

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 8 月 9 日(09.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/105088 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 29/12 (2006.01) H01L 29/78 (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/072992
- (22) 国際出願日: 2011 年 10 月 5 日(05.10.2011)
- (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 2011-019372 2011 年 2 月 1 日(01.02.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 増田 健良 (MASUDA, Takeyoshi) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 日吉 透 (HIYOSHI, Toru) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式

会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 和田 圭司 (WADA, Keiji) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目 2 番 7 号 中之島セントラルタワー Osaka (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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

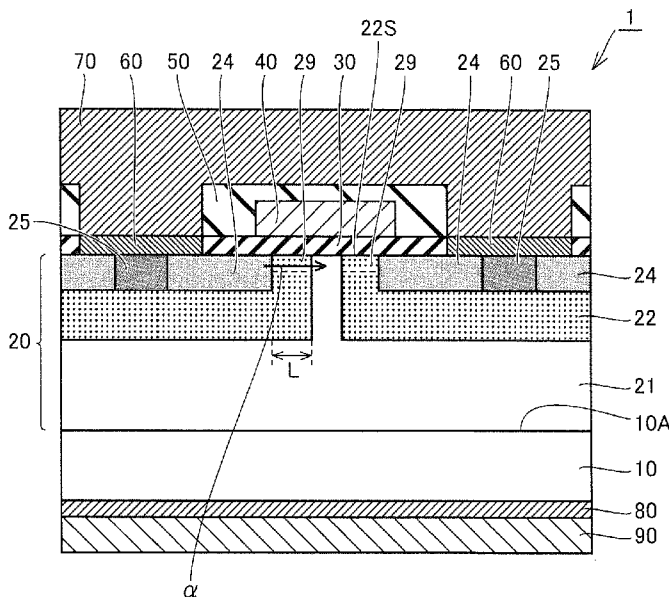
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置

[図1]



(57) Abstract: A MOSFET (1) is provided with a silicon carbide substrate (10), an active layer (20), a gate oxide film (30), and a gate electrode (40). The active layer (20) includes a p-type body region (22) in which an inversion layer is formed by applying a voltage to the gate electrode (40). The mobility μ of electrons in the inversion layer depends on the acceptor concentration N_a to a greater extent than in a state in which the mobility is proportional to an inverse of the acceptor concentration N_a in a channel region (29) of the p-type body region (22). The acceptor concentration N_a in the channel region (29) of the p-type body region (22) is $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ to $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. The channel length (L) is equal to or less than $0.43 \text{ } \mu\text{m}$. The channel length (L) is equal to or greater than the spreading width d of a depleted layer in the channel region (29) represented by $d = D \cdot N_a^{-\alpha}$.

(57) 要約: MOSFET (1) は、炭化珪素基板 (10) と、活性層 (20) と、ゲート酸化膜 (30) と、ゲート電極 (40) とを備えている。活性層 (20) は、ゲート電極 (40) に電圧が印加されること

により反転層が形成される p 型ボディ領域 (22) を含む。反転層における電子の移動度 μ は、p 型ボディ領域 (22) のチャネル領域 (29) におけるアクセプタ濃度 N_a の逆数に比例する状態よりも強くアクセプタ濃度 N_a に依存する。p 型ボディ領域 (22) のチャネル領域 (29) におけるアクセプタ濃度 N_a は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。チャネル長 (L) は $0.43 \text{ } \mu\text{m}$ 以下である。チャネル長 (L) は、 $d = D \cdot N_a^{-\alpha}$ で表されるチャネル領域 (29) における空乏層の広がり幅 d 以上となっている。



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, 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：半導体装置

技術分野

[0001] 本発明は半導体装置に関し、より特定的には、チャネル抵抗を低減することが可能な半導体装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、半導体装置の高耐圧化、低損失化、高温環境下での使用などを可能とするため、半導体装置を構成する材料として炭化珪素の採用が進められつつある。炭化珪素は、従来から半導体装置を構成する材料として広く使用されている珪素に比べてバンドギャップが大きいワイドバンドギャップ半導体である。そのため、半導体装置を構成する材料として炭化珪素を採用することにより、半導体装置の高耐圧化、オン抵抗の低減などを達成することができる。また、炭化珪素を材料として採用した半導体装置は、珪素を材料として採用した半導体装置に比べて、高温環境下で使用された場合の特性の低下が小さいという利点も有している。

[0003] このような炭化珪素を材料として用いた半導体装置のうち、たとえばMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) やIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) など、所定の閾値電圧を境にチャネル領域における反転層の形成の有無をコントロールし、電流を導通および遮断する半導体装置においては、チャネル移動度の向上やオン抵抗の低減について種々の検討がなされている（たとえば特開2000-150866号公報（特許文献1）、Fujihira et al.、
“Realization of Low On-Resistance 4H-SiC power MOSFETs by Using Retrograde Profile in P-Body”、Materials Science Forum、 Vols. 556-557、Si

l i c o n C a r b i d e a n d R e l a t e d M a t e r i a l s 2006、 2006年、 p. 827-830（非特許文献1）およびSei-Hyung Ryu et al.、 “Critical Issues for MOS Based Power Devices in 4H-SiC”、 Materials Science Forum、 Vols. 615-617、 2009年、 p. 743-748（非特許文献2）参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2000-150866号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Fujihira et al.、 “Realization of Low On-Resistance 4H-SiC power MOSFETs by Using Retrograde Profile in P-Body”、 Materials Science Forum、 Vols. 556-557、 Silicon Carbide and Related Materials 2006、 2006年、 p. 827-830

非特許文献2：Sei-Hyung Ryu et al.、 “Critical Issues for MOS Based Power Devices in 4H-SiC”、 Materials Science Forum、 Vols. 615-617、 2009年、 p. 743-748

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、上記炭化珪素を素材として採用したMOSFETやIGBTなどの半導体装置においては、チャネル抵抗の低減によるオン抵抗のさらなる抑

制が求められている。

[0007] そこで、本発明の目的はチャネル抵抗を低減することが可能な半導体装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の第1の局面における半導体装置は、炭化珪素からなる基板と、炭化珪素からなり、基板上に形成されたエピタキシャル成長層と、絶縁体からなり、エピタキシャル成長層に接触して配置されたゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜に接触して配置されたゲート電極とを備えている。エピタキシャル成長層は、導電型がp型であり、ゲート電極に電圧が印加されることによりゲート絶縁膜に接触する領域に反転層が形成されるp型ボディ領域を含む。また、反転層における電子の移動度 μ が、p型ボディ領域の反転層が形成されるべき領域におけるアクセプタ濃度 N_a の逆数に比例する状態よりも強くアクセプタ濃度に依存する。p型ボディ領域の反転層が形成されるべき領域におけるアクセプタ濃度 N_a は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。反転層における電子の移動方向に沿った反転層の長さであるチャネル長は $0.43 \mu\text{m}$ 以下であり、当該チャネル長はCおよびDを定数として $d = D \cdot N_a^{-\alpha}$ で表される反転層が形成されるべきp型ボディ領域の領域における空乏層の広がり幅d以上となっている。

[0009] また、本発明の第2の局面における半導体装置は、炭化珪素からなる基板と、炭化珪素からなり、基板上に形成されたエピタキシャル成長層と、絶縁体からなり、エピタキシャル成長層に接触して配置されたゲート絶縁膜と、ゲート絶縁膜に接触して配置されたゲート電極とを備えている。エピタキシャル成長層は、導電型がp型であり、ゲート電極に電圧が印加されることによりゲート絶縁膜に接触する領域に反転層が形成されるp型ボディ領域を含む。また、ゲート絶縁膜を挟んでゲート電極に対向するエピタキシャル成長層の表面と、エピタキシャル成長層を構成する炭化珪素の(0001)面とのなす角は 8° 以下である。p型ボディ領域の反転層が形成されるべき領域におけるアクセプタ濃度 N_a は、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以

下である。反転層における電子の移動方向に沿った反転層の長さであるチャネル長は $0.43\mu\text{m}$ 以下であり、かつ当該チャネル長が C および D を定数として $d = D \cdot N_a^{-C}$ で表される反転層が形成されるべき p 型ボディ領域の領域における空乏層の広がり幅 d 以上となっている。ここで、 C および D は半導体装置の構造により決定される定数である。 C は正の実数であって $0 < C < 1$ 、 0 を満たす。また、 D は実数の係数である。

[0010] 本発明者は半導体装置のチャネル抵抗の低減について以下のように詳細な検討を行ない、得られた知見に基づいて本発明に想到した。

[0011] すなわち、炭化珪素を材料として用いた半導体装置においては、オン抵抗に占めるチャネル抵抗の割合が大きい。また、チャネル抵抗はチャネル移動度の逆数とチャネル長との積に比例する。そのため、チャネル移動度を向上させること、およびチャネル長を短くすることが、チャネル抵抗の低減において重要となる。

[0012] 一般に、移動度 μ は、イオン散乱により支配的な影響を受け、アクセプタ濃度（イオン濃度） N_a の逆数に比例する（式（１）参照）。

[0013] [数1]

$$\mu \propto N_a^{-1} \quad \dots(1)$$

[0014] しかし、ゲート絶縁膜を挟んでゲート電極に対向するエピタキシャル成長層の表面が当該エピタキシャル成長層を構成する炭化珪素の（０００１）面に近い面である場合、より具体的には、ゲート絶縁膜を挟んでゲート電極に対向するエピタキシャル成長層の表面と当該エピタキシャル成長層を構成する炭化珪素の（０００１）面とのなす角が 8° 以下である場合、移動度 μ はイオン散乱に加えて、 p 型ボディ領域等を形成するためのイオン注入およびその後処理において発生した欠陥やトラップの影響を受ける。そのため、このような場合、移動度 μ はアクセプタ濃度の影響をより強く受ける。イオン注入およびその後処理において発生した欠陥やトラップの密度は、注入イオン量に依存し、アクセプタ濃度 N_a の関数で表わすことができるものと考えられる。そして、本発明者の検討によれば、イオン散乱だけでなく、上記欠陥

やトラップの影響をも受ける場合の移動度 μ は、以下の式（２）で表される。
。

[0015] [数2]

$$1/\mu = A \exp(B \cdot N_a) \quad \dots (2)$$

[0016] なお、式（２）においてAおよびBは実数の係数である。

一方、チャネル抵抗はチャネル長に比例するため、チャネル長を短くすることによりチャネル抵抗を低減することができる。しかし、チャネル長を短くすると、短チャネル効果（パンチスルー）が発生し、耐圧の低下やオフ特性の悪化などの問題が生じる。短チャネル効果は、チャネル領域端部に形成されるpn接合領域からチャネル領域内に空乏層が広がり、チャネル領域全体が空乏層となることにより生じる。そのため、短チャネル効果の発生を抑制するためには、上記pn接合領域から広がる空乏層の幅よりも大きいチャネル長を確保する必要がある。チャネル領域端部のpn接合領域の外側における不純物濃度が一定である場合、チャネル領域への空乏層の広がり幅dは、以下の式（３）'を満たす。

[0017] [数3]

$$d = \sqrt{\frac{2\epsilon_{sic}\epsilon_0(V_d - V_{max})N_d}{eN_a(N_a + N_d)}} \quad \dots (3)'$$

[0018] ここで、 ϵ_{sic} はSiC（炭化珪素）の誘電率、 ϵ_0 は真空の誘電率、 V_d は拡散電位、 V_{max} はオフ状態においてpn接合に印加される最大電圧（pn接合の順方向に電圧が印加される場合を正、逆方向に電圧が印加される場合を負とする）、 N_d はドナー濃度、eは電荷素量である。

[0019] そして、上記式（３）'は実用的な範囲において近似的に以下の式（３）のように表わすことができる。

[0020] [数4]

$$d = D \cdot N_a^{-C} \quad \dots (3)$$

[0021] ここで、CおよびDは、半導体装置の構造により決定される定数である。

Cは正の実数であって $0 < C < 1$ 、0を満たす。また、Dは実数の係数である。

[0022] そして、チャネル抵抗 R_{ON} は、移動度の逆数とチャネル長とに比例するため、以下の式(4)で表わすことができる。

[0023] [数5]

$$R_{on} \propto d / \mu = D \cdot N_a^{-C} \cdot A \cdot \exp(B \cdot N_a) \quad \dots(4)$$

[0024] この関数は極小値をとり、 $N_a = C/B$ において、 R_{ON} は極小となる。そして、半導体装置における一般的なA～Dの値を考慮すると、アクセプタ密度 N_a は、 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ を超え $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることにより、 R_{ON} を十分に低減することができる。また、アクセプタ密度 N_a が当該範囲にある場合において、アクセプタ密度 N_a が最も低く、最も空乏層の広がり幅dが大きくなるアクセプタ密度 N_a が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ である場合の空乏層の広がり幅dは、式(3)より $0.43 \mu\text{m}$ となる。つまり、上記アクセプタ密度 N_a の範囲においては、チャネル長は $0.43 \mu\text{m}$ を超える範囲とされる必要はない。そして、チャネル長が $0.43 \mu\text{m}$ を超える範囲とされることは、不必要にチャネル長を増大させ、チャネル抵抗を増大させる。そのため、チャネル長は $0.43 \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。一方、チャネル長の下限値は、短チャネル効果を抑制可能なチャネル長の下限値により規定することができる。すなわち、チャネル長を、 $d = D \cdot N_a^{-C}$ で表される反転層が形成されるべきp型ボディ領域の領域(チャネル領域29)における空乏層の広がり幅d以上とすることにより、短チャネル効果を抑制することができる。

[0025] 本発明の半導体装置は、反転層における移動度 μ がアクセプタ濃度 N_a の逆数に比例する状態よりも強くアクセプタ濃度 N_a に依存するものであって、あるいはゲート絶縁膜を挟んでゲート電極に対向するエピタキシャル成長層の表面とエピタキシャル成長層を構成する炭化珪素の(0001)面とのなす角が 8° 以下であって、反転層が形成されるべき領域におけるアクセプタ濃度 N_a が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、かつチャネル

長が式（３）で規定される d 以上 $0.43\mu\text{m}$ 以下であることにより、短チャネル効果の発生を抑制しつつチャネル抵抗を有効に低減することが可能となっている。

[0026] このように、本発明の半導体装置によれば、チャネル抵抗を低減することが可能な半導体装置を提供することができる。

[0027] 上記第１の局面における半導体装置においては、反転層における電子の移動度 μ と、 p 型ボディ領域の反転層が形成されるべき領域におけるアクセプタ濃度 N_a との関係が、 A および B を正の実数の定数として $1/\mu = A \exp(B \cdot N_a)$ で近似可能であってもよい。

[0028] このような条件を満たす半導体装置は、アクセプタ濃度 N_a およびチャネル長を上記範囲とする本発明の半導体装置に、特に好適である。ここで、「 $1/\mu = A \exp(B \cdot N_a)$ で近似可能」である状態とは、アクセプタ濃度 N_a のみを変数とした場合に、少なくとも４つのアクセプタ濃度 N_a の値について $1/\mu$ との関係を上記指数関数でフィッティングした場合に、最小二乗法において相関係数が 0.99 以上となる状態をいう。

[0029] 上記半導体装置においては、上記 B の値が 1×10^{-19} を超え 1×10^{-16} 未満であってもよい。また、上記半導体装置においては、 A の値が 0 を超え 2 未満であってもよい。このような条件を満たす半導体装置は、アクセプタ濃度 N_a およびチャネル長を上記範囲とする本発明の半導体装置に、特に好適である。

[0030] 上記半導体装置においては、 C および D の値は、それぞれ $0.5 < C < 1$ 、 0 および $1 \times 10^{14} < D < 1 \times 10^{16}$ を満たしていてもよい。このような条件を満たす半導体装置は、アクセプタ濃度 N_a およびチャネル長を上記範囲とする本発明の半導体装置に、特に好適である。

[0031] 上記半導体装置においては、 p 型ボディ領域は、反転層が形成されるべき領域を含むように配置されアクセプタ濃度の高い高濃度領域と、反転層における電子の移動方向において高濃度領域に隣接し、反転層が形成されるべき領域を含むように配置され高濃度領域よりもアクセプタ濃度の低い低濃度

領域とを有していてもよい。

[0032] このようにすることにより、高濃度領域によって反転層が形成されるべき領域における空乏層の広がり幅を抑制し、短チャネル効果の発生をより確実に抑制することができる。

[0033] 上記半導体装置においては、低濃度領域におけるアクセプタ濃度は、高濃度領域におけるアクセプタ濃度の $1/2$ 以下となってもよい。

[0034] このように濃度差の大きい高濃度領域を配置することにより、短チャネル効果の発生を一層確実に抑制することができる。

発明の効果

[0035] 以上の説明から明らかなように、本発明の半導体装置によれば、チャネル抵抗を低減することが可能な半導体装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0036] [図1]実施の形態1におけるMOSFETの構造を示す概略断面図である。

[図2]実施の形態1におけるMOSFETの製造手順の概略を示すフローチャートである。

[図3]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図4]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図5]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図6]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図7]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図8]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図9]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図10]実施の形態2におけるMOSFETの構造を示す概略断面図である。

[図11]実施の形態2におけるMOSFETの製造手順の概略を示すフローチャートである。

[図12]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

[図13]MOSFETの製造方法を説明するための概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。

[0038] (実施の形態 1)

まず、本発明の一実施の形態である実施の形態 1 について、図 1 に基づいて説明する。実施の形態 1 における半導体装置である MOSFET 1 は、炭化珪素基板 10 と、炭化珪素基板 10 の一方の主面 10A 上に配置され、炭化珪素からなるエピタキシャル成長層である活性層 20 とを備えている。

[0039] 炭化珪素基板 10 は、単結晶炭化珪素からなり、窒素、リンなどの不純物（n 型不純物）を含むことにより導電型が n 型（第 1 導電型）となっている。活性層 20 は、ドリフト層 21 と、p 型ボディ領域 22 と、n⁺ソース領域 24 と、p⁺コンタクト領域 25 とを含んでいる。

[0040] ドリフト層 21 は、炭化珪素基板 10 上に配置され、炭化珪素基板 10 よりも低濃度の n 型不純物を含むことにより導電型が n 型となっている。p 型ボディ領域 22 は、活性層 20 の炭化珪素基板 10 とは反対側の主面を含むように配置されている。p 型ボディ領域 22 は、アルミニウム、硼素などの不純物（p 型不純物）を含むことにより導電型が p 型（第 2 導電型）となっている。n⁺ソース領域 24 は、活性層 20 の炭化珪素基板 10 とは反対側の主面を含むように p 型ボディ領域 22 内に形成されている。n⁺ソース領域 24 は、ドリフト層 21 よりも高濃度の n 型不純物を含むことにより、導電型が n 型となっている。

[0041] p⁺コンタクト領域 25 は、活性層 20 の炭化珪素基板 10 とは反対側の主面を含むように p 型ボディ領域 22 内に形成され、n⁺ソース領域 24 から見て p 型ボディ領域 22 の中央側に配置されている。p⁺コンタクト領域 25 は、p 型不純物を含むことにより導電型が p 型となっている。

[0042] MOSFET 1 は、さらにゲート絶縁膜としてのゲート酸化膜 30 と、ゲート電極 40 と、ソースコンタクト電極 60 と、層間絶縁膜 50 と、ソース配線 70 と、ドレインコンタクト電極 80 と、裏面保護電極 90 とを備えて

いる。

[0043] ゲート酸化膜 30 は、たとえば二酸化珪素などの絶縁体からなり、活性層 20 の炭化珪素基板 10 とは反対側の主面上において n⁺ソース領域 24 および p 型ボディ領域 22 に接触するように延在している。ゲート電極 40 は、ゲート酸化膜 30 上に接触して配置され、p 型ボディ領域 22 上において延在している。ゲート電極 40 は、ポリシリコン、アルミニウムなどの導電体からなっている。

[0044] ソースコンタクト電極 60 は、活性層 20 上において n⁺ソース領域 24 および p⁺コンタクト領域 25 に接するように配置されている。ソースコンタクト電極 60 は、活性層 20 上のゲート酸化膜 30 に覆われていない領域に接するように配置されている。ソースコンタクト電極 60 は、ニッケルなどの導電体からなっており、少なくとも活性層 20 に接する領域がシリサイド化することにより n⁺ソース領域 24 とオーミックコンタクトを形成している。

[0045] 層間絶縁膜 50 は、ゲート電極 40 上を覆うとともに、ゲート酸化膜 30 上にまで延在するように配置されている。層間絶縁膜 50 は、二酸化珪素などの絶縁体からなっている。ソース配線 70 は、ソースコンタクト電極 60 に接触し、ソースコンタクト電極 60 および層間絶縁膜 50 上を覆うように配置されている。ソース配線 70 は、アルミニウムなどの導電体からなっている。

[0046] ドレインコンタクト電極 80 は、炭化珪素基板 10 の活性層 20 とは反対側の主面上に接触して配置されている。ドレインコンタクト電極 80 は、ニッケルなどの導電体からなっており、少なくとも炭化珪素基板 10 に接する領域がシリサイド化することにより炭化珪素基板 10 とオーミックコンタクトを形成している。裏面保護電極 90 は、ドレインコンタクト電極 80 上に接触し、ドレインコンタクト電極 80 上を覆うように配置されている。裏面保護電極 90 はアルミニウムなどの導電体からなっている。

[0047] 次に、MOSFET 1 の動作について説明する。図 1 を参照して、ゲート電極 40 の電圧が閾値電圧未満の状態、すなわちオフ状態では、ドレインコ

ンタクト電極 80 および裏面保護電極 90 に電圧が印加されても、p 型ボディ領域 22 とドリフト層 21 との間の pn 接合が逆バイアスとなり、非導通状態となる。一方、ゲート電極 40 に閾値電圧以上の電圧を印加すると、p 型ボディ領域 22 のゲート酸化膜 30 と接触する付近の領域であるチャネル領域 29 に反転層が形成される。その結果、 n^+ ソース領域 24 とドリフト層 21 とが電氣的に接続され、矢印 α に沿ってキャリアである電子が移動し、電流が流れる。

[0048] すなわち、本実施の形態における半導体装置である MOSFET 1 は、炭化珪素基板 10 と、炭化珪素からなり、炭化珪素基板 10 上に形成されたエピタキシャル成長層である活性層 20 と、活性層 20 に接触して配置されたゲート酸化膜 30 と、ゲート酸化膜 30 に接触して配置されたゲート電極 40 とを備えている。活性層 20 は、導電型が p 型であり、ゲート電極 40 に電圧が印加されることによりゲート酸化膜 30 に接触する領域であるチャネル領域 29 に反転層が形成される p 型ボディ領域 22 を含む。そして、MOSFET 1 においては、反転層における電子の移動度 μ が、p 型ボディ領域 22 の反転層が形成されるべき領域であるチャネル領域 29 におけるアクセプタ濃度 N_a の逆数に比例する状態よりも強くアクセプタ濃度 N_a に依存する。p 型ボディ領域 22 のチャネル領域 29 におけるアクセプタ濃度 N_a は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。また、反転層における電子の移動方向 α に沿った反転層の長さであるチャネル長 L は $0.43 \mu\text{m}$ 以下であり、当該チャネル長 L は $d = D \cdot N_a^{-c}$ で表されるチャネル領域 29 における空乏層の広がり幅 d 以上となっている。

[0049] また、本実施の形態における MOSFET 1 においては、炭化珪素基板 10 においてエピタキシャル成長層である活性層 20 が形成される側の主面 10A と、炭化珪素基板 10 を構成する炭化珪素の (0001) 面とのなす角が 8° 以下となっている。そのため、ゲート酸化膜 30 を挟んでゲート電極 40 に対向する活性層 20 の表面 22S と、活性層 20 を構成する炭化珪素の (0001) 面とのなす角は 8° 以下となっている。その結果、上述のよ

うに反転層における電子の移動度 μ が、p型ボディ領域22の反転層が形成されるべき領域であるチャネル領域29におけるアクセプタ濃度 N_a の逆数に比例する状態よりも強くアクセプタ濃度 N_a に依存している。

[0050] そして、本実施の形態におけるMOSFET1においては、反転層が形成されるべきチャネル領域29におけるアクセプタ濃度 N_a が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、かつチャネル長 L が式(3)で規定される d 以上 $0.43 \mu\text{m}$ 以下であることにより、短チャネル効果の発生が抑制されつつチャネル抵抗が低減されている。このように、MOSFET1は、チャネル抵抗が低減された半導体装置となっている。

[0051] また、MOSFET1においては、反転層における電子の移動度 μ と、p型ボディ領域22の反転層が形成されるべきチャネル領域29におけるアクセプタ濃度 N_a との関係が、 A および B を正の実数の定数として $1/\mu = A \exp(B \cdot N_a)$ で近似可能であることが好ましい。さらに、上記 B の値は 1×10^{-19} を超え 1×10^{-16} 未満であることが好ましい。また、上記 A の値は 0 を超え 2 未満であることが好ましい。さらに、上記 C および D の値は、それぞれ $0.5 < C < 1.0$ および $1 \times 10^{14} < D < 1 \times 10^{16}$ を満たすことが好ましい。このような条件を満たすことにより、より確実にMOSFET1の短チャネル効果を抑制し、かつチャネル抵抗を低減することができる。

[0052] より具体的には、MOSFET1においては、たとえば B の値として 1.7×10^{-18} 、 C の値として 0.98 を採用することができる。この場合の最適なアクセプタ密度 N_a は、式(4)に基づいて $5.8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である算出することができる。このとき、式(3)に基づいて、短チャネル効果を抑制可能な最小のチャネル長 L は $0.01 \mu\text{m}$ であると算出することができる。このようなアクセプタ密度 N_a およびチャネル長 L を採用することにより、たとえばアクセプタ密度 N_a を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、チャネル長 L を $0.5 \mu\text{m}$ とした場合に比べて30分の1にまでチャネル抵抗を低減することができる。

- [0053] 次に、本実施の形態におけるMOSFET 1の製造方法の一例について、図2～図9を参照して説明する。図2を参照して、本実施の形態におけるMOSFET 1の製造方法では、まず工程(S10)として基板準備工程が実施される。この工程(S10)では、図3を参照して、たとえば昇華法により作製された単結晶炭化珪素のインゴットから採取され、(0001)面とのなす角が 8° 以下である主面10Aを有する炭化珪素基板10が準備される。
- [0054] 次に、工程(S20)としてエピタキシャル成長工程が実施される。この工程(S20)では、図3を参照して、エピタキシャル成長により炭化珪素基板10の一方の主面10A上に、導電型がn型のドリフト層21が形成される。ここで、導電型をn型とするためのn型不純物としては窒素、リンなどを採用することができる。
- [0055] 次に、工程(S30)として第1イオン注入工程が実施される。この工程(S30)では、図4を参照して、まずドリフト層21上に開口99Aを有するマスク層99が形成される。マスク層99は、たとえば二酸化珪素からなるものを採用することができる。その後、マスク層99をマスクとしてイオン注入を実施することにより、ドリフト層21よりも高濃度のn型不純物を含む n^{+} 領域24Aが形成される。
- [0056] 次に、工程(S40)として第1等方性エッチング工程が実施される。この工程(S40)では、図5を参照して、工程(S30)において使用されたマスク層99に対して等方性エッチングを実施することにより、矢印で示すように開口99Aが拡大される。
- [0057] 次に、工程(S50)として、第2イオン注入工程が実施される。この工程(S50)では、工程(S40)において開口99Aが拡大されたマスク層99をマスクとしてイオン注入を実施することにより、p型不純物を含むp型ボディ領域22が形成される。
- [0058] 次に、工程(S60)として、第3イオン注入工程が実施される。この工程(S60)では、図6を参照して、工程(S50)において使用されたマ

スク層 99 が一旦除去された後、適切な位置に開口 99 A を有するマスク層 99 が改めて形成される。その後、当該マスク層 99 をマスクとしてイオン注入を実施することにより、高濃度の p 型不純物を含む p⁺コンタクト領域 25 が形成される。このとき、n⁺領域 24 A のうち p⁺コンタクト領域 25 が形成されなかった領域が n⁺ソース領域 24 となる。

[0059] 次に、工程 (S70) としてゲート酸化膜形成工程が実施される。この工程 (S70) では、図 6 および図 7 を参照して、工程 (S60) において使用されたマスク層 99 が除去された上で、熱酸化処理が実施されることにより、ゲート酸化膜 30 となるべき熱酸化膜 30 が形成される。この熱酸化膜 30 は、ドリフト層 21 の炭化珪素基板 10 とは反対側の主面全体を覆うように形成される。

[0060] 次に、工程 (S80) としてゲート電極形成工程が実施される。この工程 (S80) では、図 7 および図 8 を参照して、熱酸化膜 30 上に接触するように、たとえばポリシリコンからなるゲート電極 40 が形成される。ゲート電極 40 の形成は、たとえばスパッタリングにより実施することができる。

[0061] 次に、工程 (S90) としてコンタクト電極形成工程が実施される。この工程 (S90) では、図 8 および図 9 を参照して、ソースコンタクト電極 60 およびドレインコンタクト電極 80 が形成される。具体的には、まず n⁺ソース領域 24 および p⁺コンタクト領域 25 においてソースコンタクト電極 60 と接触すべき領域上の熱酸化膜 30 が、エッチングにより除去される。次に、たとえばソースコンタクト電極 60 およびドレインコンタクト電極 80 を形成すべき所望の領域にニッケル膜が蒸着法により形成される。また、二酸化珪素からなる層間絶縁膜 50 がゲート電極 40、ソースコンタクト電極 60 となるべきニッケル膜および熱酸化膜 30 の上部表面を覆うように形成される。次に、合金化アニールが実施されることにより、ニッケル膜の少なくとも一部がシリサイド化する。その結果、n⁺ソース領域 24 とオーミックコンタクトを形成するソースコンタクト電極 60、炭化珪素基板 10 とオーミックコンタクトを形成するドレインコンタクト電極 80、および層間絶縁

膜 50 が形成される。

[0062] 次に、工程 (S100) として配線形成工程が実施される。この工程 (S100) では、図 9 および図 1 を参照して、ソース配線 70 と、裏面保護電極 90 とが形成される。具体的には、たとえばソースコンタクト電極 60 上の層間絶縁膜 50 が除去された上で、ソースコンタクト電極 60 および層間絶縁膜 50 を覆うとともに、ドレインコンタクト電極 80 を覆うように、アルミニウムを蒸着する。以上のプロセスにより、本実施の形態における MOSFET1 の製造プロセスは完了する。なお、上記製造プロセスにおいては、工程 (S40) における当方性エッチングによりチャネル長 L が決定される。そして、チャネル長 L を $0.1\ \mu\text{m}$ 以上に設定することにより、比較的容易にチャネル長 L の値をコントロールすることが可能となる。

[0063] (実施の形態 2)

次に、本発明の他の実施の形態である実施の形態 2 について説明する。図 10 を参照して、実施の形態 2 における半導体装置である MOSFET1 は、基本的には実施の形態 1 における MOSFET1 と同様の構造を有し、同様の効果を奏する。しかし、実施の形態 2 における MOSFET1 は、p 型ボディ領域 22 の構成、特にチャネル領域 29 の構成において実施の形態 1 の場合とは異なっている。

[0064] 図 10 を参照して、実施の形態 2 における MOSFET1 においては、p 型ボディ領域 22 は、高濃度のアクセプタを含む高濃度領域 22A と、高濃度領域 22A を取り囲むように配置され、高濃度領域 22A よりも低濃度のアクセプタを含む低濃度領域 22B とを含んでいる。また、ゲート酸化膜 30 は、 n^+ ソース領域 24、高濃度領域 22A および低濃度領域 22B に接触するように延在している。ゲート電極 40 は、高濃度領域 22A 上から低濃度領域 22B 上にまで延在している。

[0065] すなわち、実施の形態 2 における MOSFET1 においては、p 型ボディ領域 22 は、反転層が形成されるべきチャネル領域 29 を含むように配置され、アクセプタ濃度の高い高濃度領域 22A と、反転層における電子の移動

方向 α において高濃度領域22Aに隣接し、チャネル領域29を含むように配置され、高濃度領域22Aよりもアクセプタ濃度の低い低濃度領域22Bとを有している。これにより、実施の形態2におけるMOSFET1においては、高濃度領域22Aによって、反転層が形成されるべきチャネル領域29における空乏層の広がり幅を抑制し、短チャネル効果の発生をより確実に抑制することができる。

[0066] さらに、本実施の形態におけるMOSFET1においては、低濃度領域22Bにおけるアクセプタ濃度は、高濃度領域22Aにおけるアクセプタ濃度の $1/2$ 以下となっていることが好ましい。このように濃度差の大きい高濃度領域22Aを配置することにより、短チャネル効果の発生を一層確実に抑制することができる。

[0067] 次に、実施の形態2におけるMOSFET1の製造方法の一例について、図11～図13に基づいて説明する。図11を参照して、実施の形態2におけるMOSFET1の製造方法では、工程(S110)としての基板準備工程、工程(S120)としてのエピタキシャル成長工程および工程(S130)としての第1イオン注入工程が、それぞれ実施の形態1における工程(S10)、(S20)および(S30)と同様に実施される。

[0068] 次に、工程(S140)として第1等方性エッチング工程が実施される。この工程(S140)では、図12を参照して、工程(S130)において使用されたマスク層99に対して等方性エッチングを実施することにより、所望の高濃度領域22Aの形状に対応した開口99Aが形成されるように、矢印で示すように開口99Aが拡大される。

[0069] 次に、工程(S150)として第2イオン注入工程が実施される。この工程(S150)では、工程(S140)において開口99Aが拡大されたマスク層99をマスクとしてイオン注入を実施することにより、高濃度のアクセプタを含む高濃度領域22Aが形成される。より具体的には、工程(S150)において高濃度のp型不純物がイオン注入により導入され、後続の活性化アニールにより導入された不純物のうち所定の割合の不純物がアクセプ

タとして機能することにより、高濃度領域 2 2 A が形成される。

[0070] 次に、工程 (S 1 5 1) として第 2 等方性エッチング工程が実施される。この工程 (S 1 5 1) では、図 1 3 を参照して、工程 (S 1 5 0) において使用されたマスク層 9 9 に対して等方性エッチングを実施することにより、所望の低濃度領域 2 2 B の形状に対応した開口 9 9 A が形成されるように、矢印で示すように開口 9 9 A が拡大される。

[0071] 次に、工程 (S 1 5 2) として第 4 イオン注入工程が実施される。この工程 (S 1 5 2) では、工程 (S 1 5 1) において開口 9 9 A が拡大されたマスク層 9 9 をマスクとしてイオン注入を実施することにより、高濃度領域 2 2 A よりも低いアクセプタ濃度を有する低濃度領域 2 2 B が形成される。より具体的には、工程 (S 1 5 2) において高濃度領域 2 2 A よりも低濃度の p 型不純物がイオン注入により導入され、後続の活性化アニールにより導入された不純物のうち所定の割合の不純物がアクセプタとして機能することにより、低濃度領域 2 2 B が形成される。

[0072] その後、工程 (S 1 6 0) としての第 3 イオン注入工程、工程 (S 1 7 0) としてのゲート酸化膜形成工程、工程 (S 1 8 0) としてのゲート電極形成工程、工程 (S 1 9 0) としてのコンタクト電極形成工程および (S 2 0 0) としての配線形成工程が、それぞれ実施の形態 1 の工程 (S 6 0)、(S 7 0)、(S 8 0)、(S 9 0) および (S 1 0 0) と同様に実施される。以上のプロセスにより、本実施の形態における半導体装置の製造プロセスは完了し、図 1 0 に示す実施の形態 2 における MOSFET 1 が得られる。

[0073] なお、上記実施の形態においては、本発明の半導体装置が DMOSFET (プレーナ型 MOSFET) に適用される場合について説明したが、本発明の半導体装置はこれに限られず、所定の閾値電圧を境にチャネル領域における反転層の形成の有無をコントロールし、電流を導通および遮断する種々の半導体装置に適用することができる。具体的には、本発明の半導体装置は、たとえばトレンチ型 MOSFET (UMOSFET)、VMOSFET、IGBT などの半導体装置に広く適用することができる。

[0074] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

[0075] 本発明の半導体装置は、オン抵抗を低減することが求められる半導体装置に、特に有利に適用され得る。

符号の説明

[0076] 1 MOSFET、10 炭化珪素基板、10A 主面、20 活性層、21 ドリフト層、22 p型ボディ領域、22A 高濃度領域、22B 低濃度領域、22S 表面、24 n+ソース領域、24A n+領域、25 p+コンタクト領域、29 チャンネル領域、30 ゲート酸化膜（熱酸化膜）、40 ゲート電極、50 層間絶縁膜、60 ソースコンタクト電極、70 ソース配線、80 ドレインコンタクト電極、90 裏面保護電極、99 マスク層、99A 開口。

請求の範囲

[請求項1]

炭化珪素からなる基板（１０）と、
 炭化珪素からなり、前記基板（１０）上に形成されたエピタキシャル成長層（２０）と、
 絶縁体からなり、前記エピタキシャル成長層（２０）に接触して配置されたゲート絶縁膜（３０）と、
 前記ゲート絶縁膜（３０）に接触して配置されたゲート電極（４０）とを備え、
 前記エピタキシャル成長層（２０）は、導電型がｐ型であり、前記ゲート電極（４０）に電圧が印加されることにより前記ゲート絶縁膜（３０）に接触する領域に反転層が形成されるｐ型ボディ領域（２２）を含み、
 前記反転層における電子の移動度 μ が、前記ｐ型ボディ領域（２２）の前記反転層が形成されるべき領域（２９）におけるアクセプタ濃度 N_a の逆数に比例する状態よりも強く前記アクセプタ濃度 N_a に依存し、
 前記ｐ型ボディ領域（２２）の前記反転層が形成されるべき領域（２９）におけるアクセプタ濃度 N_a が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、
 前記反転層における電子の移動方向に沿った前記反転層の長さであるチャネル長（Ｌ）が $0.43 \mu\text{m}$ 以下であり、
 前記チャネル長（Ｌ）がＣおよびＤを定数として

$$d = D \cdot N_a^{-C}$$
 で表される、前記反転層が形成されるべき前記ｐ型ボディ領域（２２）の領域（２９）における空乏層の広がり幅 d 以上となっている、半導体装置（１）。

[請求項2]

前記反転層における電子の移動度 μ と、前記ｐ型ボディ領域（２２）の前記反転層が形成されるべき領域（２９）におけるアクセプタ濃

度 N_a との関係が、A および B を実数の定数として以下の式

$$1/\mu = A \exp(B \cdot N_a)$$

で近似可能である、請求項 1 に記載の半導体装置 (1)。

[請求項3] 前記 B の値が 1×10^{-19} を超え 1×10^{-16} 未満である、請求項 2 に記載の半導体装置 (1)。

[請求項4] 前記 A の値が 0 を超え 2 未満である、請求項 2 に記載の半導体装置 (1)。

[請求項5] 前記 C および前記 D の値は、それぞれ $0.5 < C < 1.0$ および $1 \times 10^{14} < D < 1 \times 10^{16}$ を満たす、請求項 1 に記載の半導体装置 (1)。

[請求項6] 前記 p 型ボディ領域 (22) は、
前記反転層が形成されるべき領域 (29) を含むように配置され、
アクセプタ濃度 N_a の高い高濃度領域 (22A) と、
前記反転層における電子の移動方向において前記高濃度領域 (22A) に隣接し、前記反転層が形成されるべき領域 (29) を含むように配置され、前記高濃度領域 (22A) よりもアクセプタ濃度 N_a の低い低濃度領域 (22B) とを有する、請求項 1 に記載の半導体装置 (1)。

[請求項7] 前記低濃度領域 (22B) におけるアクセプタ濃度 N_a は、前記高濃度領域 (22A) におけるアクセプタ濃度 N_a の $1/2$ 以下となっている、請求項 6 に記載の半導体装置 (1)。

[請求項8] 炭化珪素からなる基板 (10) と、
炭化珪素からなり、前記基板 (10) 上に形成されたエピタキシャル成長層 (20) と、
絶縁体からなり、前記エピタキシャル成長層 (20) に接触して配置されたゲート絶縁膜 (30) と、
前記ゲート絶縁膜 (30) に接触して配置されたゲート電極 (40) とを備え、

前記エピタキシャル成長層（２０）は、導電型がｐ型であり、前記ゲート電極（４０）に電圧が印加されることにより前記ゲート絶縁膜（３０）に接触する領域に反転層が形成されるｐ型ボディ領域（２２）を含み、

前記ゲート絶縁膜（３０）を挟んで前記ゲート電極（４０）に対向する前記エピタキシャル成長層（２０）の表面（２２Ｓ）と、前記エピタキシャル成長層（２０）を構成する炭化珪素の（０００１）面とのなす角が 8° 以下であり、

前記ｐ型ボディ領域（２２）の前記反転層が形成されるべき領域（２９）におけるアクセプタ濃度 N_a が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、

前記反転層における電子の移動方向に沿った前記反転層の長さであるチャンネル長（Ｌ）が $0.43 \mu\text{m}$ 以下であり、

前記チャンネル長（Ｌ）がＣおよびＤを定数として

$$d = D \cdot N_a^{-C}$$

で表される、前記反転層が形成されるべき前記ｐ型ボディ領域（２２）の領域における空乏層の広がり幅 d 以上となっている、半導体装置（１）。

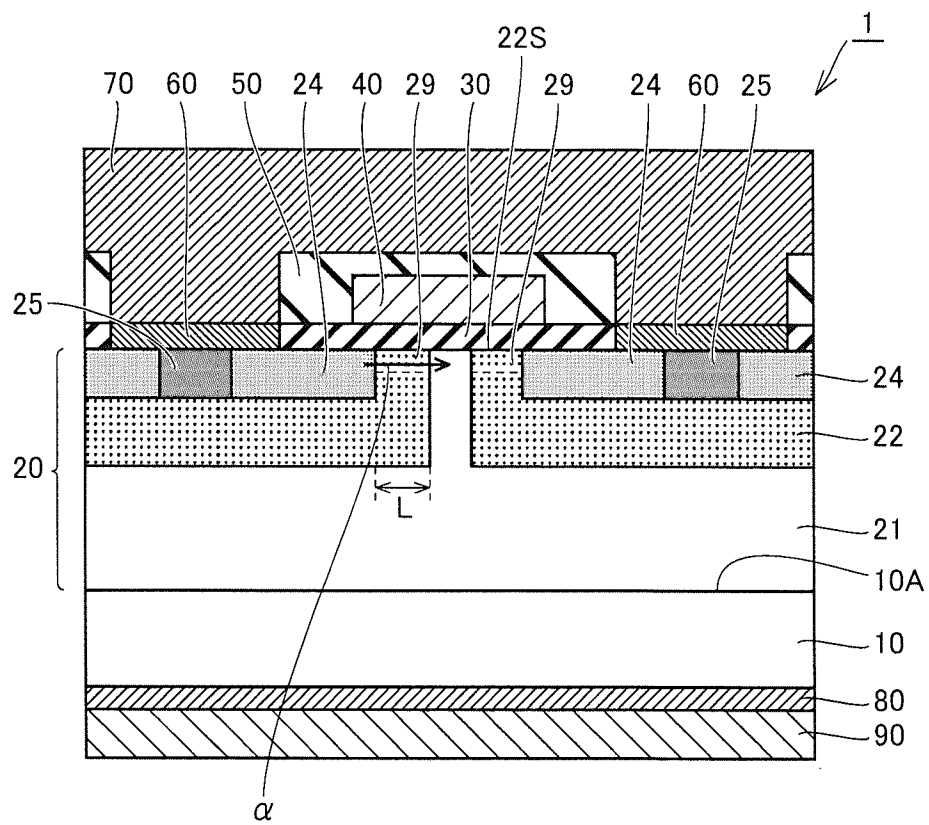
[請求項９] 前記Ｃおよび前記Ｄの値は、それぞれ $0.5 < C < 1.0$ および $1 \times 10^{14} < D < 1 \times 10^{16}$ を満たす、請求項８に記載の半導体装置（１）。

[請求項１０] 前記ｐ型ボディ領域（２２）は、
前記反転層が形成されるべき領域（２９）を含むように配置され、アクセプタ濃度 N_a の高い高濃度領域（２２Ａ）と、
前記反転層における電子の移動方向において前記高濃度領域（２２Ａ）に隣接し、前記反転層が形成されるべき領域（２９）を含むように配置され、前記高濃度領域（２２Ａ）よりもアクセプタ濃度 N_a の低い低濃度領域（２２Ｂ）とを有する、請求項８に記載の半導体装置

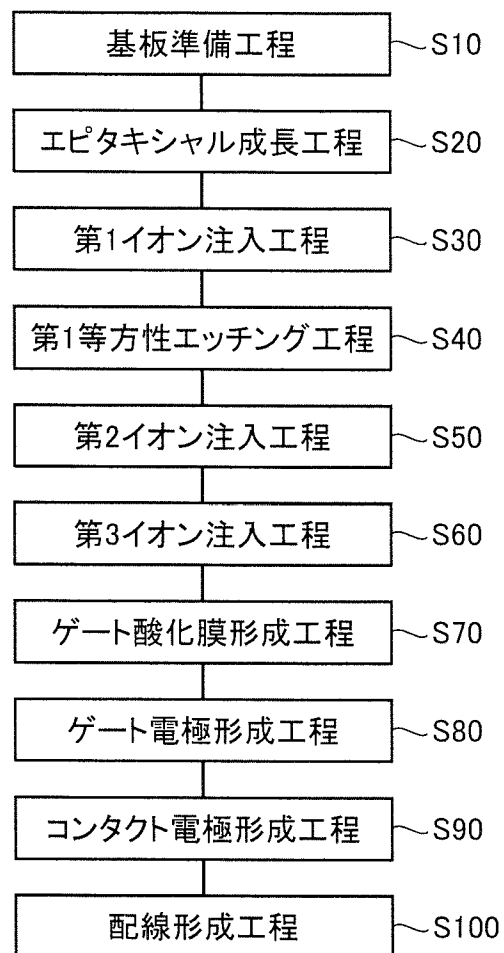
(1)。

[請求項11] 前記低濃度領域(22B)におけるアクセプタ濃度 N_a は、前記高濃度領域(22A)におけるアクセプタ濃度 N_a の $1/2$ 以下となっている、請求項10に記載の半導体装置(1)。

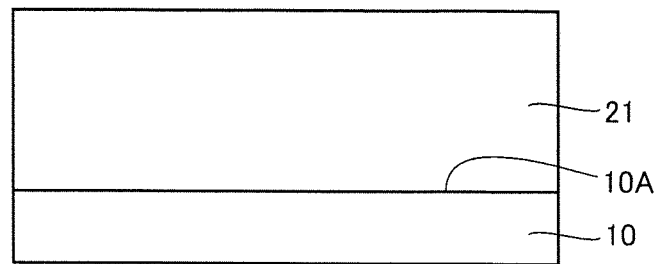
[図1]



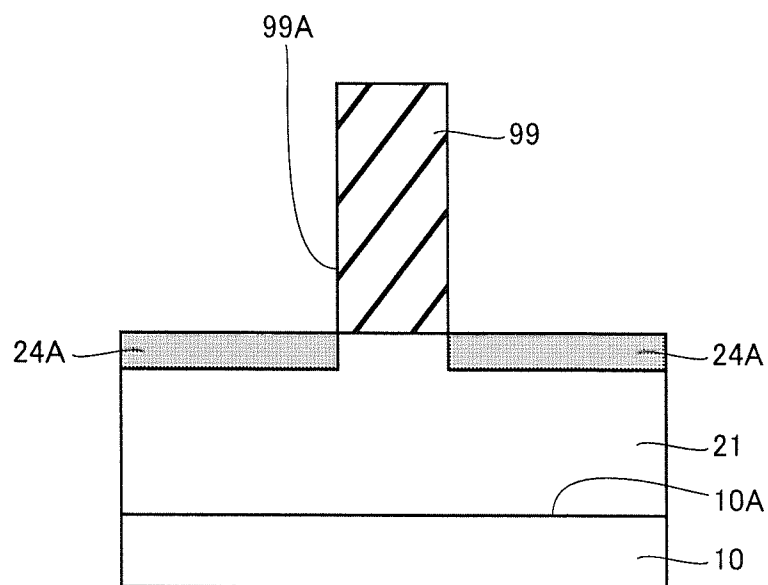
[図2]



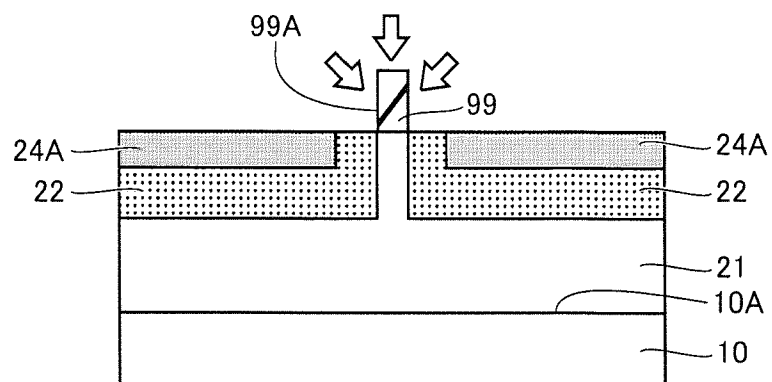
[図3]

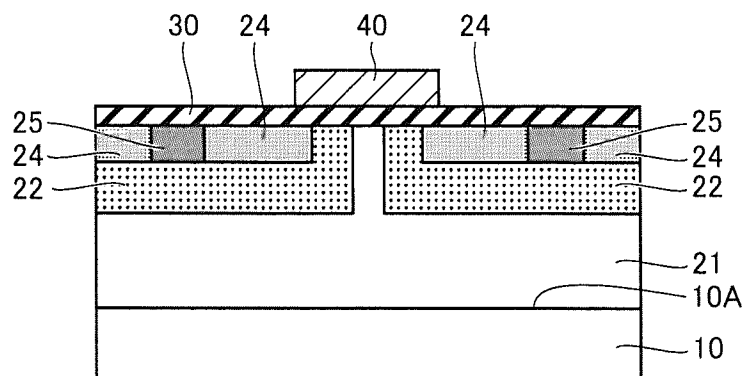
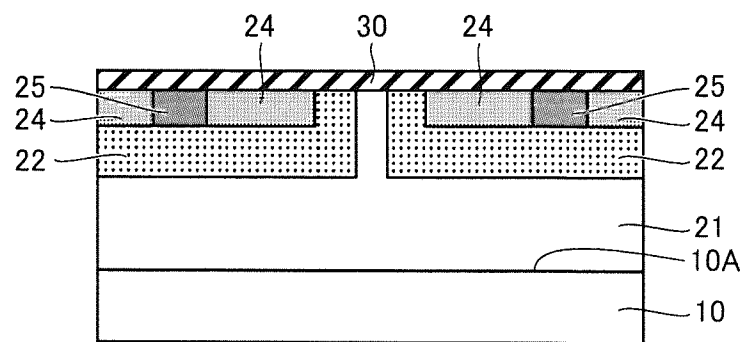
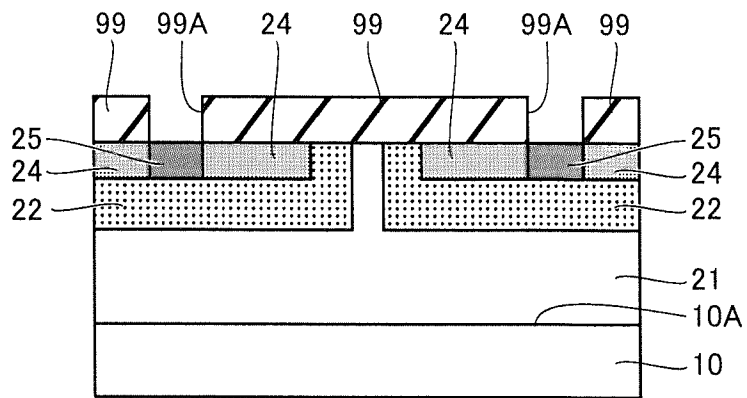


[図4]

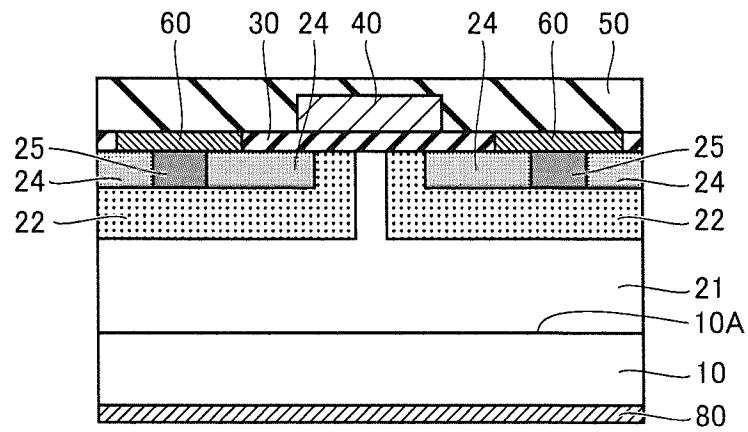


[図5]

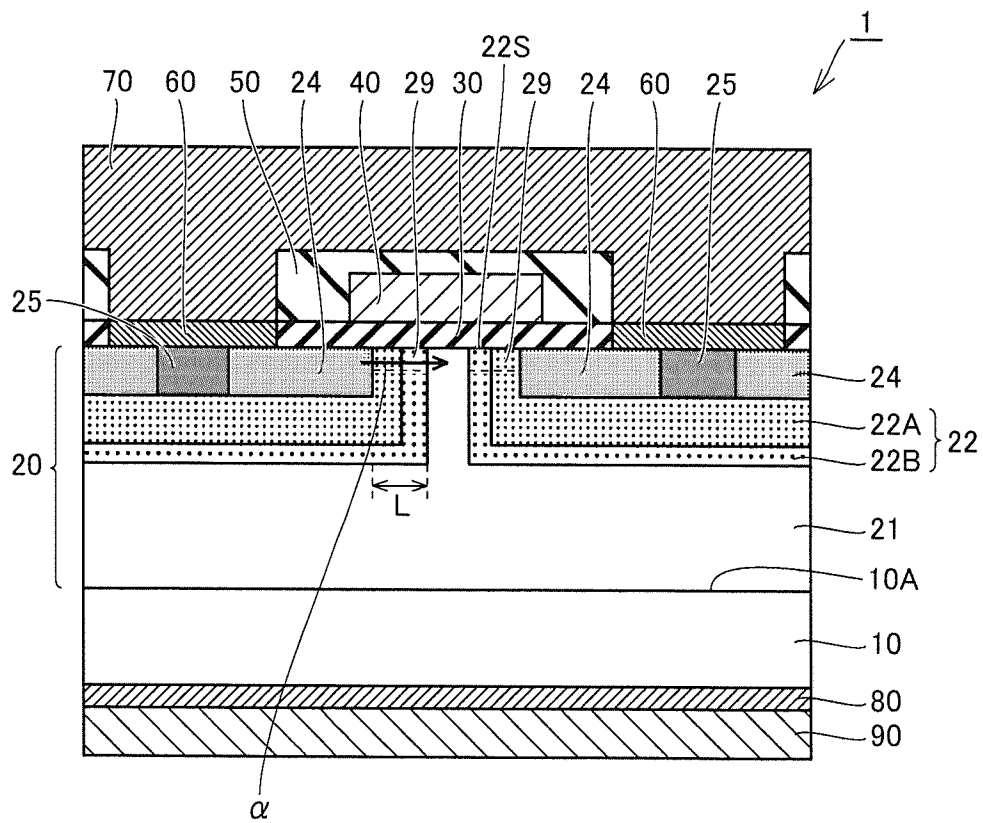




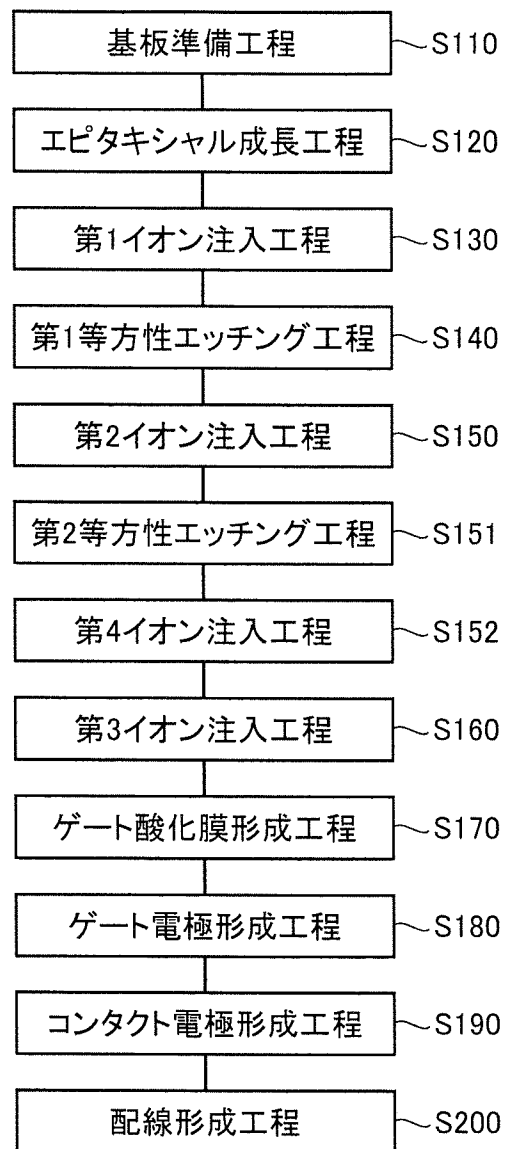
[図9]



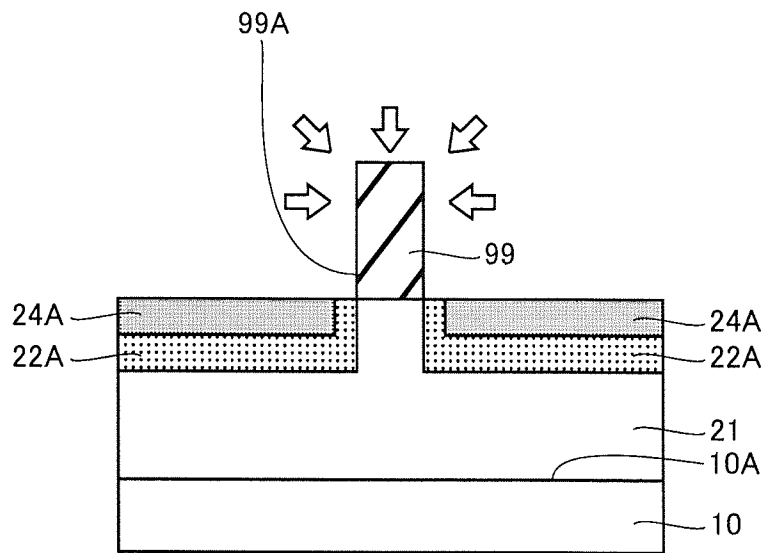
[図10]



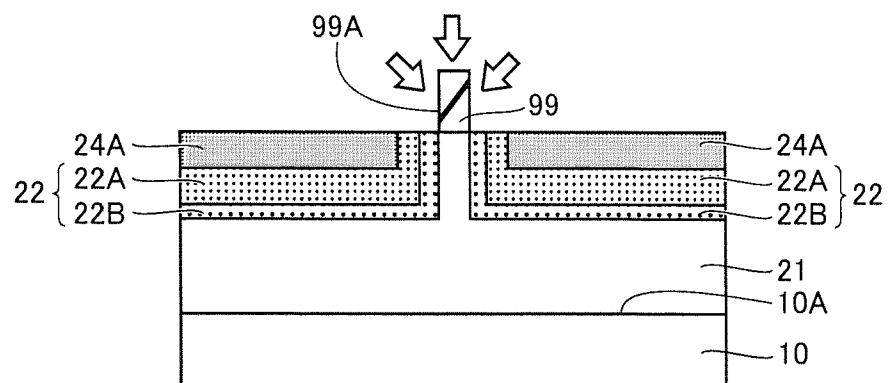
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072992

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L29/12(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/78(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)

H01L29/12, H01L21/336, H01L29/78

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 Y	JP 2005-252157 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 September 2005 (15.09.2005), paragraphs [0009] to [0030]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1, 5 2-4, 6-11
Y	WO 2007/046254 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 26 April 2007 (26.04.2007), fig. 16; paragraph [0112] & US 2009/0173997 A1	2-4
Y	JP 2009-54765 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), fig. 1; paragraphs [0010] to [0021] (Family: none)	6-7, 10-11

☒ 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
01 December, 2011 (01.12.11)Date of mailing of the international search report
13 December, 2011 (13.12.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/072992

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-135789 A (Cree Inc.), 17 June 2010 (17.06.2010), paragraphs [0034], [0046] & WO 2010/065334 A2 & US 2010/0133549 A1 & EP 2192211 A1	8-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L29/12(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/78(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（I P C））

Int.Cl. H01L29/12, H01L21/336, H01L29/78

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 Y	JP 2005-252157 A（三菱電機株式会社） 2005.09.15, [0009]-[0030], 図1-図6 (ファミリーなし)	1, 5 2-4, 6-11
Y	WO 2007/046254 A1（三菱電機株式会社） 2007.04.26, 図16, [0112] & US 2009/0173997 A1	2-4

☒ 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

0 1 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 3 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

崎間 伸洋

4 M

3 5 7 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2

C (続き) . 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
Y	JP 2009-54765 A (三菱電機株式会社) 2009.03.12, 図 1, [0010]-[0021] (ファミリーなし)	6-7, 10-11
Y	JP 2010-135789 A (クリー インコーポレイテッド) 2010.06.17, [0034], [0046] & WO 2010/065334 A2 & US 2010/0133549 A1 & EP 2192211 A1	8-11