

(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  
2024年12月12日(12.12.2024)

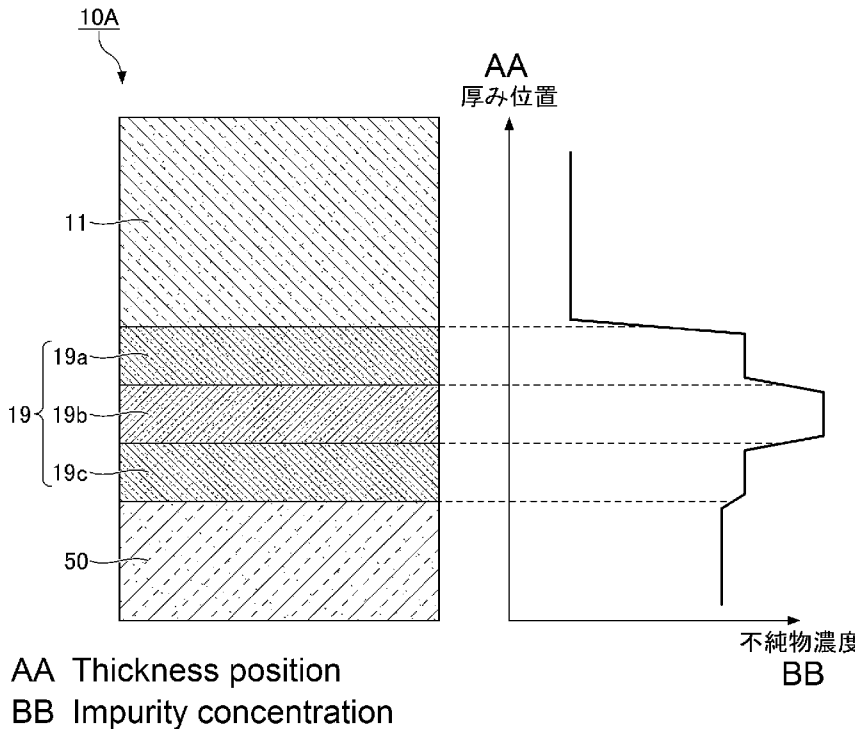


(10) 国際公開番号  
**WO 2024/252795 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H01L 29/78* (2006.01)    *H01L 21/322* (2006.01)  
*H01L 21/20* (2006.01)    *H01L 21/336* (2006.01)  
*H01L 21/265* (2006.01)    *H01L 29/12* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                    PCT/JP2024/015148
- (22) 国際出願日:                    2024年4月16日(16.04.2024)
- (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 2023-094793    2023年6月8日(08.06.2023)    JP
- (71) 出願人: 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33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 内田 光亮 (UCHIDA, Kosuke);  
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (ITO, Tadashige et al.);  
〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 Tokyo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: SILICON CARBIDE SUBSTRATE, SILICON CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SILICON CARBIDE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 炭化珪素基板、炭化珪素半導体装置および炭化珪素基板の製造方法



(57) Abstract: A silicon carbide substrate according to the present invention includes: a silicon carbide single-crystal substrate having a first conductivity type; a silicon carbide epitaxial layer provided on the silicon carbide single-crystal substrate and having the first conductivity type; and a drift layer provided on the silicon carbide epitaxial layer and having the first conductivity type. The silicon carbide epitaxial layer has a first region and a second region. The first region is



WO 2024/252795 A1

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

located above the second region. The impurity concentration of the first region is higher than the impurity concentration of the silicon carbide single-crystal substrate. The impurity concentration of the second region is higher than the impurity concentration of the first region.

(57) 要約: 炭化珪素基板は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有する炭化珪素エピタキシャル層と、前記炭化珪素エピタキシャル層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、を有し、前記炭化珪素エピタキシャル層は、第1領域と、第2領域とを有し、前記第1領域は、前記第2領域の上に位置し、前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い。

## 明 細 書

発明の名称：

炭化珪素基板、炭化珪素半導体装置および炭化珪素基板の製造方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、炭化珪素基板、炭化珪素半導体装置および炭化珪素基板の製造方法に関する。

[0002] 本出願は、2023年6月8日出願の日本出願第2023-094793号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。

### 背景技術

[0003] 炭化珪素単結晶基板と炭化珪素エピタキシャル層との間に、炭化珪素単結晶基板よりも不純物濃度が高い再結合促進層（炭化珪素エピタキシャル層）を設けた炭化珪素エピタキシャル基板が開示されている。炭化珪素エピタキシャル層が設けられることで、炭化珪素単結晶基板に含まれる基底面転移からの積層欠陥の発生が抑制される。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2017/094764号

### 発明の概要

[0005] 本開示の炭化珪素基板は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有する炭化珪素エピタキシャル層と、前記炭化珪素エピタキシャル層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、を有し、前記炭化珪素エピタキシャル層は、第1領域と、第2領域とを有し、前記第1領域は、前記第2領域の上に位置し、前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い。

## 図面の簡単な説明

- [0006] [図1]図1は、実施形態に係る炭化珪素半導体装置を示す断面図である。
- [図2]図2は、実施形態の第1例に係る炭化珪素基板を示す図である。
- [図3]図3は、実施形態の第2例に係る炭化珪素基板を示す図である。
- [図4]図4は、実施形態の第3例に係る炭化珪素基板を示す図である。
- [図5]図5は、実施形態の第4例に係る炭化珪素基板を示す図である。
- [図6]図6は、実施形態の第5例に係る炭化珪素基板を示す図である。
- [図7]図7は、実施形態の第6例に係る炭化珪素基板を示す図である。

## 発明を実施するための形態

- [0007] [本開示が解決しようとする課題]

炭化珪素エピタキシャル層を薄くする場合、炭化珪素エピタキシャル層の不純物濃度を高くすることが有効である。しかしながら、炭化珪素エピタキシャル層の不純物濃度を高くすると、結晶歪みにより炭化珪素エピタキシャル層に積層欠陥が形成されやすい。積層欠陥が形成されると、炭化珪素エピタキシャル層の上に形成されるドリフト層にも積層欠陥が拡張する。

- [0008] 本開示は、再結合効率を向上し、必要な炭化珪素エピタキシャル層の厚みを低減できる炭化珪素基板、炭化珪素半導体装置および炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

- [0009] [本開示の効果]

本開示によれば、再結合効率を向上し、必要な炭化珪素エピタキシャル層の厚みを低減できる炭化珪素基板、炭化珪素半導体装置および炭化珪素半導体装置の製造方法を提供できる。

- [0010] 実施するための形態について、以下に説明する。

- [0011] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。以下の説明では、同一または対応する要素には同一の符号を付し、それらについて同じ説明は繰り返さない。

- [0012] [1] 本開示の一態様に係る炭化珪素基板は、第1導電型を有する炭化

珪素単結晶基板と、前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有する炭化珪素エピタキシャル層と、前記炭化珪素エピタキシャル層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、を有し、前記炭化珪素エピタキシャル層は、第1領域と、第2領域とを有し、前記第1領域は、前記第2領域の上に位置し、前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い。この場合、炭化珪素エピタキシャル層の最表面の不純物濃度が低いので、炭化珪素エピタキシャル層の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、炭化珪素エピタキシャル層からドリフト層に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、炭化珪素エピタキシャル層内に不純物濃度が高い領域が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要な炭化珪素エピタキシャル層の厚みを低減できる。

[0013] [2] [1]において、前記炭化珪素エピタキシャル層は、前記炭化珪素単結晶基板と前記第2領域との間に設けられる第3領域を有し、前記第3領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度と同じであってもよい。この場合、第2領域よりもより低濃度の第3領域により炭化珪素単結晶基板との格子不整合が小さくなるため欠陥生成を抑制できる。

[0014] [3] [1]または[2]において、前記炭化珪素単結晶基板と前記炭化珪素エピタキシャル層との間に設けられ、前記第1導電型を有するバッファ層を有し、前記バッファ層の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低くてもよい。この場合、炭化珪素単結晶基板の上にエピタキシャル成長によりバッファ層を成長させる際に、炭化珪素単結晶基板内に存在する基底面転移（BPD：Basal Plane Dislocation）が炭化珪素単結晶基板とバッファ層との界面で貫通刃状転移（TED：Threading Edge Dislocation）に転換されやすい。そのため、基底面転移がドリフト層に到達することを抑制できる。その結果、pn接合に順方向通電を行った際にドリフト層に積層欠陥が拡大することが抑制され、結果としてオン電圧の上昇を抑制で

きる。

[0015] [4] 本開示の他の一態様に係る炭化珪素基板は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有するバッファ層と、前記バッファ層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、を有し、前記バッファ層は、第4領域と、第5領域とを有し、前記第4領域は、前記第5領域の上に位置し、前記第4領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低く、前記第5領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高い。この場合、バッファ層の最表面の不純物濃度が低いので、バッファ層の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、バッファ層からドリフト層に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、バッファ層内に不純物濃度が高い領域が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要なバッファ層の厚みを低減できる。

[0016] [5] [4]において、前記バッファ層は、前記炭化珪素単結晶基板と前記第5領域との間に設けられる第6領域を有し、前記第6領域の不純物濃度は、前記第4領域の不純物濃度と同じであってもよい。この場合、第5領域よりもより低濃度の第6領域により炭化珪素単結晶基板との格子不整合が小さくなるため欠陥生成を抑制できる。

[0017] [6] 本開示の他の一態様に係る炭化珪素半導体装置は、第1主面と、前記第1主面と反対の第2主面とを有する炭化珪素基板を備え、前記炭化珪素基板は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有する炭化珪素エピタキシャル層と、前記炭化珪素エピタキシャル層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、を有し、前記炭化珪素エピタキシャル層は、第1領域と、第2領域とを有し、前記第1領域は、前記第2領域の上に位置し、前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い。この場合、炭化珪素エピタキシャル層の最表面の不純物濃度が低いので、炭化珪素エ

ピタキシャル層の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、炭化珪素エピタキシャル層からドリフト層に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、炭化珪素エピタキシャル層内に不純物濃度が高い領域が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要な炭化珪素エピタキシャル層の厚みを低減できる。

[0018] [7] 本開示の他の一態様に係る炭化珪素半導体装置は、第1主面と、前記第1主面と反対の第2主面とを有する炭化珪素基板を備え、前記炭化珪素基板は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有するバッファ層と、前記バッファ層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、を有し、前記バッファ層は、第4領域と、第5領域とを有し、前記第4領域は、前記第5領域の上に位置し、前記第4領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低く、前記第5領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高い。この場合、バッファ層の最表面の不純物濃度が低いので、バッファ層の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、バッファ層からドリフト層に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、バッファ層内に不純物濃度が高い領域が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要なバッファ層の厚みを低減できる。

[0019] [8] 本開示の他の一態様に係る炭化珪素基板の製造方法は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板の上に、前記第1導電型を有し、前記炭化珪素単結晶基板よりも不純物濃度が高い炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程と、前記炭化珪素エピタキシャル層へのイオン注入により、前記炭化珪素エピタキシャル層の上面から離隔した位置に前記第1導電型を有する第2領域を形成する工程と、前記第2領域を形成する工程の後、前記炭化珪素エピタキシャル層の上に、前記第1導電型を有するドリフト層を形成する工程と、を有し、前記第2領域の形成に伴って、前記炭化珪素エピタキシャル層の前記第2領域の上に第1領域が形成され、前記第1領域の不純物濃度は、前

記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い。この場合、炭化珪素エピタキシャル層の最表面の不純物濃度が低いので、炭化珪素エピタキシャル層の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、炭化珪素エピタキシャル層からドリフト層に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、炭化珪素エピタキシャル層内に不純物濃度が高い領域が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要な炭化珪素エピタキシャル層の厚みを低減できる。

[0020] [9] 本開示の他の一態様に係る炭化珪素基板の製造方法は、第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板の上に、前記第1導電型を有し、前記炭化珪素単結晶基板よりも不純物濃度が低いバッファ層を形成する工程と、前記バッファ層へのイオン注入により、前記バッファ層の上面から離隔した位置に前記第1導電型を有する第5領域を形成する工程と、前記第5領域を形成する工程の後、前記バッファ層の上に、前記第1導電型を有するドリフト層を形成する工程と、を有し、前記第5領域の形成に伴って、前記バッファ層の前記第5領域の上に第4領域が形成され、前記第4領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低く、前記第5領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高い。この場合、バッファ層の最表面の不純物濃度が低いので、バッファ層の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、バッファ層からドリフト層に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、バッファ層内に不純物濃度が高い領域が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要なバッファ層の厚みを低減できる。

[0021] [本開示の実施形態の詳細]

以下、本開示の実施形態について詳細に説明するが、本開示はこれらに限定されるものではない。

[0022] (炭化珪素半導体装置)

実施形態に係る炭化珪素半導体装置100について説明する。図1は、実

施形態に係る炭化珪素半導体装置 100 を示す断面図である。

- [0023] 炭化珪素半導体装置 100 は、炭化珪素基板 10 と、ゲート絶縁膜 81 と、ゲート電極 82 と、層間絶縁膜 83 と、ソース電極 60 と、ドレイン電極 70 とを主に有する。
- [0024] 炭化珪素基板 10 は、炭化珪素単結晶基板 50 と、炭化珪素単結晶基板 50 上にある炭化珪素エピタキシャル層 40 とを含む。炭化珪素基板 10 は、第 1 主面 1 と、第 1 主面 1 と反対の第 2 主面 2 とを有する。炭化珪素エピタキシャル層 40 は第 1 主面 1 を構成し、炭化珪素単結晶基板 50 は第 2 主面 2 を構成する。炭化珪素単結晶基板 50 および炭化珪素エピタキシャル層 40 は、例えばポリタイプ 4 H の六方晶炭化珪素から構成されている。炭化珪素単結晶基板 50 は、例えば窒素 (N) などの n 型不純物を含み n 型を有する。炭化珪素基板 10 に半導体素子が形成されている。
- [0025] 実施形態では、炭化珪素基板 10 に半導体素子の一例として電界効果トランジスタが形成されている。炭化珪素エピタキシャル層 40 は、ドリフト領域 11 と、ボディ領域 12 と、ソース領域 13 と、コンタクト領域 18 と、再結合促進層 19 とを主に有する。
- [0026] ドリフト領域 11 は、例えば窒素またはリン (P) などの n 型不純物を含み、n 型を有する。
- [0027] ボディ領域 12 は、ドリフト領域 11 上に設けられている。ボディ領域 12 は、例えばアルミニウム (Al) などの p 型不純物を含み、p 型を有する。
- [0028] ソース領域 13 は、ボディ領域 12 によってドリフト領域 11 から隔てられるようにボディ領域 12 上に設けられている。ソース領域 13 は、例えば窒素またはリンなどの n 型不純物を含み、n 型を有する。ソース領域 13 は、第 1 主面 1 を構成する。
- [0029] コンタクト領域 18 は、例えばアルミニウムなどの p 型不純物を含み、p 型を有する。コンタクト領域 18 は、第 1 主面 1 を構成する。コンタクト領域 18 は、ソース領域 13 を貫通し、ボディ領域 12 と接する。

- [0030] 再結合促進層 19 は、炭化珪素単結晶基板 50 の上に設けられている。再結合促進層 19 は、炭化珪素単結晶基板 50 とドリフト領域 11 との間に設けられている。再結合促進層 19 の詳細については後述する。
- [0031] 第 1 主面 1 には、複数のゲートトレンチ 5 が設けられている。ゲートトレンチ 5 は、例えば第 1 主面 1 に平行な第 1 方向に延びており、複数のゲートトレンチ 5 が第 2 方向に並んでいる。ゲートトレンチ 5 は、ドリフト領域 11 からなる底面 4 を有する。底面 4 は、例えば第 2 主面 2 と平行な平面である。ゲートトレンチ 5 は、ソース領域 13 およびボディ領域 12 を貫通して底面 4 に連なる側面 3 を有する。側面 3 は、底面 4 を含む平面に対して傾斜する。
- [0032] ゲート絶縁膜 81 は、側面 3 および底面 4 に接する。ゲート絶縁膜 81 は、例えば酸化膜である。ゲート絶縁膜 81 は、例えば二酸化珪素を含む材料により構成されている。ゲート絶縁膜 81 は、底面 4 においてドリフト領域 11 と接する。ゲート絶縁膜 81 は、側面 3 においてソース領域 13、ボディ領域 12 およびドリフト領域 11 の各々と接する。ゲート絶縁膜 81 は、第 1 主面 1 においてソース領域 13 と接してもよい。
- [0033] ゲート電極 82 は、ゲート絶縁膜 81 上に設けられている。ゲート電極 82 は、例えば導電性不純物を含むポリシリコンから構成されている。ゲート電極 82 は、ゲートトレンチ 5 の内部に配置されている。
- [0034] 層間絶縁膜 83 は、ゲート電極 82 およびゲート絶縁膜 81 と接する。層間絶縁膜 83 は、例えば二酸化珪素を含む材料から構成されている。層間絶縁膜 83 およびゲート絶縁膜 81 には、第 2 方向に一定の間隔でコンタクトホール 90 が形成されている。コンタクトホール 90 は、第 2 方向で隣り合うコンタクトホール 90 の間にゲートトレンチ 5 が位置するように設けられている。コンタクトホール 90 は、第 1 方向に延びる。コンタクトホール 90 を通じて、ソース領域 13 およびコンタクト領域 18 が層間絶縁膜 83 およびゲート絶縁膜 81 から露出する。
- [0035] ソース電極 60 は、第 1 主面 1 と接する。ソース電極 60 は、コンタクト

電極 61 と、ソース配線 62 とを有する。

[0036] コンタクト電極 61 は、コンタクトホール 90 内に設けられている。コンタクト電極 61 は、第 1 主面 1 において、ソース領域 13 およびコンタクト領域 18 と接する。コンタクト電極 61 は、チタン (Ti)、アルミニウム (Al) および珪素 (Si) を含む材料から構成されている。コンタクト電極 61 は、ソース領域 13 およびコンタクト領域 18 とオーミック接合する。コンタクト電極 61 は、コンタクトホール 90 を通じて炭化珪素基板 10 に接続されている。

[0037] ソース配線 62 は、アルミニウムまたは銅 (Cu) を含む材料から構成されている。ソース配線 62 は、アルミニウムおよび銅を含む材料から構成されていてもよい。ソース電極 60 は、層間絶縁膜 83 によりゲート電極 82 から電氣的に絶縁されている。ソース電極 60 が、ソース配線 62 と層間絶縁膜 83 との間に窒化チタン (TiN) 膜などのバリアメタル膜を含んでもよい。

[0038] ドレイン電極 70 は、第 2 主面 2 と接する。ドレイン電極 70 は、第 2 主面 2 において炭化珪素単結晶基板 50 と接する。ドレイン電極 70 は、ドリフト領域 11 と電氣的に接続されている。ドレイン電極 70 は、コンタクト電極 61 と同じ材料により構成されている。ドレイン電極 70 は、炭化珪素単結晶基板 50 とオーミック接合する。

[0039] (炭化珪素基板)

次に、実施形態に係る炭化珪素半導体装置 100 が有する炭化珪素基板 10 について説明する。

[0040] 図 2 を参照し、実施形態の第 1 例に係る炭化珪素基板 10A について説明する。図 2 は、実施形態の第 1 例に係る炭化珪素基板 10A を示す図である。図 2 において、左図に炭化珪素基板 10A の断面図を示し、右図に炭化珪素基板 10A の不純物濃度プロファイルを示す。

[0041] 炭化珪素基板 10A は、炭化珪素単結晶基板 50 と、再結合促進層 19 と、ドリフト領域 11 とを主に有する。

- [0042] 炭化珪素単結晶基板50は、例えば窒素などのn型不純物を含み、n型を有する。炭化珪素単結晶基板50のn型不純物の実効濃度は、例えば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。
- [0043] 再結合促進層19は、炭化珪素単結晶基板50の上に設けられている。再結合促進層19は、第1領域19aと、第2領域19bと、第3領域19cとを有する。
- [0044] 第1領域19aは、第2領域19bの上に設けられている。第1領域19aは、ドリフト領域11と接する。第1領域19aは、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を含み、n型を有する。第1領域19aのn型不純物の実効濃度は、炭化珪素単結晶基板50のn型不純物の実効濃度よりも高い。第1領域19aのn型不純物の実効濃度は、例えば $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。
- [0045] 第2領域19bは、第3領域19cの上に設けられている。第2領域19bは、再結合促進層19の上面から離隔した位置に設けられている。第2領域19bは、第1領域19aと第3領域19cとの間に設けられている。第2領域19bは、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を含み、n型を有する。第2領域19bのn型不純物の実効濃度は、第1領域19aのn型不純物の実効濃度よりも高い。第2領域19bのn型不純物の実効濃度は、例えば $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。
- [0046] 第3領域19cは、炭化珪素単結晶基板50の上に設けられている。第3領域19cは、炭化珪素単結晶基板50と接する。第3領域19cは、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を含み、n型を有する。第3領域19cのn型不純物の実効濃度は、例えば第1領域19aのn型不純物の実効濃度と同じである。この場合、第3領域19cは第2領域19bと比較して低濃度である。そのため、炭化珪素単結晶基板50との格子不整合が小さくなるため欠陥生成を抑制できる。第3領域19cのn型不純物の実効濃度は、例えば $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。
- [0047] ドリフト領域11は、再結合促進層19の上に設けられている。ドリフト

領域 11 は、第 1 領域 19 a と接する。ドリフト領域 11 は、例えば窒素またはリンなどの n 型不純物を含み、n 型を有する。ドリフト領域 11 の n 型不純物の実効濃度は、例えば  $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  以上  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以下である。

[0048] 以上に説明した炭化珪素基板 10 A、および炭化珪素基板 10 A を有する炭化珪素半導体装置 100 によれば、再結合促進層 19 が、第 1 領域 19 a と、第 2 領域 19 b とを有する。第 1 領域 19 a は、第 2 領域 19 b の上に設けられている。第 2 領域 19 b の n 型不純物の実効濃度は、第 1 領域 19 a の n 型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、再結合促進層 19 の最表面の領域（第 1 領域 19 a）の不純物濃度が低いので、再結合促進層 19 の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、再結合促進層 19 からドリフト領域 11 に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、再結合促進層 19 内に不純物濃度が高い領域（第 2 領域 19 b）が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要な再結合促進層 19 の厚みを低減できる。必要な再結合促進層 19 の厚みが低減されると、再結合促進層 19 を形成する際のエピタキシャル成長に要する時間が短縮され、製造コストが低減される。

[0049] 次に、炭化珪素基板 10 A の製造方法について説明する。

[0050] まず、炭化珪素単結晶基板 50 を準備する。例えば、炭化珪素単結晶基板 50 は、窒素などの n 型不純物を含み、n 型を有する。

[0051] 次に、炭化珪素単結晶基板 50 の上に再結合促進層 19 を形成する。具体的には、炭化珪素単結晶基板 50 の上に、窒素またはリンなどの n 型不純物を添加したエピタキシャル成長により、再結合促進層 19 を形成する。次に、再結合促進層 19 へのイオン注入を行う。イオン注入により、再結合促進層 19 の上面から離隔した位置に第 2 領域 19 b が形成される。第 2 領域 19 b の形成に伴って、再結合促進層 19 の第 2 領域 19 b の上に第 1 領域 19 a が形成され、再結合促進層 19 の第 2 領域 19 b の下に第 3 領域 19 c が形成される。第 2 領域 19 b を形成するためのイオン注入においては、例

例えば窒素またはリンなどのn型不純物を注入する。

[0052] 次に、再結合促進層19の上に炭化珪素エピタキシャル層40を形成する。例えば、炭化珪素エピタキシャル層40は、窒素などのn型不純物を添加したエピタキシャル成長により形成できる。

[0053] 次に、炭化珪素エピタキシャル層40へのイオン注入を行う。例えば、イオン注入により、ボディ領域12、ソース領域13およびコンタクト領域18が形成される。炭化珪素エピタキシャル層40の残部がドリフト領域11として機能する。ボディ領域12またはコンタクト領域18を形成するためのイオン注入においては、例えばアルミニウムなどのp型不純物をイオン注入する。ソース領域13を形成するためのイオン注入においては、例えばリンなどのn型不純物をイオン注入する。

[0054] 以上により、炭化珪素単結晶基板50の上に、再結合促進層19および炭化珪素エピタキシャル層40がこの順番で形成された炭化珪素基板10Aを製造できる。

[0055] 以上に説明した炭化珪素基板10Aの製造方法によれば、炭化珪素単結晶基板50の上に再結合促進層19を形成した後に、再結合促進層19へのイオン注入により、再結合促進層19の上面から離隔した位置に第2領域19bを形成する。第2領域19bの形成に伴って、再結合促進層19の第2領域19bの上に第1領域19aが形成される。第2領域19bのn型不純物の実効濃度は、第1領域19aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、再結合促進層19の最表面の領域（第1領域19a）の不純物濃度が低いので、再結合促進層19の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、再結合促進層19からドリフト領域11に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、再結合促進層19内に不純物濃度が高い領域（第2領域19b）が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要な再結合促進層19の厚みを低減できる。必要な再結合促進層19の厚みが低減されると、再結合促進層19を形成する際のエピタキシャル成長に要する時間が短縮され、製造コストが低減される。

- [0056] 図3を参照し、実施形態の第2例に係る炭化珪素基板10Bについて説明する。図3は、実施形態の第2例に係る炭化珪素基板10Bを示す図である。図3において、左図に炭化珪素基板10Bの断面図を示し、右図に炭化珪素基板10Bの不純物濃度プロファイルを示す。
- [0057] 炭化珪素基板10Bは、再結合促進層19が、第3領域19cを有しておらず、第1領域19aと、第2領域19bとを有する構成において、炭化珪素基板10Aと異なる。炭化珪素基板10Bのその他の構成は、例えば炭化珪素基板10Aと同じである。以下、炭化珪素基板10Aと異なる構成を中心に説明する。
- [0058] 再結合促進層19は、第1領域19aと、第2領域19bとを有する。第1領域19aは、第2領域19bの上に設けられている。第1領域19aは、ドリフト領域11と接する。第2領域19bは、炭化珪素単結晶基板50の上に設けられている。第2領域19bは、再結合促進層19の上面から隔離した位置に設けられている。第2領域19bは、炭化珪素単結晶基板50と接する。
- [0059] 以上に説明した炭化珪素基板10B、および炭化珪素基板10Bを有する炭化珪素半導体装置100によれば、再結合促進層19が、第1領域19aと、第2領域19bとを有する。第1領域19aは、第2領域19bの上に設けられている。第2領域19bのn型不純物の実効濃度は、第1領域19aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、炭化珪素基板10A、および炭化珪素基板10Aを有する炭化珪素半導体装置100と同様の効果が得られる。
- [0060] 炭化珪素基板10Bは、例えば炭化珪素基板10Aと同様の方法で製造できる。炭化珪素基板10Bの製造方法によれば、炭化珪素基板10Aの製造方法と同様の効果が得られる。
- [0061] 図4を参照し、実施形態の第3例に係る炭化珪素基板10Cについて説明する。図4は、実施形態の第3例に係る炭化珪素基板10Cを示す図である。図4において、左図に炭化珪素基板10Cの断面図を示し、右図に炭化珪

素基板 10C の不純物濃度プロファイルを示す。

- [0062] 炭化珪素基板 10C は、再結合促進層 19 に代えて、バッファ層 20 を有する構成において、炭化珪素基板 10A と異なる。炭化珪素基板 10C のその他の構成は、例えば炭化珪素基板 10A と同じである。以下、炭化珪素基板 10A と異なる構成を中心に説明する。
- [0063] 炭化珪素基板 10C は、炭化珪素単結晶基板 50 と、バッファ層 20 と、ドリフト領域 11 とを主に有する。
- [0064] バッファ層 20 は、炭化珪素単結晶基板 50 の上に設けられている。バッファ層 20 は、第 4 領域 20a と、第 5 領域 20b と、第 6 領域 20c とを有する。
- [0065] 第 4 領域 20a は、第 5 領域 20b の上に設けられている。第 4 領域 20a は、ドリフト領域 11 と接する。第 4 領域 20a は、例えば窒素またはリンなどの n 型不純物を含み、n 型を有する。第 4 領域 20a の n 型不純物の実効濃度は、炭化珪素単結晶基板 50 の n 型不純物の実効濃度よりも低い。第 4 領域 20a の n 型不純物の実効濃度は、例えば  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以上  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下である。第 4 領域 20a の n 型不純物の実効濃度は略一定であり、第 4 領域 20a とドリフト領域 11 との界面において n 型不純物の実効濃度が第 4 領域 20a の濃度からドリフト領域 11 の濃度に急峻に切り替わってよい。この場合、炭化珪素半導体装置 100 の抵抗が高くなりにくい。これに対し、第 4 領域 20a の n 型不純物の実効濃度がドリフト領域 11 に向かって連続的に低くなる場合、炭化珪素半導体装置 100 の抵抗が高くなりやすい。
- [0066] 第 5 領域 20b は、第 6 領域 20c の上に設けられている。第 5 領域 20b は、バッファ層 20 の上面から離隔した位置に設けられている。第 5 領域 20b は、第 4 領域 20a と第 6 領域 20c との間に設けられている。第 5 領域 20b は、例えば窒素またはリンなどの n 型不純物を含み、n 型を有する。第 5 領域 20b の n 型不純物の実効濃度は、炭化珪素単結晶基板 50 の n 型不純物の実効濃度よりも高い。第 5 領域 20b の n 型不純物の実効濃度

は、例えば  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以上である。

[0067] 第6領域20cは、炭化珪素単結晶基板50の上に設けられている。第6領域20cは、炭化珪素単結晶基板50と接する。第6領域20cは、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を含み、n型を有する。第6領域20cのn型不純物の実効濃度は、例えば第4領域20aのn型不純物の実効濃度と同じである。この場合、第6領域20cは第5領域20bと比較して低濃度である。そのため、炭化珪素単結晶基板50との格子不整合が小さくなるため欠陥生成を抑制できる。第6領域20cのn型不純物の実効濃度は、例えば  $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  以上  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下である。

[0068] ドリフト領域11は、バッファ層20の上に設けられている。ドリフト領域11は、第4領域20aと接する。ドリフト領域11は、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を含み、n型を有する。ドリフト領域11のn型不純物の実効濃度は、例えば  $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  以上  $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  以下である。

[0069] 以上に説明した炭化珪素基板10C、および炭化珪素基板10Cを有する炭化珪素半導体装置100によれば、バッファ層20が、第4領域20aと、第5領域20bとを有する。第4領域20aは、第5領域20bの上に設けられている。第5領域20bのn型不純物の実効濃度は、第4領域20aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、バッファ層20の最表面の領域（第4領域20a）の不純物濃度が低いので、バッファ層20の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、バッファ層20からドリフト領域11に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、バッファ層20内に不純物濃度が高い領域（第5領域20b）が存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要なバッファ層20の厚みを低減できる。必要なバッファ層20の厚みが低減されると、バッファ層20を形成する際のエピタキシャル成長に要する時間が短縮され、製造コストが低減される。

[0070] 次に、炭化珪素基板10Cの製造方法について説明する。

- [0071] まず、炭化珪素単結晶基板50を準備する。例えば、炭化珪素単結晶基板50は、窒素などのn型不純物を含み、n型を有する。
- [0072] 次に、炭化珪素単結晶基板50の上にバッファ層20を形成する。具体的には、炭化珪素単結晶基板50の上に、窒素またはリンなどのn型不純物を添加したエピタキシャル成長により、バッファ層20を形成する。次に、バッファ層20へのイオン注入を行う。イオン注入により、バッファ層20の上面から離隔した位置に第5領域20bが形成される。第5領域20bの形成に伴って、バッファ層20の第5領域20bの上に第4領域20aが形成され、バッファ層20の第5領域20bの下に第6領域20cが形成される。第5領域20bを形成するためのイオン注入においては、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を注入する。
- [0073] 次に、バッファ層20の上に炭化珪素エピタキシャル層40を形成する。炭化珪素エピタキシャル層40を形成する方法は、炭化珪素基板10Aの製造方法において炭化珪素エピタキシャル層40を形成する方法と同様であってよい。
- [0074] 以上により、炭化珪素単結晶基板50の上に、バッファ層20および炭化珪素エピタキシャル層40がこの順番で形成された炭化珪素基板10Cを製造できる。
- [0075] 以上に説明した炭化珪素基板10Cの製造方法によれば、炭化珪素単結晶基板50の上にバッファ層20を形成した後に、バッファ層20へのイオン注入により、バッファ層20の上面から離隔した位置に第5領域20bを形成する。第5領域20bの形成に伴って、バッファ層20の第5領域20bの上に第4領域20aが形成される。第5領域20bのn型不純物の実効濃度は、第4領域20aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、バッファ層20の最表面の領域（第4領域20a）の不純物濃度が低いので、バッファ層20の最表面において積層欠陥が形成されにくい。そのため、バッファ層20からドリフト領域11に積層欠陥が引き継がれることが抑制される。また、バッファ層20内に不純物濃度が高い領域（第5領域20b）が

存在するので、キャリアの再結合が促進される。そのため、再結合効率を向上し、必要なバッファ層20の厚みを低減できる。必要なバッファ層20の厚みが低減されると、バッファ層20を形成する際のエピタキシャル成長に要する時間が短縮され、製造コストが低減される。

[0076] 図5を参照し、実施形態の第4例に係る炭化珪素基板10Dについて説明する。図5は、実施形態の第4例に係る炭化珪素基板10Dを示す図である。図5において、左図に炭化珪素基板10Dの断面図を示し、右図に炭化珪素基板10Dの不純物濃度プロファイルを示す。

[0077] 炭化珪素基板10Dは、バッファ層20が、第6領域20cを有しておらず、第4領域20aと、第5領域20bとを有する構成において、炭化珪素基板10Cと異なる。炭化珪素基板10Dのその他の構成は、例えば炭化珪素基板10Cと同じである。以下、炭化珪素基板10Cと異なる構成を中心に説明する。

[0078] バッファ層20は、第4領域20aと、第5領域20bとを有する。第4領域20aは、第5領域20bの上に設けられている。第4領域20aは、ドリフト領域11と接する。第5領域20bは、炭化珪素単結晶基板50の上に設けられている。第5領域20bは、再結合促進層19の上面から離隔した位置に設けられている。第5領域20bは、炭化珪素単結晶基板50と接する。

[0079] 以上に説明した炭化珪素基板10D、および炭化珪素基板10Dを有する炭化珪素半導体装置100によれば、バッファ層20が、第4領域20aと、第5領域20bとを有する。第4領域20aは、第5領域20bの上に設けられている。第5領域20bのn型不純物の実効濃度は、第4領域20aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、炭化珪素基板10C、および炭化珪素基板10Cを有する炭化珪素半導体装置100と同様の効果が得られる。

[0080] 炭化珪素基板10Dは、例えば炭化珪素基板10Cと同様の方法で製造できる。炭化珪素基板10Dの製造方法によれば、炭化珪素基板10Cの製造

方法と同様の効果が得られる。

[0081] 図6を参照し、実施形態の第5例に係る炭化珪素基板10Eについて説明する。図6は、実施形態の第5例に係る炭化珪素基板10Eを示す図である。図6において、左図に炭化珪素基板10Eの断面図を示し、右図に炭化珪素基板10Eの不純物濃度プロファイルを示す。

[0082] 炭化珪素基板10Eは、炭化珪素単結晶基板50と再結合促進層19との間にバッファ層21を有する構成において、炭化珪素基板10Aと異なる。炭化珪素基板10Eのその他の構成は、例えば炭化珪素基板10Aと同じである。以下、炭化珪素基板10Aと異なる構成を中心に説明する。

[0083] 炭化珪素基板10Eは、炭化珪素単結晶基板50と、バッファ層21と、再結合促進層19と、ドリフト領域11とを主に有する。

[0084] バッファ層21は、炭化珪素単結晶基板50の上に設けられている。バッファ層21は、炭化珪素単結晶基板50と再結合促進層19との間に設けられている。バッファ層21は、例えば窒素またはリンなどのn型不純物を含み、n型を有する。バッファ層21のn型不純物の実効濃度は、炭化珪素単結晶基板50のn型不純物の実効濃度よりも低い。バッファ層21のn型不純物の実効濃度は、例えば $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下である。

[0085] 以上に説明した炭化珪素基板10E、および炭化珪素基板10Eを有する炭化珪素半導体装置100によれば、再結合促進層19が、第1領域19aと、第2領域19bとを有する。第1領域19aは、第2領域19bの上に設けられている。第2領域19bのn型不純物の実効濃度は、第1領域19aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、炭化珪素基板10A、および炭化珪素基板10Aを有する炭化珪素半導体装置100と同様の効果が得られる。

[0086] また、炭化珪素基板10E、および炭化珪素基板10Eを有する炭化珪素半導体装置100によれば、炭化珪素単結晶基板50と再結合促進層19との間にバッファ層21を有する。この場合、炭化珪素単結晶基板50の上に

エピタキシャル成長によりバッファ層 2 1 を成長させる際に、炭化珪素単結晶基板 5 0 内に存在する基底面転移が炭化珪素単結晶基板 5 0 とバッファ層 2 1 との界面で貫通刃状転移に転換されやすい。そのため、基底面転移がドリフト領域 1 1 に到達することを抑制できる。その結果、pn 接合に順方向通電を行った際にドリフト領域 1 1 に積層欠陥が拡大することが抑制され、結果としてオン電圧の上昇を抑制できる。

[0087] 次に、炭化珪素基板 1 0 E の製造方法について説明する。

[0088] まず、炭化珪素単結晶基板 5 0 を準備する。例えば、炭化珪素単結晶基板 5 0 は、窒素などの n 型不純物を含み、n 型を有する。

[0089] 次に、炭化珪素単結晶基板 5 0 の上にバッファ層 2 1 を形成する。具体的には、炭化珪素単結晶基板 5 0 の上に、窒素またはリンなどの n 型不純物を添加したエピタキシャル成長により、バッファ層 2 1 を形成する。

[0090] 次に、バッファ層 2 1 の上に再結合促進層 1 9 を形成する。再結合促進層 1 9 を形成する方法は、炭化珪素基板 1 0 A の製造方法において再結合促進層 1 9 を形成する方法と同様であってよい。

[0091] 次に、再結合促進層 1 9 の上に炭化珪素エピタキシャル層 4 0 を形成する。炭化珪素エピタキシャル層 4 0 を形成する方法は、炭化珪素基板 1 0 A の製造方法において炭化珪素エピタキシャル層 4 0 を形成する方法と同様であってよい。

[0092] 以上により、炭化珪素単結晶基板 5 0 の上に、バッファ層 2 1 および炭化珪素エピタキシャル層 4 0 がこの順番で形成された炭化珪素基板 1 0 E を製造できる。

[0093] 以上に説明した炭化珪素基板 1 0 E の製造方法によれば、炭化珪素単結晶基板 5 0 の上に再結合促進層 1 9 を形成した後に、再結合促進層 1 9 へのイオン注入により、再結合促進層 1 9 の上面から離隔した位置に第 2 領域 1 9 b を形成する。第 2 領域 1 9 b の形成に伴って、再結合促進層 1 9 の第 2 領域 1 9 b の上に第 1 領域 1 9 a が形成される。第 2 領域 1 9 b の n 型不純物の実効濃度は、第 1 領域 1 9 a の n 型不純物の実効濃度よりも高い。この場

合、炭化珪素基板 10A、および炭化珪素基板 10A を有する炭化珪素半導体装置 100 と同様の効果が得られる。

[0094] また、炭化珪素基板 10E の製造方法によれば、炭化珪素単結晶基板 50 の上にバッファ層 21 を形成した後に、バッファ層 21 の上に再結合促進層 19 を形成する。この場合、炭化珪素単結晶基板 50 の上にエピタキシャル成長によりバッファ層 21 を成長させる際に、炭化珪素単結晶基板 50 内に存在する基底面転移が炭化珪素単結晶基板 50 とバッファ層 21 との界面で貫通刃状転移に転換されやすい。そのため、基底面転移がドリフト領域 11 に到達することを抑制できる。その結果、pn 接合に順方向通電を行った際にドリフト領域 11 に積層欠陥が拡大することが抑制され、結果としてオン電圧の上昇を抑制できる。

[0095] 図 7 を参照し、実施形態の第 6 例に係る炭化珪素基板 10F について説明する。図 7 は、実施形態の第 6 例に係る炭化珪素基板 10F を示す図である。図 7 において、左図に炭化珪素基板 10F の断面図を示し、右図に炭化珪素基板 10F の不純物濃度プロファイルを示す。

[0096] 炭化珪素基板 10F は、再結合促進層 19 が、第 3 領域 19c を有しておらず、第 1 領域 19a と、第 2 領域 19b とを有する構成において、炭化珪素基板 10E と異なる。炭化珪素基板 10F のその他の構成は、例えば炭化珪素基板 10E と同じである。以下、炭化珪素基板 10E と異なる構成を中心に説明する。

[0097] 再結合促進層 19 は、第 1 領域 19a と、第 2 領域 19b とを有する。第 1 領域 19a は、第 2 領域 19b の上に設けられている。第 1 領域 19a は、ドリフト領域 11 と接する。第 2 領域 19b は、炭化珪素単結晶基板 50 の上に設けられている。第 2 領域 19b は、再結合促進層 19 の上面から隔離した位置に設けられている。第 2 領域 19b は、炭化珪素単結晶基板 50 と接する。

[0098] 以上に説明した炭化珪素基板 10F、および炭化珪素基板 10F を有する炭化珪素半導体装置 100 によれば、再結合促進層 19 が、第 1 領域 19a

と、第2領域19bとを有する。第1領域19aは、第2領域19bの上に設けられている。第2領域19bのn型不純物の実効濃度は、第1領域19aのn型不純物の実効濃度よりも高い。この場合、炭化珪素基板10E、および炭化珪素基板10Eを有する炭化珪素半導体装置100と同様の効果が得られる。

[0099] 炭化珪素基板10Fは、例えば炭化珪素基板10Eと同様の方法で製造できる。炭化珪素基板10Fの製造方法によれば、炭化珪素基板10Eの製造方法と同様の効果が得られる。

[0100] 上記の各不純物領域におけるp型不純物の実効濃度およびn型不純物の実効濃度は、走査型静電容量顕微鏡（SCM：Scanning Capacitance Microscope）法または二次イオン質量分析（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）法などにより測定可能である。

[0101] 以上、実施形態について詳述したが、特定の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲に記載された範囲内において、種々の変形および変更が可能である。

## 符号の説明

- [0102] 1 第1主面  
2 第2主面  
3 側面  
4 底面  
5 ゲートトレンチ  
10 炭化珪素基板  
10A 炭化珪素基板  
10B 炭化珪素基板  
10C 炭化珪素基板  
10D 炭化珪素基板  
10E 炭化珪素基板  
10F 炭化珪素基板

- 1 1 ドリフト領域
- 1 2 ボディ領域
- 1 3 ソース領域
- 1 8 コンタクト領域
- 1 9 再結合促進層
  - 1 9 a 第1領域
  - 1 9 b 第2領域
  - 1 9 c 第3領域
- 2 0 バッファ層
  - 2 0 a 第4領域
  - 2 0 b 第5領域
  - 2 0 c 第6領域
- 2 1 バッファ層
- 4 0 炭化珪素エピタキシャル層
- 5 0 炭化珪素単結晶基板
- 6 0 ソース電極
- 6 1 コンタクト電極
- 6 2 ソース配線
- 7 0 ドレイン電極
- 8 1 ゲート絶縁膜
- 8 2 ゲート電極
- 8 3 層間絶縁膜
- 9 0 コンタクトホール
- 1 0 0 炭化珪素半導体装置

## 請求の範囲

- [請求項1] 第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、  
前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有する炭化珪素エピタキシャル層と、  
前記炭化珪素エピタキシャル層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、  
を有し、  
前記炭化珪素エピタキシャル層は、第1領域と、第2領域とを有し、  
、  
前記第1領域は、前記第2領域の上に位置し、  
前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、  
前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い、  
炭化珪素基板。
- [請求項2] 前記炭化珪素エピタキシャル層は、前記炭化珪素単結晶基板と前記第2領域との間に設けられる第3領域を有し、  
前記第3領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度と同じである、  
請求項1に記載の炭化珪素基板。
- [請求項3] 前記炭化珪素単結晶基板と前記炭化珪素エピタキシャル層との間に設けられ、前記第1導電型を有するバッファ層を有し、  
前記バッファ層の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低い、  
請求項1または請求項2に記載の炭化珪素基板。
- [請求項4] 第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、  
前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有するバッファ層と、

前記バッファ層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、

を有し、

前記バッファ層は、第4領域と、第5領域とを有し、

前記第4領域は、前記第5領域の上に位置し、

前記第4領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低く、

前記第5領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高い、

炭化珪素基板。

[請求項5] 前記バッファ層は、前記炭化珪素単結晶基板と前記第5領域との間に設けられる第6領域を有し、

前記第6領域の不純物濃度は、前記第4領域の不純物濃度と同じである、

請求項4に記載の炭化珪素基板。

[請求項6] 第1主面と、前記第1主面と反対の第2主面とを有する炭化珪素基板を備え、

前記炭化珪素基板は、

第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、

前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有する炭化珪素エピタキシャル層と、

前記炭化珪素エピタキシャル層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、

を有し、

前記炭化珪素エピタキシャル層は、第1領域と、第2領域とを有し、

前記第1領域は、前記第2領域の上に位置し、

前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃

度よりも高く、

前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い、

炭化珪素半導体装置。

[請求項7]

第1主面と、前記第1主面と反対の第2主面とを有する炭化珪素基板を備え、

前記炭化珪素基板は、

第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板と、

前記炭化珪素単結晶基板の上に設けられ、前記第1導電型を有するバッファ層と、

前記バッファ層の上に設けられ、前記第1導電型を有するドリフト層と、

を有し、

前記バッファ層は、第4領域と、第5領域とを有し、

前記第4領域は、前記第5領域の上に位置し、

前記第4領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低く、

前記第5領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高い、

炭化珪素半導体装置。

[請求項8]

第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板の上に、前記第1導電型を有し、前記炭化珪素単結晶基板よりも不純物濃度が高い炭化珪素エピタキシャル層を形成する工程と、

前記炭化珪素エピタキシャル層へのイオン注入により、前記炭化珪素エピタキシャル層の上面から離隔した位置に前記第1導電型を有する第2領域を形成する工程と、

前記第2領域を形成する工程の後、前記炭化珪素エピタキシャル層の上に、前記第1導電型を有するドリフト層を形成する工程と、

を有し、

前記第2領域の形成に伴って、前記炭化珪素エピタキシャル層の前記第2領域の上に第1領域が形成され、

前記第1領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高く、

前記第2領域の不純物濃度は、前記第1領域の不純物濃度よりも高い、

炭化珪素基板の製造方法。

[請求項9]

第1導電型を有する炭化珪素単結晶基板の上に、前記第1導電型を有し、前記炭化珪素単結晶基板よりも不純物濃度が低いバッファ層を形成する工程と、

前記バッファ層へのイオン注入により、前記バッファ層の上面から離隔した位置に前記第1導電型を有する第5領域を形成する工程と、

前記第5領域を形成する工程の後、前記バッファ層の上に、前記第1導電型を有するドリフト層を形成する工程と、

を有し、

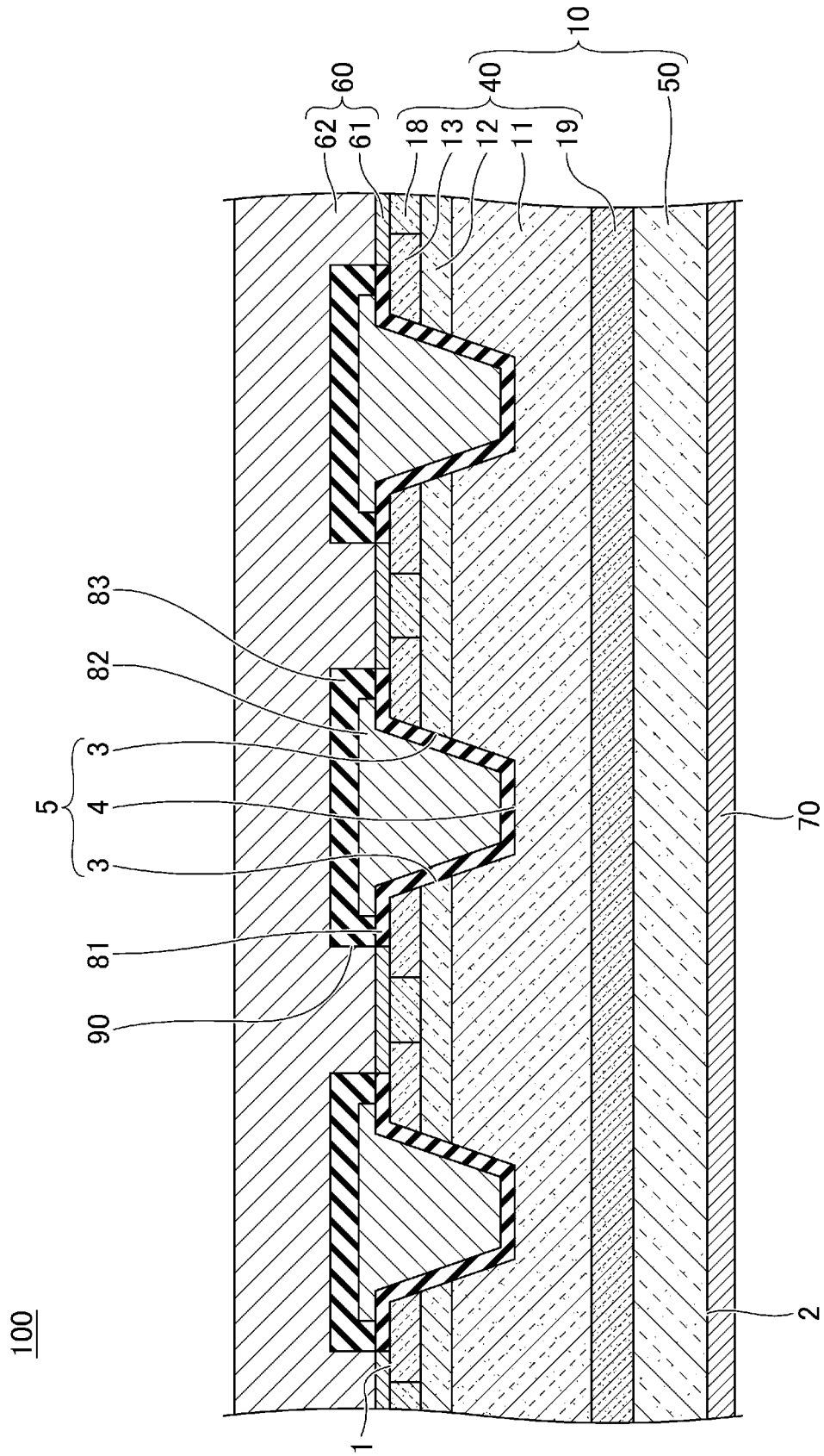
前記第5領域の形成に伴って、前記バッファ層の前記第5領域の上に第4領域が形成され、

前記第4領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも低く、

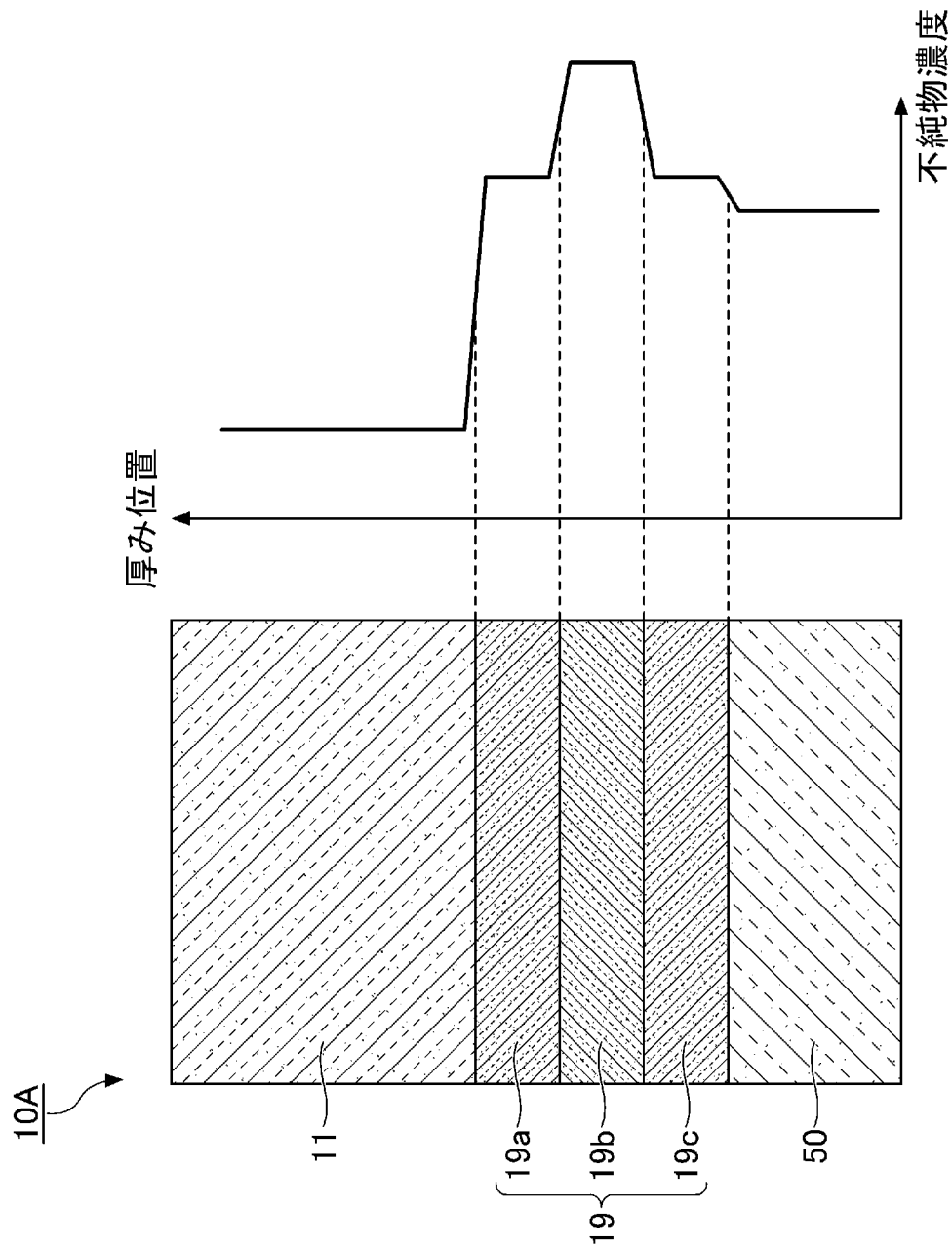
前記第5領域の不純物濃度は、前記炭化珪素単結晶基板の不純物濃度よりも高い、

炭化珪素基板の製造方法。

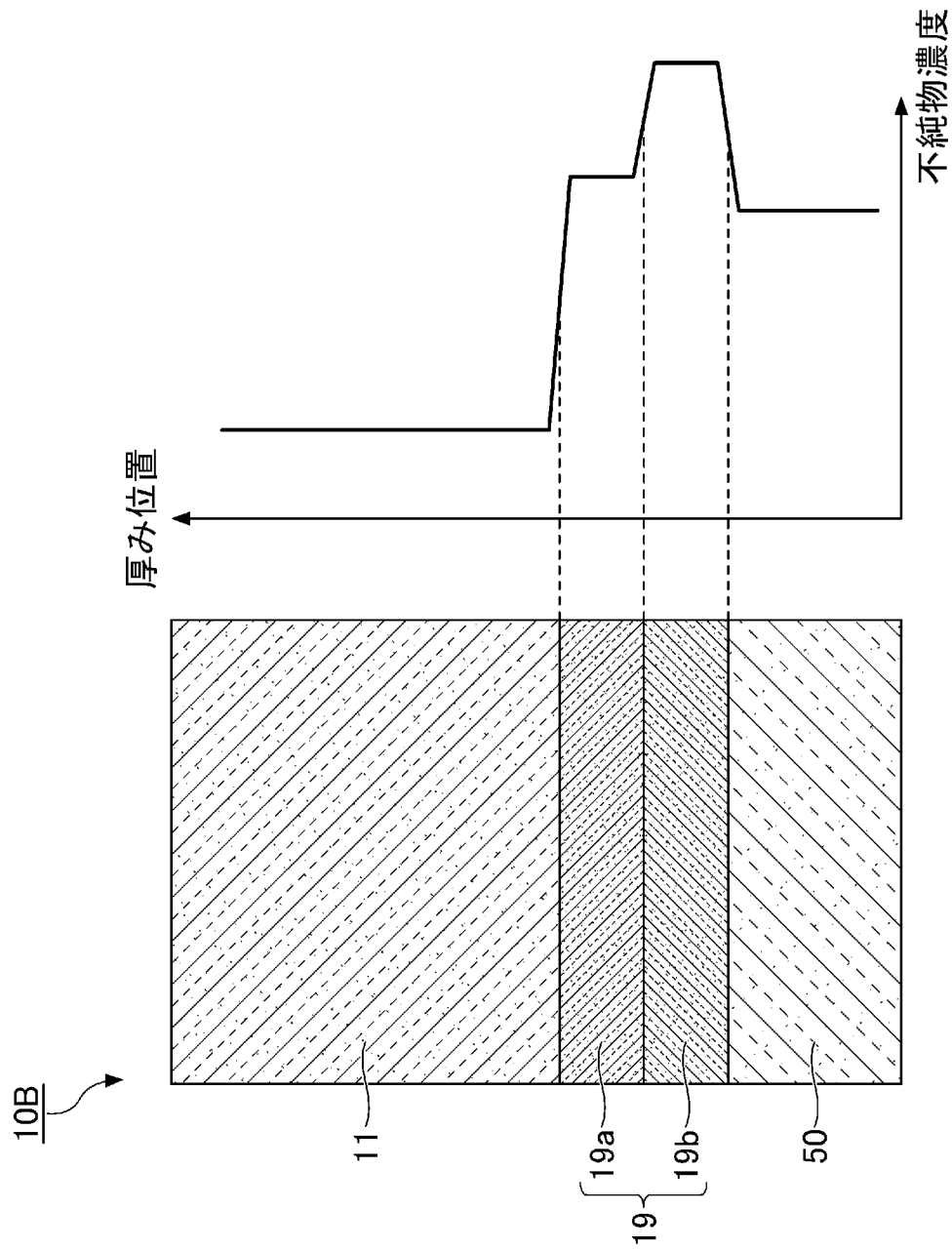
[図1]



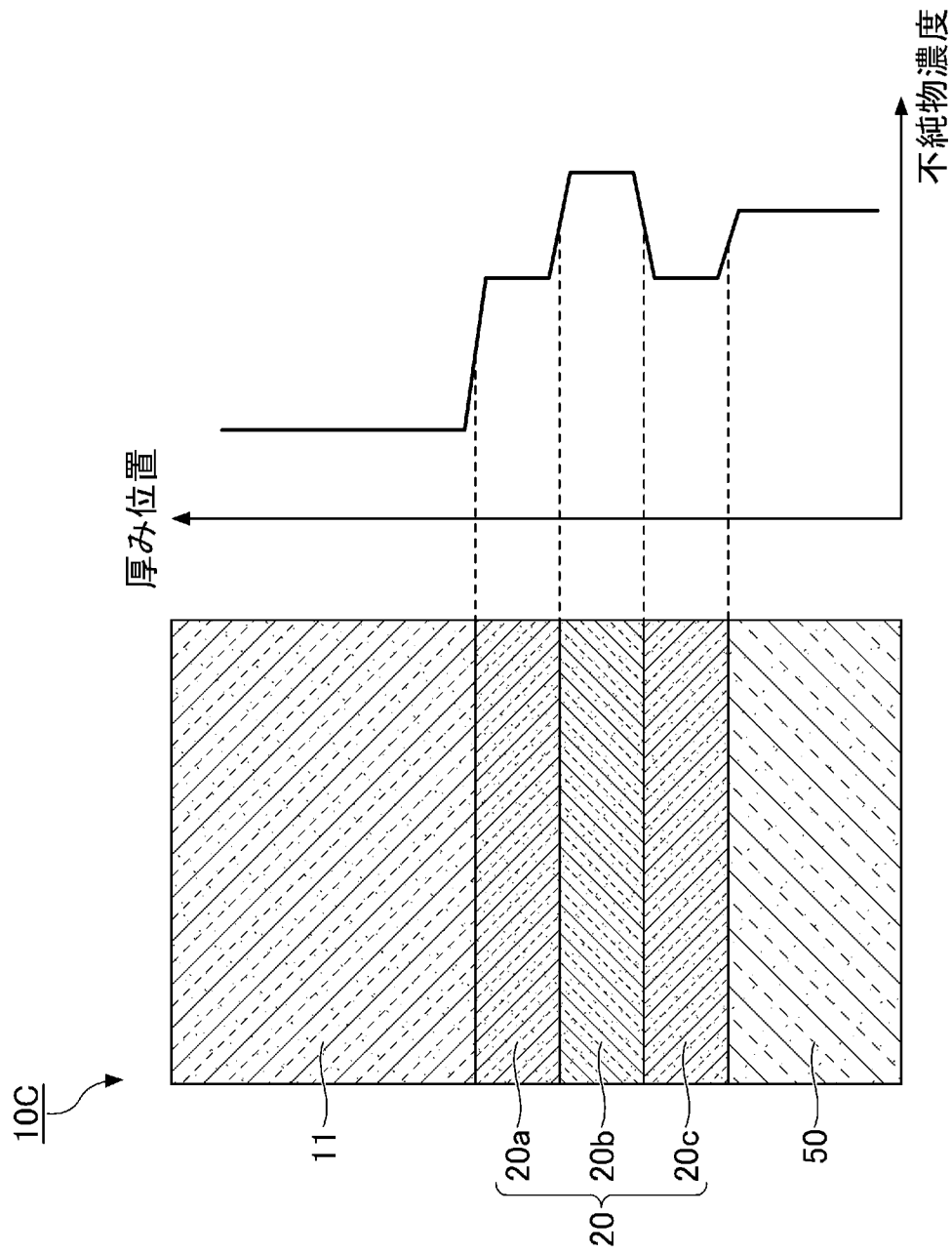
[図2]



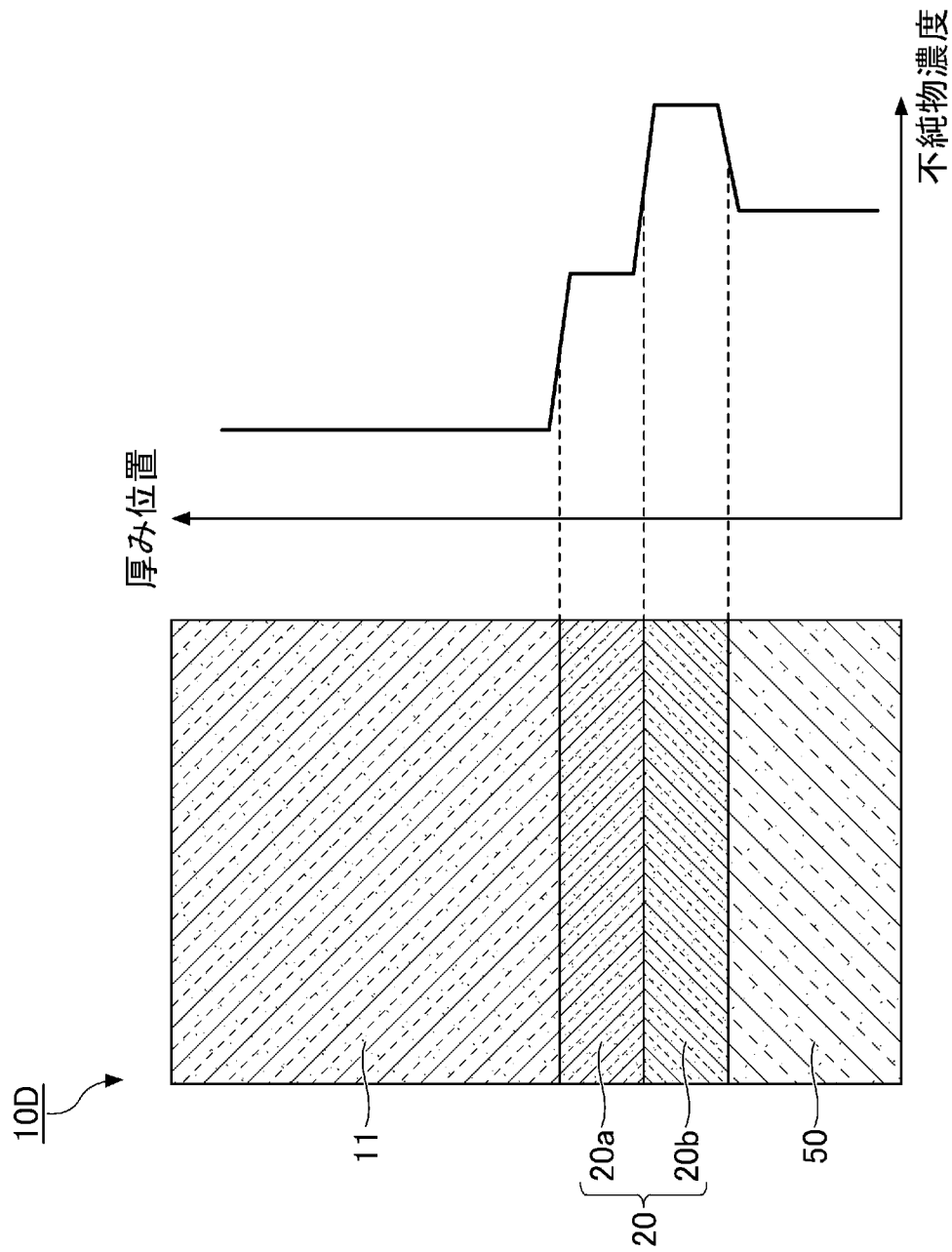
[図3]



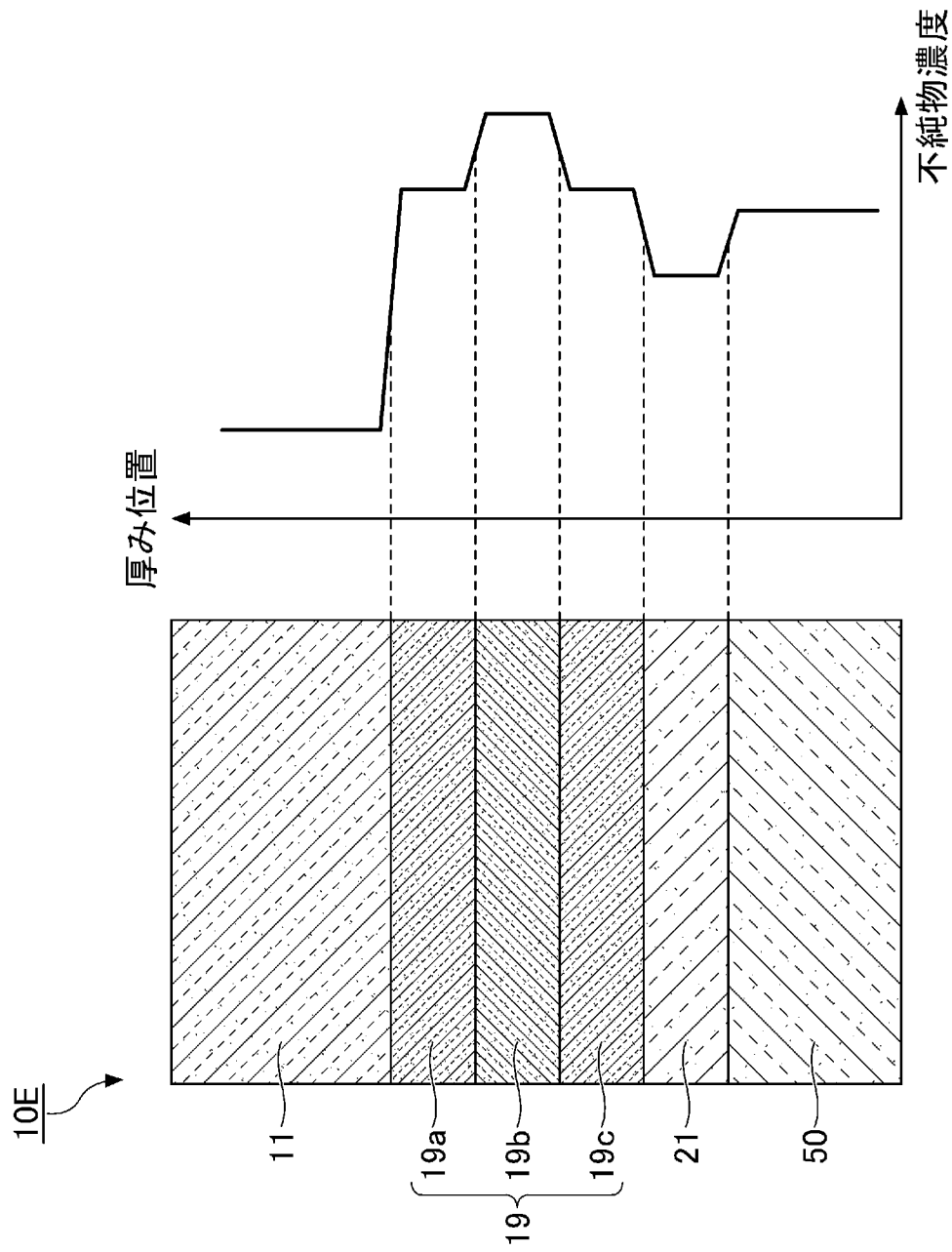
[図4]



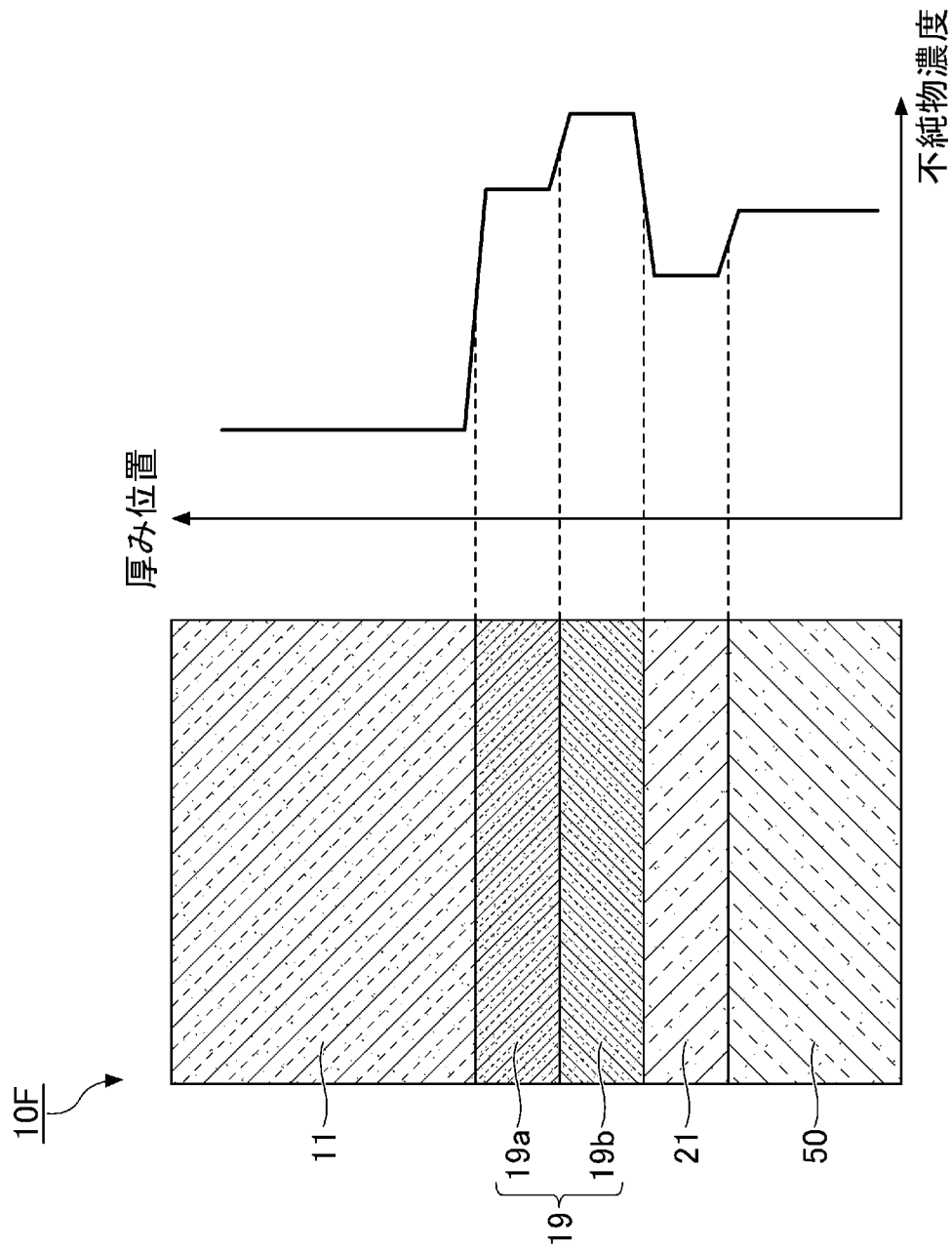
[図5]



[図6]



[図7]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/015148

|  |   |   |
|--|---|---|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>   |   |   |
| <i>H01L 29/78</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/20</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/265</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/322</i> (2006.01)i; <i>H01L 21/336</i> (2006.01)i; <i>H01L 29/12</i> (2006.01)i<br>FI: H01L29/78 652G; H01L29/78 652T; H01L29/78 653A; H01L29/78 658E; H01L29/78 658A; H01L21/265 Z; H01L21/20; H01L21/322 K   |   |   |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |   |   |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>  |   |   |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>H01L29/78; H01L21/20; H01L21/265; H01L21/322; H01L21/336; H01L29/12   |   |   |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Published examined utility model applications of Japan 1922-1996<br>Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024<br>Registered utility model specifications of Japan 1996-2024<br>Published registered utility model applications of Japan 1994-2024  |   |   |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)   |   |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |   |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                  | Relevant to claim No.   |
| X  | WO 2018/150861 A1 (HITACHI METALS LTD.) 23 August 2018 (2018-08-23)<br>paragraphs [0117], [0127]-[0129], fig. 14-15 | 1-2, 4-9  |
| A  |   | 3   |
| A  | WO 2017/094764 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 08 June 2017<br>(2017-06-08)                                    | 1-9   |
| A  | JP 2020-141109 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 03 September 2020<br>(2020-09-03)                                | 1-9   |
| A  | WO 2018/207394 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 15 November 2018<br>(2018-11-15)                                | 1-9   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.   |   |   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"D" document cited by the applicant in the international application<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |   |   |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>26 June 2024</b>   |   | Date of mailing of the international search report<br><b>16 July 2024</b> |
| Name and mailing address of the ISA/JP<br><b>Japan Patent Office (ISA/JP)<br/>3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915<br/>Japan</b>   |   | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                   |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

|   |
|---|
| International application No.<br><b>PCT/JP2024/015148</b> |
|---|

| Patent document cited in search report |             |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s)  | Publication date (day/month/year) |
|--|-------------|----|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| WO                                     | 2018/150861 | A1 | 23 August 2018                    | US 2020/0006066 A1<br>paragraphs [0142], [0152]-<br>[0155], fig. 14-15 |                                   |
|  |             |    |                                   | EP 3584822 A1  |                                   |
|  |             |    |                                   | CN 110301034 A   |                                   |
| -----                                  |             |    |                                   |  |                                   |
| WO                                     | 2017/094764 | A1 | 08 June 2017                      | US 2019/0040545 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | DE 112016004194 B4   |                                   |
|  |             |    |                                   | CN 108292686 A   |                                   |
| -----                                  |             |    |                                   |  |                                   |
| JP                                     | 2020-141109 | A  | 03 September 2020                 | US 2020/0279922 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | DE 102020202321 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | CN 111640649 A   |                                   |
| -----                                  |             |    |                                   |  |                                   |
| WO                                     | 2018/207394 | A1 | 15 November 2018                  | US 2020/0273970 A1   |                                   |
|  |             |    |                                   | DE 112017007524 T5   |                                   |
|  |             |    |                                   | CN 110582851 A   |                                   |
| -----                                  |             |    |                                   |  |                                   |

|   |  |                |
|---|--|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>H01L 29/78(2006.01)i; H01L 21/20(2006.01)i; H01L 21/265(2006.01)i; H01L 21/322(2006.01)i;<br>H01L 21/336(2006.01)i; H01L 29/12(2006.01)i<br>FI: H01L29/78 652G; H01L29/78 652T; H01L29/78 653A; H01L29/78 658E; H01L29/78 658A; H01L21/265 Z;<br>H01L21/20; H01L21/322 K |  |                |
| 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））<br>H01L29/78; H01L21/20; H01L21/265; H01L21/322; H01L21/336; H01L29/12   |  |                |
| 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<br>日本国公開実用新案公報 1971-2024年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2024年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2024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<br>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<br>請求項の番号 |
| X<br>A  | WO 2018/150861 A1（日立金属株式会社）23.08.2018（2018-08-23）<br>[0117],[0127]-[0129], 図14-15  | 1-2, 4-9<br>3  |
| A   | WO 2017/094764 A1（三菱電機株式会社）08.06.2017（2017-06-08）  | 1-9            |
| A   | JP 2020-141109 A（三菱電機株式会社）03.09.2020（2020-09-03）   | 1-9            |
| A   | WO 2018/207394 A1（三菱電機株式会社）15.11.2018（2018-11-15）  | 1-9            |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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<br>“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<br>“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献<br>“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<br>公表されたもの<br>“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<br>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<br>付す）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>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抵<br>触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引<br>用するもの<br>“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<br>又は進歩性がないと考えられるもの<br>“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<br>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<br>いと考えられるもの<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                |
| 国際調査を完了した日<br>26.06.2024  | 国際調査報告の発送日<br>16.07.2024   |                |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号  | 権限のある職員（特許庁審査官）<br>戸川 匠 5F 2576<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3514   |                |

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/015148

| 引用文献  |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献 |                                   |    | 公表日 |
|-------|-------------|----|------------|-------------|-----------------------------------|----|-----|
| WO    | 2018/150861 | A1 | 23.08.2018 | US          | 2020/0006066                      | A1 |     |
|       |             |    |            |             | [0142], [0152]-[0155], 図<br>14-15 |    |     |
|       |             |    |            | EP          | 3584822                           | A1 |     |
|       |             |    |            | CN          | 110301034                         | A  |     |
| ----- |             |    |            |             |                                   |    |     |
| WO    | 2017/094764 | A1 | 08.06.2017 | US          | 2019/0040545                      | A1 |     |
|       |             |    |            | DE          | 112016004194                      | B4 |     |
|       |             |    |            | CN          | 108292686                         | A  |     |
| ----- |             |    |            |             |                                   |    |     |
| JP    | 2020-141109 | A  | 03.09.2020 | US          | 2020/0279922                      | A1 |     |
|       |             |    |            | DE          | 102020202321                      | A1 |     |
|       |             |    |            | CN          | 111640649                         | A  |     |
| ----- |             |    |            |             |                                   |    |     |
| WO    | 2018/207394 | A1 | 15.11.2018 | US          | 2020/0273970                      | A1 |     |
|       |             |    |            | DE          | 112017007524                      | T5 |     |
|       |             |    |            | CN          | 110582851                         | A  |     |
| ----- |             |    |            |             |                                   |    |     |