

(43) 国際公開日
2016 年 6 月 23 日(23.06.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/098438 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 29/872 (2006.01) *H01L 29/06* (2006.01)
H01L 21/329 (2006.01) *H01L 29/47* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/079479

(22) 国際出願日: 2015 年 10 月 19 日(19.10.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2014-255287 2014 年 12 月 17 日(17.12.2014) JP

(71) 出願人: トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA
JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP). 株式会
社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒
4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi
(JP).

(72) 発明者: 永岡 達司(NAGAOKA Tatsuji); 〒4718571
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株
式会社内 Aichi (JP). 三宅 裕樹(MIYAKE Hiroki);
〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨ
タ自動車株式会社内 Aichi (JP). 宮原 真一朗
(MIYAHARA Shinichiro); 〒4488661 愛知県刈谷市
昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Ai-

chi (JP). 青井 佐智子(AOI Sachiko); 〒4801192 愛
知県長久手市横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田
中央研究所内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 快友国際特許事務所
(KAI-U PATENT LAW FIRM); 〒4516009 愛知県名古屋
市西区牛島町6番1号 名古屋ルーセント
タワー9階 Aichi (JP).

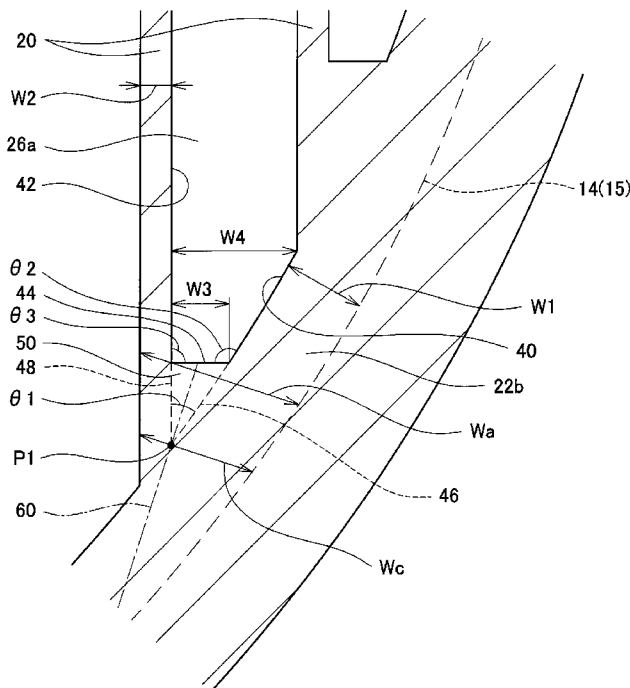
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: SCHOTTKY BARRIER DIODE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称：ショットキーバリアダイオードとその製造方法



(57) Abstract: This Schottky barrier diode is provided with a p-type contact region which contacts an anode electrode; and an n-type drift region which is in Schottky contact with the anode electrode. The p-type contact region includes: a first p-type region which has a corner portion; a second p-type region which is connected to the corner portion; and an edge filling part disposed in a connection part between the first p-type region and the second p-type region. When an extension line toward the connection part of a contour of the first p-type region is a first extension line and an extension line toward the connection part of a contour of the second p-type region is a second extension line, the first extension line and the second extension line intersect each other so as to form an acute angle. An acute angle edge formed between the first extension line and the second extension line is filled with the edge filling part.

(57) 要約: SBDは、アノード電極に接触しているp型コンタクト領域と、アノード電極にシヨットキー接触しているn型ドリフト領域を備えている。p型コンタクト領域が、コーナ部を有している第1p型領域と、コーナ部に接続されている第2p型領域と、第1p型領域と第2p型領域との接続部に配置されているエッジ充填部を備えている。第1p型領域の輪郭の接続部側への延長線を第1延長線とし、第2p型領域の輪郭の接続部側への延長線を第2延長線としたときに、第

1 延長線と第2 延長線が鋭角で交差している。第1 延長線と第2 延長線の間に形成される鋭角エッジをエッジ充填部が充填している。

WO 2016/098438 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：ショットキーバリアダイオードとその製造方法

技術分野

[0001] (関連出願の相互参照)

本出願は、2014年12月17日に出願された日本特許出願特願2014-255287の関連出願であり、この日本特許出願に基づく優先権を主張するものであり、この日本特許出願に記載された全ての内容を、本明細書を構成するものとして援用する。

[0002] 本明細書が開示する技術は、ショットキーバリアダイオードとその製造方法に関する。

背景技術

[0003] 日本特許公開2009-94433号公報（以下、特許文献1という）には、ショットキーバリアダイオード（Schottky Barrier Diode：以下、SBDという）が開示されている。このSBDは、半導体基板と、半導体基板に接触しているアノード電極を有している。半導体基板は、アノード電極に接触しているp型コンタクト領域と、p型コンタクト領域が形成されていない範囲でアノード電極にショットキー接触しているn型ドリフト領域を有している。p型コンタクト領域は、環状領域と、環状領域の内周部に形成されている複数のストライプ状領域を有している。各ストライプ状領域は、環状領域に接続されている。SBDに順電圧を印加すると、アノード電極とn型ドリフト領域との間のショットキー界面を通して、n型ドリフト領域からアノード電極に電子が流れる。このため、SBDがオンする。また、SBDに逆電圧を印加すると、上述した電子の流れが停止し、SBDがオフする。また、SBDがオフするときには、p型コンタクト領域からその周囲のn型ドリフト領域に空乏層が広がる。空乏層がショットキー界面を覆うように広がるため、ショットキー界面近傍において高い電界が生じることが防止される。

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SBDでは、環状領域がそのコーナ一部で円弧状に伸びている。ストライプ状領域の一部は、環状領域のコーナ一部に接続されている。ストライプ状領域は、環状領域のコーナ一部に対して鋭角に接続されている。すなわち、コーナ一部の輪郭とストライプ状領域の輪郭が鋭角で交差している。この鋭角が小さすぎると、その鋭角のパターンを安定して加工することは困難となる。このため、SBDの量産時に、p型コンタクト領域の形状が安定せず、量産されるSBDの間で電気的特性のばらつきが大きくなるという問題が生じる。なお、特許文献1のSBDは、オンするときにp型コンタクト領域からn型ドリフト領域にホールが流入しないタイプのSBDである。このタイプのSBDは、JBSD (Junction Barrier Schottky Diode) と呼ばれる。他方、オンするときにp型コンタクト領域からn型ドリフト領域にホールが流入するタイプ（すなわち、電子とホールの両方が電流に寄与するタイプ）のSBDも存在する。このタイプのSBDは、MPSD (Merged PIN Schottky Diode) と呼ばれる。MPSDも、JBSDと同様に配置されたp型コンタクト領域を有する場合がある。したがって、MPSDでも、JBSDと同様の問題が生じる。したがって、本明細書では、半導体基板とアノード電極とのコンタクト面にp型コンタクト領域とn型ドリフト領域を有するSBDの量産時に、SBDの特性を安定させることが可能な技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本明細書が開示するショットキーバリアダイオードは、半導体基板と、前記半導体基板の表面に接触しているアノード電極を備えている。前記半導体基板は、前記アノード電極に接触しているp型コンタクト領域と、前記アノード電極にショットキー接触しているn型ドリフト領域を備えている。前記p型コンタクト領域が、第1p型領域と第2p型領域とエッジ充填部を備えている。前記第1p型領域は、前記アノード電極と前記半導体基板のコンタ

クト面において閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナ一部を有している。前記第2 p型領域は、前記コンタクト面において前記第1 p型領域の内周部に配置されているとともに前記コーナ一部に接続されている。前記エッジ充填部は、前記第1 p型領域と前記第2 p型領域の接続部において前記第1 p型領域と前記第2 p型領域に接している。前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第1 p型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第1延長線とし、前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第2 p型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第2延長線としたときに、前記第1延長線と前記第2延長線が鋭角で交差している。前記エッジ充填部は、前記第1延長線と前記第2延長線の間に形成される鋭角エッジを充填している。

[0006] このSBDでは、第2 p型領域が、第1 p型領域のコーナ一部に接続されている。第1 p型領域の輪郭の第1延長線と第2 p型領域の輪郭の第2延長線が鋭角で交差しているものの、その鋭角エッジにp型領域であるエッジ充填部が充填されている。このように、エッジ充填部によって鋭角エッジが充填されているので、接続部においてp型コンタクト領域の輪郭が鋭い角度で折れ曲がることが防止される。このため、このSBDを量産する際に、量産されるSBDの間での電気的特性のばらつきを抑制することができる。

[0007] また、本明細書は、SBDを製造する方法を提供する。この方法は、マスク形成工程と、p型コンタクト領域形成工程と、マスク除去工程と、アノード電極形成工程を有する。マスク形成工程では、以下の特徴(a)～(c)を有する開口部が形成されているマスクをn型の半導体基板の表面に形成する。(a)閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナ一部を有している第1開口部と、前記第1開口部の内周部に配置されているとともに前記コーナ一部に接続されている第2開口部と、前記第1開口部と前記第2開口部の接続部に第3開口部が形成されている。(b)前記第3開口部に接しない範囲を延びている前記第1開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第1延長線とし、前記第3開口部に接しない範囲を延びている前記第2開口部の

輪郭の前記接続部側への延長線を第2延長線としたときに、前記第1延長線と前記第2延長線が鋭角で交差している。(c)前記第3開口部が、前記第1延長線と前記第2延長線の間に形成される鋭角エッジを含む範囲に形成されている。p型コンタクト領域形成工程では、前記マスクを介して前記半導体基板にp型不純物を注入することによって、前記半導体基板にp型コンタクト領域を形成する。マスク除去工程では、前記表面から前記マスクを除去する。アノード電極形成工程では、前記表面に、前記p型コンタクト領域に接触し、前記マスクに覆われていた範囲内のn型領域にショットキー接触する。

[0008] この方法によれば、量産されるSBDの間での電気的特性のばらつきを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]SBD10の縦断面図(図2のI-I線における縦断面図)。

[図2]半導体基板12の上面図。

[図3]コーナー部22bの拡大図。

[図4]コーナー部22bの拡大図。

[図5]第1変形例における半導体基板12の上面図。

[図6]第2変形例における半導体基板12の上面図。

[図7]第3変形例におけるコーナー部22bの拡大図。

発明を実施するための形態

実施例

[0010] 図1、2に示す実施例のSBD10は、半導体基板12を有している。なお、図2では、p型領域を斜線のハッチングにより示している。半導体基板12は、SiCにより構成されている。半導体基板12の上面12aには、アノード電極14と絶縁膜30が形成されている。図2の点線14は、アノード電極14が形成されている範囲(すなわち、半導体基板12とアノード電極14が接触しているコンタクト面15)を示している。アノード電極14は、半導体基板12の上面12aの中央部に形成されている。アノード電

極 1 4 に覆われていない範囲（以下、周辺領域 1 3 という）の上面 1 2 a は、絶縁膜 3 0 によって覆われている。半導体基板 1 2 の下面 1 2 b には、カソード電極 1 6 が形成されている。

[0011] 半導体基板 1 2 の内部には、p 型コンタクト領域 1 8 と、FLR 2 4 と、ドリフト領域 2 6 と、カソード領域 2 8 が形成されている。

[0012] p 型コンタクト領域 1 8 は、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a に露出する範囲に形成されている。p 型コンタクト領域 1 8 は、半導体基板 1 2 の上面 1 2 a 近傍の表層部にのみ形成されている。p 型コンタクト領域 1 8 は、アノード電極 1 4 にショットキー接触している。p 型コンタクト領域 1 8 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 と、環状 p 型コンタクト領域 2 2 を有している。

[0013] 図 2 に示すように、環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、アノード電極 1 4 の外周縁に沿って環状に伸びている。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、コンタクト面 1 5 内において閉ループを形成している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、角を円弧状に丸めた四角形の形状を有している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、直線状に伸びる直線部 2 2 a と、円弧状に伸びるコーナー部 2 2 b を有している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 の幅は、位置によらず略一定である。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、その幅の内周側の部分がコンタクト面 1 5 内に位置しており、その幅の外周側の部分がコンタクト面 1 5 の外側にはみ出している。環状 p 型コンタクト領域 2 2 は、コンタクト面 1 5 内の部分でアノード電極 1 4 にショットキー接触している。

[0014] ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、コンタクト面 1 5 内に複数個形成されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、アノード電極 1 4 にショットキー接触している。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、環状 p 型コンタクト領域 2 2 の内周部に形成されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 の各々は、互いに平行に直線状に伸びている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 は、その両端部において環状 p 型コンタクト領域 2 2 に接続されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 2 0 の多くは、環

状p型コンタクト領域22の直線部22aに接続されている。ストライプ状p型コンタクト領域20のいくつかは、環状p型コンタクト領域22のコーナ部22bに接続されている。なお、図1、2では、図の見易さのためにストライプ状p型コンタクト領域20の数を、実際の数よりも少なく示している。実際には、環状p型コンタクト領域22の内周部に、より狭い間隔でより多くのストライプ状p型コンタクト領域20が配置されている。したがって、図3に示すように、コーナ部22bには、多数のストライプ状p型コンタクト領域20が接続されている。

[0015] FLR24は、p型の半導体領域である。FLR24は、半導体基板12の上面12aに露出する範囲に形成されている。FLR24は、半導体基板12の上面12a近傍の表層部にのみ形成されている。FLR24は、コンタクト面15の外周部（すなわち、周辺領域13）に複数個形成されている。各FLR24は、アノード電極14の周囲を囲むように環状に伸びている。複数のFLR24は、外周側から内周側に向かって間隔を開けて配置されている。FLR24の上面は絶縁膜30に覆われている。

[0016] ドリフト領域26は、n型の半導体領域である。ドリフト領域26は、ストライプ状p型コンタクト領域20と、環状p型コンタクト領域22と、FLR24の下側に形成されている。また、ドリフト領域26は、ストライプ状p型コンタクト領域20と、環状p型コンタクト領域22が形成されていない位置において、半導体基板12の上面12a（すなわち、コンタクト面15）まで伸びており、アノード電極14にショットキー接触している。また、周辺領域13では、ドリフト領域26は、FLR24が形成されていない位置において、半導体基板12の上面12aまで伸びている。上述したようにストライプ状p型コンタクト領域20と環状p型コンタクト領域22は接続されている。これらの接続部を除いて、p型領域20、22及び24のそれぞれの間の領域にドリフト領域26が形成されている。ドリフト領域26によって環状p型コンタクト領域22はFLR24から分離されている。また、ドリフト領域26によって、FLR24が互いから分離されている。

[0017] カソード領域 28 は、n 型の半導体領域である。カソード領域 28 は、ドリフト領域 26 の n 型不純物濃度よりも高い n 型不純物濃度を有している。カソード領域 28 は、ドリフト領域 26 の下側に形成されている。カソード領域 28 は、半導体基板 12 の下面 12b に露出する範囲に形成されている。カソード領域 28 は、カソード電極 16 に対してオーミック接触している。カソード領域 28 は、ドリフト領域 26 によって、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20、環状 p 型コンタクト領域 22 及び FLR 24 から分離されている。

[0018] 次に、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 と環状 p 型コンタクト領域 22 のコーナー部 22b との接続部について、より詳細に説明する。図 4 に示すように、コンタクト面 15 において、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b が接続されている。ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b の間には、ドリフト領域 26 が存在している。以下では、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b の間に位置するドリフト領域 26 を、ドリフト領域 26a という。ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b との接続部には、エッジ充填部 50 が形成されている。エッジ充填部 50 は、p 型コンタクト領域 18 の一部である。エッジ充填部 50 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b との間に配置されている。エッジ充填部 50 は、コーナー部 22b、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 及びドリフト領域 26a に隣接している。図 4 の参照番号 40 は、コンタクト面 15 におけるコーナー部 22b の輪郭 40（すなわち、コーナー部 22b とドリフト領域 26a の間の境界線）を示している。輪郭 40 は、エッジ充填部 50 に接しない位置のコーナー部 22b の輪郭である。図 4 の参照番号 42 は、コンタクト面 15 におけるストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の輪郭 42（すなわち、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とドリフト領域 26a の間の境界線）を示している。輪郭 42 は、エッジ充填部 50 に接しない位置のストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の輪郭である。図 4 の参照番号 46 は、輪郭 40 を接続部側

に延長した延長線46を示している。図4の参照番号48は、輪郭42を接続部側に延長した延長線48を示している。延長線46と延長線48は交点P1において鋭角 $\theta 1$ で交差している。より詳細には、鋭角 $\theta 1$ は、 45° 以下の角度である。つまり、延長線46と延長線48の間に、鋭角 $\theta 1$ を有する鋭角エッジが形成されている。エッジ充填部50は、鋭角エッジを充填するように形成されている。このため、交点P1、延長線46及び延長線48の全体が、p型コンタクト領域18内に存在している。図4の参照番号44は、コンタクト面15におけるエッジ充填部50の輪郭44（すなわち、エッジ充填部50とドリフト領域26aの間の境界線）を示している。輪郭44は、ストライプ状p型コンタクト領域20に対して直交する方向に略直線状に伸びている。輪郭44は、輪郭40と輪郭42に接続されている。輪郭44と輪郭40の間には角度 $\theta 2$ が形成されている。輪郭44と輪郭42の間には角度 $\theta 3$ が形成されている。角度 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ は、鋭角 $\theta 1$ よりも大きい角度である。より詳細には、角度 $\theta 2$ は鈍角であり、角度 $\theta 3$ は直角である。

[0019] エッジ充填部50が存在しない場合には、輪郭40と輪郭42が鋭角 $\theta 1$ で接続される。これに対し、本実施例では、エッジ充填部50が存在することで、輪郭40、42、44が鋭角 $\theta 1$ よりも大きい角度 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ で接続されるようになっている。このように、エッジ充填部50によって、p型コンタクト領域18の輪郭が、鋭角 $\theta 1$ で折れ曲がることが防止されている。

[0020] 図4に示すように、ストライプ状p型コンタクト領域20は、幅W2を有している。また、コーナー部22bは、コンタクト面15内において、幅W1を有している。すなわち、幅W1は、輪郭40とアノード電極14の外周縁との間の幅である。図4の参照番号60は、鋭角 $\theta 1$ を二等分する直線である。図4の複合幅Wcは、直線60に直交する方向における交点P1を含む部分のp型コンタクト領域18の幅である。複合幅Wcは、 $Wc = (W1 + W2) / \cos(\theta / 2)$ の数式により算出することができる。図4の幅Waは、直線60に直交する方向におけるエッジ充填部50を含む部分のp

型コンタクト領域 18 の幅である。幅 W_a は、複合幅 W_c よりも広い。エッジ充填部 50 が存在しない場合には、複合幅 W_c が、接続部の直線 60 に直交する方向における最大幅である。これに対し、本実施例では、エッジ充填部 50 が形成されていることで、p 型コンタクト領域 18 の幅が広がっている。

[0021] 図 4 の長さ W_3 は、輪郭 44 の長さを示している。また、図 4 の間隔 W_4 は、隣り合うストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の間の間隔である。長さ W_3 は、間隔 W_4 の半分よりも小さい。

[0022] 次に、SBD 10 の動作について説明する。SBD 10 に順電圧（すなわち、アノード電極 14 がカソード電極 16 よりも高電位となる電圧）を印加すると、アノード電極 14 とドリフト領域 26 との間のショットキー界面を通過して、ドリフト領域 26 からアノード電極 14 に電子が流れる。すなわち、電子が、カソード電極 16 から、カソード領域 28、ドリフト領域 26 を経由してアノード電極 14 へ流れる。これによって、SBD 10 がオンする。また、SBD 10 では、p 型コンタクト領域 18 には電流は流れない。すなわち、SBD 10 は、JBS D である。

[0023] その後、SBD 10 に逆電圧を印加すると、電子の流れが停止し、SBD 10 がオフする。また、SBD 10 がオフするときには、p 型コンタクト領域 18 からその周囲のドリフト領域 26 に空乏層が広がる。コンタクト面 15 に露出するドリフト領域 26 は、空乏層によってピンチオフされる。これによって、アノード電極 14 とドリフト領域 26 の間のショットキー界面に高い電圧が印加されることが防止される。

[0024] 次に、SBD 10 の製造方法について説明する。SBD 10 は、ドリフト領域 26 と略同じ n 型不純物濃度を有する半導体基板から製造される。まず、半導体基板の表面に、上述した p 型コンタクト領域 18 及び FLR 24 の平面形状と同じ形状の開口部を有するマスクを形成する。環状 p 型コンタクト領域 22 に対応する第 1 開口部は、半導体基板上で閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している。ストライプ状 p 型コンタク

ト領域 20 に対応する第 2 開口部は、第 1 開口部の内周部に配置されているとともにコーナー部に接続されている。エッジ充填部 50 に対応する第 3 開口部は、第 1 開口部と第 2 開口部の接続部に形成されている。このため、図 4 の輪郭 40、42、44 に対応する開口部の外周縁が、比較的大きい角度 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ で折れ曲がるように形成される。すなわち、マスクに、その外周縁が鋭角 $\theta 1$ で折れ曲がる部分が形成されない。次に、マスクを介して半導体基板に p 型不純物を注入する。これによって、p 型コンタクト領域 18 及び FLR 24 が形成される。マスクで覆われている部分には、n 型領域（すなわち、ドリフト領域 26）が残る。次に、半導体基板の表面からマスクを除去する。次に、半導体基板の表面にアノード電極 14 を形成する。アノード電極 14 は、図 2～4 に示すように、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20、環状 p 型コンタクト領域 22 及びエッジ充填部 50 と接触し、FLR 24 と接触しないように形成する。また、アノード電極 14 は、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20、環状 p 型コンタクト領域 22 及びエッジ充填部 50 が形成されていない位置で、ドリフト領域 26 と接触するように形成される。アノード電極 14 は、p 型コンタクト領域 18 とドリフト領域 26 に対してショットキー接触するように形成される。その後、下面 12b 側の構造（すなわち、カソード領域 28 とカソード電極 16）を形成することで、SBD 10 が完成する。

[0025] 仮に SBD がエッジ充填部 50 を有さない場合には、上述した製造工程において、マスクの外周縁を鋭角 $\theta 1$ で折れ曲がるように形成する必要がある。このように鋭角 $\theta 1$ で折れ曲がる部分では、マスクを高い精度で形成することができない。また、マスクを高い精度で形成したとしても、p 型不純物が半導体基板中で拡散するため、鋭角 $\theta 1$ のパターンを半導体基板に形成することは困難である。その結果、ストライプ状 p 型コンタクト領域 20 とコーナー部 22b を鋭角 $\theta 1$ で接続する接続部を安定して形成することはできない。このため、エッジ充填部 50 が存在しないと、量産時される SBD の間で電気的特性のばらつきが大きくなる。また、鋭角 $\theta 1$ で折れ曲がるマス

クの部分は、幅が細いため、製造工程中に半導体基板から脱落する場合がある。その結果、マスクの脱落した部分がパーティクルとなり、製造工程において不具合を起こす場合がある。

[0026] これに対し、本実施例のSBD10はエッジ充填部50を有するので、ストライプ状p型コンタクト領域20とコーナー部22bの接続部においてp型コンタクト領域18の輪郭が鋭角 θ_1 で折れ曲がることが防止されている。p型コンタクト領域18の輪郭が鋭角 θ_1 よりも大きい角度 θ_2 、 θ_3 で折れ曲がるので、接続部を高い精度で形成することができる。このため、本実施例のSBD10を量産する際には、SBDの間で電気的特性にばらつきが生じ難い。また、マスクからも鋭角 θ_1 で折れ曲がる部分がなくなるので、半導体基板からマスクの一部が脱落し難くなる。このため、高い歩留まりでSBD10を製造することができる。

[0027] また、上述したように、SBD10では、電子が、ドリフト領域26からアノード電極14に流れる。したがって、コンタクト面15においてドリフト領域26が露出している領域が、主電流が流れる領域である。実施例のSBD10では、図4の長さW3が間隔W4の半分以下である。長さW3が大きいと、p型のエッジ充填部50の面積が大きくなる。実施例のSBD10では、長さW3を間隔W4の $1/2$ 以下とすることで、エッジ充填部50の面積を最小限とし、これによってコンタクト面15におけるドリフト領域26の面積を確保している。このため、主電流が流れる領域が十分に確保されている。

[0028] なお、上記の実施例では、環状p型コンタクト領域22の内周部に、ストライプ状p型コンタクト領域20が形成されていた。しかしながら、図5に示すように、環状p型コンタクト領域22の内周部に、格子状のp型コンタクト領域が形成されていてもよい。また、他の形状のp型コンタクト領域が形成されていてもよい。すなわち、環状p型コンタクト領域22の内周部に形成されているp型コンタクト領域は、コーナー部22bに接続されている限り、どのような形状であってもよい。

[0029] また、上記の実施例では、コンタクト面 15 内に 1 つの環状 p 型コンタクト領域 22 が形成されていた。しかしながら、図 6 に示すように、コンタクト面 15 内に複数の環状 p 型コンタクト領域 22 が形成されていてもよい。なお、図 6 も、図 1 と同様に、実際よりもストライプ状 p 型コンタクト領域 20 の数を少なく示している。実際には、最も内周側の環状 p 型コンタクト領域 22 のコーナー部 22b に、複数のストライプ状 p 型コンタクト領域 20 が接続されている。なお、図 6 では、最も内周側の環状 p 型コンタクト領域 22 の全体がコンタクト面 15 内に配置されている。したがって、コーナー部の幅 W1 は、最も内周側の環状 p 型コンタクト領域 22 のコーナー部自体の幅と等しい。

[0030] また、上述した実施例では、エッジ充填部 50 の輪郭 44 が直線であったが、図 7 に示すように輪郭 44 が曲線（例えば、円弧）であってもよい。この場合、上述した直線 60 に直交する直線 62 と輪郭 40 の間の角度が上述した角度 $\theta 2$ であり、直線 62 と輪郭 42 の間の角度が上述した角度 $\theta 3$ である。

[0031] なお、上述した実施例では、角度 $\theta 2$ が鈍角であり、角度 $\theta 3$ が直角であった。しかしながら、角度 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ は、鋭角 $\theta 1$ よりも大きければ、鋭角であってもよい。但し、実施例のように、角度 $\theta 2$ 及び角度 $\theta 3$ が 90 度以上であることがより好ましい。

[0032] また、上記の実施例では、JBSD について説明したが、MPSD において同様の構造を採用してもよい。また、上記の実施例では、p 型コンタクト領域 18 がアノード電極 14 にショットキー接触していたが、オーミック接触していてもよい。

[0033] 上述した実施例の構成要素と請求項の構成要素の関係について説明する。実施例の環状 p 型コンタクト領域 22 は、請求項の第 1 p 型領域の一例である。実施例のストライプ状 p 型コンタクト領域 20 は、請求項の第 2 p 型領域の一例である。実施例の輪郭 40 は、請求項の「エッジ充填部に接しない範囲を延びている第 1 p 型領域の輪郭」の一例である。実施例の輪郭 42 は

、請求項のエッジ充填部に接しない範囲を延びている第2 p型領域の輪郭」の一例である。実施例の輪郭44は、請求項の「エッジ充填部から第1 p型領域が離反する位置とエッジ充填部から第2 p型領域が離反する位置までの間のエッジ充填部の輪郭」の一例である。実施例の延長線46は、請求項の第1延長線の一例である。実施例の延長線48は、請求項の第2延長線の一例である。

[0034] 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。

[0035] 本明細書が開示する一例の構成では、第2 p型領域が、コンタクト面において帯状に伸びている。鋭角が θ である。コンタクト面内のコーナ一部分の幅が $W1$ である。コンタクト面内の第2 p型領域の幅が $W2$ である。コンタクト面内のエッジ充填部の位置におけるp型コンタクト領域の幅が、第1 p型領域と第2 p型領域の複合幅 Wc よりも広い。 $Wc = (W1 + W2) / \cos(\theta / 2)$ である。

[0036] 本明細書が開示する一例の構成では、第1 p型領域とエッジ充填部がなす角が90度以上であり、第2 p型領域とエッジ充填部がなす角が90度以上である。

[0037] 本明細書が開示する一例の構成では、複数本の第2 p型領域が平行に伸びている。エッジ充填部から第1 p型領域が離反する位置とエッジ充填部から第2 p型領域が離反する位置までの間のエッジ充填部の輪郭が第2 p型領域に直交している。エッジ充填部の輪郭の長さが、隣り合う第2 p型領域の間の間隔の半分以下である。

[0038] 明細書が開示する一例の構成では、第3輪郭の長さが、コーナ一部分と第2 p型領域の間のn型ドリフト領域の最大幅の半分以下である。

[0039] 以上、実施形態について詳細に説明したが、これらは例示にすぎず、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さまざまに変形、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、単独あるいは各種の組み合わせ

によって技術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り、そのうちの1つの目的を達成すること自体で技術有用性を持つものである。

請求の範囲

[請求項1]

半導体基板と、前記半導体基板の表面に接触しているアノード電極を備えているショットキーバリアダイオードであり、

前記半導体基板が、前記アノード電極に接触しているp型コンタクト領域と、前記アノード電極にショットキー接触しているn型ドリフト領域を備えており、

前記p型コンタクト領域が、前記アノード電極と前記半導体基板のコンタクト面において閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している第1 p型領域と、前記コンタクト面において前記第1 p型領域の内周部に配置されているとともに前記コーナー部に接続されている第2 p型領域と、前記第1 p型領域と前記第2 p型領域の接続部において前記第1 p型領域と前記第2 p型領域に接しているエッジ充填部を備えており、

前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第1 p型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第1 延長線とし、前記エッジ充填部に接しない範囲を延びている前記第2 p型領域の輪郭の前記接続部側への延長線を第2 延長線としたときに、前記第1 延長線と前記第2 延長線が鋭角で交差しており、

前記第1 延長線と前記第2 延長線の間形成される鋭角エッジを前記エッジ充填部が充填しているショットキーバリアダイオード。

[請求項2]

前記第2 p型領域が、前記コンタクト面において帯状に伸びており、

前記鋭角が θ であり、

前記コンタクト面内の前記コーナー部の幅が W_1 であり、

前記コンタクト面内の前記第2 p型領域の幅が W_2 であり、

前記コンタクト面内の前記エッジ充填部の位置における前記p型コンタクト領域の幅が、前記第1 p型領域と前記第2 p型領域の複合幅 W_c よりも広く、

$W_c = (W_1 + W_2) / \cos(\theta / 2)$ である、

請求項1のショットキーバリアダイオード。

[請求項3] 前記第1 p型領域と前記エッジ充填部がなす角が90度以上であり、前記第2 p型領域と前記エッジ充填部がなす角が90度以上である、請求項1または2に記載のショットキーバリアダイオード。

[請求項4] 複数本の前記第2 p型領域が平行に伸びており、
前記エッジ充填部から前記第1 p型領域が離反する位置と前記エッジ充填部から前記第2 p型領域が離反する位置までの間の前記エッジ充填部の輪郭が前記第2 p型領域に直交しており、
前記エッジ充填部の前記輪郭の長さが、隣り合う前記第2 p型領域の間の間隔の半分以下である請求項1～3のいずれか一項のショットキーバリアダイオード。

[請求項5] ショットキーバリアダイオードを製造する方法であって、
以下の特徴、すなわち、
(a) 閉ループを形成するとともに曲線状に伸びるコーナー部を有している第1開口部と、前記第1開口部の内周部に配置されているとともに前記コーナー部に接続されている第2開口部と、前記第1開口部と前記第2開口部の接続部に形成されている第3開口部が形成されており、
(b) 前記第3開口部に接しない範囲を延びている前記第1開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第1延長線とし、前記第3開口部に接しない範囲を延びている前記第2開口部の輪郭の前記接続部側への延長線を第2延長線としたときに、前記第1延長線と前記第2延長線が鋭角で交差しており、
(c) 前記第3開口部が、前記第1延長線と前記第2延長線の間に形成される鋭角エッジを含む範囲に形成されている、という開口部が形成されているマスクをn型の半導体基板の表面に形成し、
前記マスクを介して前記半導体基板にp型不純物を注入することに

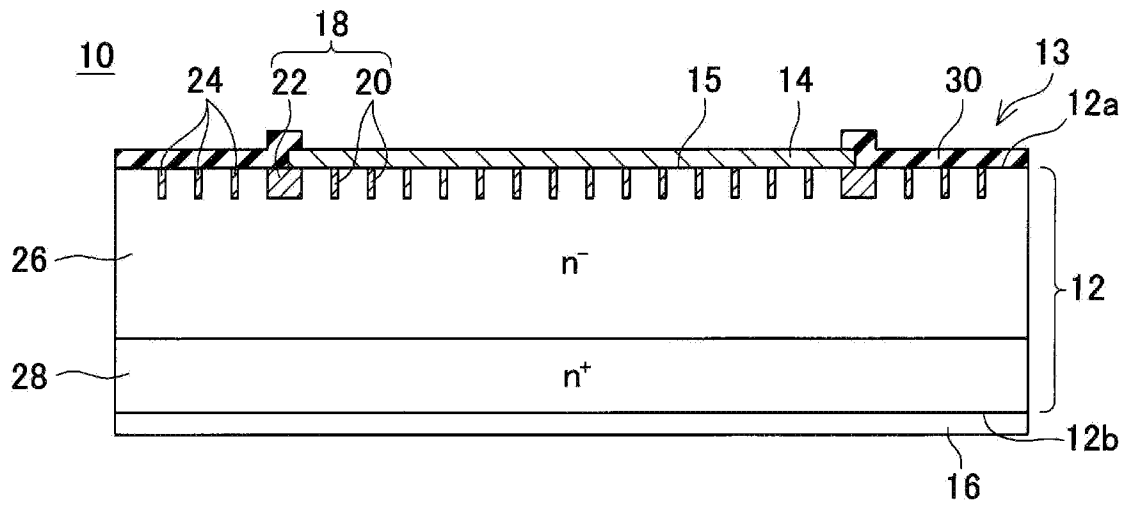
よって、前記半導体基板に p 型コンタクト領域を形成し、

前記表面から前記マスクを除去し、

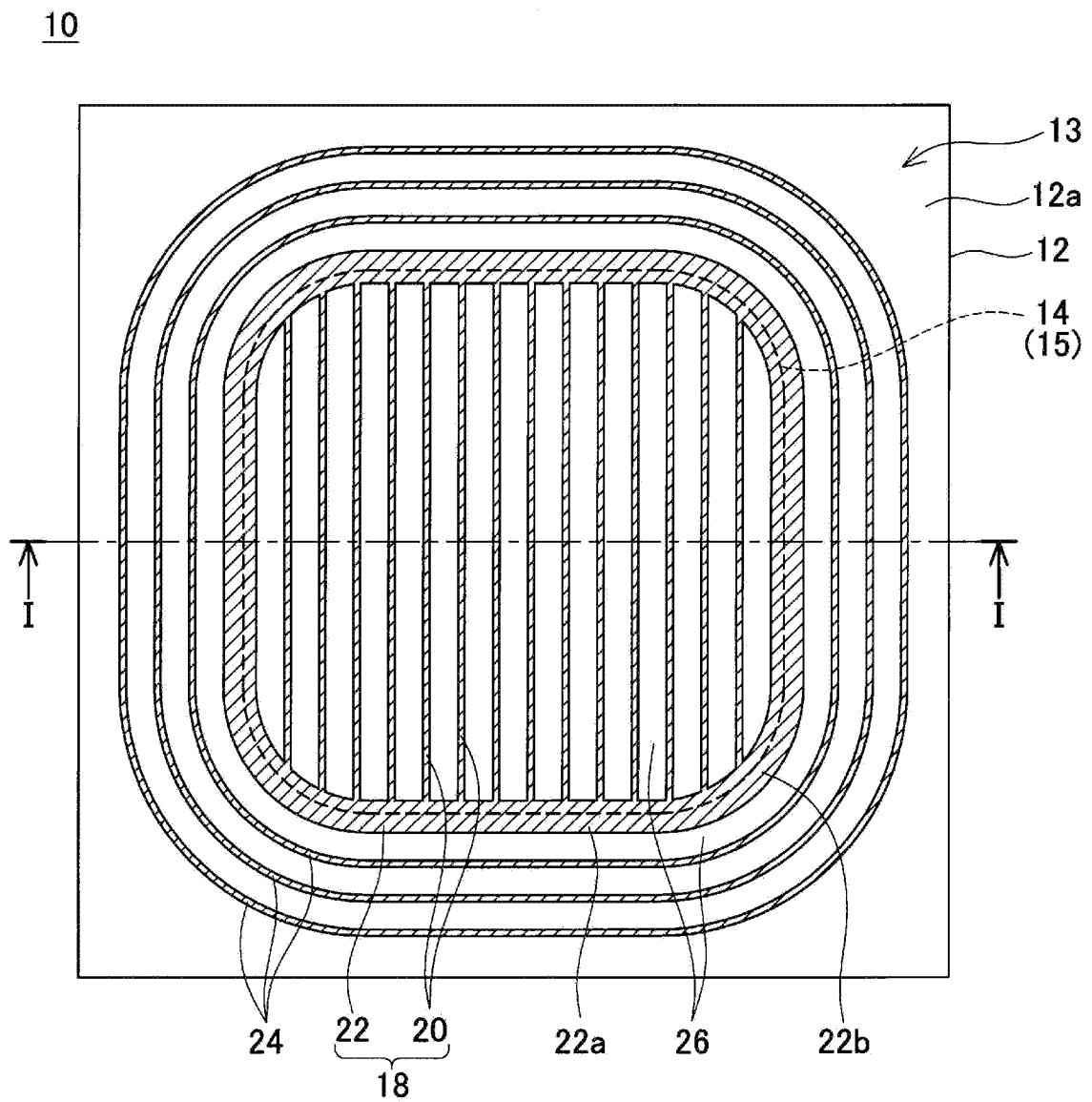
前記表面に、前記 p 型コンタクト領域に接触し、前記マスクに覆われていた範囲内の n 型領域にショットキー接触するアノード電極を形成する、

ショットキーバリアダイオードの製造方法。

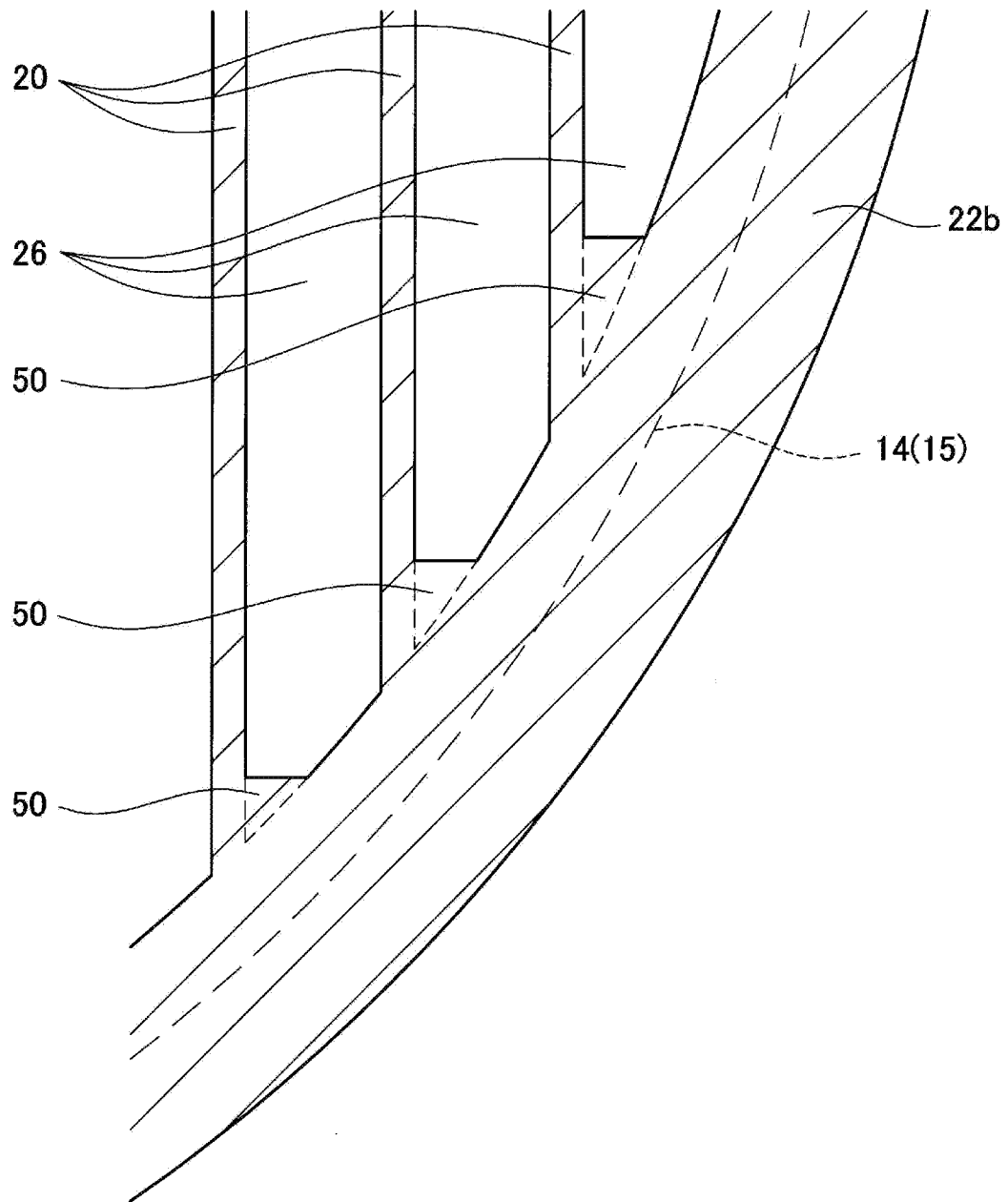
[図1]



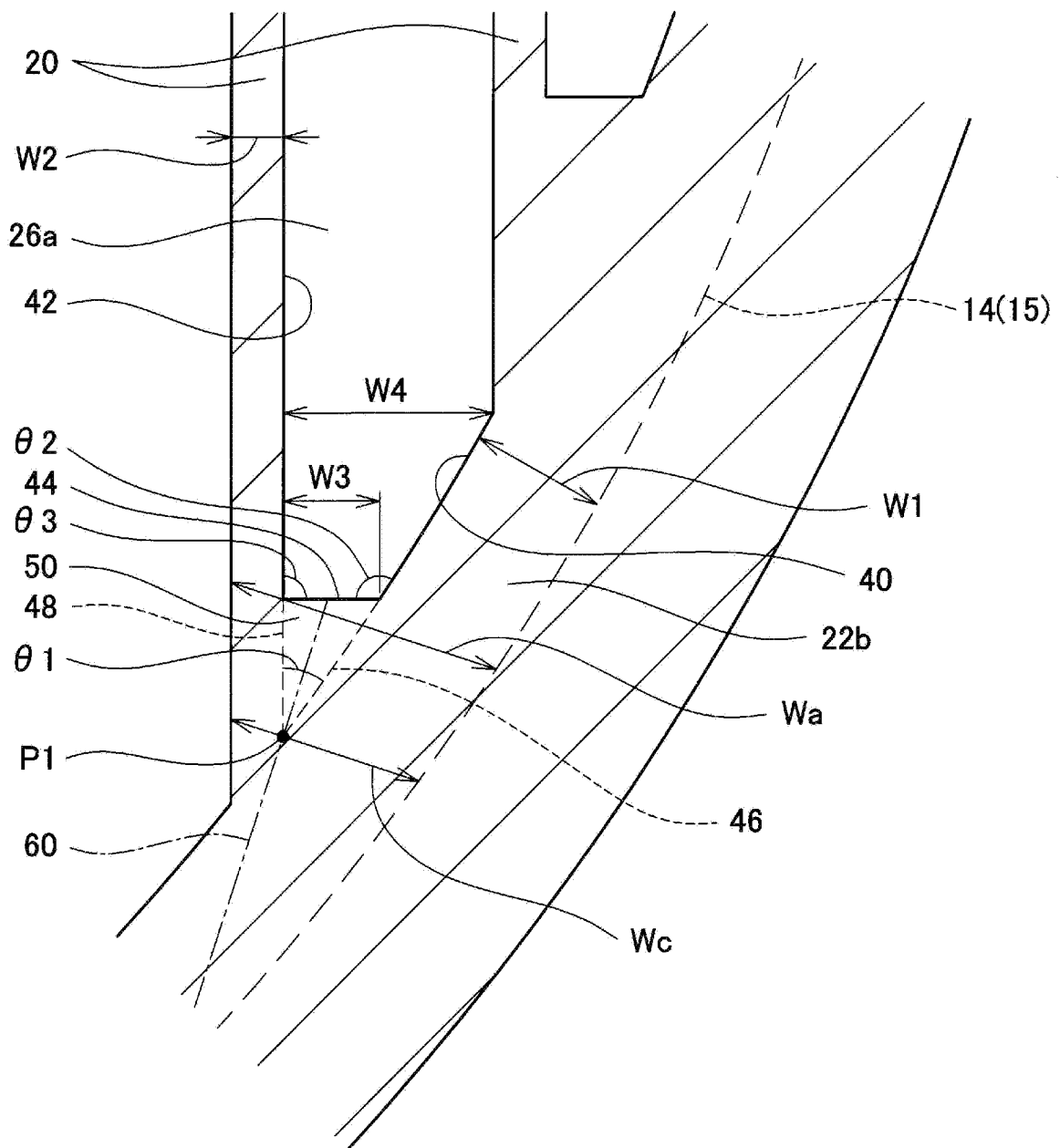
[図2]



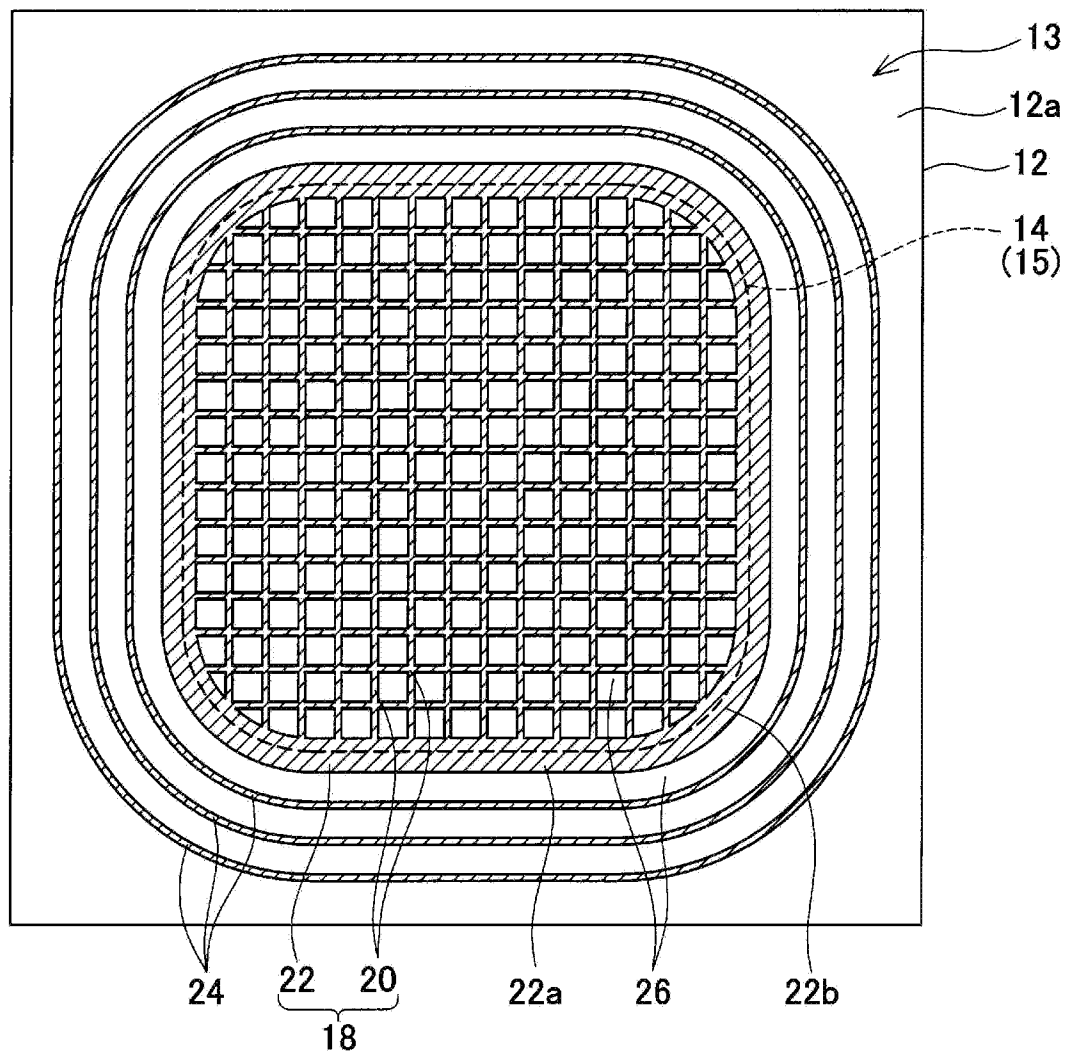
[図3]



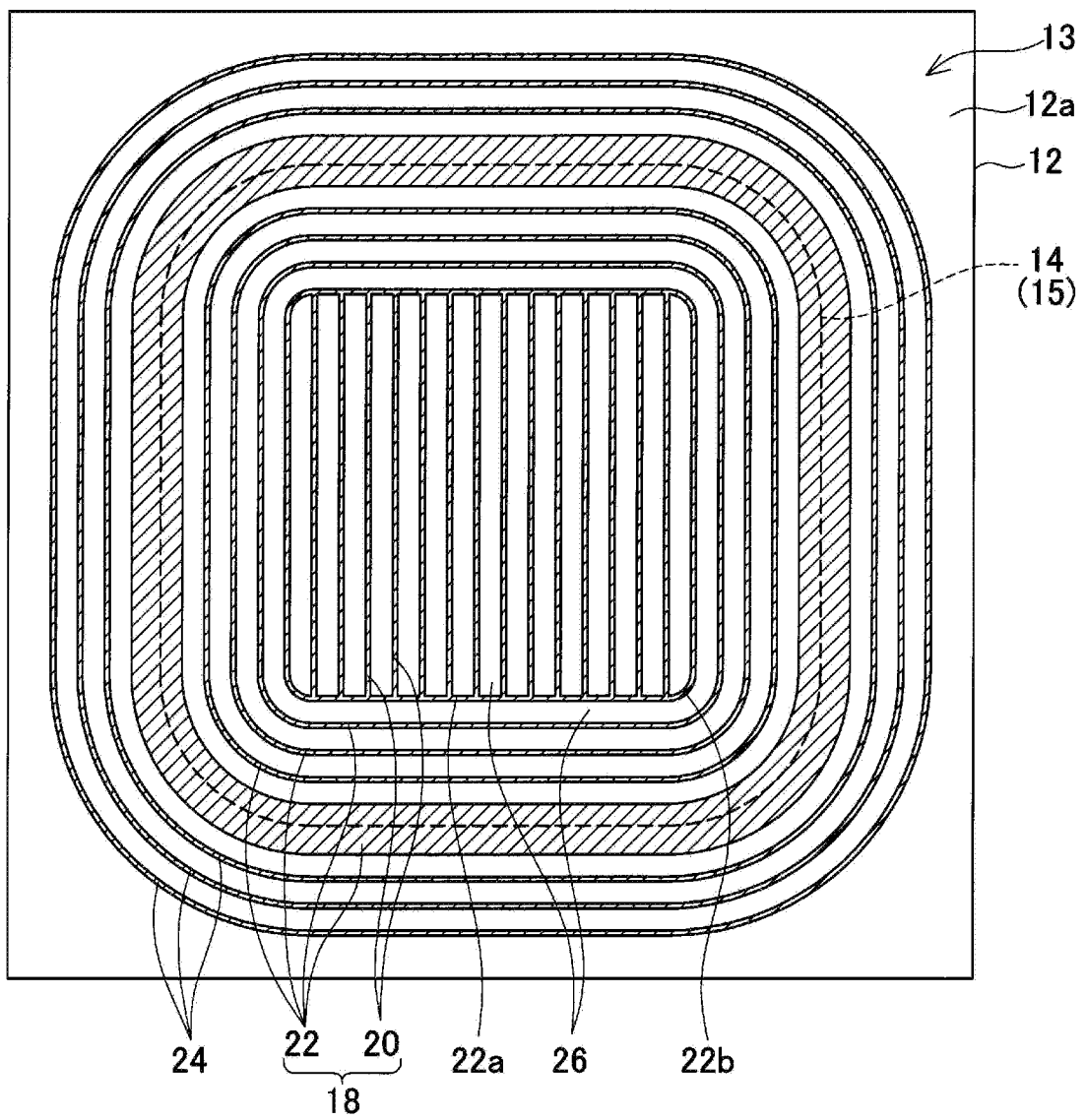
[図4]



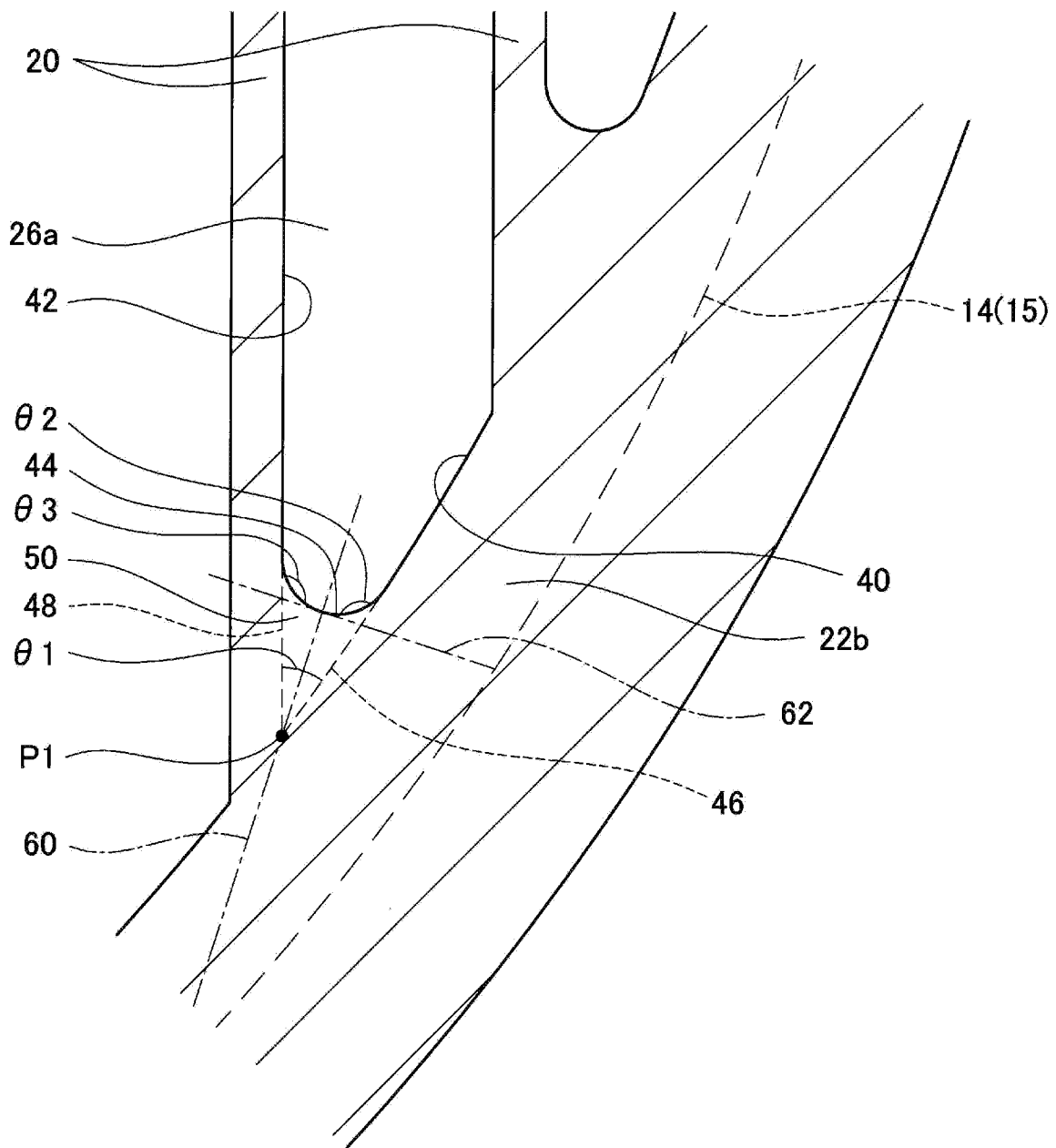
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079479

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L29/872(2006.01)i, H01L21/329(2006.01)i, H01L29/06(2006.01)i,
H01L29/47(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L29/872, H01L21/329, H01L29/06, H01L29/47

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2014-116471 A (Rohm Co., Ltd.), 26 June 2014 (26.06.2014), paragraphs [0023] to [0025]; fig. 1, 2 & US 2015/0333190 A1 paragraphs [0069] to [0072]; fig. 1, 2 & WO 2014/091961 A1	1, 3-5 2
X A	JP 2010-074058 A (Nihon Inter Electronics Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), paragraphs [0131] to [0135]; fig. 8 (Family: none)	1, 3, 5 2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 January 2016 (05.01.16)

Date of mailing of the international search report
12 January 2016 (12.01.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L29/872(2006.01)i, H01L21/329(2006.01)i, H01L29/06(2006.01)i, H01L29/47(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L29/872, H01L21/329, H01L29/06, H01L29/47

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2014-116471 A（ローム株式会社）2014.06.26, 0023 段落ないし 0025 段落、図 1 及び図 2 & US 2015/0333190 A1, 0069 段落ないし 0072 段落、図 1 及び図 2 & WO 2014/091961 A1	1, 3-5 2
X A	JP 2010-074058 A（日本インター株式会社）2010.04.02, 0131 段落 ないし 0135 段落、図 8（ファミリーなし）	1, 3, 5 2

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.01.2016

国際調査報告の発送日

12.01.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

棚田 一也

5 F

9361

電話番号 03-3581-1101 内線 3516