

(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 11 月 24 日(24.11.2016)

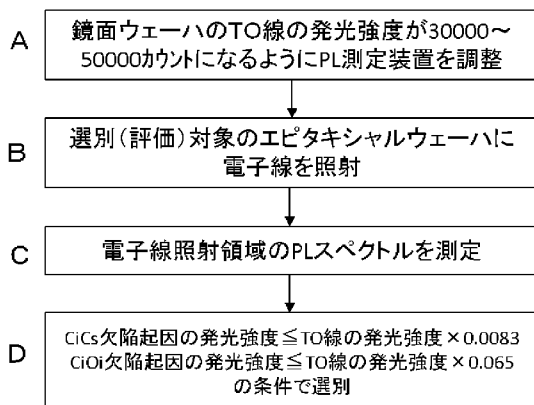


(10) 国際公開番号
WO 2016/185644 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01) *H01L 21/20* (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/001223
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 7 日(07.03.2016)
- (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 2015-102441 2015 年 5 月 20 日(20.05.2015) JP
- (71) 出願人: 信越半導体株式会社(SHIN-ETSU HAN-
DOTAI 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: 水澤 康(MIZUSAWA, Yasushi); 〒3790196
群馬県安中市磯部 2 丁目 1 3 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 1 1
号第一下谷ビル 8 F 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), 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:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SILICON EPITAXIAL WAFER AND METHOD FOR EVALUATING SAME

(54) 発明の名称: シリコンエピタキシャルウェーハの製造方法及び評価方法



- A Adjust PL measurement device so that TO beam emission intensity of mirror-surface wafer is 30,000 to 50,000 counts
- B Irradiate epitaxial wafer to be selected (evaluated) with electron beam
- C Measure PL spectrum of electron beam irradiation region
- D Select according to the following conditions: C₁C₂ defect-derived emission intensity ≤ TO beam emission intensity × 0.0083, C₁O₁ defect-derived emission intensity ≤ TO beam emission intensity × 0.065

(57) Abstract: The present invention provides a method for manufacturing a silicon epitaxial wafer in which an epitaxial layer is grown on a silicon mirror-surface wafer, wherein the method for manufacturing a silicon epitaxial wafer is characterized in having: a step for measuring the photoluminescence (PL) spectrum of the mirror-surface wafer using a PL measurement device and adjusting the PL measurement device so that the TO beam emission intensity is equal to 30,000 to 50,000 counts; a step for irradiating the silicon epitaxial wafer with an electron beam; a step for measuring the PL spectrum from the electron beam irradiation region using the adjusted PL measurement device; and a step for selecting, and deeming as acceptable, a silicon epitaxial wafer in which the C₁C₂ defect-derived emission intensity of the PL spectrum represents 0.5% or less of the TO beam emission intensity. Thereby provided is a method for manufacturing a silicon epitaxial wafer that, when an imaging element is manufactured using the silicon epitaxial wafer, it is possible to select a silicon epitaxial wafer in which white blemishes are not at a problematic level.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/185644 A1



本発明は、シリコンの鏡面ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させたシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法であって、鏡面ウェーハのフォトルミネッセンス（PL）スペクトルをPL測定装置で測定しTO線の発光強度が30000～50000カウントとなるようにPL測定装置を調整する工程と、シリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程と、電子線照射領域からのPLスペクトルを調整されたPL測定装置で測定する工程と、PLスペクトルのC₁C₂欠陥に起因する発光強度がTO線の発光強度の0.83%以下、C₁O₁欠陥に起因する発光強度がTO線の発光強度の6.5%以下となるシリコンエピタキシャルウェーハを選別して合格とする工程を有することを特徴とするシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法を提供する。これにより、シリコンエピタキシャルウェーハを用いて撮像素子を製造する場合に、白キズ不良が問題にならないレベルのシリコンエピタキシャルウェーハを選別することができるシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法が提供される。

明 細 書

発明の名称：

シリコンエピタキシャルウェーハの製造方法及び評価方法

技術分野

[0001] 本発明は、シリコンエピタキシャルウェーハの製造方法、その製造方法により製造されたシリコンエピタキシャルウェーハを用いて製造された撮像素子、及びシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路を作製するための基板として、主にCZ（Czochralski）法によって作製されたシリコンウェーハが用いられている。近年の最先端撮像素子（CCD、CMOSイメージセンサ等）では、白キズと呼ばれる暗電流不良が発生している。白キズ発生の原因は、深い準位を形成する何らかの欠陥が存在するためと言われている。具体的には金属不純物が挙げられる。金属不純物がデバイス活性領域に存在することで白キズ不良を引き起こすことが良く知られている。

[0003] その他の深い準位を形成する欠陥として知られているものとして、 C_iC_s 欠陥や C_iO_i 欠陥が挙げられる。 C_iC_s 欠陥は格子間炭素と格子位置炭素の複合体、 C_iO_i 欠陥は格子間炭素と格子間酸素の複合体で、深い準位を形成するために白キズ不良の原因となる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平4－104042号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 深い準位を形成する欠陥が比較的少ない基板として、高感度撮像素子にはエピタキシャルウェーハが用いられる場合が多い。その際に発生する白キズ不良の原因として、エピタキシャル層中の金属不純物が挙げられる。その他

に深い準位を形成する欠陥として、 $C_i C_s$ 欠陥や $C_i O_i$ 欠陥がある。これらの $C_i C_s$ 欠陥や $C_i O_i$ 欠陥の形成には、酸素もしくは炭素の存在が必要であり、酸素及び炭素が存在していなければ欠陥は発生しない。

[0006] これまで、エピタキシャルウェーハにおけるエピタキシャル層には、デバイス工程中に基板からエピタキシャル層へ拡散してくる酸素もしくは炭素以外には、酸素や炭素は存在しないと考えられていた。

[0007] しかし、シリコン基板上にエピタキシャル層を成長させた直後に電子線を照射して、低温フォトルミネッセンス法（Photoluminescence法；以下ではPL法と言うことがある）で測定すると、 $C_i C_s$ 欠陥や $C_i O_i$ 欠陥が検出される。この際の測定波長は532nmでシリコンに対する侵入長は約1 μ mであり、その侵入長よりも十分に厚いエピタキシャル層のエピタキシャルウェーハを用いても $C_i C_s$ 欠陥や $C_i O_i$ 欠陥が検出されるので、エピタキシャル層成長直後に存在する酸素や炭素は基板から拡散してきたものではないと言える。

従って、実際にはエピタキシャル成長直後であっても、エピタキシャル層中に酸素や炭素が極めて微量に存在することが分かった。よって、歩留まり良く撮像素子用基板を製造するためには、エピタキシャル層に含まれる酸素及び炭素をさらに少なくすると良い。

[0008] しかしながら、最先端撮像素子の白キズ不良に影響するレベルの極めて低濃度の酸素や炭素を直接正確に測定することは難しい。シリコン中の酸素濃度を精度良く求める方法として、特許文献1では、シリコン試料に炭素イオンを注入して、酸素と炭素の複合欠陥を生成させ、そのシリコン試料からのフォトルミネッセンスを測定し酸素濃度を求める方法が示されている。しかしながら、炭素を注入しており、シリコン試料中に元から存在した炭素の濃度は求めることはできない。

さらに、特許文献1には撮像素子の白キズ不良については何も記載されておらず、エピタキシャルウェーハを用いて製造された撮像素子の白キズ不良とエピタキシャルウェーハの酸素に関連するフォトルミネッセンスとの関係

は不明である。

[0009] 本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、シリコンエピタキシャルウェーハを用いて撮像素子を製造する場合に、撮像素子の白キズ不良が問題にならないレベルのシリコンエピタキシャルウェーハを、選別して合格とすることができるシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、そのシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法により製造されたシリコンエピタキシャルウェーハを用いて製造された撮像素子を提供することを目的とする。さらに、本発明は、シリコンエピタキシャルウェーハを用いて撮像素子を製造する場合に、撮像素子の白キズ不良が問題にならないレベルか否かを判断することができるシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法を提供することを目的とする。

尚、ここで、「問題にならないレベル」とは、撮像素子の白キズ不良の数が十分に少なく、その撮像素子を用いた、例えばデジタルカメラなどの製品において問題が生じない程度であることを意味する。

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、シリコンの鏡面ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させたシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法であって、

前記鏡面ウェーハに光を照射して、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルをフォトルミネッセンス測定装置で測定し、該スペクトルのTO線の発光の強度が30000～50000カウントとなるように前記フォトルミネッセンス測定装置を調整する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハの電子線照射領域に光を照射し、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルを前記調整されたフォトルミネッセンス測定装置で測定する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルのC₁C₂欠陥に起因する発光の強度がTO線の発光の強度の0.83

%以下、 C_iO_i 欠陥に起因する発光の強度がTO線の発光の強度の6.5%以下となるシリコンエピタキシャルウェーハを選別して合格とする工程を有することを特徴とするシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法を提供する。

[0011] このように、エピタキシャル層を成長させて作製したシリコンエピタキシャルウェーハに対して、TO線の発光の強度を30000~50000カウントになるようにフォトルミネッセンス測定装置を調整し、フォトルミネッセンスのスペクトルの C_iC_o 欠陥に起因する発光の強度がTO線の発光の強度の0.83%以下、 C_iO_i 欠陥に起因する発光の強度がTO線の発光の強度の6.5%以下となるシリコンエピタキシャルウェーハを選別して撮像素子を製造することにより、確実に撮像素子の白キズ不良を問題のないレベルまで低減することができる。

尚、30000~50000カウントは、30000カウント以上50000カウント以下を意味する。

[0012] また、本発明は、上述のシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法により製造されたシリコンエピタキシャルウェーハを用いて製造された撮像素子を提供する。

[0013] このような撮像素子であれば、白キズ不良が問題のないレベルまで低減されているものとなる。

[0014] さらに、上記目的を達成するために、本発明は、シリコンの鏡面ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させたシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法であって、

前記鏡面ウェーハに光を照射して、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルをフォトルミネッセンス測定装置で測定し、該スペクトルのTO線の発光の強度が30000~50000カウントとなるように前記フォトルミネッセンス測定装置を調整する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハの電子線照射領域に光を照射し、発

生するフォトルミネッセンスのスペクトルを前記調整されたフォトルミネッセンス測定装置で測定する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルの C_{C} 、 C_{O} 欠陥に起因する発光の強度を求め、該発光の強度がTO線の発光の強度の0.83%以下であるか否かを判断する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルの C_{C} 、 O_{C} 欠陥に起因する発光の強度を求め、該発光の強度がTO線の発光の強度の6.5%以下であるか否かを判断する工程を有することを特徴とするシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法を提供する。

[0015] このように、エピタキシャル層を成長させて作製したシリコンエピタキシャルウェーハに対して、TO線の発光の強度を30000~50000カウントになるようにフォトルミネッセンス測定装置を調整し、フォトルミネッセンスのスペクトルの C_{C} 、 C_{O} 欠陥に起因する発光の強度がTO線の発光の強度の0.83%以下であるか否か、 C_{C} 、 O_{C} 欠陥に起因する発光の強度がTO線の発光の強度の6.5%以下であるか否かを判断することで、実際に撮像素子を製造しなくとも、撮像素子の白キズ不良が問題のないレベルのシリコンエピタキシャルウェーハであるか否かを判断することができる。

発明の効果

[0016] 以上のように、本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法によれば、シリコンエピタキシャルウェーハを選別して撮像素子を製造することにより、撮像素子の白キズ不良を問題のないレベルまで低減し、高性能、高品質の撮像素子を製造することができる。また、本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法によれば、実際に撮像素子を製造しなくとも、撮像素子の白キズ不良が問題のないレベルのシリコンエピタキシャルウェーハであるか否かを判断することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]シリコンエピタキシャルウェーハのフォトルミネッセンスの測定結果を示す図である。

[図2A] T O線の発光の強度に対する $C_{\downarrow}C_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光強度の割合と白キズの関係を示すグラフである。

[図2B] T O線の発光の強度に対する $C_{\downarrow}O_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光強度の割合と白キズの関係を示すグラフである。

[図3]本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法の工程フローを示す図である。

[図4]本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法の工程フローを示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明をより詳細に説明する。

上記のように、最先端撮像素子用のシリコンエピタキシャルウェーハにおいて、白キズ不良が問題にならないレベルのシリコンエピタキシャルウェーハを提供する方法が求められている。

[0019] 本発明者は、上記目的を達成するために鋭意検討を行った結果、シリコンの鏡面ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させたシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法であって、

前記鏡面ウェーハに光を照射して、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルをフォトルミネッセンス測定装置で測定し、該スペクトルのT O線の発光の強度が3 0 0 0 0～5 0 0 0 0カウントとなるように前記フォトルミネッセンス測定装置を調整する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハの電子線照射領域に光を照射し、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルを前記調整されたフォトルミネッセンス測定装置で測定する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルの $C_{\downarrow}C_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光の強度がT O線の発光の強度の0. 8 3 %以下、 $C_{\downarrow}O_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光の強度がT O線の発光の強度の6. 5 %以下となるシリコンエピタキシャルウェーハを選別して合格とする工程を有

することを特徴とするシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法が、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させた。

[0020] 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。

[0021] 最初に、シリコンエピタキシャルウェーハの C_iC_s 欠陥及び C_iO_i 欠陥に起因するPLの発光強度と、そのシリコンエピタキシャルウェーハと同条件で製造したシリコンエピタキシャルウェーハを用いて製造した撮像素子の白キズの関係調べた。

[0022] まず、撮像素子用の直径300mmのシリコンエピタキシャルウェーハを製造するために、抵抗率 $10\Omega \cdot cm$ のn型のシリコンの鏡面ウェーハ上に、抵抗率 $10\Omega \cdot cm$ 、厚さ $10\mu m$ のエピタキシャル膜（層）を形成したサンプルを用意した。その際のエピタキシャル層成長条件を5水準（水準1、2、3、4、5）とした。これら5水準はエピタキシャル成長中に取り込まれる酸素濃度に差がでると考えられる製造条件によるものである。これらのサンプルで実際に撮像素子を製造し暗電流（白キズ）特性を調査した。

[0023] 次に、上記の5水準と同じ成長条件でシリコンエピタキシャルウェーハを製造した後に電子線を照射して、電子線照射領域のPLスペクトルの測定を行った。測定結果のスペクトル（水準1、3、5）を図1に示した。また、電子線を照射する前のシリコンエピタキシャルウェーハからのPLスペクトルも測定し図1に示した。電子線照射前のPLスペクトルは水準1からのものを示したが、他の水準のPLスペクトルもほとんど同様なスペクトルであった。

[0024] 図1において、波長1130nm付近の最も強度の強い発光がTO線（T O－l i n e）であり、TO（T r a n s v e r s e O p t i c a l）フォノンが関係したバンド間遷移発光によるものである。また、波長1278nm付近の発光がG線（G－l i n e）であり、 C_iC_s 欠陥に由来する発光である。さらに、波長1571nm付近の発光がC線（C－l i n e）であり、 C_iO_i 欠陥に由来する発光である。電子線照射前のPLスペクトルと比

較すると、水準 1 ～ 5 の PL スペクトルではいずれも G 線及び C 線の発光が強くなっており、 $C_{\downarrow}O_{\downarrow}$ 欠陥及び $C_{\downarrow}C_{\downarrow}$ 欠陥による準位が検出された。

図 1 の G 線において、発光強度は水準 5 が最も大きく、水準 1 が最も小さく、水準 1 ～ 5 の順に大きくなった。また、C 線においても G 線と同様に、発光強度は水準 5 が最も大きく、水準 1 が最も小さく、水準 1 ～ 5 の順に大きくなった。

[0025] ここで、リファレンスとする鏡面ウェーハの T O 線の発光の強度が 3 0 0 0 0 ～ 5 0 0 0 0 カウントになるように PL 測定装置を調整して、以降で用いる G 線及び C 線の発光強度を各水準のウェーハについて求めた。T O 線の発光の強度が 3 0 0 0 0 カウント未満では G 線及び C 線の発光強度が小さくなり精度の高い白キズの評価ができない。また、T O 線の発光の強度が 5 0 0 0 0 カウントを超えると G 線及び C 線の発光強度が大きくなりすぎて白キズとの相関が得られなくなってしまう。

[0026] そして、既に調査した撮像素子の白キズと $C_{\downarrow}C_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光（G 線）の強度の関係を図 2 A に、撮像素子の白キズと $C_{\downarrow}O_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光（C 線）の強度との関係を図 2 B に示す。図 2 A 及び図 2 B において、横軸は白キズの個数、縦軸は T O 線の発光の強度に対する $C_{\downarrow}C_{\downarrow}$ 欠陥、 $C_{\downarrow}O_{\downarrow}$ 欠陥に起因する発光強度の割合を示している。尚、撮像素子の白キズの個数は撮像面の面積等にも依存するので、図 2 A 及び図 2 B 中の白キズの個数は規格化されたものである。

[0027] 図 2 A において、最も白キズが少ないのが水準 1、最も多いのが水準 5 で、水準 1 ～ 5 の順に白キズが多くなった。図 2 B においても同様に、白キズは水準 1 が最も少なく、水準 5 が最も多かった。これらのことから、 $C_{\downarrow}C_{\downarrow}$ 欠陥に起因する G 線の発光強度もしくは $C_{\downarrow}O_{\downarrow}$ 欠陥に起因する C 線の発光強度が高くなるに従って、白キズ特性が悪化することが分かった。

ここで、G 線については、発光強度が T O 線の発光強度に対して 0. 8 3 % を超えると急激に白キズ特性が悪化している。一方、C 線については、発光強度が T O 線の発光強度に対して 6. 5 % を超えた場合に、急激に白キズ

特性が悪化している。G線で発光強度がTO線の発光強度に対して0.83%の場合は白キズの数18個と見積もられ、C線で発光強度がTO線の発光強度に対して6.5%の場合は白キズの数18個と見積もられる。これらはいずれも最先端撮像素子においても、実用上問題にならないレベルである。従って、G線の発光強度がTO線の発光強度に対して0.83%以下、C線の発光強度がTO線の発光強度に対して6.5%以下のシリコンエピタキシャルウェーハを用いて撮像素子を製造すれば、白キズ不良を問題にならないレベルとすることができる。

また、G線の発光強度のTO線の発光強度に対する割合及びC線の発光強度のTO線の発光強度に対する割合は、いずれも、0%以上でよい。

[0028] 次に、本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法について図3を参照して説明する。

図3は、本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法の工程フローを示す図である。まず、本発明では、リファレンスとなるシリコンの鏡面ウェーハに光を照射して、発生するPLスペクトルをPL測定装置で測定する。鏡面ウェーハに照射する光は特に限定されないが、例えば波長532nmの固体レーザーとすることができる。その他にも、ArイオンレーザーやHe-Cdレーザー等を用いることもできる。そして、得られたPLスペクトルのTO線の発光強度が30000~50000カウントとなるように、PL測定装置を調整する（A工程）。

[0029] このとき、リファレンスとするシリコンの鏡面ウェーハは特に限定されないが、長期にわたって常に同じ鏡面ウェーハを用いることで、測定の時期による発光強度計測値のばらつきが発生しないようにすることが好ましい。また、リファレンスの鏡面ウェーハは、エピタキシャルウェーハの仕様ごとに定めてもよい。その場合でも、仕様ごとに同じ鏡面ウェーハを長期にわたって使用することが好ましい。

[0030] 次に、選別対象のシリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射し（B工程）、エピタキシャル層の中にC_iC_s欠陥やC_iO_i欠陥を生成させる。電

子線を照射する装置は特に限定されないが、例えば走査型電子顕微鏡のような装置を用いることができる。電子線は選別対象のすべてのエピタキシャルウェーハに照射することもできるが、例えば同じエピタキシャル成長装置で連続して成長させた20枚のエピタキシャルウェーハ間で、G線及びC線の発光強度に変化がないことが事前に推定される場合は、その20枚のうちの1枚だけに電子線を照射してもよい。

[0031] 続いて、シリコンエピタキシャルウェーハの電子線照射領域に光を照射し、発生するPLスペクトルを前述の調整されたPL測定装置で測定し（C工程）、G線及びC線の発光強度を求める。

[0032] そして、C₁C₂欠陥に起因するG線の発光強度がTO線の発光強度の0.83%以下、C₁O₁欠陥に起因するC線の発光強度がTO線の発光強度の6.5%以下である場合には、そのシリコンエピタキシャルウェーハを合格とする（D工程）。また、前述のように、例えばそのシリコンエピタキシャルウェーハを含む20枚のウェーハ間でG線及びC線の発光強度に変化がないことが分かっているならば、残りの19枚のシリコンエピタキシャルウェーハも合格とすることができる。

[0033] このようにして選別され、合格とされたシリコンエピタキシャルウェーハを用いて撮像素子を製造する。そうすると、その撮像素子は白キズ不良が極めて少なくなり、実用上問題のないレベルのものとすることができる。

[0034] さらに、本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法について図4を参照して説明する。

本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法は、シリコンの鏡面ウェーハを用いてPLスペクトルを測定しTO線の発光強度が30000～50000カウントになるようにPL測定装置を調整する工程（A工程）、評価対象のエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程（B工程）、その電子線照射領域のPLスペクトルを測定する工程（C工程）を有しており、ここまでは既に説明したシリコンエピタキシャルウェーハを選別して合格とするシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法と同様である。

[0035] 本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法は、さらに、評価対象のシリコンエピタキシャルウェーハからのPLスペクトルのC_iC_s欠陥に起因するG線の発光強度がTO線の発光強度の0.83%以下であるか否かを判断する工程と、C_iO_i欠陥に起因するC線の発光強度がTO線の発光強度の6.5%以下であるか否かを判断する工程を有している。

[0036] 本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法によれば、製造したシリコンエピタキシャルウェーハが撮像素子用のウェーハとして適しているものか否かを評価することができる。具体的には、例えば本発明のシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法を用いて、撮像素子用として好適なシリコンエピタキシャルウェーハを製造するためのエピタキシャル層の成長条件の範囲を詳細に求めることができる。

実施例

[0037] 以下、実施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。

[0038] (実施例1)

撮像素子用の直径300mmのシリコンエピタキシャルウェーハを製造するために、抵抗率10Ω・cmのn型のシリコンの鏡面ウェーハ上に、抵抗率10Ω・cm、厚さ10μmのエピタキシャル層を形成したウェーハを5枚準備した。この5枚のウェーハは、同一のエピタキシャル成長装置を用いて連続して、同一の成長条件でエピタキシャル層を成長させたものであり、5枚のウェーハのエピタキシャル層は均質なものである。

[0039] 次に、シリコンの鏡面ウェーハを用いて、TO線の発光強度が40000カウントとなるように、PL測定装置を調整した。

さらに、準備したシリコンエピタキシャルウェーハのうちの1枚に電子線を照射した。続いて、このウェーハの電子線照射領域のPLスペクトルを調整されたPL測定装置で測定した。この時のG線の発光強度はTO線の発光強度の0.63%、C線の発光強度はTO線の発光強度の5.2%であり、選別条件を満たしていた。

[0040] 一方、残りの4枚のシリコンエピタキシャルウェーハで、撮像素子を製造して白キズ不良の評価を行った。製造された撮像素子の白キズの個数は平均値で4個であり、極めて白キズ不良の少ない撮像素子を製造することができた。

[0041] (実施例2)

実施例1と同様に、直径300mm、抵抗率 $10\Omega \cdot \text{cm}$ のn型のシリコンの鏡面ウェーハ上に、抵抗率 $10\Omega \cdot \text{cm}$ 、厚さ $10\mu\text{m}$ のエピタキシャル層を形成したウェーハを5枚準備した。但し、エピタキシャル成長に使用したエピタキシャル成長装置は、実施例1とは異なる装置とした。そして、シリコンの鏡面ウェーハを用いて、TO線の発光強度が40000カウントとなるように、PL測定装置を調整した。

[0042] さらに、準備したシリコンエピタキシャルウェーハのうちの1枚に電子線を照射し、このウェーハの電子線照射領域のPLスペクトルを調整されたPL測定装置で測定した。この時のG線の発光強度はTO線の発光強度の0.94%、C線の発光強度はTO線の発光強度の8.3%であり、選別（評価）条件を満たしていなかった。

[0043] そして、残りの4枚のシリコンエピタキシャルウェーハで、撮像素子を製造して白キズ不良の評価を行った。G線及びC線の発光強度の評価から白キズが多いことが予測されたが、実際に製造された撮像素子の白キズの個数は平均値で102個と多かった。これは、最先端撮像素子として不適当なレベルであった。

[0044] 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

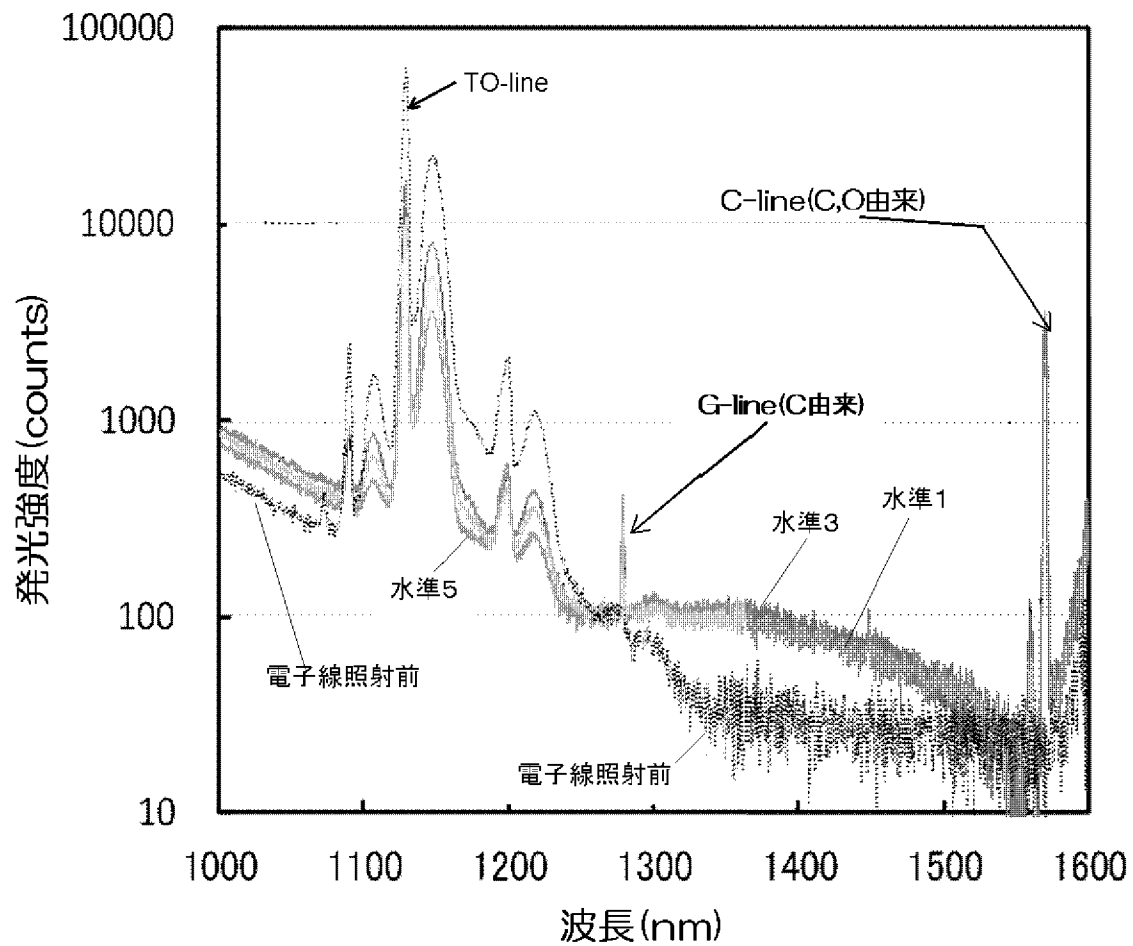
- [請求項1] シリコンの鏡面ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させたシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法であって、
- 前記鏡面ウェーハに光を照射して、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルをフォトルミネッセンス測定装置で測定し、該スペクトルのT O線の発光の強度が3 0 0 0 0～5 0 0 0 0カウントとなるように前記フォトルミネッセンス測定装置を調整する工程と、
- 前記シリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程と、
- 前記シリコンエピタキシャルウェーハの電子線照射領域に光を照射し、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルを前記調整されたフォトルミネッセンス測定装置で測定する工程と、
- 前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルのC_iC_s欠陥に起因する発光の強度がT O線の発光の強度の0. 8 3 %以下、C_iO_i欠陥に起因する発光の強度がT O線の発光の強度の6. 5 %以下となるシリコンエピタキシャルウェーハを選別して合格とする工程を有することを特徴とするシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法。
- [請求項2] 請求項1 に記載されたシリコンエピタキシャルウェーハの製造方法により製造されたシリコンエピタキシャルウェーハを用いて製造された撮像素子。
- [請求項3] シリコンの鏡面ウェーハ上にエピタキシャル層を成長させたシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法であって、
- 前記鏡面ウェーハに光を照射して、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルをフォトルミネッセンス測定装置で測定し、該スペクトルのT O線の発光の強度が3 0 0 0 0～5 0 0 0 0カウントとなるように前記フォトルミネッセンス測定装置を調整する工程と、
- 前記シリコンエピタキシャルウェーハに電子線を照射する工程と、
- 前記シリコンエピタキシャルウェーハの電子線照射領域に光を照射

し、発生するフォトルミネッセンスのスペクトルを前記調整されたフォトルミネッセンス測定装置で測定する工程と、

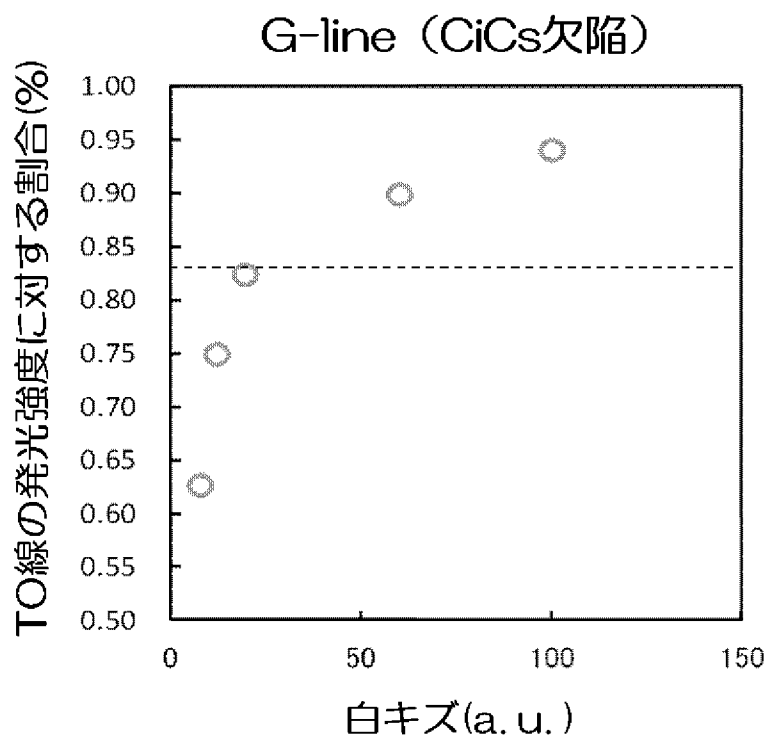
前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルのC_iC_s欠陥に起因する発光の強度を求め、該発光の強度がTO線の発光の強度の0.83%以下であるか否かを判断する工程と、

前記シリコンエピタキシャルウェーハからのフォトルミネッセンスのスペクトルのC_iO_i欠陥に起因する発光の強度を求め、該発光の強度がTO線の発光の強度の6.5%以下であるか否かを判断する工程を有することを特徴とするシリコンエピタキシャルウェーハの評価方法。

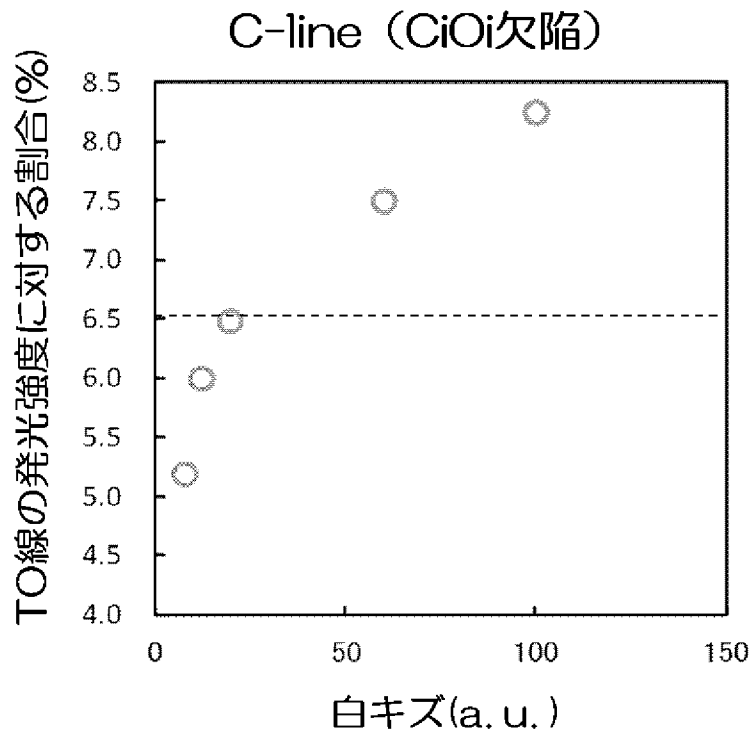
[図1]



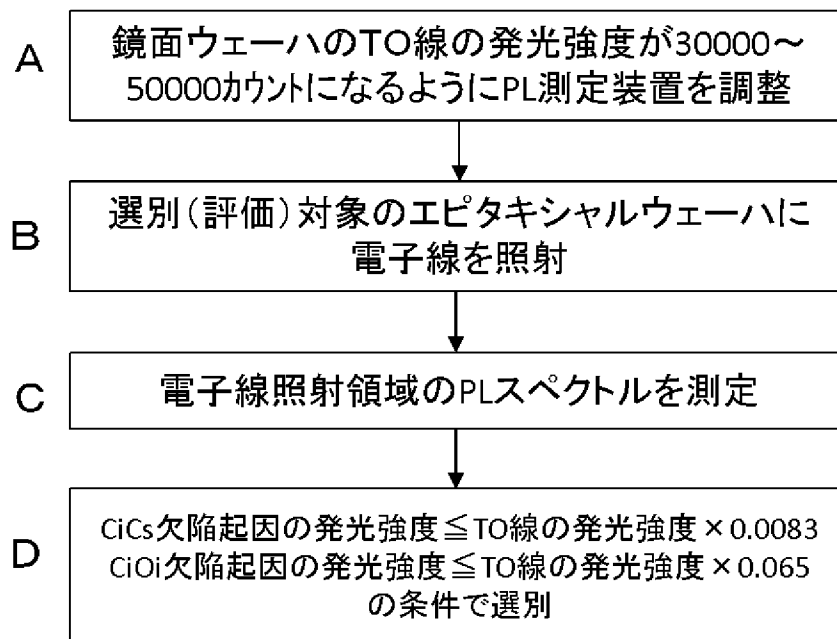
[図2A]



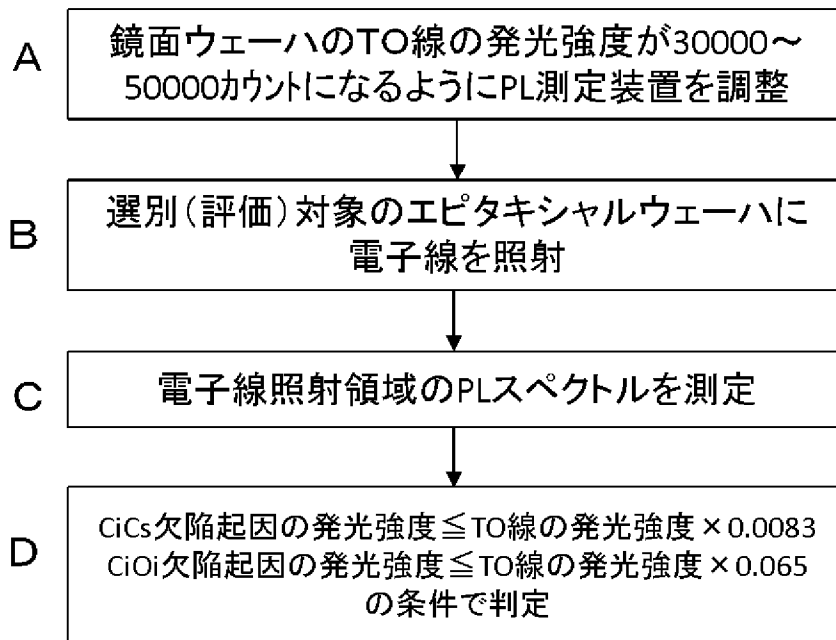
[図2B]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/001223

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/66(2006.01)i, C30B29/06(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/205(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, C30B29/06, H01L21/20, H01L21/205

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.
A	JP 2014-199253 A (Global Wafers Japan Co., Ltd.), 23 October 2014 (23.10.2014), paragraphs [0016] to [0037] & EP 2779220 A2 paragraphs [0018] to [0058] & KR 10-2014-0111973 A & TW 201435984 A	1-3
A	JP 2013-152977 A (Mitsubishi Electric Corp.), 08 August 2013 (08.08.2013), paragraphs [0015] to [0059] (Family: none)	1-3

☒ 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
15 April 2016 (15.04.16)

Date of mailing of the international search report
26 April 2016 (26.04.16)

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/JP2016/001223

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 2010-287778 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0021] to [0032] (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/66(2006.01)i, C30B29/06(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/66, C30B29/06, H01L21/20, H01L21/205

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
A	JP 2014-199253 A（グローバルウェーブ・ジャパン株式会社） 2014.10.23, 第16-37段落 & EP 2779220 A2, 第18-58段落, & KR 10-2014-0111973 A & TW 201435984 A	1-3
A	JP 2013-152977 A（三菱電機株式会社）2013.08.08, 第15-59段落（ファミリーなし）	1-3
A	JP 2010-287778 A（信越半導体株式会社）2010.12.24, 第21-32段落（ファミリーなし）	1-3

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

15.04.2016

国際調査報告の発送日

26.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 和樹

50

3252

電話番号 03-3581-1101 内線 3559