

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-60993

(P2022-60993A)

(43)公開日 令和4年4月15日(2022.4.15)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/66 (2006.01)	H 0 1 L 21/66 N	2 G 0 0 1
G 0 1 N 23/205 (2018.01)	G 0 1 N 23/205	4 M 1 0 6
G 0 1 N 23/2055(2018.01)	G 0 1 N 23/2055 3 1 0	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全19頁)

(21)出願番号 特願2021-84609(P2021-84609)	(71)出願人 000190149 信越半導体株式会社 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
(22)出願日 令和3年5月19日(2021.5.19)	
(31)優先権主張番号 特願2020-168682(P2020-168682)	(74)代理人 100102532 弁理士 好宮 幹夫
(32)優先日 令和2年10月5日(2020.10.5)	(74)代理人 100194881 弁理士 小林 俊弘
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	(74)代理人 100215142 弁理士 大塚 徹
	(72)発明者 斉藤 久之 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
	Fターム(参考) 2G001 AA01 BA24 CA01 DA09 HA13 JA11 KA03 LA11 最終頁に続く

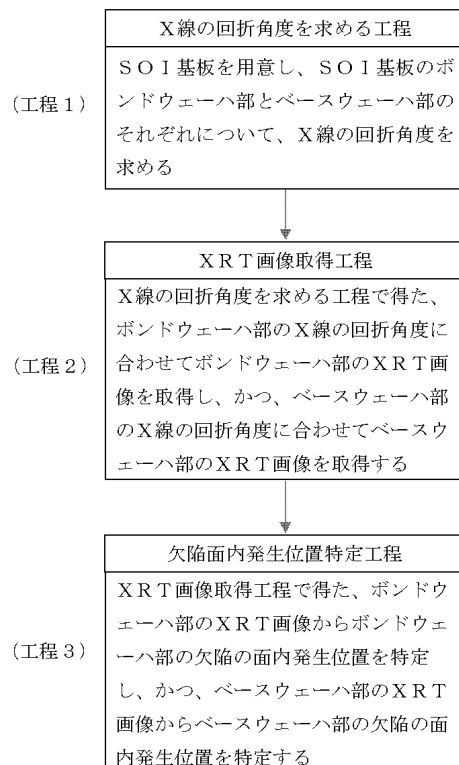
(54)【発明の名称】 欠陥評価方法、SOI基板の欠陥評価方法、及び多層基板の欠陥評価方法

(57)【要約】

【課題】複数の単結晶基板を貼り合わせた多層基板について、貼り合わせ後であっても小さな欠陥の高感度な測定を可能とする欠陥評価方法を提供する。

【解決手段】複数の単結晶基板を貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥をXRTで評価する欠陥評価方法であって、前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記XRT画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とする欠陥評価方法。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の単結晶基板を貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥を X R T で評価する欠陥評価方法であって、

前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、

該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのX R T画像を取得するX R T画像取得工程と、

該X R T画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X R T画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とする欠陥評価方法。

10

【請求項 2】

ボンドウェーハとベースウェーハを貼り合わせたS O I基板中の欠陥をX R Tで評価する欠陥評価方法であって、

前記S O I基板を用意し、該S O I基板のボンドウェーハ部とベースウェーハ部のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、

該X線の回折角度を求める工程で得た、前記ボンドウェーハ部の前記X線の回折角度に合わせて前記ボンドウェーハ部のX R T画像を取得し、かつ、前記ベースウェーハ部の前記X線の回折角度に合わせて前記ベースウェーハ部のX R T画像を取得するX R T画像取得工程と、

20

該X R T画像取得工程で得た、前記ボンドウェーハ部の前記X R T画像から前記ボンドウェーハ部の前記欠陥の面内発生位置を特定し、かつ、前記ベースウェーハ部の前記X R T画像から前記ベースウェーハ部の前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とするS O I基板の欠陥評価方法。

【請求項 3】

前記X線の回折角度を求める工程において、前記ボンドウェーハ部と前記ベースウェーハ部の前記X線の回折角度が同じ場合は、前記S O I基板を回転させることで前記X線の回折角度を変えて、前記ボンドウェーハ部と前記ベースウェーハ部とで異なる前記X線の回折角度を求めることを特徴とする請求項 2 に記載のS O I基板の欠陥評価方法。

30

【請求項 4】

前記欠陥面内発生位置特定工程において、前記特定した欠陥の面内発生位置においてセクショントポグラフィ像を取得し、該セクショントポグラフィ像から前記欠陥の面内発生位置における深さ方向の位置を特定することを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載のS O I基板の欠陥評価方法。

【請求項 5】

複数の厚さ10 μ m以上の単結晶基板を直接貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥をX R Tで評価する欠陥評価方法であって、

前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、

40

該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのX R T画像を取得するX R T画像取得工程と、

該X R T画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X R T画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とする多層基板の欠陥評価方法。

【請求項 6】

前記X線の回折角度を求める工程において、前記複数の単結晶層のうちの少なくとも2層の前記X線の回折角度が同じ場合は、前記多層基板を回転させることで前記X線の回折角度を変えて、前記複数の単結晶層のそれぞれで異なる前記X線の回折角度を求めることを

50

特徴とする請求項 5 に記載の多層基板の欠陥評価方法。

【請求項 7】

前記欠陥面内発生位置特定工程において、前記特定した欠陥の面内発生位置においてセクショントポグラフィ像を取得し、該セクショントポグラフィ像から前記欠陥の面内発生位置における深さ方向の位置を特定することを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の多層基板の欠陥評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、SOI 基板や、単結晶基板を直接貼り合わせた多層基板の欠陥評価方法に関するものである。 10

【背景技術】

【0002】

ウェーハの貼り合わせ技術は 3 次元積層デバイスや SOI ウェーハの製造に應用されている。ウェーハに存在する欠陥を評価する場合、貼り合わせ前であれば、種々の測定方法によって検査することにより、不良原因を特定することができるが、貼り合わせた後では、その不良を特定する方法が限られる。貼り合わせを起因とした欠陥や、貼り合わせ後に発生する欠陥を測定する方法が必要とされている。

【0003】

ボイドや、配線の断線などは X 線の透過測定で検出することはできるが精度は低く、小さな欠陥は検出することができない。特許文献 1 に見られるように、X 線 CT 装置の分解能は検出器のサイズで決定され、また、CT 像は X 線の透過率の差を可視化しているため、Si 中の結晶欠陥を測定しようとしても Si と Si 中の欠陥では X 線の透過率に差はないため検出することができない。 20

【0004】

特許文献 2 では、SOI 基板の XRT 評価結果が示されている。XRT は X 線の回折を利用した方法であるため、X 線 CT では可視化できない Si 中の結晶欠陥が検出できるのが特徴であるが、特許文献 2 では XRT で実際に評価しているのはベースウェーハのみでボンドウェーハの評価は行っていない。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2016 - 176731 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 277702 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

3 次元積層デバイスや 3D - IC などでは貼り合わせ後に結晶欠陥を測定する適当な方法がなく、ボイドや配線ショートなどの大きな不良はわかるが、上層と下層間の転位や BMD など測定することは TEM など可能だが、ウェーハ全体の評価は難しい。貼り合わせ前から存在している欠陥は貼り合わせ前に測定できるが、貼り合わせ工程で発生した微小な欠陥を測定することは難しかった。また、貼り合わせウェーハの測定としてよく使われる X 線の透過法は、貼り合わせたウェーハが重なって検出されるため、欠陥の深さが分からず、X 線の透過を利用した X 線 CT 法ではミクロン単位の小さな欠陥を検出することはできない。 40

【0007】

ウェーハの貼り合わせ技術は、従来では SOI 基板に代表されて使われてきたが、近年、デバイス工程でも使われるようになってきている。これらの SOI 基板やデバイスの欠陥の測定方法としては、貼り合わせる前の段階では種々の欠陥測定方法があるが、貼り合わせ後に欠陥を高感度に測定する方法は少ない。 50

【 0 0 0 8 】

本発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、X線による回折を利用することで、貼り合わせ後であってもBMDや転位など小さな欠陥の高感度な測定を可能とするSOI基板の欠陥評価方法を提供することを目的とする。さらに本発明は、SOI基板に限られることなく、複数の単結晶基板を貼り合わせた多層基板について、貼り合わせ後であっても小さな欠陥の高感度な測定を可能とする欠陥評価方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するため、本発明では、複数の単結晶基板を貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥をXRTで評価する欠陥評価方法であって、前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記XRT画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とする欠陥評価方法を提供する。

10

【 0 0 1 0 】

このような欠陥評価方法は、SOI基板に限られることなく、複数の単結晶基板を貼り合わせた多層基板について、貼り合わせ後であっても小さな欠陥の高感度な測定を可能とする欠陥評価方法となる。

20

【 0 0 1 1 】

また本発明では、ボンドウェーハとベースウェーハを貼り合わせたSOI基板中の欠陥をXRTで評価する欠陥評価方法であって、前記SOI基板を用意し、該SOI基板のボンドウェーハ部とベースウェーハ部のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記ボンドウェーハ部の前記X線の回折角度に合わせて前記ボンドウェーハ部のXRT画像を取得し、かつ、前記ベースウェーハ部の前記X線の回折角度に合わせて前記ベースウェーハ部のXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記ボンドウェーハ部の前記XRT画像から前記ボンドウェーハ部の前記欠陥の面内発生位置を特定し、かつ、前記ベースウェーハ部の前記XRT画像から前記ベースウェーハ部の前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とするSOI基板の欠陥評価方法を提供する。

30

【 0 0 1 2 】

このような本発明のSOI基板の欠陥評価方法は、BMDや転位などの小さな欠陥を高感度に測定でき、特に貼り合わせ後の欠陥、すなわち、貼り合わせの影響によって発生した欠陥でも測定して評価する事ができる。しかも、ボンドウェーハ部とベースウェーハ部のどちらにおける欠陥かを特定できる。

【 0 0 1 3 】

また、前記X線の回折角度を求める工程において、前記ボンドウェーハ部と前記ベースウェーハ部の前記X線の回折角度が同じ場合は、前記SOI基板を回転させることで前記X線の回折角度を変えて、前記ボンドウェーハ部と前記ベースウェーハ部とで異なる前記X線の回折角度を求めることができる。

40

【 0 0 1 4 】

このようにすれば、ボンドウェーハ部とベースウェーハ部のX線の回折角度が同じ場合であっても、別方向から異なるX線の回折角度を得ることで、簡便にベースウェーハ部とボンドウェーハ部を分けて測定することができる。

【 0 0 1 5 】

また、前記欠陥面内発生位置特定工程において、前記特定した欠陥の面内発生位置においてセクショントポグラフィ像を取得し、該セクショントポグラフィ像から前記欠陥の面内発生位置における深さ方向の位置を特定することができる。

50

【 0 0 1 6 】

このようにすれば、欠陥の深さ情報を得ることができ、欠陥の起因等の推測に役立てることができる。

【 0 0 1 7 】

また本発明では、複数の厚さ $10\ \mu\text{m}$ 以上の単結晶基板を直接貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥を XRT で評価する欠陥評価方法であって、前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記XRT画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有することを特徴とする多層基板の欠陥評価方法を提供する。

10

【 0 0 1 8 】

このような多層基板の欠陥評価方法は、複数の単結晶基板を直接貼り合わせた多層基板について、貼り合わせ後であっても小さな欠陥の高感度な測定を可能とする欠陥評価方法となる。特に単結晶層ごとに欠陥の測定をすることができ、さらには検出された欠陥がどの層に発生したものであるのかを特定することも可能である。

【 0 0 1 9 】

また、前記X線の回折角度を求める工程において、前記複数の単結晶層のうちの少なくとも2層の前記X線の回折角度が同じ場合は、前記多層基板を回転させることで前記X線の回折角度を変えて、前記複数の単結晶層のそれぞれで異なる前記X線の回折角度を求めることができる。

20

【 0 0 2 0 】

このようにすれば、ある2つの層、もしくは3つ以上の層のX線の回折角度が同じ場合であっても、別方向から異なるX線の回折角度を得ることで、簡便に複数の単結晶層を分けて測定することができる。

【 0 0 2 1 】

また、前記欠陥面内発生位置特定工程において、前記特定した欠陥の面内発生位置においてセクショントポグラフィ像を取得し、該セクショントポグラフィ像から前記欠陥の面内発生位置における深さ方向の位置を特定することができる。

30

【 0 0 2 2 】

このようにすれば、欠陥の深さ情報を得ることができ、欠陥の起因等の推測に役立てることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 3 】

以上のように、本発明によれば、SOI基板の貼り合わせ後の欠陥でも、高感度に測定する事が出来る。しかも、ボンドウェー八部とベースウェー八部とで別個に欠陥を特定できる。また本発明は、貼り合わせウェーハの上層、下層を別々にXRTで測定し、欠陥の発生状況进行分析するというものである。SOI基板のみならず、3次元積層デバイスなどへの応用も可能である。また、GaN/SiやSiC/SiなどのSi以外の結晶への応用も可能である。また、3次元デバイスの場合にも、単結晶層ごとに欠陥の測定をすることができ、さらには検出された欠陥がどの層に発生したものであるのかを特定することも可能である。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 本発明のSOI基板の欠陥評価方法の工程の概略を示すフロー図である。

【 図 2 】 本発明におけるSOI基板のXRT測定の一例を示す模式図である。

【 図 3 】 本発明におけるSOI基板から得られる回折ピークの一例を示すグラフである。

【 図 4 】 本発明におけるSOI基板のボンドウェー八部とベースウェー八部のそれぞれのX線の回折角度の測定の一例を示す模式図である。

50

【図 5】SOI 基板を回転させて回折角度を測定する場合の一例を示す模式図である。

【図 6】実施例 1 の SOI 基板の貼り合わせ後に測定したベースウェー八部とボンドウェー八部の XRT 画像を示す撮影図である。

【図 7】実施例 1 のスリップ転位が発生した部分のセクショントポグラフィ像を示す撮影図である。

【図 8】実施例 1 のセクショントポグラフィ像についての説明図である。

【図 9】単結晶ウェー八における回折面に対する回折角度とサンプル表面に対する回折角度の関係を示す模式図である。

【図 10】単結晶ウェー八から得られる回折ピークの一例を示すグラフである。

【図 11】本発明の多層基板の欠陥評価方法の工程の概略を示すフロー図である。

10

【図 12】本発明における多層基板の上層と下層のそれぞれの X 線の回折角度の測定の一例を示す模式図である。

【図 13】本発明の多層基板の欠陥評価方法において、多層基板の各層の厚さが異なり、各層のデバイスパターンが同じ場合に得られる X 線の回折角度及び XRT 画像の一例である。

【図 14】本発明の多層基板の欠陥評価方法において、多層基板の各層の厚さが同じで、各層のデバイスパターンが異なる場合に得られる X 線の回折角度及び XRT 画像の一例である。

【図 15】本発明の多層基板の欠陥評価方法において、多層基板の各層の厚さ、及び各層のデバイスパターンが同じ場合に得られる X 線の回折角度及び XRT 画像の一例である。

20

【図 16】実施例 2 において得られた、上層と下層からなる多層基板の X 線の回折角度の測定結果である。

【図 17】実施例 2 において得られた、多層基板の上層と下層の各々の XRT 画像である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

XRT (X-ray Topography) は回折現象を利用した測定方法である。ある特定の回折面からの回折 X 線を 2 次元的に測定し、その結晶中の欠陥を視覚化する。応力や欠陥の存在などで回折面の間隔が伸び、回折条件を満たさなくなると、コントラストがつく。

30

【0026】

ここで、この XRT 測定についてまず簡単に説明する。図 9 は、本発明とは異なり、シリコン単結晶ウェー八の XRT 測定の一例を示したものである。サンプルである単結晶ウェー八における、回折面に対する回折角度とサンプル表面に対する回折角度 (サンプル入射角度) の関係を示す模式図である。上図に示すように、単結晶ウェー八 101 に X 線 104 を照射した場合、回折面 105 に対する回折角度 (入射角度) を とすると、以下の式が成り立つ。

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

ここで、 d : 格子面間隔、 λ : X 線の波長、 n : 任意の自然数である。

また、単結晶ウェー八 101 の表面に対する回折角度 (サンプル入射角度) を とすると、下図左側に示すように、回折面 105 がサンプル表面と平行な場合は $\theta = \theta_0$ となる。しかし、回折面 105 がサンプル表面と全くの平行な場合はまずないので、下図右側に示すように、一般的には $\theta > \theta_0$ となる。

40

【0027】

なお、エピタキシャルウェー八のエピタキシャル層の結晶軸方位は、基板の結晶軸方位を引き継いで成長するため、エピタキシャル層と基板に結晶軸方位の違いはない。しかし、SOI や貼り合わせウェー八は、SOI 層と基板は全く同じ結晶軸方位にはならず、数分程度のずれが生じる場合がほとんどである。また同様に、単結晶基板同士を直接貼り合わせたウェー八も、貼り合わせる基板同士が全く同じ結晶軸方位にはならず、数分程度のずれが生じる場合がほとんどである。

50

【 0 0 2 8 】

この数分、結晶軸方位がずれることを利用して、貼り合わせ後にベースウェー八部とボンドウェー八部中の欠陥を別々に測定することが可能である。つまり、ベースウェー八部の回折面に測定軸を合わせてXRT画像を測定すれば、ベースウェー八部のみの情報が得られ、ボンドウェー八部の回折面に条件を合わせてXRT画像を測定すれば、ボンドウェー八部のみの情報を得ることができる。このように、貼り合わせ後にベースウェー八部とボンドウェー八部の情報を別々に測定することができ、貼り合わせで発生する欠陥の測定が可能となる。単結晶基板同士を直接貼り合わせたウェー八の上層と下層についても同様である。本発明者は上記のことを見出して本発明を完成させた。

【 0 0 2 9 】

以下、本発明について詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【 0 0 3 0 】

< 欠陥評価方法 >

本発明は、複数の単結晶基板を貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥をXRTで評価する欠陥評価方法であって、前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記XRT画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有する欠陥評価方法である。

【 0 0 3 1 】

本発明の欠陥評価方法は、複数の単結晶基板を貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板であれば、いかなる多層基板に対しても適用することができる。このような多層基板としては、例えば、ボンドウェー八とベースウェー八を貼り合わせたSOI基板（本発明の第一実施態様）や、3次元積層デバイスのような、複数の厚さ10 μ m以上の単結晶基板を直接貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板（本発明の第二実施態様）が挙げられる。以下、本発明の第一実施態様及び第二実施態様を例に挙げて本発明を詳細に説明する。

【 0 0 3 2 】

< 第一実施態様 >

以下、本発明について、第一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。

【 0 0 3 3 】

本発明の第一実施態様は、ボンドウェー八とベースウェー八を貼り合わせたSOI基板中の欠陥をXRTで評価する欠陥評価方法であって、前記SOI基板を用意し、該SOI基板のボンドウェー八部とベースウェー八部のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記ボンドウェー八部の前記X線の回折角度に合わせて前記ボンドウェー八部のXRT画像を取得し、かつ、前記ベースウェー八部の前記X線の回折角度に合わせて前記ベースウェー八部のXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記ボンドウェー八部の前記XRT画像から前記ボンドウェー八部の前記欠陥の面内発生位置を特定し、かつ、前記ベースウェー八部の前記XRT画像から前記ベースウェー八部の前記欠陥の面内発生位置を特定する欠陥面内発生位置特定工程とを有するSOI基板の欠陥評価方法である。

【 0 0 3 4 】

ここでまず、図2を参照して本発明におけるSOI基板1のXRT測定を用いた評価方法の概略について簡単に説明する。用意するSOI基板1は、主としてボンドウェー八部2とベースウェー八部3から構成されており、XRT測定装置を用いて、X線4のそれぞれの回折面5での回折角度に合わせて、XRT画像を取得することができる。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

但し、SOIはボンドウェーハ上にデバイスを作製するためのものであり、ボンドウェーハは一般的に薄く作られている。そのため、ボンドウェーハからの回折は非常に弱い場合があるので、本発明では、ボンドウェーハの膜厚を10 μm 以上とすることが好ましい。

【0036】

XRT測定装置は、例えば、リガク社製XRTmicronを用いることができる。このXRT装置は、高輝度X線発生装置と、高感度CCDの組み合わせにより、断面XRT評価を短時間で行うことができる特徴を持つ。

【0037】

また、この装置を使うことで、貼り合わせ後ウェーハの断面トポグラフィ像（セクショントポグラフィ像）を測定することができ、欠陥の深さ方向の分布情報を知ることができるため、欠陥の発生原因などの特定に役立つ。

10

【0038】

X線トポグラフィ像（XRT画像）の撮影には、軸出しという工程が必要である。この軸出しというのは測定するサンプルに対して、回折条件を決定する工程であり、この時、サンプルの面方位の傾きなどを求める。

【0039】

通常の単結晶の場合、図10に示すように、この回折ピークは K_1 と K_2 の2本しか得られないが、SOI基板のような貼り合わせウェーハの場合は、図3に示すように、ベースウェーハ部とボンドウェーハ部の両方からそれぞれ K_1 と K_2 の2本のピークが得られるので、計4本の回折ピークが得られる。この場合、通常、ベースウェーハ部はボンドウェーハ部より厚いため、よりピークの大きい方がベースウェーハ部からの回折ピークとなる。

20

【0040】

この時、ベースウェーハ部とボンドウェーハ部の結晶軸方位が異なるような場合であれば、回折ピークが重なることはないが、ベースウェーハ部とボンドウェーハ部の結晶軸方位が同じである場合でも、前述したように多少の面方位のずれがあるため、ベースウェーハ部とボンドウェーハ部に分けた測定を行うことができる。

【0041】

以下、本発明のSOI基板の欠陥評価方法の工程について具体的に説明する。図1は本発明のSOI基板の欠陥評価方法の工程の概略を示すフロー図である。

30

【0042】

まず、図1の工程1のように、SOI基板を用意し、SOI基板のボンドウェーハ部とベースウェーハ部のそれぞれについて、X線の回折角度を求める（X線の回折角度を求める工程）。

【0043】

ここで、図4を参照して、SOI基板1のボンドウェーハ部2とベースウェーハ部3のそれぞれのX線の回折角度の測定について詳述する。上図左側に示すように、ボンドウェーハ部2のサンプル入射角度を b 、上図右側に示すようにベースウェーハ部3のサンプル入射角度を a とする。下図に示すように、得られた4本のピークから、 a 及び b を得ることができる。上記のように、よりピークの大きい方がベースウェーハ部3からの回折ピークとなる。また、それぞれ K_1 と K_2 の2本のピークがあり、どちらのピークを用いても良いが、通常は大きい方（ K_1 ）のピークを用いる。

40

【0044】

このとき、ボンドウェーハ部2とベースウェーハ部3のX線4の回折角度（サンプル入射角度 a 、 b ）が同じ場合は、SOI基板1を回転させることでX線4の回折角度を変えることができる。回折面の違いが小さく、ボンドウェーハ部2とベースウェーハ部3のピークが完全に分離できない場合でも、SOI基板1を90°回転させると、結晶軸方位の違いが出る場合がある。図5にこのようなSOI基板1のときの回折角度の測定の一例を示す。左上図のようにベースウェーハ部3とボンドウェーハ部2が傾いている場合、Y-Z平面（右上図）ではベースウェーハ部3とボンドウェーハ部2の結晶軸方位は同じだ

50

が、X-Z平面（左下図）ではベースウェー八部3とボンドウェー八部2の結晶軸方位がねじれている。この場合、右上図のようにX線回折を測定してもベースウェー八部3とボンドウェー八部2の差は得られないが、左下図のようにX線回折を測定すれば、ベースウェー八部3とボンドウェー八部2を分けて測定することができる。すなわち、各々の回折角度を求めることができる。

【0045】

次に、図1の工程2のように、X線の回折角度を求める工程で得た、ボンドウェー八部のX線の回折角度に合わせてボンドウェー八部のXRT画像を取得し、かつ、ベースウェー八部のX線の回折角度に合わせてベースウェー八部のXRT画像を取得する。すなわち、ボンドウェー八部とベースウェー八部のそれぞれのX線の回折角度に合わせてXRT測定を行い、それぞれのXRT画像を取得する（XRT画像取得工程）。

10

【0046】

XRT測定装置に基板をセットし、工程1で求めた a でX線照射してXRT画像を取得し、次に b でX線照射してXRT画像を取得する。

【0047】

このようにして、ボンドウェー八部のX線の回折角度にXRT測定装置の測定条件を合わせて測定することでボンドウェー八部だけのXRT画像を取得することができ、ベースウェー八部のX線の回折角度に測定条件を合わせて測定することでベースウェー八部だけのXRT画像を取得することができる。これにより次の工程3では、ボンドウェー八部の欠陥とベースウェー八部の欠陥を別々に観測できる。

20

【0048】

最後に、図1の工程3のように、XRT画像取得工程で得た、ボンドウェー八部のXRT画像からボンドウェー八部の欠陥の面内発生位置を特定し、かつ、ベースウェー八部のXRT画像からベースウェー八部の欠陥の面内発生位置を特定する（欠陥面内発生位置特定工程）。

【0049】

すなわち、取得したXRT画像は通常は基板の表裏面（主面）側から撮影されたものであり、その主面の面内での欠陥が発生した位置を、目視等により確認し特定する。

【0050】

このとき、特定した欠陥の面内発生位置においてセクショントポグラフ像を取得することで、欠陥の面内発生位置における深さ方向の位置を特定することができる。欠陥の深さ方向の位置を特定することで、欠陥がどの深さまで到達しているのか、あるいは、どこから発生しているのかといった情報を得ることができ、欠陥の原因を見つけ出すことができる。

30

【0051】

以上のように、本発明のSOI基板の欠陥評価方法であればBMDや転位などの小さな欠陥を高感度に測定でき、貼り合わせ後の欠陥でも測定して評価する事ができる。しかも、ボンドウェー八部とベースウェー八部のどちらにおける欠陥かを特定できる。

【0052】

<第二実施態様>

40

以下、本発明について、第二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。

【0053】

本発明の第二実施態様は、複数の厚さ10 μ m以上の単結晶基板を直接貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板中の欠陥をXRTで評価する欠陥評価方法であって、前記多層基板を用意し、該多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める工程と、該X線の回折角度を求める工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記X線の回折角度に合わせて、前記複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像を取得するXRT画像取得工程と、該XRT画像取得工程で得た、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記XRT画像から、前記複数の単結晶層のそれぞれの前記欠陥の面内発生位置を特定

50

する欠陥面内発生位置特定工程とを有する多層基板の欠陥評価方法である。

【0054】

本発明の多層基板の欠陥評価方法では、複数の厚さ10 μ m以上の単結晶基板を直接貼り合わせた、複数の単結晶層を有する多層基板を用いる。該多層基板は、単結晶基板同士が直接（即ち、単結晶層ではない層を介することなく）貼り合わされたものであるから、ベースウェーハとボンドウェーハ間にSiO₂層が挟まれているSOI基板（本発明の第一実施態様）とは異なるものである。SiO₂層は一般的にアモルファスである。アモルファスではX線回折は起こらないため、本発明の欠陥評価方法は、直接貼り合わせウェーハとSOIウェーハの区別なく適応可能である。このとき、直接貼り合わせた単結晶基板1枚の厚さが10 μ m以上であれば、強度の高い回折ピークを得ることができる。

10

【0055】

本発明の多層基板の欠陥評価方法は、単結晶基板（ウェーハ）上に形成したパターンが異なれば、2～4層の場合はもちろん、5層以上の多数のウェーハを直接貼り合わせた多層デバイスにも全く問題なく適応可能である。一方、ウェーハ上に同じパターンを形成して貼り合わせた多層デバイスでは、例え貼り合わせた基板の厚さが異なっていたとしても貼り合わせる基板が多くなるとX線回折ピークが重なりやすくなるので、より精密な評価を行う観点からは、4層くらいまでを上限として適用するのが好ましい。

【0056】

XRT測定装置は上述のようにリガク社製XRTmicronとすることが好ましい。このXRT装置は、高輝度X線発生装置と、高感度CCDの組み合わせにより、断面XRT

20

評価を短時間で行うことができる特徴を持つ。

【0057】

この装置以外のXRT測定装置でも、単結晶層ごとの測定は可能である。しかしXRTmicronは断面トポグラフ測定が容易にできることから、欠陥の深さ方向の分布情報が特定でき、欠陥の発生原因などの特定に役立つ。

【0058】

X線トポグラフィ像の撮影には、軸出しという工程が必要である。この軸出しというのは測定するサンプルに対して、回折条件を決定する工程であり、この時、サンプルの面方位の傾きなどを求める。

【0059】

通常の場合、図12（左）に示すように、この回折ピークはK₁とK₂の2本しか得られないが、2層の単結晶基板の直接貼り合わせウェーハの場合は、図12（右）に示すように、上層と下層の両方から計4本の回折ピークが得られる。

30

【0060】

この時、上層と下層のウェーハの結晶軸方位が異なるような場合、例えば上層は（100）、下層は（111）であれば、回折ピークが重なることはないが、上層と下層の結晶軸方位が同じ例えば上下層共に（100）ウェーハである場合でも、多少の傾きがあるため、上層と下層に分けた測定を行うことができる。XRTは軸出しを行った結晶に対して、回折X線の強弱をコントラストとして表示する。上層あるいは下層のどちらかに軸出しを行えば、その軸出しをした回折面のみに対して欠陥情報を得られるため上層、あるいは下層単独の結晶欠陥情報を得ることができる。

40

【0061】

このとき、得られたピークが上層からのピークなのか下層からのピークなのかは、ウェーハの厚さが分かれば、判断できる。また、各層のウェーハの厚さが同じであっても、上層と下層が異なるパターンのチップである場合、XRTの画像から、上層か下層かの判断が可能である。

【0062】

2層のデバイスを測って2本の回折ピークが得られた場合、回折ピーク強度は、それぞれの結晶からの回折の量による為、厚い層からの回折ピーク強度は高く、薄い層からの回折ピーク強度は低くなる。そのため、厚さの違うウェーハを直接貼り合わせた2層のデバイ

50

スの場合は、回折ピーク強度の高さから測定している層を容易に特定することができる。

【0063】

また、ほぼ同じ厚さのウェーハを貼り合わせた場合でも、異なるパターンを形成したデバイスであれば、例えば上層にメモリ、下層にロジックの場合、XRTで得られた画像がメモリのパターンであれば、上層のメモリ部分からのXRT情報であり、ロジックのパターンが見られれば、下層のロジック部分からのXRT画像である。

【0064】

3層や4層、もしくはそれ以上の場合でも同様にして各層ごとの欠陥評価を行うことができる。それぞれの層の厚さが異なり、回折強度が異なればどの層からの回折ピークなのか判別可能だが、厚さが同じ場合にもXRT画像に現わされたパターンの形状の違いから第何層のウェーハからのXRT画像なのかを決定することが出来る。

10

【0065】

20, 100, 500 μm 厚さの3枚の基板を直接貼り合わせた3層デバイスの場合、図13に示すように、XRTの軸出し工程で3本の回折ピークが得られる。このうち最も高いピークが500 μm 厚さの基板からのピークであり、次に高いピークが100 μm 、最も小さなピークが20 μm 厚さの基板からのピークである。最も高いピークを回折条件として設定して得られたXRT画像が500 μm 厚さの基板からのXRT画像であり、2番目に高いピーク、3番目に高いピークに回折条件を合わせて得られた像が100 μm 厚さの基板、20 μm 厚さの基板からのXRT画像となる。

【0066】

厚さが同じであるがデバイスパターンの異なる3枚の基板を貼り合わせた場合、図14に示すように、同じ高さの回折ピークが得られ、どの層がどの回折ピークによるものなのか区別できない。その場合、図14に示すように、3つのピークのそれぞれに回折条件を合わせて、XRT画像を求め、3つのデバイスパターンとXRT画像を比較することで、どの層からのピーク及びXRT画像なのかを決定する。このようにデバイスパターンが異なっていれば、それぞれのデバイスパターンの特徴から得られた回折ピークの基板を決定することができる。

20

【0067】

また、厚さ、デバイスパターンの両方が同じ基板3枚を貼り合わせた場合にも、図15に示すように、各層に対応する回折ピークが得られ、それぞれの回折ピークに軸出しをして各層のXRT画像を得ることができる。これにより、貼り合わせた後に単結晶層ごとに欠陥の評価を行うことが可能である。なおこの場合は、各XRT画像が具体的にデバイスの何層目を映し出したものであるかを測定結果から直接判別することはできない。

30

【0068】

すなわち、本発明は全く同じ結晶軸方位のウェーハを直接貼り合わせた場合であっても、厚さが異なれば回折ピークから測定している層が何層目かを特定でき、さらに厚さも同じ場合であっても、形成するデバイスのパターンが異なれば、回折パターンの違いから測定している層が何層目かを特定することができる。したがって、本発明の多層基板の欠陥評価方法においては、より精密な欠陥評価を行う観点から、多層基板は各層の厚さもしくはデバイスパターンが異なるものとするのが好ましい。

40

【0069】

以下、本発明の多層基板の欠陥評価方法の工程について具体的に説明する。図11は本発明の多層基板の欠陥評価方法の工程の概略を示すフロー図である。

【0070】

まず、図11の工程1のように、多層基板を用意し、多層基板中の複数の単結晶層のそれぞれについて、X線の回折角度を求める(X線の回折角度を求める工程)。

【0071】

工程1における回折角度の測定は、第一実施態様と同様に行うことができる。多層基板中の複数の単結晶層の各々の厚さが異なる場合には、より厚い層がより高い回折ピーク強度を示す。

50

【 0 0 7 2 】

また第一実施態様と同様、複数の単結晶層のうちの少なくとも2層のX線の回折角度が同じ場合は、多層基板を回転させることでX線の回折角度を変えて、複数の単結晶層のそれぞれで異なるX線の回折角度を求めることができる。

【 0 0 7 3 】

次に、図11の工程2のように、X線の回折角度を求める工程で得た、複数の単結晶層のそれぞれのX線の回折角度に合わせて、複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像を取得する(XRT画像取得工程)。

【 0 0 7 4 】

最後に、図11の工程3のように、XRT画像取得工程で得た、複数の単結晶層のそれぞれのXRT画像から、複数の単結晶層のそれぞれの欠陥の面内発生位置を特定する(欠陥面内発生位置特定工程)。このとき、得られたXRT画像には各単結晶層のデバイスパターンが映し出されているので、各単結晶層の厚さが同じであってもデバイスパターンが異なれば、このパターンの形状からどの層なのかを特定することができる。

10

【 0 0 7 5 】

またこのとき、特定した欠陥の面内発生位置においてセクショントポグラフ像を取得することで、欠陥の面内発生位置における深さ方向の位置を特定することができる。欠陥の深さ方向の位置を特定することで、欠陥がどの深さまで到達しているのか、あるいは、どこから発生しているのかといった情報を得ることができ、欠陥の原因を見つけ出すことができる。

20

【 0 0 7 6 】

以上のように、本発明の多層基板の欠陥評価方法であれば、複数の単結晶基板を直接貼り合わせた多層基板について、貼り合わせ後であっても小さな欠陥の高感度な測定を可能とする欠陥評価方法となる。特に単結晶層ごとに欠陥の測定をすることができ、さらには検出された欠陥がどの層に発生したものであるのかを特定することも可能である。

【 実施例 】

【 0 0 7 7 】

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。

【 0 0 7 8 】

(実施例1)

以下のようなベースウェーハとボンドウェーハを貼り合わせて熱処理を行ったSOI基板を用意し、本発明の評価方法を実施する。上記熱処理によるスリップ転位の有無、位置等を評価する。

ベースウェーハ：P型、(100)、直径300mm、厚さ775 μ m

ボンドウェーハ：P型、(100)、直径300mm、厚さ30 μ m

【 0 0 7 9 】

このSOI基板は(100)のベースウェーハ上に(100)のボンドウェーハを貼り合わせている。また、ノッチの方位も<110>で同じ方位である。つまりベースウェーハ部とボンドウェーハ部の結晶軸方位はほぼ同じである。しかし実際に測定してみると、若干の結晶軸方位の違いがあり、ベースウェーハ部とボンドウェーハ部の差を出すことができた。

40

【 0 0 8 0 】

まず、回折条件を求める為、測定回折面は(220)とし、X線のサンプル入射角を -75° ～ -90° の範囲で変更して測定した。その結果、ベースウェーハ部の回折角度は -79.479° 、ボンドウェーハ部の回折角度は -79.625° であった。

【 0 0 8 1 】

XRT画像の測定はリガク社製XRTmicronを用いた。ボンドウェーハ部からの回折X線の角度に測定条件を合わせて測定することでボンドウェーハ部だけを測定し、同様にしてベースウェーハ部からの回折X線の角度に測定条件を合わせて測定することでベ-

50

スウェー八部だけの測定も行った。

【0082】

図6に、貼り合わせ後に測定したベースウェー八部のXRT画像とボンドウェー八部のXRT画像を示す。

【0083】

ベースウェー八部とボンドウェー八部のそれぞれにX線回折条件を合わせて測定した結果、左図のベースウェー八部にはBMDによる同心円状のコントラストが見え、右図のボンドウェー八部には厚さ起因のコントラストが見え、それぞれ独立して欠陥を調べることができた。その結果、破線部にスリップ転位を確認した。

【0084】

本サンプルのスリップ転位に関して、ボンドウェー八部とベースウェー八部の両方に発生していることから、発生位置はその界面にあると判断される。

【0085】

さらにXRTmicronの特徴である、短時間でセクショントポグラフィ像を撮れる特徴を生かし、ベースウェー八部のみのセクショントポグラフィ像、ボンドウェー八部のみのセクショントポグラフィ像によって、スリップ転位がそれぞれのウェー八のどこまで達しているか確認した。ベースウェー八部とボンドウェー八部のX線回折条件に合わせて、セクショントポグラフィ像を測定することで、欠陥の深さ情報を得ることができ、転位が界面から発生しているのか、裏面のポート接触部から発生しているのか等の情報を得ることができる。図7に、上記のスリップ転位が発生した部分のセクショントポグラフィ像(断面図)を示す。上図がベースウェー八部を、下図がボンドウェー八部を示す。それぞれの左図は、それぞれの右図に示す破線部の部分の断面図を示している。このようなセクショントポグラフィ像の取得方法について詳述する。

【0086】

図8は、セクショントポグラフィ像についての説明図である。断面図を取得する深さを指定する。ここでは、一例として、左図(図7の右上図と同じ画像)に示すようにベースウェー八部表面(ボンドウェー八部との界面)から約1/3の部分(白抜きの破線部)の深さ位置における断面図を表示するように指定した。それによって得られた断面図が右図(図7の左上図と同じ画像)である。

【0087】

このようにして、セクショントポグラフィ像を複数取得してスリップ転位の深さ方向の位置を特定していった結果、スリップ転位は予想通り界面から発生していることが確認できた。

【0088】

また、これとは別に、予め取得した、貼り合わせを行う前のボンドウェー八及びベースウェー八のXRT画像では上記の欠陥(スリップ転位)は確認できなかったため、上記の欠陥はボンドウェー八とベースウェー八を貼り合わせた後に形成されたものであることが確認された。

【0089】

以上のように本発明のSOI基板の欠陥評価方法は、貼り合わせやその後の熱処理等の影響によって発生した転位等の小さな欠陥であっても、高感度に、かつ、ボンドウェー八部とベースウェー八部を別々に測定して評価することができる。

【0090】

(実施例2)

デバイスに準拠したパターンを形成したウェー八2枚を直接重ねて貼り合わせたウェー八で本発明によりXRT測定を行った。上層の厚さは100 μ m、下層の厚さは200 μ mであり、上層、下層共に結晶面方位(100)の基板である。

【0091】

回折条件は(220)透過とし、回折条件である $\theta = -80$ 度付近で軸出しを行った。その結果、図16に示すように、 -79.585 度と -79.402 度の2つのK1線が

10

20

30

40

50

見つかった。そして、強度比の大きな - 79 . 5 8 5 度のピークが 2 0 0 μ m と厚い下層、強度比の小さな - 79 . 4 0 2 度のピークが薄い上層からのピークと判断した。

【 0 0 9 2 】

次に、角度を - 79 . 5 8 5 度に設定して下層を、角度を - 79 . 4 0 2 度に設定して上層を X R T 測定した結果を図 1 7 に示す。左図が下層ウェーハの X R T 画像、右図が上層ウェーハの X R T 画像である。このように、貼り合わせた後に上層と下層のウェーハの欠陥を別々に測定することができた。この場合、上層の基板には、右図中の矢印で示した位置にスクライブラインに沿った欠陥が発生していることがわかった。

【 0 0 9 3 】

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。

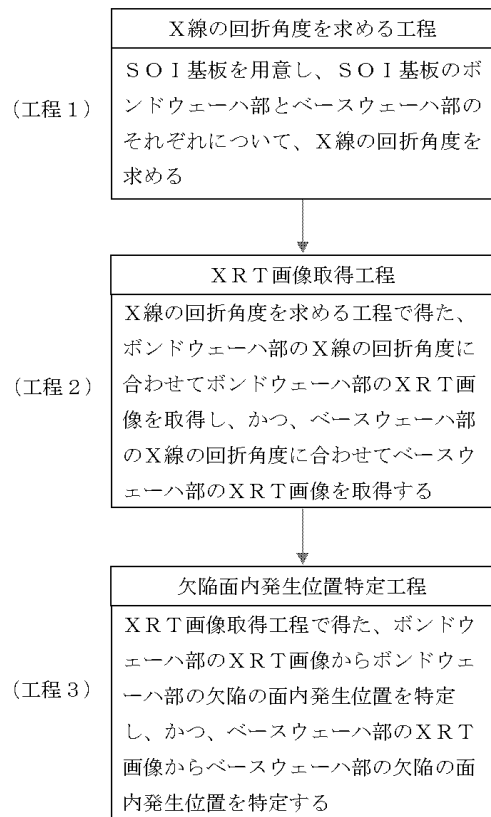
【 符号の説明 】

【 0 0 9 4 】

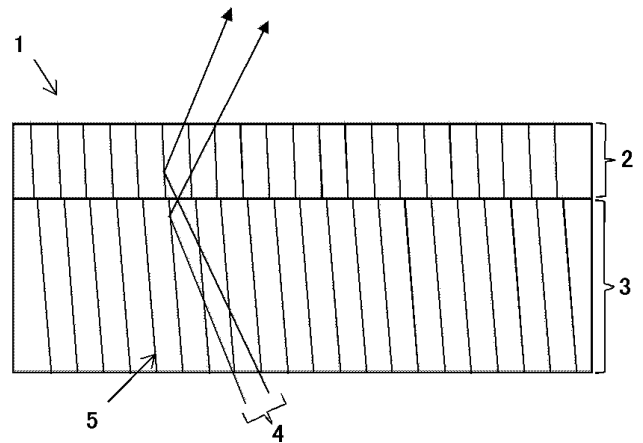
- 1 ... S O I 基板、
- 2 ... ボンドウェーハ部、
- 3 ... ベースウェーハ部、
- 4、1 0 4 ... X 線、
- 5、1 0 5 ... 回折面、
- 1 0 1 ... 単結晶ウェーハ。

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

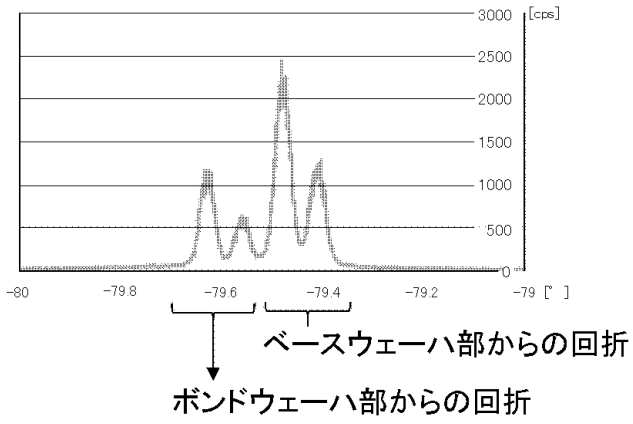
20

30

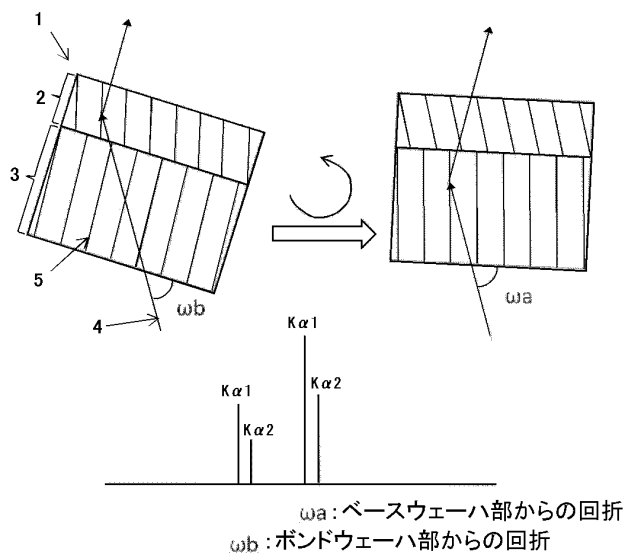
40

50

【 図 3 】

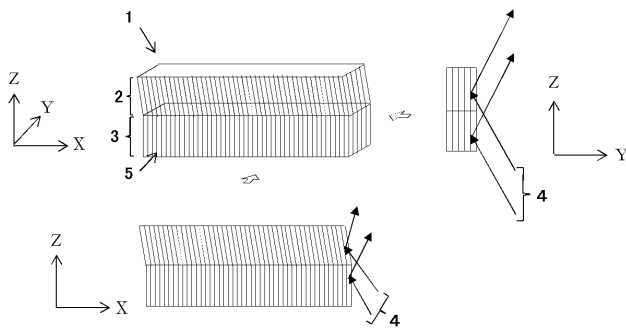


【 図 4 】

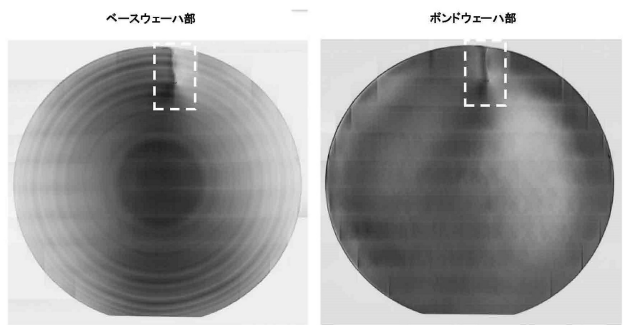


10

【 図 5 】



【 図 6 】



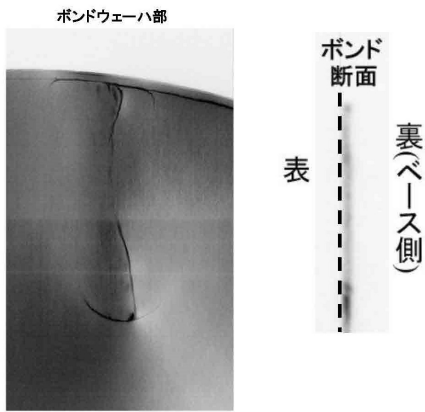
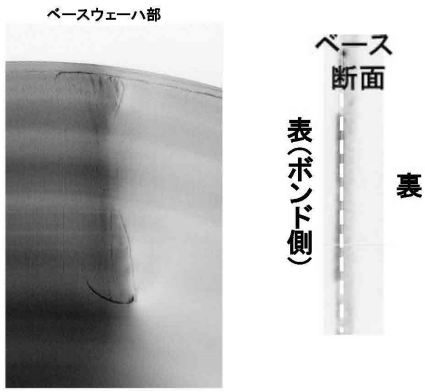
20

30

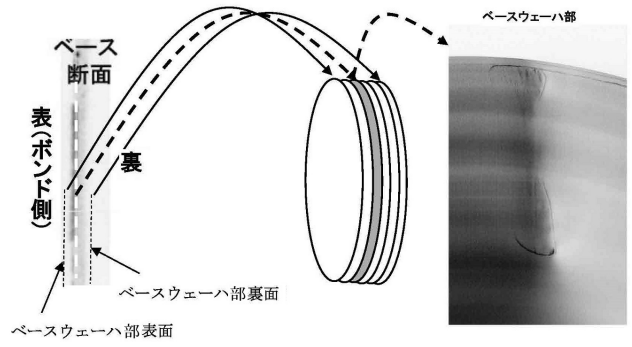
40

50

【 図 7 】



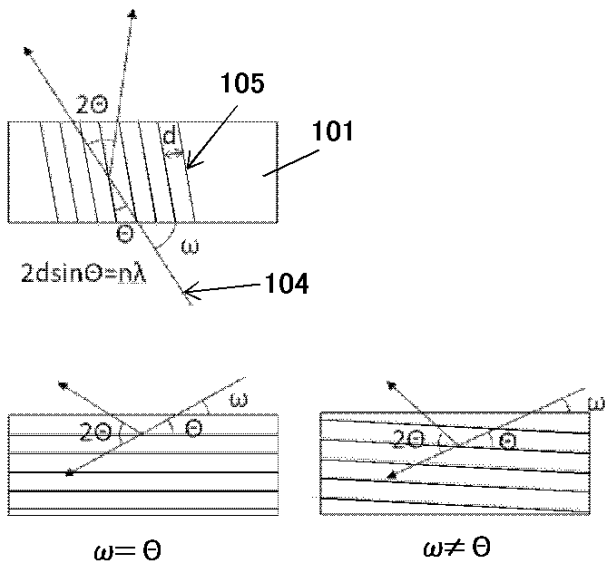
【 図 8 】



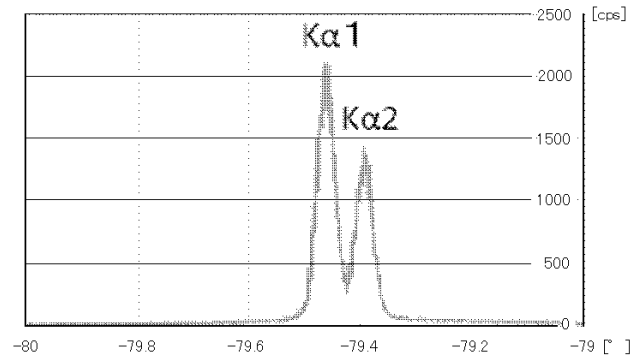
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

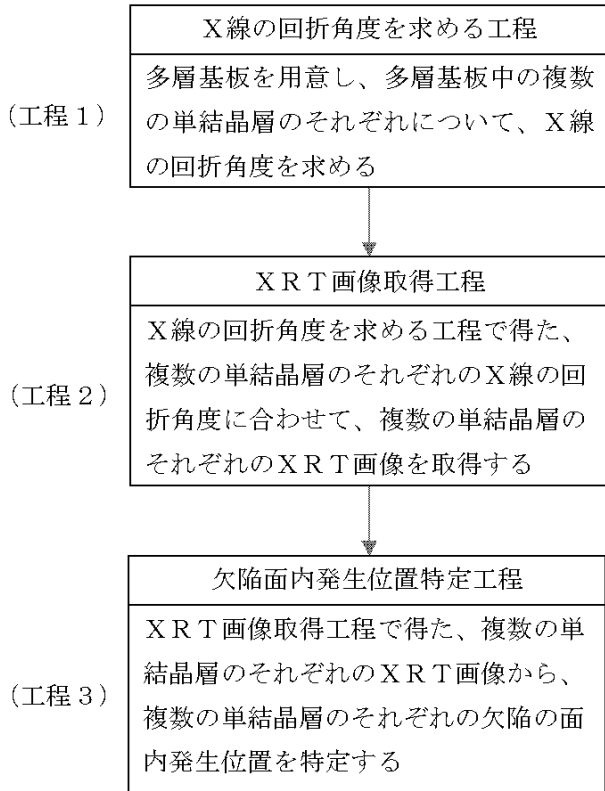


30

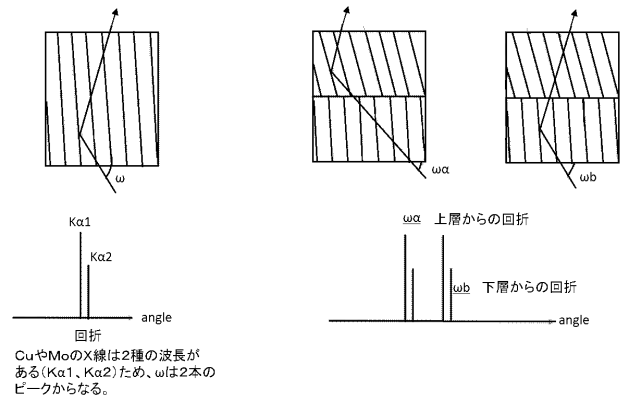
40

50

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

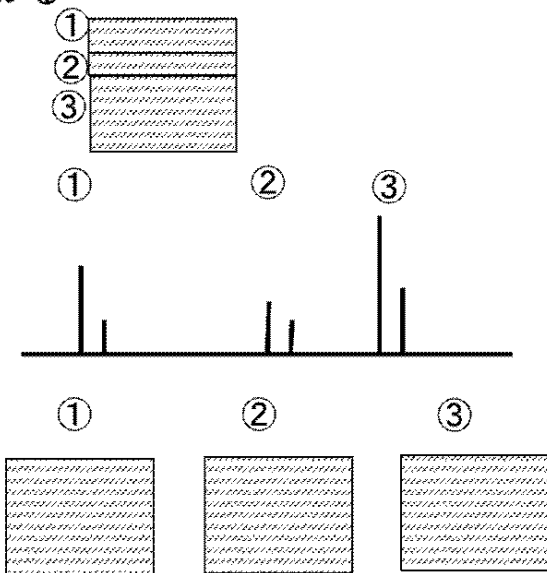


10

20

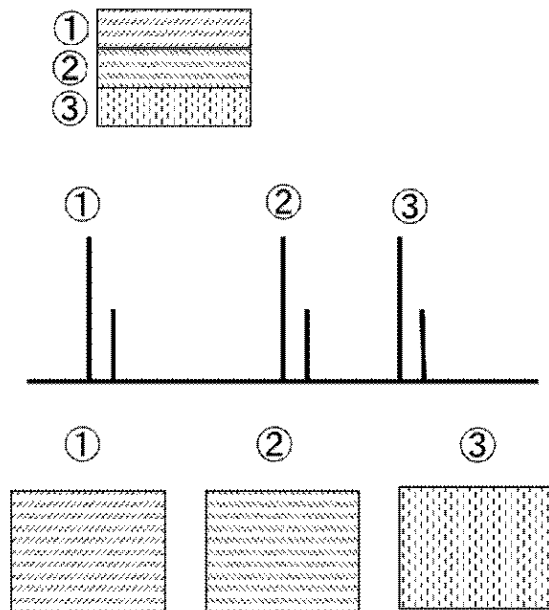
【 図 1 3 】

回折ピーク強度が異なり、デバイスパターンが同じ場合⇒どのピークがどの層からの回折なのかわかるので、どの回折から求めたXRTパターンかで何層目のデバイスのXRTパターンなのかが分かる



【 図 1 4 】

回折ピーク強度が同じ、デバイスパターンが異なる場合⇒どのピークがどの層からの回折なのかわからない⇒XRTパターンでどの層のXRT画像なのかを決定



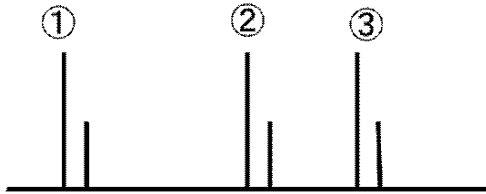
30

40

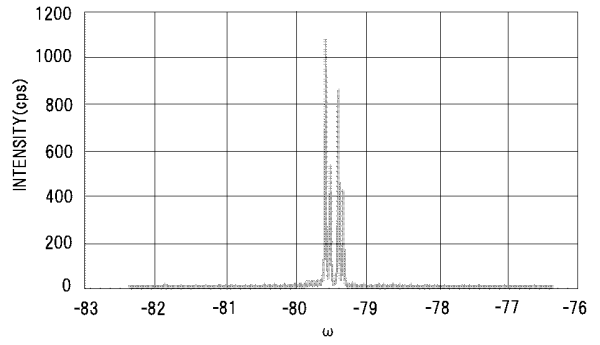
50

【図 15】

回折ピーク強度が同じ、デバイスパターンが同じ場合⇒得られたXRT画像はどの層の回折ピークからの像からかはわかるが元のデバイスの何層目かはわからない



【図 16】



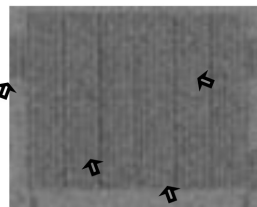
10

20

【図 17】



下層ウェーハの XRT 画像



上層ウェーハの XRT 画像

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考)

MA05

4M106 AA01 BA20 CB17 CB19 DH25 DH34