 15 への光連結を矢印 18 で示す。なお、当然、ゾーン 13, 14 を経由して連結される光もあるが、特に示していない。連結された光は、ゾーン 15 で荷電キャリアを生成し、この荷電キャリアが、ゾーン 15 側でダイオードフォト電流を生成する。

10

【0005】

上述した形状のフォトダイオードは、ラテラルもしくはプレーナ形ダイオードである。このとき、良い発光量、つまり大きなフォト電流を実現できるよう、光電子工学的に活性なダイオード部分の表面は、側面方向に見られるように、できる限り大きくなければならない。このことは、しかし、集積回路システム中のこのような平坦なフォトダイオードが、大きなチップ面を必要とすることを意味しているため、集積密度を減少させてしまう。大規模集積システムでは、小型構造化への傾向がますます進んでおり、例えば、MOSトランジスターのチャネル長はより一層小さくなっている。このように得られたチップ面も、プレーナ形フォトダイオードを用いることによって、少なくとも部分的には再び無駄となる。この点は、経済的にも特に不利である。なぜなら、チップ面は、大変重要なコスト要因だからである。

20

【0006】

独国特許公開 2624436 A1 (DE 2624436 A1) で示されるフォトダイオード構造では、光の連結を改善するため、基板から突き出るメサ形状の構造が用いられている。メサ中の垂直部材に光が連結されるので、結合度は増加する。また、このメサは、エピタキシャル層に形成される。なお、同様のフォトダイオード構造が、独国特許 3920219 C2 (DE 3920129 C2) に示されている。

30

【0007】

本発明の目的は、所定の発光量に関して、チップ表面を節約するフォトダイオード構造、特に、より小さなチャネル長を有するトランジスター構造のためのMOS技術に適応されるトランジスター構造を提供することにある。

【0008】

この目的は、請求項 1 の特徴部分による処置によって解決される。

【0009】

また、上記の構造に関する本発明の基本概念の発展形は、従属請求項に基づいている。

【0010】

40

以下に、図面に応じた実施形態の説明に基づき、本発明を詳細に説明する。

なお、図 1 は、上述した周知のフォトダイオードの構造を示す図である。また、図 2A は、垂直フォトダイオードにおける第 1 実施形態の断面図である。また、図 2B は、図 2A に示した垂直フォトダイオードのレイアウトの一部を示す図である。また、図 3 は、垂直フォトダイオードにおける第 2 実施形態の断面図である。また、図 4 は、垂直電界効果トランジスターの実施形態を示す図であり、これらののようなトランジスターと垂直フォトダイオードとを有する光電子工学的マイクロ電子構造の製造に関する可能性を説明する図である。

【0011】

実施形態の詳細な説明の前に、図面の図は、単に図式的描写であることを指摘する。図

50

面を簡易化するため、例えば、実際の大きさの比率、または、絶縁層またはドープされたゾーンの製造において生じる辺の湾曲などは考慮されていない。

【0012】

図2Aに示すように、任意の電導性タイプ（好ましくはn電導性タイプ）の領域21が、窪み（Wanne）によってシリコン基板20に形成されている。また、電界効果トランジスターのような更なる機能ユニットが、マイクロ電子構造に設けられている。さらに、この機能ユニットに対する絶縁のため、基板20には、トレンチ絶縁物22, 23が、STI領域の形態で設けられている。さらに、基板20におけるトレンチ絶縁物22, 23の内側には、ゾーン24, 25がある。任意の電導性タイプであるゾーン24, 25は、窪み領域21のドーピング濃度に対して高いドーピング濃度を有している。窪み領域21がn電導性タイプであることから考えると、これらのゾーンはn⁺電導性タイプである。10

【0013】

垂直フォトダイオードの構造にとって、メサ26の構造は重要である。メサ26は、基板20から形成され、その上に垂直に立っているため、窪み領域21と同じドーピング濃度で、同じ電導性タイプである。このメサの中で、窪み領域21に面していない側面上に、ゾーン27が設けられている。このゾーン27は、窪み領域とは逆の電導性タイプに設定されており、さらに、比較的に高いドーピング濃度であることが好ましい。窪み領域21がn電導性タイプであることを再び考慮すると、ゾーン27はp⁺電導性タイプである。20

【0014】

これまでに述べた実施形態では、光電子工学的に有効なダイオード部分は、ゾーン24, 25（1つの統合されたゾーンでもよい）、ゾーン27の下のメサ26のゾーン、ならびにゾーン27によって形成されている。窪み領域21を本質的領域と仮定すると、ピンダイオード構造が考えられる。

【0015】

実施形態の改良形として、p⁺ゾーン27の替わりに、シリコン層を使用してもよい。このことにより、ショットキーダイオード構造を得られる。

【0016】

どちらの場合にも、ゾーンもしくは層27によって、1つの空乏層（Speerschicht）が形成される。30

【0017】

メサ26は、光波導体28によって取り囲まれている。光波導体28は、上記したように、窒化シリコン／酸化シリコンから形成できる。この光波導体28は、基板20の上、好ましくは光学的なコーティング（Verguetung）層32の上で、酸化物（oxid）の上にある。ゾーン27下のメサ26のゾーン領域における光電子工学的に活性なダイオード部分に対する、光波導体28からの光の連結を、矢印33によって示す。

【0018】

フォトダイオード構造は、ゾーン27とゾーン24もしくは25との電気的接触29, 30によって完成される。最後に、酸化物および／または窒化物からなる、一点鎖線で示した不活性部（Passivierung）31が設けられる。40

【0019】

上記した形状のフォトダイオードにおいて、直立のメサ、従って、垂直に立っている光電子工学的に活性なダイオード部分は、光波導体により取り囲まれていることが発明の要点である。つまり、光波導体は、メサに対しても、光電子工学的に活性なダイオード部分に対しても平行に延びている。これにより、メサの垂直な側壁を経由して、光電子工学的に活性なダイオード部分に光が連結される。このことにより、比較的小さなメサの基本面上に、側面の方向に大きな光連結面を形成できる。小さな基本面であるため、図1に示した周知の平坦化構造に対して、より大きい発光量、従ってより大きなフォト電流を得られる。さらに、メサの縦延長方向に対して平行に延びている光波導体によって、光電子工学的に活性なダイオード部分に対する望ましい大きな光結合を、基板を介する望ましくない光

連結から分離できる。

【0020】

図2Bに示したレイアウト描写に応じた、光波導体28およびメサ26の閉環状構造では、発光量がさらに高まる。なぜなら、いったん反射された光の部分が、後で吸収されるからである。図2Bにおいて、多数の入射光を意味している矢印33により、この現象を図式的に示す。

【0021】

図3に示した垂直フォトダイオードの実施形態(図2A, 2Bにおける同じ部材を、同じ符号で示す)では、図2A, 2Bに示した実施形態と同様に、基板20は、窪み領域21、トレンチ絶縁物22, 23、およびメサ26を備えている。この実施形態で図2A・2Bと異なる点は、互いに異なる電導性タイプを示す高ドープされた2つのゾーン44, 45が設けられており、これらのゾーンが、メサ26の下の窪み領域21からその縁に沿って延びていることである。ここでも、窪み領域21がn電導性タイプであると、例えば、ゾーン44はn⁺電導性タイプ、ゾーン45はp⁺電導性タイプである。この実施形態においても、メサ26は、影付きで描写された光波導体47によって、環状に取り囲まれていることが好ましい。この光波導体47から、同様に、メサ26の垂直な側壁を経由して光が連結される。これを矢印52で示す。これにより、図2A, 2Bに示した実施形態に基づいて説明した有利な効果が同様に生じる。

【0022】

図3に示したフォトダイオードは、ゾーン44, 45ならびに一点鎖線で示された不活性部51のための電気的接触48, 49によって完成される。

20

【0023】

上述の形態にかかる本発明のフォトダイオードは、従来の垂直電界効果トランジスターを有する集積回路に対する集積に好適である。このようなトランジスターを図4に示す。このトランジスターは、同様に窪み領域61を備える基板60の上に形成される。nチャネルトランジスターの場合、この窪み領域61はp電導性タイプである。集積回路の他の機能ユニットに対する絶縁物は、トレンチ絶縁物62, 63(STI領域)により形成されている。窪み領域61には、隣接ゾーン64が設けられている。このゾーン64は、窪み領域61の電導性タイプとは逆の電導性タイプを有し、比較的に高いドーピング濃度である。この窪み領域がp電導性タイプであると、ゾーン64はn⁺電導性タイプである。ゾーン66は、メサ65の、窪み領域61に面していない側面上にある。窪み領域61、ゾーン64、ならびにメサ65が上述した電導性タイプである場合、このゾーン66は、n⁺電導性タイプである。トランジスターの構造は、スペーサー67、接触68, 69および一点鎖線で描写された不活性部70によって完成される。スペーサー67は、メサ基板に対して絶縁されているポリシリコンまたは非結晶シリコンである。また、接触68, 69は、ゾーン64, 66のためのものである。

30

【0024】

なお、pチャネルトランジスターを形成するために、窪み領域61、ゾーン64、メサ65およびゾーン66の電導性タイプを、上記と反対にすることもできる。

【0025】

図2A, 2B, 3および4の比較から明らかな通り、本発明による垂直フォトダイオードの構造は、CMOSプロセスに対する集積に特に適している。例えば、垂直構造のフォトダイオードおよび電界効果トランジスターを有する光電子工学的マイクロ電子構造の集積において、チップ上の光学伝送経路(optischen Uebertragungsstrecken)における受信部としてフォトダイオードを機能させる場合、電気的な接続と端子とに用いるメタライジング層の数を減少できる。さらに、例えば、スペーサー技術などの自己整合技術を使用することにより、リソグラフィーの最小幅より薄いスペーサーを用いることで、集積密度を高められる。

40

【0026】

また、図4に示したメサ構造を有する垂直電界効果トランジスターの代わりに、環状も

50

しくは板状のトランジスターを垂直フォトダイオードと共に集積する場合、電気的性質を「能動的に」改良できる。特に、寄生バイポーラ効果および短チャネル効果を回避できる。

【0027】

本発明による光電子工学的マイクロ電子構造の集積における個々のプロセス工程は、従来の方法である。従って、特に、トレンチ絶縁物を製造するためのSTI工程において、窪みの埋め込み(Implantationen)、そして、場合によっては図2Aに示したゾーン27を形成するための追加の埋め込みの後に、メサの構造のための窒化物マスクを製造することは特別な意味がある。なぜなら、このメサの高さによって、電界効果トランジスターのチャネル長、ならびにフォトダイオードの透過するべき軌道領域の高さが決定されるからである。フォトダイオードの全面は、このメサの高さと、基板における側面方向の幅によって決定される。ゲート酸化物、ゲートポリシリコンまたはメタルゲート材料については、従来のように成長もしくは析出させる。このとき、ポリシリコンゲートはマスクによって形成される。このマスクは、図2A、2Bに示したフォトダイオードの側壁を保護するためにも使用できる。電界効果トランジスターのソース／ドレイン領域、ならびにフォトダイオードのドープ領域については、埋め込み技術(Implantationstechniken)によって製造する。図2A、2B、および図3に示した層32、50のような酸化コーティング層は、場合によっては、別々に塗付されることもある。また、適切な屈折率を有する材料からなる光波導体を塗付し、マスクによって構造化する。最後に、不活性物質を塗付し、コンタクトホールのエッチング、シリコン化、およびメタライジングなどのプロセスを行う。なお、ショットキーダイオードの形成のために、図2Aに示したドープされたゾーン27の替わりにシリコン層を使用する場合には、シリコン化を行う。また、光電子工学材料としては、シリコンの他に、化合物半導体を用いることもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 上述した周知のフォトダイオードの構造を示す図である。

【図2A】 垂直フォトダイオードにおける第1実施形態の断面図である。

【図2B】 図2Aに示した垂直フォトダイオードのレイアウトの一部を示す図である。

【図3】 垂直フォトダイオードにおける第2実施形態の断面図である。

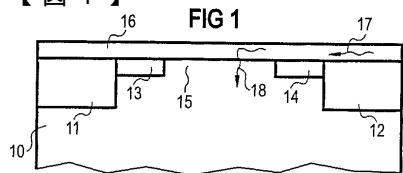
【図4】 垂直電界効果トランジスターの実施形態を示す図であり、これらのようなトランジスターと垂直フォトダイオードとを有する光電子光学的マイクロ電子構造の製造に関する可能性を説明する図である。

10

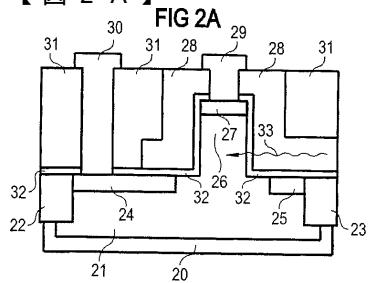
20

30

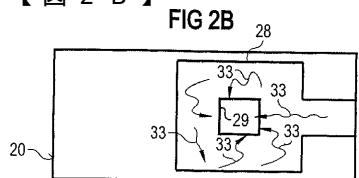
【図1】



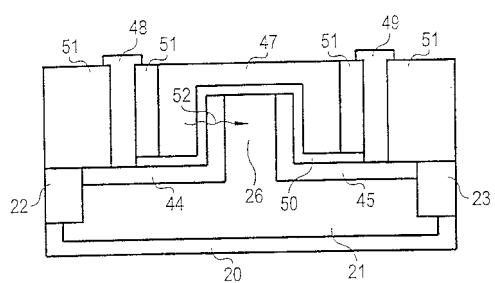
【図2A】



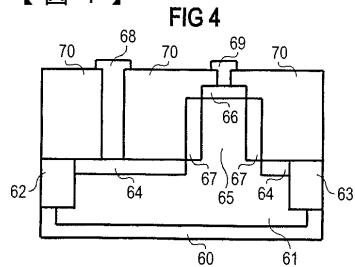
【図2B】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100116241

弁理士 金子 一郎

(72)発明者 シュルツ,トーマス

ドイツ連邦共和国 81737 ミュンヘン アネッテ コルプ アンガー 13 / ファオ

(72)発明者 レスナー,ヴォルフガング

ドイツ連邦共和国 85521 オットブルン ズーテンシュトラーセ 23

(72)発明者 リッシュ,ローター

ドイツ連邦共和国 85579 ノイビーベルク ティツィアーノシュトラーセ 27

審査官 道祖土 新吾

(56)参考文献 特開平10-163515(JP,A)

特開平09-223785(JP,A)

特開平08-316449(JP,A)

特開平07-142761(JP,A)

特開平04-030581(JP,A)

特開平03-290606(JP,A)

特開平01-150374(JP,A)

特開昭59-043581(JP,A)

特開昭54-102993(JP,A)

T.Schulz et al., Short-Channel Vertical Sidewall MOSFETs, IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, 2001年 8月, Vol.48, No.8, p1783

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 31/08-31/119