

(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2017-139293

(P2017-139293A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)	
H01L 29/872 (2006.01)	H01L 29/86	301E	4M1O4
H01L 29/41 (2006.01)	H01L 29/44	Y	
H01L 29/47 (2006.01)	H01L 29/48	E	
H01L 29/06 (2006.01)	H01L 29/86	301D	
	H01L 29/06	301F	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-18117 (P2016-18117)
 (22) 出願日 平成28年2月2日 (2016.2.2)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (71) 出願人 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 110000110
 特許業務法人快友国際特許事務所
 (72) 発明者 永岡 達司
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

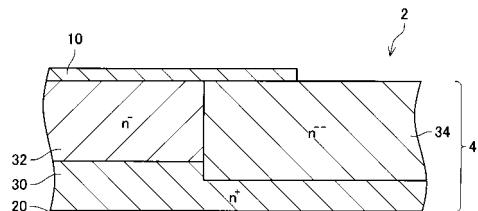
(54) 【発明の名称】ダイオード

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 p型半導体層を利用することなく、高い耐圧を実現するSBD (Schottky Barrier Diode) を提供する。

【解決手段】 SBD 2は、半導体基板4と、半導体基板4の上面の一部に接している上面電極10と、半導体基板4の下面に接している下面電極20を備える。半導体基板4は、下面電極20にオーミック接触するn型の高濃度層30と、高濃度層30上の部に形成されており、高濃度層30よりn型不純物濃度が低いn型の中濃度層32と、高濃度層30上において中濃度層32を一巡する範囲に形成されており、中濃度層32よりn型不純物濃度が低いn型の低濃度層34とを備えている。上面電極10は、中濃度層32の上面にショットキー接觸している。上面電極10と半導体基板4が接している接觸領域は中濃度層32を越えて低濃度層34上に及んでいる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイオードであって、
半導体基板と、
前記半導体基板の上面の一部に接している上面電極と、
前記半導体基板の下面の少なくとも一部に接している下面電極を備えており、
前記半導体基板が、
前記下面電極にオーミック接触するn型の高濃度層と、
前記高濃度層上の一端に形成されており、前記高濃度層よりn型不純物濃度が低いn型の中濃度層と、
前記高濃度層上において前記中濃度層を一巡する範囲に形成されており、前記中濃度層よりn型不純物濃度が低いn型の低濃度層を備えており、
前記上面電極が、前記中濃度層の上面にショットキー接觸しており、
前記上面電極と前記半導体基板が接している接觸領域が、前記中濃度層を越えて前記低濃度層上に及んでいる、
ダイオード。

【請求項 2】

前記低濃度層内において前記中濃度層を一巡する範囲に形成されている絶縁層をさらに備えており、
前記接觸領域の端部が、前記絶縁層上に位置している請求項1に記載のダイオード。

【請求項 3】

前記低濃度層に層間絶縁膜を介して対向するとともに前記上面電極に接続されているフィールドプレート電極をさらに備えており、
前記フィールドプレート電極の前記上面電極と反対側の端部が、前記低濃度層上に位置している、請求項1または2に記載のダイオード。

【請求項 4】

前記層間絶縁膜の比誘電率が、SiO₂の比誘電率よりも大きい、請求項3に記載のダイオード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示する技術は、ダイオードに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1に、n型の半導体基板と、半導体基板の上面の一部に接しているアノード電極と、半導体基板の下面に接しているカソード電極とを備えるSBD(Schottky Barrier Diodeの略)が開示されている。半導体基板内には、カソード電極とオーミック接觸するn⁺型半導体層と、n⁺型半導体層上に形成されているとともに、アノード電極とショットキー接觸するn型半導体層とが形成されている。また、アノード電極の端部に接する範囲にはp型半導体層が形成されることが開示されている。p型半導体層は、n型半導体層の上面近傍に留まり、n⁺型半導体層から離間している。p型半導体層を利用するとアノード電極の端部近傍に生じやすい電界集中を緩和することができ、逆方向耐圧を改善することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2013-102081号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

20

30

40

50

特許文献1のSBDにおいて、アノード電極の端部に接する範囲にp型半導体層を形成できない場合がある。例えば、半導体基板中の各領域の配置上の制約や、SBDの製造工程における制約により、アノード電極の端部に接する範囲にp型半導体層を形成できない場合がある。その場合、p型半導体層に代えて、低濃度のn型半導体層を形成するか、あるいはi型の半導体層（即ち、不純物を意図的には添加していない領域）を形成することが想定される。そのようなSBDの一例を図8に示す。図8のSBD502では、p型半導体層に代えて、低濃度のn型半導体層である低濃度層534が設けられている。SBD502は、n型の半導体基板504と、アノード電極510と、カソード電極520とを有する。半導体基板504は、高濃度層530と、中濃度層532と、低濃度層534とを有している。高濃度層530と、中濃度層532と、低濃度層534はいずれもn型半導体層である。アノード電極510は、中濃度層532の上面にショットキー接触している。

10

【0005】

図8のSBD502において、アノード電極510とカソード電極520の間に逆方向バイアスを印加すると、ショットキー界面（即ち、上面電極510と中濃度層532との界面）から半導体基板504内に向けて延びる空乏層590が形成される。空乏層590は、中濃度層532及び低濃度層534内に形成される。また、低濃度層534は、中濃度層532よりもn型不純物濃度が低いため、低濃度層534内では中濃度層532内に比べて空乏層590が延びやすい。図8では、空乏層590内の電位分布を示す等電位線を仮想的に図示している（図中の破線参照）。図8に示すように、低濃度層534内では、中濃度層532内に比べて、等電位線同士の間隔が比較的大きい。しかしながら、図8のSBD502では、低濃度層534は、中濃度層532の上面近傍に留まり、高濃度層530から離間している。そのため、空乏層590が延びた際に、低濃度層534の下側の中濃度層532で、低濃度層534内に比べて等電位線同士の間隔が狭くなる部分が発生し、高電界が発生する。そのため、アノード電極510の端部近傍における電位の変化が不規則になり、アノード電極510の端部近傍における電界集中を十分に緩和することができない。そのため、SBDの高い耐圧を実現することができない。

20

【0006】

本明細書では、上面電極の端部近傍にp型半導体層を形成することなく、高い耐圧を実現することができる技術を開示する。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本明細書が開示するダイオードは、半導体基板と、半導体基板の上面の一部に接している上面電極と、半導体基板の下面の少なくとも一部に接している下面電極を備えている。半導体基板は、下面電極にオーミック接触するn型の高濃度層と、高濃度層上の一部に形成されているとともに、高濃度層よりn型不純物濃度が低いn型の中濃度層と、高濃度層上において中濃度層を一巡する範囲に形成されているとともに、中濃度層よりn型不純物濃度が低いn型の低濃度層を備えている。上面電極は、中濃度層の上面にショットキー接觸しており、上面電極と半導体基板が接している接觸領域が中濃度層を越えて低濃度層上に及んでいる。ここでいう中濃度層は、上面電極にショットキー接觸するn型不純物濃度の半導体層である。また、低濃度層は、いわゆるi型の半導体層であってもよい。

40

【0008】

上記の構成によると、低濃度層は、高濃度層の上面に接しており、高濃度層から離間していない。また、上面電極は、中濃度層の上面にショットキー接觸しているとともに低濃度層上に及んでいる。そのため、逆バイアス印加時の上面電極の端部近傍における電位の変化が不規則になり難くなる。そのため、上面電極の端部近傍における電界集中を十分に緩和することができる。そのため、上面電極の端部近傍にp型半導体層を形成することなく、高い耐圧を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

50

【図1】第1実施例のSBD2の断面図。

【図2】図1のSBD2の逆バイアス印加時の状態を示す図。

【図3】第2実施例のSBD102の断面図。

【図4】図3のSBD102の逆バイアス印加時の状態を示す図。

【図5】第3実施例のSBD202の断面図。

【図6】図5のSBD202の逆バイアス印加時の状態を示す図。

【図7】第4実施例のSBD302の断面図。

【図8】比較例のSBD502の逆バイアス印加時の状態を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

10

(第1実施例)

図1に示すように、本実施例のSBD2は、半導体基板4と、上面電極10と、下面電極20と、を有する。

【0011】

半導体基板4は、 Ga_2O_3 によって形成されているn型の半導体基板である。半導体基板4は、高濃度層30と、中濃度層32と、低濃度層34とを有している。高濃度層30、中濃度層32、低濃度層34は、いずれもn型の半導体層である。変形例では、低濃度層34は、i型の半導体層であってもよい。

【0012】

高濃度層30は、半導体基板4の下面全面に露出する範囲に形成されている。中濃度層32は、高濃度層30上的一部分に形成されている。中濃度層32の上面は半導体基板4の上面に露出する。中濃度層32のn型不純物濃度は、高濃度層30のn型不純物濃度よりも低い。ここでいう不純物濃度は、当該層における平均不純物濃度のことを意味する。中濃度層32は、SBD2のドリフト層として機能する。低濃度層34は、高濃度層30上において中濃度層32を一巡する範囲に形成されている。低濃度層34は、半導体基板4の側面(図示省略)に到達している。低濃度層34の上面も、半導体基板4の上面に露出する。低濃度層34のn型不純物濃度は、中濃度層32のn型不純物濃度よりも低い。また、中濃度層32の比誘電率は、低濃度層34の比誘電率よりも小さい。

【0013】

上面電極10は、半導体基板4の上面の一部に接して形成されている。上面電極10は、中濃度層32の上面にショットキー接觸している。ただし、上面電極10と半導体基板4とが接している接觸領域は、中濃度層32を越えて低濃度層34上に及んでいる。上面電極10は、SBD2のアノード電極として機能する。

【0014】

下面電極20は、半導体基板4の下面に接して形成されている。下面電極20は、高濃度層30の下面にオーミック接觸している。下面電極20は、SBD2のカソード電極として機能する。本実施例では、半導体基板4の下面の全域に下面電極20が形成されている。変形例では、下面電極20は、半導体基板4の下面の一部に接していてもよい。

【0015】

次に、本実施例のSBD2の動作を説明する。上面電極10と下面電極20の間に、上面電極10がプラスとなる電圧(即ち順方向バイアス)を印加すると、半導体基板4側から上面電極10に向かって電子が移動する。これにより、上面電極10から下面電極20に電流が流れる。

【0016】

また、上面電極10と下面電極20の間に、下面電極20がプラスとなる電圧(即ち逆方向バイアス)を印加すると、図2に示すように、ショットキー界面(即ち、上面電極10と中濃度層32との界面)から半導体基板4内に向けて伸びる空乏層90が形成される。空乏層90は、中濃度層32及び低濃度層34内に形成されるが、n型不純物濃度が高い高濃度層30内には伸びない。また、低濃度層34は、中濃度層32よりもn型不純物濃度が低いため、低濃度層34内では中濃度層32内に比べて空乏層90が伸びやすい。

20

30

40

50

図2では、空乏層90内の電位分布を示す等電位線を仮想的に図示している(図中の破線参照)。低濃度層34の比誘電率は中濃度層32の比誘電率よりも大きいため、図2に示すように、低濃度層34内では、中濃度層32内に比べて、等電位線同士の間隔が比較的大きい。また、上記の通り、低濃度層34は、高濃度層30上において中濃度層32を一巡する範囲に形成されており、高濃度層30と離間していない。そのため、上面電極10の端部近傍の電位分布の間隔(即ち、等電位線の間隔)がほぼ一定になり、上面電極10の端部近傍における電位の変化が不規則になり難くなる。そのため、上面電極10の端部近傍における電界集中を十分に緩和することができる。そのため、本実施例のSBD2では、上面電極10の端部近傍にp型半導体層を形成することなく、高い耐圧を実現することができる。また、本実施例では、半導体基板4が、p型半導体層を形成することが困難な材料である Ga_2O_3 によって形成されているため、p型半導体層を利用しない本実施例のSBD2の構造が特に有用である。

10

【0017】

(第2実施例)

続いて、図3、図4を参照して、第2実施例のSBD102について、第1実施例と異なる点を中心に説明する。図3、図4では、第1実施例のSBD2と同様の要素は図1と同じ符号を用いて示し、詳細な説明を省略する。本実施例のSBD102は、層間絶縁膜40と、フィールドプレート電極16と、保護膜50とをさらに有する点で、第1実施例のSBD2とは異なる。

20

【0018】

層間絶縁膜40は、半導体基板4の上面のうち、上面電極10と接していない範囲に配置されている。層間絶縁膜40は、 ZrO_2 によって形成されている。変形例では、層間絶縁膜40は HfO_2 によって形成されていてもよい。層間絶縁膜40の比誘電率は SiO_2 の比誘電率よりも大きく、また、低濃度層34の比誘電率よりも大きい。

【0019】

フィールドプレート電極16は、上面電極10と連続して形成されている。フィールドプレート電極16は、層間絶縁膜40を介して低濃度層34と対向している。フィールドプレート電極16の端部(即ち、上面電極10と反対側の端部)16aは、低濃度層34の上方に位置している。

30

【0020】

保護膜50は、上面電極10の一部と、フィールドプレート電極16と、層間絶縁膜40の一部とを覆う絶縁膜である。保護膜50は、ポリイミドによって形成されている。

【0021】

次に、本実施例のSBD102の動作を説明する。SBD102に順方向バイアスを印加する場合の動作は第1実施例のSBD2の場合と同様であるため、説明を省略する。一方、SBD102に逆方向バイアスを印加すると、図4に示すように、半導体基板4及び層間絶縁膜40内に延びる空乏層190が形成される。本実施例では、上面電極10と連続しているフィールドプレート電極16が設けられているため、空乏層190は上面電極10の端部から側方に離れた位置まで延びる。このため、上面電極10への端部近傍への電界集中をさらに緩和することができる。また、フィールドプレート電極16の上面電極10と反対側の端部16aが低濃度層34の上方に位置しているため、フィールドプレート電極16の端部16a近傍への電界集中も十分に緩和することができる。また、上記の通り、層間絶縁膜40の比誘電率は、 SiO_2 の比誘電率よりも大きい。そのため、層間絶縁膜40における空乏層190内の等電位線の間隔が比較的広くなる。これにより、上面電極10への端部近傍への電界集中の緩和効果が十分に発揮される。従って、上記の通り、本実施例のSBD102によると、上面電極10への端部近傍への電界集中をさらに緩和することができるとともに、フィールドプレート電極16の端部16a近傍への電界集中も十分に緩和することができる。そのため、本実施例のSBD102でも、高い耐圧を実現することができる。

40

【0022】

50

(第3実施例)

続いて、図5、図6を参照して、第3実施例のSBD202について、第2実施例と異なる点を中心に説明する。図5、図6でも、上記の各実施例のSBD2、102と同様の要素は同じ符号を用いて示し、詳細な説明を省略する。本実施例のSBD202は、低濃度層34内に、絶縁層36がさらに備えられている点が第2実施例のSBD102と異なる。

【0023】

絶縁層36は、低濃度層34内において、中濃度層32を一巡する範囲に形成されている。絶縁層36は、低濃度層34にFeをドープすることによって形成される。本実施例では、絶縁層36は、半導体基板4の上面近傍に留まり、高濃度層30からは離間している。絶縁層36の比誘電率は、層間絶縁膜40の比誘電率よりも大きい。本実施例では、上面電極10と半導体基板4とが接している接触領域の端部は、絶縁層36上に位置している。

10

【0024】

次に、本実施例のSBD202の動作を説明する。SBD202に順方向バイアスを印加する場合の動作も、上記の各実施例のSBD2、102と同様であるため、詳しい説明を省略する。一方、SBD202に逆方向バイアスを印加すると、図6に示すように、半導体基板4及び層間絶縁膜40内に延びる空乏層290が形成される。本実施例では、低濃度層34内に絶縁層36が設けられているため、上面電極10の端部近傍への電界集中がより緩和される。そのため、本実施例のSBD202でも、高い耐圧を実現することができる。

20

【0025】

(第4実施例)

続いて、図7を参照して、第4実施例のSBD302について、第3実施例と異なる点を中心に説明する。図7でも、上記の各実施例のSBD2、102、202と同様の要素は同じ符号を用いて示し、詳細な説明を省略する。本実施例のSBD302では、上面電極10が、ショットキー電極膜12と積層電極膜14とを積層した構造を有する点が第3実施例とは異なる。

【0026】

図7に示すように、ショットキー電極膜12は、半導体基板4の上面に接している。ショットキー電極膜12は、中濃度層32の上面にショットキー接触している。ただし、ショットキー電極膜12と半導体基板4とが接している接触領域は、中濃度層32を越えて低濃度層34上に及んでいる。また、ショットキー電極膜12の端部は、層間絶縁膜40によって覆われている。ショットキー電極膜12の端部を覆っている側の層間絶縁膜40の端部は、低濃度層34上に位置している。積層電極膜14は、層間絶縁膜40で覆われていないショットキー電極膜12に積層されている。積層電極膜14は、フィールドプレート電極16に連続している。

30

【0027】

本実施例のSBD302の動作は、第3実施例のSBD202の動作とほぼ同様であるため、詳しい説明を省略する。上記の通り、本実施例のSBD302では、ショットキー電極膜12の端部が層間絶縁膜40によって覆われている。そのため、SBD302を製造する際に、半導体基板4の上面にショットキー電極膜12を形成した後に層間絶縁膜40を形成することができる。そのため、半導体基板4の上面が清浄である間にショットキー電極膜12を形成することができ、安定したショットキー界面を得ることができる。また、上記の通り、ショットキー電極膜12の端部を覆う側の層間絶縁膜40の端部は、低濃度層34上に位置しており、中濃度層32上には位置しない。そのため、SBD302に順方向バイアスを印加する場合に、導通抵抗が大きくなることもない。

40

【0028】

以上、本明細書に開示の技術の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示し

50

た具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。例えば、以下の変形例を採用してもよい。

【0029】

(変形例1) 上記の第1～第3実施例においても、第4実施例と同様に、上面電極10が、半導体基板4の上面に接するショットキー電極膜と、ショットキー電極膜の上面に積層される積層電極膜とを有していてもよい。また、この場合において、フィールドプレート電極16が、ショットキー電極膜と連続する第1膜と、積層電極膜と連続し、第1膜の上面に積層される第2膜とを有していてもよい。

【0030】

(変形例2) 半導体基板4は、GaN, Si, SiC等、Ga₂O₃以外の材料によって形成されてもよい。特に、半導体基板4がSi又はSiCによって形成される変形例においては、第2～第4実施例の層間絶縁膜40と低濃度層34との間に熱酸化膜をさらに形成してもよい。ただし、半導体基板4が、p型半導体層を形成することが困難な材料であるGaN, Ga₂O₃によって形成されている場合、p型半導体層を利用しない本明細書に開示の構造が特に有用である。

10

【0031】

(変形例3) 低濃度層34は、半導体基板4の側面に到達していなくてもよい。一般的に言うと、低濃度層34は、高濃度層30上において中濃度層32を一巡する範囲に形成されればよく、上面電極10と半導体基板4の接触領域が中濃度層32を越えて低濃度層34上に及んでいればよい。

20

【0032】

本明細書が開示する技術要素について、以下に列記する。なお、以下の各技術要素は、それぞれ独立して有用なものである。

【0033】

本明細書が開示するダイオードにおいて、低濃度層内において中濃度層を一巡する範囲に形成されている絶縁層をさらに備えていてもよい。接触領域の端部が、絶縁層上に位置していてもよい。

【0034】

この構成によると、絶縁層が備えられていることによって、上面電極の端部近傍への電界集中をより緩和することができる。

30

【0035】

本明細書が開示するダイオードにおいて、低濃度層に層間絶縁膜を介して対向するとともに上面電極に接続されているフィールドプレート電極をさらに備えていてもよい。フィールドプレート電極の上面電極と反対側の端部が、低濃度層上に位置していてもよい。

【0036】

この構成によると、フィールドプレート電極が備えられているため、逆バイアス印加時に、空乏層が上面電極の端部から側方に離れた位置まで延びる。従って、上面電極への端部近傍への電界集中をさらに緩和することができる。また、フィールドプレート電極の上面電極と反対側の端部が低濃度層上に位置しているため、フィールドプレート電極の端部近傍への電界集中も十分に緩和することができる。

40

【0037】

層間絶縁膜の比誘電率がSiO₂の比誘電率よりも大きくてよい。

【0038】

この構成によると、層間絶縁膜における空乏層内の電位分布の間隔(即ち、等電位線の間隔)が比較的広くなる。そのため、上面電極10への端部近傍への電界集中の緩和効果が十分に発揮される。

【0039】

本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組み合わせによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組み合わせに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成するものであ

50

り、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

【符号の説明】

【0040】

2 : SBD

4 : 半導体基板

10 : 上面電極

12 : ショットキー電極膜

14 : 積層電極膜

16 : フィールドプレート電極

16a : 端部

20 : 下面電極

30 : 高濃度層

32 : 中濃度層

34 : 低濃度層

36 : 絶縁層

40 : 層間絶縁膜

50 : 保護膜

90 : 空乏層

102 : SBD

190 : 空乏層

202 : SBD

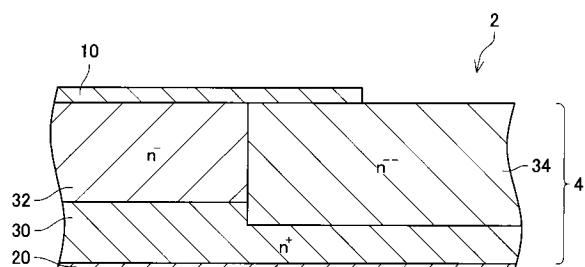
290 : 空乏層

302 : SBD

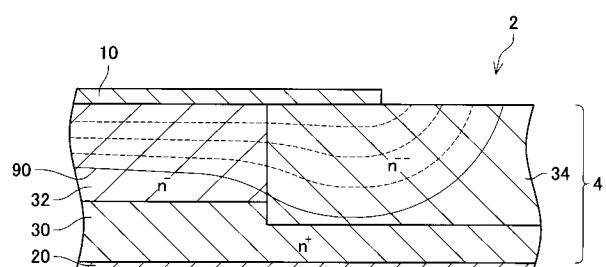
10

20

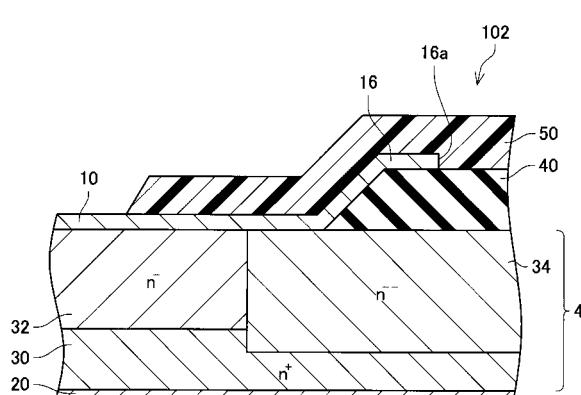
【図1】



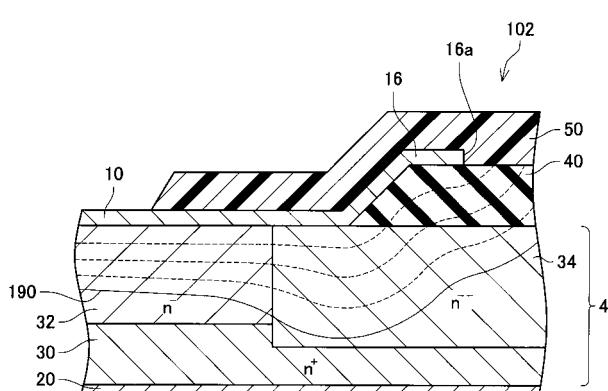
【図2】



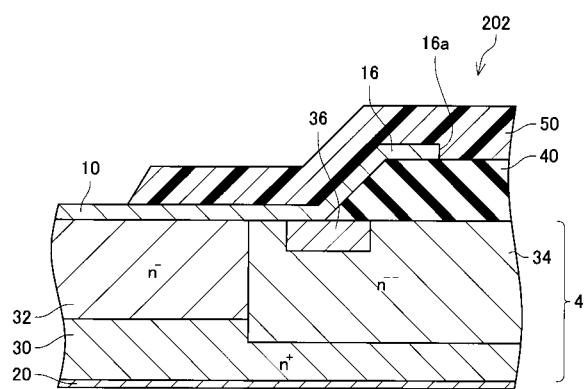
【図3】



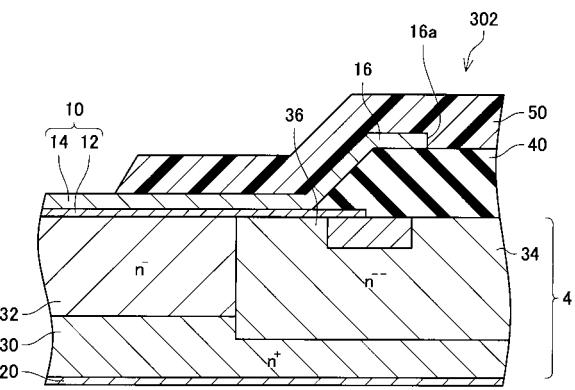
【図4】



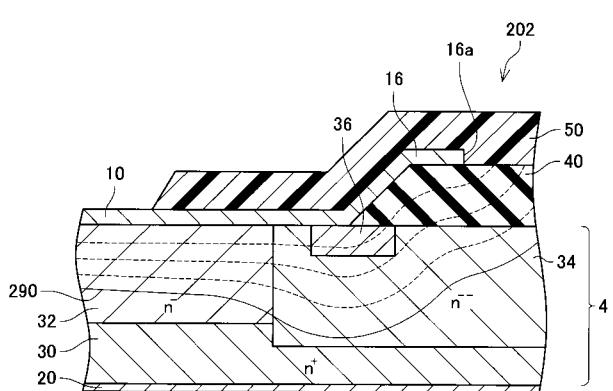
【図5】



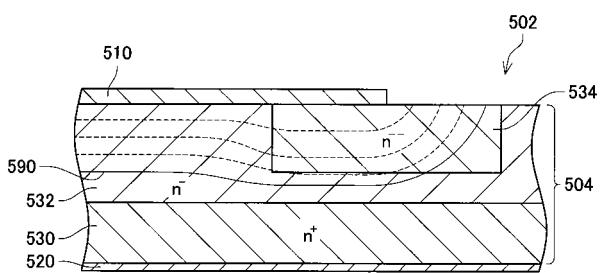
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	H 01 L 29/06	301V
	H 01 L 29/86	301F
	H 01 L 29/06	301D

(72)発明者 青井 佐智子
愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 浦上 泰
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

F ターム(参考) 4M104 AA01 AA03 AA04 DD26 EE02 EE16 FF02 FF10 FF13 FF36
GG03 HH18