

(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
2016 年 10 月 13 日(13.10.2016)



(10) 国際公開番号

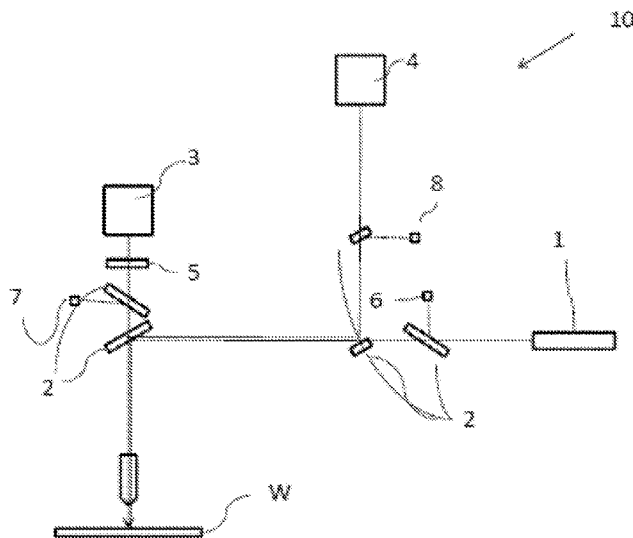
WO 2016/163500 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01) H01L 21/265 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/061493
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 8 日(08.04.2016)
- (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 2015-080537 2015 年 4 月 10 日(10.04.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社 S U M C O (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 江里口 和隆(ERIGUCHI Kazutaka); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP). 佐俣 秀一(SAMATA Syuuichi); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人特許事務所サイクス(SIKS & CO.); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目 8 番 7 号 京橋日殖ビル 8 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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SEMICONDUCTOR WAFER MANUFACTURING METHOD AND SEMICONDUCTOR WAFER EVALUATION METHOD

(54) 発明の名称: 半導体ウェーハの製造方法および半導体ウェーハの評価方法

【図1】



(57) Abstract: A semiconductor wafer manufacturing method comprises implementing an ion injection process by irradiating a surface of a semiconductor wafer with ions, and sending, to a next step, semiconductor wafers determined to have been subjected to ion injection with an ion injection amount within a pre-set range, and further comprises performing, between the ion injection process and the next step, photoluminescence measurement on the surface of the semiconductor wafer after the ion injection process, wherein the determination is performed on the basis of a measurement result of the photoluminescence measurement.

(57) 要約: 半導体ウェーハの製造方法であって、半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すことおよび予め設定した範囲内のイオン注入量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハを次工程に付すことを含み、上記イオン注入処理と上記次工程との間に、上記イオン注入処理後の半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行うことを更に含み、上記判定

を、上記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う半導体ウェーハの製造方法が提供される。

WO 2016/163500 A1

明 細 書

発明の名称：

半導体ウェーハの製造方法および半導体ウェーハの評価方法

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2015年4月10日出願の日本特願2015-80537号の優先権を主張し、その全記載は、ここに特に開示として援用される。

技術分野

[0002] 本発明は、半導体ウェーハの製造方法および半導体ウェーハの評価方法に関する。

背景技術

[0003] 半導体デバイスの製造に用いられる半導体ウェーハの表面に各種イオンを照射しイオンを注入すること（イオン注入処理、イオンインプランテーション（Ion implantation）、イオンインプラ等と呼ばれる。）が広く行われている。

[0004] イオン注入された半導体ウェーハについては、従来、以下のような評価が行われていた。

（１）四探針法によって抵抗率測定を行い、測定された抵抗率から注入されたドーパントイオン量を求めることにより、イオン注入処理によるドーパントイオンの注入量（「ドーズ量」とも呼ばれる。）を評価する方法；

（２）測定対象試料にショットキー電極を作製し、C-V測定（容量-電圧測定）を行い、測定結果から注入されたドーパントイオン量を求めることにより、イオン注入処理によるドーパントイオンのドーズ量を評価する方法；

（３）二次イオン質量分析法（SIMS）により、イオン注入により注入されたイオンのドーズ量を評価する方法（例えば特開平7-245275号公報、その全記載は、ここに特に開示として援用される、参照）。

発明の概要

[0005] イオン注入処理では、通常、イオン注入装置において予めドーズ量の設定

を行う。しかるに実際の製造工程では、各種要因により、必ずしも設定した通りのドーズ量でイオン注入が行われるとは限らない。ここでドーズ量不足またはドーズ量過多となってしまった半導体ウェーハを次工程（例えば、半導体ウェーハ出荷前の洗浄や半導体ウェーハ上へのデバイス形成工程等）に付してしまうと、得られる半導体ウェーハや半導体デバイスは、最終的な製品出荷前検査において不良品と判定されてしまう。これでは、最終的に不良品となってしまいうにもかかわらず時間や費用をかけて各種処理を施すという無駄が生じてしまう。

[0006] また、イオン注入された半導体ウェーハには、イオン注入によるダメージ（結晶性の乱れ等）が生じると言われている。そこで、イオン注入後にダメージを回復するための回復熱処理が通常行われている。しかし、この回復熱処理によるダメージの回復が十分ではない半導体ウェーハを次工程に付すと、上記と同様に無駄が生じてしまう。

[0007] そこで、実際の製造工程において、製造ラインにイオン注入処理後の半導体ウェーハを評価（いわゆるインラインモニタリング）する工程を設け、設定した通りの、または設定した値に近いドーズ量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハを次工程に付すことができれば、上記の無駄を生じることなく、生産性よく半導体ウェーハや半導体デバイスを量産することができる。同様に、実際の製造工程において、製造ラインにイオン注入処理後に回復熱処理が施された半導体ウェーハを評価する（インラインモニタリング）工程を設け、製品に許容される程度にダメージが回復したと判定された半導体ウェーハを次工程に付すことができれば、上記の無駄を生じることなく、生産性よく半導体ウェーハや半導体デバイスを量産することができる。

または、そのようなインラインモニタリングを行うことで、ドーズ量不足の半導体ウェーハを製造ラインからいったん取り出し、不足しているドーズ量を補うべく追加のイオン注入を行った後に製造ラインに戻すことにより、半導体ウェーハ製造や半導体デバイス製造における不良品率を低減すること

も可能となる。同様に、ダメージ回復が不十分な半導体ウェーハを製造ラインからいったん取り出し、追加の回復熱処理を施した後に製造ラインに戻すことにより、半導体ウェーハ製造や半導体デバイス製造における不良品率を低減することも可能となる。

[0008] 上記のようなインラインモニタリングを行うための評価方法は、測定対象試料（イオン注入後や回復熱処理後の半導体ウェーハ）を破壊せず、かつ測定対象試料に接触しない方法（非破壊・非接触法）であることが望ましい。しかるに、前述の従来行われていた評価方法は、いずれも測定対象試料を破壊するか、または測定対象試料に分析機器（例えば探針等）を接触させなければ実施することができないため、インラインモニタリングに適用することは困難である。

[0009] 本発明の一態様は、イオン注入処理後や回復熱処理後の半導体ウェーハを、非破壊かつ非接触に評価する（インラインモニタリング）工程を含む半導体ウェーハの製造方法を提供する。

[0010] 本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、非破壊かつ非接触な手法であるフォトルミネッセンス（Photoluminescence；以下、「PL」とも記載する。）測定により得られる測定結果が、イオン注入処理により注入されたイオンのドーズ量や、回復熱処理後に残存するダメージの程度と良好に相関するという、従来知られていなかった新たな知見を得た。かかる知見に基づき本発明者らは更なる検討を重ねた結果、本発明を完成させた。

[0011] 本発明の一態様は、
半導体ウェーハの製造方法であって、
半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すこと、および、
予め設定した範囲内のイオン注入量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハを次工程に付すこと、
を含み、

上記イオン注入処理と上記次工程との間に、上記イオン注入処理後の半導

体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行うことを更に
含み、

上記判定を、上記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う半導
体ウェーハの製造方法、
に関する。

[0012] 一態様では、上記半導体ウェーハの製造方法は、上記イオン注入処理後の
半導体ウェーハに、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理
を施すことを含み、上記フォトルミネッセンス測定は、上記回復熱処理後に
行われる。

[0013] 一態様では、上記測定結果は、フォトルミネッセンス強度である。

[0014] 一態様では、上記フォトルミネッセンス強度は、上記半導体ウェーハ表面
の全面または一部領域において測定されるフォトルミネッセンス強度である
。

[0015] 本発明の更なる態様は、
半導体ウェーハの製造方法であって、
半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すこ
と、

上記イオン注入処理後の半導体ウェーハに、イオン注入によるダメージを
回復するための回復熱処理を施すこと、および、

予め設定した水準までダメージが回復したと判定された半導体ウェーハを
次工程に付すこと、
を含み、

上記回復熱処理と上記次工程との間に、上記イオン注入処理においてイオ
ンが照射された半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測
定を行うことを更に含み、

上記判定を、上記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う半導
体ウェーハの製造方法、
に関する。

- [0016] 一態様では、上記測定結果は、フォトルミネッセンス強度である。
- [0017] 一態様では、上記注入されるイオンは、ドーパントイオン、アルゴンイオンおよび炭素イオンからなる群から選択される。
- [0018] 一態様では、上記半導体ウェーハは、シリコンウェーハである。
- [0019] 本発明の更なる態様は、
イオン注入処理が施された半導体ウェーハの評価方法であって、
上記イオン注入処理は、半導体ウェーハ表面に向かってイオンを照射することにより行われ、
上記イオン注入処理後の半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行い、この測定結果に基づき上記イオン注入処理におけるイオン注入量を評価する半導体ウェーハの評価方法、
に関する。
- [0020] 一態様では、上記フォトルミネッセンス測定が行われる半導体ウェーハは、上記イオン注入処理後に、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理が施された半導体ウェーハである。
- [0021] 本発明の更なる態様は、
半導体ウェーハの評価方法であって、
評価対象の半導体ウェーハは、この半導体ウェーハ表面に向かってイオンを照射することによりイオン注入処理が施され、かつこのイオン注入処理後に、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理が施された半導体ウェーハであり、
上記回復熱処理後の半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行い、この測定結果に基づき上記回復熱処理によるダメージの回復の程度を評価する、上記半導体ウェーハの評価方法、
に関する。
- [0022] 一態様では、上記注入されるイオンは、ドーパントイオン、アルゴンイオンおよび炭素イオンからなる群から選択される。
- [0023] 一態様では、上記半導体ウェーハは、シリコンウェーハである。

[0024] 本発明の一態様によれば、イオン注入によるドーズ量や回復熱処理によるダメージの回復をインラインモニタリングにより評価することができ、これにより高品質な半導体ウェーハや半導体デバイスを量産することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]強励起顕微フォトルミネッセンス法に基づく測定装置の概略図である。

[図2] n型シリコンウェーハについて、実ドーズ量評価のために作成した検量線の具体例を示す。

[図3]後述の具体例に示す p 型シリコンウェーハにおけるホウ素イオンのイオン注入処理後および回復熱処理後に得たマッピング画像を示す。

[図4] p 型シリコンウェーハについて、実ドーズ量評価のために作成した検量線の具体例を示す。

[図5]後述の具体例に示す p 型シリコンウェーハにおけるアルゴンイオンのイオン注入処理後および回復熱処理後に得たマッピング画像を示す。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明の一態様にかかる半導体ウェーハの製造方法は、

半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すこと、および、

予め設定した範囲内のイオン注入量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハを次工程に付すこと、

を含み、

上記イオン注入処理と上記次工程との間に、上記イオン注入処理後の半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行うことを更に含み、

上記判定を、上記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う。

[0027] 本発明の一態様にかかる半導体ウェーハの評価方法は、

イオン注入処理が施された半導体ウェーハの評価方法であって、

上記イオン注入処理は、半導体ウェーハ表面に向かってイオンを照射する

ことにより行われ、

上記イオン注入処理後の半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行い、該測定結果に基づき上記イオン注入処理におけるイオン注入量を評価する。

[0028] 本発明の他の一態様にかかる半導体ウェーハの製造方法は、

半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すこと、

上記イオン注入処理後の半導体ウェーハに、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理を施すこと、および、

予め設定した水準までダメージが回復したと判定された半導体ウェーハ上を次工程に付すこと、

を含み、

上記回復熱処理と上記次工程との間に、上記イオン注入処理においてイオンが照射された半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行うことを更に含み、

上記判定を、上記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う。

[0029] 本発明の他の一態様にかかる半導体ウェーハの評価方法は、

評価対象の半導体ウェーハは、該半導体ウェーハ表面に向かってイオンを照射することによりイオン注入処理が施され、かつ該イオン注入処理後に、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理が施された半導体ウェーハであり、

上記回復熱処理後の半導体ウェーハの上記表面においてフォトルミネッセンス測定を行い、該測定結果に基づき上記回復熱処理によるダメージの回復の程度を評価する。

[0030] 上記の製造方法および評価方法は、いずれも、イオン注入処理が施された半導体ウェーハを非破壊かつ非接触な手法であるPL測定により評価することを含む。これにより、イオン注入処理により注入されたイオンのドーズ量や、回復熱処理後に残存するダメージの程度を非破壊かつ非接触に評価する

ことができる。

以下、本発明の一態様にかかる半導体ウェーハの製造方法および半導体ウェーハの評価方法について、更に詳細に説明する。

[0031] [評価対象半導体ウェーハ]

評価対象半導体ウェーハは、例えばシリコンウェーハである。ただし、評価対象半導体ウェーハは、シリコンウェーハに限定されるものではなく、デバイス作製に通常用いられる各種半導体ウェーハであることができる。

[0032] 半導体ウェーハの導電型は、p型であってもn型であってもよい。評価対象半導体ウェーハがいずれの導電型の半導体ウェーハであっても、本発明によれば、イオン注入によるドーズ量や回復熱処理後に残存するダメージの程度を非破壊かつ非接触に評価することができる。なお評価対象半導体ウェーハのサイズは、例えば直径200mm、300mm、450mmであることができるが、これより小さくても大きくてもよく、特に限定されるものではない。

[0033] [イオン注入処理]

イオン注入処理は、半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射することにより行われる。イオン注入処理は、公知のイオン注入装置によって行えばよい。半導体ウェーハ表面に注入され注入されるイオンとしては、半導体ウェーハに通常注入される各種イオン、例えば、ドーパントイオン（ホウ素（B）イオン、リン（P）イオン、ヒ素（As）イオン、アンチモン（Sb）イオン等）、アルゴンイオン、炭素イオン、シリコンイオン、ゲルマニウムイオン、水素イオン、ヘリウムイオン、酸素イオン、窒素イオン、フッ素イオン等を挙げることができる。また、半導体ウェーハ表面にクラスターイオンを照射することもできる。クラスターイオンとは、原子や分子の集合体（クラスター）からなるイオンであり、クラスターイオンを照射することにより、一度のイオン照射により複数種のイオンを半導体ウェーハに注入することができる。一例として、

炭素およびドーパント元素の両方を含む化合物をイオン化したクラスターイ

オンを照射することにより、炭素イオンとドーパントイオンを一度のイオン照射により半導体ウェーハに注入することができる。

[0034] イオン注入処理では、通常、イオン注入装置において予めドーズ量（以下、「設定ドーズ量」と記載する。）の設定を行う。設定ドーズ量は、例えばドーパントイオンを注入するのであれば所望の抵抗率に応じて設定することができる。また、各種イオンの設定ドーズ量は、イオン注入により半導体ウェーハに付与すべき性質（例えばゲッタリング能）や改質の程度に応じて設定すればよい。ただし先に記載したように、設定ドーズ量とイオン注入処理における実際のイオン注入量（以下、「実ドーズ量」ともいう。）は、必ずしも一致するとは限らない。そこで本発明の一態様にかかる製造方法では、PL測定により実ドーズ量を評価し、予め設定した範囲内のドーズ量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハを、次工程に付す。前述のように、これにより、先に記載したような無駄が発生することを防ぐことができる。更に、最終的に不良品と判定されてしまう半導体ウェーハや半導体デバイスの割合（不良品率）を低減することも可能となる。加えて、前述のように、ドーズ量不足の半導体ウェーハに追加のイオン注入を行った後に製造ラインに戻すことによって、不良品率を低減することができる。

PL測定による実ドーズ量評価については、更に後述する。

[0035] [回復熱処理]

上記イオン注入処理では、通常、半導体ウェーハ中で、エネルギーをもったイオンが半導体ウェーハを構成する原子（例えばシリコンウェーハ中のケイ素原子）と衝突することで結晶性が乱れる現象が発生する（ダメージの発生）。このダメージは、熱処理（回復熱処理）によって回復することができる。回復熱処理は、例えば、900℃以上1200℃以下の温度で10秒以上1時間以下程度行うことができる。なお本明細書において、回復熱処理等の各種処理に関して記載する温度は、かかる処理が行われる雰囲気温度をいうものとする。回復熱処理は、異なる熱処理条件での2回以上の熱処理を含んでもよい。回復熱処理は、例えば、RTA（Rapid Thermal Annealing）炉

やRTO（Rapid Thermal Oxidation）炉等の急速昇降温熱処理装置や、バッチ式熱処理装置（縦型熱処理装置、横型熱処理装置）を用いて行うことができる。ただし、例えば、設定ドーズ量と実ドーズ量が大きく異なる場合等には、予め決定していた熱処理条件で回復熱処理を行ったとしても、製品に許容されるレベルまでダメージが回復しないことが起こり得る。また、予め決定していた熱処理条件が適切ではなかった場合や、回復熱処理を行う雰囲気内の内部の温度ムラによっても、製品に許容されるレベルまでダメージが回復しないことが起こり得る。ここで本発明の一態様にかかる製造方法では、PL測定により回復熱処理後のダメージを評価し、予め設定した水準までダメージが回復したと判定された半導体ウェーハを、次工程に付す。前述のように、これにより、先に記載したような無駄が発生することを防ぐことができる。更に、最終的に不良品と判定されてしまう半導体ウェーハや半導体デバイスの割合（不良品率）を低減することも可能となる。加えて、前述のように、ダメージ回復が不十分な半導体ウェーハを製造ラインからいったん取り出し、追加の回復熱処理を施した後に製造ラインに戻すことにより、半導体ウェーハ製造や半導体デバイス製造における不良品率を低減することも可能となる。

PL測定によるダメージ回復評価については、更に後述する。

[0036] [フォトルミネッセンス（PL）測定による実ドーズ量評価、ダメージ回復評価]

本発明では、上記のイオン注入処理や回復熱処理が施された半導体ウェーハの、上記イオン注入処理においてイオンが照射された表面において、PL測定を行う。本発明者らが見出した新たな知見によれば、実ドーズ量とPL強度との間、およびダメージの程度とPL強度との間には、以下の相関が見られた。

（１）実ドーズ量が多いほどPL強度が高くなる場合と、実ドーズ量が多いほどPL強度が低下する場合がある。例えば、n型シリコンウェーハとp型シリコンウェーハとを対比すると、n型は前者となる傾向があり、p型は後

者となる傾向がある。

(2) ダメージが多く含まれているほど、PL強度は低下する傾向がある。

そこで本発明では、上記相関を利用し、一態様では、PL測定により得られたPL強度の値を用いて、実ドーズ量評価やダメージ回復評価を行うことができる。また、他の一態様では、PL強度の面内分布を示すマッピング画像を目視または公知の画像解析ソフトにより解析することにより、実ドーズ量評価やダメージ回復評価を行うことができる。

それら評価の具体的態様は更に後述する。ただし後述する具体的態様は例示であって、本発明はこれらに限定されず、PL測定の測定結果に基づき実ドーズ量評価やダメージ回復評価を行う各種態様が、本発明に包含される。

[0037] <PL測定の測定方法>

本発明におけるPL測定は、通常行われる各種PL測定であればよい。操作の簡便性の観点からは、温度制御が不要な室温フォトルミネッセンス法（室温PL法）により、PL測定を行うことが好ましい。シリコンウェーハを例にとると、室温PL法では、試料ウェーハ表面から入射させた、シリコンのバンドギャップよりエネルギーの大きな励起光により表面近傍で発生させた電子正孔対（すなわちキャリア）が、ウェーハ内部に拡散しながら発光して消滅していく。この発光は、バンド端発光と呼ばれ、室温（例えば20～30℃）での波長が約1.15 μm の発光強度を示す。通常、フォトルミネッセンス法では、励起光として可視光が使用される。したがって、PL強度としては、波長950 nm以上の光強度を測定すれば励起光から分離することができるため高感度な測定が可能となる。この点からは、PL強度としてバンド端発光強度を測定することが好ましい。

[0038] 室温PL法によるPL強度の測定に使用可能な装置の一例としては、強励起顕微フォトルミネッセンス法に基づいた測定方法を挙げることができる。強励起顕微フォトルミネッセンス法とは、可視光レーザーによりシリコン中のキャリアを励起させ、さらに励起されたキャリアが直接、バンドギャップ間で再結合する際に発生する発光（バンド端発光）強度を検出するものであ

る。図1は、強励起顕微フотルミネッセンス法に基づく測定装置の概略図であり、同図において、10は測定装置、1はレーザー光源、2はハーフミラー、3はフотルミネッセンス検出器、4はオートフォーカス用検出器、5はバンドパスフィルター、6は入力計、7は出力計、8は表面散乱光検出器、Wは測定対象試料（半導体基板）である。測定対象試料Wは、図示しないX・Yステージ上に載置されており、X・Yステージが作動することで、励起レーザー光がウェーハ面のX方向、Y方向にスキャンされる。これにより評価対象半導体ウェーハ表面の面内各部においてPL強度を測定することができる。PL測定は、評価対象試料表面の全面に行ってもよく、一部領域において行ってもよい。一態様では、実ドーズ量評価やダメージ回復評価に用いる測定結果は、評価対象試料表面の全面の各部において測定されたPL強度の平均値であることができる。他の一態様では、上記評価に用いる測定結果は、評価対象試料表面の一部領域において測定されたPL強度（当該領域の1箇所測定されたPL強度または当該領域の2箇所以上の複数箇所測定されたPL強度の平均値）であることができる。また、PL強度の数値によらずに、PL強度の面内分布を示すマッピング画像を目視または公知の画像解析ソフトにより解析することにより（例えば濃淡の程度を予め準備しておいた標準試料のマッピング画像の濃淡と比較することにより）、実ドーズ量やダメージ回復の程度を評価してもよい。上記の標準試料としては、例えば、公知の評価方法（ここでの評価方法は、破壊や接触を伴うものであってもよく、一例として前述の従来の評価法が挙げられる。）により、所望量のイオンが注入されたことや製品に許容される程度までダメージが回復したことが確認された試料と同じ処理が施された半導体ウェーハを用いることができる。または、設定ドーズ量と実ドーズ量が大きく相違しないことが予め確認されたイオン注入処理条件によりイオン注入が行われた試料であれば、かかる試料を標準試料として用いて設定ドーズ量を検量線作成のために用いてもよい。なお上記マッピング画像は、PL強度の高～低を、例えば黒～白の輝度（明暗の度合い）に割り当てることでマッピング画像の明

暗によりPL強度の高低が示されている。

[0039] ところで、PL測定では、測定対象試料表面に励起光を照射し、この励起光により励起された電子正孔対（キャリア）が再結合する際に生じる発光を検出する。一般的なPL測定では、測定感度向上のための前処理として、励起光が照射される測定対象試料表面を不活性化するパッシベーション処理が行われる。かかるパッシベーション処理としては、一般に熱処理等の公知の処理が行われる。本発明においても、一態様ではそのようなパッシベーション処理を施してもよい。ただし、回復熱処理後にPL測定を行う場合には、回復熱処理がパッシベーション処理を兼ねることができるため、回復熱処理後にパッシベーション処理を行わずにPL測定を行ってもよく、工程の簡略化や短時間化の観点からは、回復熱処理後にパッシベーション処理を行わずにPL測定を行うことが好ましい。

[0040] <実ドーズ量評価の具体的態様>

一態様では、先に記載したような標準試料を準備し、この標準試料のPL測定を行い得られた測定結果と対比することにより、実ドーズ量評価やダメージ回復評価を行うことができる。例えば、標準試料として、回復熱処理によって、PL強度に影響を及ぼさないと見なすことができるほどダメージが回復した試料を準備すれば、標準試料において測定されるPL強度は、実ドーズ量ときわめて良好に相関していると言える。したがって、一態様では、上記標準試料と同様に、PL強度に影響を及ぼさないと見なすことができるほど回復熱処理によりダメージが回復された半導体ウェーハ（評価対象ウェーハ）のPL強度を、上記標準試料において測定されたPL強度と対比し、評価対象ウェーハのPL強度が、上記標準試料において測定されたPL強度 $\pm X$ の範囲内であるならば、標準試料と同様の実ドーズ量であると判定することができる。ここで上記の X は、製品に求められる品質を考慮し、任意に設定することができる。高品質な製品が求められるほど X は小さな値に設定することが好ましい。

また、他の一態様では、そのような標準試料として、ドーズ量の異なる標

準試料を2つ以上、好ましくは3つ以上準備し、これら標準試料のPL強度を測定し、測定された値から作成した検量線を用いて、上記評価対象ウェーハのPL強度から実ドーズ量を評価してもよい。なお本発明における実ドーズ量の評価は、ドーズ量の具体的数値を求めることに限定されず、ドーズ量がある範囲内にあると評価することも包含される。また、評価対象ウェーハに実際に注入されたイオン量の正確な値を求めることまでは要さず、予想される実ドーズ量を評価できればよい。

[0041] イオン注入処理後であって回復熱処理前の半導体ウェーハには、通常、イオン注入によるダメージが多く含まれているため、PL測定の測定結果がダメージの影響を強く受ける傾向がある。そのようなダメージの影響を低減するためには、実ドーズ量の評価のためのPL測定は、回復熱処理後に行うことが好ましい。

[0042] 一態様では、検量線は、以下のように作成することもできる。

ドーズ量の異なる複数の試料に同条件での回復熱処理を施した後、PL強度を測定する。回復熱処理によるダメージの回復の程度は、必ずしもウェーハ面内で均一であるとは限らず、十分に回復していると思なすことができる領域と、回復が不均一、不十分または不均一かつ不十分な領域とがウェーハ面内に共存している場合もある。これら領域は、例えば、PL測定により得られたマッピング画像において判別することができる。具体例は後述する。このような場合には、回復熱処理によりダメージが十分に回復していると思なすことができる一部領域におけるPL強度を用いて検量線を作成する。これにより、ダメージの影響を低減して検量線を作成することができるため、検量線による実ドーズ量の評価の信頼性を高めることができる。

[0043] なお、上記いずれの態様においても、検量線は、公知のフィッティング法により線形近似した直線であってもよく、公知のフィッティング法により曲線近似した曲線であってもよい。

[0044] <ダメージ回復評価の具体的態様>

先に記載したように、半導体ウェーハにイオン注入によるダメージが多く

含まれているほど、PL強度は低下する傾向がある。そこで、一態様では、以下のようにダメージ回復を評価することができる。

イオン注入処理による実ドーズ量が同水準であることが予め確認された半導体ウェーハを試料として準備する。なお実ドーズ量が同水準であることは、例えば、先に標準試料に関して記載した手法により確認することができる。これら試料に、異なる条件で回復熱処理を施した後、PL測定を行う。次に、これら試料を用いて半導体デバイスを作製し、製品に行われる評価を実施する。これにより製品として出荷可能と判定された試料のPL強度を、予め設定した水準までダメージが回復したと判定するための閾値として採用し、実際のダメージ回復評価を行うことができる。

[0045] 以上では、実ドーズ量評価およびダメージ回復評価についてそれぞれ説明したが、本発明では、同一半導体ウェーハについて、実ドーズ量の評価とダメージ回復評価を併せて行うこともできる。

[0046] [上記評価後の半導体ウェーハに施される次工程]

本発明の一態様にかかる半導体ウェーハの製造方法では、以上説明した評価によって予め設定した範囲内のイオン注入量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハや回復熱処理により予め設定した水準までダメージが回復したと判定された半導体ウェーハは、次工程に付される。

また、本発明の一態様にかかる半導体ウェーハの評価方法によりイオン注入処理におけるイオン注入量が評価された半導体ウェーハや回復熱処理によるダメージの回復の程度が評価された半導体ウェーハも、評価の結果、次工程に付してよいと判定されたものは、次工程に付することができる。ここで次工程に付してよいと判定する判定基準は、製品に求められる品質に応じて設定すればよく、特に限定されるものではない。

次工程としては、特に限定されるものではなく、例えば、半導体ウェーハ出荷前の洗浄や半導体ウェーハ上へのデバイス形成工程等の半導体ウェーハに通常施される各種処理を挙げることができる。かかる次工程については、公知技術を何ら制限なく適用することができる。

[0047] なお先に記載したように、上記評価の結果、次工程に付してよいと判定されなかった半導体ウェーハには、追加のイオン注入工程や追加の回復熱処理を施すことができ、施すことが好ましい。

[0048] 以上説明した本発明の一態様にかかる半導体ウェーハの製造方法および半導体ウェーハの評価方法によれば、高品質な半導体ウェーハや半導体デバイスを量産することが可能となる。更に、先に記載したように不良品率を低減することも可能となる。

実施例

[0049] 以下、本発明を具体例を示し更に説明する。ただし本発明は、以下に示す具体例に限定されるものではない。

なお以下に記載のPL強度は相対値で示し、単位は任意単位 (arbitrary unit:a.u.) である。

また、以下で実施したイオン注入処理は、設定ドーズ量と実ドーズ量が大きく相違しないことが予め確認されたイオン注入処理である。

[0050] 以下のPL測定では、図1に示す装置として、Nanometrics社製のPL測定装置SiPHERを用い、500 μ mピッチでバンド端フォトルミネッセンス発光強度マップ測定を行った。特記しない限り、PL測定の測定結果は、測定レーザーとして波長532nmの光源を利用して得られた結果である。

[0051] 1. 回復熱処理の違いによるPL強度変化の確認

(1) イオン注入対象試料の準備

直径200mmのp型のシリコンウェーハ（抵抗：約10 Ω ・cm）を複数準備した。

(2) イオン注入処理

市販のイオン注入装置を用いて、表1に示すイオン（アルゴンイオン、ホウ素イオンまたは炭素イオン）を、複数のシリコンウェーハのそれぞれに異なる設定ドーズ量（イオン注入なしの水準を含む）で注入した。

(3) イオン注入処理後のPL測定

上記(2)のイオン注入処理後のシリコンウェーハに、イオン注入処理で

アルゴンイオンを照射した表面にパッシベーション処理（熱処理）を施した後に、同表面でＰＬ測定を行った。

（４）回復熱処理

上記（３）の後の各シリコンウェーハに、横型熱処理炉において１０００℃で３０分間回復熱処理を施した。

（５）回復熱処理後のＰＬ測定

上記（４）の回復熱処理後のシリコンウェーハの、上記（２）のイオン注入処理でアルゴンイオンを照射した表面において、ＰＬ測定を行った。なお上記（４）の回復熱処理がパッシベーション処理を兼ねることができるため、ここでは更なるパッシベーション処理は行わなかった。以下に記載の回復熱処理後のＰＬ測定についても、同様である。

[0052] 以上のＰＬ測定において、各シリコンウェーハの上記表面の全面において測定したＰＬ強度の平均値を、表１に示す。

[0053] [表１]

	注入イオン	設定ドーズ量[cm^2]	PL強度[a.u.]	
			回復熱処理前	回復熱処理後
水準1	アルゴンイオン	無し	1.0	1.0
水準2	アルゴンイオン	1.00E+13	0.1	0.7
水準3	アルゴンイオン	5.00E+13	0.0	0.2
水準4	ホウ素イオン	1.00E+13	0.1	0.9
水準5	炭素イオン	1.00E+13	0.1	1.0

[0054] 表１に示すように、イオン注入無しの水準１において、回復熱処理前後でＰＬ強度は変化しなかった。これに対し、イオンを注入した水準２～５では、回復熱処理後のＰＬ強度は、回復熱処理前のＰＬ強度より高かった。また、アルゴンイオンを注入した水準２と水準３とを対比すると、回復熱処理後のＰＬ強度は、ドーズ量が少ない水準２が、水準３より高い値を示した。水準２は、水準３よりドーズ量が少なくイオン注入によって発生したダメージが少ないため、同じ回復熱処理を施した水準３よりＰＬ強度が高くなったと考えられる。加えて、水準５では、回復熱処理後のＰＬ強度が、イオン注入無しの水準１のＰＬ強度と同じ値であることから、水準５では回復熱処理に

よってダメージがイオン注入前の状態まで回復したことも確認できる。

以上の結果から、PL強度によりダメージ回復の程度が評価可能であることが確認できる。

[0055] 2. 実ドーズ量評価のための検量線の作成例 1

(1) イオン注入対象試料の準備

直径200mmのn型のシリコンウェーハ（抵抗：約 $10\Omega \cdot \text{cm}$ ）を複数準備した。

(2) イオン注入処理

市販のイオン注入装置を用いて、リンイオンを、複数のシリコンウェーハのそれぞれに表2に示す異なる設定ドーズ量で注入した。

(3) 回復熱処理

上記(2)の後の各シリコンウェーハに、RTA炉において 1000°C で30秒間熱処理（熱処理1）を施した。

その後、下記のPL測定後に、横型熱処理炉において 1000°C で10分間熱処理（熱処理2）を施した。

(4) 回復熱処理後のPL測定

上記(3)の熱処理1の後、熱処理2の後に、それぞれ、上記(2)のイオン注入処理でリンイオンを照射したシリコンウェーハ表面において、PL測定を行った。PL測定は、測定レーザーとして、波長532nmの光源、波長830nmの光源を用いて、それぞれ行った。

[0056] 以上のPL測定において、各シリコンウェーハの上記表面の全面において測定したPL強度の平均値（測定レーザー波長：532nm）を、表2に示す。図2には、表2に示す結果をプロットし、最小二乗法により線形近似した近似直線を示す（検量線の作成）。

[0057] [表2]

	設定ドーズ量 $[\text{cm}^2]$		
	3.40E+11	3.40E+12	3.40E+13
熱処理1後のPL強度[a.u.]	1.000	1.012	1.121
熱処理2後のPL強度[a.u.]	1.000	1.011	1.082

[0058] 近似式については、相関係数 R の二乗 R^2 が 1 に近いほど、近似式の信頼性が高いと判断される。図 2 に示した線形近似の近似式は、いずれも相関係数 R の二乗 R^2 が 0.9 以上であり、信頼性が高いと判断できる。

[0059] 3. 実ドーズ量評価のための検量線の作成例 2

イオン注入処理および回復熱処理を施すシリコンウェーハとして、直径 200 mm の p 型のシリコンウェーハ（抵抗：約 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ ）を用いて表 3 に示す設定ドーズ量でホウ素イオンをイオン注入した点以外、上記 2. と同様に各種処理および PL 測定を行った。PL 測定は、測定レーザー波長 532 nm、830 nm でそれぞれ実施した。図 3 は、熱処理 2 後に測定レーザー波長 830 nm で PL 測定を行い得られたマッピング画像（ $500 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ 角）である。

[0060] 上記 2. と同様に、各シリコンウェーハのイオン照射した表面の全面において測定した PL 強度の平均値（測定レーザー波長：532 nm）を、表 3 に示す。

なお熱処理 2 の後の PL 測定において得られた図 3 に示すマッピング画像（ $500 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ 角）では、画像左下の $150 \mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$ 角の領域（以下、「選択領域」とも記載する。）は、他の領域と比べて画像の濃淡のムラが少ないか、または他の領域と比べて明るかった（白かった）。同画像では、暗い（黒い）ほど PL 強度が低く、明るい（白い）ほど PL 強度が高いことを示す。前述のように、ダメージが多いほど PL 強度は低くなることから、上記の $150 \mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$ 角の選択領域は、他の領域と比べてダメージがより回復したか、より均一に回復したと考えられる。即ち、上記の選択領域は、他の領域と比べて PL 強度へのダメージの影響が少ないと考えられる。そこで、上記選択領域における PL 強度の平均値（測定レーザー波長：532 nm）も求めたところ、表 3 に示す値であった。

図 4 には、表 3 に示す結果をプロットし、最小二乗法により線形近似した近似直線を示す（検量線の作成）。

[0061]

[表3]

	設定ドーズ量[J/cm^2]		
	3.00E+11	3.00E+12	3.00E+13
熱処理1後のPL強度[a.u.]	1.000	0.986	0.968
熱処理2後のPL強度[a.u.]	1.000	0.999	0.976
熱処理2後の選択領域でのPL強度[a.u.]	1.000	0.998	0.982

[0062] 前述のように、近似式については、相関係数 R の二乗 R^2 が 1 に近いほど、近似式の信頼性が高いと判断される。図 4 に示した線形近似の近似式は、いずれも相関係数 R の二乗 R^2 が 0.8 以上であり、信頼性が高いと判断できる。更に、熱処理 1 後の PL 強度により得られた近似式に比べて熱処理 2 後の PL 強度から得られた近似式の相関係数の二乗 R^2 はより 1 に近く、熱処理 2 後の選択領域での PL 強度から得られた近似式の相関係数の二乗 R^2 は 1 であることから、ダメージの影響を低減するほど、検量線の信頼性を高めることができることが確認できる。中でも、熱処理 2 後の選択領域での PL 強度から得られた近似式は、相関係数の二乗 R^2 が 1 であり、ダメージの影響をほぼ含まないと見なすことができる。したがって、あるドーズ量について、熱処理 1 や熱処理 2 の後に測定される PL 強度から、この近似式を検量線として算出される PL 強度を引いた PL 強度の差分は、イオン注入による影響をほぼ含まず、熱処理 1 や熱処理 2 の後に残存しているダメージの影響を反映していると考えられる。一態様では、このような差分に基づき、回復熱処理後に残存しているダメージの程度を判定することができる。なお上記の例では検量線の相関係数の二乗 R^2 は 1 であるが、この例に限定されるものではない。

[0063] 5. PL 測定時の測定レーザー波長の検討

上記 1. の水準 1～3 について、回復熱処理後に測定レーザー波長を変更して行った PL 測定により得られたマッピング画像を、図 5 に示す。

図 5 上欄は測定レーザー波長 830 nm での PL 測定により得られたマッピング画像、下欄は測定レーザー波長 532 nm での PL 測定により得られたマッピング画像である。

図 5 に示すマッピング画像は、上欄と下欄とを対比すると、下欄がよりコ

ントラストが大きな画像となっている。コントラストが大きいことは、わずかなダメージの違いやイオン注入量の違いも高感度に検出していること、即ち測定感度が高いことを意味する。測定レーザー波長が異なると、測定深さ（光の進入長）は異なる。測定レーザー波長 830 nm での PL 測定の評価結果は、上記 1. のイオン注入処理によりイオン注入された領域よりも深い領域の影響も含むと考えられるのに対し、測定レーザー波長 532 nm での PL 測定の評価結果は、そのような深い領域の影響が少ないか含まないと考えられる。測定レーザー波長 532 nm での PL 測定の評価結果は、イオン注入された領域の状態をより反映していることが、上記違いをもたらした理由と本発明者らは推察している。この結果から、本発明者らは、イオン注入される領域の深さにより近い光の進入長をもたらす波長のレーザー光を用いて PL 測定を行うことにより、より高感度測定が可能になると考えている。

[0064] 本発明は、半導体ウェーハの製造分野および半導体デバイスの製造分野において、有用である。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体ウェーハの製造方法であって、
半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すこと、および、
予め設定した範囲内のイオン注入量でイオン注入が行われたと判定された半導体ウェーハを次工程に付すこと、
を含み、
前記イオン注入処理と前記次工程との間に、前記イオン注入処理後の半導体ウェーハの前記表面においてフォトルミネッセンス測定を行うことを更に含み、
前記判定を、前記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う、前記半導体ウェーハの製造方法。
- [請求項2] 前記イオン注入処理後の半導体ウェーハに、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理を施すことを含み、
前記フォトルミネッセンス測定を、前記回復熱処理後に行う、請求項1に記載の半導体ウェーハの製造方法。
- [請求項3] 前記測定結果は、フォトルミネッセンス強度である請求項1または2に記載の半導体ウェーハの製造方法。
- [請求項4] 前記フォトルミネッセンス強度は、前記半導体ウェーハ表面の全面または一部領域において測定されるフォトルミネッセンス強度である請求項3に記載の半導体ウェーハの製造方法。
- [請求項5] 半導体ウェーハの製造方法であって、
半導体ウェーハの表面に向かってイオンを照射しイオン注入処理を施すこと、
前記イオン注入処理後の半導体ウェーハに、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理を施すこと、および、
予め設定した水準までダメージが回復したと判定された半導体ウェーハを次工程に付すこと、

を含み、

前記回復熱処理と前記次工程との間に、前記イオン注入処理においてイオンが照射された半導体ウェーハの前記表面においてフォトルミネッセンス測定を行うことを更に含み、
前記判定を、前記フォトルミネッセンス測定の測定結果に基づき行う、前記半導体ウェーハの製造方法。

[請求項6] 前記測定結果は、フォトルミネッセンス強度である請求項5に記載の半導体ウェーハの製造方法。

[請求項7] 前記注入されるイオンは、ドーパントイオン、アルゴンイオンおよび炭素イオンからなる群から選択される請求項1～6のいずれか1項に記載の半導体ウェーハの製造方法。

[請求項8] 前記半導体ウェーハは、シリコンウェーハである請求項1～7のいずれか1項に記載の半導体ウェーハの製造方法。

[請求項9] イオン注入処理が施された半導体ウェーハの評価方法であって、
前記イオン注入処理は、半導体ウェーハ表面に向かってイオンを照射することにより行われ、
前記イオン注入処理後の半導体ウェーハの前記表面においてフォトルミネッセンス測定を行い、該測定結果に基づき前記イオン注入処理におけるイオン注入量を評価する、前記半導体ウェーハの評価方法。

[請求項10] 前記フォトルミネッセンス測定が行われる半導体ウェーハは、前記イオン注入処理後に、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理が施された半導体ウェーハである、請求項9に記載の半導体ウェーハの評価方法。

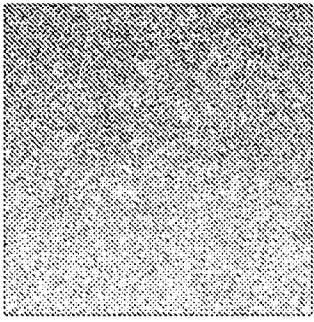
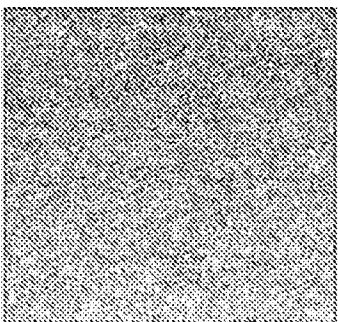
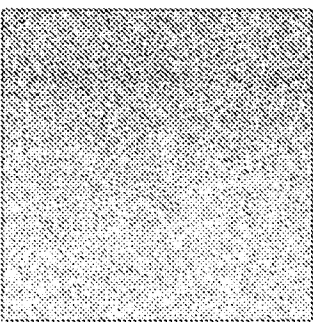
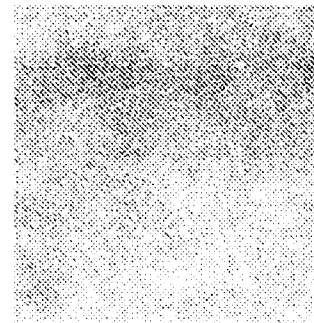
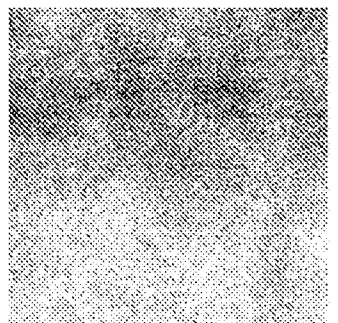
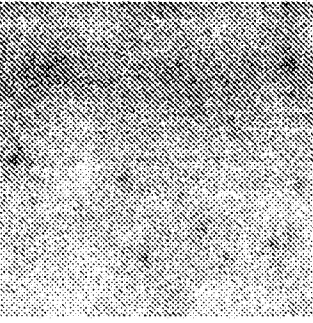
[請求項11] 半導体ウェーハの評価方法であって、
評価対象の半導体ウェーハは、該半導体ウェーハ表面に向かってイオンを照射することによりイオン注入処理が施され、かつ該イオン注入処理後に、イオン注入によるダメージを回復するための回復熱処理が施された半導体ウェーハであり、

前記回復熱処理後の半導体ウェーハの前記表面においてフォトルミネッセンス測定を行い、該測定結果に基づき前記回復熱処理によるダメージの回復の程度を評価する、前記半導体ウェーハの評価方法。

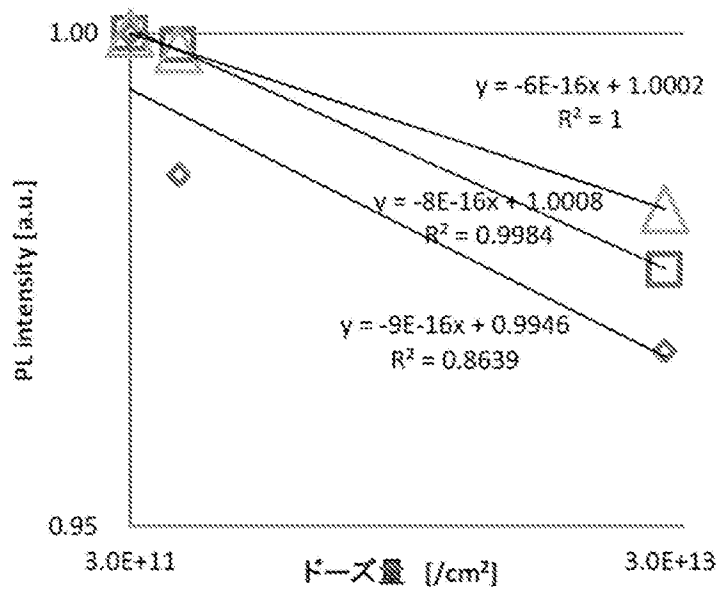
[請求項12] 前記注入されるイオンは、ドーパントイオン、アルゴンイオンおよび炭素イオンからなる群から選択される請求項9～11のいずれか1項に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[請求項13] 前記半導体ウェーハは、シリコンウェーハである請求項9～12のいずれか1項に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[図3]

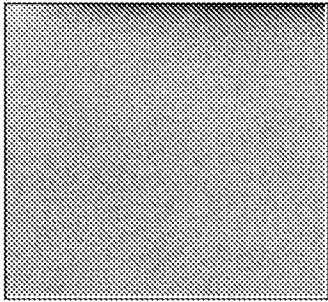
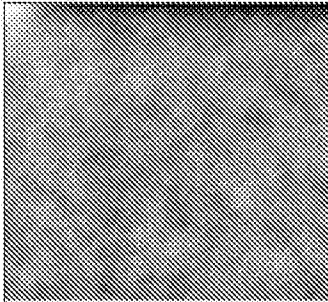
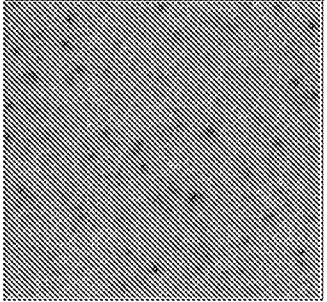
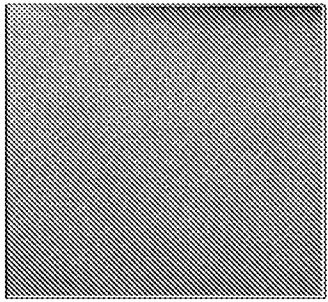
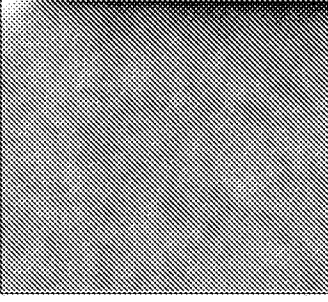
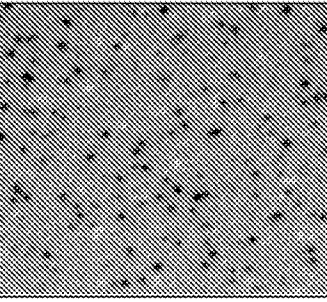
	設定ドーズ量 [J/cm^2]		
	$3.00\text{E}+11$	$3.00\text{E}+12$	$3.00\text{E}+13$
熱処理1後			
熱処理2後			

[図4]



- ◆ 熱処理1後のPL強度
- 熱処理2後のPL強度
- △ 熱処理2後の選択領域でのPL強度

[図5]

アルゴンイオン 設定ドーズ量 [cm^2]	無し	1.00E+13	5.00E+13
830nm Laser			
532nm Laser			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/66(2006.01)i, H01L21/265(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)

H01L21/66, H01L21/265

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 02-016726 A (Varian Associates, Inc.), 19 January 1990 (19.01.1990), page 2, upper right column, line 9 to page 8, lower right column, line 12 (Family: none)	9-13 1-8
Y	JP 11-330185 A (Matsushita Electronics Corp.), 30 November 1999 (30.11.1999), paragraphs [0057], [0063] (Family: none)	1-8

☒ 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
08 June 2016 (08.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061493

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 2001-230291 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 24 August 2001 (24.08.2001), paragraphs [0127] to [0132] & US 6128084 A column 26, line 63 to column 27, line 47 & WO 98/057146 A1	1-13
A	OKUTANI et al., "Photoluminescence and deep level transient spectroscopy study on recrystallization of ultra-shallow junction", IEICE Technical Report SDM, Silicone Zairyo Device, 110(351), 10 December 2010 (10.12.2010), pages 73 to 78	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/66(2006.01)i, H01L21/265(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. H01L21/66, H01L21/265

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 02-016726 A（バリアン・アソシエイツ・インコーポレイテッド） 1990.01.19, 第2頁右上欄第9行-第8頁右下欄第12行（ファミリーなし）	9-13 1-8
Y	JP 11-330185 A（松下電子工業株式会社）1999.11.30, 第57, 63段落（ファミリーなし）	1-8

☒ 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

08.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

▲高▼須 甲斐

50

4539

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 2001-230291 A (松下電器産業株式会社) 2001.08.24, 第127-132段落 & US 6128084 A, 第26欄第63行-第27欄第47行 & W0 98/057146 A1	1-13
A	奥谷他, ホトルミネセンス法およびDLTS法によるシリコン極浅接合の再結晶化過程の評価, 電子情報通信学会技術研究報告. SDM, シリコン材料・デバイス, 110(351), 2010.12.10, pp.73-78	1-13