

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5641995号
(P5641995)

(45) 発行日 平成26年12月17日(2014.12.17)

(24) 登録日 平成26年11月7日(2014.11.7)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 29/78 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 2 H
HO 1 L 29/06 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 2 P
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 5 2 F
	HO 1 L 29/78 6 5 2 S
	HO 1 L 29/78 6 5 8 A

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-64668 (P2011-64668)
 (22) 出願日 平成23年3月23日(2011.3.23)
 (65) 公開番号 特開2012-204378 (P2012-204378A)
 (43) 公開日 平成24年10月22日(2012.10.22)
 審査請求日 平成25年7月25日(2013.7.25)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100108062
 弁理士 日向寺 雅彦
 (72) 発明者 齋藤 涉
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 (72) 発明者 小野 昇太郎
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内
 (72) 発明者 仲 敏行
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
 東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1導電形の半導体層を有する終端領域と、
 第1導電形の第1半導体層と、
 前記第1半導体層上に位置し、第1方向において交互に設けられ、且つ、前記第1方向に直交する第2方向において周期的に複数設けられた第1導電形の第2半導体層、及び第2導電形の第3半導体層と、
 前記第3半導体層の上に設けられた第2導電形の第4半導体層と、
 前記第4半導体層に選択的に設けられた第1導電形の第5半導体層と、
 前記半導体層に隣接し、前記第3半導体層の周期よりも長い周期となるように、前記第2方向において周期的に複数設けられた第1導電形の第6半導体層と、
 前記第4半導体層に絶縁膜を介して接する制御電極と、
 前記第1半導体層に電気的に接続された第1主電極と、
 前記第4半導体層と、前記第5半導体層と、に接続された第2主電極と、
 を有し、前記終端領域に囲まれた素子領域と、
 を備えた半導体素子。

【請求項2】

前記第6半導体層の前記第2方向における周期は、前記第3半導体層の前記第2方向における周期の2倍である請求項1に記載の半導体素子。

【請求項3】

前記素子領域は、

前記半導体層に隣接し、前記第2半導体層の周期よりも長い周期となるように、前記第1方向において周期的に複数設けられた第2導電形の第7半導体層を、さらに有する請求項1または2に記載の半導体素子。

【請求項4】

前記第7半導体層の前記第1方向における周期は、前記第2半導体層の前記第1方向における周期の2倍である請求項3に記載の半導体素子。

【請求項5】

前記第6半導体層の不純物濃度は、前記第2半導体層の不純物濃度よりも小さい請求項1～4のいずれか1つに記載の半導体素子。

10

【請求項6】

前記第7半導体層の不純物濃度は、前記第3半導体層の不純物濃度よりも小さい請求項3～5のいずれか1つに記載の半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体素子に関する。

【背景技術】

【0002】

上下電極構造の半導体素子の例として、上下電極構造のパワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) がある。この種のパワーMOSFETのオン抵抗は、伝導層であるドリフト層の電気抵抗に大きく依存する。ドリフト層の電気抵抗を決定する不純物のドーピング濃度は、ベース領域と、ドリフト層と、が形成するpn接合の耐圧に応じて限界以上に上げることができない。このため、素子耐圧と、オン抵抗と、には、トレードオフの関係が存在する。このトレードオフを改善することが低消費電力素子には重要となる。このトレードオフには、素子材料により決まる限界があり、この限界を越えることが既存のパワーMOSFETを越える低オン抵抗素子の実現への道になる。

20

【0003】

この問題を解決するMOSFETの一例として、ドリフト層にスーパージャンクション構造(以下、SJ構造とも表記)と呼ばれる、p形ピラー層と、n形ピラー層と、を埋め込んだ構造が近年注目されている。SJ構造は、p形ピラー層と、n形ピラー層と、に含まれるチャージ量(不純物量)を略同じとすることで、擬似的にノンドープ層を作り、高耐圧を維持しつつ、高ドーピングされたn形ピラー層を通して電流を流すことで、材料限界を越えた低オン抵抗を実現する。

30

【0004】

しかし、上下電極構造のパワーMOSFETでは、素子領域の外周に設けられた終端領域においても、高耐圧を保持する必要がある。高耐圧を保持するために、終端領域にSJ構造を形成しないことで、不純物量のばらつきによる耐圧低下を抑制した構造がある。

【0005】

この構造では、SJ構造の最外周のピラー層の不純物濃度を、最外周以外のSJ構造のピラー層の不純物濃度の概ね半分としている。さらに、SJ構造外の終端領域には、SJ構造を形成せず、低濃度のドリフト層を設けている。そして、この種の素子においては、パワーMOSFETであるため、さらに耐圧が高くなることが期待されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2000-277726号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

本発明が解決しようとする課題は、より耐圧の高い半導体素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

実施形態の半導体素子は、第1導電形の半導体層を有する終端領域と、第1導電形の第1半導体層と、前記第1半導体層上に位置し、第1方向において交互に設けられ、且つ、前記第1方向に直交する第2方向において周期的に複数設けられた第1導電形の第2半導体層、及び第2導電形の第3半導体層と、前記第3半導体層の上に設けられた第2導電形の第4半導体層と、前記第4半導体層に選択的に設けられた第1導電形の第5半導体層と、前記半導体層に隣接し、前記第3半導体層の周期よりも長い周期となるように、前記第2方向において周期的に複数設けられた第1導電形の第6半導体層と、前記第4半導体層に絶縁膜を介して接する制御電極と、前記第1半導体層に電氣的に接続された第1主電極と、前記第4半導体層と、前記第5半導体層と、に接続された第2主電極と、を有し、前記終端領域に囲まれた素子領域と、を備える。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施形態に係る半導体素子の模式図であり、(a)は、半導体素子の全体の概要を示す平面模式図、(b)は、(a)の - 線に沿った位置の断面模式図である。

【図2】参考例に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。

【図3】参考例に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

20

【図4】第1実施形態に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。

【図5】第1実施形態に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

【図6】第2実施形態に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。

【図7】第2実施形態に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

【図8】第3実施形態に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。

【図9】第3実施形態に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0011】

以下、図面を参照しつつ、実施形態について説明する。

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る半導体素子の模式図であり、(a)は、半導体素子の全体の概要を示す平面模式図、(b)は、(a)の - 線に沿った位置の断面模式図である。

【0012】

図1(a)に示すように、半導体素子1は、素子領域(セル領域)1aと、素子領域1aの周囲に設けられた終端領域1bと、を有する。素子領域1aには、ゲート配線1gが設けられている。

40

【0013】

図1(b)に示すように、半導体素子1においては、 n^+ 形のドレイン層(第1半導体層)10の上に、ドレイン層10の主面に対し平行な方向に、 n 形ピラー層(第2半導体層)11と、 p 形ピラー層(第3半導体層)12と、がそれぞれ周期的に配列されたスーパージャンクション構造(周期的配列構造)80Aを備える。

【0014】

半導体素子1においては、 p 形ピラー層12の上に、 p 形のベース層(第4半導体層)13が設けられている。ベース層13の表面には、 n^+ 形のソース層(第5半導体層)14が選択的に設けられている。 n 形ピラー層11の一部と、ベース層(第4半導体層)13と、ソース層14の一部と、には、ゲート絶縁膜20を介してゲート電極(制御電極)

50

21が接している。ゲート電極21は、上述したゲート配線1gに電氣的に接続されている。

【0015】

半導体素子1においては、終端領域1bにSJ構造80Aを備えていない。SJ構造80Aの最外周のp形ピラー層12aには、n形もしくはp形の高抵抗層15が接している。すなわち、SJ構造80Aの外側のドレイン層10の上に、高抵抗層15が設けられている。高抵抗層15に含まれる不純物濃度は、SJ構造80Aに含まれる不純物濃度よりも低い。例えば、半導体素子1が高い耐圧を得るためには、高抵抗層15の不純物濃度がn形ピラー層11もしくはp形ピラー層12の不純物濃度の1/10以下であることが望ましい。

10

【0016】

高抵抗層15の表面には、ガードリング層25が選択的に設けられている。高抵抗層15の表面にガードリング層25を設けることにより、ベース層13の端部での電界集中が抑制される。これにより、半導体素子1は、高い終端耐圧を保持する。高抵抗層15と、ガードリング層25と、の上には、フィールド絶縁層22が設けられている。

【0017】

SJ構造80Aとは反対側の高抵抗層15の側面には、フィールドストップ層23が接している。フィールドストップ層23と、フィールド絶縁層22の一部と、の上には、フィールドストップ電極24が設けられている。ドレイン層10には、ドレイン電極(第1主電極)30が電氣的に接続されている。ベース層13と、ソース層14と、には、ソース電極(第2主電極)31が接続されている。

20

【0018】

ドレイン層10、n形ピラー層11、p形ピラー層12、12a、ベース層13、ソース層14、高抵抗層15、フィールドストップ層23、およびガードリング層25の主成分は、例えば、ケイ素(Si)である。ゲート電極21、ゲート配線1gの主成分は、例えば、ポリシリコンである。ゲート絶縁膜20、フィールド絶縁層22の材質は、例えば、酸化ケイ素(SiO₂)である。ドレイン電極30、ソース電極31、およびフィールドストップ電極24の材質は、金属である。実施形態においては、n⁺形、n形を第1導電形とし、p形を第2導電形としてもよい。

【0019】

また、図中に示すZ軸方向は、ドレイン層10からベース層13に向かう方向であり、X軸方向(第2方向)は、Z軸方向に対して垂直な方向であり、Y軸方向(第1方向)は、X軸方向およびZ軸方向に対して垂直な方向とする。X軸方向は、半導体装置1の平面形状が矩形である場合、矩形の1つの辺の方向(図中の矩形の縦方向の辺)であり、Y軸方向は、X軸方向およびZ軸方向に垂直な方向である。ドレイン層10の平面形状が矩形である場合、この矩形の互いに対向する辺に対して平行な方向(X軸方向)におけるSJ構造80Aの最外周の前記周期構造と、その辺に対して平行な方向に直交する方向(Y軸方向)におけるSJ構造80Aの最外周の前記周期構造とは、異なる。

30

【0020】

次に、半導体素子1のSJ構造80Aを形成する方法について説明する。

40

SJ構造80Aは、例えば、イオン注入と、結晶成長と、を繰り返す工程によって形成される。この場合、n形ピラー層11のそれぞれの不純物濃度、もしくは、p形ピラー層12のそれぞれの不純物濃度は、イオン注入の際に用いられるマスクの開口面積を変化させることで調整できる。例えば、特定の部分のピラー層の不純物濃度を選択的に低下させるには、特定の部分のピラー層の位置に対応するマスクの開口部の面積をより小さくすればよい。

【0021】

マスクの開口部の面積は、フォトリソグラフィ等によって調整される。例えば、SJ構造の最外周のピラー層の不純物濃度を、他のピラー層の不純物濃度の概ね半分にするには、最外周のピラー層の位置に対応するマスクの開口部の面積を、他のピラー層の位置に対

50

応するマスクの開口部の面積の概ね半分にすればよい。しかし、マスクの材質は、レジストであり、マスクの開口部の面積が小さくなるほど、開口部の面積のばらつきは大きくなる。すなわち、従前の手法により、S J構造を形成すると、S J構造の最外周のピラー層の不純物濃度がばらついてしまう可能性がある。

【0022】

例えば、図2は、参考例に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。図2に例示されたマスクパターン400は、図1に示す領域90を形成する際に用いられる。イオン注入の際には、不純物がマスクパターン400の開口部を介して半導体層に選択的に注入される。なお、図2では、説明の都合上、n形不純物を注入するための開口部410、410aと、p形不純物を注入するための開口部420、420aと、が併せて表示されている。

10

【0023】

マスクパターン400には、p形ピラー層12を形成するための開口部420と、n形ピラー層11を形成するための開口部410と、が周期的にドット状に設けられている。開口部410aの位置と、開口部420aの位置と、は、S J構造の最外周のピラー層の位置に対応している。また、図中には、素子領域1aの単位セル430の領域が表示されている。

【0024】

S J構造の最外周のp形ピラー層12aの不純物濃度を、最外周以外のS J構造のp形ピラー層12の不純物濃度の概ね半分にするためには、図2に示すように、開口部420aの面積を開口部420の面積の概ね半分にすればよい。これにより、開口部420aを介して注入される不純物の量は、開口部420を介して注入される不純物の量の概ね半分になる。

20

【0025】

同様に、S J構造の最外周のn形ピラー層の不純物濃度を、最外周以外のS J構造のn形ピラー層11の不純物濃度の概ね半分にするためには、図2に示すように、開口部410aの面積を開口部410の面積の概ね半分にすればよい。これにより、開口部410aを介して注入される不純物の量は、開口部410を介して注入される不純物の量の概ね半分になる。

【0026】

また、開口部410a、420aのそれぞれの面積を開口部410、420のそれぞれの面積の半分にすることにより、それぞれの単位セル430内のn形ピラー層の不純物量およびp形ピラー層の不純物量の合計量が略同じになる。

30

【0027】

このようなマスクパターン400を用いれば、S J構造の最外周のp形ピラー層（もしくは、n形ピラー層）の不純物濃度を、最外周以外のS J構造のp形ピラー層（もしくは、n形ピラー層）の不純物濃度の概ね半分にすることができる。

【0028】

マスクパターン400を用いてS J構造を形成したときのS J構造の平面形状の模式図を、図3に示す。

40

図3は、参考例に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

図3には、各ピラー層の位置と、マスクパターンの各開口部の位置と、の対応が分かるように、n形ピラー層11、p形ピラー層12等のほか、マスクパターン400に係る開口部410、420等が表示されている。

【0029】

参考例に係るS J構造100においては、開口部420aが設けられた場所に、p形ピラー層12aが形成されている。p形ピラー層12aは、S J構造100の最外周に位置している。p形ピラー層12aには、S J構造100側において、n形ピラー層11が隣接している。また、p形ピラー層12aには、S J構造100側とは反対側において、高抵抗層15が隣接している。

50

【0030】

半導体素子がオフ時には、例えば、n形ピラー層11、11aの電位がp形ピラー層12、12aの電位よりも高くなるように、p形ピラー層12、12aと、n形ピラー層11、11aと、の間に電位差が設けられる。このため、p形ピラー層12と、n形ピラー層11と、によって形成されるpn接合界面からは、p形ピラー層12側およびn形ピラー層11側のそれぞれに空乏層が伸び、p形ピラー層12のそれぞれと、n形ピラー層11のそれぞれと、は、所定の電圧で完全に空乏化する。

【0031】

例えば、図中では、p形ピラー層12と、n形ピラー層11と、によって形成されるpn接合界面からp形ピラー層12側に伸びる空乏層の方向を矢印P1で表し、このpn接合界面からn形ピラー層11側に伸びる空乏層の方向を矢印N1で表している。

10

【0032】

しかし、SJ構造100の最外周に位置するp形ピラー層12aは、不純物濃度がp形ピラー層12aよりも低い高抵抗層15に隣接している。このため、p形ピラー層12aと、高抵抗層15と、によって形成されるpn接合界面からは、p形ピラー層12a側に空乏層が伸び難くなる。

【0033】

例えば、図中では、p形ピラー層12aと、高抵抗層15と、によって形成されるpn接合界面からp形ピラー層12a側に伸びる空乏層の方向を矢印P2で表し、このpn接合界面から高抵抗層15側に伸びる空乏層の方向を矢印N2で表している。

20

【0034】

高抵抗層15については、高抵抗層15自体の不純物濃度が低いために、pn接合界面からの空乏層が伸び易い。このため、空乏の伸びを示す矢印N2の長さは、矢印N1、P1の長さよりも長く表記されている。しかし、p形ピラー層12aと、高抵抗層15と、によって形成されるpn接合界面からp形ピラー層12a側に伸びる空乏層は、p形ピラー層12内に伸びる空乏層に比べ伸び難くなる可能性がある。同様の現象は、SJ構造100の最外周に位置するn形ピラー層11a内でも起こり得る。

【0035】

この現象を解消するために、参考例では、開口部420a、410aの面積を開口部420、410の面積よりも小さくして、不純物濃度がp形ピラー層12（もしくは、n形ピラー層11）よりも低いp形ピラー層12a（もしくは、n形ピラー層11a）を形成している。これにより、p形ピラー層12a、およびn形ピラー層11aにおいても、空乏層が伸びやすくなり、半導体素子の終端領域は高耐圧になる。

30

【0036】

例えば、SJ構造の最外周のp形ピラー層12a（もしくは、n形ピラー層11a）の不純物濃度をp形ピラー層12（もしくは、n形ピラー層11）の不純物濃度の概ね半分に調整して、p形ピラー層12a（もしくは、n形ピラー層11a）においても、空乏層が伸び易くなる調整している。

【0037】

しかし、マスクの開口部の面積が小さくなるほど、開口部の面積のばらつきが大きくなってしまふ。例えば、開口部の「幅」を、ドレイン層10の主面に対して垂直な方向から眺めたときの開口部の幅として定義する。

40

【0038】

開口部の幅のばらつきが $\pm 0.1 \mu\text{m}$ である場合、開口部の一辺の長さが $2 \mu\text{m}$ のときの開口部の面積のばらつきは、 \pm 約10%程度であるのに対し、開口部の一辺の長さが $1 \mu\text{m}$ になると、開口部の面積のばらつきは、 $\pm 20\%$ 程度になってしまう。

【0039】

このため、参考例においては、p形ピラー層12aの不純物量のばらつき、および、n形ピラー層11aの不純物量のばらつきが大きくなってしまい、SJ構造の最外周において耐圧が低下する可能性がある。

50

【 0 0 4 0 】

これに対し、第 1 実施形態では、以下に示す方法により、S J 構造 8 0 A を形成する。

【 0 0 4 1 】

図 4 は、第 1 実施形態に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。

【 0 0 4 2 】

第 1 実施形態に係るマスクパターン 4 0 は、図 1 に示す領域 9 0 を形成する際に用いられる。図 4 には、マスクパターン 4 0 の最外周付近の様子が示されている。イオン注入の際には、不純物がマスクパターン 4 0 の開口部を介して半導体層に選択的に注入される。図 4 では、説明の都合上、n 形不純物を注入するための開口部 4 1、4 1 a と、p 形不純物を注入するための開口部 4 2、4 2 a と、が併せて表示されている。実際のマスクでは、半導体層に n 形不純物を注入する際には、開口部 4 1、4 1 a のみが設けられ、半導体層に p 形不純物を注入する際には、開口部 4 2、4 2 a のみが設けられている。

10

【 0 0 4 3 】

マスクパターン 4 0 においては、開口部 4 1、4 1 a、4 2、4 2 a のそれぞれがドット状に周期的に配置されている。開口部 4 1 a の位置は、S J 構造 8 0 A の最外周に配置される n 形ピラー層の位置に対応している。開口部 4 2 a の位置は、S J 構造 8 0 A の最外周に配置される p 形ピラー層の位置に対応している。開口部 4 1、4 2 のそれぞれは、S J 構造 8 0 A の最外周以外に配置される n 形ピラー層、p 形ピラー層のそれぞれに対応している。開口部 4 1、4 1 a、4 2、4 2 a のそれぞれの面積は、略同じである。

20

【 0 0 4 4 】

マスクパターン 4 0 の最外周の周期構造は、S J 構造 8 0 A の最外周に対応している。マスクパターン 4 0 の最外周以外の周期構造は、S J 構造 8 0 A の最外周以外の周期構造に対応している。マスクパターン 4 0 の最外周の周期構造は、マスクパターン 4 0 の最外周以外の周期構造と異なる。

【 0 0 4 5 】

例えば、X 軸方向において、開口部 4 1 a の周期は、開口部 4 2 の周期の 2 倍である。Y 軸方向においては、開口部 4 2 a の周期は、開口部 4 1 の周期の 2 倍である。また、X 軸方向において、開口部 4 1 a の一部は、互いに対向する開口部 4 2 の間に挿入されている。Y 軸方向において、開口部 4 2 a の一部は、互いに対向する開口部 4 1 の間に挿入されている。

30

【 0 0 4 6 】

また、図 4 には、素子領域 1 a における単位セル 4 3 の領域と、最外周単位セル 4 4 X、4 4 Y の領域と、が表示されている。マスクパターン 4 0 においては、単位セル 4 3 内の開口部 4 1 の面積と、開口部 4 2 の面積と、が略同じである。また、マスクパターン 4 0 においては、X 軸方向における最外周単位セル 4 4 X 内の開口部 4 1 a の面積と、開口部 4 2 の面積と、が略同じである。また、マスクパターン 4 0 においては、Y 軸方向における最外周単位セル 4 4 Y 内の開口部 4 2 a の面積と、開口部 4 1 の面積と、が略同じである。

40

【 0 0 4 7 】

第 1 実施形態では、単位セル 4 3 と、最外周単位セル 4 4 X、4 4 Y と、を組み合わせ、最外周の開口部 4 1 a、4 2 a のそれぞれの面積と、最外周以外の開口部 4 1、4 2 のそれぞれの面積と、を略同じにしている。これにより、第 1 実施形態に係るマスクパターン 4 0 においては、開口部のそれぞれの面積のばらつきが抑制される。

【 0 0 4 8 】

このようなマスクパターン 4 0 を用いてイオン注入を施すと、単位セル 4 3 内および最外周単位セル 4 4 X、4 4 Y 内において、n 形ピラー層の不純物濃度と、p 形ピラー層の不純物量と、が略同じになる。

【 0 0 4 9 】

マスクパターン 4 0 を用いて、S J 構造 8 0 A を形成したときの模式的な平面形状を、

50

図 5 に示す。

図 5 は、第 1 実施形態に係るスーパー Junction 構造の平面模式図である。

図 1 (b) の断面模式図は、例えば、図 5 の ' - ' の位置に対応している。

【 0 0 5 0 】

図 5 には、各ピラー層の位置と、マスクパターンの各開口部の位置と、の対応が分かるように、n 形ピラー層 1 1、p 形ピラー層 1 2 等のほか、マスクパターン 4 0 に係る開口部 4 1、4 2 等が表示されている。また、図 5 には、素子領域 1 a における単位セル 4 3 と、最外周単位セル 4 4 X、4 4 Y と、が表示されている。

【 0 0 5 1 】

図 5 に示すように、単位セル 4 3 内の n 形ピラー層 1 1 の面積と、p 形ピラー層 1 2 の面積と、は、略同じである。さらに、最外周単位セル 4 4 X 内でも、n 形ピラー層 1 1 a (第 6 半導体層) の面積と、p 形ピラー層 1 2 の面積と、が略同じであり、最外周単位セル 4 4 Y 内でも、p 形ピラー層 1 2 a (第 7 半導体層) の面積と、n 形ピラー層 1 1 の面積と、が略同じである。すなわち、単位セル 4 3 のそれぞれ、および最外周単位セル 4 4 X、4 4 Y のそれぞれにおいて、n 形ピラー層の不純物量と、p 形ピラー層の不純物量と、は略同じである。

【 0 0 5 2 】

第 1 実施形態に係る S J 構造 8 0 A においては、ドレイン層 1 0 の主面に対して垂直な方向からみて、n 形ピラー層 1 1、1 1 a、p 形ピラー層 1 2、1 2 a がドット状に配置されている。S J 構造 8 0 A の最外周の周期構造は、最外周以外の S J 構造 8 0 A の周期構造と異なる。例えば、X 軸方向における S J 構造 8 0 A の最外周の周期構造と、Y 軸方向における S J 構造 8 0 A の最外周の周期構造と、は異なる。

【 0 0 5 3 】

具体的には、X 軸方向においては、開口部 4 1 a が設けられた場所に、n 形ピラー層 1 1 a が形成されている。n 形ピラー層 1 1 a は、S J 構造 8 0 A の最外周に位置している。n 形ピラー層 1 1 a には、S J 構造 8 0 A 側において、p 形ピラー層 1 2 が隣接している。n 形ピラー層 1 1 a は、互いに対向する p 形ピラー層 1 2 の間に設けられている。また、n 形ピラー層 1 1 a と、p 形ピラー層 1 2 a と、には、S J 構造 8 0 A 側とは反対側において、高抵抗層 1 5 が隣接している。

【 0 0 5 4 】

Y 軸方向においては、開口部 4 2 a が設けられた場所に、p 形ピラー層 1 2 a が形成されている。p 形ピラー層 1 2 a は、S J 構造 8 0 A の最外周に位置している。p 形ピラー層 1 2 a には、S J 構造 8 0 A 側において、n 形ピラー層 1 1 が隣接している。p 形ピラー層 1 2 a は、互いに対向する n 形ピラー層 1 1 の間に設けられている。また、p 形ピラー層 1 2 a と、n 形ピラー層 1 1 と、には、S J 構造 8 0 A 側とは反対側において、高抵抗層 1 5 が隣接している。

【 0 0 5 5 】

また、第 1 実施形態においては、X 軸方向の最外周単位セル 4 4 X のパターンと、Y 軸方向の最外周単位セル 4 4 Y のパターンと、が異なる。例えば、S J 構造 8 0 A の最外周における n 形ピラー層 1 1 a および p 形ピラー層 1 2 a のいずれか一方の周期は、この最外周に沿った最外周以外の S J 構造 8 0 A における n 形ピラー層 1 1 および p 形ピラー層 1 2 のいずれか他方の周期の 2 倍になっている。また、それぞれの最外周単位セル 4 4 X、4 4 Y における不純物量は略同じである。

【 0 0 5 6 】

半導体素子 1 がオフ時には、例えば、n 形ピラー層 1 1、1 1 a の電位が p 形ピラー層 1 2、1 2 a の電位よりも高くなるように、p 形ピラー層 1 2、1 2 a と、n 形ピラー層 1 1、1 1 a と、の間に電位差が設けられる。そして、単位セル 4 3 内の n 形ピラー層 1 1 の不純物濃度と、p 形ピラー層 1 2 の不純物量と、は、略同じである。このため、p 形ピラー層 1 2 と、n 形ピラー層 1 1 と、によって形成される p n 接合界面からは、p 形ピラー層 1 2 側および n 形ピラー層 1 1 側のそれぞれに空乏層が伸び、p 形ピラー層 1 2 の

10

20

30

40

50

それぞれと、n形ピラー層11のそれぞれと、は、所定の電圧で完全に空乏化する。

【0057】

例えば、図中では、p形ピラー層12と、n形ピラー層11と、によって形成されるpn接合界面からp形ピラー層12側に伸びる空乏層の方向を矢印P1で表し、このpn接合界面からn形ピラー層11側に伸びる空乏層の方向を矢印N1で表している。これにより、半導体素子1の素子領域1aは、高耐圧を保持する。

【0058】

また、上述したように、最外周単位セル44X、44Y内のn形ピラー層の不純物濃度と、p形ピラー層の不純物濃度と、は、略同じである。従って、SJ構造80Aの最外周に位置するn形ピラー層11aと、n形ピラー層11aに隣接するp形ピラー層12と、によって形成されるpn接合界面からも、p形ピラー層12側およびn形ピラー層11a側のそれぞれに空乏層が伸び、p形ピラー層12のそれぞれと、n形ピラー層11aのそれぞれと、は、所定の電圧で完全に空乏化する。

10

【0059】

例えば、図中では、p形ピラー層12と、n形ピラー層11aと、によって形成されるpn接合界面からp形ピラー層12側に伸びる空乏層の方向を矢印P1で表し、このpn接合界面からn形ピラー層11a側に伸びる空乏層の方向を矢印N1で表している。同様の現象は、SJ構造80Aの最外周に位置するp形ピラー層12a内でも起こり得る。これにより、半導体素子1の素子領域1aの終端(SJ構造80Aの最外周)は、高耐圧を保持する。

20

【0060】

なお、実際にマスクパターン40を用いて半導体層にイオン注入を施すと、n形ピラー層11と、p形ピラー層12と、の間の距離よりも、n形ピラー層11aと、p形ピラー層12と、の間の距離が短くなる。これは、マスクパターン40において、開口部41と、開口部42と、の間の距離よりも、開口部41aと、開口部42と、の間の距離が短いためである。すなわち、n形ピラー層11aの不純物プロファイルと、p形ピラー層12の不純物プロファイルと、が互いに重なるためである。

【0061】

これにより、実効的なn形ピラー層11aの不純物濃度は、n形ピラー層11に比べ低減する。同様に、n形ピラー層11と、p形ピラー層12と、の間の距離よりも、n形ピラー層11と、p形ピラー層12aと、の間の距離は、短くなる。これにより、実効的なp形ピラー層12aの不純物濃度は、p形ピラー層12に比べ低減する。その結果、SJ構造80Aの最外周は、最外周以外のSJ構造80Aよりも完全に空乏化し易くなり、SJ構造80Aの最外周での耐圧が高くなる。

30

【0062】

なお、図4では、X軸方向において、開口部41aの一部が互いに対向する開口部42の間に挿入され、Y軸方向において、開口部42aの一部が互いに対向する開口部41の間に挿入された形態を示したが、開口部41aが互いに対向する開口部42の間に挟まれ、開口部42aが互いに対向する開口部41の間に挟まれたマスクパターンであってもよい。このようなマスクパターンを用いても、同様の効果が得られる。

40

【0063】

このように、マスクパターン40においては、開口部41、41a、42、42aのそれぞれの面積が略同じであるために、n形ピラー層11aの不純物濃度およびp形ピラー層12aの不純物濃度がばらつき難くなる。従って、半導体素子1の耐圧は、参考例に比べてさらに高くなる。

【0064】

(第2実施形態)

図6は、第2実施形態に係るスーパー Junction構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。

【0065】

50

第2実施形態に係るマスクパターン50は、図1に示す領域90を形成する際に用いられる。図6では、説明の都合上、n形不純物を注入するための開口部51、51aと、p形不純物を注入するための開口部52、52aと、が併せて表示されている。実際のマスクでは、半導体層にn形不純物を注入する際には、開口部51、51aのみが設けられ、半導体層にp形不純物を注入する際には、開口部52、52aのみが設けられている。

【0066】

また、図6では、同じ面積の開口部が組になって、それぞれの組ごとに群分けされている。それぞれの組は破線によって群分けされている。括弧内に示された数字は、各群に属す開口部の面積の規格値である。

【0067】

マスクパターン50においては、SJ構造の最外周の内側からSJ構造の最外周側に向かい(図中の矢印91の方向)、開口部51の面積と、開口部52の面積と、が段階的に小さくなっている。例えば、開口部51の面積と、開口部52の面積と、がX軸方向およびY軸方向においてそれぞれ段階的に変化している。

【0068】

具体的には、開口部51については、群ごとに面積が1.0、0.9、0.8、0.7、0.6、0.5になるように段階的に小さくなっている。開口部52については、群ごとに面積が1.0、0.9、0.8、0.7、0.6、0.5になるように段階的に小さくなっている。最外周の開口部51a、52aの面積は、0.5である。

【0069】

このようなマスクパターン50を用いてSJ構造を形成すると、図7のようになる。

【0070】

図7は、第2実施形態に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

図7には、各ピラー層の位置と、マスクパターンの各開口部と、の対応が分かるように、n形ピラー層11、p形ピラー層12等のほか、マスクパターン50に係る開口部51、52等が表示されている。そのほか、図7には、素子領域1aにおける単位セル53の領域と、最外周における最外周単位セル54X、54Yの領域と、が表示されている。

【0071】

第2実施形態に係るSJ構造80Bにおいては、n形ピラー層11のそれぞれと、p形ピラー層12のそれぞれと、がドット状に周期的に配置されている。上述したように、マスクパターン50の開口部の面積は、SJ構造80Bの最外周の内側からSJ構造80Bの最外周側に向かい段階的に小さくなっている。従って、n形ピラー層11の不純物濃度と、p形ピラー層12の不純物濃度と、は、X軸方向およびY軸方向において段階的に変化している。例えば、SJ構造80Bの最外周の内側からSJ構造80Bの最外周側に向かい(図中の矢印91の方向)、n形ピラー層11の不純物濃度と、p形ピラー層12の不純物濃度と、が段階的に低くなっている。

【0072】

また、第2実施形態に係るSJ構造80Bにおいては、単位セル53内のn形ピラー層11の面積と、p形ピラー層12の面積と、が略同じである。さらに、最外周単位セル54X内でも、n形ピラー層11aの面積と、p形ピラー層12の面積と、が略同じであり、最外周単位セル54Y内でも、p形ピラー層12aの面積と、n形ピラー層11の面積と、が略同じである。すなわち、単位セル53のそれぞれ、および最外周単位セル54X、54Yのそれぞれにおいて、n形ピラー層の不純物量と、p形ピラー層の不純物量と、は略同じである。

【0073】

上述したように、マスクパターン50において、単位セル53内での開口部51と、開口部52と、の面積は略同じである。これにより、SJ構造80Bにおいては、単位セル53内でのn形ピラー層11の不純物量と、p形ピラー層12の不純物量と、が略同じになる。また、マスクパターン50において、最外周単位セル54X内での開口部51aと、開口部52と、の面積は略同じであり、最外周単位セル54Y内での開口部51と、開

10

20

30

40

50

口部 5 2 a と、の面積は略同じである。これにより、S J 構造 8 0 B においては、最外周単位セル 5 4 X 内での n 形ピラー層 1 1 a の不純物量と、p 形ピラー層 1 2 の不純物量と、が略同じになり、最外周単位セル 5 4 Y 内での n 形ピラー層 1 1 の不純物量と、p 形ピラー層 1 2 a の不純物量と、が略同じになる。

【 0 0 7 4 】

すなわち、第 2 実施形態に係る S J 構造 8 0 B においては、それぞれの単位セル 5 3 内、およびそれぞれの最外周単位セル 5 4 X、5 4 Y 内において、n 形ピラー層の不純物量と、p 形ピラー層の不純物量と、が略同じである。これにより、それぞれの単位セル 5 3 内、およびそれぞれの最外周単位セル 5 4 X、5 4 Y 内において、n 形ピラー層と、p 形ピラー層と、が完全に空乏化することが可能になる。その結果、第 2 実施形態に係る S J 10 構造 8 0 B は、高耐圧を保持する。

【 0 0 7 5 】

また、第 2 実施形態に係る S J 構造 8 0 B においては、単位セル 5 3 内および最外周単位セル 5 4 X、5 4 Y 内での n 形ピラー層の不純物量と、p 形ピラー層の不純物量と、のバランスが崩れることなく、単位セル 5 3 内の不純物量が S J 構造 8 0 B の最外周の内側から最外周側に向かい（図中の矢印 9 1 の方向）、段階的に低くなっている。これにより、S J 構造 8 0 B の端部の耐圧が高くなる。

【 0 0 7 6 】

一般的に、S J 構造 8 0 B の最外周がベース層 1 3 の端部に近づくほど、S J 構造 8 0 B の最外周の電界分布は、ベース層 1 3 の端部での電界集中によって変調され易い。S J 20 構造 8 0 B の最外周の電界分布が変調されると、S J 構造 8 0 B の端部の耐圧が低下する場合がある。

【 0 0 7 7 】

しかし、第 2 実施形態では、予め S J 構造 8 0 B の端部の耐圧を高くしているため、S J 構造 8 0 B の最外周をベース層 1 3 の端部に近づけても、S J 構造 8 0 B の端部の耐圧低下が起き難い。これにより、S J 構造 8 0 B の最外周からベース層 1 3 の端部までの余分なオフセット領域を短くすることができ、素子面積がより小さくなる。

【 0 0 7 8 】

また、図 7 に示す各群に属す開口部のそれぞれの面積は、略同じであることから、群ごとの開口部の幅のばらつきは略同じになる。その結果、S J 構造 8 0 B の端部でのピラー 30 層の不純物濃度は、ばらつき難くなり、S J 構造 8 0 B の端部での耐圧低下が抑制される。

【 0 0 7 9 】

（第 3 実施形態）

図 8 は、第 3 実施形態に係るスーパージャンクション構造を形成するためのマスクパターンの平面模式図である。図 8 には、素子領域 1 a における単位セル 6 3 の領域と、最外周単位セル 6 4 X、6 4 Y の領域と、が表示されている。

【 0 0 8 0 】

第 3 実施形態に係るマスクパターン 6 0 は、図 1 に示す領域 9 0 の S J 構造を形成する際に用いられる。図 8 には、マスクパターン 6 0 の最外周付近の様子が示されている。イオン注入の際には、不純物がマスクパターン 6 0 の開口部を介して半導体層に選択的に注入される。図 8 では、説明の都合上、n 形不純物を注入するための開口部 6 1、6 1 a と、p 形不純物を注入するための開口部 6 2、6 2 a と、が併せて表示されている。実際のマスクでは、半導体層に n 形不純物を注入する際には、開口部 6 1、6 1 a のみが設けられ、半導体層に p 形不純物を注入する際には、開口部 6 2、6 2 a のみが設けられている。 40

【 0 0 8 1 】

マスクパターン 6 0 においては、開口部 6 1 は、ハニカム状に配置され、開口部 6 2 は、開口部 6 1 によって取り囲まれている。マスクパターン 6 0 の最外周の周期構造は、S J 構造の最外周に対応している。マスクパターン 6 0 の最外周以外の周期構造は、S J 構 50

造の最外周以外に対応している。マスクパターン60の最外周の周期構造は、マスクパターン60の最外周以外の周期構造と異なる。

【0082】

例えば、マスクパターン60の最外周においては、X軸方向の最外周単位セル64Xにおいて、開口部62aが開口部61によって挟まれている。X軸方向においては、2つの開口部61と、1つの開口部62aとが、列をなしている。また、マスクパターン60の最外周においては、Y軸方向の最外周単位セル64Yにおいて、開口部61aが終端になり、開口部61aが列をなしている。

【0083】

また、マスクパターン60においては、X軸方向において、開口部62aの周期が開口部62の周期と略同じである。また、マスクパターン60においては、Y軸方向において、開口部61aの周期が開口部62の周期と略同じである。

10

【0084】

マスクパターン60においては、単位セル63内の開口部61の面積は、開口部62の面積の略2倍である。また、マスクパターン60においては、X軸方向における最外周単位セル64X内の開口部61の面積は、開口部62の面積の略2倍である。また、マスクパターン60においては、Y軸方向における最外周単位セル64Y内の開口部61の面積は、開口部62の面積の2倍である。

【0085】

第3実施形態では、単位セル63と、最外周単位セル64X、64Yと、を組み合わせ、最外周の開口部61、62のそれぞれの面積と、最外周以外の開口部61、62のそれぞれの面積と、を略同じにしている。これにより、第3実施形態に係るマスクパターン60においては、開口部のそれぞれの面積のばらつきが抑制される。

20

【0086】

マスクパターン60を用いてイオン注入を施すときは、開口部62から半導体層に注入するドーズ量 (atoms/cm^2) を開口部61から半導体層に注入するドーズ量 (atoms/cm^2) の略2倍にする。これにより、単位セル63内および最外周単位セル64X、64Y内において、n形ピラー層11の不純物濃度と、p形ピラー層12の不純物量と、が略同じになる。

【0087】

このようなマスクパターン60を用いてSJ構造を形成すると、図9のようになる。

30

【0088】

図9は、第3実施形態に係るスーパージャンクション構造の平面模式図である。

図9には、各ピラー層の位置と、マスクパターンの各開口部と、の対応が分かるように、n形ピラー層11、p形ピラー層12等のほか、マスクパターン60に係る開口部61、62等が表示されている。そのほか、図9には、素子領域1aにおける単位セル63の領域と、最外周における最外周単位セル64X、64Yの領域と、が表示されている。

【0089】

第3実施形態に係るSJ構造80Cにおいては、ドレイン層10の主面に対して垂直な方向からみて、n形ピラー層11は、八ニカム状に配置されている。p形ピラー層12は、n形ピラー層11によって取り囲まれている。SJ構造80Cの最外周の周期構造は、最外周以外のSJ構造80Cの周期構造と異なる。

40

【0090】

また、SJ構造80Cの最外周におけるX軸方向のp形ピラー層12aの周期は、最外周以外のSJ構造80CにおけるX軸方向のp形ピラー層12の周期と同じである。SJ構造80Cの最外周におけるY軸方向のn形ピラー層11aの周期は、最外周以外のSJ構造80CにおけるY軸方向のp形ピラー層12の周期と同じである。

【0091】

n形ピラー層11の配置が八ニカム状になっても、X軸方向の最外周単位セル64Xと、Y軸方向の最外周単位セル64Yと、をSJ構造80Cの最外周に配置することで、そ

50

それぞれの最外周単位セル64X、64Y内の不純物量は略同じであり、且つ、マスクパターンの開口面積は、素子領域1aと、終端領域1bと、で略同じである。

【0092】

第3実施形態においても第2実施形態のように、段階的にピラー層の不純物濃度を变化させて、SJ構造80Cの端部の耐圧を高くすることも可能である。

【0093】

以上、具体例を参照しつつ実施形態について説明した。しかし、実施形態はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、実施形態の特徴を備えている限り、実施形態の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

10

【0094】

例えば、実施形態では、第1導電形をn形、第2導電形をp形として説明をしたが、第1導電形をp形、第2導電形をn型形とする構造も実施形態に含まれる。

【0095】

また、プレーナ型ゲート構造を用いて説明したが、トレンチ型ゲート構造を用いても同様なピラー配置とすることで、同様な効果が得られる。

【0096】

また、終端領域表面にガードリング層を形成する構造を示したが、終端構造に限定されることはなく、リサーフやフィールドプレートなど他の構造を用いても実施可能である。

20

【0097】

また、イオン注入と埋め込み結晶成長を繰り返すプロセスを用いて説明したが、SJ構造の形成プロセスに限定されることはなく、加速電圧を变化させるプロセスなど他のプロセスを用いても実施可能である。

【0098】

また、前述した各実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて複合させることができ、これらを組み合わせたものも実施形態の特徴を含む限り実施形態の範囲に包含される。その他、実施形態の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても実施形態の範囲に属するものと了解される。

30

【0099】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0100】

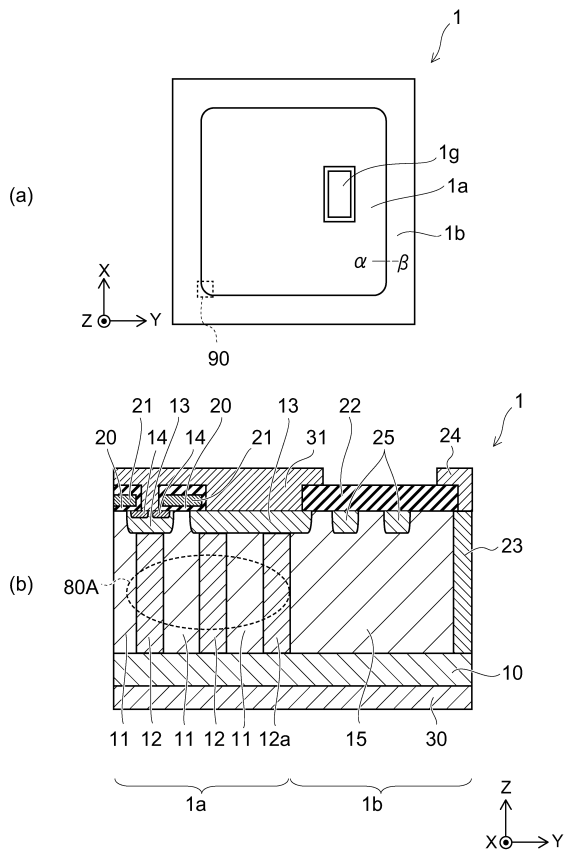
- 1 半導体素子
- 1a 素子領域
- 1b 終端領域
- 1g ゲート配線
- 10 ドレイン層(第1半導体層)
- 11、11a n形ピラー層(第2半導体層)
- 12、12a p形ピラー層(第3半導体層)
- 13 ベース層(第4半導体層)
- 14 ソース層(第5半導体層)
- 15 高抵抗層
- 20 ゲート絶縁膜

40

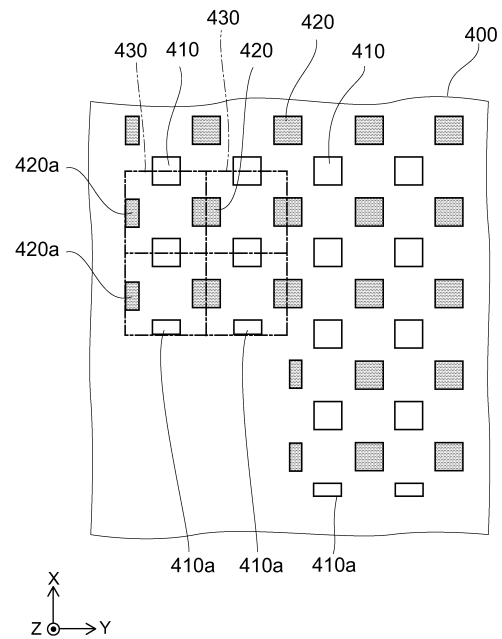
50

- 2 1 ゲート電極（制御電極）
- 2 2 フィールド絶縁層
- 2 3 フィールドストップ層
- 2 4 フィールドストップ電極
- 2 5 ガードリング層
- 3 0 ドレイン電極
- 3 1 ソース電極
- 4 0、5 0、6 0、4 0 0 マスクパターン
- 4 1、4 1 a、4 2、4 2 a、5 1、5 1 a、5 2、5 2 a、6 1、6 1 a、6 2、6 2 a、4 1 0、4 1 0 a、4 2 0、4 2 0 a 開口部
- 4 3、5 3、6 3、4 3 0 単位セル
- 4 4 X、4 4 Y、5 4 X、5 4 Y、6 4 X、6 4 Y 最外周単位セル
- 8 0 A、8 0 B、8 0 C、1 0 0 S J 構造（周期的配列構造）
- 9 0 領域
- N 1、N 2、P 1、P 2 矢印

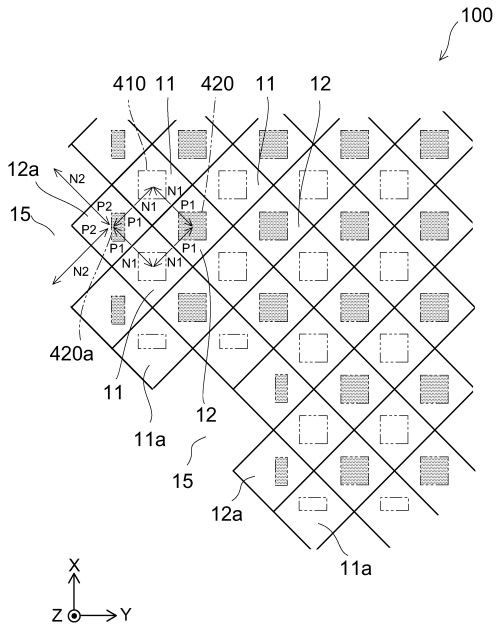
【図 1】



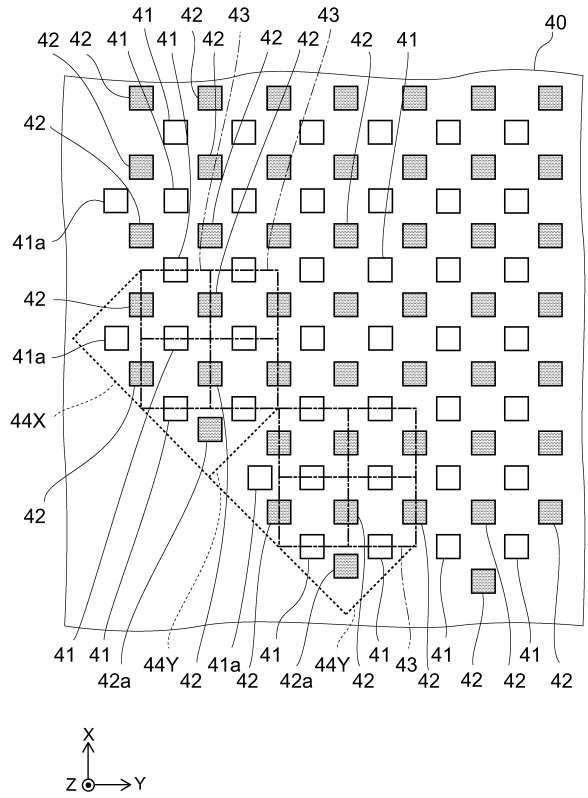
【図 2】



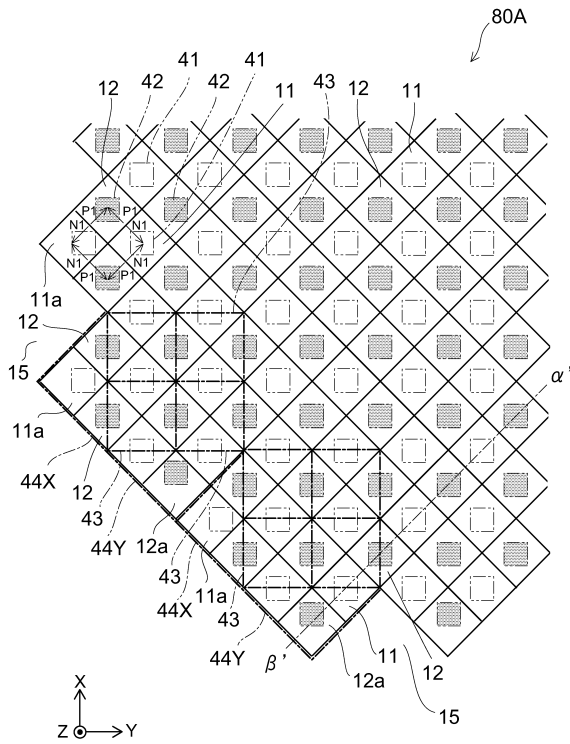
【図3】



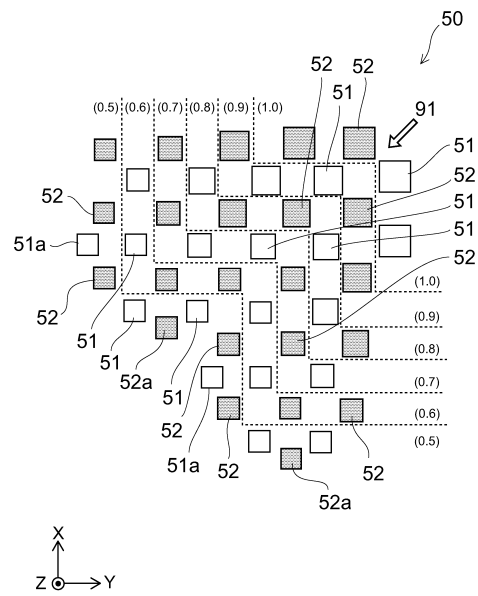
【図4】



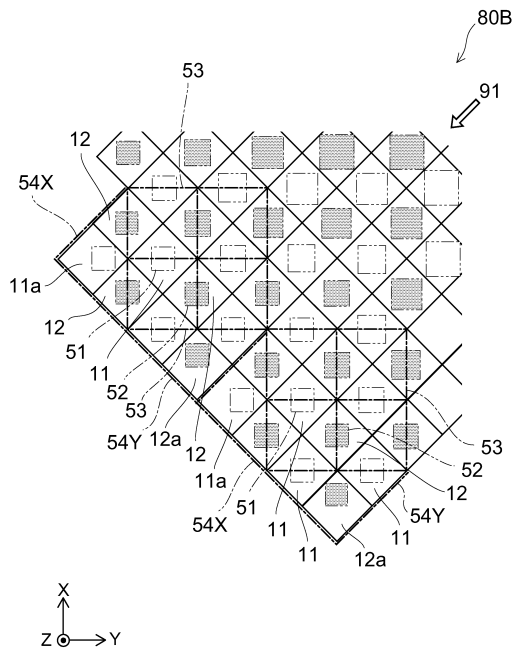
【図5】



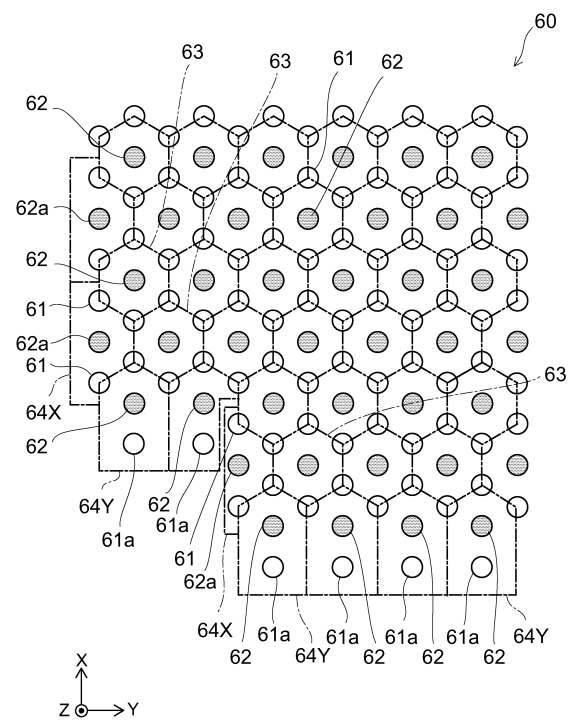
【図6】



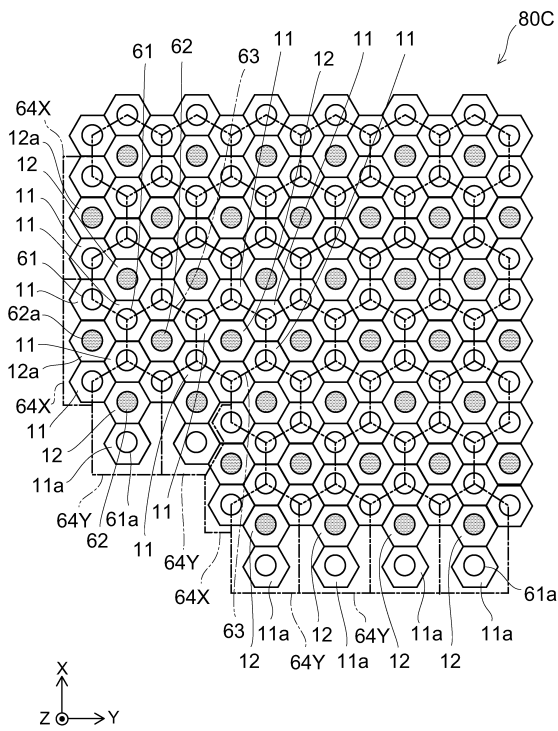
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 谷内 俊治
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 渡辺 美穂
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 山下 浩明
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 土谷 慎吾

- (56)参考文献 特開2008-004643(JP,A)
特開2001-298190(JP,A)
特開2007-266505(JP,A)
特開2005-136099(JP,A)
特開2005-101560(JP,A)
米国特許出願公開第2007/0222025(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- H01L 21/336
H01L 29/06
H01L 29/739
H01L 29/78