

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5818364号
(P5818364)

(45) 発行日 平成27年11月18日(2015.11.18)

(24) 登録日 平成27年10月9日(2015.10.9)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 21/66 (2006.01) H O 1 L 21/66 M

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-166444 (P2012-166444)	(73) 特許権者	000130259 株式会社コベルコ科研 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通1丁目5番1号
(22) 出願日	平成24年7月27日(2012.7.27)	(73) 特許権者	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(65) 公開番号	特開2014-27114 (P2014-27114A)	(74) 代理人	100067828 弁理士 小谷 悦司
(43) 公開日	平成26年2月6日(2014.2.6)	(74) 代理人	100115381 弁理士 小谷 昌崇
審査請求日	平成26年7月16日(2014.7.16)	(74) 代理人	100111453 弁理士 櫻井 智

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体基板と絶縁膜との界面評価方法、及び半導体基板と絶縁膜との界面評価装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

パッシベーション処理された炭化ケイ素基板の表面における測定領域に対して励起光と測定波とを照射し、当該測定領域において反射した前記測定波である反射測定波、又は当該測定領域を透過した前記測定波である透過測定波に基づいて前記炭化ケイ素基板における第1のキャリア寿命を求める第1測定工程と、

前記炭化ケイ素基板の表面に絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程と、

前記炭化ケイ素基板の表面に形成された絶縁膜上の前記測定領域に対応する領域に対して前記励起光と前記測定波とを照射し、当該領域において反射した反射測定波又は、当該領域を透過した透過測定波に基づいて前記炭化ケイ素基板における第2のキャリア寿命を

10

求める第2のキャリア寿命測定工程と、
前記第1のキャリア寿命と前記第2のキャリア寿命とから前記炭化ケイ素基板と前記絶縁膜との界面を評価する評価工程と、を備えることを特徴とする半導体基板と絶縁膜との界面評価方法。

【請求項2】

前記パッシベーション処理は、前記炭化ケイ素基板に対するフッ酸を用いた処理であることを特徴とする請求項1に記載の半導体基板と絶縁膜との界面評価方法。

【請求項3】

前記炭化ケイ素基板の表面から前記パッシベーション処理によって形成されたパッシベーション膜を取り除く除膜工程を、備え、

20

前記絶縁膜形成工程では、前記除膜工程でパッシベーション膜が取り除かれた炭化ケイ素基板に前記絶縁膜を形成することを特徴とする請求項 2 に記載の半導体基板と絶縁膜との界面評価方法。

【請求項 4】

前記パッシベーション膜が形成された状態の炭化ケイ素基板を加熱することによって、前記除膜工程と前記絶縁膜形成工程とを同時に行うことを特徴とする請求項 3 に記載の半導体基板と絶縁膜との界面評価方法。

【請求項 5】

前記第 1 測定工程は、前記炭化ケイ素基板に対してパッシベーション処理を行うパッシベーション処理工程と、前記パッシベーション処理された前記炭化ケイ素基板における前記測定領域に対して前記励起光と前記測定波とを照射し、その反射測定波又は透過測定波に基づいて前記第 1 のキャリア寿命を測定する第 1 のキャリア寿命測定工程と、を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体基板と絶縁膜との界面評価方法。

【請求項 6】

炭化ケイ素基板とその表面に形成された絶縁膜との界面を評価する界面評価装置であって、

パッシベーション処理された前記炭化ケイ素基板の表面における所定の測定領域である第 1 測定領域、又は前記絶縁膜における前記第 1 測定領域に対応する第 2 測定領域に所定の励起光を照射する励起光照射部と、

前記第 1 測定領域又は前記第 2 測定領域に所定の測定波を照射する測定波照射部と、
前記第 1 測定領域若しくは前記第 2 測定領域で反射した前記測定波である反射測定波、又は、前記第 1 測定領域若しくは前記第 2 測定領域を透過した前記測定波である透過測定波を検出する測定波検出部と、

前記測定波検出部によって検出された前記反射測定波又は前記透過測定波に基づいて前記炭化ケイ素基板と前記絶縁膜との界面を評価する演算部と、を備え、

前記演算部は、前記第 1 測定領域で反射した反射測定波又は前記第 1 測定領域を透過した透過測定波から求められた前記炭化ケイ素基板における第 1 のキャリア寿命、及び前記第 2 測定領域で反射した反射測定波又は前記第 2 測定領域を透過した透過測定波から求められた前記炭化ケイ素基板における第 2 のキャリア寿命から、前記界面を評価することを

【請求項 7】

前記演算部は、前記第 1 測定領域で反射した反射測定波又は前記第 1 測定領域を透過した透過測定波から前記炭化ケイ素基板における第 1 のキャリア寿命を求め、且つ、前記第 2 測定領域で反射した反射測定波又は前記第 2 測定領域を透過した透過測定波から前記炭化ケイ素基板における第 2 のキャリア寿命を求めるキャリア寿命演算部と、このキャリア寿命演算部によって求められた前記第 1 のキャリア寿命及び前記第 2 のキャリア寿命から、前記炭化ケイ素基板と前記絶縁膜との界面の状態の程度を示す指標となる評価値を求める評価値演算部と、を有することを特徴とする請求項 6 に記載の半導体基板と絶縁膜との

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体基板とその表面に設けられた絶縁膜との界面を過剰キャリアのライフタイムに基づいて評価する方法及びこの方法を用いる界面評価装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年のエレクトロニクスの発展により、様々な分野に半導体製品が活用されている。半導体製品は、一般に、半導体ウェハから製造されるため、半導体製品の高性能化には、半導体ウェハの品質管理が重要である。半導体ウェハの品質を評価する指標の 1 つとして、

半導体におけるキャリアの寿命（ライフタイム）がある。

【0003】

このキャリア寿命を測定する方法の1つとして、特許文献1に記載されるマイクロ波光導電減衰法（ μ -PCD法）が知られている。このマイクロ波光導電減衰法は、測定対象である半導体ウェハ（被測定試料）に光（測定光）を照射することによって過剰キャリアを生成し、この過剰キャリアが前記半導体試料の物性によって決まるキャリア寿命で再結合して消滅する過程を、マイクロ波の反射率の時間変化または透過率の時間変化によって検出する方法である。過剰キャリアの生成は、半導体ウェハの導電率を増加させる。このため、光励起によって過剰キャリアの生成された半導体の部位（部分、領域）に照射されたマイクロ波の反射率または透過率が過剰キャリアの密度に対応して変化する。このマイクロ波光導電減衰法は、この現象を利用することによってキャリア寿命を測定するものである。

10

【0004】

従来から、半導体ウェハ（半導体基板）としてシリコンウェハ（シリコン基板）が用いられている。このシリコンウェハを用いた半導体製品、例えば、MOS（Metal Oxide Semiconductor）デバイスや太陽電池等では、シリコンウェハの表面に絶縁膜が形成される。このシリコンウェハと絶縁膜との界面の状態が、MOSデバイスや太陽電池等の半導体製品の性能に関わるため、シリコンウェハと絶縁膜との界面の評価が重要になる。

【0005】

このシリコンウェハと絶縁膜との界面を前記マイクロ波光導電減衰法によって評価する場合、測定光として短波長の光（例えば、紫外光等）が用いられる。これは、波長が長い光ほど浸透長が大きくなるため、測定光として浸透長の短い光を用いることによってシリコンウェハの表面（絶縁膜との界面）に過剰キャリアを集中的に生成し、これにより、測定されたキャリア寿命から前記界面を評価する。尚、浸透長とは、光が照射される表面から、その光の光強度が入射強度の $1/e$ となる地点までの距離（深さ）である。尚、 e は、ネイピア数である。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2008-249240号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年では、低損失化によるエネルギー消費の低減、高電圧化による小型化、より高温での動作性の確保等の要請から、パワーデバイスにおける半導体として、シリコン（Si）に替えて炭化ケイ素（SiC: Silicon Carbide）が採用され始めている。

【0008】

しかし、この炭化ケイ素基板における励起光の浸透長は、波長が同じであればシリコン基板における浸透長よりも大きくなるため、炭化ケイ素基板とその表面に形成された絶縁膜との界面を評価する場合、マイクロ波光導電減衰法での測定において実用的な（十分な出力と安定性が得られる）短波長のレーザ等の励起光照射装置を用いても、この励起光照射装置によって射出される励起光の波長では浸透長が大き過ぎ、炭化ケイ素基板表面（炭化ケイ素基板と絶縁膜との界面）の評価を精度よく行うことができない。

40

【0009】

そこで、本発明は、上記問題に鑑み、半導体基板として炭化ケイ素基板が用いられても、半導体基板とその表面に形成された絶縁膜との界面の評価を精度よく行うことが可能な前記界面の評価方法及び前記界面の評価装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明者は、種々検討した結果、上記課題は、以下の本発明により解消されることを見

50

出した。すなわち、本発明の一態様にかかる半導体基板と絶縁膜との界面評価方法は、パッシベーション処理された炭化ケイ素基板の表面における測定領域に対して励起光と測定波とを照射し、当該測定領域において反射した前記測定波である反射測定波、又は当該測定領域を透過した前記測定波である透過測定波に基づいて前記炭化ケイ素基板における第1のキャリア寿命を求める第1測定工程と、前記炭化ケイ素基板の表面に絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程と、前記炭化ケイ素基板の表面に形成された絶縁膜上の前記測定領域に対応する領域に対して前記励起光と前記測定波とを照射し、当該領域において反射した反射測定波又は、当該領域を透過した透過測定波に基づいて前記炭化ケイ素基板における第2のキャリア寿命を求める第2のキャリア寿命測定工程と、前記第1のキャリア寿命と前記第2のキャリア寿命とから前記炭化ケイ素基板と前記絶縁膜との界面を評価する評価工程と、を備えることを特徴とする。

10

【0011】

そして、本発明の他の一態様では、炭化ケイ素基板とその表面に形成された絶縁膜との界面を評価する界面評価装置であって、パッシベーション処理された前記炭化ケイ素基板の表面における所定の測定領域である第1測定領域、又は前記絶縁膜における前記第1測定領域に対応する第2測定領域に所定の励起光を照射する励起光照射部と、前記第1測定領域又は前記第2測定領域に所定の測定波を照射する測定波照射部と、前記第1測定領域若しくは前記第2測定領域で反射した前記測定波である反射測定波、又は、前記第1測定領域若しくは前記第2測定領域を透過した前記測定波である透過測定波を検出する測定波検出部と、前記測定波検出部によって検出された前記反射測定波又は前記透過測定波に基づいて前記炭化ケイ素基板と前記絶縁膜との界面を評価する演算部と、を備える。そして、前記演算部は、前記第1測定領域で反射した反射測定波又は前記第1測定領域を透過した透過測定波から求められた前記炭化ケイ素基板における第1のキャリア寿命、及び前記第2測定領域で反射した反射測定波又は前記第2測定領域を透過した透過測定波から求められた前記炭化ケイ素基板における第2のキャリア寿命から、前記界面を評価することを特徴とする。

20

【0012】

これらの構成によれば、パッシベーション処理された炭化ケイ素基板で測定されたキャリア寿命（第1のキャリア寿命）と、絶縁膜が形成された炭化ケイ素基板で測定されたキャリア寿命（第2のキャリア寿命）と、を求め、これら第1のキャリア寿命と第2のキャリア寿命との違いから、炭化ケイ素基板とその表面に形成された絶縁膜との界面の評価を精度よく行うことができる。

30

【0013】

即ち、パッシベーション処理により炭化ケイ素基板の最表層（表面）でのダングリングボンドによる過剰キャリアの消滅が起こり難い状態となっている炭化ケイ素基板の表面状態を基準とすべく、この状態の炭化ケイ素基板のキャリア寿命（第1のキャリア寿命）を測定し、この第1のキャリア寿命と第2のキャリア寿命との違いから、第2のキャリア寿命が測定された炭化ケイ素基板とその表面に形成された絶縁膜との界面の状態を評価することで、精度のよい評価を行うことができる。

40

【0014】

例えば、具体的に、前記パッシベーション処理は、前記炭化ケイ素基板に対するフッ酸を用いた処理である場合は、炭化ケイ素基板の表面におけるダングリングボンドが水素終端されることによって炭化ケイ素基板の表面が前記ダングリングボンドを終端した水素で覆われるため、炭化ケイ素基板の表面でのダングリングボンドによる過剰キャリアの消滅が起こり難い状態となっている。これにより、この状態で測定した第1のキャリア寿命と、水素終端に替えて絶縁膜が形成された炭化ケイ素基板で測定された第2のキャリア寿命とから、炭化ケイ素基板と絶縁膜との界面の評価を精度よく行うことができる。

【0015】

しかも、シリコン基板の表面を水素終端させた場合には、当該シリコン基板が酸素雰囲気

50

に曝されると水素と酸素とが次第に置き換わって（即ち、自然酸化膜が形成されて）シ

リコン基板表面が荒れるために水素終端させたシリコン基板のキャリア寿命を精度よく測定し難い。しかしながら、炭化ケイ素基板では、常温よりも高い温度で加熱等しなければ水素終端された状態が持続するため、フッ酸によるパッシベーション処理後、酸素雰囲気下で第1のキャリア寿命が測定されても、炭化ケイ素基板表面でのダングリングボンドによる過剰キャリアの消滅が起こり難い状態が持続するため、シリコン基板での第1のキャリア寿命を測定する場合に比べ、第1のキャリア寿命の測定をより容易に行うことができる。

【0016】

また、フッ酸を用いてパッシベーション処理を行う場合には、前記炭化ケイ素基板の表面から前記パッシベーション処理によって形成されたパッシベーション膜を取り除く除膜工程を、備え、前記絶縁膜形成工程では、前記除膜工程でパッシベーション膜が取り除かれた炭化ケイ素基板に前記絶縁膜を形成することが好ましい。

10

【0017】

即ち、パッシベーション処理されることで、炭化ケイ素の表面がパッシベーション膜に覆われる（詳しくは、炭化ケイ素基板の表面がダングリングボンドを終端した水素によって覆われる）ため、このパッシベーション膜（ダングリングボンドを終端している水素）を取り除いた炭化ケイ素基板に絶縁膜を形成することにより、第2のキャリア寿命をより精度よく測定することができる。

【0018】

尚、前記パッシベーション膜が形成された状態の炭化ケイ素基板を加熱することによって、前記除膜工程と前記絶縁膜形成工程とを同時に行ってもよい。

20

【0019】

炭化ケイ素基板の表面での水素終端による水素は、加熱によって炭化ケイ素基板表面から容易に除去できるため、炭化ケイ素基板の表面に絶縁膜として酸化膜を形成する際の加熱を利用してパッシベーション膜（炭化ケイ素基板の表面においてダングリングボンドを終端させている水素）を除去することにより、パッシベーション膜の除去と絶縁膜（酸化膜）の形成とを同時に行うことができる。

【0020】

また、本発明に係る半導体基板と絶縁膜との界面評価方法において、前記第1測定工程は、前記炭化ケイ素基板に対してパッシベーション処理を行うパッシベーション処理工程と、前記パッシベーション処理された前記炭化ケイ素基板における前記測定領域に対して前記励起光と前記測定波とを照射し、その反射測定波又は透過測定波に基づいて前記第1のキャリア寿命を測定する第1のキャリア寿命測定工程と、を有してもよい。

30

【0021】

また、本発明に係る半導体基板と絶縁膜との界面評価装置において、前記演算部は、前記第1測定領域で反射した反射測定波又は前記第1測定領域を透過した透過測定波から前記炭化ケイ素基板における第1のキャリア寿命を求め、且つ、前記第2測定領域で反射した反射測定波又は前記第2測定領域を透過した透過測定波から前記炭化ケイ素基板における第2のキャリア寿命を求めるキャリア寿命演算部と、このキャリア寿命演算部によって求められた前記第1のキャリア寿命及び前記第2のキャリア寿命から、前記炭化ケイ素基板と前記絶縁膜との界面の状態の程度を示す指標となる評価値を求める評価値演算部と、を有することが好ましい。

40

【0022】

かかる構成によれば、炭化ケイ素基板と絶縁膜との界面の状態が評価値（数値）として得られるため、前記界面の状態が評価し易くなる。

【発明の効果】

【0023】

以上より、本発明によれば、半導体基板として炭化ケイ素基板が用いられても、半導体基板とその表面に形成された絶縁膜との界面の評価を精度よく行うことが可能な前記界面

50

の評価方法及び前記界面の評価装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本実施形態に係る半導体基板と絶縁膜との界面評価装置の概略構成図である。

【図2】前記界面評価装置によって測定された反射測定波の強度変化を示す図である。

【図3】前記界面評価装置が炭化ケイ素基板とその表面に形成された絶縁膜との界面の評価を行う動作の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の一実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

10

【0026】

本実施形態に係る半導体基板と絶縁膜との界面評価装置（以下、単に「界面評価装置」とも称する。）は、図1に示されるように、ステージSと、励起光照射部1と、測定波入出力部2と、検出部3と、制御部4と、を備え、MOSデバイス等の半導体デバイスや太陽電池等の炭化ケイ素（SiC）基板 X_1 の表面に絶縁膜 X_2 が形成された製品等におけるSiC基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面（界面の状態）の評価を行う。また、本実施形態の界面評価装置Aは、パッシベーション部5と、加熱部6と、を備える。尚、以下では、表面に絶縁膜 X_2 又はパッシベーション膜 X_3 が形成された状態のSiC基板 X_1 を単に被測定試料Xとも称する。

【0027】

20

ステージSは、SiC基板 X_1 又は被測定試料Xが設置（載置）される部位である。本実施形態のステージSでは、水平な姿勢となるようにSiC基板 X_1 が設置される。

【0028】

励起光照射部1は、光源部11と、導光部12と、を有し、制御部4の制御に従って被測定試料Xに励起光を照射する。

【0029】

光源部11は、励起光を出力する装置であり、本実施形態では、レーザ光を出力するレーザ光源装置である。本実施形態の光源部11は、励起光として波長が266nmの紫外線レーザ光を出力する。具体的には、光源部11は、YAGレーザ（波長が1064nm）の4倍高調波（波長が266nm）を出力する。

30

【0030】

尚、光源部11が出力する励起光は、波長が266nmの紫外線レーザ光に限定されず、例えば、波長が355nmの紫外線レーザ光等でもよい。但し、被測定試料Xを構成するSiCが、シリコン（Si）に比べてバンドギャップが大きい（Siのバンドギャップが1.1eVであるのに対してSiCのバンドギャップが3.25eV）、波長の短い（即ち、前記バンドギャップよりもエネルギーの大きな）励起光を照射しないと過剰キャリアが生成されないため、光源部11は、SiCにおいて過剰キャリアを生成可能な短波長の励起光を出力する。即ち、励起光として、可視光領域の波長や赤外領域の波長の光が用いられると、被測定試料X（SiC基板 X_1 ）において過剰キャリアが生成されないため、SiC基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面の評価を行うことができない。

40

【0031】

また、励起光の波長が短いほどSiC基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面付近に過剰キャリアが多く生成される。

【0032】

光源部11は、被測定試料Xに励起光を照射することによって過剰キャリア（電子と正孔（ホール））を被測定試料X（詳しくはSiC基板 X_1 ）に生じさせ、界面評価装置Aは、この生じた過剰キャリアの寿命（キャリア寿命/キャリアライフタイム）を測定することから、励起光は、点灯状態からステップ状に消灯状態に移行するものが好ましく、本実施形態では、例えばパルス光、より具体的にはパルスレーザ光である。

【0033】

50

導光部 1 2 は、光源部 1 1 が出力した励起光を被測定試料 X の表面における所定の領域（測定領域）まで案内する光学系である。本実施形態の導光部 1 2 は、光源部 1 1 から水平方向に出力された励起光の光路を約 90° 曲げるミラーを有する。

【0034】

測定波入出力部 2 は、被測定試料 X の測定領域に所定の測定波を放射（照射）すると共に、被測定試料 X の測定領域で反射した測定波である反射測定波（詳しくは、被測定試料 X で所定の相互作用を受けた測定波）を受信する。この測定波入出力部 2 は、測定波生成部 2 1 と、サーキュレータ 2 2 と、導波管 2 3 と、導波管アンテナ 2 4 と、E - H チューナ 2 5 と、を備える。

【0035】

測定波生成部 2 1 は、制御部 4 の制御に従って所定の測定波を生成する。本実施形態の界面評価装置 A では、過剰キャリアの生成消滅過程で生じる SiC 基板 X₁ の導電率変化を測定波の強度変化によって取り出すため、前記所定の測定波は、電磁波であればよい。本実施形態の測定波はマイクロ波であり、測定波生成部 2 1 は、マイクロ波を生成するマイクロ波発振器である。

【0036】

この測定波生成部 2 1 は、サーキュレータ 2 2 の 1 個の端子に接続され、測定波生成部 2 1 から放射された測定波は、サーキュレータ 2 2 に入射する。

【0037】

サーキュレータ 2 2 は、3 つ以上の端子（ポート）を持ち、非可逆的に、一の端子の入力をサイクリックに他の端子へ出力する。本実施形態のサーキュレータ 2 2 は、3 個の端子（第 1 ~ 第 3 端子）を備え、第 1 端子に入射された測定波を第 2 端子へ射出し、第 2 端子に入射された測定波を第 3 端子へ射出する。サーキュレータ 2 2 の第 1 端子は、測定波生成部 2 1 に接続され、その第 2 端子は、導波管 2 3 に接続され、そして、その第 3 端子は、測定波検出部 3 1 に接続されている。

【0038】

導波管 2 3 は、測定波を導く伝播路を形成する部材であり、その一方端部にサーキュレータ 2 2 の第 2 端子が接続され、その他方端部に導波管アンテナ 2 4 が接続される。本実施形態では、測定波がマイクロ波であることから、導波管 2 3 は、マイクロ波導波管である。

【0039】

導波管アンテナ 2 4 は、導波管 2 3 を伝播して来た測定波を被測定試料 X の測定領域へ向けて放射すると共に、被測定試料 X と相互作用を受けた測定波（反射測定波）を受信して導波管 2 3 へ導くアンテナである。導波管アンテナ 2 4 は、被測定試料 X の法線方向に沿って配設されており、一方端部が導波管 2 3 に接続され、他方端部に開口部 2 4 a を備えている。この開口部 2 4 a は、測定波を被測定試料 X の測定領域へ放射すると共に、被測定試料 X と相互作用を受けた測定波（反射測定波）を受信するための開口である。そして、導波管アンテナ 2 4 の一方端部には、励起光照射部 1 から放射された励起光を導波管アンテナ 2 4 内に入射させるための開口部 2 4 b を備えている。本実施形態では、測定波がマイクロ波であることから、導波管アンテナ 2 4 は、マイクロ波アンテナである。

【0040】

E - H チューナ 2 5 は、サーキュレータ 2 2 と導波管アンテナ 2 4 との間における導波管 2 3 に介設され、被測定試料 X において相互作用を受けた測定波（反射測定波）を測定波検出部 3 1 においてより良好に検出することができるように、測定波の磁界と電界とを調整する。

【0041】

検出部 3 は、被測定試料 X において相互作用を受けた測定波（反射測定波）を検出する装置である。この検出部 3 は、例えば、被測定試料 X において相互作用を受けた測定波（反射測定波）の強度を検出する測定波検出部 3 1 である。本実施形態では、測定波がマイクロ波であることから、測定波検出部 3 1 は、マイクロ波検出器である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

制御部 4 は、界面評価装置 A の全体制御を司る装置であり、例えば、マクロプロセッサやメモリ等を有するマイクロコンピュータを備えている。そして、制御部 4 は、測定波検出部 3 1 において検出された反射測定波の強度に基づいて被測定試料 X における界面 (S i C 基板 X ₁ と絶縁膜 X ₂ との界面) の評価を行う演算処理部 4 1 と、演算記憶部 4 2 と、を備えている。

【 0 0 4 3 】

演算処理部 4 1 は、例えば、測定波検出部 3 1 によって検出された反射測定波の強度に基づいて S i C 基板 X ₁ と絶縁膜 X ₂ との界面の評価を演算する界面評価プログラムを実行することにより、機能的に、キャリア寿命演算部 4 1 1 と、評価値演算部 4 1 2 と、を備える。また、演算処理部 4 1 は、前記界面評価プログラムを実行することにより、演算記憶部 4 2 内にキャリア寿命記憶領域 4 2 1 を形成する。

10

【 0 0 4 4 】

キャリア寿命演算部 4 1 1 は、測定波検出部 3 1 の出力 (反射測定波の強度) に基づいてキャリア寿命 を算出する。例えば、キャリア寿命演算部 4 1 1 は、測定波検出部 3 1 の出力をピークで規格化し、この値が 1 / e になったときの時間をキャリア寿命 として導き出す (図 2 参照) 。本実施形態においては、 S i C 基板 X ₁ の表面にパッシベーション膜 X ₃ が形成された状態 (S i C 基板 X ₁ がダングリングボンドを終端している水素によって表面を覆われた状態) の被測定試料 X のキャリア寿命 を第 1 のキャリア寿命 _a とし、 S i C 基板 X ₁ の表面に絶縁膜 X ₂ が形成された状態の被測定試料 X のキャリア寿命 を第 2 のキャリア寿命 _b とする。

20

【 0 0 4 5 】

キャリア寿命演算部 4 1 1 は、導き出したキャリア寿命 のうち、少なくとも第 1 のキャリア寿命 _a をキャリア寿命記憶領域 4 2 1 に出力する。

【 0 0 4 6 】

尚、図 2 において、太線で示すグラフは、被測定試料 X が S i C 基板 X ₁ の表面に絶縁膜 X ₂ が形成されたものであるときの反射測定波の強度変化であり、細線で示すグラフは、被測定試料 X が S i C 基板 X ₁ の表面にパッシベーション膜 X ₃ が形成されたものであるときの反射測定波の強度変化を示す。また、キャリア寿命演算部 4 1 1 におけるキャリア寿命 の導出は、上記の方法に限定されない。

30

【 0 0 4 7 】

評価値演算部 4 1 2 は、第 1 のキャリア寿命 _a と、第 2 のキャリア寿命 _b とから、 S i C 基板 X ₁ と絶縁膜 X ₂ との界面 (界面の状態) の評価を行う。具体的に、評価値演算部 4 1 2 は、キャリア寿命演算部 4 1 1 が第 2 のキャリア寿命 _b を求めると、この第 2 のキャリア寿命 _b に対応する第 1 のキャリア寿命 _a をキャリア寿命記憶領域 4 2 1 から引き出し、この第 1 のキャリア寿命 _a と前記第 2 のキャリア寿命 _b とを用いて下記の式 (1) から、 S i C 基板 X ₁ と絶縁膜 X ₂ との界面の状態の程度を示す指標となる評価値 C を求める。

【 0 0 4 8 】

$$C = 1 / b - 1 / a \cdots (1)$$

40

尚、評価値 C が小さいほど (即ち、第 2 のキャリア寿命 _b が第 1 のキャリア寿命 _a に近いほど) 、 S i C 基板 X ₁ とその表面に形成された絶縁膜 X ₂ との界面の状態がよい。即ち、図 2 において、太線で示すグラフに細線で示すグラフが近いほど、前記界面の状態がよい。

【 0 0 4 9 】

演算記憶部 4 2 は、所定のプログラムやこの所定のプログラムの実行に必要なデータ等の各種の所定のデータ等を記憶するものであり、例えば、不揮発性の記憶素子である R O M (Read Only Memory) や書き換え可能な不揮発性の記憶素子である E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 等である。この演算記憶部 4 2 では、演算処理部 4 1 が界面評価プログラムを実行することにより、その内部 (記憶領域内

50

)に、キャリア寿命記憶領域421が形成される。

【0050】

キャリア寿命記憶領域421には、キャリア寿命演算部411から出力されたキャリア寿命 τ_a が記憶(格納)される。本実施形態のキャリア寿命記憶領域421には、キャリア寿命演算部411において求められたキャリア寿命(第1のキャリア寿命 τ_a 及び第2のキャリア寿命 τ_b)のうち、少なくとも第1のキャリア寿命 τ_a が格納される。

【0051】

パッシベーション部5は、制御部4の制御によってSiC基板 X_1 の表面にパッシベーション膜 X_3 を形成する。このパッシベーション部5は、ステージS上にSiC基板 X_1 が設置されると、このSiC基板 X_1 を移動させて、フッ酸を用いたパッシベーション処理(HFパッシベーション)を行う。

10

【0052】

具体的には、パッシベーション部5は、フッ酸水溶液(HF水溶液)槽51と、純水槽52と、を有する。HF水溶液槽51には、フッ酸濃度が例えば5%のHF水溶液が常温で貯留され、純水槽52には、純水が貯留されている。このパッシベーション部5は、SiC基板 X_1 がステージS上に設置されると、制御部4の制御によってこのSiC基板 X_1 をHF水溶液槽51に移動させてHF水溶液に数分間浸漬させた後、純水槽52に移動させて純水に数分間浸漬させる。これにより、SiC基板 X_1 の表面(最上層)におけるほぼ全てのダングリングボンドが水素終端される。即ち、SiC基板 X_1 の表面がダングリングボンドを終端させた水素によってほぼ覆われた状態となる(SiC基板 X_1 の表面にパッシベーション膜 X_3 が形成された状態となる)。パッシベーション部5は、SiC基板 X_1 の表面が水素終端されると、このSiC基板 X_1 をステージS上に戻す。

20

【0053】

加熱部6は、制御部4の制御によって表面が水素終端されたSiC基板 X_1 を加熱することにより、SiC基板 X_1 の表面から前記ダングリングボンドを終端している水素(水素基)を除去すると共に、SiC基板 X_1 の表面に絶縁膜(本実施形態の例では酸化膜) X_2 を形成する。

【0054】

具体的に、加熱部6は加熱室61を有し、この加熱室61では、SiC基板 X_1 が酸素雰囲気下で加熱される。この加熱部6は、制御部4の制御によって、第1のキャリア寿命 τ_a が測定された後の被測定試料X(表面が水素終端された状態のSiC基板 X_1)を加熱室61に移動させ、この被測定試料Xを酸素雰囲気下において、例えば、700℃以上で加熱する。これにより、水素終端されたSiC基板 X_1 表面の水素の除去(SiC基板 X_1 表面のパッシベーション膜 X_3 の除去)とSiC基板 X_1 表面への絶縁膜(酸化膜) X_2 の形成とが一度に行われる。

30

【0055】

加熱部6は、SiC基板 X_1 の表面に絶縁膜 X_2 が形成されると、この被測定試料X(表面に絶縁膜 X_2 が形成されたSiC基板 X_1)をステージS上に戻す。

【0056】

このような構成の界面評価装置Aは、以下の動作によって、SiC基板 X_1 とその表面に形成された絶縁膜 X_2 との界面の評価を行う。図3は、界面評価装置AがSiC基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面の評価を行う動作の一例を示すフローチャートである。

40

【0057】

SiC基板 X_1 がステージS上に設置されると、パッシベーション部5が、SiC基板 X_1 をパッシベーション処理する(ステップS1)。これにより、SiC基板 X_1 の表面がダングリングボンドを終端した水素に覆われた状態、即ち、SiC基板 X_1 の表面がパッシベーション膜 X_3 で覆われた状態となる。

【0058】

SiC基板 X_1 の表面が水素終端されると、パッシベーション部5が被測定試料X(表面にパッシベーション膜 X_3 が形成されたSiC基板 X_1)をステージS上に戻し、第1

50

のキャリア寿命 τ_a が測定される (ステップ S 2)。このとき、SiC 基板 X_1 の表面で水素終端された水素 (水素基) は、Si 基板表面で水素終端された水素のように常温の酸素 (空気) 雰囲気下で酸素と置き換わらない (即ち、自然酸化膜が形成されない) ため、HF パッシベーション処理を行った後の Si 基板のように、ダングリングボンドと結合した水素が酸素と置き換わることを防ぐ手段等を積極的に講じなくてもよい。即ち、本実施形態では、被測定試料 X (表面にパッシベーション膜 X_3 が形成された SiC 基板 X_1) が常温の空気に曝された環境下において第 1 のキャリア寿命 τ_a が測定されても側定精度が十分に確保される。

【0059】

第 1 のキャリア寿命 τ_a が測定されると、加熱部 6 が、SiC 基板 X_1 の表面のダングリングボンドを終端している水素の除去 (パッシベーション膜 X_3 の除去) と SiC 基板 X_1 表面への絶縁膜 (酸化膜) X_2 の形成とを行う (ステップ S 3)。

【0060】

本実施形態では、加熱部 6 による加熱工程によって、SiC 基板 X_1 の表面のダングリングボンドを終端している水素の除去と、前記水素が除去された SiC 基板 X_1 の表面への絶縁膜 (酸化膜) X_2 の形成と、が一度に (一つの工程によって) 行われているが、これに限定されず、別々に行われてもよい。即ち、SiC 基板 X_1 の表面からパッシベーション膜 X_3 の除去を行う工程が行われ、その後、SiC 基板 X_1 の表面に絶縁膜 X_2 を形成する工程が行われてもよい。

【0061】

絶縁膜 X_2 が形成されると、加熱部 6 がこの被測定試料 X (絶縁膜 X_2 の形成された状態の SiC 基板 X_1) をステージ S 上に戻し、第 2 のキャリア寿命 τ_b が測定される (ステップ S 4)。

【0062】

第 2 のキャリア寿命 τ_b が測定されると、評価値演算部 412 が演算記憶部 42 のキャリア寿命記憶領域 421 から当該キャリア寿命記憶領域 421 に格納されている当該 SiC 基板 X_1 における第 1 のキャリア寿命 τ_a を引き出し、上記の式 (1) から評価値 C を算出する (ステップ S 5)。この評価値 C によって、SiC 基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面の評価が行われる。即ち、評価値 C が小さいほど、前記界面の状態がよい。これは、以下の理由による。

【0063】

HF パッシベーションされた SiC 基板 X_1 では、SiC 基板 X_1 表面のほぼ全てのダングリングボンドが水素終端された状態、即ち、SiC 基板 X_1 とパッシベーション膜 X_3 とがその界面の全域において互いに結合した状態である。このような界面 (表面) の状態のよい、即ち、SiC 基板 X_1 表面におけるほぼ全てのダングリングボンドが水素 (水素基) で終端された状態 (界面全域で SiC 基板 X_1 とパッシベーション膜 X_3 とが互いに結合している状態) の SiC 基板 X_1 でキャリア寿命 τ_a を測定すると、過剰キャリアの生成消滅過程において電子と正孔との再結合以外での過剰キャリアの消滅が起らない状態で測定することができる。

【0064】

一方、表面に酸化膜 (SiO₂ 膜) X_2 が形成された SiC 基板 X_1 では、酸化膜 X_2 と SiC 基板 X_1 との界面に CO や C₂O 等が入り込んでおり、前記界面においてこれら CO や C₂O 等が入り込んだ位置では、SiC 基板 X_1 と酸化膜 X_2 とが結合していないため、前記界面に CO や C₂O 等が入り込む量が多くなると、SiC 基板 X_1 と酸化膜 X_2 との結合状態 (即ち、界面の状態) が悪くなる。このような界面の状態の悪い SiC 基板 X_1 でキャリア寿命 τ_b を測定すると、過剰キャリアの生成消滅過程において、電子と正孔との再結合以外に CO や C₂O 等との結合によって過剰キャリアが消滅するため、界面の状態がよい場合に比べ、キャリア寿命 τ_b が短く (小さく) なる。

【0065】

従って、界面の状態のよい SiC 基板 X_1 で測定されたキャリア寿命 (第 1 のキャリア

10

20

30

40

50

寿命) τ_a を基準にし、この第1のキャリア寿命 τ_a と、その表面に酸化膜 X_2 が形成された SiC 基板 X_1 で測定されたキャリア寿命 (第2のキャリア寿命) τ_b とを比べることによって、SiC 基板 X_1 と酸化膜 X_2 との界面の状態 (界面における SiC 基板 X_1 と酸化膜 X_2 との結合状態) を評価することができる。具体的には、第2のキャリア寿命 τ_b が、界面 (表面) の状態のよい SiC 基板 X_1 で測定された第1のキャリア寿命 τ_a に近いほど (即ち、上記式 (1) で求められる C の値が小さいほど)、第2のキャリア寿命 τ_b が測定された SiC 基板 X_1 と酸化膜 X_2 との界面の状態の程度がよいと評価できる一方、第2のキャリア寿命 τ_b が第1のキャリア寿命 τ_a から離れるほど (即ち、上記式 (1) で求められる C の値が大きいほど)、SiC 基板 X_1 と酸化膜 X_2 との界面の状態の程度が悪いと評価できる。

10

【0066】

以上の半導体基板と絶縁膜との界面評価装置 A によれば、パッシベーション処理された SiC 基板 X_1 で測定された第1のキャリア寿命 τ_a と、絶縁膜 X_2 が形成された SiC 基板 X_1 で測定された第2のキャリア寿命 τ_b と、を求め、これら第1のキャリア寿命 τ_a と第2のキャリア寿命 τ_b との違いから、SiC 基板 X_1 とその表面に形成された絶縁膜 X_2 との界面 (界面の状態) の評価を精度よく行うことができる。

【0067】

即ち、パッシベーション処理により SiC 基板 X_1 の最表層 (表面) でのダングリングボンドによる過剰キャリアの消滅が起こり難い状態となっている SiC 基板 X_1 の表面状態を基準とすべく、この状態の SiC 基板 X_1 の第1のキャリア寿命 τ_a を測定し、この第1のキャリア寿命 τ_a と第2のキャリア寿命 τ_b との違いから、第2のキャリア寿命 τ_b が測定された SiC 基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面の状態を評価することで、精度のよい評価を行うことができる。

20

【0068】

例えば、本実施形態のように、パッシベーション処理が、SiC 基板 X_1 に対するフッ酸を用いた処理 (HF パッシベーション) である場合は、SiC 基板 X_1 の表面におけるほぼ全てのダングリングボンドが水素終端されることにより SiC 基板 X_1 の表面がダングリングボンドを終端した水素によってほぼ覆われるため、SiC 基板 X_1 の表面でのダングリングボンドによる過剰キャリアの消滅が起り難い状態となっている。これにより、この状態で測定した第1のキャリア寿命 τ_a と、パッシベーション膜 X_3 (ダングリングボンドを終端している水素) に替えて絶縁膜 X_2 が形成された SiC 基板 X_1 で測定された第2のキャリア寿命 τ_b とから、SiC 基板 X_1 と絶縁膜 X_2 との界面の評価を精度よく行うことができる。

30

【0069】

しかも、Si 基板の表面を水素終端させた場合には、当該 Si 基板が酸素雰囲気中に曝されると水素と酸素とが次第に置き換わって (即ち、自然酸化膜が形成されて) Si 基板表面が荒れるために水素終端させた Si 基板のキャリア寿命を精度よく測定し難い。しかしながら、SiC 基板 X_1 では、常温よりも高い温度で加熱等しなければ水素終端された状態が持続するため、フッ酸によるパッシベーション処理後、酸素雰囲気下で第1のキャリア寿命 τ_a が測定されても、SiC 基板 X_1 表面でのダングリングボンドによる過剰キャリアの消滅が起こり難い状態が持続するため、Si 基板での第1のキャリア寿命 τ_a を測定する場合に比べ、第1のキャリア寿命 τ_a の測定をより容易に行うことができる。

40

【0070】

また、フッ酸を用いてパッシベーション処理を行う場合には、パッシベーション膜 X_3 が形成された状態の SiC 基板 X_1 を加熱することによって、パッシベーション膜 X_3 の除膜工 (即ち、SiC 基板 X_1 表面においてダングリングボンドを終端している水素の除去工程) と絶縁膜 X_2 の成膜工程 (絶縁膜形成工程) とを同時に行ってもよい。

【0071】

SiC 基板 X_1 の表面での水素終端による水素 (詳しくは、SiC 基板 X_1 の表面でダングリングボンドを終端している水素) は、加熱によって SiC 基板 X_1 表面から容易に

50

除去できるため、SiC基板 X_1 の表面に絶縁膜 X_2 として酸化膜を形成する際の加熱を利用してパッシベーション膜 X_3 （SiC基板 X_1 の表面でダングリングボンドを終端している水素）を除去することにより、パッシベーション膜 X_3 の除去と絶縁膜（酸化膜） X_2 の形成とを同時に行うことができる。

【0072】

また、本実施形態の界面評価装置Aによれば、SiC基板 X_1 と絶縁膜（酸化膜） X_2 との界面の状態が評価値（数値）Cとして得られるため、前記界面の状態が評価し易くなる。

【0073】

尚、本発明の半導体基板と絶縁膜との界面評価装置は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【0074】

上記実施形態において、SiC基板 X_1 の表面に形成される絶縁膜は、酸化膜であるが、これに限定されない。この絶縁膜は、絶縁性を有し且つ光及びマイクロ波に対して透明であればよく、例えば、SiN（窒化シリコン）膜やAlN（窒化アルミニウム）膜等であつてもよい。

【0075】

また、上記実施形態の界面評価装置Aは、SiC基板にHFパッシベーションを行うパッシベーション部5と、SiC基板表面におけるパッシベーション膜 X_3 の除去及び絶縁膜 X_2 の形成を行う加熱部6と、を有しているが、この構成に限定されない。例えば、界面評価装置は、パッシベーション部5及び/又は加熱部6を有していなくてもよい。この場合は、SiC基板 X_1 が界面評価装置から取り出され、界面評価装置外でパッシベーション処理及び/又は加熱処理（パッシベーション膜 X_3 の除膜、及び、絶縁膜 X_2 の形成）が行われる。

【0076】

また、上記実施形態の界面評価装置Aは、反射側定波の強度変化から被測定試料Xのキャリア寿命を側定しているが、この構成に限定されず、被測定試料Xの裏側において当該試料を透過した側定波（透過側定波）を側定し、この強度変化から被測定試料Xのキャリア寿命を側定する構成でもよい。

【0077】

また、上記実施形態の界面評価装置Aでは、パッシベーション処理は、フッ酸を用いたHFパッシベーションであるが、これに限定されず、ヨウ素パッシベーション等であつてもよい。

【符号の説明】

【0078】

- 1 励起光照射部
- 2 測定波入出力部
- 3 検出部
- 4 制御部
- 5 パッシベーション部
- 6 加熱部
- 11 光源部
- 21 測定波生成部
- 31 測定波検出部
- 41 演算処理部
- 42 演算記憶部
- 411 キャリア寿命演算部
- 412 評価値演算部
- 421 キャリア寿命記憶領域

10

20

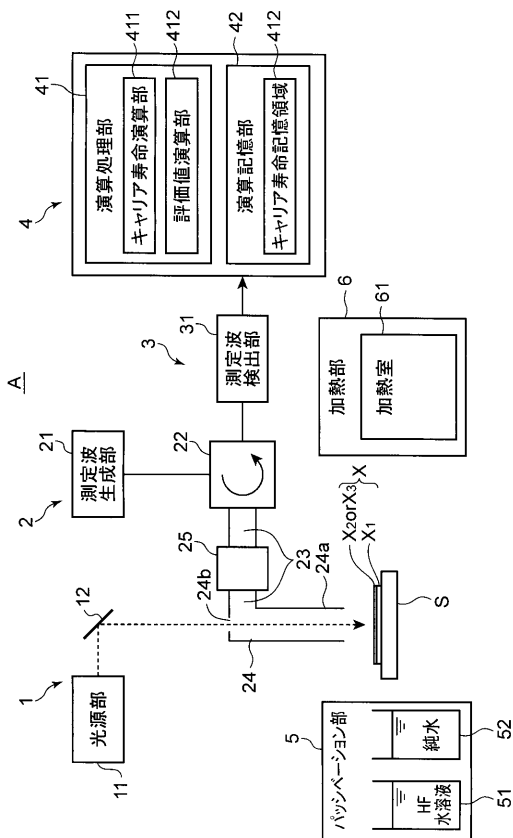
30

40

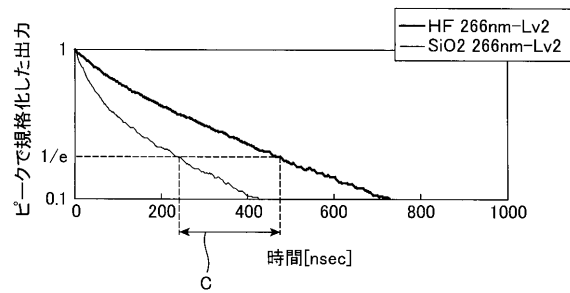
50

- C 評価値
 - X 被測定試料
 - X₁ 炭化ケイ素基板
 - X₂ 絶縁膜
 - X₃ パッシベーション膜（炭化ケイ素の表面においてダングリングボンドを終端している水素）
- キャリア寿命
- a 第1のキャリア寿命
 - b 第2のキャリア寿命

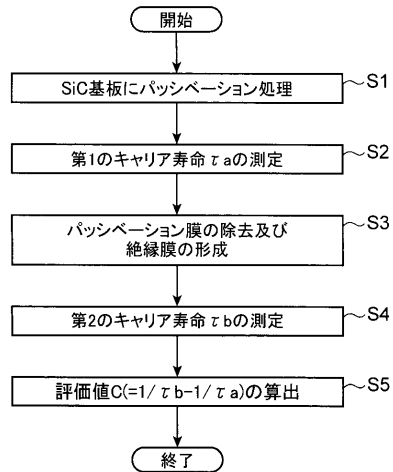
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 乾 昌広
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社コベルコ科研内
- (72)発明者 尾嶋 太
兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社コベルコ科研内
- (72)発明者 宮崎 富仁
大阪市此花区島屋1丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内

審査官 高 須 甲斐

- (56)参考文献 特開平08-264609(JP,A)
特開平06-342839(JP,A)
特開2010-140994(JP,A)
特開2000-183123(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/66