

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6256192号
(P6256192)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl.

F 1

HO1L 29/78	(2006.01)	HO1L 29/78	652S
HO1L 29/12	(2006.01)	HO1L 29/78	652T
HO1L 29/739	(2006.01)	HO1L 29/78	655G
HO1L 29/423	(2006.01)	HO1L 29/78	652F
HO1L 29/49	(2006.01)	HO1L 29/78	653A

請求項の数 2 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2014-107824 (P2014-107824)

(22) 出願日

平成26年5月26日 (2014.5.26)

(65) 公開番号

特開2015-225872 (P2015-225872A)

(43) 公開日

平成27年12月14日 (2015.12.14)

審査請求日

平成28年8月30日 (2016.8.30)

(73) 特許権者 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町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 西脇 克彦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 棚田 一也

(56) 参考文献 国際公開第2005/109521 (WO, A1)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板の表面に形成された第1トレンチと、

前記表面に形成され、前記表面の平面視において前記第1トレンチと異なる方向に延びるとともに前記第1トレンチと交わる第2トレンチと、

前記第1トレンチと前記第2トレンチの内面および前記第1トレンチと前記第2トレンチとの交差部の内面を覆うゲート絶縁膜と、

前記第1トレンチと前記第2トレンチ内に形成されており、ゲート絶縁膜を介して前記半導体基板に対向するゲート電極と、

前記半導体基板内に形成されており、前記表面に露出しており、前記第2トレンチ内の前記ゲート絶縁膜に接しており、前記第1トレンチと前記第2トレンチとの交差部の内面を覆う前記ゲート絶縁膜に接していない第1導電型の第1半導体領域と、

前記半導体基板内に形成されており、前記第1半導体領域よりも深い側の前記第2トレンチ内の前記ゲート絶縁膜に接している第2導電型の第2半導体領域と、

前記半導体基板内に形成されており、前記第2半導体領域よりも深い側の前記第2トレンチ内の前記ゲート絶縁膜に接しており、前記第2半導体領域によって前記第1半導体領域から分離されている第1導電型の第3半導体領域と、を備えており、

前記第2トレンチの一方側に前記第1半導体領域が形成されており、前記第2トレンチの他方側に前記第1半導体領域が形成されておらず、

複数の前記第1トレンチと複数の前記第2トレンチを有し、

10

20

前記表面の平面視において、複数の前記第1トレンチと複数の前記第2トレンチが格子状に配置されており、

前記第1半導体領域は、前記第1トレンチ内のゲート絶縁膜に接していない、半導体装置。

【請求項2】

前記表面の平面視において、前記第1トレンチと前記第2トレンチによって形成される格子が千鳥状に配置されている請求項1に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本明細書に開示の技術は、半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、半導体基板と、半導体基板に形成された複数のトレンチとを備える半導体装置が開示されている。特許文献1の半導体装置では、トレンチが格子状に形成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特開2013-232533号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の半導体装置では、チャネルを形成するために必要な閾値電圧にゲート電極の位置によって差が生じことがある。そこで本明細書は、閾値電圧の安定を図ることができる半導体装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書に開示する半導体装置は、半導体基板の表面に形成された第1トレンチと、前記表面に形成され、前記表面の平面視において前記第1トレンチと異なる方向に延びるとともに前記第1トレンチと交わる第2トレンチとを備えている。また、半導体装置は、前記第1トレンチと前記第2トレンチの内面および前記第1トレンチと前記第2トレンチとの交差部の内面を覆うゲート絶縁膜と、前記第1トレンチと前記第2トレンチ内に形成されており、ゲート絶縁膜を介して前記半導体基板に対向するゲート電極とを備えている。また、半導体装置は、前記半導体基板内に形成されており、前記表面に露出しており、前記第2トレンチ内の前記ゲート絶縁膜に接しており、前記第1トレンチと前記第2トレンチとの交差部の内面に形成されている前記ゲート絶縁膜に接していない第1導電型の第1半導体領域を備えている。また、半導体装置は、前記半導体基板内に形成されており、前記第1半導体領域よりも深い側の前記第2トレンチ内の前記ゲート絶縁膜に接している第2導電型の第2半導体領域を備えている。また、半導体装置は、前記半導体基板内に形成されており、前記第2半導体領域よりも深い側の前記第2トレンチ内の前記ゲート絶縁膜に接しており、前記第2半導体領域によって前記第1半導体領域から分離されている第1導電型の第3半導体領域を備えている。前記第2トレンチの一方側に前記第1半導体領域が形成されており、前記第2トレンチの他方側に前記第1半導体領域が形成されていない

。

【0006】

第1トレンチと第2トレンチが交わる交差部において周囲の部分よりトレンチが深くなる。しかしながら、上記の構成によれば、第1半導体領域が交差部に形成されているゲー

50

ト絶縁膜に接していないので、交差部の深いトレンチによる影響を避けることができる。その結果、半導体装置の閾値電圧の安定を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】半導体装置の上面図である。

【図2】図1のII-II断面図である。

【図3】図1のIII-III断面図である。

【図4】図1の要部IVの拡大図である。

【図5】他の実施形態に係る半導体装置の上面図である。

【図6】更に他の実施形態に係る半導体装置の要部の拡大図である。

【図7】更に他の実施形態に係る半導体装置の上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下に説明する実施形態の主要な特徴を列記する。なお、以下に記載する技術要素は、それぞれ独立した技術要素であって、単独あるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものである。

【0009】

(特徴1) 半導体装置は、複数の第1トレンチと複数の第2トレンチを有していてよい。半導体基板の表面の平面視において、複数の第1トレンチと複数の第2トレンチが格子状に配置されていてよい。第1半導体領域は、第1トレンチ内のゲート絶縁膜に接しているなくてもよい。

【0010】

(特徴2) 半導体基板の表面の平面視において、第1トレンチと第2トレンチによって形成される格子が千鳥状に配置されていてよい。

【0011】

以下、実施形態について添付図面を参照して説明する。図1～3に示す半導体装置1は、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) である。半導体装置1は、半導体基板10、電極及び絶縁層等により構成されている。

【0012】

半導体基板10は、シリコン(Si)によって形成されている。他の例では、半導体基板10は、炭化ケイ素(SiC)や窒化ガリウム(GaN)等から形成されていてよい。図2に示すように、半導体基板10の内部には、エミッタ領域24(第1半導体領域の一例に相当する)、コンタクト領域25、ボディ領域23(第2半導体領域の一例に相当する)、ドリフト領域22(第3導電型の一例に相当する)、および、コレクタ領域21が形成されている。より詳細には、半導体基板10は、裏面側から順に、p型のコレクタ領域21と、コレクタ領域21の上に形成されたn型のドリフト領域22と、ドリフト領域22の上に形成されたp型のボディ領域23と、ボディ領域23の上に形成されたn型のエミッタ領域24と、ボディ領域23の上に形成されたp型のコンタクト領域25とを備えている。コレクタ領域21は、半導体基板10の裏面に露出している。コレクタ領域21は、ドリフト領域22によってボディ領域23から分離されている。ドリフト領域22は、ボディ領域23によってエミッタ領域24から分離されている。エミッタ領域24は、半導体基板10の表面に露出している。コンタクト領域25は、半導体基板10の表面に露出している。コンタクト領域25のp型不純物濃度は、ボディ領域23のp型不純物濃度よりも高い。なお、n型は、第1導電型の一例に相当し、p型は、第2導電型の一例に相当する。

【0013】

半導体基板10の表面には、表面電極70が形成されている。表面電極70は、エミッタ領域24及びコンタクト領域25に接続されている。半導体基板10の裏面には、裏面電極72が形成されている。裏面電極72は、コレクタ領域21に接続されている。

【0014】

10

20

30

40

50

図 1 に示すように、半導体基板 10 の表面には、複数のトレンチ 61 (すなわち、複数の第 1 トレンチ 611 および複数の第 2 トレンチ 612) が形成されている。半導体基板 10 の表面の平面視において、第 1 トレンチ 611 は x 方向 (第 1 の方向) に沿って伸びている。半導体基板 10 の表面の平面視において、複数の第 1 トレンチ 611 は、y 方向に間隔をあけて並んで形成されている。なお、y 方向は x 方向とは異なる方向であり、より詳細には y 方向は x 方向に対して直交する方向である。複数の第 1 トレンチ 611 は、平行に伸びている。第 2 トレンチ 612 は、y 方向 (第 2 の方向) に伸びている。複数の第 2 トレンチ 612 は、x 方向に間隔をあけて並んで形成されている。複数の第 2 トレンチ 612 は、平行に伸びている。y 方向において隣り合う第 2 トレンチ 612 同士は、x 方向において互いにずれている。2 つの第 1 トレンチ 611 の間に第 2 トレンチ 612 が形成されている。各第 2 トレンチ 612 は、その両端部 (図 1 の交差部 30) において第 1 トレンチ 611 と交わっている。交差部 30 からトレンチ 61 が三方に伸びている。第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 によって、半導体基板 10 の表面が格子状に区画されている。第 1 トレンチ 611 および第 2 トレンチ 612 によって形成される格子は、千鳥状に配置されている。以下では、格子状に区画された領域を、素子領域 20 という。

図 1 に示すように、エミッタ領域 24 は、素子領域 20 に形成されている。エミッタ領域 24 は、第 2 トレンチ 612 に隣接している。エミッタ領域 24 は、第 2 トレンチ 612 に沿って形成されている。エミッタ領域 24 は、y 方向 (第 2 の方向) に伸びている。第 2 トレンチ 612 の x 方向の両側にエミッタ領域 24 が形成されている。第 2 トレンチ 612 の両側のエミッタ領域 24 は、第 2 トレンチ 612 を挟んで対称的に形成されている。エミッタ領域 24 は、第 1 トレンチ 611 に隣接していない。また、エミッタ領域 24 は、交差部 30 に隣接していない。すなわち、エミッタ領域 24 は、第 1 トレンチ 611 及び交差部 30 から離間して形成されている。コンタクト領域 25 は、第 1 トレンチ 611、第 2 トレンチ 612 及び交差部 30 に接するように形成されている。すなわち、エミッタ領域 24 と第 1 トレンチ 611 の間にコンタクト領域 25 が形成されている。

【0015】

図 2 および図 3 に示すように、断面視において、トレンチ 61 (第 1 トレンチ 611 および第 2 トレンチ 612) は、半導体基板 10 の表面から z 方向 (深さ方向) に伸びている。第 1 トレンチ 611 は、エミッタ領域 24 およびボディ領域 23 を貫通してドリフト領域 22 まで伸びている。第 2 トレンチ 612 は、コンタクト領域 25 およびボディ領域 23 を貫通してドリフト領域 22 まで伸びている。図 3 に示すように、交差部 30 では、交差部 30 の外側に比べて、トレンチ 61 の深さが深くなっている。これは、半導体装置 10 の製造工程においてトレンチ 61 をドライエッチングにより形成する際に、交差部 30 に供給されるエッチングガスの量が交差部 30 の外側のトレンチ 61 に比べて多くなるためである。トレンチ 61 の内面には、ゲート絶縁膜 62 が形成されている。ゲート絶縁膜 62 は、トレンチ 61 の内面全体を覆っている。各トレンチ 61 の内部 (ゲート絶縁膜 62 の内側) には、ゲート電極 63 が形成されている。ゲート電極 63 は、第 1 トレンチ 611 の内部および第 2 トレンチ 612 の内部に配置されている。ゲート電極 63 は、ゲート絶縁膜 62 を介して半導体基板 10 に対向している。ゲート電極 63 は、層間絶縁膜 74 によって表面電極 70 から絶縁されている。また、図 4 に示すように、ゲート絶縁膜 62 は、第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 の内面および第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 の交差部 30 の内面を覆っている。本実施形態において交差部 30 の内面 301 は、第 1 トレンチ 611 の端部と第 2 トレンチ 612 の端部が接する部分 (角部) の内面に相当する。また、交差部 30 の内面 301 は、第 1 トレンチ 611 のうち、第 1 トレンチ 611 に向かって伸びる第 2 トレンチ 612 と対向する部分の内面に相当する。この内面 301 は、交差部 30 に面している。

【0016】

ゲート絶縁膜 62 には、コンタクト領域 25、エミッタ領域 24、ボディ領域 23 およびドリフト領域 22 が接している。図 2 に示すように、エミッタ領域 24 は、半導体基板 10 の表面近傍においてゲート絶縁膜 62 と接している。図 3 に示すように、コンタクト

10

20

30

40

50

領域 25 は、半導体基板 10 の表面近傍においてゲート絶縁膜 62 と接している。図 1 に示すように、コンタクト領域 25 は、第 1 トレンチ 611、第 2 トレンチ 612 及び交差部 30 内のゲート絶縁膜 62 と接している。また、エミッタ領域 24 は、第 2 トレンチ 612 内のゲート絶縁膜 62 と接している。エミッタ領域 24 は、第 1 トレンチ 611 及び交差部 30 内のゲート絶縁膜 62 に接していない。図 2 に示すように、ボディ領域 23 は、エミッタ領域 24 の下部において、エミッタ領域 24 よりも深い側のゲート絶縁膜 62 に接している。また、図 3 に示すように、ボディ領域 23 は、コンタクト領域 25 の下部において、コンタクト領域 24 よりも深い側のゲート絶縁膜 62 に接している。ドリフト領域 22 は、ボディ領域 23 の下部において、ボディ領域 23 よりも深い側のゲート絶縁膜 62 に接している。

10

【 0 0 1 7 】

上述の構成を備える半導体装置 1 によれば、トレンチ 61 の内部のゲート電極 63 をオン電位（閾値以上の電位）にすると、ゲート絶縁膜 62 の近傍のボディ領域 23 に、トレンチ 61 の深さ方向に沿ってチャネルが形成される。また、表面電極 70 と裏面電極 72 の間に電圧を印加すると、エミッタ領域 24 側から、チャネルとドリフト領域 22 を介してコレクタ領域 21 へ電子が流れる。また、コレクタ領域 21 から、ドリフト領域 22 とボディ領域 23 を介してコンタクト領域 25 にホールが流れる。このようにして、コレクタ領域 21 からエミッタ領域 24 へ電流が流れる。すなわち、IGBT がオンする。

【 0 0 1 8 】

上述の通り、交差部 30 では周囲の部分よりトレンチ 61 が深い。IGBT がオンしている際には、トレンチ 61 の近傍で電子が流れやすい。このため、トレンチ 61 が深い交差部 30 の近傍が電子の流れの主経路になっていると、トレンチ 61 が深い位置（すなわち、交差部 30 近傍）とトレンチ 61 が浅い位置（交差部 30 から離れた位置）とで閾値（すなわち、チャネルを形成するために必要なゲート電位）に差が生じ、IGBT の閾値ばらつきが大きくなる。これに対し、上述の半導体装置 1 では、エミッタ領域 24 が交差部 30 に形成されているゲート絶縁膜 62 に隣接していない。このため、半導体装置 1 では、エミッタ領域 24 の下部が電子の主経路となり、交差部 30 近傍にはあまり電子が流れない。これにより、交差部 30 の深いトレンチ 61 の影響を避けることができる。その結果、半導体装置 1 の閾値のバラツキを抑制でき、閾値の安定を図ることができる。また、スイッチング特性の安定を図ることができる。

20

【 0 0 1 9 】

また、交差部 30 の近傍が電子の流れの主経路になっていると、交差部 30 近傍に電子の流れが集中し易くなる。しかしながら、上述の半導体装置 1 では、エミッタ領域 24 が交差部 30 に隣接していないので、交差部 30 近傍における電流の集中を抑制することができる。また、エミッタ領域 24 が第 2 トレンチ 612 を介して対称的に配置されているので電流が均一に流れる。これにより、交差部 30 における局所的な発熱を抑制することができる。また、エミッタ領域 24 が交差部 30 から離間している部分においてコンタクト領域 25 を確保することができる。これにより、正孔が流れる領域を確保することができ、高速スイッチングが可能になる。

30

【 0 0 2 0 】

また、上述の半導体装置 1 では、複数の格子（素子領域 30）が千鳥状に配置されるように複数の第 1 トレンチ 611 および複数の第 2 トレンチ 612 を備えている。この構成では、第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 の深さにバラツキが生じることがある。第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 の両方に沿って電子の流れの主経路が形成される構成では、第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 の深さの差によって、第 1 トレンチ 611 に沿う電子の経路と第 2 トレンチ 612 に沿う電子の経路とで閾値にバラツキが生じことがある。しかしながら、上述の半導体装置 1 では、エミッタ領域 24 が、第 1 トレンチ 611 内のゲート絶縁膜 62 に接していない。これにより、第 1 トレンチ 611 と第 2 トレンチ 612 の深さの差による影響を避けることができ、閾値電圧の安定を図ることができる。

40

50

【0021】

以上、一実施形態について説明したが、具体的な態様は上記実施形態に限定されるものではない。以下の説明において、上述の説明における構成と同様の構成については同一の符号を付して説明を省略する。

【0022】

上記実施形態では、複数の第2トレンチ612が千鳥配置されていたが、この構成に限定されるものではない。他の実施形態では、図5に示すように、複数の第2トレンチ612がy方向(第2の方向)に揃って形成されていてもよい。複数の第2トレンチ612が直線状に並んでいる。トレンチ61が交差部30から四方に延びている。

【0023】

また、上記実施形態では、エミッタ領域24が第2トレンチ612に隣接しており、第1トレンチ611に隣接していなかったが、この構成に限定されるものではない。他の実施形態では、図5に示すように、エミッタ領域24は、第1トレンチ611および第2トレンチ612のそれぞれに隣接していてもよい。第1トレンチ611に隣接するエミッタ領域24は、第2トレンチ612から離間して形成されている。第2トレンチ612に隣接するエミッタ領域24は、第1トレンチ611から離間して形成されている。

【0024】

また、上記実施形態では、エミッタ領域24が第2トレンチ612を挟んで対称的に形成されていたが、この構成に限定されるものではなく、非対称的に形成されていてもよい。他の実施形態では、図6に示すように、第2トレンチ612のx方向の一方側にエミッタ領域24が形成されており、他方側にエミッタ領域24が形成されていない。このような構成によれば、電流が流れる部分が分散され、電流の集中を抑制することができる。

【0025】

また、上記実施形態では、複数のトレンチ61が格子状に配置されていたが、この構成に限定されるものではない。他の実施形態では、図7に示すように、複数のトレンチ61が多角形状に配置されていてもよい。図7に示す例では、複数のトレンチ61が六角形状に配置されている。複数のトレンチ61は、ハニカム状に形成されている。六角形状に配置されたトレンチ61同士が交わる部分に交差部30が形成されている。

【0026】

また、上記実施形態では、半導体基板10にIGBTが形成されていたが、IGBTに代えてMOSFETが形成されていてもよい。この場合、例えば、図1～3の構成においてコレクタ領域21の代わりにn型の高濃度領域を形成し、その高濃度領域を裏面電極72に導通させた構造を採用することができる。

【0027】

以上、本発明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、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。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合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合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し得るものであり、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】

【0028】

1；半導体装置

10；半導体基板

20；素子領域

21；コレクタ領域

22；ドリフト領域

23；ボディ領域

24；エミッタ領域

10

20

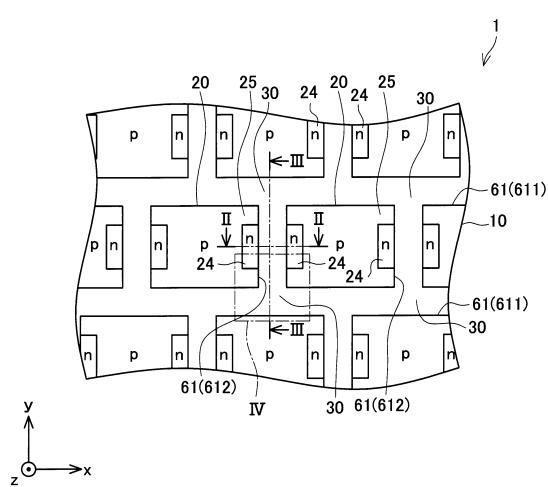
30

40

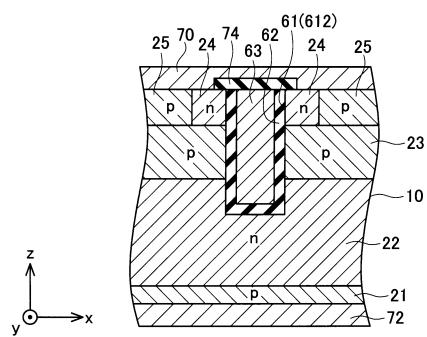
50

- 25 ; コンタクト領域
 30 ; 交差部
 61 ; トレンチ
 62 ; ゲート絶縁膜
 63 ; ゲート電極
 70 ; 表面電極
 72 ; 裏面電極
 74 ; 層間絶縁膜

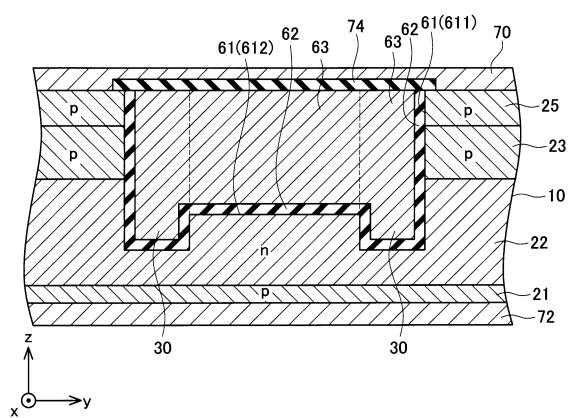
【図1】



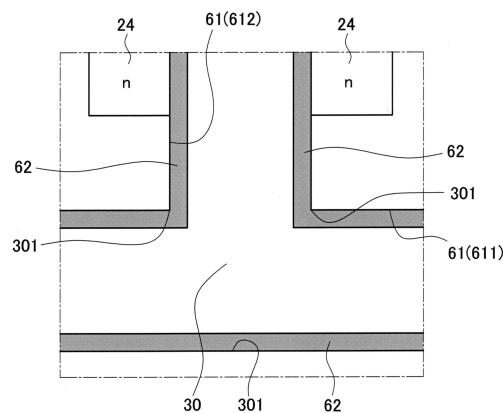
【図2】



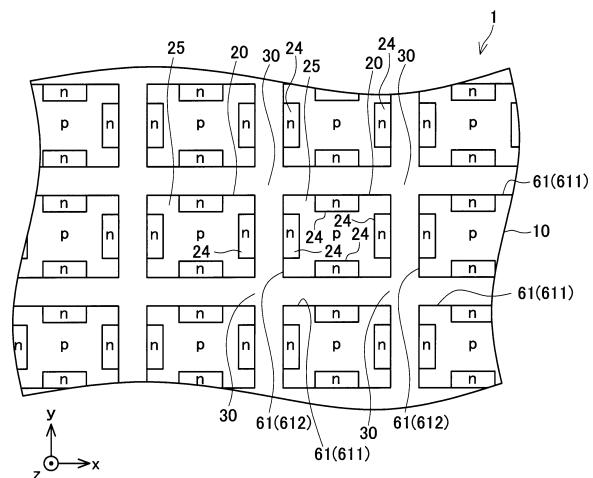
【図3】



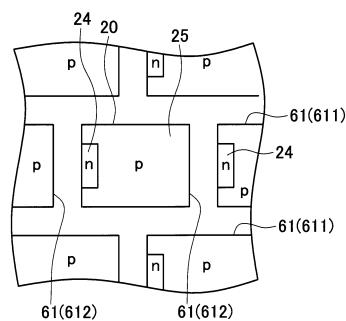
【図4】



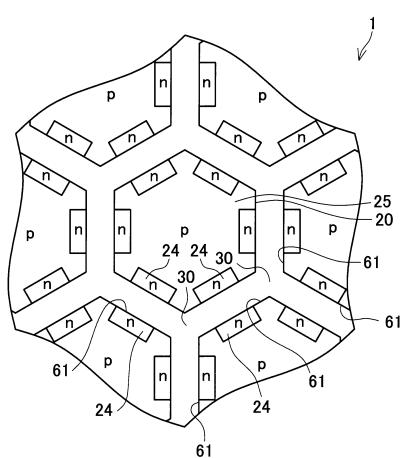
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 01 L 29/58

G

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21 / 336

H 01 L 27 / 04

H 01 L 29 / 78

H 01 L 29 / 12

H 01 L 29 / 423

H 01 L 29 / 49

H 01 L 29 / 739