

(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
2018年5月24日(24.05.2018)



(10) 国際公開番号

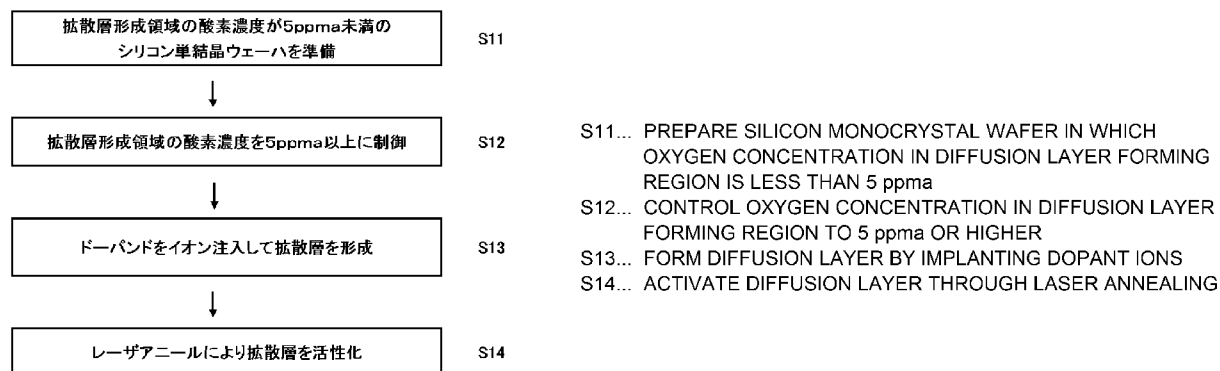
WO 2018/092401 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/265 (2006.01) H01L 21/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/033536
- (22) 国際出願日: 2017年9月15日(15.09.2017)
- (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 2016-222249 2016年11月15日(15.11.2016) JP
- (71) 出願人: 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 克佳 (SUZUKI Katsuyoshi); 〒3790196 群馬県安中市磯部2丁目1番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 好宮 幹夫, 外 (YOSHIMIYA Mikio et al.); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号 第一下谷ビル8F 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: DEVICE FORMING METHOD

(54) 発明の名称: デバイス形成方法

[図1]



(57) Abstract: The present invention provides a device forming method in which a diffusion layer is formed by implanting dopant ions to a silicon monocrystal substrate and the diffusion layer is activated through laser annealing, the method being characterized by executing a step for controlling, when the used silicon monocrystal substrate has an oxygen concentration of less than 5 ppma in a diffusion layer forming region, the oxygen concentration in the diffusion layer forming region to 5 ppma or greater before the diffusion layer is activated through the laser annealing. Thus, provided is a device forming method that can improve the degree of dopant activation through simple laser annealing even when the oxygen concentration in the diffusion layer forming region is low.

[続葉有]

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, 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)）

(57) 要約：本発明は、シリコン単結晶基板にドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、前記シリコン単結晶基板として前記拡散層形成領域の酸素濃度が5 ppm未満のものを用いる場合に、レーザアニールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法である。これにより、拡散層形成領域の酸素濃度が低い場合であっても、簡便にレーザアニールによるドーパントの活性化度合い向上させることができるデバイス形成方法が提供される。

明 細 書

発明の名称： デバイス形成方法

技術分野

[0001] 本発明は、レーザアニールによるドーパントの電気的な活性化を行う工程を含むデバイス製造工程で用いられるデバイス形成方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程においては、例えば、ソース・ドレイン領域の拡散層を形成するために、ドーパントをイオン注入後、イオン注入により生じた欠陥回復とドーパントの電気的な活性化（抵抗を下げる）のためにアニールが行われている。一方で、このアニールにより、イオン注入された原子は拡散し、拡散層が広がるという問題がある。近年の微細化の進展に伴い、拡散層は50nm以下と浅くする必要がある。このため、従来用いられてきたファーストアニール、RTA（Rapid Thermal Anneal）では熱処理時間が長く、拡散層が広がってしまうため、非常に短時間で高エネルギーを照射するアニール方法が採用されている。

[0003] このアニールの方法として、キセノン等の希ガスを封入したフラッシュランプを用いて、0.1～100msecのパルス光を照射して加熱するフラッシュランプアニール法が採用されている。さらに最近では、より加熱時間を短くできる、パルスレーザを10～1000nsec間照射し加熱するレーザアニール法が検討されている。

[0004] また、パワーデバイスIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）および裏面照射型撮像素子の裏面にイオン注入された不純物を活性化する工程においては、表面側のデバイス層の熱的損傷を避けるために、熱処理時間が短く裏面側のみを選択的に加熱できるレーザアニールが使用される場合がある（例えば特許文献1、非特許文献1）。

[0005] レーザアニール法では、レーザを照射し溶融した部分を形成し、溶融して

いない部分を種結晶としたエピタキシャル成長により、ドーパントを活性化することができる（例えば非特許文献１）。また、活性化度合いを高めるために、パルス幅の異なるレーザを組み合わせる活性化する方法（例えば特許文献２）や波長の異なるレーザを組み合わせる活性化する方法（例えば特許文献３）が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開２０１０－１７１０５７号公報

特許文献２：特開２０１６－０９６２８０号公報

特許文献３：WO 2007/015388号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献１：K. Huet, et. al., 2011 INTERNATIONAL IMAGE SENSOR WORKSHOP R12 (2011)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上記の従来技術では、注入したドーパントの活性化度合いを高めるために装置構成が複雑になるという問題点があった。発明者がさらに検討した結果、特に、拡散層形成領域の酸素濃度が低い場合には、注入したドーパントの活性化度合いが低く、拡散層の層抵抗を十分低くできないという問題があり、CZシリコン単結晶基板を用いた場合であっても、IG処理等を行ったものでは表面領域に酸素濃度の低いDZ層が形成され、拡散層形成領域の酸素濃度が低くなっていることが判明した。

[0009] 本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、拡散層形成領域の酸素濃度が低い場合であっても、簡便にレーザアニールによるドーパントの活性化度合いを向上させることができるデバイス形成方法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

- [0010] 上記目的を達成するために、本発明は、シリコン単結晶基板にドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、前記シリコン単結晶基板として前記拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a未満のものを用いる場合に、レーザアニールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法を提供する。
- [0011] このように、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量よりも酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。
- [0012] このとき、前記シリコン単結晶基板として、F Zシリコン単結晶基板、M C Zシリコン単結晶基板、I G処理が施され表面領域にD Z層が形成されているC Zシリコン単結晶基板のいずれかを用いることができる。
- [0013] 拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a未満のシリコン単結晶基板として、上記の基板を好適に用いることができる。
- [0014] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、前記シリコン単結晶基板を酸素雰囲気中で熱処理することにより、前記拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることができる。
- [0015] このような方法を用いれば、基板の表面側および裏面側の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 p p m a以上に制御することができる。
- [0016] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、前記シリコン単結晶基板に酸素を含むイオンを注入することにより、前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上とすることができる。
- [0017] このような方法を用いれば、基板面内の所定の領域の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 p p m a以上に制御することができる。
- [0018] また、本発明は、シリコン単結晶基板にエピタキシャル層を形成したエピタキシャルウェーハにドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、レーザアニ

ールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法を提供する。

[0019] このように、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量よりも酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。また、ポリッシュウェーハよりも欠陥が少ない高品質であるが、エピタキシャル層にほとんど酸素を含有しないエピタキシャルウェーハを用いてデバイスを形成する場合に本発明のデバイス形成方法を好適に適用できる。

[0020] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、酸素濃度が 5 p p m a 以上のシリコン単結晶基板を用い、エピタキシャル層形成工程において、該シリコン単結晶基板から前記拡散層形成領域に酸素を外方拡散させることができる。

[0021] このような方法を用いれば、エピタキシャル層に容易に酸素を導入することができる。

[0022] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、酸素濃度が 5 p p m a 以上のシリコン単結晶基板を用い、エピタキシャル層形成後に、前記エピタキシャルウェーハを非酸化性雰囲気中で熱処理することにより、該シリコン単結晶基板から前記拡散層形成領域に酸素を外方拡散させることができる。

[0023] このような方法を用いれば、エピタキシャル層形成後であってレーザアニール前の任意のタイミングでエピタキシャル層に酸素を導入することができる。

[0024] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成後に、前記エピタキシャルウェーハを酸素雰囲気中で熱処理することにより、前記拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることができる。

[0025] このような方法を用いれば、表面側の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を 5

p p m a 以上に制御することができる。

[0026] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成後に、前記エピタキシャルウェーハのエピタキシャル層に酸素を含むイオンを注入することができる。

[0027] このような方法を用いれば、ウェーハ面内の所定の領域の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御することができる。

[0028] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成工程において、前記エピタキシャル層に酸素をドーピングすることができる。

[0029] このような方法を用いれば、エピタキシャル層の酸素の分布を均一にすることができる。

[0030] また、本発明は、S O I 基板にドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、前記 S O I 基板として酸素濃度が 5 p p m a 未満の S O I 層を有するものを用いる場合に、レーザアニールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法を提供する。

[0031] このように、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量よりも酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。また、低酸素濃度の S O I 層を有する S O I 基板を用いてデバイスを形成する場合に本発明のデバイス形成方法を好適に適用できる。

[0032] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、前記 S O I 基板を酸素雰囲気中で熱処理することにより、前記拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることができる。

[0033] このような方法を用いれば、表面側の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御することができる。

[0034] このとき、前記拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方

法として、前記SOI基板のSOI層に酸素を含むイオンを注入することができる。

[0035] このような方法を用いれば、基板面内の所定の領域の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 ppm以上を制御することができる。

[0036] 前記ドーパントはボロン、アルミニウム、ガリウム、リン、砒素、アンチモンのいずれか一つの元素を含むことができる。

[0037] このようなドーパントであれば、シリコンからなる拡散層形成領域に確実にp型領域またはn型領域を形成することができる。

[0038] このとき、前記ドーパントのイオン注入は、ドーズ量を 1×10^{12} atoms/cm²以上とすることが好ましい。

[0039] このようなドーズ量であれば、拡散層形成領域とその直下の領域との間に確実にpn接合を形成することができる。

[0040] 前記レーザアニールは、波長308 nmのエキシマレーザを用いることが好ましい。

[0041] このように波長308 nmのエキシマレーザを用いれば、光の侵入長が10 nmであるため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0042] このとき、前記レーザアニールは、レーザのエネルギーをシリコン単結晶を溶解するエネルギーよりも大きくして行うことが好ましい。

[0043] シリコン単結晶を溶解させることでドーパントが置換位置に入り易くなり、活性化度合いをより効果的に高めることができる。

[0044] このとき、前記レーザアニールは、レーザの照射時間を10～1000 nsとすることが好ましい。

[0045] このような照射時間であれば、照射時間が短いため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

発明の効果

[0046] 以上のように、本発明のデバイス形成方法によれば、例え低酸素濃度で高品質のシリコン単結晶基板を用いたとしても、拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上を制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量より

も酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0047] [図1]本発明の第1実施形態のデバイス形成方法を示したフロー図である。

[図2]本発明の第2実施形態のデバイス形成方法を示したフロー図である。

[図3]本発明の第3実施形態のデバイス形成方法を示したフロー図である。

[図4]実験例1と実験例2におけるシート抵抗測定結果を示したグラフである。

[図5]実験例3において、ポリッシュトウェーハの酸素濃度とシート抵抗の関係を示したグラフである。

[図6]実施例1と比較例1において、エピタキシャルウェーハに酸素イオンを注入した場合の拡散層形成領域における酸素濃度とシート抵抗の関係を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0048] 前述のように、従来技術では、パルス幅の異なるレーザを組み合わせる方法や波長の異なるレーザを組み合わせる方法のようなレーザ照射条件を工夫することでドーパントの活性化度合いを高めていた。しかし、装置の構成を大幅に変更しなければならないという問題点があった。本発明者が検討した結果、特に、拡散層形成領域の酸素濃度が低い場合には、注入したドーパントの活性化度合いが低く、拡散層の層抵抗を十分低くできないという問題点があり、CZシリコン単結晶基板を用いた場合であっても、IG処理等を行ったものでは表面領域に酸素濃度の低いDZ層が形成され、拡散層形成領域の酸素濃度が低くなっていることが判明した。特に、ほとんど酸素を含有しないエピタキシャル層を有するエピタキシャルウェーハや、外方拡散によりほとんど酸素を含有しないSOI層を有するSOI基板で、これらは顕著であった。

[0049] そこで、本発明者は、拡散層形成領域の酸素濃度が低い場合であっても、装置構成を変更することなく簡便に活性化度合いを向上させる方法について

鋭意検討を重ねた。

[0050] その結果、本発明者は、拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a未満のものを用いる場合に、レーザアニールを施す前に、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上にすることで、ドーパントの活性化度合いを向上させることが出来ることを見出し、本発明を完成させた。

[0051] 以下、本発明について、実施態様の一例として、図を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0052] まず、本発明の第1実施形態のデバイス形成方法について図1を参照しながら説明する。

[0053] 拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a未満のシリコン単結晶基板を準備する（図1のS11参照）。

[0054] 拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a未満のシリコン単結晶基板として、FZシリコン単結晶基板、MCZシリコン単結晶基板、IG処理が施され表面領域にDZ層が形成されているCZシリコン単結晶基板のいずれかを用いることができる。

拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a未満のシリコン単結晶基板として、上記の基板を好適に用いることができる。

[0055] 次に、準備したシリコン単結晶基板の拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する（図1のS12参照）。拡散層形成領域の酸素濃度の上限は特に限定されないが、例えば、18 p p m a以下とすることができる。これは酸素濃度が高すぎて酸素析出過多になり、スリップが発生しやすくなるのを防止できるからである。

[0056] 拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、酸素雰囲気での熱処理することにより、拡散層形成領域に酸素を内方拡散させてデバイスを形成することができる。

このような方法を用いれば、表面側および裏面側の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 p p m a以上に制御することができる。

[0057] 酸素雰囲気での熱処理の温度は、1100℃以上とすることが望ましい。

このような熱処理温度にすれば、酸素の固溶度は5 p p m a以上となり、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御することができる。拡散層形成領域でのシリコンの温度が融点以上であっても、シリコン単結晶基板の保持部を融点以下に保持することで拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上になるように酸素を導入してもよい。

酸素雰囲気での熱処理時間は、拡散層を形成する深さにより変えることができる。RTA (Rapid Thermal Anneal) で処理する場合には、0.1秒以上とすることが望ましい。FA (Furnace Anneal) で処理する場合には1分以上とすることが望ましい。

[0058] 酸素雰囲気で加熱後に外周（シリコン単結晶基板の表面）についた酸化膜をフッ酸により除去してから、拡散層を形成しても本発明の効果が得られる。

[0059] また、酸素雰囲気での熱処理後の降温過程で酸素が外方拡散し、表面側及び裏面側の酸素濃度が5 p p m a未満となった場合には、表面側または裏面側を研磨して、表面側または裏面側の酸素濃度を5 p p m a以上とし、後述する拡散層を形成しても本発明の効果をすることができる。

[0060] また、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、酸素を含むイオンを注入することにより、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上とすることもできる。

このような方法を用いれば、基板面内の所定の領域の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 p p m a以上に制御することができる。

[0061] 注入するイオンは酸素イオンでもよいし、酸素を含むクラスターイオンを注入してもよい。

イオン注入のエネルギーは拡散層形成領域の形成深さによって変えればよく、特に限定されない。例えば酸素イオンを用いる場合には0.5 k e V ~ 3 M e V とすることができるし、酸素を含むクラスターイオンを用いる場合には3 ~ 100 k e V / c l u s t e r とすることができる。

イオン注入のドーズ量はエネルギーにより変化するが、 1×10^{11} a t o

ms / cm^2 以上とすることで、 5 ppm a 以上の酸素を導入することができる。また、イオン注入のドーズ量を $2 \times 10^{14} \text{ atoms} / \text{cm}^2$ 以下とすることで、イオン注入に要する時間が長くなりすぎることがないため、効率的である。

[0062] 酸素を含むイオンの注入によるダメージ回復の熱処理を行わずに、後述するドーパントのイオン注入をして拡散層を形成することができるし、酸素を含むイオン注入によるダメージを回復させるために熱処理を行ってから、後述するドーパントのイオン注入をして拡散層の形成を行うこともできる。

[0063] 次に、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 ppm a 以上に制御したシリコン単結晶基板にドーパントをイオン注入して拡散層を形成する（図1のS13参照）。

[0064] イオン注入するドーパントはボロン、アルミニウム、ガリウム、リン、砒素、アンチモンのいずれか一つの元素を含む原子及び分子とすることができる。分子としては、例えば、 BF_2 、 B_xH_y （ x 、 y は数字）を用いることができる。このような原子及び分子であれば、シリコンからなる拡散層形成領域に確実にp型領域またはn型領域を形成することができる。

[0065] ドーパントのイオン注入は、ドーズ量を $1 \times 10^{12} \text{ atoms} / \text{cm}^2$ 以上とすることが好ましい。

このようなドーズ量であれば、拡散層形成領域とその直下の領域との間に確実にpn接合を形成することができる。

[0066] 次に、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成したシリコン単結晶基板において、レーザアニールにより拡散層を活性化する（図1のS14参照）。

[0067] レーザアニールは、波長 308 nm のエキシマレーザを用いることが好ましい。

このように波長 308 nm のエキシマレーザを用いれば、光の侵入長が 10 nm であるため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0068] レーザアニールは、レーザのエネルギーをシリコン単結晶を溶解するエネ

ルギーよりも大きくして行うことが好ましい。

シリコン単結晶を溶解させなくてもドーパントは活性化するが、シリコン単結晶を溶解させることでドーパントが置換位置に入り易くなり、活性化度合いをより効果的に高めることができる。

[0069] レーザアニールは、レーザの照射時間を10～1000nsecとすることが好ましい。

このような照射時間であれば、照射時間が短いため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0070] 上記で説明した本発明の第1実施形態のデバイス形成方法によれば、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量よりも酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。

[0071] なお、上記では、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する工程（図1のS12）を、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成する工程（図1のS13）よりも前に行う場合について説明したが、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する工程は、レーザアニールにより拡散層を活性化する工程（図1のS14）より前にあればよく、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する工程をドーパントをイオン注入して拡散層を形成する工程より後に行ってもよい。例えば、酸素を含むイオンの注入はドーパントのイオン注入前に行ってもよいし、ドーパントのイオン注入後に行うこともできる。

[0072] 次に、本発明の第2実施形態のデバイス形成方法について図2を参照しながら説明する。

[0073] まず、シリコン単結晶基板を準備する（図2のS21参照）。

[0074] 次に、準備したシリコン単結晶基板にエピタキシャル層を形成しエピタキシャルウェーハを形成し、エピタキシャルウェーハの拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する（図2のS22参照）。拡散層形成領域の酸素濃度の上限は特に限定されないが、例えば、18ppma以下とするこ

とができる。これは酸素濃度が高すぎて酸素析出過多になり、スリップが発生しやすくなるのを防止できるからである。

[0075] 拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、酸素濃度が 5 p p m a 以上のシリコン単結晶基板を用い、エピタキシャル層形成工程において、シリコン単結晶基板から拡散層形成領域に酸素を外方拡散させることができる。

このような方法を用いれば、エピタキシャル層に容易に酸素を導入することができる。

また、エピタキシャル成長後に研磨を行ってもよい。これにより、基板から酸素が拡散して 5 p p m a 以上になった領域をエピタキシャル層の表面側にして拡散層形成領域を 5 p p m a 以上にすることができる。

[0076] また、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、酸素濃度が 5 p p m a 以上のシリコン単結晶基板を用い、エピタキシャル層形成後に、エピタキシャルウェーハを非酸化性雰囲気中で熱処理することにより、シリコン単結晶基板から拡散層形成領域に酸素を外方拡散させることができる。

このような方法を用いれば、エピタキシャル層形成後であって後述するレーザアニールの前の任意のタイミングでエピタキシャル層に酸素を導入することができる。

ここで、熱処理時間を短くするために、熱処理温度を 1 0 0 0 °C 以上とすることが望ましい。また、熱処理時間は 3 0 秒よりも長くすることが望ましい。

前述と同様に、シリコン単結晶基板から酸素を外方拡散させた後に、研磨を行ってもよい。

[0077] 拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成後に、エピタキシャルウェーハを酸素雰囲気中で熱処理することにより、拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることができる。

このような方法を用いれば、表面側の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を 5

p p m a 以上に制御することができる。

ここで酸素雰囲気での熱処理の温度は、1100℃以上とすることが望ましい。このような熱処理温度にすれば、酸素の固溶度は5 p p m a 以上となり、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御することができる。拡散層形成領域でのシリコンの温度が融点以上であっても、シリコン単結晶基板の保持部を融点以下に保持することで拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上になるように酸素を導入してもよい。

酸素雰囲気での熱処理時間は、拡散層を形成する深さにより変えることができる。RTA (Rapid Thermal Anneal) で処理する場合には、0.1秒以上とすることが望ましい。FA (Furnace Anneal) で処理する場合には1分以上とすることが望ましい。

[0078] 酸素雰囲気で加熱後に外周（シリコン単結晶基板の表面）についた酸化膜をフッ酸により除去してから、後述する拡散層の形成を行っても本発明の効果が得られる。

[0079] また、酸素雰囲気での熱処理後の降温過程で酸素が外方拡散し、表面側の酸素濃度が5 p p m a 未満となった場合には、表面を研磨して、表面側に酸素濃度が5 p p m a 以上の部分を露出させ、後述する拡散層の形成を行っても本発明の効果を得ることができる。

[0080] このとき、拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成後に、エピタキシャルウェーハのエピタキシャル層に酸素を含むイオンを注入することができる。このような方法を用いれば、ウェーハ面内の所定の領域の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 p p m a 以上に制御することができる。

[0081] 注入するイオンは酸素イオンでもよいし、酸素を含むクラスターイオンを注入してもよい。

イオン注入のエネルギーは拡散層形成領域の形成深さによって変えればよく、特に限定されない。例えば酸素の場合には0.5 keV～3 MeVとすることができるし、クラスターイオンを用いる場合には3～100 keV／

clusterとすることができる。

イオン注入のドーズ量はエネルギーにより変化するが、 $1 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^2$ 以上とすることで、5 ppm以上酸素を導入することができる。また、イオン注入のドーズ量を $2 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$ 以下とすることで、イオン注入に要する時間が長くなりすぎることがないため、効率的である。

[0082] 酸素を含むイオン注入によるダメージ回復の熱処理を行わずに、後述するドーパントのイオン注入をして拡散層を形成することができるし、酸素を含むイオン注入によるダメージを回復させるために熱処理を行ってから、後述するドーパントのイオン注入をして拡散層の形成を行うこともできる。

[0083] 拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成工程において、エピタキシャル層に酸素をドーピングすることができる。このような方法を用いれば、エピタキシャル層の酸素の分布を均一にすることができる。これは、エピタキシャル層を気相成長中に酸素を含むガスを成長ガス中に混入させることによって実施できる。

[0084] 次に、拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御したシリコンエピタキシャルウェーハにドーパントをイオン注入して拡散層を形成する（図2のS23参照）。

[0085] 注入するドーパントはボロン、アルミニウム、ガリウム、リン、砒素、アンチモンのいずれか一つの元素を含む原子及び分子とすることができる。分子としては、例えば、 BF_2 、 B_xH_y （ x 、 y は数字）を用いることができる。このような原子及び分子であれば、シリコンからなる拡散層形成領域に確実にp型領域またはn型領域を形成することができる。

[0086] ドーパントのイオン注入は、ドーズ量を $1 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^2$ 以上とすることが好ましい。

このようなドーズ量であれば、拡散層形成領域とその直下の領域との間に確実にpn接合を形成することができる。

[0087] 次に、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成したシリコンエピタキシ

ャルウェーハにおいて、レーザアニールにより拡散層を活性化する（図2のS24参照）。

[0088] レーザアニールは、波長308nmのエキシマレーザを用いることが好ましい。

このように波長308nmのエキシマレーザを用いれば、光の侵入長が10nmであるため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0089] レーザアニールは、レーザのエネルギーをシリコン単結晶を溶解するエネルギーよりも大きくして行うことが好ましい。

シリコン単結晶を溶解させなくてもドーパントは活性化するが、シリコン単結晶を溶解させることでドーパントが置換位置に入り易くなり、活性化度合いをより効果的に高めることができる。

[0090] レーザアニールは、レーザの照射時間を10～1000nsecとすることが好ましい。

このような照射時間であれば、照射時間が短いため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0091] 上記で説明した本発明の第2実施形態のデバイス形成方法によれば、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量よりも酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。また、ポリッシュトウェーハよりも欠陥が少ない高品質なエピタキシャルウェーハを用いてデバイスを形成する場合に本発明の第2実施形態のデバイス形成方法を好適に適用できる。

[0092] なお、上記では、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する工程を、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成する工程（図2のS23）よりも前に行う場合について説明したが、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する工程は、レーザアニールにより拡散層を活性化する工程（図2のS24）より前にあればよく、拡散層形成領域の酸素濃度を5ppma以上に制御する工程を、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成

する工程より後に行ってもよい。例えば、酸素を含むイオンの注入はドーパントのイオン注入前に行ってもよいし、ドーパントのイオン注入後に行うこともできる。

[0093] 次に、本発明の第3実施形態のデバイス形成方法について図3を参照しながら説明する。

[0094] まず、酸素濃度が5 ppm未満のSOI層を有するSOI基板を準備する（図3のS31参照）。

[0095] 次に、準備したSOI基板の拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御する（図3のS32参照）。拡散層形成領域の酸素濃度の上限は特に限定されないが、例えば、18 ppm以下とすることができる。これは酸素濃度が高すぎて酸素析出過多になり、スリップが発生しやすくなるのを防止できるからである。

[0096] このとき、拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御する方法として、SOI基板を酸素雰囲気中で熱処理することにより、拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることができる。このような方法を用いれば、表面側の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を5 ppm以上に制御することができる。

[0097] ここで、酸素雰囲気での熱処理の温度は、1100℃以上とすることが望ましい。このような熱処理温度にすれば、酸素の固溶度は5 ppm以上となり、拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御することができる。拡散層形成領域でのシリコンの温度が融点以上であっても、シリコン単結晶基板の保持部を融点以下に保持することで拡散層形成領域の酸素濃度が5 ppm以上になるように酸素を導入してもよい。

酸素雰囲気での熱処理時間は、拡散層を形成する深さにより変えることができる。RTA（Rapid Thermal Anneal）で処理する場合には、0.1秒以上とすることが望ましい。FA（Furnace Anneal）で処理する場合には1分以上とすることが望ましい。

[0098] 酸素雰囲気中で加熱後に外周（SOI基板の表面）についた酸化膜をフッ酸により除去してから、後述する拡散層の形成を行っても本発明の効果が得ら

れる。

[0099] このとき、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する方法として、S O I 基板の S O I 層に酸素を含むイオンを注入することができる。

このような方法を用いれば、基板面内の所定の領域の拡散層形成領域でのみ酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御することができる。

[0100] 注入するイオンは酸素イオンでもよいし、酸素を含むクラスターイオンを注入してもよい。

イオン注入のエネルギーは拡散層形成領域の形成深さによって変えればよく、特に限定されない。例えば酸素イオンを用いる場合には 0.5 k e V ~ 3 M e V とすることができるし、酸素を含むクラスターイオンを用いる場合には 3 ~ 100 k e V / c l u s t e r とすることができる。

イオン注入のドーズ量はエネルギーにより変化するが、 $1 \times 10^{11} \text{ atoms / cm}^2$ 以上とすることで、5 p p m a 以上の酸素を導入することができる。また、イオン注入のドーズ量を $2 \times 10^{14} \text{ atoms / cm}^2$ 以下とすることで、イオン注入に要する時間が長くなりすぎることがないため、効率的である。

[0101] 酸素を含むイオンの注入によるダメージ回復の熱処理を行わずに、後述するドーパントのイオン注入をして拡散層を形成することができるし、酸素を含むイオン注入によるダメージを回復させるために熱処理を行ってから、後述するドーパントのイオン注入をして拡散層の形成を行うこともできる。

[0102] 次に、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御した S O I 基板の S O I 層にドーパントをイオン注入して拡散層を形成する（図 3 の S 3 3 参照）。

[0103] 注入するドーパントはボロン、アルミニウム、ガリウム、リン、砒素、アンチモンのいずれか一つの元素を含む原子及び分子とすることができる。分子としては、例えば、 BF_2 、 B_xH_y （ x 、 y は数字）を用いることができる。このような原子及び分子であれば、シリコンからなる拡散層形成領域に確実に p 型領域または n 型領域を形成することができる。

[0104] ドーパントのイオン注入は、ドーズ量を $1 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^2$ 以上とすることが好ましい。

このようなドーズ量であれば、拡散層形成領域とその直下の領域との間に確実に p n 接合を形成することができる。

[0105] 次に、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成した S O I 基板において、レーザアニールにより拡散層を活性化する（図 3 の S 3 4 参照）。

[0106] レーザアニールは、波長 308 nm のエキシマレーザを用いることが好ましい。

このように波長 308 nm のエキシマレーザを用いれば、光の侵入長が 10 nm であるため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0107] レーザアニールは、レーザのエネルギーをシリコン単結晶を溶解するエネルギーよりも大きくして行うことが好ましい。

シリコン単結晶を溶解させなくてもドーパントは活性化するが、シリコン単結晶を溶解させることでドーパントが置換位置に入り易くなり、活性化度合いをより効果的に高めることができる。

[0108] レーザアニールは、レーザの照射時間を 10 ~ 1000 nsec とすることが好ましい。

このような照射時間であれば、照射時間が短いため、レーザ照射部を選択的に加熱することができる。

[0109] 上記で説明した本発明の第 3 実施形態のデバイス形成方法によれば、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 ppm 以上に制御することで、レーザアニール時に発生する欠陥量よりも酸素が多くなり、欠陥の形成を抑制でき、簡便にドーパントの活性化度合いを向上させることができる。また、S O I 基板を用いてデバイスを形成する場合に本発明の第 3 実施形態のデバイス形成方法を好適に適用できる。

[0110] なお、上記では、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 ppm 以上に制御する工程（図 3 の S 3 2）を、ドーパントをイオン注入して拡散層を形成する工程（図 3 の S 3 3）よりも前に行う場合について説明したが、拡散層形成領

域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する工程は、レーザアニールにより拡散層を活性化する工程（図 3 の S 3 4）より前にあればよく、拡散層形成領域の酸素濃度を 5 p p m a 以上に制御する工程をドーパントをイオン注入して拡散層を形成する工程より後に行ってもよい。例えば、酸素を含むイオンの注入はドーパントのイオン注入前に行ってもよいし、ドーパントのイオン注入後に行うこともできる。

実施例

[0111] 以下、実験例、実施例、及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0112] （実験例 1、実験例 2）

酸素濃度の低いエピタキシャルウェーハ（シリコン単結晶基板上にエピタキシャル層を形成したもの、エピタキシャル層の酸素濃度：0.05 p p m a（J E I D A）未満、エピタキシャル層厚：3 μ m）（実験例 1）と酸素濃度の高いシリコン単結晶基板（酸素濃度：13 p p m a（J E I D A））（実験例 2）を準備した。

[0113] シリコン単結晶基板の導電型、抵抗率、直径、結晶軸方位は、以下の通りである。

導電型	: p 型
抵抗率	: 8 ~ 20 $\Omega \cdot \text{cm}$
直径	: 300 mm
結晶軸方位	: <100>

[0114] 次に、準備したエピタキシャルウェーハ及びシリコン単結晶基板に砒素をイオン注入した。ドーズ量は、 $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、エネルギーは20 keVとした。次に、ドーパントを電気的に活性化させるために、レーザアニールを行った。レーザの波長は308 nmとし、レーザのパルス幅は150 nsとし、レーザのエネルギーは2.5 ~ 3.7 J/cm²とした。レーザ照射は室温の空気雰囲気中で行った。その後、SIMS（Secondary Ion Mass Spectrometry）で砒素のプロ

ファイルを測定し、プロファイルは酸素の影響を受けないことがわかった。

[0115] 続いて、形成した拡散層のシート抵抗を測定した。図4に測定結果を示す。図4において、三角印(▲)は酸素濃度が低いエピタキシャルウェーハ(実験例1)であり、丸印(●)は酸素濃度が高いシリコン単結晶基板(実験例2)である。拡散層形成領域の酸素濃度が低いエピタキシャルウェーハでは $90 \sim 115 \Omega/\square$ となったが、酸素濃度が高いシリコン単結晶基板では $40 \sim 50 \Omega/\square$ となり、酸素濃度が高い方が電氣的な活性度が高い(抵抗が低い)ことがわかった。

[0116] (実験例3)

酸素濃度を $2 \sim 13 \text{ ppm}$ (JEIDA)で振ったシリコン単結晶基板を準備した。

シリコン単結晶基板の導電型、抵抗率、直径、結晶軸方位は、以下の通りである。

導電型	: p型
抵抗率	: $8 \sim 20 \Omega \cdot \text{cm}$
直径	: 300 mm
結晶軸方位	: $\langle 100 \rangle$

[0117] 次に、準備したシリコン単結晶基板に砒素をイオン注入し拡散層を形成した。ドーズ量は、 $1 \times 10^{15} \text{ atoms}/\text{cm}^2$ とし、エネルギーは 20 keV とした。次に、拡散層のドーパントを電氣的に活性化させるために、レーザアニールを行った。レーザの波長は 308 nm とし、レーザのパルス幅は 150 ns とし、レーザのエネルギーは $2.5 \text{ J}/\text{cm}^2$ とした。レーザ照射は室温の空気雰囲気中で行った。

[0118] 続いて、形成した拡散層のシート抵抗を測定した。図5に測定結果を示す。酸素濃度が 5 ppm 以上のシリコン単結晶基板を用いることで電氣的な活性度を高くできる(すなわち、抵抗を低くできる)ことがわかった。

[0119] (実施例1、比較例1)

エピタキシャルウェーハ(シリコン単結晶基板上にエピタキシャル層を形

成したもの、エピタキシャル層の酸素濃度：0.1 ppm (JEIDA)
未満、エピタキシャル層厚：3 μm)を準備した。

シリコン単結晶基板の導電型、抵抗率、直径、結晶軸方位は、以下の通りである。

導電型 : p型

基板抵抗率 : 0.008~0.015 Ω・cm

エピタキシャル層抵抗率 : 1~2 Ω・cm

直径 : 300 mm

結晶軸方位 : <100>

[0120] 次に、エピタキシャル層に酸素をイオン注入した。ドーズ量は、 $1 \times 10^{12} \sim 1.5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ とし、エネルギーは40 keVとした。このとき、エピタキシャル層の表面から深さ200 nmまでに含まれる平均酸素濃度は1~14 ppmであった（実施例1では平均酸素濃度が5~14 ppmであり、比較例1では平均酸素濃度が1 ppmであった）。その後、エピタキシャルウェーハにドーパントとして砒素をイオン注入し拡散層を形成した。ドーズ量は、 $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、エネルギーは20 keVとした。

次に、拡散層のドーパントを電氣的に活性化させるために、レーザアニールを行った。レーザの波長は308 nmとし、レーザのパルス幅は150 nsとし、レーザのエネルギーは2.5 J/cm²とした。レーザ照射は室温の空気雰囲気中で行った。このときの拡散層の厚さは200 nm以下であった。

[0121] 続いて、実施例1及び比較例1のエピタキシャルウェーハの拡散層のシート抵抗を測定した。図6に測定結果を示す。図6において、白丸印(○)は比較例1のエピタキシャルウェーハであり、黒丸印(●)は実施例1のエピタキシャルウェーハである。エピタキシャルウェーハの拡散層形成領域の酸素濃度を5 ppm以上に制御することで電氣的な活性度を高くできる（すなわち、抵抗を低くできる）ことがわかった。

[0122] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] シリコン単結晶基板にドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、
- 前記シリコン単結晶基板として前記拡散層形成領域の酸素濃度が5 p p m a 未満のものを用いる場合に、レーザアニールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法。
- [請求項2] 前記シリコン単結晶基板として、F Zシリコン単結晶基板、MC Zシリコン単結晶基板、I G処理が施され表面領域にD Z層が形成されているC Zシリコン単結晶基板のいずれかを用いることを特徴とする請求項1に記載のデバイス形成方法。
- [請求項3] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御する方法として、前記シリコン単結晶基板を酸素雰囲気中で熱処理することにより、前記拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のデバイス形成方法。
- [請求項4] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御する方法として、前記シリコン単結晶基板に酸素を含むイオンを注入することにより、前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上とすることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のデバイス形成方法。
- [請求項5] シリコン単結晶基板にエピタキシャル層を形成したエピタキシャルウェーハにドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、
- レーザアニールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法。
- [請求項6] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a 以上に制御する方法として、酸素濃度が5 p p m a 以上のシリコン単結晶基板を用い、エピ

タキシャル層形成工程において、該シリコン単結晶基板から前記拡散層形成領域に酸素を外方拡散させることを特徴とする請求項5に記載のデバイス形成方法。

[請求項7] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、酸素濃度が5 p p m a以上のシリコン単結晶基板を用い、エピタキシャル層形成後に、前記エピタキシャルウェーハを非酸化性雰囲気中で熱処理することにより、該シリコン単結晶基板から前記拡散層形成領域に酸素を外方拡散させることを特徴とする請求項5に記載のデバイス形成方法。

[請求項8] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成後に、前記エピタキシャルウェーハを酸素雰囲気中で熱処理することにより、前記拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることを特徴とする請求項5に記載のデバイス形成方法。

[請求項9] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成後に、前記エピタキシャルウェーハのエピタキシャル層に酸素を含むイオンを注入することを特徴とする請求項5に記載のデバイス形成方法。

[請求項10] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法として、エピタキシャル層形成工程において、前記エピタキシャル層に酸素をドーピングすることを特徴とする請求項5に記載のデバイス形成方法。

[請求項11] S O I 基板にドーパントをイオン注入して拡散層を形成し、レーザアニールにより拡散層を活性化するデバイス形成方法において、

前記S O I 基板として酸素濃度が5 p p m a未満のS O I 層を有するものを用いる場合に、レーザアニールにより拡散層を活性化する前に前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する工程を行うことを特徴とするデバイス形成方法。

[請求項12] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5 p p m a以上に制御する方法と

して、前記SOI基板を酸素雰囲気中で熱処理することにより、前記拡散層形成領域に酸素を内方拡散させることを特徴とする請求項11に記載のデバイス形成方法。

[請求項13] 前記拡散層形成領域の酸素濃度を5ppm以上に制御する方法として、前記SOI基板のSOI層に酸素を含むイオンを注入することを特徴とする請求項11に記載のデバイス形成方法。

[請求項14] 前記ドーパントはボロン、アルミニウム、ガリウム、リン、砒素、アンチモンのいずれか一つの元素を含むことを特徴とする請求項1から請求項13のいずれか1項に記載のデバイス形成方法。

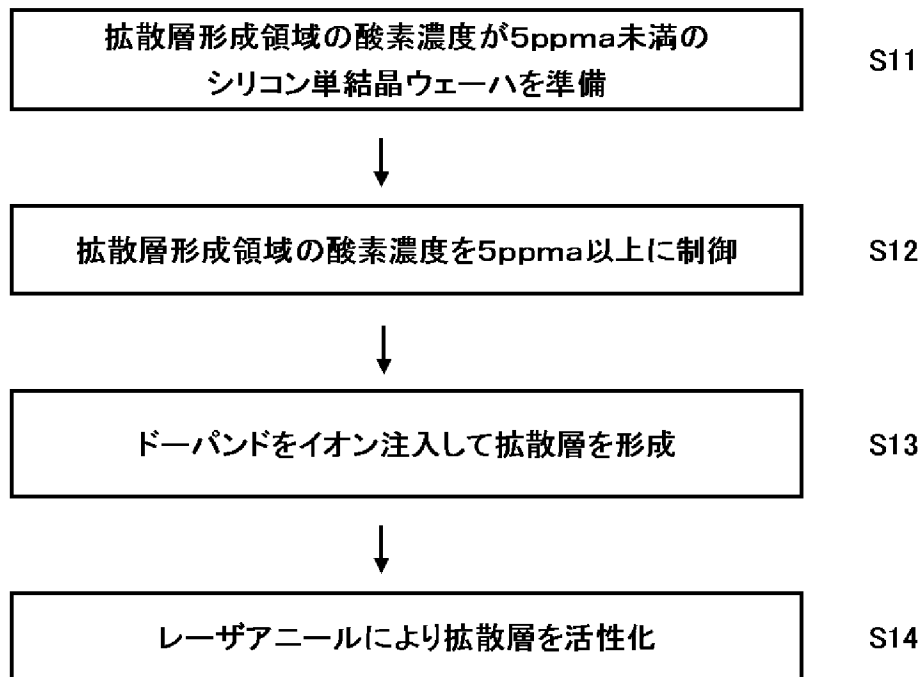
[請求項15] 前記ドーパントのイオン注入は、ドーズ量を $1 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^2$ 以上とすることを特徴とする請求項1から請求項14のいずれか1項に記載のデバイス形成方法。

[請求項16] 前記レーザアニールは、波長308nmのエキシマレーザを用いることを特徴とする請求項1から請求項15のいずれか1項に記載のデバイス形成方法。

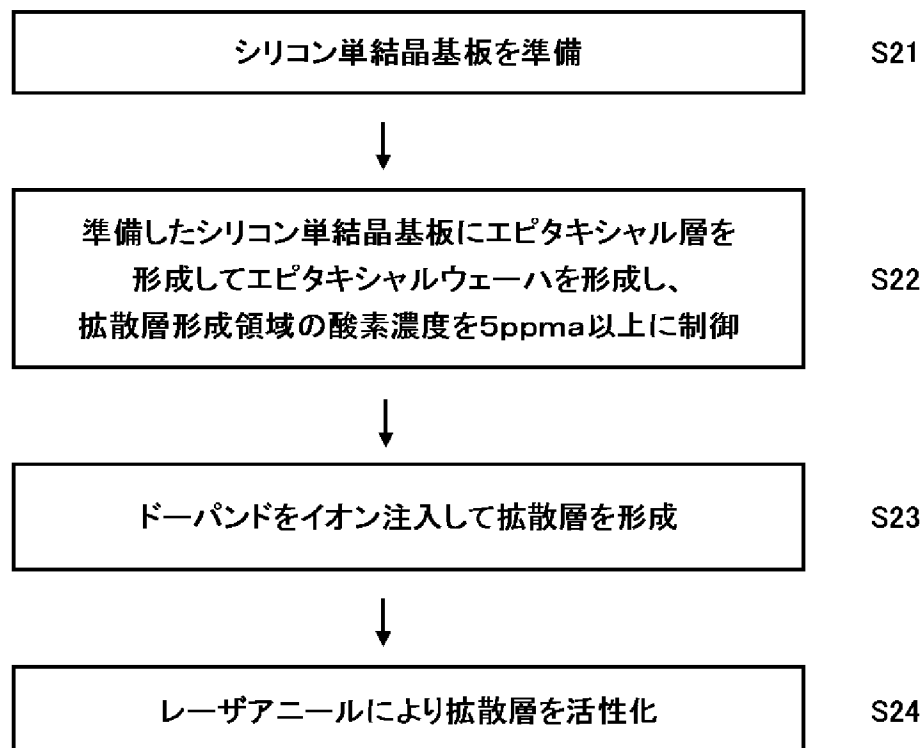
[請求項17] 前記レーザアニールは、レーザのエネルギーをシリコン単結晶を溶解するエネルギーよりも大きくして行うことを特徴とする請求項1から請求項16のいずれか1項に記載のデバイス形成方法。

[請求項18] 前記レーザアニールは、レーザの照射時間を10～1000ns以上とすることを特徴とする請求項1から請求項17のいずれか1項に記載のデバイス形成方法。

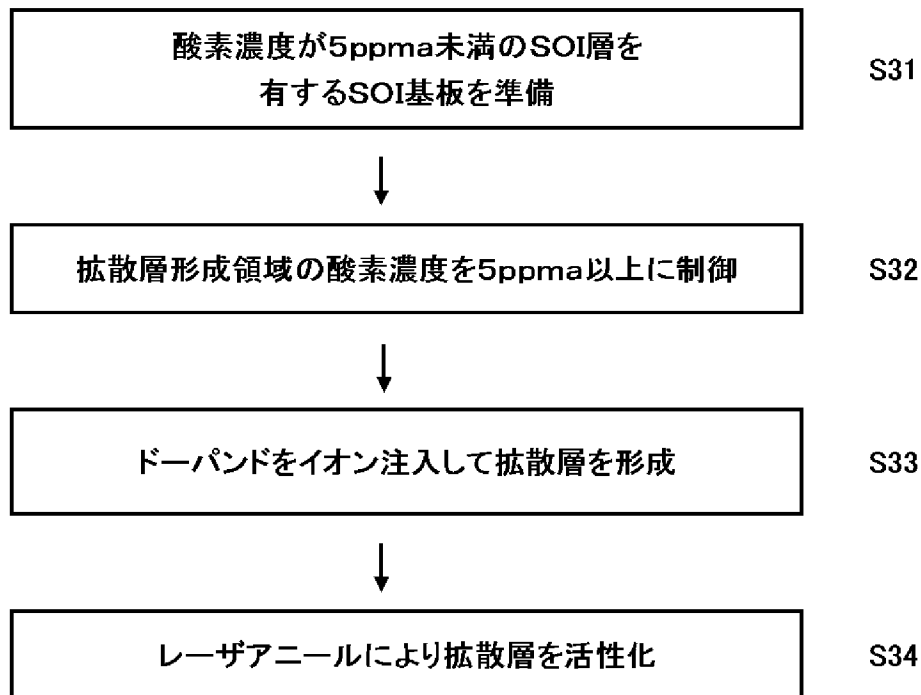
[図1]



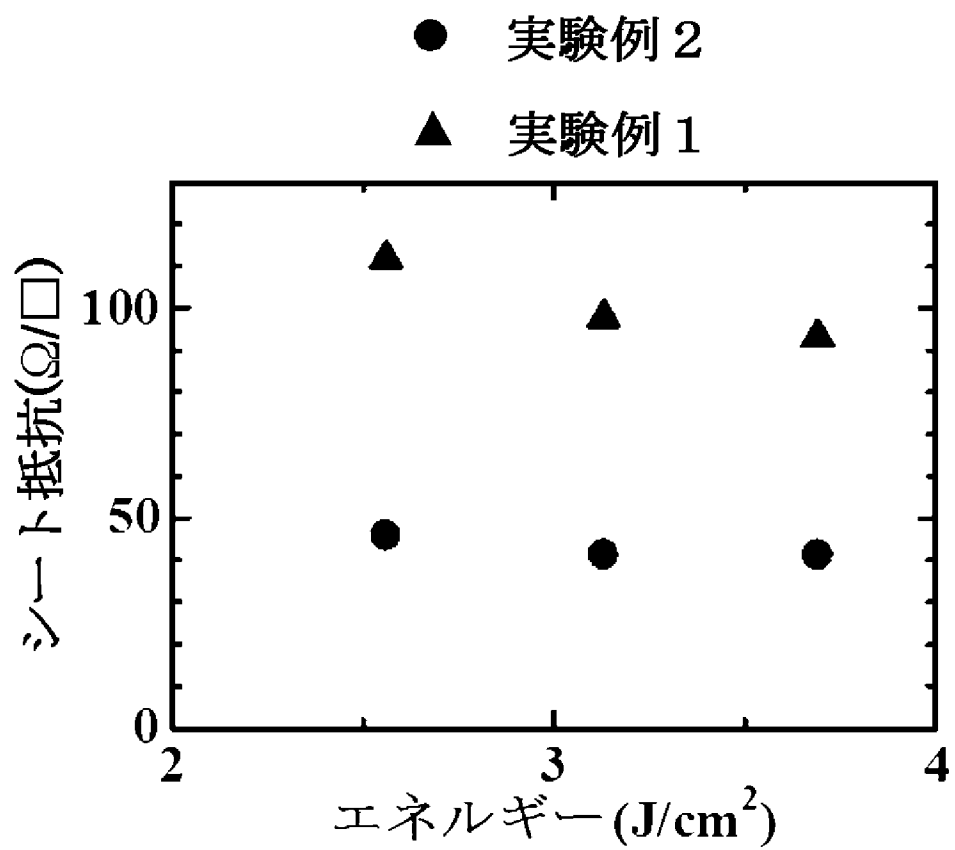
[図2]



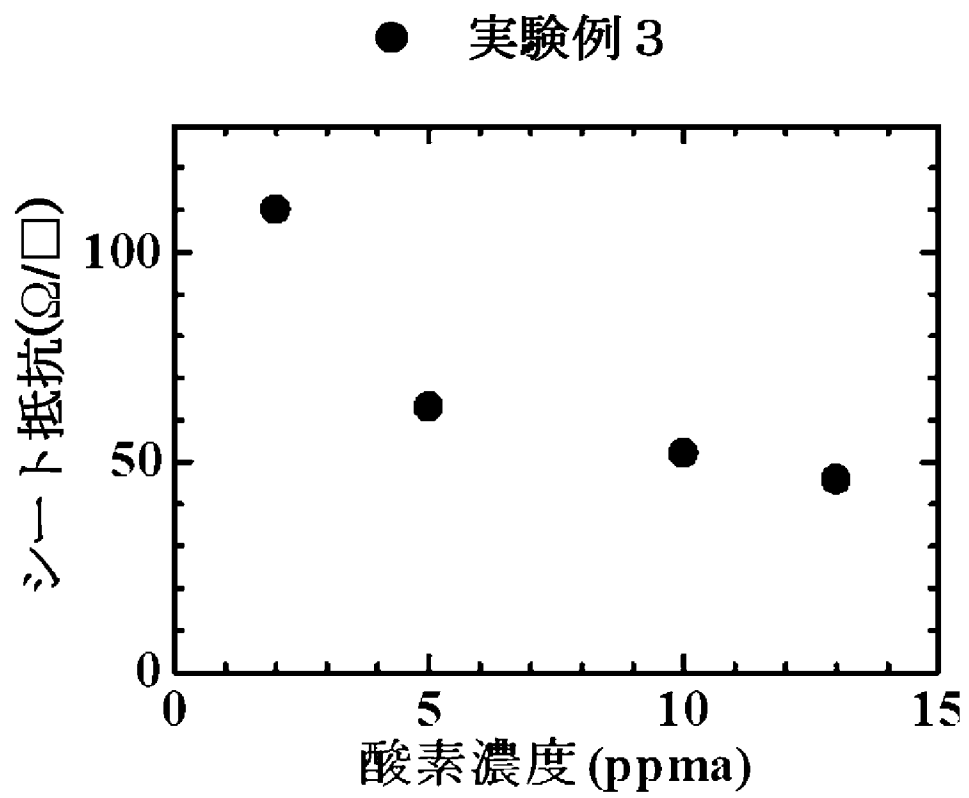
[図3]



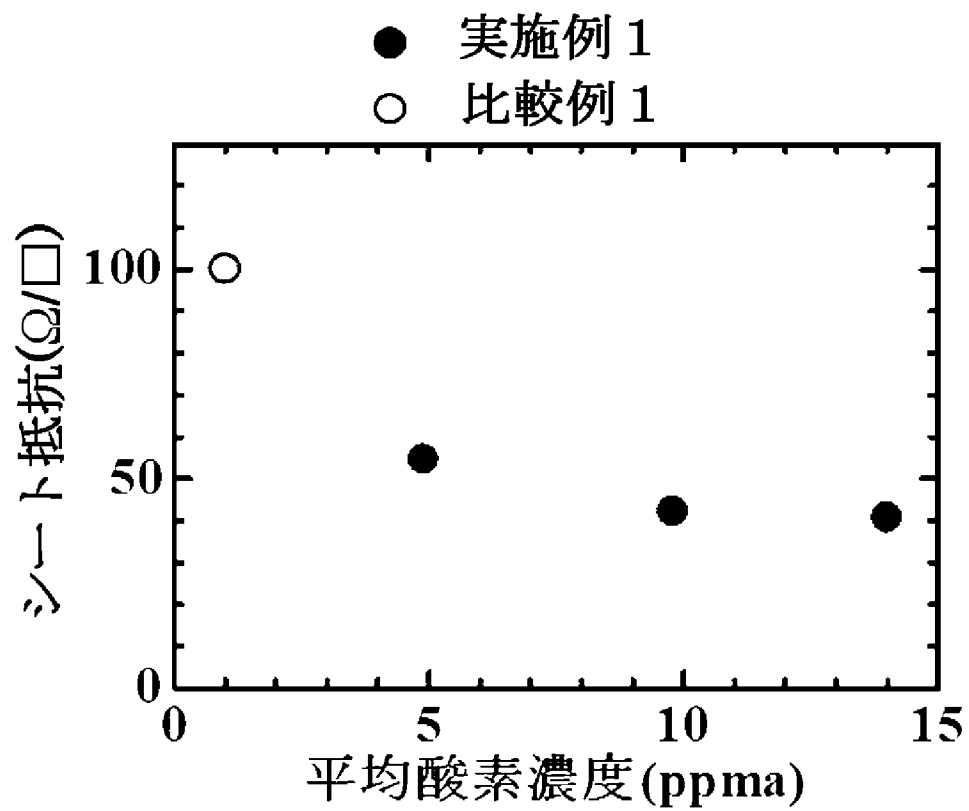
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/033536

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/265(2006.01)i, H01L21/20(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)

H01L21/265, H01L21/20

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2007-535174 A (Varian Semiconductor Equipment Associates, Inc.), 29 November 2007 (29.11.2007), entire text; all drawings & US 2004/0235281 A1 & WO 2005/106939 A1 & KR 10-2007-0012496 A & CN 1998070 A	1-18
A	JP 2002-502124 A (Varian Semiconductor Equipment Associates, Inc.), 22 January 2002 (22.01.2002), entire text; all drawings & US 6087247 A & WO 1999/039381 A1 & EP 1051742 A1 & TW 399269 B & KR 10-0571069 B1	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
31 October 2017 (31.10.17)

Date of mailing of the international search report
14 November 2017 (14.11.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/033536

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-067683 A (NEC Corp.), 09 March 1999 (09.03.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-18
A	JP 11-251260 A (NEC Corp.), 17 September 1999 (17.09.1999), entire text; all drawings & US 6218270 B1 & TW 507298 B & CN 1227965 A & KR 10-1999-0077551 A	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/265(2006.01)i, H01L21/20(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. H01L21/265, H01L21/20

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2007-535174 A (バリアン・セミコンダクター・イクイップメント・アソシエーツ・インコーポレーテッド) 2007.11.29, 全文, 全図 & US 2004/0235281 A1 & WO 2005/106939 A1 & KR 10-2007-0012496 A & CN 1998070 A	1-18
A	JP 2002-502124 A (バリアン・セミコンダクター・イクイップメント・アソシエーツ・インコーポレーテッド) 2002.01.22, 全文, 全図 & US 6087247 A & WO 1999/039381 A1 & EP 1051742 A1 & TW 399269 B & KR 10-0571069 B1	1-18

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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

31.10.2017

国際調査報告の発送日

14.11.2017

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)

佐藤 靖史

50

5895

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

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
A	JP 11-067683 A (日本電気株式会社) 1999. 03. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 11-251260 A (日本電気株式会社) 1999. 09. 17, 全文, 全図 & US 6218270 B1 & TW 507298 B & CN 1227965 A & KR 10-1999-0077551 A	1-18