

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-265945

(P2004-265945A)

(43) 公開日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 21/66

F 1

H01L 21/66

H01L 21/66

テーマコード(参考)

4M106

V

N

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-44716 (P2003-44716)	(71) 出願人	000002093 住友化学工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22) 出願日	平成15年2月21日 (2003. 2. 21)	(74) 代理人	100077540 弁理士 高野 昌俊
		(72) 発明者	中山 正昭 奈良県生駒郡安堵町大字東安堵1450番地の11
		(72) 発明者	高田 朋幸 茨城県つくば市北原6番 住友化学工業株式会社内
		(72) 発明者	山本 武継 茨城県つくば市北原6番 住友化学工業株式会社内
		F ターム(参考)	4M106 AA01 AA10 BA04 BA05 BA20 CA02 CA04 CB19 CB30 DH11

(54) 【発明の名称】半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法並びにこれを用いたウエハ製造方法

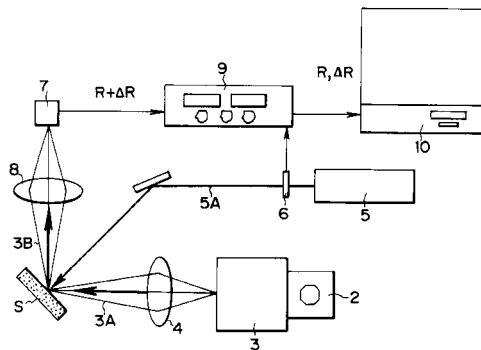
(57) 【要約】

【課題】バッファ構造を有していて電界効果型トランジスタ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハのバッファ構造部の結晶品質を非破壊にて評価できるようにすること。

【解決手段】エピタキシャル層によるバッファ構造部を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハにおける半導体結晶の判別方法であって、バッファ構造部の内蔵電界を変調するためのパルス励起光5Aを半導体エピタキシャル結晶ウエハに照射し、半導体エピタキシャル結晶ウエハからの反射光中の反射率差スペクトルに基づいてバッファ構造の結晶品質に由来する電気輸送特性を予測してバッファ構造部の結晶品質を判定するようにした。バッファ構造部の半導体化合物の由来のフランツケルディッシュ振動から算出される電界強度に基づいて判定してもよい。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

エピタキシャル層からなるバッファ構造部を有し且つ電界効果型トランジスタ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法であって、

前記バッファ構造部の内蔵電界を変調するための励起光を前記半導体エピタキシャル結晶ウエハに照射し、

前記半導体エピタキシャル結晶ウエハからのフォトリフレクタンススペクトルに基づいて該半導体エピタキシャル結晶ウエハを用いて作製される電界効果型トランジスタの電気輸送特性を予測する

ことを特徴とする半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法。 10

【請求項 2】

前記電気輸送特性の予測を、電気輸送特性の限度特性を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハから得られたフォトリフレクタンススペクトルと前記半導体エピタキシャル結晶ウエハからのフォトリフレクタンススペクトルとを対比することにより行う請求項 1 記載の半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法。

【請求項 3】

前記対比を、フォトリフレクタンススペクトルの 形状、フランツケルディッシュ振動から算出される電界強度、フランツケルディッシュ振動をフーリエ変換して得られるスペクトルの形状、またはフランツケルディッシュ振動をフーリエ変換して算出される電界強度のうちの少なくとも 1 つを用いて行う請求項 2 記載の半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法。 20

【請求項 4】

エピタキシャル層からなるバッファ構造部を有し且つ電界効果型トランジスタ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハをエピタキシャル成長法により得るステップと、
請求項 1、2 または 3 記載の方法を用いて前記半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質を判定するステップと

を含むことを特徴とする半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造方法。 20

【請求項 5】

請求項 4 の製造方法を用いて製造された半導体エピタキシャル結晶ウエハ。 30

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、各種の半導体素子の作製に用いられる半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質を非破壊で判定できるようにした半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法並びにこれを用いたウエハの製造方法等に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

電界効果トランジスタ (FET) 等の半導体素子を作製する場合に使用される電界効果型トランジスタ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハにあっては、通常、基板に由来する欠陥、不純物準位の影響を避けるため、所要の機能達成に必要な各種の半導体エピタキシャル結晶層を積層する前に、該基板上にエピタキシャル成長せしめたバッファ構造部を形成している。 40

【0003】

このような目的で基板上に形成されるバッファ構造部は、基板表面を前処理した後に分子線エピタキシャル成長、有機金属化学気相エピタキシャル成長、或いはハイドライド気相成長等のエピタキシャル結晶成長により形成されるが、この基板上のバッファ構造部の品質が、出来上がった半導体素子のピンチフ特性やしきい値電圧等の電気輸送特性に大きな影響を及ぼす。すなわち、バッファ構造部の結晶品質が充分でないと、バッファ層の電気的絶縁性能が低下してしまい、作製された半導体素子においてピンチオフ不良等の電気的欠陥が発生する原因となるほか、半導体素子特性が設計仕様に適合しない等の特性不良を 50

引き起こす結果となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

したがって、半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造工程において、バッファ構造部の品質を判定し、所定レベルの品質のウエハのみを用いて半導体素子の作製を行うことにより、歩留まりの改善を図ることが望まれる。しかし、従来にあっては、バッファ構造部の品質判定は、ウエハに対して電気的な測定系を直接接続してウエハに実際に電流を流し、この電流値を測定することによりウエハの評価を行っている。このため、ウエハの品質を判定するためには半導体エピタキシャル結晶ウエハの破壊が必須であり、検査に要する時間や手間が多大のものとなり短時間での検査が不可能な上に、ウエハの破壊による歩留りの低下が避けられないという問題点を有している。

【0005】

その点、光学的手法を用いた評価法は、非破壊という点で優れていると考えられる。光学的評価法として知られている従来の反射もしくは透過分光法、または発光分光法は、半導体エピタキシャル結晶の電子エネルギー構造を非破壊で調べる方法として、この分野で一般的に用いられている。しかしながら、多層構造を持つような半導体エピタキシャル結晶の場合、通常の反射もしくは透過分光法で得られるスペクトルには、ファブリーペロー干渉によるうなりが観測され、その干渉の中に電子エネルギー準位が隠れてしまうことが多い。また、発光分光法におけるスペクトルでも、その発光が目的のエネルギー準位からの発光か、または不純物準位などの発光かの区別がつかないことがある。ましてや、通常の反射もしくは透過分光法、または発光分光法によっては、半導体エピタキシャル結晶中に生じた内部電場についての評価を行うことはできない。

【0006】

このように、電界効果トランジスタ(FET)用途の半導体エピタキシャル結晶ウエハの結晶品質を非破壊で判定し、電気的特性にすぐれた半導体素子を作製するのに適したものを見分けることができる品質評価方法は従来存在しなかった。このため、半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造工程において品質評価の工程に多くの時間と手間とが必要とされ、検査のための破壊による損失も生じ、コストアップの要因となっていた。さらに、十分な品質評価が行えないという理由から最終製品の歩留りも満足のいく状態ではないのが現状であり、製造された半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質のバラツキの更なる改善が望まれている。

【0007】

本発明の目的は、従来技術における上述の問題点を解決し得る半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、バッファ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質、特にウエハのバッファ構造部の結晶品質を非破壊にて短時間で評価し、電気的特性に優れた半導体素子の作製に適したものを容易に選別することができる半導体エピタキシャル結晶の品質判定方法を提供することにある。

本発明の別の目的は、改善された半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造方法を提供することにある。

本発明のさらに別の目的は、高品質の半導体エピタキシャル結晶ウエハを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明者等は、ウエハの品質、特にバッファ構造部の結晶品質に関するデータを非破壊により得るための方法を種々検討した結果、驚くべきことに、フォトリフレクタンス法により得られたスペクトルと、該エピタキシャルウエハを用いて作製された電界効果型トランジスタのピンチオフ特性やしきい値等の電気輸送特性との間に相関があることを見出すとともに種々検討を重ねた結果、本発明をなすに至ったものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

すなわち、本発明によれば、これまで困難であったバッファ構造部の結晶品質由来する電気輸送特性の良否をフォトリフレクタンス法により得られたスペクトルから非破壊で判定することが可能となり、電気的特性にすぐれた半導体素子の作製に適した半導体エピタキシャル結晶ウエハを容易に選別することができる。

【 0 0 1 0 】

本発明で利用しているフォトリフレクタンス法は、変調分光の一種である。変調分光法とは、半導体デバイス等の試料に周期的な外部振動（電場、磁場、圧力や温度など）を与えることで、試料中のバンド構造が外部振動に同期して変調され、その結果生じる反射光や透過光の変調成分を感度よく検出する方法である。この変調分光法によれば、内蔵電界を高感度に測定することができる。フォトリフレクタンス法では、周期的な外部振動として励起光を用い、励起光によって変調されたバンド構造の変化を反射によって取り出し、フォトリフレクタンススペクトル（以下、PRスペクトルと略称する）を得る。このPRスペクトルには、通常、試料の内蔵電界に依存して振動構造が観測される。この振動構造は、電気光学効果によるフランツケルディッシュ振動（以下、FK振動と略称する）と呼ばれるものである。本発明においてはPRスペクトル、そのFK振動等に基づいて、半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質を判定するようにしたものである。

10

【 0 0 1 1 】

半導体エピタキシャル結晶ウエハのバッファ構造部の結晶品質に由来する電気輸送特性としては、ピンチオフ特性やしきい値電圧、ドレイン-ソース電流等、電界効果型トランジスタのトランジスタ特性が例示できる。本発明による判定法は、特にピンチオフ特性やしきい値電圧に関する特性の良否判定に好適である。

20

【 0 0 1 2 】

バッファ構造部の結晶品質に及ぼす要因としては、残留不純物濃度、結晶欠陥密度、転位欠陥密度、基板とエピタキシャル層界面の残留不純物等があり、いずれも、バッファー構造部のエネルギー-バンド構造に変化を与えるため、半導体素子の電気輸送特性に影響を与えるものと考えられる。

30

【 0 0 1 3 】

PRスペクトルを利用して半導体エピタキシャル結晶の品質を判定するに当っては、電気輸送特性の限度特性を有する半導体結晶ウエハをあらかじめ選出しておき、このウエハのPRスペクトルと判定すべきウエハのスペクトルとを対比することにより品質判定を行う。ここで、限度特性を有する半導体結晶ウエハのPRスペクトルとしては、実測したものであっても数値シミュレーションにより得られたものであっても良い。

30

【 0 0 1 4 】

PRスペクトルの対比方法としては、例えばPRスペクトルの形状、PRスペクトル中のFK振動から算出される電界強度、FK振動をフーリエ変換して得られるスペクトル、若しくはFK振動をフーリエ変換して算出される電解強度等を対比する方法が挙げられる。

40

【 0 0 1 5 】

このように、判定したい半導体エピタキシャル結晶ウエハのPRスペクトルを非破壊で測定し、あらかじめ選出した電気輸送特性の限度特性を有する半導体結晶ウエハから求めたPRスペクトルと対比することにより、ウエハの良否を非破壊でかつ迅速に判定することが可能となる。そして、この判定方法を用いて半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造を行えば、半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造工程において品質評価工程の時間と手間とが大幅に縮小され、検査のための破壊による損失も生じないので、コストを著しく低減させることが可能となる。さらに、十分な品質評価が行えるので、最終製品の歩留りも向上し、製造された半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質のバラツキも少なくなる。

【 0 0 1 6 】

請求項1の発明によれば、エピタキシャル層からなるバッファ構造部を有し且つ電界効果型トランジスタ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法であって、前記バッファ構造部の内蔵電界を変調するための励起光を前記半導体エピタキシャル結晶

50

ウエハに照射し、前記半導体エピタキシャル結晶ウエハからのフォトリフレクタンススペクトルに基づいて該半導体エピタキシャル結晶ウエハを用いて作製される電界効果型トランジスタの電気輸送特性を予測することを特徴とする半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法が提案される。

【0017】

請求項2の発明によれば、請求項1記載の発明において、前記電気輸送特性の予測を、電気輸送特性の限度特性を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハから得られたフォトリフレクタンススペクトルと前記半導体エピタキシャル結晶ウエハからのフォトリフレクタンススペクトルとを対比することにより行う半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法が提案される。

10

【0018】

請求項3の発明によれば、請求項2記載の発明において、前記対比を、フォトリフレクタンススペクトルの形状、フランツケルディッシュ振動から算出される電界強度、フランツケルディッシュ振動をフーリエ変換して得られるスペクトルの形状、またはフランツケルディッシュ振動をフーリエ変換して算出される電界強度のうちの少なくとも1つを用いて行う半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質判定方法が提案される。

【0019】

請求項4の発明によれば、エピタキシャル層からなるバッファ構造部を有し且つ電界効果型トランジスタ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハをエピタキシャル成長法により得るステップと、請求項1、2または3記載の発明の方法を用いて前記半導体エピタキシャル結晶ウエハの品質を判定するステップとを含むことを特徴とする半導体エピタキシャル結晶ウエハの製造方法が提案される。

20

【0020】

請求項5の発明によれば、請求項4の発明による製造方法を用いて製造された半導体エピタキシャル結晶ウエハが提案される。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例につき詳細に説明する。

【0022】

図1は、本発明の方法により半導体結晶の判定を行うために用いる測定装置の構成を示すプロック図である。測定装置1は、フォトリフレクタンス法を用いて半導体エピタキシャル結晶ウエハSのPRスペクトルを測定することによりウエハSの電気輸送特性の良否を判定評価するためのデータを得ることができるよう構成された装置である。通常の反射分光法に、変調光であるレーザー光を附加した光学系で構成される。レーザー光は、例えばチョッパーで変調され、レーザー光を照射している時と照射していない時もしくは強度が弱いときの反射光強度(DR)の差をロックイン検出器で検出する方法である。

30

【0023】

ここでは、ウエハSとして、電界効果トランジスタ(FET)を作製するのに用いられる半導体エピタキシャル結晶ウエハが用いられている。半導体エピタキシャル結晶ウエハは、GaAs基板上にi-GaAs層とAlGaAs層とを含むバッファー層を積層させた後、その上に変調ドープしたAlGaAs層で挟むような構造をしたInGaAs層の単一量子井戸層を積層し、さらに、この上にキャップ層であるn-GaAs層を積層させてある電界効果トランジスタ(FET)用途の公知のウエハである。

40

【0024】

このウエハSを用いて電界効果トランジスタ(FET)を作製した場合、エピウエハーの成長プロセスにおけるなんらかの原因で、ピンチオフ特性が良好なウエハとそうでないウエハが生じる。このようにピンチオフ特性の善し悪しが生じるウエハにおいて、PRスペクトルを室温で測定した。ピンチオフの良好ウエハおよび不良ウエハをそれぞれOKウエハおよびNGウエハと呼ぶことにする。このNGウエハが判定の基準となる電気輸送特性の限度特性を有する半導体結晶ウエハである。

50

【0025】

測定装置1において、2は白色光源で、白色光源2からの光は分光器3で分光されてプローブ光3Aとなり、プローブ光3Aがレンズ4によって集束されて試料S上の所望の観測点に照射される。

【0026】

レーザー光源5のレーザ光を変調用チョッパ6によりパルスとされてパルス励起光5Aとされ、パルス励起光5Aは、試料Sに照射され、これにより、プローブ光3Aによる試料Sからの反射プローブ光3Bがパルス励起光5Aにより変調されるようになっている。

【0027】

上述のようにして変調のかけられた反射プローブ光3Bは、レンズ8によって収束されて10
フォトディテクター7に入力され、フォトディテクター7からの検出電圧R+Rがロックインアップ9に入力される構成となっている。

【0028】

ロックインアップ9には、チョッパ6からの変調信号が同期用の参照信号として入力されており、検出電圧R+Rのうち、プローブ光3Aの反射率Rに対応している基準信号に対応する信号がRとして、パルス励起光5Aにより変調されたプローブ光反射率の変調分Rに対応した成分に対応する信号が出力信号Rとしてロックインアップ9から出力される。出力信号Rと基準信号Rとはコンピュータ10に入力されている。

【0029】

コンピュータ10では、出力信号Rと基準信号Rとに基づいて反射率の励起光による微小変化の割合R/Rが計算され。通常、分光波長もしくは、分光波長のエネルギーに対するR/RのスペクトルがPRスペクトルと呼ばれる。また、波長およびR/Rをそれぞれ、適当な演算処理した後、グラフ化したものも、PRスペクトルと考えてもよい。このPRスペクトルには、半導体のバンドギャップエネルギーよりも高エネルギー側において、FK振動と呼ばれる振動が現れることが知られている。このFK振動の波形のピーク位置の周期から試料Sのバッファ構造部における内蔵電界の強度が算出される。

【0030】

次に図2を参照して、PRスペクトルに基づく、ウエハSの良否の判定処理について具体的に説明する。図2は、室温で測定したOKウエハ試料およびNGウエハのPRスペクトルである。点線で示したのが実験結果である。1.43eV付近に観測される大きな振幅を持つ成分のエネルギーは、バッファ構造部に含まれるGaAsによるバンドギャップエネルギーに対応していると考えられる。このバンドギャップエネルギーよりも高エネルギー側においてFK振動と呼ばれる振動が明瞭に観測されている。すなわち、PRスペクトルにあらわれたFK振動の波形からそのピーク位置の周期が異なることが明瞭にわかり、OKウエハとNGウエハの差異が明瞭に異なることが明らかであり、本発明により、PRスペクトルの対比から半導体エピタキシャル結晶ウエハの電気輸送特性の良否を判定できることが明らかである。

【0031】

次に、このエピ構造をもつ試料の内部に生じている内部電界を調べるため、前記で観測されたFK振動から、電界強度Fを算出することを行った。このFK振動は、下式

$$\frac{\Delta R}{R} \propto \cos\{(2/3)[(E_n - E_0)/\hbar\Omega]^{3/2} + \pi(d-1)/2\}, (\hbar\Omega)^3 = (eF\hbar)^2 / 8\mu \quad (1)$$

の形をもつ。

【0032】

ここで、nは振動構造における振動の次数、Enは振動のn次目のエネルギー、E0は電子遷移エネルギー、Fは内部電界強度、μは遷移に関する電子・正孔換算質量、dは次元性に依存した値、hはプランク定数、eは電子の電気量、は電気光学エネルギーである

10

20

30

40

50

。この式(1)から、PRスペクトルに観測されるFK振動のEn-E0を振動の次数の関数としてプロットすることで、試料に生じている電界強度Fを算出することができる。

【0033】

ここで、図2にOKウエハ、NGウエハそれぞれのFK振動のピークに指数が付けてある。この指数に関係した値(n)を横軸に、指数付けした振動ピークのエネルギーを縦軸に取って、プロットし、その傾きから、OKウエハ: 6.5 kV/cm、NGウエハ: 10 kV/cmと内部電界強度を算出することができる。すなわち、PRスペクトルのFK振動から算出された電界強度を利用する方法をとることで、半導体エピタキシャル結晶ウエハの電気輸送特性の良否を判定できることが明らかである。

【0034】

次に、図3を参照して、PRスペクトルに観測されるFK振動をフーリエ解析することに基づく、ウエハSの良否の判定処理について具体的に説明する。ここでは、上記Sウエハとは異なるバッファ構造をもつ半導体エピタキシャル結晶ウエハS2を測定した。上記と同様に、ピンチオフの良好ウエハおよび不良ウエハをそれぞれOK2ウエハおよびNG2ウエハと呼ぶこととする。

【0035】

上記のように、PRスペクトルに観測されるFK振動は、式(1)で表わされる。この式において $(E_n - E_0)^{3/2}$ 、 $(2/3)(1/(h)^{3/2})$ とおけば、式(1)は以下のように変形される。

$$\frac{\Delta R}{R} \propto \cos(\eta\tau + \phi) \quad (2)$$

10

20

【0036】

ここで、 η は次元性に依存する項である。これは、-1を周期とした τ についての振動関数(三角関数)になっており、FK振動をフーリエ変換することで、 η の値を得ることができるということを示している。今回測定した試料は、電界が深さ方向で変化するウエハであると考えられる。そこで、内部電場が深さ方向の場所に対して変化している場合でも、それぞれの電界の生じた領域からFK振動が独立して観測されるとし、式(1)の重ねあわせで表わされるものとする。すなわち、ウエハS2の深さ方向に電界強度が変化した場合でも、以下の式で表わされるものとする。

【0037】

30

$$\frac{\Delta R}{R} \propto \sum_j A_j \cos(\eta_j \tau + \phi_j) \quad (3)$$

添え字のjは重ねあわせであらわした、j個目のFK振動をあらわす。上式をフーリエ変換することで、 τ についてのスペクトル $\Psi(\eta)$ が得られる。

【0038】

40

$$\Psi(\eta) \propto \int \sum_j A_j \cos(\eta_j \tau + \phi_j) \exp(-i\eta\tau) d\tau \quad (4)$$

この式は、PRスペクトルの横軸を τ の関数に直した後フーリエ変換し、得られたスペクトルにおいてピークが観測されている η の値を読み取ることで、ウエハS2の電界の分布を求めるできることを示している。

【0039】

実際に、今回測定した試料にPRスペクトルに観測されるFK振動をフーリエ変換し、横軸を電界強度にしてプロットしたのが図3である。電界強度の分布は、GaAs層が存在する領域の電界強度を示しており、複雑な構造を示している。OK2ウエハおよびNG2

50

ウエハを比較すると、内部電場の分布が、一致している点と一致していない点が混在している。例えば、フーリエ変換スペクトルにおいて、OK2ウエハではピークが約37 kV/cmにあり、NG2ウエハにおいては約33 kV/cmにピークが観測される。このことは、NG2ウエハに生じている内部電界強度は、OK2ウエハに生じている内部電界強度と比べて小さくなっていることを示していると考えられる。

【0040】

FK振動をフーリエ変換することで得られたスペクトルから算出される内部電界強度を利用して半導体エピタキシャル結晶ウエハの電気輸送特性の良否を判定できることが明らかである。

【0041】

さらに、約26 kV/cmの内部電場において、OK2ウエハにおいてはフーリエ変換スペクトルにピークが観測されているが、NG2ウエハにおいては、そのピークが現れていない。すなわち、FK振動をフーリエ変換することで得られたスペクトルの形状を利用して半導体エピタキシャル結晶ウエハの電気輸送特性の良否を判定できることが明らかである。

【0042】

【発明の効果】

本発明によれば、上述の如く、バッファ構造を有する半導体エピタキシャル結晶ウエハのバッファ構造部の結晶品質を非破壊にて短時間で評価できるとともに、電気的特性に優れた半導体素子の作製に適した半導体エピタキシャル結晶ウエハを容易に選別することができ、製造効率及び歩留りを著しく向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法により半導体結晶の判定を行うために用いる判定装置の構成を示すブロック図。

【図2】図1に示した装置で測定された、PRスペクトルを示す図。

【図3】PRスペクトルのFK振動をフーリエ変換したスペクトル図

【符号の説明】

1 測定装置

2 励起光源

3 分光器

3A プローブ光

3B 反射プローブ光

4 レンズ

5 レーザー光源

5A パルス励起光

6 チョッパ

7 フォトディテクター

8 レンズ

9 ロックインアップ

10 コンピュータ

R 基準信号

R 出力信号

R+ R 検出信号

S ウエハ

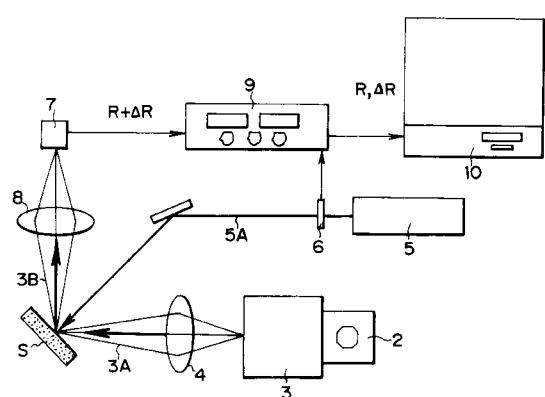
10

20

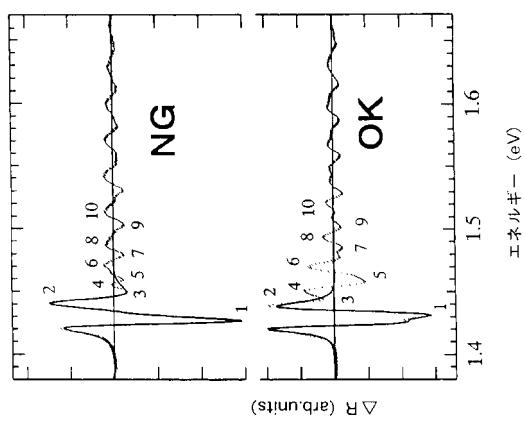
30

40

【図1】



【図2】



【図3】

