

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第4322958号
(P4322958)

(45) 発行日 平成21年9月2日(2009.9.2)

(24) 登録日 平成21年6月12日(2009.6.12)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 R 27/26 (2006.01) GO 1 R 27/26 C
 GO 1 R 27/26 H

請求項の数 10 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-552633 (P2008-552633)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成20年7月31日 (2008.7.31)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2008/002067</p> <p>審査請求日 平成20年11月27日 (2008.11.27)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 504136568 国立大学法人広島大学 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号</p> <p>(74) 代理人 100112715 弁理士 松山 隆夫</p> <p>(72) 発明者 牧原 克典 広島県東広島市鏡山一丁目3番1号 国立 大学法人広島大学大学院先端物質科学研究 科内</p> <p>(72) 発明者 官崎 誠一 広島県東広島市鏡山一丁目3番1号 国立 大学法人広島大学大学院先端物質科学研究 科内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測定装置および測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁膜が半導体基板上に形成された構造からなる測定試料を用いて前記絶縁膜の表面容量を測定する測定装置であって、

前記半導体基板と前記絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧を該直流電圧の電圧レベルを所望の速度で変化させながら前記半導体基板に印加したときの探針と前記絶縁膜との間に流れる電流の前記直流電圧に対する依存性である電流電圧特性を測定する測定器と、

前記測定された電流電圧特性に基づいて、前記絶縁膜に印加される電圧の変化速度である電圧変化速度と前記絶縁膜に流れる飽和電流との関係を求め、その求めた関係に基づいて、前記絶縁膜の表面容量を演算する演算器とを備え、

前記測定器は、前記電圧変化速度を複数の電圧変化速度に変えて複数の前記電流電圧特性を測定する測定処理を実行し、

前記演算器は、前記測定された複数の前記電流電圧特性に基づいて、複数の飽和電流を検出し、その検出した複数の飽和電流と、複数の電圧変化速度との関係をプロットして前記絶縁膜に流れる飽和電流と前記電圧変化速度との関係を示す直線を求め、その求めた直線の傾きを前記絶縁膜の表面容量として演算する演算処理を実行する、測定装置。

【請求項2】

前記測定器は、略平板形状からなる前記絶縁膜の複数の位置の各々において前記測定処理を実行し、

10

20

前記演算器は、前記測定された複数の位置における複数の前記電流電圧特性に基づいて、前記複数の位置の各々に対して前記演算処理を実行し、前記複数の位置における前記絶縁膜の表面容量の分布を求め、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

絶縁膜が半導体基板上に形成された構造からなる測定試料を用いて前記絶縁膜の表面容量および誘電率を測定する測定装置であって、

前記半導体基板と前記絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧を該直流電圧の電圧レベルを所望の速度で変化させながら前記半導体基板に印加したときの探針と前記絶縁膜との間に流れる電流の前記直流電圧に対する依存性である電流電圧特性を測定する測定器と、

10

前記測定された電流電圧特性に基づいて、前記絶縁膜に印加される電圧の変化速度である電圧変化速度と前記絶縁膜に流れる飽和電流との関係を求め、その求めた関係に基づいて、前記絶縁膜の表面容量および誘電率を演算する演算器とを備え、

前記測定器は、前記電圧変化速度を複数の電圧変化速度に変えて複数の前記電流電圧特性を測定する測定処理を実行し、

前記演算器は、前記測定された複数の前記電流電圧特性に基づいて、複数の飽和電流を検出し、その検出した複数の飽和電流と、複数の電圧変化速度との関係をプロットして前記絶縁膜に流れる飽和電流と前記電圧変化速度との関係を示す直線を求め、その求めた直線の傾きを前記絶縁膜の表面容量として演算するとともに、その演算した表面容量と、前記絶縁膜の面積と、前記絶縁膜の膜厚とに基づいて、前記絶縁膜の誘電率を演算する、測定装置。

20

【請求項 4】

前記測定器は、略平板形状からなる前記絶縁膜の複数の位置の各々において前記測定処理を実行し、

前記演算器は、前記測定された複数の位置における複数の前記電流電圧特性に基づいて、前記複数の位置の各々に対して前記演算処理を実行し、前記複数の位置における前記絶縁膜の表面容量の分布を求めるとともに、その求めた前記絶縁膜の表面容量の分布と、前記絶縁膜の面積と、前記絶縁膜の膜厚とに基づいて、前記絶縁膜の誘電率の分布を求める、請求項 3 に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記演算器によって演算された前記絶縁膜の表面容量および前記絶縁膜の誘電率を表示する表示装置をさらに備える、請求項 3 に記載の測定装置。

30

【請求項 6】

絶縁膜が半導体基板上に形成された構造からなる測定試料を用いて前記絶縁膜の表面容量を測定する測定方法であって、

測定器が、前記半導体基板と前記絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧を該直流電圧の電圧レベルを所望の速度で変化させながら前記半導体基板に印加したときの探針と前記絶縁膜との間に流れる電流の前記直流電圧に対する依存性である電流電圧特性を測定する第 1 のステップと、

演算器が、前記第 1 のステップにおいて測定された電流電圧特性に基づいて、前記絶縁膜に流れる電流の飽和電流を検出する第 2 のステップと、

40

前記演算器が、前記第 2 のステップにおいて検出した飽和電流と、前記絶縁膜に印加される電圧の変化速度である電圧変化速度とに基づいて、前記絶縁膜に流れる飽和電流と前記電圧変化速度との関係を求める第 3 のステップと、

前記演算器が、前記第 3 のステップにおいて求めた関係に基づいて、前記絶縁膜の表面容量を演算する第 4 のステップとを備え、

前記測定器は、前記第 1 のステップにおいて、前記電圧変化速度を複数の電圧変化速度に変えて複数の前記電流電圧特性を測定する測定処理を実行し、

前記演算器は、前記第 2 のステップにおいて、前記測定された複数の前記電流電圧特性に基づいて、複数の飽和電流を検出する検出処理を実行し、

50

前記演算器は、前記第3のステップにおいて、前記複数の飽和電流と前記複数の電圧変化速度とをプロットし、前記絶縁膜に流れる飽和電流と前記電圧変化速度との関係を示す直線を求める処理を実行し、

前記演算器は、前記第4のステップにおいて、前記第3のステップにおいて求めた直線の傾きを前記絶縁膜の表面容量として演算する演算処理を実行する、測定方法。

【請求項7】

前記測定器は、前記第1のステップにおいて、略平板形状からなる前記絶縁膜の複数の位置の各々に対して前記測定処理を実行し、

前記演算器は、前記第2のステップにおいて、前記複数の位置の各々に対して前記検出処理を実行し、

前記演算器は、前記第3のステップにおいて、前記複数の位置の各々に対して前記直線を求める処理を実行し、

前記演算器は、前記第4のステップにおいて、前記複数の位置の各々に対して前記演算処理を実行し、前記絶縁膜の表面容量の分布を求める、請求項6に記載の測定方法。

【請求項8】

絶縁膜が半導体基板上に形成された構造からなる測定試料を用いて前記絶縁膜の表面容量および誘電率を測定する測定方法であって、

測定器が、前記半導体基板と前記絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧を該直流電圧の電圧レベルを所望の速度で変化させながら前記半導体基板に印加したときの探針と前記絶縁膜との間に流れる電流の前記直流電圧に対する依存性である電流電圧特性を測定する第1のステップと、

演算器が、前記第1のステップにおいて測定された電流電圧特性に基づいて、前記絶縁膜に流れる電流の飽和電流を検出する第2のステップと、

前記演算器が、前記第2のステップにおいて検出した飽和電流と、前記絶縁膜に印加される電圧の変化速度である電圧変化速度とに基づいて、前記絶縁膜に流れる飽和電流と前記電圧変化速度との関係を求める第3のステップと、

前記演算器が、前記第3のステップにおいて求めた関係に基づいて、前記絶縁膜の表面容量および誘電率を演算する第4のステップとを備え、

前記測定器は、前記第1のステップにおいて、前記電圧変化速度を複数の電圧変化速度に変えて複数の前記電流電圧特性を測定する測定処理を実行し、

前記演算器は、前記第2のステップにおいて、前記測定された複数の前記電流電圧特性に基づいて、複数の飽和電流を検出する検出処理を実行し、

前記演算器は、前記第3のステップにおいて、前記複数の飽和電流と前記複数の電圧変化速度とをプロットし、前記絶縁膜に流れる飽和電流と前記電圧変化速度との関係を示す直線を求める処理を実行し、

前記演算器は、前記第4のステップにおいて、前記第3のステップにおいて求めた直線の傾きを前記絶縁膜の表面容量として演算するとともに、その演算した表面容量と、前記絶縁膜の面積と、前記絶縁膜の膜厚とに基づいて、前記絶縁膜の誘電率を演算する演算処理を実行する、測定方法。

【請求項9】

前記測定器は、前記第1のステップにおいて、略平板形状からなる前記絶縁膜の複数の位置の各々に対して前記測定処理を実行し、

前記演算器は、前記第2のステップにおいて、前記複数の位置の各々に対して前記検出処理を実行し、

前記演算器は、前記第3のステップにおいて、前記複数の位置の各々に対して前記直線を求める処理を実行し、

前記演算器は、前記第4のステップにおいて、前記複数の位置の各々に対して前記演算処理を実行し、前記絶縁膜の表面容量の分布および前記絶縁膜の誘電率の分布を求める、請求項8に記載の測定方法。

【請求項10】

10

20

30

40

50

前記演算された前記絶縁膜の表面容量および前記絶縁膜の誘電率を表示する第5のステップをさらに備える、請求項8に記載の測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、容量または誘電率を測定する測定装置および測定方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、AFM (Atomic Force Microscope) 測定、STM (Scanning Tunneling Microscope) 測定、およびSNOM (Scanning Near field Optical Microscope) 測定を適宜選択的に実行可能な集積型多機能SPMセンサーが知られている (特開平8-5642)。

10

【0003】

この集積型多機能SPMセンサーは、自由端に探針を有するカンチレバー部と、このカンチレバー部の基端を支持する支持部と、カンチレバー部に設けられ、第1の電極を介して直流定電圧源に接続された第1のピエゾ抵抗層と、カンチレバー部に設けられ、第2の電極を介して直流定電圧源に接続された第2のピエゾ抵抗層と、探針を測定試料に対して走査させる際、各ピエゾ抵抗層に流れる電流値の変化を検出す第1および第2の電流計測用オペアンプと、これらのオペアンプによって検出された電流値変化に基づいて、測定試料の表面情報を算出して出力する演算回路とを備える。

20

【発明の開示】

【0004】

しかし、従来の集積化多機能SPMセンサーは、測定試料の表面状態に応じたカンチレバー部の反り量を2つのピエゾ抵抗層に流れる電流の変化分として計測し、その計測した電流の変化分に基づいて測定試料の表面情報を算出するので、測定試料の表面容量または誘電率を測定することが困難であるという問題がある。

【0005】

そこで、測定試料の表面容量または誘電率またはそれらの分布を測定可能な測定装置を提供することが望まれる。

30

【0006】

また、測定試料の表面容量または誘電率またはそれらの分布を測定可能な測定方法を提供することが望まれる。

【0007】

測定装置は、絶縁膜が半導体基板上に形成された構造からなる測定試料を用いて絶縁膜の表面容量および/または誘電率を測定する測定装置であって、測定器と、演算器とを備える。測定器は、半導体基板と前記絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧を該直流電圧の電圧レベルを所望の速度で変化させながら半導体基板に印加したときの探針と絶縁膜との間に流れる電流の直流電圧依存性である電流電圧特性を測定する。演算器は、測定器によって測定された電流電圧特性に基づいて、絶縁膜に印加される電圧の変化速度である電圧変化速度と絶縁膜に流れる電流との関係を求め、その求めた関係に基づいて、絶縁膜の表面容量を演算する。

40

【0008】

演算器は、さらに、演算した表面容量と、絶縁膜の面積と、絶縁膜の膜厚とに基づいて、絶縁膜の誘電率を求めてもよい。

【0009】

測定器は、電圧変化速度を複数の電圧変化速度に変えて複数の電流電圧特性を測定する測定処理を実行してもよい。演算器は、測定された複数の電流電圧特性に基づいて、複数の飽和電流を検出し、その検出した複数の飽和電流と、複数の電圧変化速度との関係をブ

50

ロットして絶縁膜に流れる電流と電圧変化速度との関係を示す直線を求め、その求めた直線の傾きを絶縁膜の表面容量として演算する演算処理を実行してもよい。

【0010】

測定器は、略平板形状からなる絶縁膜の複数の位置の各々において測定処理を実行してもよい。演算器は、測定された複数の位置における複数の電流電圧特性に基づいて、複数の位置の各々に対して演算処理を実行し、複数の位置における絶縁膜の表面容量の分布を求めてもよい。

【0011】

演算器は、さらに、絶縁膜の表面容量の分布と、絶縁膜の面積と、絶縁膜の膜厚とに基づいて、絶縁膜の誘電率の分布を求めてもよい。

10

【0012】

また、測定方法は、絶縁膜が半導体基板上に形成された構造からなる測定試料を用いて絶縁膜の表面容量および/または誘電率を測定する測定方法であって、測定器が、半導体基板と絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧を該直流電圧の電圧レベルを所望の速度で変化させながら半導体基板に印加したときの探針と絶縁膜との間に流れる電流の電圧依存性である電流電圧特性を測定する第1のステップと、演算器が、第1のステップにおいて測定された電流電圧特性に基づいて、絶縁膜に流れる電流の飽和電流を検出する第2のステップと、演算器が、第2のステップにおいて検出した飽和電流と、絶縁膜に印加される電圧の変化速度である電圧変化速度とに基づいて、絶縁膜に流れる電流と電圧変化速度との関係を求める第3のステップと、演算器が、第3のステップにおいて求めた関係に基づいて、絶縁膜の表面容量を演算する第4のステップとを備える。

20

【0013】

測定方法は、演算器が、第4のステップにおいて演算した表面容量と、絶縁膜の面積と、絶縁膜の膜厚とに基づいて、絶縁膜の誘電率を演算する第5のステップをさらに備えてもよい。

【0014】

測定器は、第1のステップにおいて、電圧変化速度を複数の電圧変化速度に変えて複数の電流電圧特性を測定する測定処理を実行し、演算器は、第2のステップにおいて、測定された複数の電流電圧特性に基づいて、複数の飽和電流を検出する検出処理を実行し、演算器は、第3のステップにおいて、複数の電圧変化速度と複数の電圧変化速度とをプロットし、絶縁膜に流れる電流と電圧変化速度との関係を示す直線を求める処理を実行し、演算器は、第4のステップにおいて、第3のステップにおいて求めた直線の傾きを絶縁膜の表面容量として演算する演算処理を実行してもよい。

30

【0015】

測定器は、第1のステップにおいて、略平板形状からなる絶縁膜の複数の位置の各々に対して測定処理を実行し、演算器は、第2のステップにおいて、複数の位置の各々に対して検出処理を実行し、演算器は、第3のステップにおいて、複数の位置の各々に対して直線を求める処理を実行し、演算器は、第4のステップにおいて、複数の位置の各々に対して演算処理を実行し、絶縁膜の表面容量の分布を求めてもよい。

【0016】

測定方法は、演算器が、第4のステップにおいて演算した絶縁膜の表面容量の分布と、絶縁膜の面積と、絶縁膜の膜厚とに基づいて、絶縁膜の誘電率の分布を求める第5のステップをさらに備えてもよい。

40

【0017】

半導体基板と絶縁膜との界面に反転層が形成される直流電圧をその電圧レベルの変化速度を変えながら半導体基板に印加し、絶縁膜に流れる電流を測定する。そして、その測定した電流と直流電圧の変化速度との関係を求め、その求めた関係に基づいて、絶縁膜の表面容量を求める。また、その求めた表面容量を用いて絶縁膜の誘電率を求める。さらに、絶縁膜の複数の位置において、絶縁膜の表面容量および誘電率を求める。

【0018】

50

したがって、測定試料の表面容量または誘電率またはそれらの分布を測定できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】この発明の実施の形態による測定装置の構成を示す概略図である。

【図2】電流と基板電圧との関係を示す図である。

【図3】電流と基板電圧の変化速度との関係を示す図である。

【図4】表面容量および誘電率を求める方法を説明するためのフローチャートである。

【図5】図1に示す測定試料の平面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

【0021】

図1は、この発明の実施の形態による測定装置の構成を示す概略図である。図1を参照して、この発明の実施の形態による測定装置10は、ステージ1と、探針2と、測定器3と、演算器4と、表示装置5とを備える。

【0022】

測定試料50は、たとえば、2cmの幅、およびたとえば、2cmの長さを有する。その結果、測定試料50は、4cm²の面積を有する。そして、測定試料50は、半導体基板51と、絶縁膜52と、電極53とを含む。半導体基板51は、たとえば、n型シリコン(n型Si)からなる。絶縁膜52は、たとえば、SiO₂膜またはSi₃N₄膜からなり、半導体基板51の表面に形成される。そして、絶縁膜52は、10nmの膜厚を有する。電極53は、たとえば、アルミニウム(Al)からなり、半導体基板1の裏面に形成される。

【0023】

ステージ1は、測定試料50を支持する。そして、ステージ1は、測定試料50の幅方向である方向DR1へ所定の距離ずつステップ状に移動するとともに、方向DR1に直交する方向DR2へ所定の距離ずつステップ状に移動する。

【0024】

探針2は、導線を介して測定器3に接続されるとともに、測定試料50の表面に配置される。

【0025】

測定器3は、直流電圧源31と、電流計32とを含む。直流電圧源31は、半導体基板51と絶縁膜52との界面に反転層が形成される直流電圧V_{DC}をその直流電圧のレベルを所望の速度で変化させながら測定試料50の半導体基板51に印加する。電流計32は、直流電圧V_{DC}が半導体基板51に印加されたときに探針2と絶縁膜52との間に流れる電流を測定する。

【0026】

このように、測定器3は、半導体基板51と絶縁膜52との界面に反転層が形成される直流電圧V_{DC}をその直流電圧のレベルを所望の速度で変化させながら測定試料50の半導体基板51に印加したときの探針2と絶縁膜52との間に流れる電流の電圧依存性からなる電流電圧特性を測定し、その測定した電流電圧特性を演算器4へ出力する。

【0027】

演算器4は、測定器3から受けた電流電圧特性に基づいて、後述する方法によって、絶縁膜52の表面容量C_{SUF}および絶縁膜52の誘電率を演算する。また、演算器4は、測定器3から受けた電流電圧特性に基づいて、後述する方法によって、絶縁膜52の表面容量C_{SUF}の分布および絶縁膜52の誘電率の分布を演算する。そして、演算器4は、その演算した絶縁膜52の表面容量C_{SUF}(または表面容量C_{SUF}の分布)および絶縁膜52の誘電率(または誘電率の分布)を表示装置5へ出力する。

【0028】

10

20

30

40

50

表示装置 5 は、演算器 4 から受けた絶縁膜 5 2 の表面容量 C_{SUF} (または表面容量 C_{SUF} の分布) および絶縁膜 5 2 の誘電率 (または誘電率 の分布) を表示する。

【0029】

図 2 は、電流と基板電圧との関係を示す図である。図 2 において、縦軸は、探針 2 から絶縁膜 5 2 に流れる電流を表し、横軸は、半導体基板 5 1 に印加される基板電圧を表す。また、曲線 $k_1 \sim k_7$ は、基板電圧を 0 V から 3 V へ変化させるときの時間をそれぞれ 15 msec, 30 msec, 50 msec, 100 msec, 200 msec, 500 msec, 1000 msec としたときの電流電圧特性を示す。すなわち、曲線 $k_1 \sim k_7$ は、それぞれ、基板電圧の変化速度を 200 V/s, 100 V/s, 60 V/s, 30 V/s, 15 V/s, 6 V/s, 3 V/s としたときの電流電圧特性を示す。

10

【0030】

図 2 を参照して、測定試料 5 0 の半導体基板 5 1 に直流電圧 V_{DC} を印加したとき、探針 2 から絶縁膜 5 2 へ流される電流は、直流電圧 V_{DC} の電圧レベルが低い領域では、直流電圧 V_{DC} に対して増加し、その後、飽和する(曲線 $k_1 \sim k_7$ 参照)。

【0031】

演算器 4 における表面容量 C_{SUF} の求め方について説明する。演算器 4 は、測定器 3 から曲線 $k_1 \sim k_7$ によって示される電流電圧特性を受けると、その受けた曲線 $k_1 \sim k_7$ に基づいて、各曲線 $k_1 \sim k_7$ における飽和電流と、基板電圧の変化速度とを求める。

【0032】

すなわち、演算器 4 は、曲線 k_1 に基づいて、100 nA の飽和電流と、200 V/s の基板電圧の変化速度とを求める。演算器 4 は、以下同様にして、曲線 $k_2 \sim k_7$ に基づいて、100 nA, 100 V/s; 70 nA, 60 V/s; 37 nA, 30 V/s; 18 nA, 15 V/s; 7 nA, 6 V/s; 2 nA, 3 V/s を求める。

20

【0033】

図 3 は、電流と基板電圧の変化速度との関係を示す図である。図 3 において、縦軸は、探針 2 から絶縁膜 5 2 に流れる電流を表し、横軸は、半導体基板 5 1 に印加される基板電圧の変化速度を表す。

【0034】

演算器 4 は、上述した飽和電流と基板電圧の変化速度とをプロットし、図 3 に示す直線 k_8 を得る。

30

【0035】

絶縁膜 5 2 に蓄積される電荷を Q とし、絶縁膜 5 2 に印加される電圧を V とすると、 $Q = C_{SUF} \times V$ が成立する。この式の両辺を時間で微分すると、次式が成立する。

【0036】

【数 1】

$$i = C_{SUF} \times \frac{dV}{dt} \dots (1)$$

40

【0037】

式(1)の右辺の dV/dt は、半導体基板 5 1 に印加される基板電圧の変化速度を示す。

【0038】

したがって、演算器 4 は、図 3 に示す直線 k_8 を求めると、その求めた直線 k_8 の傾きを絶縁膜 5 2 の表面容量 C_{SUF} として演算する。

【0039】

絶縁膜 5 2 の誘電率を とすると、次式が成立する。

【0040】

50

【数 2】

$$C_{\text{SUF}} = \epsilon \frac{S}{d} \dots (2)$$

【0041】

したがって、演算器 4 は、表面容量 C_{SUF} を演算すると、その演算した表面容量 C_{SUF} と、絶縁膜 52 の膜厚 $d = 10 \text{ nm}$ と、探針 2 と絶縁膜 52 との接触面積 S (この接触面積は、探針 2 の先端部の曲率半径によって決定され、曲率半径は、たとえば、 20 nm である) とを式 (2) に代入して絶縁膜 52 の誘電率 を求める。

10

【0042】

図 4 は、表面容量および誘電率を求める方法を説明するためのフローチャートである。図 4 を参照して、一連の動作が開始されると、ステージ 1 を方向 DR 1 および方向 DR 2 へ移動し、探針 2 を絶縁膜 52 上の任意の位置に配置する (ステップ S 1)。

【0043】

そして、測定器 3 は、半導体基板 51 と絶縁膜 52 との界面に反転層が形成される基板電圧 V_{SUB} の変化速度を複数の変化速度に変えながら所定範囲の基板電圧 V_{SUB} を測定試料 50 の半導体基板 51 に印加し、複数の電流電圧特性を測定する (ステップ S 2)

20

【0044】

その後、演算器 4 は、測定器 3 から複数の電流電圧特性を受け、その受けた複数の電流電圧特性から複数の飽和電流を検出する (ステップ S 3)。

【0045】

そうすると、演算器 4 は、複数の飽和電流と、基板電圧 V_{SUB} の複数の変化速度とをグラフ上にプロットし、電流と基板電圧 V_{SUB} の変化速度との関係を示す直線を求める (ステップ S 4)。そして、演算器 4 は、その求めた直線の傾きを絶縁膜 52 の表面容量 C_{SUF} として演算する (ステップ S 5)。

【0046】

その後、演算器 4 は、その求めた表面容量 C_{SUF} と、絶縁膜 52 の膜厚と、絶縁膜 52 の面積とを式 (2) に代入して絶縁膜 52 の誘電率 を演算する (ステップ S 6)。

30

【0047】

そうすると、表示装置 5 は、演算器 4 が演算した表面容量 C_{SUF} および誘電率 を表示する (ステップ S 7)。これによって、一連の動作が終了する。

【0048】

図 5 は、図 1 に示す測定試料 50 の平面図である。図 5 を参照して、この発明においては、測定試料 50 の絶縁膜 52 のポイント P 11 ~ P 12 12 の各々における絶縁膜 52 の表面容量 C_{SUF} および誘電率 を演算するようにしてもよい。

【0049】

この場合、ステージ 1 を方向 DR 1 および方向 DR 2 へ移動させ、探針 2 をポイント P 11 へ移動させる。

40

【0050】

そして、演算器 4 は、ポイント P 11 において、図 4 に示すフローチャートに従って絶縁膜 52 の表面容量 C_{SUF} および誘電率 を演算する。その後、ステージ 1 を方向 DR 1 および方向 DR 2 へ移動させ、探針 2 をポイント P 12 へ移動させる。そして、演算器 4 は、ポイント P 12 において、図 4 に示すフローチャートに従って絶縁膜 52 の表面容量 C_{SUF} および誘電率 を演算する。

【0051】

以後、同様にして、探針 2 をポイント P 13 ~ P 11 2, P 21 ~ P 21 2, . . . ,

50

P 1 2 1 ~ P 1 2 1 2 へ順次移動させ、演算器 4 は、図 4 に示すフローチャートに従って各ポイントにおける絶縁膜 5 2 の表面容量 C_{SUF} および誘電率 を演算する。

【 0 0 5 2 】

そして、演算器 4 は、その演算した絶縁膜 5 2 の各ポイントにおける表面容量 C_{SUF} または絶縁膜 5 2 の誘電率 を各ポイント上にプロットし、絶縁膜 5 2 の表面容量 C_{SUF} の分布または絶縁膜 5 2 の誘電率 の分布を求める。表示装置 5 は、絶縁膜 5 2 の表面容量 C_{SUF} の分布または絶縁膜 5 2 の誘電率 の分布を表示する。

【 0 0 5 3 】

上述したように、測定装置 1 0 は、半導体基板 5 1 と絶縁膜 5 2 との界面に反転層が形成される直流電圧をその変化速度を変えながら半導体基板 5 1 に印加したときに絶縁膜 5 2 に流れる電流を測定し、絶縁膜 5 2 に流れる電流と直流電圧の変化速度との関係から絶縁膜 5 2 の表面容量 C_{SUF} および誘電率 を求める。また、測定装置 1 0 は、絶縁膜 5 2 の表面容量の分布および誘電率の分布を求める。

10

【 0 0 5 4 】

したがって、測定試料の表面容量および誘電率またはそれらの分布を測定できる。

【 0 0 5 5 】

また、各種のデバイスを実際に作製している途中で絶縁膜の表面容量および誘電率またはそれらの分布を測定できる。

【 0 0 5 6 】

上記においては、測定装置 1 0 は、絶縁膜 5 2 の表面容量および誘電率（または表面容量の分布および誘電率の分布）を求めると説明したが、これに限らず、測定装置 1 0 は、絶縁膜 5 2 の表面容量のみ、または絶縁膜 5 2 の誘電率のみ、または絶縁膜 5 2 の表面容量の分布のみ、または絶縁膜 5 2 の誘電率の分布のみを求めるものであってもよい。

20

【 0 0 5 7 】

また、上記においては、半導体基板 5 1 は、n 型 Si からなると説明したが、これに限らず、半導体基板 5 1 は、p 型 Si からなってもよい。この場合、測定器 3 の直流電圧源 3 1 は、半導体基板 5 1 と絶縁膜 5 2 との界面に反転層が形成される直流電圧 V_{DC} として - 3 V ~ 0 V の基板電圧を半導体基板 5 1 へ印加する。

【 0 0 5 8 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 9 】

この発明は、測定試料の表面容量または誘電率またはそれらの分布を測定可能な測定装置に適用される。また、この発明は、測定試料の表面容量または誘電率またはそれらの分布を測定可能な測定方法に適用される。

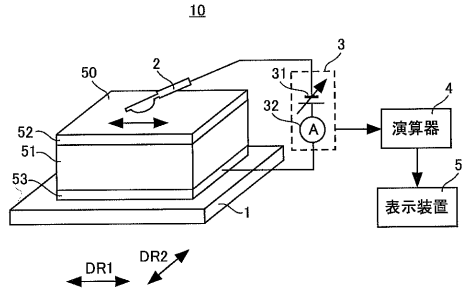
【要約】

測定器 (3) は、半導体基板 (5 1) と絶縁膜 (5 2) との界面に反転層が形成される直流電圧をその電圧レベルの変化速度を変えながら半導体基板 (5 1) に印加し、絶縁膜 (5 2) に流れる電流を測定する。演算器 (4) は、測定器 (3) が測定した電流と直流電圧との関係に基づいて、絶縁膜 (5 2) に流れる電流と、直流電圧の変化速度との関係を示す直線を求め、その求めた直線の傾きを絶縁膜 (5 2) の表面容量として演算する。また、演算器 (4) は、その演算した表面容量と、探針 (2) と絶縁膜 (5 2) との接触面積および絶縁膜 (5 2) の膜厚とに基づいて、絶縁膜 (5 2) の誘電率を演算する。

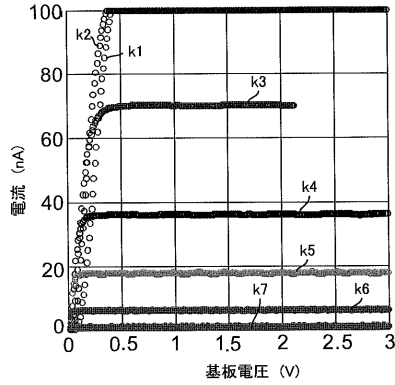
40

【選択図】図 1

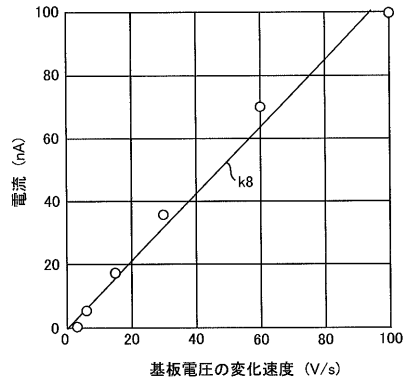
【図1】



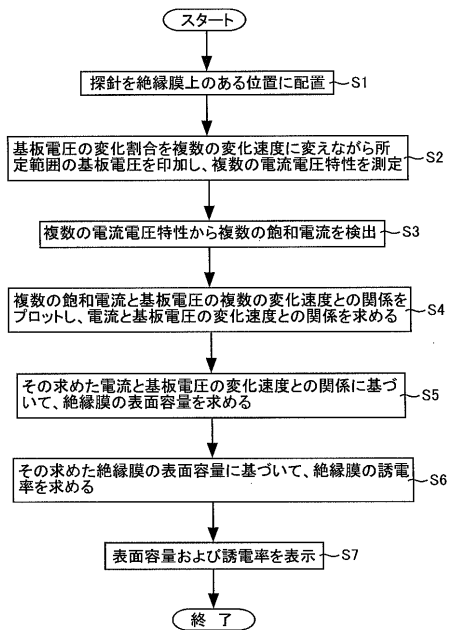
【図2】



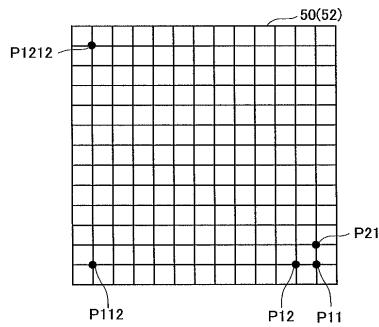
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 東 清一郎

広島県東広島市鏡山一丁目3番1号 国立大学法人広島大学大学院先端物質科学研究科内

審査官 関根 洋之

(56)参考文献 特開昭47-024266(JP,A)

特開2003-092319(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 27/26

G01N 27/22

G01R 31/26

H01L 21/66

H01L 29/78