

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年8月3日 (03.08.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/080271 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/956 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/300948
- (22) 国際出願日: 2006年1月23日 (23.01.2006)
- (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2005-023898 2005年1月31日 (31.01.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000005 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 斉藤 久之 (SAITO, Hisayuki) [JP/JP]; 〒9618061 福島県西白河郡西郷村大

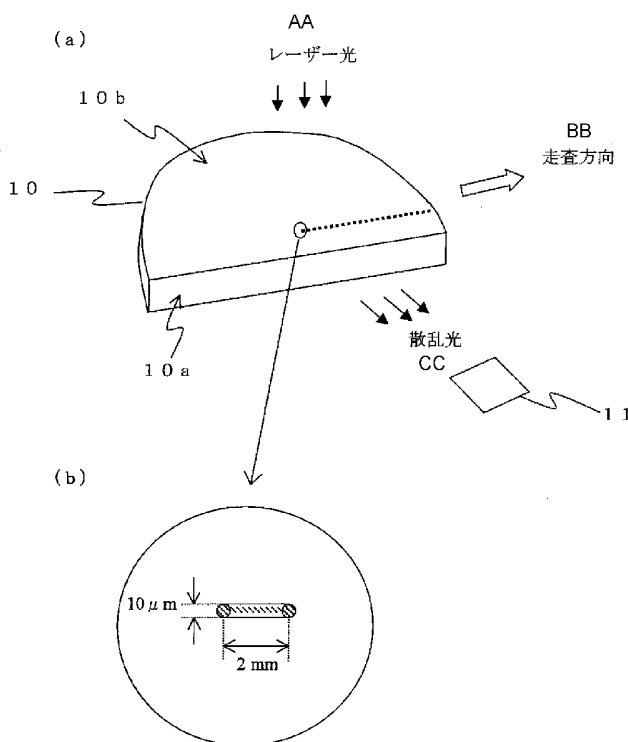
字小田倉字大平150番地 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP). 北川原 豊 (KITA-GAWARA, Yutaka) [JP/JP]; 〒9618061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平150番地 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP).

- (74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA, Mikio); 〒1110041 東京都台東区元浅草2丁目6番4号上野三生ビル4F 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF EVALUATING CRYSTAL DEFECT OF SILICON SINGLE CRYSTAL WAFER

(54) 発明の名称: シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法



AA LASER BEAM
BB SCANNING DIRECTION
CC SCATTERED LIGHT

(57) Abstract: A method of evaluating the crystal defect of a silicon single crystal wafer which is a method of evaluating the crystal defect of a silicon single wafer by an infrared scattering tomography method, and which is characterized by at least irradiating a silicon single crystal wafer with a laser beam, scattering light intruded into the silicon single crystal wafer with a crystal defect, and detecting the scattered light to thereby evaluate a DSOD (Direct Surface Oxide Defect) and a void defect smaller than the DSOD in the silicon single crystal wafer. The evaluating method can evaluate fine DSODs or the like, that could be evaluated only by a Cu deposition method before, simply, without incurring wasteful costs and more accurately.

(57) 要約: 本発明は、シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥を赤外散乱トモグラフィ法により評価する方法であって、少なくとも、シリコン単結晶ウエーハにレーザー光を照射し、該シリコン単結晶ウエーハの内部に侵入した光を結晶欠陥で散乱させ、該散乱光を検出することにより、前記シリコン単結晶ウエーハ内部のDSOD (Direct Surface Oxide Defect) 及び該DSODより小さなVoid欠陥を評価することを特徴とするシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法を提供する。これにより、従来Cuデポジション法でしか評価できなかった微小なDSOD等を簡便でかつ無駄なコストをかけることなく、更に精度良く評価可能なシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法を提供できる。



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体集積回路等を製造するための基板となる、シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法に関する。

背景技術

- [0002] 半導体集積回路を形成する材料として、その多くにシリコン単結晶ウエーハが使用されている。シリコン単結晶ウエーハの表層に半導体素子を形成して集積回路にするまでには、熱処理や機械加工によりウエーハに種々の応力が加わる。そのため、チヨクラルスキー法(以下、CZ法と称する)により得られるシリコン単結晶から作られたシリコン単結晶ウエーハが、強度に優れているため、多用される傾向にある。
- [0003] しかし、最近では半導体集積回路の集積度の高密度化と、それにとまう素子回路の微細化に伴い、ウエーハの材料となるシリコン単結晶への品質要求も厳しくなる一方である。特に、シリコン単結晶育成時に結晶内部に導入される欠陥(グローンイン欠陥、grown-in defect)は、シリコン単結晶ウエーハの表層に集積回路を形成した際に、その特性に大きな影響を与えることから、高機能半導体素子の材料とされるウエーハでは、表層に存在する欠陥を厳密に規定してシリコン単結晶ウエーハの生産を行っている。そして、この要求に応えるため、シリコン単結晶ウエーハの材料であるシリコン単結晶の製造においては、上記グローンイン欠陥の形成を可及的に抑制できる(理想的には、グローンイン欠陥が全く形成されないか、形成されても極低密度に抑えられるようにする)シリコン単結晶の育成方法が種々検討されている。
- [0004] グローンイン欠陥を抑制した低欠陥結晶を育成するには、原料融液から引上げられた単結晶の冷却速度を、欠陥形成抑制効果が顕著となる領域において、なるべく一定に保ちながら結晶育成を行なうことが有効である。例えば、特開平11-79889号公報に開示されているようにFPD(Flow Pattern Defect)、LSTD(Laser Scattering Tomography Defect)、COP(Crystal Originated Particle)等のグローンイン欠陥が発生

するV-リッチ領域とL-SEPD (Large—Secco Etch Pit Defect) が発生するI-リッチ領域の境界にあり、これらの結晶欠陥が存在しないニュートラルな領域で結晶を成長させることで高品質のシリコン単結晶が得ることができる。

[0005] 近年、上述したように結晶欠陥を抑制した高品質のシリコン単結晶ウエーハへの要求が高まっている。しかし、このように結晶欠陥を抑制すべくニュートラルな領域で結晶成長させたシリコン単結晶でも、極微小な結晶欠陥が存在することが判っている。この結晶欠陥は欠陥のサイズが非常に小さい(直径15nm～20nm程度)ため通常の結晶検査に用いられるパーティクルカウンターでは、検出することができない。これらの欠陥はDSOD (Direct Surface Oxide Defect) と呼ばれ、Cu(銅)デポジションを用いた欠陥評価で検出される。

[0006] Cuデポジション法は、シリコン単結晶ウエーハの欠陥位置を正確に測定し、ウエーハ表層に存する欠陥に対する検出限界を向上させ、より微細な欠陥に対しても正確に評価を行なうことができる特徴を有する。具体的には、ウエーハ表面に所定の厚さの酸化絶縁膜(以下、単に酸化膜ともいう)を形成し、ウエーハ表層に形成された欠陥部位上の酸化絶縁膜を破壊する。そして、破壊された酸化膜部位にCuを析出(デポジション)させて欠陥を特定する。Cuイオンが存在する溶液の中で、ウエーハ表面に形成した酸化膜に電圧を加えると、酸化膜が劣化している部分に電流が流れ、CuイオンがCuとなって析出する。該Cuの析出部は、COP等のボイド起因のグローンイン欠陥の存在部であることが知られているので、これを集光灯下もしくは直接に肉眼で観察するか、光学顕微鏡、透過電子顕微鏡(TEM)、走査電子顕微鏡(SEM)等により観察することによって、欠陥の分布や密度を評価することができる。

[0007] このようにDSODはCuデポジション法による評価で確認は可能なものの、Cuデポジション法による評価はウエーハの表面を鏡面に加工する必要があり、通常、ウエーハ加工の最終工程である鏡面研磨工程の後で抜き取り検査の形で行われる。しかし、この段階で不合格となった場合、不合格ロットであってもウエーハ加工が一律に施される形となり、良品と同様の手間とコストをかけた挙句に廃棄処分するという、無駄を生じる結果となる。更に加工起因の傷等との区別が難しくなり測定精度に課題があった。

上記のようにDSODは、直径15～20nm程度の微小な欠陥であるが、該DSODよりも小さなVoid欠陥（直径10～15nm程度）がシリコン単結晶ウエーハの表層に存在することがある。この微小なVoid欠陥も、シリコン単結晶ウエーハの表層に形成する集積回路の特性に影響を与えることがある。そのため、このDSODよりも小さなVoid欠陥についても正確かつ簡便に評価できる方法の開発も求められていた。

発明の開示

- [0008] 本発明はこのような問題に鑑みてなされたもので、従来Cuデポジション法でしか評価できなかった微小なDSOD等を簡便でかつ無駄なコストをかけることもなく、更に精度良く評価可能なシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法を提供することを目的とする。
- [0009] 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥を赤外散乱トモグラフィ法により評価する方法であって、少なくとも、シリコン単結晶ウエーハにレーザー光を照射し、該シリコン単結晶ウエーハの内部に侵入した光を結晶欠陥で散乱させ、該散乱光を検出することにより、前記シリコン単結晶ウエーハ内部のDSOD (Direct Surface Oxide Defect) 及び該DSODより小さなVoid欠陥を評価することを特徴とするシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法を提供する。
- [0010] 本発明では、従来Cuデポジション法によってしか評価できないと考えられていた微小なDSODを、Cuデポジション法よりも簡便な赤外散乱トモグラフィ法により評価する。そのため、本発明によれば、より低コストでDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥（直径10nm程度）を評価することができる。しかも、赤外散乱トモグラフィ法によれば、微小なDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥（直径10nm程度）を精度良く評価することも可能である。
- [0011] そして、本発明のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法においては、前記照射するレーザー光の強度を、300 mW以上とするのが好ましい。
- [0012] このように、照射するレーザー光の強度を、300 mW以上とすることで、より確実に微小なDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥を検出することができる。

- [0013] また、本発明のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法においては、前記散乱光の検出を、CCD (Charge-Coupled Device) で行うのが好ましい。
- [0014] このように、結晶欠陥で散乱させた散乱光の検出を、CCD (Charge-Coupled Device) で行えば、散乱光の検出感度が一層上がり、より正確に微小なDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥を評価することができる。
- [0015] また、本発明のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法においては、前記評価するシリコン単結晶ウエーハを、少なくとも、シリコン単結晶からシリコン単結晶ウエーハを切り出し、該切り出したシリコン単結晶ウエーハに対して平面研削又はラッピングを施し、該平面研削又はラッピングを施したシリコン単結晶ウエーハをエッチングすることにより、鏡面研磨を行わずに作製したものとすることができる。
- [0016] すなわち、本発明では、DSODを赤外散乱トモグラフィ法により評価するので、ウエーハの表面を鏡面に加工する必要がなく、最終工程である鏡面研磨工程の前、すなわち中間工程でも評価することができる。そのため、従来のように最終の鏡面研磨工程まで手間とコストをかけた挙句に廃棄処分するという、無駄を生じることが無くなる。更にDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥と加工起因の傷等との区別が可能となり測定精度も向上する。
- [0017] さらに、本発明の評価方法においては、前記評価するシリコン単結晶ウエーハを、中央部を劈開したものとし、前記レーザー光を、該シリコン単結晶ウエーハの主面に照射し、該シリコン単結晶ウエーハの劈開面から散乱光を検出するのが好ましい。
- [0018] このように、レーザー光を、シリコン単結晶ウエーハの主面に照射し、該シリコン単結晶ウエーハの劈開面から散乱光を検出することでDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥の有無を正確に評価することができる。
- [0019] そして、この場合、前記レーザー光を、シリコン単結晶ウエーハの主面に一定間隔ごとに照射しながら、走査するのが好ましい。
- [0020] このように、レーザー光を、シリコン単結晶ウエーハの主面に一定間隔ごとに照射しながら、走査することで、例えば、ウエーハの径方向の全領域をより短時間に評価することができる。
- [0021] 以上説明したように、本発明によれば、シリコン単結晶ウエーハのDSODを含む微

小なVoid欠陥を、Cuデポジション法を使用せずに、赤外散乱トモグラフにより評価するので、簡便でかつ無駄なコストをかけることもなく、更に精度良く微小なVoid欠陥を評価することができる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]本発明のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法の一例を説明するための説明図である。
- [図2]赤外散乱トモグラフ法とCuデポジション法による結晶欠陥調査の一例を示すグラフである(実験1)。
- [図3]Cuデポジション法により顕在化したウエーハ表面のDSODの一例を示す写真である(実験1)。
- [図4]赤外散乱トモグラフ法とCuデポジション法による結晶欠陥調査の別の例を示すグラフである(実験2)。
- [図5]Cuデポジション法により顕在化したウエーハ表面のDSODの別の例を示す写真である(実験2)。
- [図6]レーザー光の強度を変えて欠陥を評価した実験結果を示すグラフである。

発明を実施するための最良の形態

- [0023] 以下、本発明について詳述する。

前述のように、DSODは、サイズが直径20nm以下、特には、直径15～20nm程度の極めて微小な欠陥であるため、通常の結晶欠陥の評価に用いられるパーティクルカウンター等では検出できず、従来、Cuデポジション法により評価されていた。しかし、Cuデポジション法には、簡便性、コスト、検出精度等に改善すべき問題があった。そこで、本発明者は、より簡便かつ低コストで、しかも、より高精度でDSODを評価できる方法を開発すべく鋭意検討を重ねた。

ここで、結晶欠陥の評価のために赤外散乱トモグラフ法が使用される場合があった。これは一般的に熱処理後の酸素析出を評価するために用いられている評価方法である。

本発明者は、この赤外散乱トモグラフ法に着目し、赤外散乱トモグラフ法により、極

微小欠陥であるDSODが評価できないか鋭意実験を重ねた。すなわち、従来この赤外散乱トモグラフィ法ではDSODを検出できることは全く知られていなかったが、レーザー光の強度を高めることで散乱光の強度を増し、結晶欠陥の検出感度を上げることにより、Cuデポジション法で観察されるDSOD欠陥のような結晶起因の極微小欠陥、更にDSODよりも小さなVoid欠陥も赤外散乱トモグラフィ法により評価可能であることを見出し、本発明を完成させた。

[0024] すなわち、本発明は、シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥を赤外散乱トモグラフィ法により評価する方法であって、少なくとも、シリコン単結晶ウエーハにレーザー光を照射し、該シリコン単結晶ウエーハの内部に侵入した光を結晶欠陥で散乱させ、該散乱光を検出することにより、前記シリコン単結晶ウエーハ内部のDSODを含むVoid欠陥を評価することを特徴とする。

[0025] このような本発明のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法の一例を、図1を参照しながら説明するが、本発明はこの実施形態に限定されない。

図1(a)は、斜視図であり、図1(b)は、(a)中の円で囲った部分を拡大した図である。

ここで使用したシリコン単結晶ウエーハ10は、中央部を劈開したものである。このシリコン単結晶ウエーハ10を赤外散乱トモグラフィ装置のステージに載置し、ウエーハの主面10bに赤外線レーザー光を照射する。ウエーハ10の内部に結晶欠陥があると光の散乱が生じるため散乱光を劈開面10aの方位に設置したディテクター11で検出することで結晶欠陥の数、大きさを評価できる。この際、赤外線レーザー光の強度は通常BMD(Bulk Micro Defect)等の欠陥評価で採用されている値(100mW以下)より強い値、例えば、300 mW以上に設定する。尚、赤外線レーザー光の強度の上限は、特に限定されないが、実用的には、4W以下、特には1W以下とするのが良い。

[0026] このような赤外散乱トモグラフィ法を用いることで、より簡便かつ低コストで、しかも、精度良くDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥を評価することが可能である。特に、レーザー光の強度を、300 mW以上とすることで、より確実にDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥を検出することができるようになる。

ここで、図6は、レーザー光の強度を変えて欠陥を評価した実験結果を示すグラフ

である。DSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥は、レーザー光の強度が100mW以下ではあまり検出できないものの、レーザー光の強度を300 mW以上とすることで確実に検出することができることが判る。

[0027] また、ディテクター11としては、例えば、CCD (Charge-Coupled Device) 等が挙げられる。散乱光の検出を、このCCDで行うこととすれば、散乱光をより高い感度で検出でき、より正確にDSOD等を評価することが可能である。

[0028] ここで、評価するシリコン単結晶ウエーハは、例えば、以下のように作製したものを用いることができる。すなわち、CZ法により育成されたシリコン単結晶からシリコン単結晶ウエーハを切り出し、該切り出したシリコン単結晶ウエーハに対して平面研削又はラッピングを施し、該平面研削又はラッピングを施したシリコン単結晶ウエーハをエッチングすることにより、鏡面研磨を行わずに作製したものである。また、DSODをCuデポジション法で測定する場合のようにウエーハに酸化熱処理を加える必要もない。

[0029] 本発明では、赤外散乱トモグラフィ法を用いるため、このように鏡面研磨を施されていないシリコン単結晶ウエーハを用いた場合でも、DSODを評価することが可能である。そのため、最終工程である鏡面研磨工程前の中間工程でシリコン単結晶ウエーハを抜き取って評価することができ、従来のように最終の鏡面研磨工程まで手間とコストをかけた挙句に不合格となった場合は廃棄処分するという、無駄を生じることが無くなる。更にDSODや該DSODより小さなVoid欠陥と加工起因の傷等との区別が可能となり測定精度も向上する。

[0030] また、図1に示すように、中央部を劈開したシリコン単結晶ウエーハ10を用い、レーザー光を、シリコン単結晶ウエーハ10の主面10bに照射し、該シリコン単結晶ウエーハ10の劈開面10aから散乱光を検出することにより、DSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥の有無を正確に評価することができる。

[0031] 図1では、シリコン単結晶ウエーハ10の主面10bに、照射部の直径が10 μ mのレーザー光を、ウエーハ中心から外周に向かって2mm照射して、一定間隔開けて、また、2mm照射するという具合にレーザー光を照射している。このように、レーザー光を、シリコン単結晶ウエーハの主面に一定間隔ごとに照射しながら、径方向に走査することで、ウエーハの径方向の全領域をより短時間で評価することができる。

[0032] 以下、実験1, 2を参照しながら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。

(実験1)

本発明の赤外散乱トモグラフィ法により検出される結晶欠陥と従来のCuデポジション法により検出される結晶欠陥の関係についての調査を行った一例を示す。

まず、CZ法により直径300mm、結晶方位<100>のシリコン単結晶の引き上げを行った。結晶成長条件は、FPDは存在せず、DSODだけが存在するように成長速度を選定して単結晶を製造した。

[0033] シリコン単結晶育成後は、育成したシリコン単結晶を円筒研削機で研削し、単結晶のコーン部とテール部を除去した後、更に結晶定径部を略25cmの長さに切断して単結晶ブロックとした。

この単結晶ブロックのコーン側から約1mmのウエーハをスライサーによって切り出し、このウエーハを平面研削により表面を約300 μ m研削したあと、フッ酸、硝酸、酢酸の混合液でエッチングした。次に、エッチングしたウエーハの中心部を通るようにダイヤモンドペン等でキズをつけてからウエーハを2分割に劈開した。

[0034] そして、このように作製したシリコン単結晶ウエーハを赤外散乱トモグラフィ装置(商品名 MO-441、三井金属鉱業社製)に装着した。

次に、赤外線レーザー光を劈開面に平行(主面に垂直)に照射した。赤外線レーザー光は、シリコン単結晶ウエーハの中心から外周に向かって2mm照射した後、8mm間を開けて、また、2mm照射するという具合に15箇所を照射した。この時照射させた赤外線レーザー光は、波長1064nm、強度1000mWで、照射部の直径は約10 μ mであった。そして、ウエーハの劈開面に垂直な位置に散乱光を検出するためにCCDを設置し、赤外線レーザー光を照射し、結晶欠陥で散乱させた散乱光を検出できるようにした。

このように検出した散乱光の強度分布を、図2に示す(図2の折れ線グラフB)。

ここで、図2の横軸はウエーハ中心からの距離、縦軸は欠陥密度及び散乱強度を

示す。また、縦軸の例えば、「1. 00E+08」は、「 $1. 00 \times 10^8$ 」を示す。

[0035] 一方、上記単結晶ブロックの残りを、通常の製品加工工程すなわち、スライス工程、面取り工程、平面研削またはラップ工程、エッチング工程、研磨工程を経て複数の鏡面ウエーハに加工した。この複数の鏡面ウエーハから抜取りで1枚のウエーハを選び、表面に酸化膜を形成した後、Cuデポジション法による処理を行い集光ランプ下で肉眼によりウエーハ面内の欠陥数を計測した。

すなわち、酸化膜を形成したウエーハをCuイオンが存在する溶液の中に浸漬し、ウエーハ表面に形成した酸化膜に電圧を加えた。これにより、DSODが存在する部分の酸化膜が劣化して電流が流れ、CuイオンがCuとなって析出した。そして、このCuの析出部を集光ランプ下で、直接に肉眼で観察した。

このようにして得たウエーハ面内の欠陥密度分布を、図2に示す(図2の折れ線グラフA)。また、Cuデポジション法により顕在化したウエーハ表面のDSODの写真を、図3に示す。

[0036] 図2, 3から、Cuデポジション法(図2の折れ線グラフA)によればこのウエーハは中央部と外周部にDSODが存在していることが判る。そして、赤外散乱トモグラフィ法による散乱強度分布(図2の折れ線グラフB)も、この折れ線グラフAと同様の分布を示していることから、赤外散乱トモグラフィ法による散乱強度分布とCuデポジション法による欠陥密度分布と非常によい相関があることが判る。

[0037] (実験2)

次に、本発明の赤外散乱トモグラフィ法により検出される結晶欠陥と従来のCuデポジション法により検出される結晶欠陥の関係についての調査を行った別の例を示す。

CZ法により製造した直径300mm、結晶方位<100>のシリコン単結晶から、実験1と同様に、2つの単結晶ブロック(A, B)を切断し、さらに、この単結晶ブロック(A, B)から、シリコン単結晶ウエーハを切り出した。

そして、実験1と同様にして評価用のシリコン単結晶ウエーハを作製し、赤外散乱トモグラフィ法による結晶欠陥の評価、及びCuデポジション法による結晶欠陥の評価を行った。

[0038] その結果を図4に示す。ここで、図4の横軸はウエーハ中心からの距離、縦軸は欠陥密度及び散乱強度を示す。

図4中、折れ線グラフA-1は、ブロックAのウエーハをCuデポジション法により評価した時のウエーハ面内の欠陥密度分布である。尚、Cuデポジション法により顕在化したウエーハ表面のDSODの写真を、図5に示す。また、折れ線グラフA-2はブロックAのウエーハを赤外散乱トモグラフィ法により評価した時のウエーハ面内の散乱光の強度分布である。

一方、図4中、折れ線グラフB-1は、ブロックBのウエーハをCuデポジション法により評価した時のウエーハ面内の欠陥密度分布である。また、折れ線グラフB-2は、ブロックBのウエーハを赤外散乱トモグラフィ法により評価した時のウエーハ面内の散乱光の強度分布である。

[0039] Cuデポジション法による結果からブロックA(図4の折れ線グラフA-1)はブロックB(図4の折れ線グラフB-1)に比べてDSODの密度が高いことが判る。一方、赤外散乱トモグラフィ法による散乱強度もブロックA(図4の折れ線グラフA-2)がブロックB(図4の折れ線グラフB-2)に比べ高い値をしめしており、このことから赤外散乱トモグラフィ法によってDSODの定量分析も可能であることが判る。

[0040] これらのことから、Cuデポジション法を用いずとも、本発明のように赤外散乱トモグラフィ法を用いることによりDSODを正確に評価できることが判る。

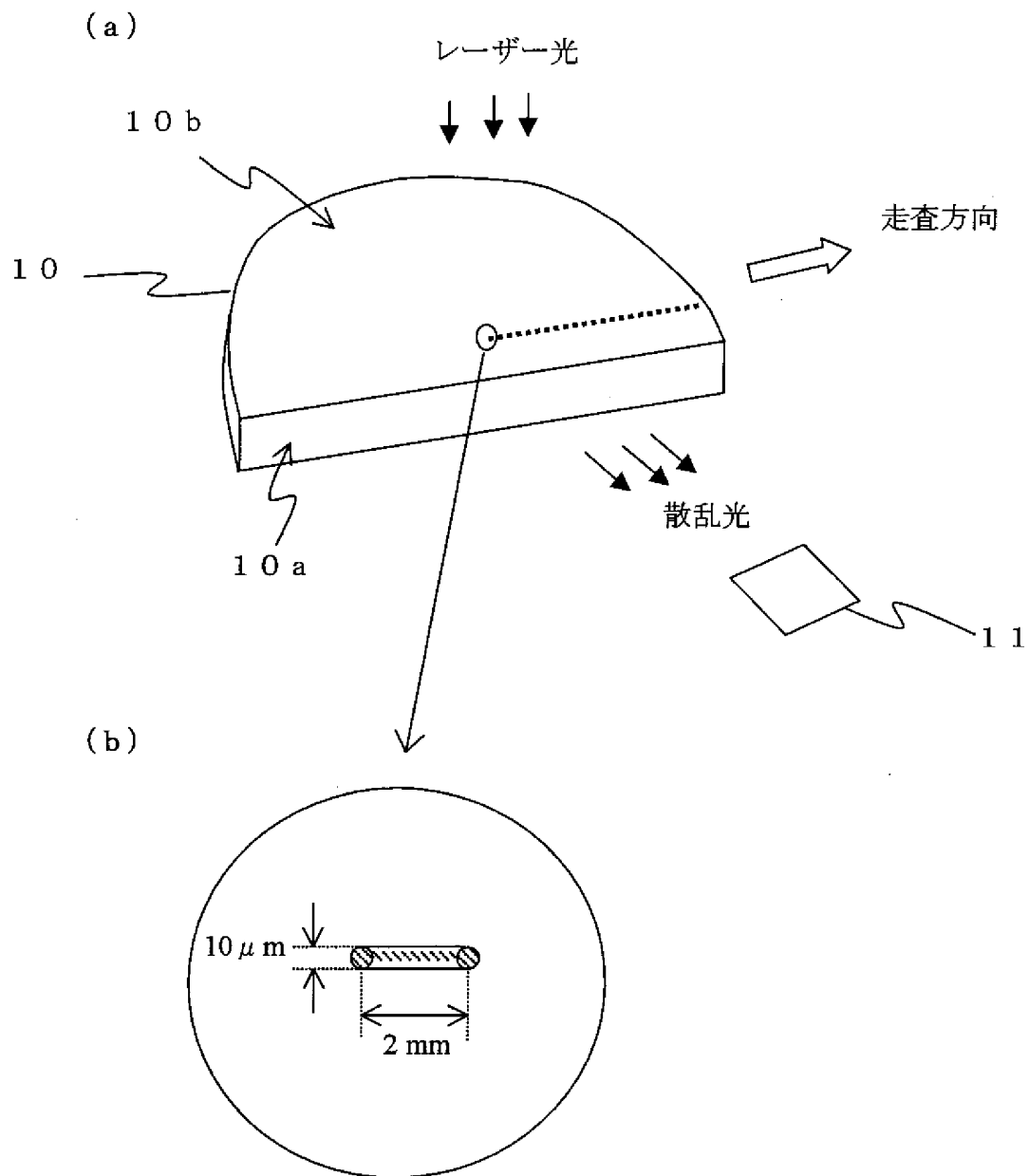
さらに、電子顕微鏡による観察も合わせて行った結果、300mW以上の強度のレーザー光を用いる赤外線散乱トモグラフィ法によってDSODよりも小さなVoid欠陥(直径10～15nm)も評価できることが判った。

[0041] 尚、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。

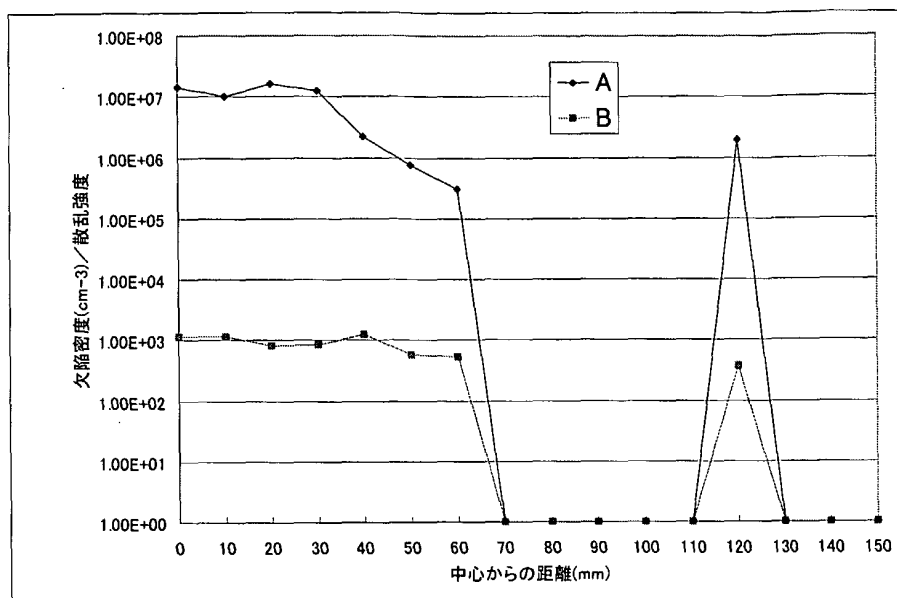
請求の範囲

- [1] シリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥を赤外散乱トモグラフィ法により評価する方法であって、少なくとも、シリコン単結晶ウエーハにレーザー光を照射し、該シリコン単結晶ウエーハの内部に侵入した光を結晶欠陥で散乱させ、該散乱光を検出することにより、前記シリコン単結晶ウエーハ内部のDSOD及び該DSODより小さなVoid欠陥を評価することを特徴とするシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法。
- [2] 前記照射するレーザー光の強度を、300 mW以上とすることを特徴とする請求項1に記載のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法。
- [3] 前記散乱光の検出を、CCDで行うことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法。
- [4] 前記評価するシリコン単結晶ウエーハを、少なくとも、シリコン単結晶からシリコン単結晶ウエーハを切り出し、該切り出したシリコン単結晶ウエーハに対して平面研削又はラッピングを施し、該平面研削又はラッピングを施したシリコン単結晶ウエーハをエッチングすることにより、鏡面研磨を行わずに作製したものとすることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法。
- [5] 前記評価するシリコン単結晶ウエーハを、中央部を劈開したものとし、前記レーザー光を、該シリコン単結晶ウエーハの主面に照射し、該シリコン単結晶ウエーハの劈開面から散乱光を検出することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法。
- [6] 前記レーザー光を、シリコン単結晶ウエーハの主面に一定間隔ごとに照射しながら、走査することを特徴とする請求項5に記載のシリコン単結晶ウエーハの結晶欠陥の評価方法。

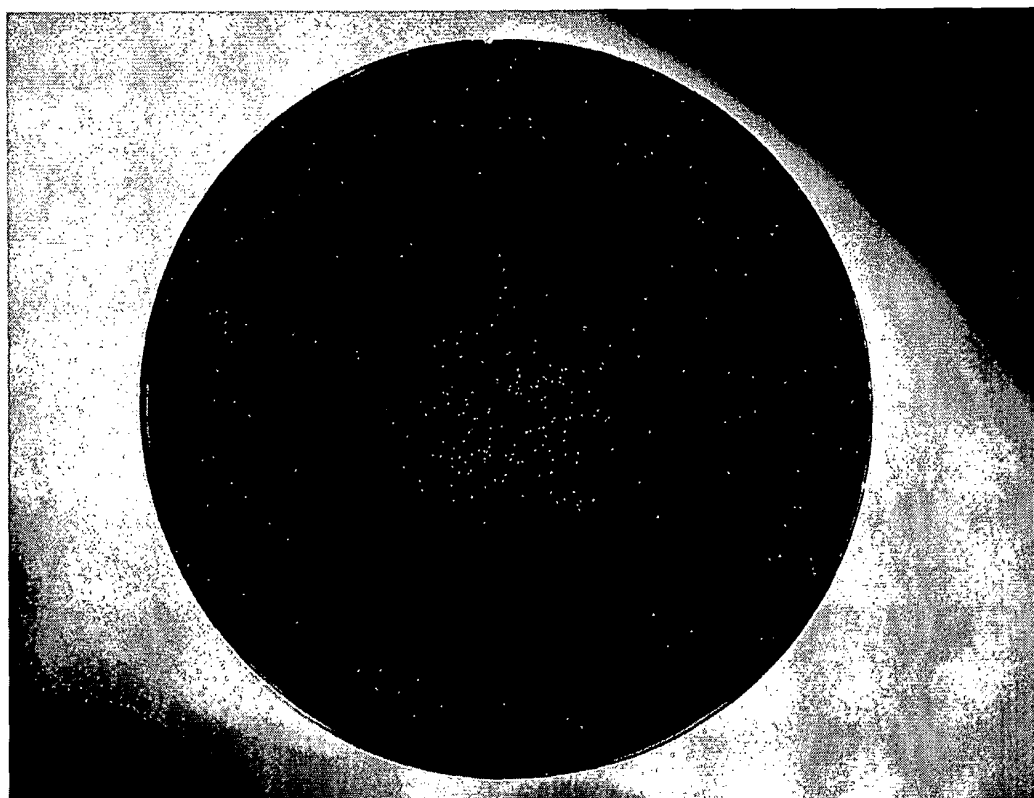
[図1]



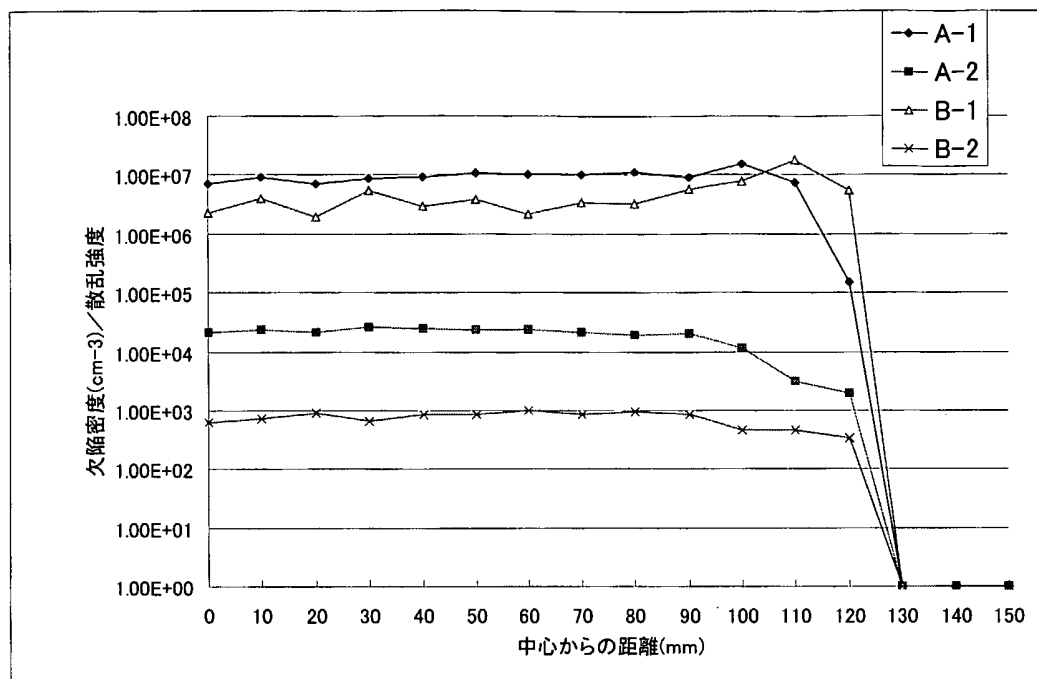
[図 2]



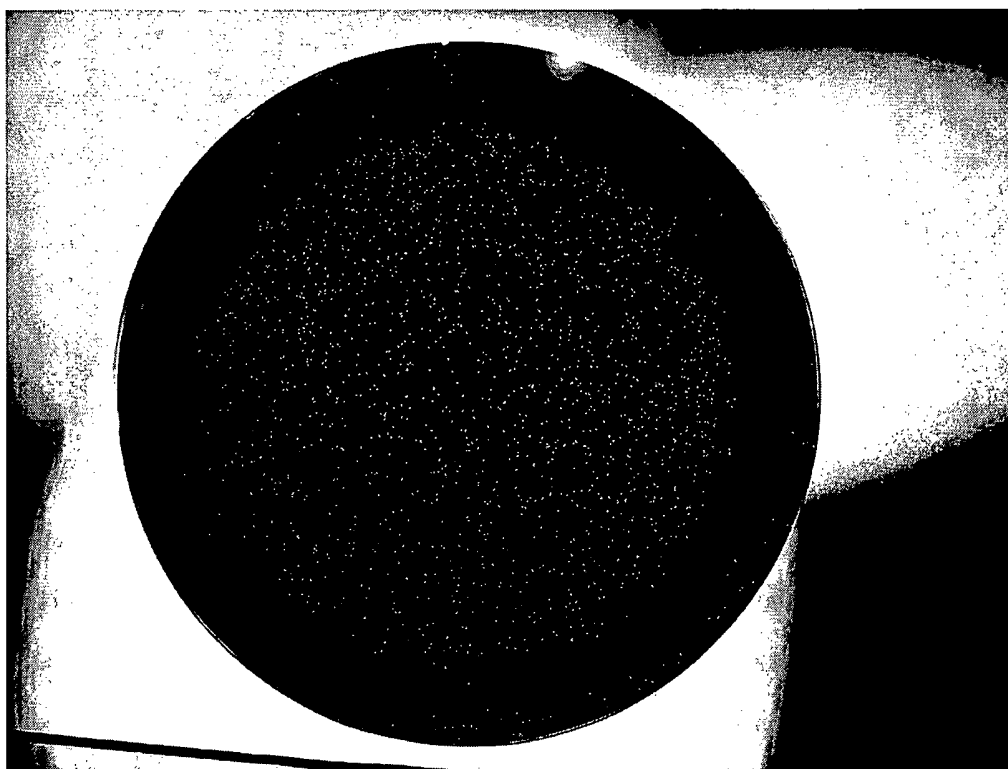
[図 3]



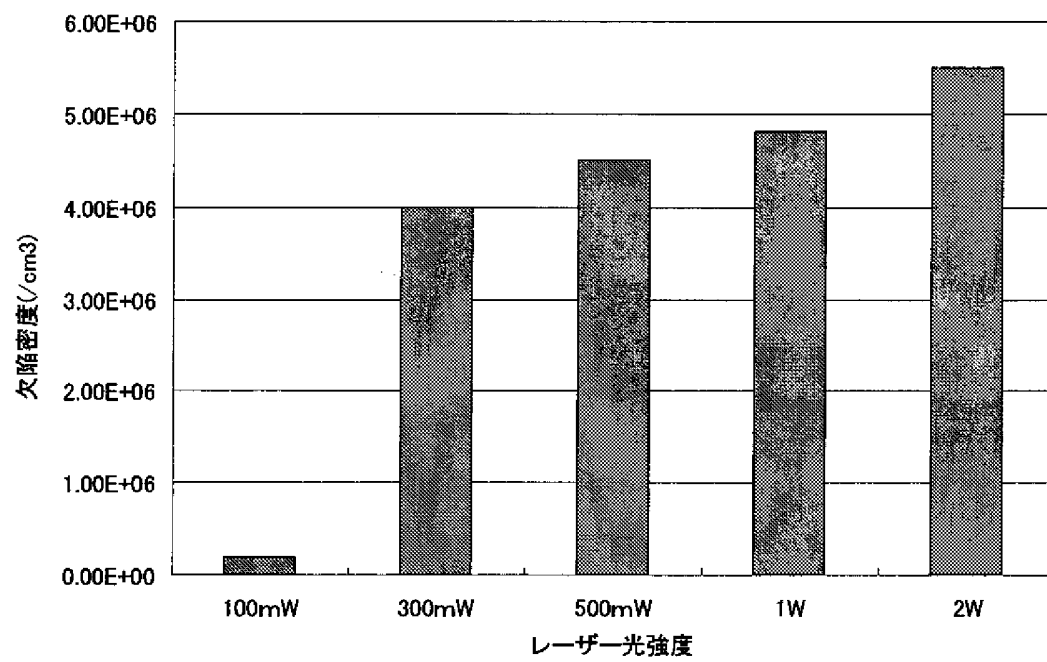
[図 4]



[図 5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/300948

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/956(2006.01), H01L21/66(2006.01)

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)

G01N21/84-21/958, H01L21/64-21/66

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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

JSTPlus (JDream2)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Kazuo MORIYA, "Laser Tomography ni yoru Kessho	1-3
Y	Kekkan no Kansatsu", Oyo Butsuri, Vol.55, No.6, 1986, pages 542 to 569	4-6
Y	JP 2004-259779 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 16 September, 2004 (16.09.04), Par. Nos. [0003] to [0004], [0007] to [0008]; Figs. 8, 9 (Family: none)	4-6
A	JP 10-197423 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 31 July, 1998 (31.07.98), Full text; all drawings (Family: none)	1

☒ 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
06 April, 2006 (06.04.06)Date of mailing of the international search report
18 April, 2006 (18.04.06)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/300948

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 10-153555 A (Ratokku Shisutemu Enjiniaringu Kabushiki Kaisha), 09 June, 1998 (09.06.98), Full text; all drawings (Family: none)	1, 5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N21/956(2006.01), H01L21/66(2006.01)

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. G01N21/84-21/958, H01L21/64-21/66

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 6 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)

JSTPlus(JDream2)

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 請求の範囲の番号
X Y	守矢一男, レーザートモグラフィーによる結晶欠陥の観察, 応用物理, 第 5 5 巻第 6 号, 1986, pp. 542-569	1-3 4-6
Y	JP 2004-259779 A (信越半導体株式会社) 2004.09.16, 【0003】 - 【0004】、【0007】 - 【0008】、第 8、9 図 (ファミリー無し)	4-6
A	JP 10-197423 A (信越半導体株式会社) 1998.07.31, 全文、全図 (ファミリー無し)	1

☒ 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、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 6 . 0 4 . 2 0 0 6

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 4 . 2 0 0 6

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

田邊 英治

2 W

9 4 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-153555 A (ラトックシステムエンジニアリング株式会社) 1998. 06. 09, 全文、全図 (ファミリー無し)	1, 5