

(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
2014年2月13日(13.02.2014)



(10) 国際公開番号

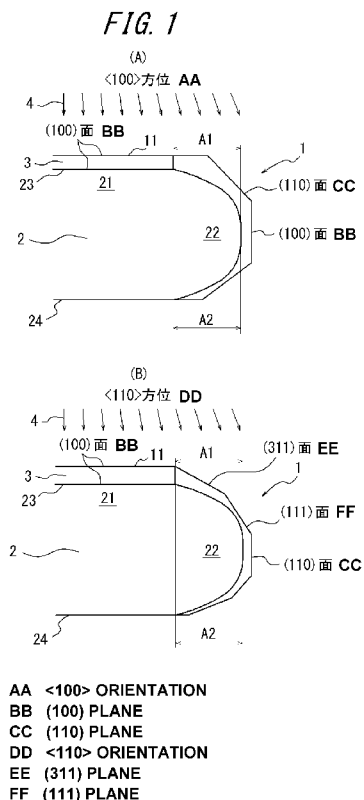
WO 2014/024404 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/205 (2006.01) C30B 25/20 (2006.01)
C23C 16/24 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/004506
- (22) 国際出願日: 2013年7月24日(24.07.2013)
- (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 2012-177317 2012年8月9日(09.08.2012) 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: 檜原 和宏 (NARAHARA, Kazuhiro); 〒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). 増田 純久 (MASUDA, Sumihisa); 〒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: 杉村 憲司 (SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36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, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR EPITAXIAL SILICON WAFER AND EPITAXIAL SILICON WAFER

(54) 発明の名称: エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびエピタキシャルシリコンウェーハ



(57) Abstract: [Problem] To provide a production method for an epitaxial silicon wafer exhibiting a high degree of flatness at the peripheral edge section thereof and an epitaxial silicon wafer obtained through said production method. [Solution] A production method for an epitaxial silicon wafer characterized by the formation of an epitaxial layer (3) on the front surface (23) of a silicon wafer (2). With regards to the silicon wafer (2), the planar orientation of the front surface (23) is a (100) plane or a (110) plane, and the chamfer width (A1) of the edge section of the front surface (23) side is 200 μm or less.

(57) 要約: 【課題】周縁部における平坦度が高いエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびこれにより得られるエピタキシャルシリコンウェーハを提供する。【解決手段】おもて面23の面方位が(100)面または(110)面であり、おもて面23側の端部の面取り幅A1が200 μm 以下であるシリコンウェーハ2のおもて面23上にエピタキシャル層3を形成することを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

WO 2014/024404 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびエピタキシャルシリコンウェーハ

技術分野

[0001] 本発明は、シリコンウェーハの片面上にエピタキシャル層を形成するエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびこれにより得られるエピタキシャルウェーハに関する。

背景技術

[0002] エピタキシャルシリコンウェーハは、基板となるシリコンウェーハの片面にシリコンソースガスを吹き付けてエピタキシャル層を成長させたウェーハであり、メモリー系素子、ロジック系素子、撮像素子などの幅広い用途に使用されている。

[0003] これらの半導体素子の集積度の向上のためには、エピタキシャルシリコンウェーハの平坦度は重要な要素の一つであるため、平坦度の高いエピタキシャルシリコンウェーハが強く求められている。さらに、エピタキシャルシリコンウェーハ1枚からより多くの半導体素子を作るためにも、ウェーハの全面、特にエッジ部（ウェーハ端部）まで平坦な形状が要求されるようになってきている。ウェーハ面のフラットネス（平坦度）を測定するときのエッジ除外領域（Edge Exclusion）は、従来、ウェーハエッジから3 mmであったものが、現状では、2 mmへと進んでおり、さらには1 mmまでの縮小化も要求されつつある。

[0004] ここで、図10（A）、（B）を用いて、シリコンウェーハの（100）面上にエピタキシャル層を成長させた場合のエピタキシャル層の膜厚分布について説明する。

[0005] 図10（B）に示した<110>方位を基準結晶方位とする。図10（B）における<110>方位は、図10（A）において、0度（360度）、

90度, 180度, 270度に対応し、図10(B)における<100>方位は、図10(A)における45度, 135度, 225度, 315度に対応する。また、図10(A)では、エピタキシャルウェーハの外周端から内側にそれぞれ1mm, 2mm, 3mm入ったところの周方向のエピタキシャル層の膜厚プロファイルを示している。

[0006] 図10(A)からわかるように、<100>方位の周縁部（エピタキシャルウェーハの外周端から1～3mm程度のエピタキシャル表面周辺領域）ではエピタキシャル層が薄く、<110>方位の周縁部ではエピタキシャル層が厚く、周縁部におけるエピタキシャル層の膜厚に周方向で周期的な変化が生じている。これは、<100>方位の周縁部ではエピタキシャル層の成長速度が遅く、<110>方位の周縁部では成長速度が速いためである。このように、エピタキシャルシリコンウェーハの周縁部でのエピタキシャル層の成長速度が下地となるシリコンウェーハの結晶方位に依存する性質は成長速度方位依存性と呼ばれる。かかる成長速度方位依存性が、エピタキシャルシリコンウェーハの周縁部の平坦度悪化の要因となる。さらに、エピタキシャルシリコンウェーハの外周端に近づくほど、エピタキシャル層の膜厚の周方向での最大値と最小値の差が大きくなることも図10(A)からわかる。これは、エピタキシャル層の成長速度方位依存性が外周端に近づくほど強いからである。

[0007] このように、エピタキシャルシリコンウェーハの周縁部では、外周端に近づくほどエピタキシャル層の成長速度が結晶方位に依存して、エピタキシャル層の膜厚に周方向で周期的な変化が大きく生じるため、周縁部における平坦化は、特に外周端に近づくほど困難であることが知られている。この現象は、シリコンウェーハの(110)面上にエピタキシャル層を成長させる場合にも生じる。

[0008] これまで、エピタキシャル層表面の平坦化については、エピタキシャル層の形成後に該エピタキシャル層表面を鏡面研磨して平坦度を高める方法（特許文献1）や、エピタキシャル層を成長させるときに供給する原料ガス流れ

を径方向に調整する方法（特許文献２）などが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献１：特開平４－１２２０２３号公報

特許文献２：特開２０００－２６９１４７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、特許文献１に記載の製造方法では、エピタキシャル層表面を鏡面研磨する工程を追加する必要があるため製造コストの上昇を招き、さらに研磨加工によるエピタキシャル層への加工ダメージのおそれもある。また、エピタキシャル層表面への鏡面研磨は基本的に面内均一に等量の研磨が行われるため、周方向の成長速度方位依存性はほとんど抑制できない。特許文献２に記載の方法では、エピタキシャル層の径方向の膜厚分布を調整することはできるものの、周方向の膜厚分布を調整することはできず、成長速度方位依存性による周縁部における平坦度の悪化を改善することはできない。

[0011] そこで本発明は、上記課題に鑑み、周縁部における平坦度が高いエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびこれにより得られるエピタキシャルシリコンウェーハ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

[0012] 上述の目的を達成すべく本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、以下に述べる知見を得た。

すなわち、エピタキシャル成長させる面の結晶面が（１００）面または（１１０）面である場合、既述の成長速度方位依存性が発現しうるが、成長させる面側の端部の面取り幅を、従来使用される範囲よりも狭い２００μm以下にすることで成長速度方位依存性を抑制できることを見出した。このようなシリコンウェーハ上にエピタキシャル層を成長させれば、成長速度方位依存性を抑制して周縁部における平坦度の高いエピタキシャルシリコンウェー

ハを得られる。本発明者らはこのような知見に基づき、本発明を完成させるに至った。

[0013] 本発明の要旨構成は以下のとおりである。

本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法は、

片面の面方位が(100)面または(110)面であり、該片面側の端部の面取り幅が200 μ m以下であるシリコンウェーハの、前記片面上にエピタキシャル層を形成することを特徴とする。

[0014] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法は、前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚が2～10 μ mであることが好ましい。

[0015] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法は、前記シリコンウェーハの前記片面側の端部の面取り幅が100 μ m以上であることが好ましい。

[0016] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法は、前記シリコンウェーハの他面側の端部の面取り幅が300～400 μ mであることが好ましい。

[0017] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法は、前記エピタキシャル層の表面において、下記に定義されるPV値を12.5以下に制御することが好ましい。

記

PV値は、エッジ除外領域を1mmとしたESFQRの、結晶方位ごとの平均値のうち、最大値から最小値を差し引いた値(nm)を、前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚(μ m)で除した値とする。

[0018] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハは、

片面の面方位が(100)面または(110)面であり、該片面側の端部の面取り幅が200 μ m以下であるシリコンウェーハと、

該シリコンウェーハの前記片面上に形成されたエピタキシャル層と、を有

するエピタキシャルシリコンウェーハであって、

前記エピタキシャル層の表面において、下記に定義されるP V値が12.5以下であることを特徴とする。

記

P V値は、エッジ除外領域を1 mmとしたE S F Q Rの、結晶方位ごとの平均値のうち、最大値から最小値を差し引いた値（nm）を、前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚（ μm ）で除した値とする。

[0019] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハは、前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚が2～10 μm であることが好ましい。

[0020] また、本発明によるエピタキシャルシリコンウェーハは、前記シリコンウェーハの他面側の端部の面取り幅が300～400 μm であることが好ましい。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、シリコンウェーハのエピタキシャル成長させる面の端部の面取り幅を200 μm 以下にし、その後にエピタキシャル層を形成したので、成長速度方位依存性を抑制することができ、周縁部における平坦度が高いエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびこれにより得られるエピタキシャルシリコンウェーハを提供できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の一実施形態に従うシリコンウェーハの（100）面上にエピタキシャル層を形成したエピタキシャルシリコンウェーハの模式図であり、（A）は<100>方位に沿った断面図であり、（B）は<110>方位に沿った断面図である。

[図2]（A）は、本発明の一実施形態に従うエピタキシャルシリコンウェーハの基準結晶方位からの角度とエピタキシャル層の膜厚との関係を示す図であり、（B）は、（A）を45度周期化した図である。

[図3]本発明の一実施形態に従うエピタキシャルシリコンウェーハの表面におけるE S F Q Rを説明するための図であり、(A)はエピタキシャルシリコンウェーハの上面図であり、(B)は(A)におけるI-I断面図である。

[図4](A)は、実施例1, 7および比較例7において、基準結晶方位からの角度とE S F Q Rとの関係を示すグラフであり、(B)は、(A)を45度周期化したグラフである。

[図5](A)は、実施例2, 8および比較例8において、基準結晶方位からの角度とE S F Q Rとの関係を示すグラフであり、(B)は、(A)を45度周期化したグラフである。

[図6]実施例2, 8および比較例8において、基準結晶方位からの角度とエピタキシャル層の膜厚との関係を示すグラフである。

[図7]実施例1～12および比較例1～12におけるシリコンウェーハのおもて面の面取り幅A1とPV値との関係を示すグラフである。

[図8]実施例4, 10および比較例4, 10において、基準結晶方位からの角度とエピタキシャル層の膜厚との関係を示すグラフであり、(A)は外周端から1mmにおける膜厚を示すグラフであり、(B)は外周端から2mmにおける膜厚を示すグラフであり、(C)は(A)を45度周期化し、さらに0度における膜厚の相対値を用いたグラフであり、(D)は(C)と同様に(B)を45度周期化してさらに相対値を用いたグラフである。

[図9]実施例4, 10および比較例4, 10において、基準結晶方位からの角度とエピタキシャルウェーハ表面のE S F Q Rとの関係を示すグラフであり、(A)は外周端から1mmにおけるE S F Q Rを示すグラフであり、(B)は外周端から1.5mmにおけるE S F Q Rを示すグラフであり、(C)は(A)を45度周期化したグラフであり、(D)は(B)を45度周期化したグラフである。

[図10]従来知られたエピタキシャル層の成長速度方位依存性を説明する図であり、(A)は、比較例7における基準結晶方位からの角度とエピタキシャル層の膜厚との関係を示すグラフであり、(B)は、基板となるシリコンウ

エーハの結晶方位を示す上面図である。

発明を実施するための形態

- [0023] 以下、図1～9を参照しつつ本発明の一実施形態に従うエピタキシャルシリコンウェーハ1およびその製造方法を説明する。なお、基準とする結晶方位は図10(A)、(B)を用いて既述した $\langle 110 \rangle$ 方位と同様である。
- [0024] まず、図1(A)を用いて、本発明の一実施形態に従うエピタキシャルシリコンウェーハ1の製造方法を説明する。まず、基板となるシリコンウェーハ2を作製する。シリコンウェーハ2のベベル領域22において、おもて面23側の端部の面取り幅をA1とし、裏面24側の端部の面取り幅をA2とすると、本実施形態ではシリコンウェーハ2のA1は $200\mu\text{m}$ 以下となるように面取りを行う。また、本実施形態では、シリコンウェーハ2のおもて面23の結晶面は(100)面である。なお、本明細書においては、上記のとおり、シリコンウェーハのうち、主にエピタキシャル層を成長させる面をシリコンウェーハの「おもて面」、その反対側の面をシリコンウェーハの「裏面」という。
- [0025] ここで、シリコンウェーハ2の表裏面の面取り幅は任意の方法により制御することができる。例えば、シリコンインゴットからスライスされたシリコンウェーハに対して、シリコンウェーハの端面をダイヤモンドでコートされた面取り砥石などで面取りすればよい。
- [0026] 次に、シリコンウェーハ2の片面であるおもて面23上にエピタキシャル層3を形成してエピタキシャルシリコンウェーハ1を得る。シリコンウェーハ2のおもて面23の上にエピタキシャル層3を形成するエピタキシャル成長条件は、特に限定されない。例えば、シリコンウェーハをサセプタ内に、ウェーハ表裏面を水平にして横置きする。次に、シリコンウェーハの表面の自然酸化膜やパーティクルの除去を目的として、チャンバ内に水素ガスを供給し、 1150°C 程度の温度で60秒間程度の水素ベークを行う。その後、キャリアガス(H_2 ガス)、シリコンソースガス(4塩化けい素、モノシラン(SiH_4)、トリクロロシラン(SiHCl_3)、ジクロロシラン(SiH_2

C_l₂) など)、ドーパントガス(ジボラン(B₂H₆)、フォスフィン(PH₃) など)をチャンバ内に供給し、チャンバ温度1000℃~1150℃で加熱したシリコンウェーハの表面に、成長速度が1~3 μm/分となるようにエピタキシャル成長させることができる。

[0027] ここで、図1(A)、(B)を用いて、シリコンウェーハ2のおもて面23にエピタキシャル層3を成長させるときに、エピタキシャル層3の成長速度が周縁部11でシリコンウェーハ2の結晶方位に依存する原因を説明する。

[0028] 本発明者らは、既述のエピタキシャル層の成長速度方位依存性は、ベベル領域22でのエピタキシャル成長速度が結晶方位ごとに異なるためであることに着目した。すなわち、<100>方位のベベル領域22でのエピタキシャル成長速度は、<110>方位のベベル領域22でのエピタキシャル成長速度よりも速い。これは、以下の現象によるものと推測される。図1(A)に示すように、<100>方位のベベル領域22の面取り部に形成されるエピタキシャル層3には成長速度が速い(110)面が存在し、この部位でのエピタキシャル成長が促進される結果、おもて面23のエッジ領域21上のエピタキシャル層3の成長が抑制される。一方、図1(B)に示すように、<110>方位のベベル領域22の面取り部に形成されるエピタキシャル層3には、成長速度が遅い(311)面および(111)面が存在する。そのため、この部位でのエピタキシャル成長が抑制される結果、おもて面23のエッジ領域21上のエピタキシャル層3の成長が促進されてしまう。その結果、おもて面23のエッジ領域21上のエピタキシャル層3の膜厚は、<100>方位では薄く、<110>方位では厚くなるものと考えられる。

[0029] こうして、図2(A)に示すように、結晶方位によって周縁部11のエピタキシャル層3の膜厚には周方向で周期的な変化が生じる。本発明は、この周期的な変化を極力小さくすることを目的とするものである。

[0030] ここで、本発明者らは、ベベル領域22の、おもて面23側の面取り幅A1を狭くすることにより、ベベル領域22上のエピタキシャル層3の領域が

縮小され、既述のエピタキシャル層の成長速度方位依存性を抑制できることを見出した。したがって、おもて面23側の端部の面取り幅A1を $200\mu\text{m}$ 以下と、従来の面取り幅よりも狭くしたシリコンウェーハ2のおもて面23側にエピタキシャル層3を形成することにより、成長速度方位依存性を抑制し、周縁部11においても平坦度の高いエピタキシャルシリコンウェーハ1を得ることができる。一方、A1が $200\mu\text{m}$ 超であると、成長速度方位依存性の抑制作用は薄れてしまう。

[0031] なお、上記実施形態ではシリコンウェーハ2のおもて面23の結晶面は(100)面であったが、(110)面であってもよい。(100)面の場合、エピタキシャル層3の膜厚の成長速度方位依存性は90度周期であり、(110)面の場合は成長速度方位依存性が180度周期である点でのみ異なる。A1を $200\mu\text{m}$ 以下とすることで成長速度方位依存性を抑制することができ、同様の効果が得られる。

[0032] 次に、A1を $200\mu\text{m}$ 以下としたシリコンウェーハ2上にエピタキシャル層3を成長させることにより得られる、エピタキシャルシリコンウェーハ1の周縁部11の平坦性の評価手法について説明する。

[0033] 図2(A)では、 $\langle 110 \rangle$ 方位および $\langle 100 \rangle$ 方位での周縁部11のエピタキシャル層3の膜厚は、それぞれ4箇所全てで同じ値をとるとする、理論的な周方向の周期性の例を説明した。しかし実際には、サセプタに対してシリコンウェーハ2を正確に中央に載置できないなどの理由で、同じ結晶方位でも膜厚にはばらつきが発生する。かかるばらつきが存在しても、45度周期で平均値を取った値とすると、結晶方位ごとに膜厚の正確な評価ができる。45度周期で平均値を取るとは、すなわち、図2(A)を0度~45度、90度~135度、180度~225度、270度~315度の4区分と、45度~90度、135度~180度、225度~270度、315度~360度のそれぞれを反転させた4区分とを合わせた計8区分の合計膜厚の平均値を取ることである(以下、「45度周期化」という。)。このようにすることで、同じ結晶方位に膜厚のばらつきがあっても、ばらつきの影響

を最小化することができる（図2（B））。なお、図2（A）、（B）では縦軸を周縁部のエピタキシャル層の膜厚としたが、ESFQRでも同様の周期性となり、同様の45度周期化が可能である。なお、図2（B）に示すように、理論的には $\langle 110 \rangle$ 方位である0度が最大値となり、 $\langle 110 \rangle$ 方位以外の方位（例えば $\langle 100 \rangle$ 方位）が最小値となる。

[0034] ここで、ESFQR (Edge flatness metric, Sector based, Front surface referenced, Site Front least sQuaresRange) とは、周縁部11に形成した扇形の領域（図3、セクター51）内のSFQRを測定した平坦度を示す指標であり、値が小さいほど平坦度が高いことを意味する。本明細書におけるESFQRは、平坦度測定器（KLA-Tencor社：Wafer Sight）を用い、測定除外領域（エッジ除外領域52）を1mmとして、ウェーハ全周を5度間隔で72分割し、セクター長Dを30mmとしたセクター内を測定した値とする。また、SFQR (Site Front least sQuaresRange) とは、SEMI規格にかかる、所定サイト内の平坦度を示す指標である。このSFQRは、設定されたサイト内で最小二乗法により求められた基準面からの+側および-側のそれぞれの最大変位量の絶対値の和で表した、サイトごとに評価された値である。（図3（A）、（B））

[0035] PV (Peak Valley) 値は、上記ESFQRを用いて定義される。本発明では、エッジ除外領域52を1mmとしたESFQRの、結晶方位ごとの平均値のうち、最大値から最小値を差し引いた値（nm）を、シリコンウェーハの中心部におけるエピタキシャル層の膜厚（ μm ）で除した値がPV値として定義される。これは、図2（B）におけるESFQRの最大値と最小値との差（nm）をエピタキシャル層の膜厚（ μm ）で除した値と同義である。つまり、PV値とは、成長させるエピタキシャル層3の膜厚を加味しつつ、エピタキシャルシリコンウェーハ1の周縁部11の平坦度を示す指標であり、値が低いほど周縁部11における平坦度が高い、すなわち、厚みばらつきが小さいことを意味する。

[0036] 本実施形態によれば、シリコンウェーハ2のおもて面23側の面取り幅A

1を200 μ m以下とすることにより、成長速度方位依存性を抑制することができ、その結果、PV値が12.5以下という周縁部における平坦度の高いエピタキシャルシリコンウェーハ1を得ることができる。これは、ウェーハの外周端から1mmの場合も1.5mmの場合も周方向のESFQRの変動幅が小さくなることから、成長速度方位依存性が出現する位置がウェーハの外周側に移動したことによるものではなく、成長速度方位依存性そのものが低下するからである。

[0037] また、本発明では、シリコンウェーハ2のおもて面23側の面取り幅A1を狭くするほど成長速度方位依存性を抑制できる点では好ましいが、ハンドリングや搬送時にエピタキシャルウェーハ1に割れ、欠けなどの発生を抑制するためには、シリコンウェーハ2のおもて面23側の面取り幅A1は100 μ m以上であることが好ましい。

[0038] また、シリコンウェーハ2の裏面24側の面取り幅A2は300～400 μ mであることが好ましい。A2はエピタキシャル層3を成長させるときの成長速度方位依存性に影響しないので、A1よりも広い面取り幅とすることで、エピタキシャルシリコンウェーハ1の搬送時の割れや欠けの発生を抑制することができる。さらに、エピタキシャル層3を成長させるときや、エピタキシャルウェーハ1を用いてデバイス作製するときの熱処理のためにも、裏面の面取り幅A2は300～400 μ mであることが望ましい。

[0039] さらに、本発明では、シリコンウェーハ2の中心部におけるエピタキシャル層4の膜厚は2～10 μ mであることが好ましい。エピタキシャル層4の膜厚が2 μ m以上となると、面取り幅A1を広くした場合に成長速度方位依存性による周縁部の平坦度の悪化が顕著に表れてくるため、本発明は特に有効である。一方、膜厚が10 μ mを超えると、周縁部における成長速度方位依存性を抑制できる点では本発明は有効だが、これと異なる要因で、クラウン（周縁部におけるエピタキシャル層の盛り上がり）の発生を生じるおそれがある。

[0040] （エピタキシャルウェーハ）

これまで説明した製造方法により得られるエピタキシャルウェーハ1は、基板となるシリコンウェーハ2と、このシリコンウェーハ2の片面であるおもて面23上に形成されたエピタキシャル層3とを有する。ここで、シリコンウェーハ2のおもて面23の結晶面は(100)面または(100)面であり、おもて面23側の面取り幅長さA1は200 μ m以下である。このエピタキシャルシリコンウェーハ1の周縁部11の平坦度の指標である既述のPV値は12.5以下である。

[0041] また、本発明に従うエピタキシャルウェーハ1のエピタキシャル層3の膜厚は、2～10 μ mであることが好ましい。

[0042] さらに、本発明に従うエピタキシャルウェーハ1は、裏面24側の面取り幅長さA2は300～400 μ mであることが好ましい。

実施例

[0043] 次に、本発明の効果をさらに明確にするため、以下の実施例および比較例を挙げるが、本発明は以下の実施例に何ら制限されるものではない。

[0044] (実施例1)

直径300mm、厚さ775 μ mであり、おもて面側の端部の面取り幅A1が130 μ mに面取り加工したp型シリコンウェーハを作製した。シリコンウェーハのおもて面の結晶面は(100)面であり、裏面の面取り幅A2は350 μ mである。

[0045] このシリコンウェーハを、枚葉式エピタキシャル装置内のサセプタ上に載置し、チャンバ内に水素ガスを供給して、1130℃の温度で30秒間の水素ベークを行った後、キャリアガスである水素ガスと共にシリコンソースガス(トリクロロシラン)およびドーパントガス(ジボラン)を炉内に供給して、1130℃の温度でエピタキシャル成長を行い、成長速度2.2 μ m/分でシリコンウェーハおもて面に、シリコンウェーハの中心部における膜厚が2 μ mのエピタキシャル層を形成し、エピタキシャルシリコンウェーハとした。

[0046] 作製したエピタキシャルシリコンウェーハに対して、KLA-Tencor社製Wafer

Sightを用いておもて面のESFQRを測定した。このとき、エッジ除外領域 (Edge Exclusion) を1 mm、セクター長を30 mm、セクター数を72とした。

[0047] (実施例2～12および比較例1～12)

おもて面側の端部の面取り幅A1および／またはエピタキシャル層の膜厚を表1に記載の値に変えたこと以外は、実施例1と同じ方法でエピタキシャルシリコンウェーハを作製した。

[0048] 表1に、実施例1～12および比較例1～12のエピタキシャルシリコンウェーハのPV値およびESFQRの最大値を示す。

[0049] [表1]

	面取り幅A1 (μm)	エピタキシャル層の 膜厚(μm)	PV値 ($\text{nm}/\mu\text{m}$)	ESFQRの最大値 (nm)
実施例1	130	2	7.1	55.5
実施例2	130	3	7.9	84.1
実施例3	130	4	8.1	116.5
実施例4	130	5	8.2	148.9
実施例5	130	8	8.2	246.3
実施例6	130	10	8.3	311.3
実施例7	200	2	9.7	59.3
実施例8	200	3	10.9	93.7
実施例9	200	4	11.3	129.2
実施例10	200	5	11.6	164.9
実施例11	200	8	11.7	272.0
実施例12	200	10	11.7	343.4
比較例1	250	2	13.8	66.7
比較例2	250	3	15.4	105.1
比較例3	250	4	15.9	143.5
比較例4	250	5	16.2	182.0
比較例5	250	8	16.4	299.5
比較例6	250	10	16.4	377.9
比較例7	350	2	21.8	80.3
比較例8	350	3	24.2	125.7
比較例9	350	4	25.1	171.1
比較例10	350	5	25.5	216.5
比較例11	350	8	25.8	352.9
比較例12	350	10	26.0	444.1

[0050] 図4(A)に、実施例1, 7および比較例7についてのESFQRの測定結果を示す。

図4(B)は図4(A)を45度周期化したグラフである。

[0051] 図5 (A) に、実施例2, 8および比較例8についてのE S F Q Rの測定結果を示す。

図5 (B) は図5 (A) を45度周期化したグラフである。

[0052] 図6は、同じく実施例2, 8および比較例8について、エピタキシャルウェーハの周縁部（エピタキシャルウェーハの外周端から1mm内側の位置）のエピタキシャル層の膜厚の周方向プロファイルを示すグラフである。

[0053] 図7に、実施例1～12および比較例1～12のおもて面側の面取り幅A1に対するPV値の関係を示す。

[0054] 図8 (A) および図8 (B) に、実施例4, 10および比較例4, 10について、エピタキシャルウェーハの外周端からそれぞれ1mm, 2mm内側の位置におけるエピタキシャル層の膜厚の周方向プロファイルの測定結果を示すグラフを示す。図8 (C) は図8 (A) を45度周期化して、さらに0度における膜厚を1としたときの相対値を用いたグラフであり、図8 (D) も同様に図8 (B) を45度周期化し、さらに相対値を用いたグラフである。

[0055] 図9 (A) および図9 (B) に、実施例4, 10および比較例4, 10について、エピタキシャルウェーハの外周端からそれぞれ1mm, 1.5mm内側の位置におけるE S F Q Rの測定結果を示す。図9 (C) は図9 (A) を45度周期化したグラフであり、図9 (D) も同様に図9 (B) を45度周期化したグラフである。

[0056] 図4 (A), (B) および図5 (A), (B) から、おもて面側の面取り幅の長さA1が短いほど、平坦度 (E S F Q R) のばらつきが小さくなっていることがわかる。図6からも、A1が短いほど成長速度方位依存性が抑制でき、周縁部におけるエピタキシャル層の膜厚の周方向ばらつきを抑制できることがわかる。

[0057] また、図7および表1から、シリコンウェーハ2のおもて面23側の面取り幅A1を200μm以下とすることにより、成長速度方位依存性を抑制することができたため、2μm以上のエピタキシャル層を形成したにも係わら

ず、P V値が12.5以下という周縁部における平坦度の高いエピタキシャルシリコンウェーハを得ることができたことがわかる。ここで、図8(A)～(D)からエピタキシャルウェーハの外周端から1mmの場合も2mmの場合も、エピタキシャル層の周方向の膜厚の変動幅が小さくなっていることがわかる。さらに図9(A)～(D)からエピタキシャルウェーハの外周端から1mmの場合も1.5mmの場合も周方向のESFQRの変動幅が小さくなっていることがわかる。したがって、成長速度方位依存性の出現する位置がウェーハの外周側に移動したのではなく、成長速度方位依存性そのものが低下したものと結論付けることができる。

産業上の利用可能性

[0058] 本発明によれば、シリコンウェーハのエピタキシャル成長させる面の端部の面取り幅を200 μ m以下にし、その後にエピタキシャル層を形成したので、成長速度方位依存性を抑制することができ、周縁部における平坦度が高いエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法およびこれにより得られるエピタキシャルシリコンウェーハを提供できる。

符号の説明

- [0059]
- 1 エピタキシャルシリコンウェーハ
 - 11 エピタキシャルシリコンウェーハの周縁部
 - 2 シリコンウェーハ
 - 21 エッジ領域
 - 22 ベベル領域
 - 23 おもて面
 - 24 裏面
 - 3 エピタキシャル層
 - 4 シリコンソースガス
 - 51 セクター
 - 52 エッジ除外領域

請求の範囲

- [請求項1] 片面の面方位が（１００）面または（１１０）面であり、該片面側の端部の面取り幅が２００μm以下であるシリコンウェーハの、前記片面上にエピタキシャル層を形成することを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項2] 前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚が２～１０μmである請求項１に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項3] 前記シリコンウェーハの前記片面側の端部の面取り幅が１００μm以上である請求項１または２に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項4] 前記シリコンウェーハの他面側の端部の面取り幅が３００～４００μmである請求項１～３のいずれか１項に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項5] 前記エピタキシャル層の形成では、前記エピタキシャル層の表面において、下記に定義されるPV値を１２．５以下に制御することを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

記

PV値は、エッジ除外領域を１mmとしたESFQRの、結晶方位ごとの平均値のうち、最大値から最小値を差し引いた値（nm）を、前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚（μm）で除した値とする。

- [請求項6] 片面の面方位が（１００）面または（１１０）面であり、該片面側の端部の面取り幅が２００μm以下であるシリコンウェーハと、
該シリコンウェーハの前記片面上に形成されたエピタキシャル層と、
を有するエピタキシャルシリコンウェーハであって、
前記エピタキシャル層の表面において、下記に定義されるPV値が

12.5以下であることを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハ。

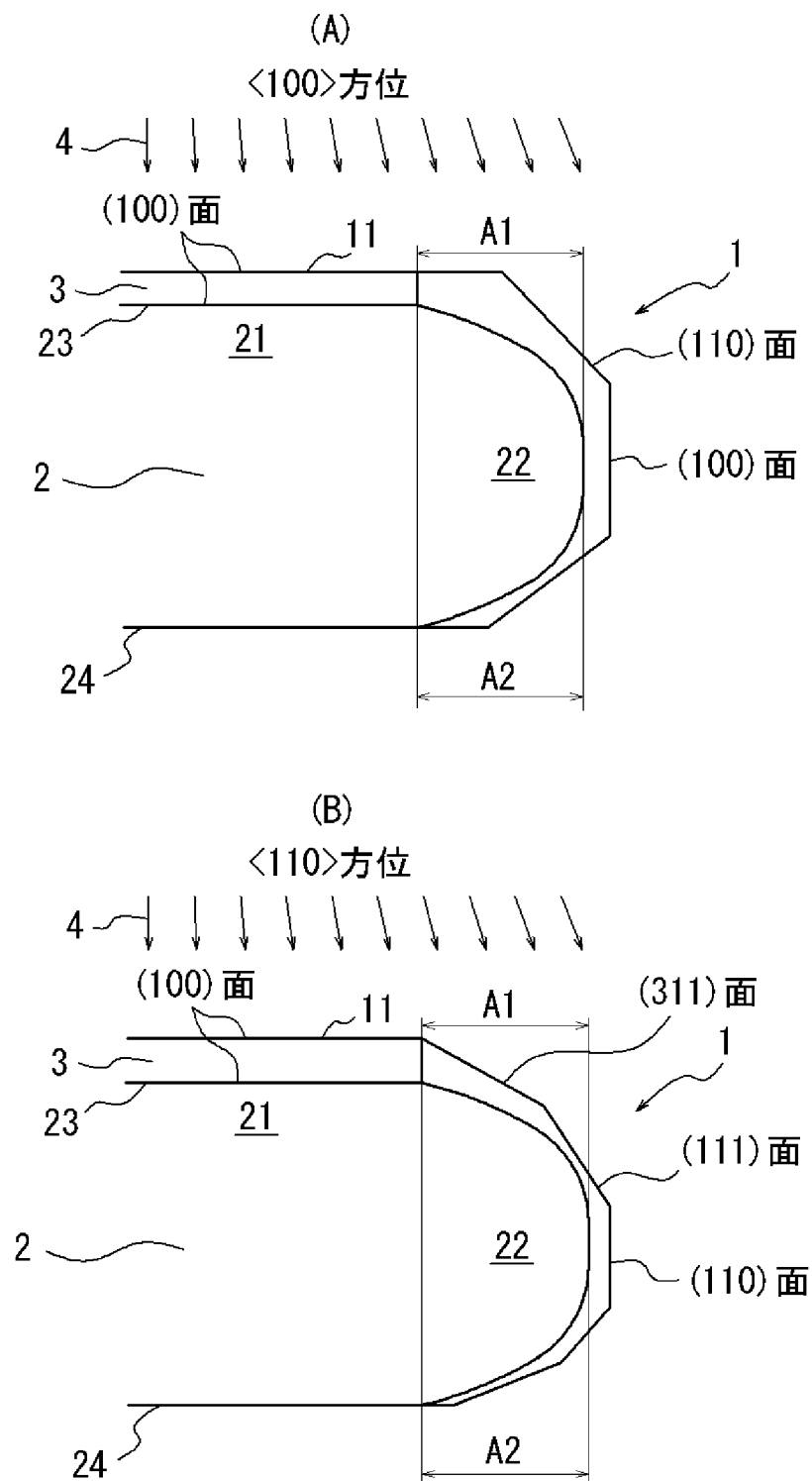
記

PV値は、エッジ除外領域を1mmとしたESFQRの、結晶方位ごとの平均値のうち、最大値から最小値を差し引いた値(nm)を、前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚(μm)で除した値とする。

[請求項7] 前記シリコンウェーハの中心部における前記エピタキシャル層の膜厚が2～10 μm である請求項6に記載のエピタキシャルシリコンウェーハ。

[請求項8] 前記シリコンウェーハの他面側の端部の面取り幅が300～400 μm である請求項6または7に記載のエピタキシャルシリコンウェーハ。

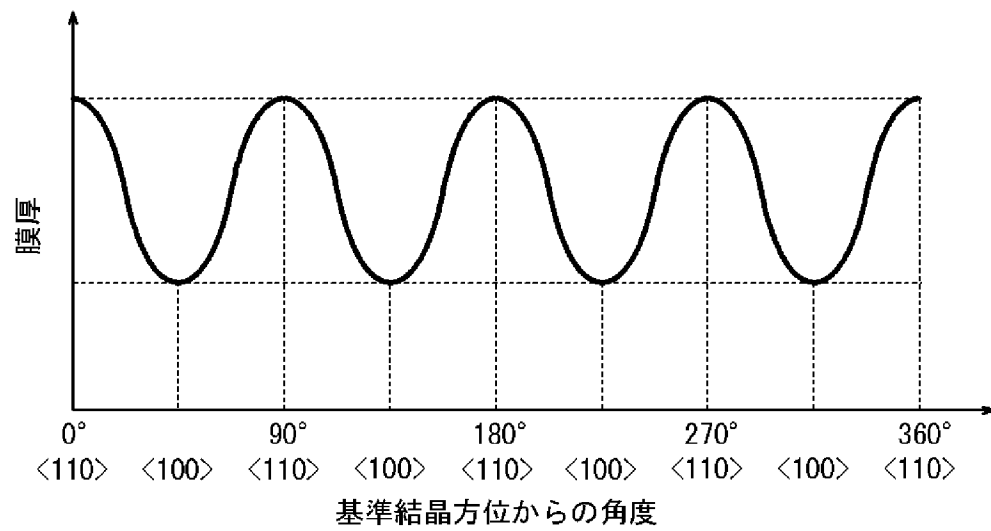
[図1]

FIG. 1

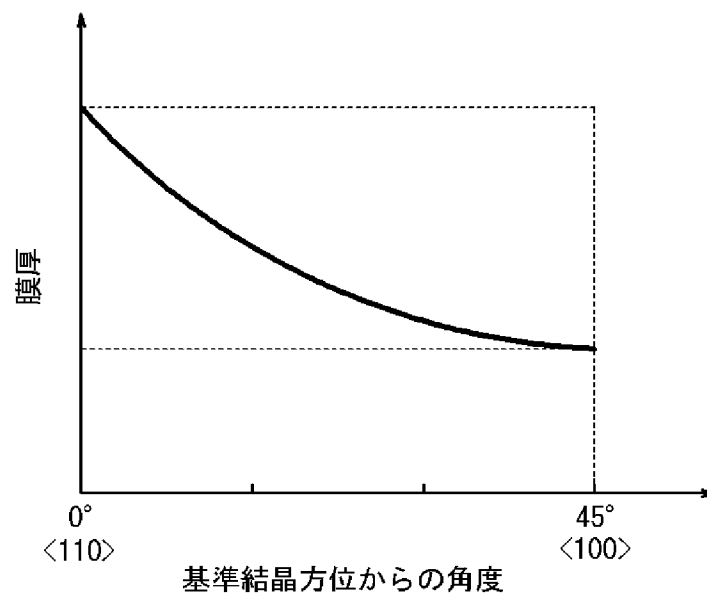
[図2]

FIG. 2

(A)



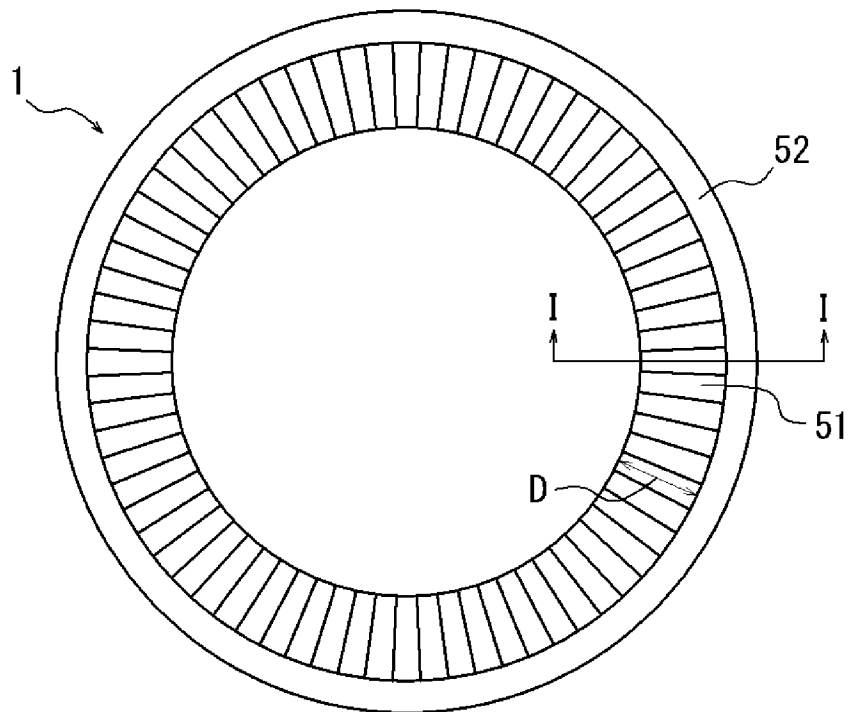
(B)



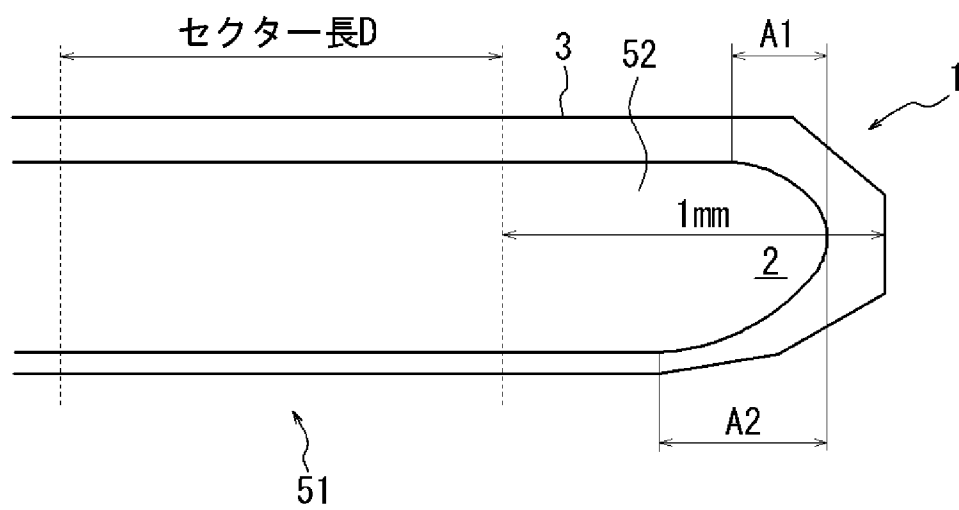
[図3]

FIG. 3

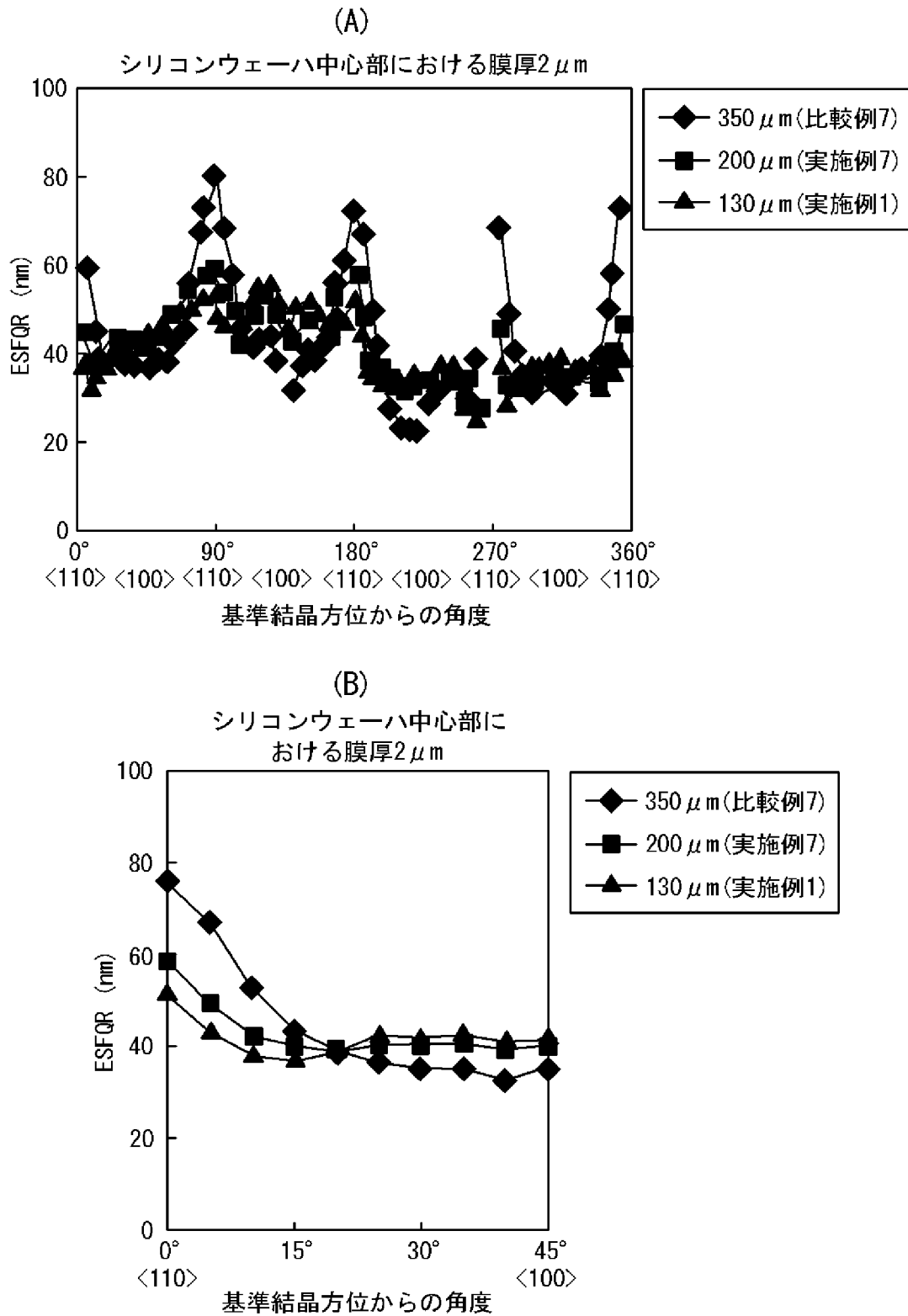
(A)



(B)



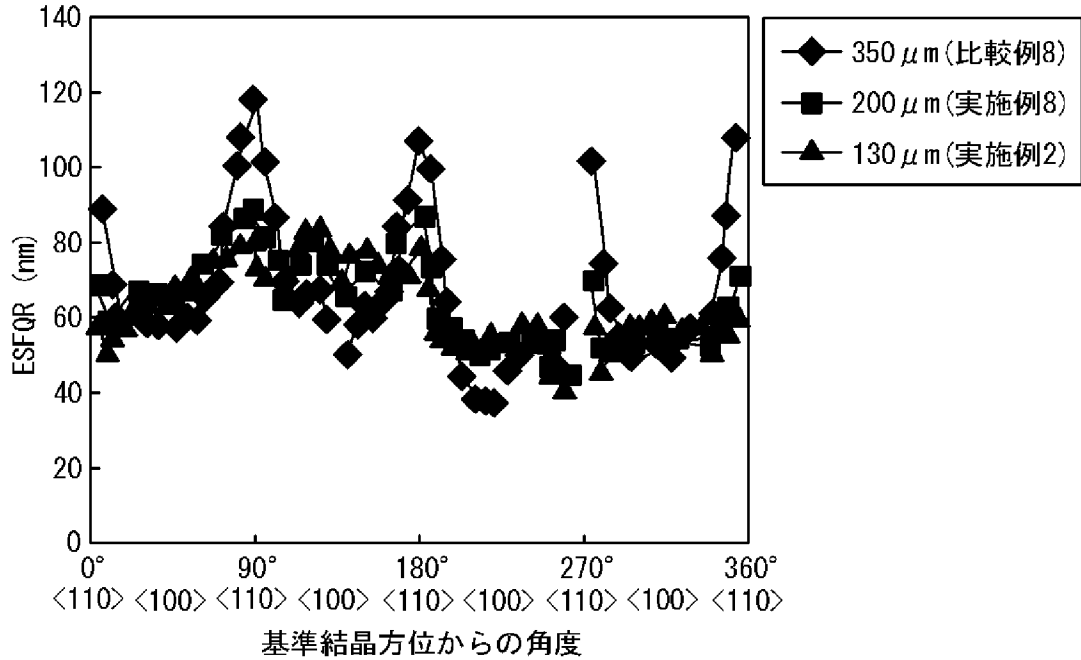
[図4]

FIG. 4

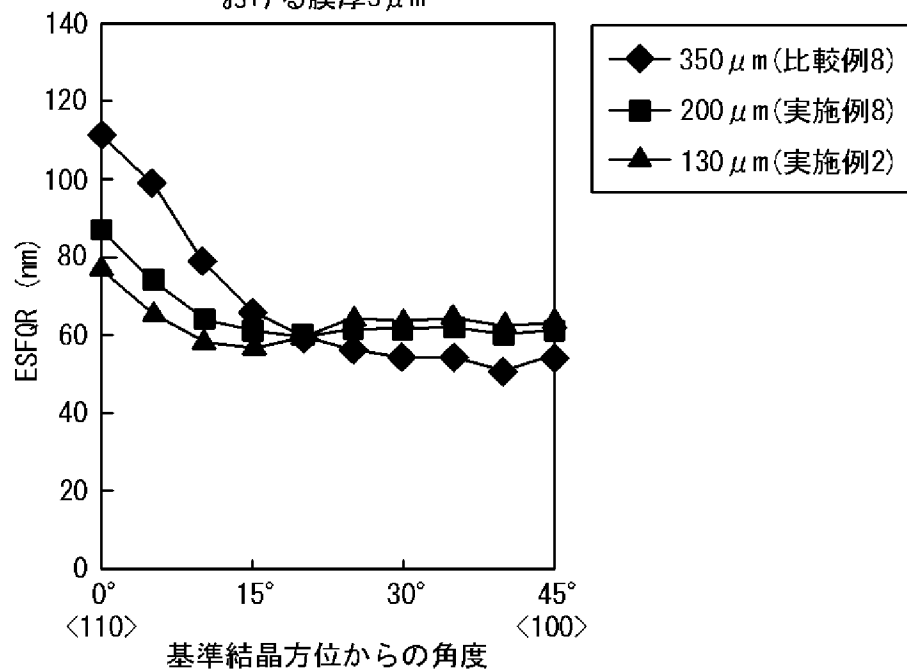
[図5]

FIG. 5

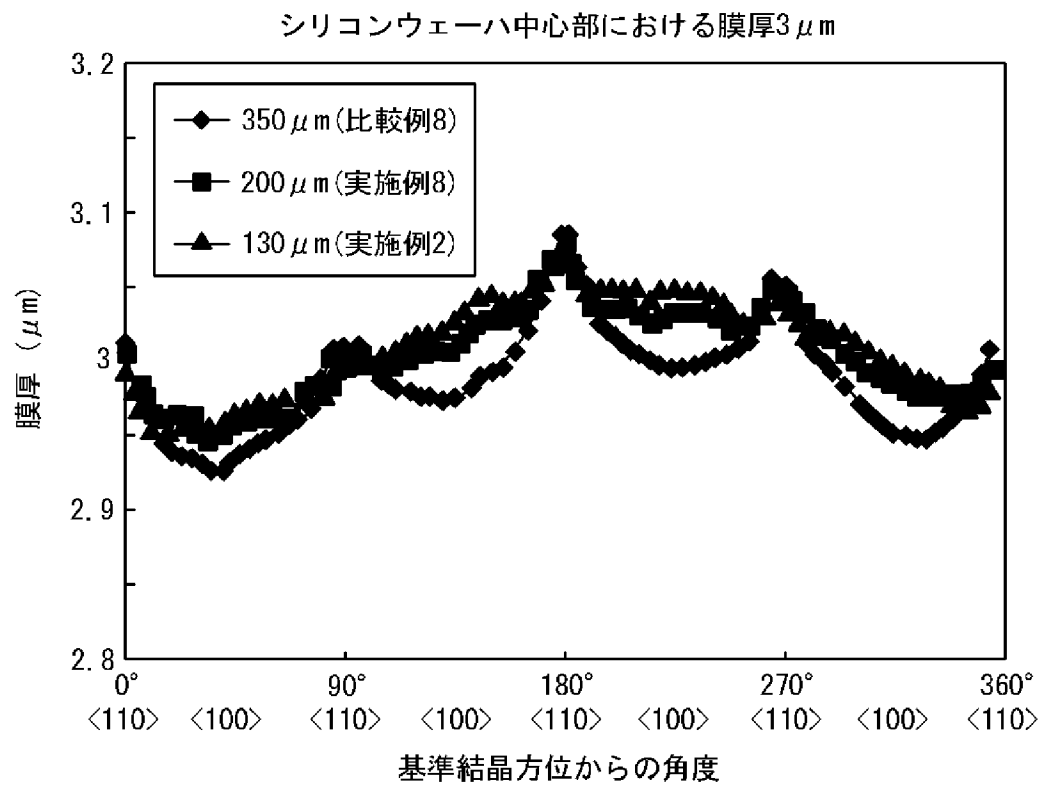
(A)

シリコンウェーハ中心部における膜厚 $3\mu\text{m}$ 

(B)

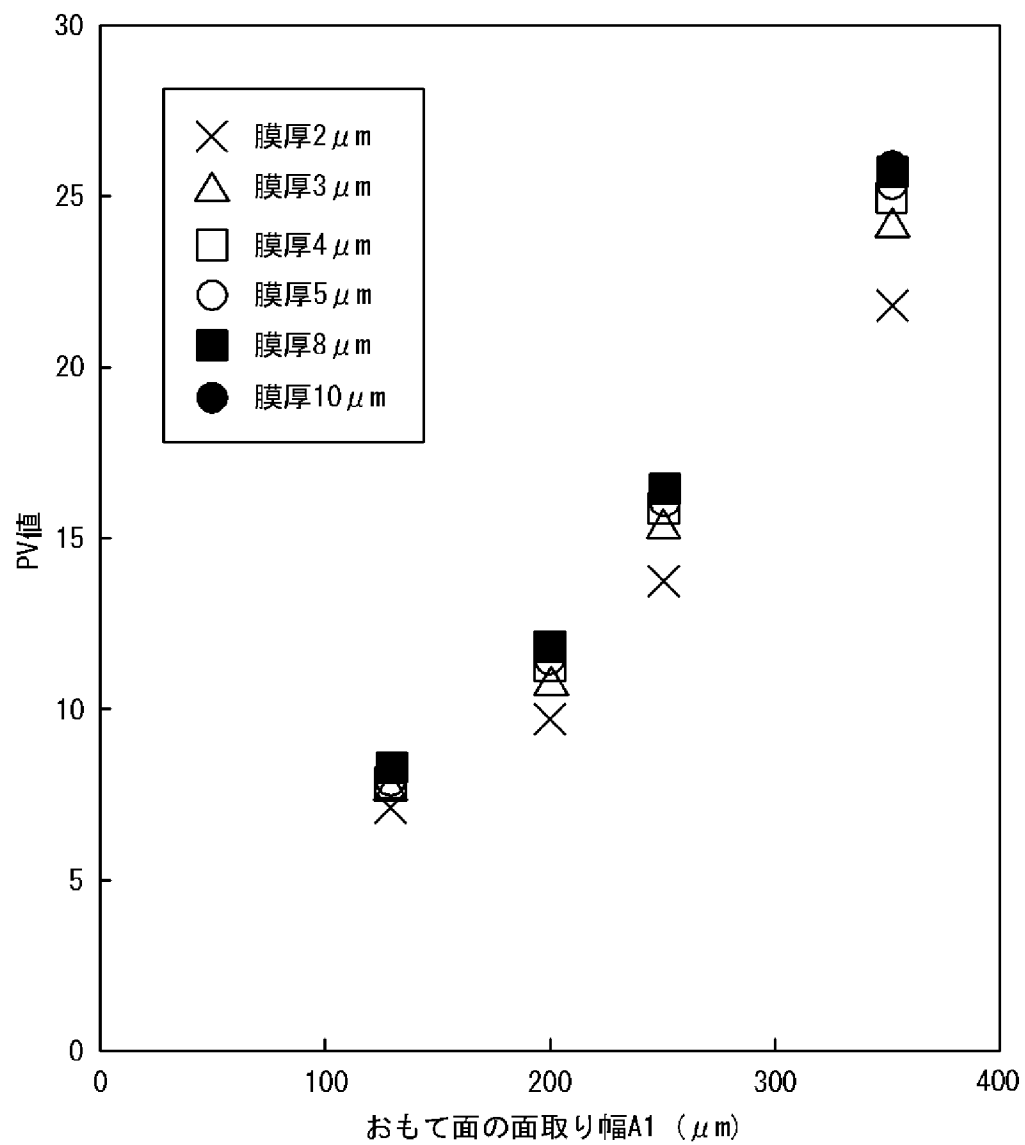
シリコンウェーハ中心部における膜厚 $3\mu\text{m}$ 

[図6]

FIG. 6

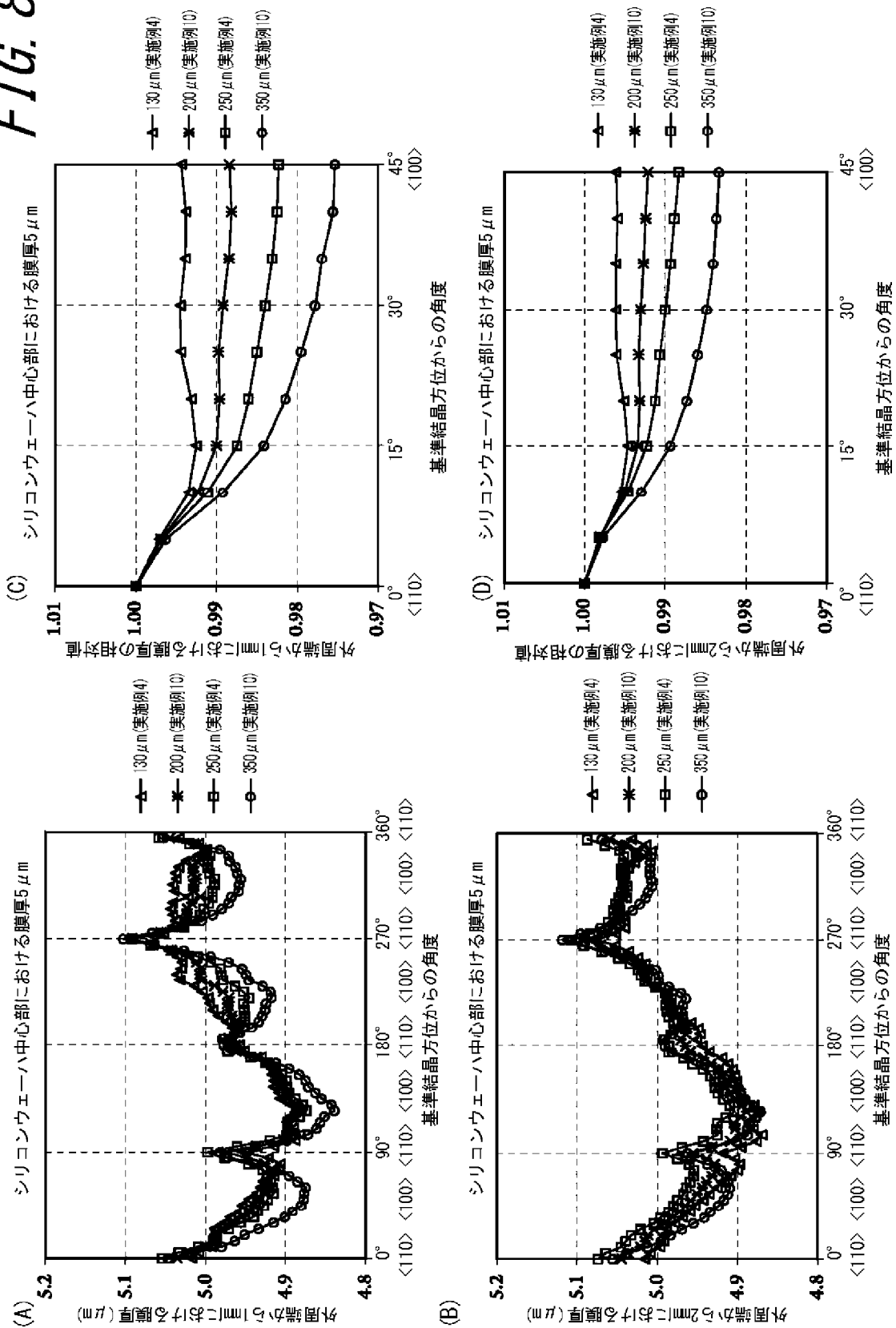
[図7]

FIG. 7



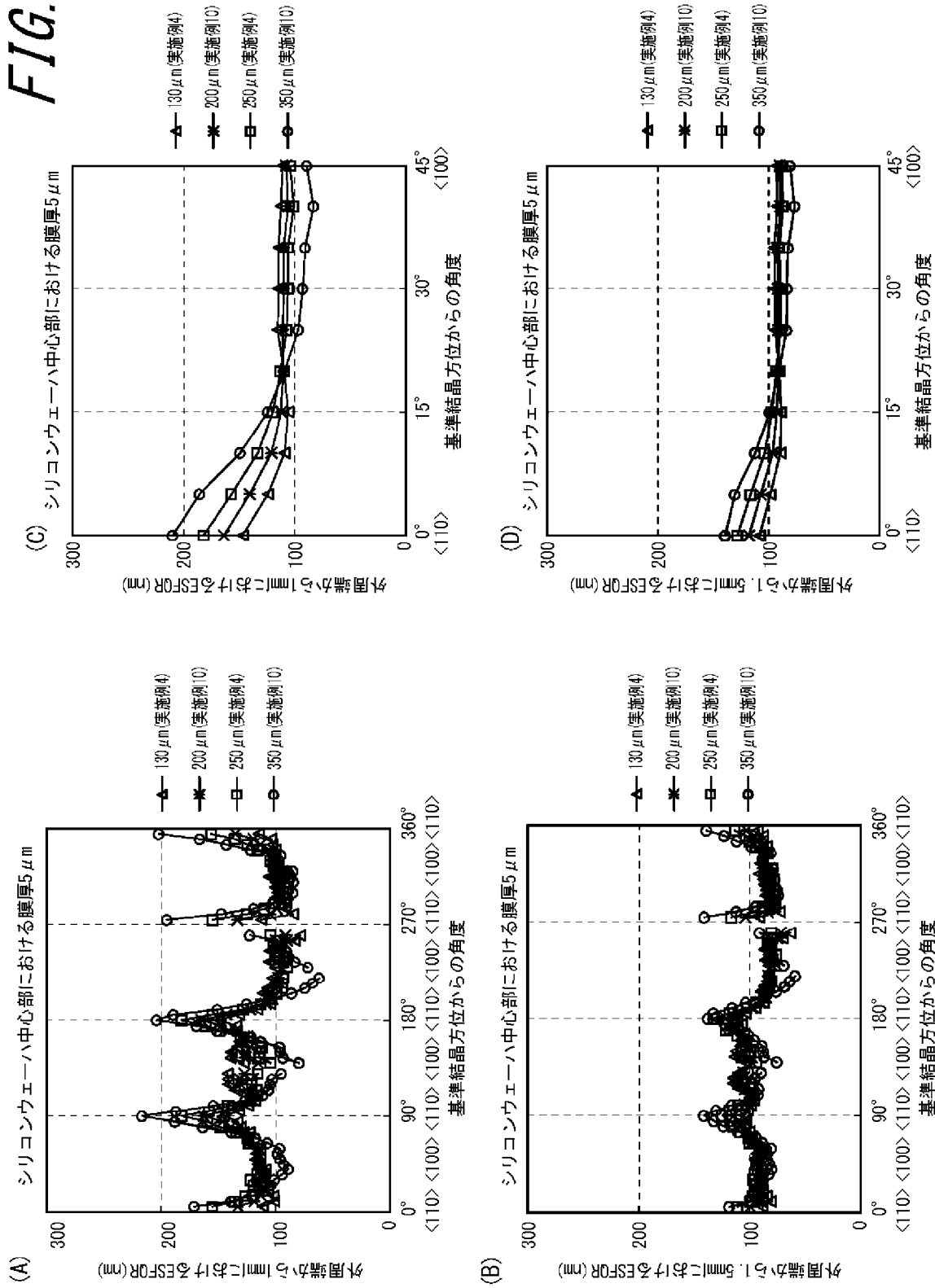
[図8]

FIG. 8



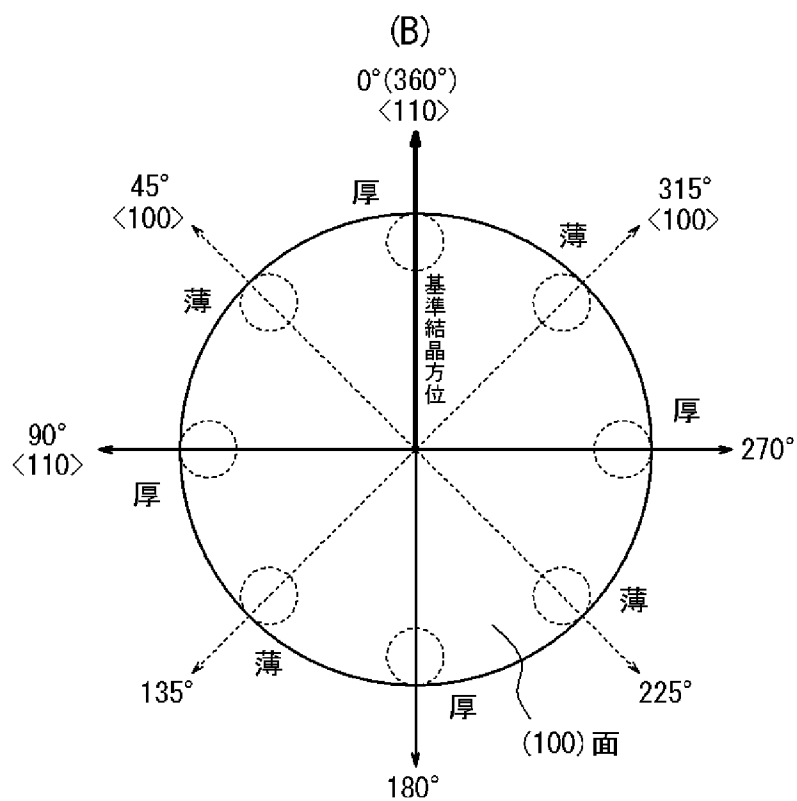
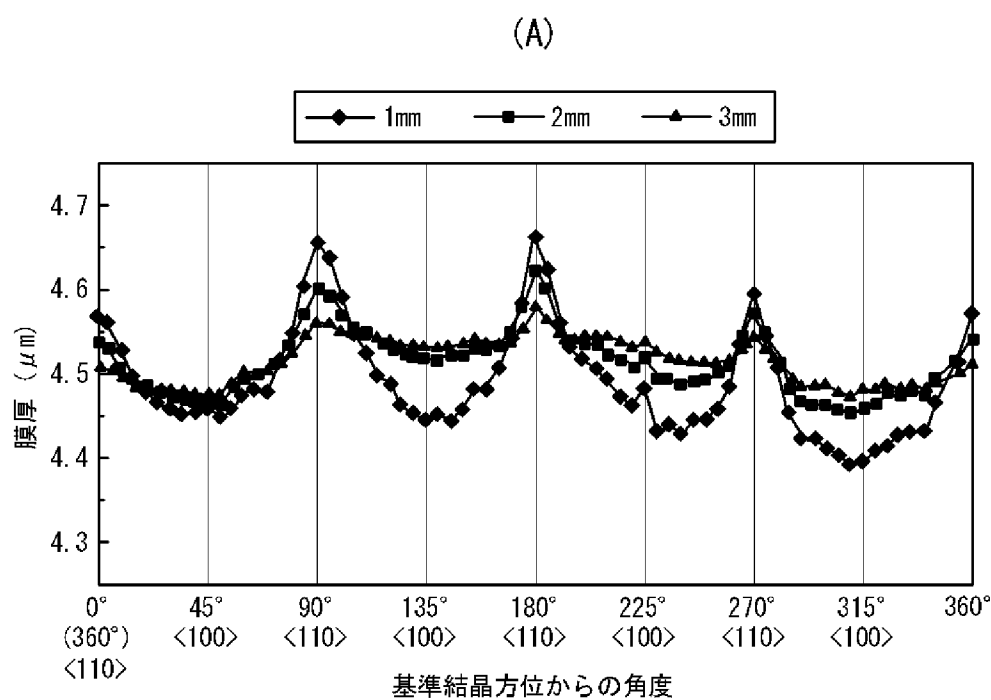
[図9]

FIG. 9



[図10]

FIG. 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/004506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/205(2006.01)i, C23C16/24(2006.01)i, C30B25/20(2006.01)i, H01L21/02(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)

H01L21/205, C23C16/24, C30B25/20, H01L21/02

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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	WO 2010/035510 A1 (SUMCO Corp.), 01 April 2010 (01.04.2010), paragraphs [0069], [0085]; fig. 9 & TW 201018755 A	1-8
A	JP 2012-142485 A (SUMCO Corp.), 26 July 2012 (26.07.2012), paragraph [0058]; fig. 2 (Family: none)	1-8
A	JP 2011-249675 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 08 December 2011 (08.12.2011), paragraphs [0043], [0044]; fig. 1 (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
07 October, 2013 (07.10.13)

Date of mailing of the international search report
22 October, 2013 (22.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/205(2006.01)i, C23C16/24(2006.01)i, C30B25/20(2006.01)i, H01L21/02(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. H01L21/205, C23C16/24, C30B25/20, H01L21/02

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 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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	WO 2010/035510 A1（株式会社SUMCO）2010.04.01, 段落 [0069], [0085], [図9] & TW 201018755 A	1-8
A	JP 2012-142485 A（株式会社SUMCO）2012.07.26, 段落【0058】、【図2】（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2011-249675 A（昭和電工株式会社）2011.12.08, 段落【0043】、【0044】、【図1】（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

0 7 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 0 . 2 0 1 3

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）

田代 吉成

4 R

4 8 6 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 1