

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5427366号
(P5427366)

(45) 発行日 平成26年2月26日(2014.2.26)

(24) 登録日 平成25年12月6日(2013.12.6)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/02	(2006.01)	H01L 27/12	B
H01L 27/12	(2006.01)	H01L 29/78	627D
H01L 21/336	(2006.01)	H01L 29/78	626C
H01L 29/786	(2006.01)		

請求項の数 7 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2008-108747 (P2008-108747)
 (22) 出願日 平成20年4月18日 (2008.4.18)
 (65) 公開番号 特開2008-294422 (P2008-294422A)
 (43) 公開日 平成20年12月4日 (2008.12.4)
 審査請求日 平成23年3月17日 (2011.3.17)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-115993 (P2007-115993)
 (32) 優先日 平成19年4月25日 (2007.4.25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷398番地
 (72) 発明者 山崎 舜平
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 大沼 英人
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

審査官 綿引 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 S O I 基板の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

单結晶シリコン基板表面を、酸素ラジカル処理した後に窒素ラジカル処理することにより、单結晶シリコン基板表面に第1の酸化窒化珪素膜を形成し、

前記第1の酸化窒化珪素膜を介して前記单結晶シリコン基板に水素を導入して、前記单結晶シリコン基板の一表面から一定の深さに脆化層を形成し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の一表面をプラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気にさらして活性化し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の活性化した面とガラス基板とを貼り合わせて、前記第1の酸化窒化珪素膜を前記单結晶シリコン基板と前記ガラス基板とで挟むようにし、

熱処理を行って前記脆化層において前記单結晶シリコン基板を分断して、前記ガラス基板上に前記第1の酸化窒化珪素膜を介して单結晶シリコン膜を形成することを特徴とするS O I 基板の作製方法。

【請求項 2】

单結晶シリコン基板表面を、酸素ラジカル処理した後に窒素ラジカル処理することにより、单結晶シリコン基板表面に第1の酸化窒化珪素膜を形成し、

前記第1の酸化窒化珪素膜を介して前記单結晶シリコン基板に水素を導入して、前記单結晶シリコン基板の一表面から一定の深さに脆化層を形成し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の一表面にアルゴンイオンビームを照射して活性化し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の活性化した面とガラス基板とを貼り合わせて、前記第1の

10

20

酸化窒化珪素膜を前記単結晶シリコン基板と前記ガラス基板とで挟むようにし、熱処理を行って前記脆化層において前記単結晶シリコン基板を分断して、前記ガラス基板上に前記第1の酸化窒化珪素膜を介して単結晶シリコン膜を形成することを特徴とするSOI基板の作製方法。

【請求項3】

単結晶シリコン基板表面を、酸素ラジカル処理した後に窒素ラジカル処理することにより、単結晶シリコン基板表面に第1の酸化窒化珪素膜を形成し、

前記第1の酸化窒化珪素膜を介して前記単結晶シリコン基板に水素を導入して、前記単結晶シリコン基板の一表面から一定の深さに脆化層を形成し、

第2の酸化窒化珪素膜を上面に有するガラス基板を用意し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の一表面をプラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気にさらして活性化し、

前記第2の酸化窒化珪素膜の一表面をプラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気にさらして活性化し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の活性化した面と前記第2の酸化窒化珪素膜の活性化した面とを貼り合わせて、前記第1の酸化窒化珪素膜および前記第2の酸化窒化珪素膜を前記単結晶シリコン基板と前記ガラス基板とで挟むようにし、

熱処理を行って前記脆化層において前記単結晶シリコン基板を分断して、前記ガラス基板上に前記第1の酸化窒化珪素膜および前記第2の酸化窒化珪素膜を介して単結晶シリコン膜を形成することを特徴とするSOI基板の作製方法。

【請求項4】

単結晶シリコン基板表面を、酸素ラジカル処理した後に窒素ラジカル処理することにより、単結晶シリコン基板表面に第1の酸化窒化珪素膜を形成し、

前記第1の酸化窒化珪素膜を介して前記単結晶シリコン基板に水素を導入して、前記単結晶シリコン基板の一表面から一定の深さに脆化層を形成し、

第2の酸化窒化珪素膜を上面に有するガラス基板を用意し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の一表面にアルゴンイオンビームを照射して活性化し、

前記第2の酸化窒化珪素膜の一表面にアルゴンイオンビームを照射して活性化し、

前記第1の酸化窒化珪素膜の活性化した面と前記第2の酸化窒化珪素膜の活性化した面とを貼り合わせて、前記第1の酸化窒化珪素膜および前記第2の酸化窒化珪素膜を前記単結晶シリコン基板と前記ガラス基板とで挟むようにし、

熱処理を行って前記脆化層において前記単結晶シリコン基板を分断して、前記ガラス基板上に前記第1の酸化窒化珪素膜および前記第2の酸化窒化珪素膜を介して単結晶シリコン膜を形成することを特徴とするSOI基板の作製方法。

【請求項5】

請求項1または請求項3において、

前記プラズマ雰囲気にさらすときに用いるガスは、酸素、窒素、水素、ハロゲンガス、希ガス、H₂O、シラン系を除く化合物ガス、またはこれらの混合ガスであることを特徴とするSOI基板の作製方法。

【請求項6】

請求項1、3または5において、

前記プラズマ雰囲気もしくは前記イオン雰囲気は20eV以上200eV未満のエネルギーを持つイオンを有することを特徴とするSOI基板の作製方法。

【請求項7】

請求項1乃至請求項6のいずれか一項において、

前記単結晶シリコン基板に導入する前記水素は、H₃⁺イオンを主なイオン種として含むことを特徴とするSOI基板の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、SOI基板の作製方法、SOI基板を用いた半導体装置およびその作製方法に関する。なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用して機能する装置全般を示す。

【背景技術】

【0002】

絶縁表面上に単結晶シリコン膜を形成するSOI(Silicon On Insulator)基板を用いて作製された集積回路は、バルクシリコン基板を用いて作製された集積回路では得られない優位点を有するため、SOI技術に関して様々な研究がなされている。

【0003】

10

SOI技術として例えば、単結晶シリコン基板中に酸素をイオン注入して埋め込み酸化層を形成するSIMOX(Separation by Implanted Oxygen)技術や、2枚のシリコン基板をシリコン酸化膜を介して貼り合わせる貼り合わせSOI技術、多孔質シリコン層の選択性エッチングを利用したELTRAN(登録商標)技術等が報告されている。

【0004】

中でも、貼り合わせSOI技術は、良好な結晶性のSOI層をシリコン基板以外の基板(例えば石英基板、セラミックス基板等)上にも簡便に形成できるため注目されている。しかしながら、貼り合わせSOI基板を作製する上で、SOI層の汚染による品質劣化や基板の反りなどが生じ、デバイス特性へ悪影響を及ぼすという問題があった。

20

【0005】

そこで、そのような問題を解決するために、2枚のウェハーを直接接合することによりSOI基板を作製する技術が提案されている(例えば、特許文献1)。特許文献1には、活性層となる単結晶層上にシリコン酸化層、窒化珪素層、多結晶シリコン層を順次積層した基板と、別途用意した支持基板とを溶液により洗浄して各基板表面を活性化し、2枚のウェハーを直接接合し、熱処理して貼り合わせた後、活性層となる単結晶シリコン膜を研削研磨することによりSOI基板を作製する方法が開示されている。

【特許文献1】特開2004-320050号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

しかしながら従来の方法では、2枚の基板を接合する際に800～1100の高温の熱処理を行う必要があり、支持基板としてシリコン基板等の高耐熱性基板を用いなければならず、作製コストが増大するという問題がある。また、従来の方法では、単結晶シリコン膜を研削研磨して薄膜の単結晶シリコン膜を作製するため、膜厚の制御や膜厚の均一性の制御が困難であるという問題がある。

【0007】

本願発明はこのような課題を解決するための技術であり、接合の際に高温の熱処理を行うことなく、密着性のよいSOI基板を作製する方法を提案する。また、SOI基板を用いた半導体装置およびその作製方法を提案することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一は、内部に脆化層が形成され、かつ表面に第1の絶縁膜が形成された単結晶シリコン基板でなる第1の基板を用意し、第2の基板表面に第2の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜または第2の絶縁膜の少なくとも一方の表面をプラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気にさらして第1の絶縁膜または第2の絶縁膜の表面を活性化し、第1の基板と第2の基板とを、第1の絶縁膜および第2の絶縁膜を介して貼り合わせ、第1の基板の脆化層の界面において、単結晶シリコン膜を分断して、第2の基板上に第1の絶縁膜および第2の絶縁膜を介して薄膜の単結晶シリコン膜を形成することにより作製できるSOI基板である。なお、第1の絶縁膜または第2の絶縁膜は必ずしも設ける必要はない。

50

【 0 0 0 9 】

本発明の一は、

内部に脆化層が形成され、かつ表面に第1の絶縁膜が形成された単結晶シリコン基板である第1の基板を用意し、第2の基板表面に第2の絶縁膜を形成し、第1の絶縁膜または第2の絶縁膜の少なくとも一方の表面をプラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気にさらして第1の絶縁膜または第2の絶縁膜の表面を活性化し、第1の基板と第2の基板とを、第1の絶縁膜および第2の絶縁膜を介して貼り合わせ、第1の基板の脆化層の界面において、単結晶シリコン膜を分断して、第2の基板上に第1の絶縁膜および第2の絶縁膜を介して薄膜の単結晶シリコン膜を形成し、薄膜の単結晶シリコン膜上に第3の絶縁膜を形成し、第3の絶縁膜上にゲート電極を形成し、ゲート電極をマスクとして薄膜の単結晶シリコン膜に不純物元素を導入し、ゲート電極上に第4の絶縁膜を形成し、第4の絶縁膜に薄膜の単結晶シリコン膜に達するコンタクトホールを形成し、コンタクトホールを介して第4の絶縁膜上に薄膜の単結晶シリコン膜と電気的に接続する導電膜を形成することにより作製できる半導体装置である。なお、第1の絶縁膜または第2の絶縁膜は必ずしも設ける必要はない。

【 0 0 1 0 】

なお、プラズマ雰囲気にさらすときに用いるガスは、酸素、窒素、水素、ハロゲン、希ガス、H₂O、シラン系を除く化合物ガス、アンモニア等の分子ガス、またはこれらの混合ガスを用いることができる。

【 0 0 1 1 】

なお、プラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気にさらす際に20eV以上200eV未満のエネルギーを持つイオンを用いることができる。

【 発明の効果 】**【 0 0 1 2 】**

本発明では、基板表面に接合するための結合力を付与して基板を重ね合わせるため、高温の熱処理を行うことなく強固な接合を行うことが可能である。従って、高価な高耐熱性基板を用いる必要がなく、安価なガラス基板やプラスチック基板などを用いることができ、作製コストの低減を図ることができる。また、支持基板と単結晶シリコン膜との間の絶縁膜として酸素または窒素を含む珪素膜を用いているため、単結晶シリコン膜への基板からの汚染物の混入を防ぐことができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】**【 0 0 1 3 】**

本発明の実施の形態について、図面を用いて以下に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなくその形態および詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、以下に説明する本発明の構成において、同じものを指す符号は異なる図面間で共通して用いる場合がある。

【 0 0 1 4 】**(実施の形態 1)**

本実施の形態では、ガラス基板上に絶縁膜を介して単結晶半導体薄膜を作製する方法について図1を用いて説明する。

【 0 0 1 5 】

まず、単結晶シリコン基板1101を用意する(図1(A))。なお、単結晶シリコン基板に限らず、単結晶シリコンゲルマニウム基板等を用いてもよい。

【 0 0 1 6 】

次に、単結晶シリコン基板1101表面に窒素を含む酸化珪素(酸化窒化珪素)膜1102を形成する(図1(A))。膜厚は実施者が適宜決定すれば良いが、10~500nm(好ましくは20~100nm)とすれば良い。酸化窒化珪素膜1102は後にSOI基板の絶縁膜の一部として機能する。なお、酸化窒化珪素膜1102はプラズマCVD法や低圧CVD法などのCVD法、スパッタ法などの方法を用いて形成することができる。な

10

20

30

40

50

お、酸素を含むガス雰囲気下でのプラズマ放電により生成された酸素ラジカル（OHラジカルを含む場合もある）によって単結晶シリコン基板の表面を処理した後、窒素を含むガス雰囲気下でのプラズマ放電により生成された窒素ラジカル（NHラジカルを含む場合もある）によって単結晶シリコン基板の表面を処理することにより、単結晶シリコン基板1101表面に酸化窒化珪素膜1102を形成することができる。これにより、後に支持基板と接合する際の接合強度を強めることができる。

【0017】

なお、酸化窒化珪素膜1102は必ずしも設ける必要はない。酸化窒化珪素膜のかわりに熱酸化法による酸化珪素膜を設けてもよい。また、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いて化学気相成長法（CVD法：Chemical Vapor Deposition法）、特にプラズマ化学気相成長法（プラズマCVD法）によって酸化珪素膜を成膜してもよい。なお、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって酸化珪素膜を成膜する場合、40nm以上800nm以下の膜厚で成膜することが好ましい。
10

【0018】

なお、ここでTEOSガスとは、テトラエチルオルソシリケート（Tetra Ethyl Ortho Silicate）ガスを意味する。TEOSガスと酸素ガスとを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜を、単結晶シリコン基板と支持基板との貼り合わせ界面に設けることにより、基板の密着性をより向上させることができる。

【0019】

なお、単結晶シリコン基板表面に酸化窒化珪素膜1102を形成しない場合、単結晶シリコン基板の表面に、自然酸化膜、ケミカルオキサイド、または酸素を含む雰囲気で紫外光を照射することにより極薄酸化膜を形成しておくことが好ましい。ここで、ケミカルオキサイドは、オゾン水、過酸化水素水、硫酸等の酸化剤で単結晶シリコン基板表面を処理することにより形成することができる。単結晶シリコン基板表面に酸化膜を形成しておくことで、後に水素を導入した際の単結晶シリコン基板表面のエッチャングを防ぐことができる。
20

【0020】

次に、単結晶シリコン基板1101に、酸化窒化珪素膜1102を通して水素を導入して脆化層1103を形成する（図1（B））。なお、脆化層1103が形成される深さ（単結晶シリコン基板1101と酸化窒化珪素膜1102との界面と脆化層1103との間の距離）は、後にTFTを形成する際の活性層として機能する単結晶シリコン膜の膜厚となる。例えば、単結晶シリコン基板1101の表面と脆化層1103との間に50nm厚の単結晶シリコン膜が残る様に、イオンインプランテーション法を用いて水素イオンを $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17}$ ions/cm²のドーズ量で添加することができる。また、非質量分離イオンドーピング装置を用いてH₃⁺イオンを主なイオン種として水素イオンを添加してもよい。水素イオンとしてH₃⁺を用いることにより、添加に要する時間を短縮することができる。
30

【0021】

なお、脆化層形成のタイミングは絶縁膜形成後に限られない。例えば、単結晶シリコン基板表面に極薄酸化膜を形成し、単結晶シリコン基板に水素を導入して脆化層を形成した後に、酸化窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜を順次積層してもよい。また、単結晶シリコン基板表面に酸化窒化珪素膜および窒化酸化珪素膜を順次積層し、単結晶シリコン基板に水素を導入して脆化層を形成した後に、窒化酸化珪素膜表面にTEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって酸化珪素膜を成膜してもよい。また、単結晶シリコン基板表面に酸化窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜を順次積層し、単結晶シリコン基板に水素を導入して脆化層を形成してもよい。このように、脆化層形成のタイミングは絶縁膜形成途中および形成後、または極薄酸化膜形成後かつ絶縁膜形成前のいずれでもよい。
40

【0022】

なお、本実施の形態において酸化窒化珪素膜1102の表面を平坦化する処理を行っておいてもよい。例えば、化学的機械研磨(CMP:Chemical Mechanical Polishing)と呼ばれる研磨処理により酸化窒化珪素膜表面を平坦化することができる。酸化窒化珪素膜表面を平坦化しておくことにより、後に貼り合わせる支持基板との密着性を高めることができる。

【0023】

次に、真空中で単結晶シリコン基板1101に形成された酸化窒化珪素膜1102にアルゴンイオンビームを照射して、表面の原子を化学結合しやすい活性な状態とする。ここでも、アルゴンガス雰囲気下でのプラズマ放電により生成されたアルゴンイオンを酸化窒化珪素膜1102表面に衝突させることで酸化窒化珪素膜1102を活性な状態とすることができます。なお、アルゴンイオンビームに限らず、酸化窒化珪素膜1102表面をプラズマ雰囲気、X線、電子線にさらすことにより、酸化窒化珪素膜1102表面を活性な状態とすることもできる。プラズマ雰囲気にさらすときに用いるガスは、酸素、窒素、水素、ハロゲンガス、アルゴンやヘリウム等の不活性ガス、H₂O、アンモニア等の分子ガス、シラン系を除く化合物ガス、またはこれらの混合ガスなどを用いることができる。なお、その際に基板に照射するエネルギーはDCバイアスで数ボルト～400ボルト程度の範囲で制御するのが好ましい。また、20eV以上200eV未満のエネルギーを持つイオンを有するプラズマ雰囲気もしくはイオン雰囲気中にさらすことにより表面を活性な状態としてもよい。

【0024】

例えば、原料ガスに酸素を用いてRF(Radio Frequency:高周波)パワーを印加してプラズマを生成し、容量結合プラズマの一種であるRIE(Reactive Ion Etching:反応性イオンエッティング)モードで酸化窒化珪素膜1102表面をプラズマ処理することで酸化窒化珪素膜1102表面を活性な状態とすることができます。なお、本発明では原料ガスとして酸素を用いており、試料面は酸化珪素や酸化窒化珪素や窒化酸化珪素であるので、エッティング作用は少ない。試料は、コンデンサを通して高周波電圧が印加される陰極電極あるいは陰極電極上のステージに設置する。高周波電圧を印加しプラズマを生成すると、陰極電極に負の自己バイアスが発生し、プラズマ中の正イオンが加速されて試料面に達する。なお、プラズマ処理の際、周波数は13.56～67.8MHz、圧力は30～130Pa、パワー密度は0.3～1.5W/cm²、時間は5～100秒の範囲内であればよく、具体的には13.56MHz、67Pa、0.617W/cm²、30秒である。

【0025】

次に、単結晶シリコン基板1101と別途用意された支持基板とを貼り合わせる。本実施の形態では支持基板としてガラス基板1104を用い、その表面に酸素を含む窒化珪素(窒化酸化珪素)膜1105および窒素を含む酸化珪素(酸化窒化珪素)膜1106を順次形成しておく(図1(C))。なお、単結晶シリコン基板1101に形成された酸化窒化珪素膜1102表面と同様に、酸化窒化珪素膜1106の表面を活性化しておいてもよい。なお、必ずしもガラス基板1104表面に窒化酸化珪素膜1105または酸化窒化珪素膜1106を設ける必要はない。例えば、ガラス基板表面に、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって酸化珪素膜が成膜された支持基板を用いてもよい。また、表面に絶縁膜が形成されていないガラス基板を用いてもよい。その場合、ガラス基板表面を洗浄しておくことが好ましい。

【0026】

本実施の形態では、表面に酸化窒化珪素膜1102が形成された単結晶シリコン基板1101と、表面に酸化窒化珪素膜1106が形成されたガラス基板1104と、を貼り合わせることにより、酸化窒化珪素膜1102と酸化窒化珪素膜1106との界面での化学結合が形成され、酸化窒化珪素膜1102と酸化窒化珪素膜1106とが接合した酸化窒化珪素膜1109が形成される(図2(A))。

【0027】

10

20

30

40

50

本実施の形態では、真空中で基板表面にアルゴンイオンビームなどを照射することにより、基板表面に存在する吸着ガスや自然酸化膜などをエッティングし、基板表面に接合するための結合力を付与する表面活性化を行い、その後2枚の基板を重ね合わせることにより基板を貼り合わせることが可能である。このように貼り合わされた基板界面では原子間結合が形成され、加熱処理を行うことなく強固な結合を形成することができる。なお、貼り合わせは、表面活性化後に大気にさらさずに行うと好適である。

【0028】

なお、ガラス基板のかわりに、プラスチック基板を用いてもよいし、フィルムのような可撓性基板を用いてもよい。プラスチック基板としてはP E T (ポリエチレンテレフタレート)、P E N (ポリエチレンナフタレート)、P E S (ポリエーテルサルファン)からなる基板、可撓性基板としてはアクリル等の合成樹脂を用いることができる。また、石英基板、セラミックス基板、結晶化ガラス基板などの高耐熱性基板を用いてもよい。これらの基板を用いる場合、外部からウォータージェット、ブレード、振動等の力を加え剥離するのが望ましい。10

【0029】

なお、ガラス基板1104表面に形成された窒化酸化珪素膜1105および酸化窒化珪素膜1106はブロッキング層として機能し、ガラス基板からの不純物の拡散を防ぐことができる。ガラス基板は、移動し易い可動イオンを含むため、ブロッキング層を設けることは特に効果的である。なお、窒化酸化珪素膜1105および酸化窒化珪素膜1106は、プラズマCVD法や低圧CVD法などのCVD法、スパッタ法などの方法を用いて形成することができる。20

【0030】

ここで好ましくは酸化窒化珪素膜1106の表面を平坦化する処理を行っておくとよい。例えば、CMPにより酸化窒化珪素膜表面を平坦化することができる。酸化窒化珪素膜表面を平坦化しておくことにより、後に貼り合わせる支持基板との密着性を高めることができる。

【0031】

次に、400～600の熱処理(第1熱処理)を行う。この熱処理により脆化層1103では微小空乏の体積変化が起こり、脆化層1103に沿って破断面が発生する。これにより単結晶シリコン基板1101は分断され、分断された単結晶シリコン膜1107を除去することによりガラス基板1104の上には窒化酸化珪素膜1105および酸化窒化珪素膜1109と単結晶シリコン膜1108が残される(図2(A))。30

【0032】

次に、単結晶シリコン膜1108の表面を平坦化する処理を行ってもよい。平坦化処理は、CMPによって行うことができる。本実施の形態において、最終的な単結晶シリコン膜1108の膜厚は10～200nm(好ましくは10～70nm、更に好ましくは20～50nm)とすれば良い。

【0033】

以上の工程により、本実施の形態のSOI基板を作製することができる(図2(B))。本実施の形態では、基板表面に接合するための結合力を付与して基板を重ね合わせるため、高温の熱処理を行うことなく強固な接合を行うことが可能である。従って、高価な高耐熱性基板を用いる必要がなく、安価なガラス基板やプラスチック基板などを用いることができ、作製コストの低減を図ることができる。また、高温処理に耐えられない可撓性の基板を用いることもでき、SOI基板の利用範囲を拡大することができる。また、支持基板と単結晶シリコン膜との間の絶縁膜として酸素または窒素を含む珪素膜を用いているため、単結晶シリコン膜に基板からの汚染物の混入を防ぐことができる。40

【0034】

なお、本実施の形態では、ガラス基板と単結晶シリコン膜との間に窒素を含む酸化珪素膜と酸素を含む窒化珪素とを形成する例を示したが、これに限られることはなく、酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜のいずれか一層のみを用いる単層構造50

としてもよいし、これらを適宜積層する構造としても良い。なお、本明細書中において、酸化窒化珪素とは酸素の組成比が窒素の組成比よりも大きい物質のことを指している。例えば、酸化窒化珪素は、窒素を含む酸化珪素ということもできる。また、本明細書中において、窒化酸化珪素とは窒素の組成比が酸素の組成比よりも大きい物質のことを指している。例えば、窒化酸化珪素は、酸素を含む窒化珪素ということもできる。

【0035】

例えば、単結晶シリコン基板表面に酸化窒化珪素膜を形成し、ガラス基板表面に窒化酸化珪素膜を形成し、単結晶シリコン基板とガラス基板とを酸化窒化珪素膜および窒化酸化珪素膜を介して貼り合わせてもよい。また、ガラス基板表面に窒化酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜を順次形成し、単結晶シリコン基板とガラス基板とを酸化窒化珪素膜および窒化酸化珪素膜を介して貼り合わせてもよい。また、単結晶シリコン基板表面に酸化窒化珪素膜、窒化酸化珪素膜を順次形成し、単結晶シリコン基板とガラス基板とを酸化窒化珪素膜および窒化酸化珪素膜を介して貼り合わせてもよい。その際、ガラス基板表面にはTEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜が形成されていてもよい。また、単結晶シリコン基板表面に酸化窒化珪素膜を形成し、ガラス基板表面に窒化酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜を順次形成し、酸化窒化珪素膜同士を貼り合わせることにより単結晶シリコン基板とガラス基板とを貼り合わせてもよいし、酸化窒化珪素膜と窒化酸化珪素膜との間にTEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜を形成してもよい。また、単結晶シリコン膜表面にTEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜、窒化酸化珪素膜を順次形成し、ガラス基板表面にTEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜を形成し、単結晶シリコン基板とガラス基板とを窒化酸化珪素膜および酸化珪素膜を介して貼り合わせてもよい。

10

【0036】

なお、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜を単結晶シリコン基板とガラス基板とを接合する際の界面に設けておくことは、密着性をより向上させるため好ましい。特にプラズマCVD法によって成膜された酸化珪素膜を接合界面に設けておくことは、プラズマで活性化処理された熱酸化膜を接合界面に用いる場合と同等の接合強度を得ることができるとため好ましい。例えば、単結晶シリコン基板表面に窒化酸化珪素等の絶縁膜を設けた後、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって酸化珪素膜を成膜し、当該酸化珪素膜とガラス基板とを接合してもよい。また、ガラス基板表面に窒化酸化珪素等の絶縁膜を設けた後、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって酸化珪素膜を成膜し、当該酸化珪素膜と単結晶シリコン基板とを接合させててもよい。なお、TEOSガスと酸素ガスとの混合ガスを用いたCVD法によって成膜された酸化珪素膜のかわりに、スパッタ法で形成された酸化珪素膜等を用いてもよい。

20

【0037】

なお、ガラスからの不純物拡散を防ぐブロッキング能力は酸化珪素膜よりも窒化珪素膜の方が高い。一方、単結晶シリコン膜1108に接する下地絶縁膜との界面に発生する界面準位は窒化珪素膜よりも酸化珪素膜の方が低い。従って、下地絶縁膜の構成は基板側に接する下地絶縁膜は窒化珪素膜が好ましく、半導体膜側に接する下地絶縁膜は酸化珪素膜が好ましい。なぜならば、窒化珪素膜が半導体膜に接すると界面準位が形成され、TFTを作製した場合に、下地絶縁膜と半導体膜間の界面準位に電荷がトラップされ、トラップされた電荷による電界の影響のため、しきい値電圧が大きく変動するためである。

30

【0038】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1で示したSOI基板を用いた半導体装置およびその作製方法の一例について説明する。

40

【0039】

本実施の形態で示す半導体装置を図3に示す。なお、図3(A)は本実施の形態で示す半

50

導体装置の上面図を示し、図3(A)のA₁-B₁における断面図を図3(B)に、A₂-B₂における断面図を図3(C)に、A₃-B₃における断面図を図3(D)に示している。

【0040】

本実施の形態で示す半導体装置は、ガラス基板1104表面に形成された窒化酸化珪素膜1105と、窒化酸化珪素膜1105上に形成された酸化窒化珪素膜1109と、酸化窒化珪素膜1109上に設けられた島状の単結晶シリコン膜103と、単結晶シリコン膜103上に形成されたゲート絶縁膜104と、ゲート絶縁膜104を介して単結晶シリコン膜103上に形成されたゲート電極として機能する導電膜105と、を含む薄膜トランジスタ(TFT)401と、ゲート絶縁膜104と導電膜105を覆って設けられた絶縁膜106と、絶縁膜106上に設けられたソース電極またはドレイン電極として機能する導電膜107とを有している(図3(A)~(D))。

10

【0041】

ゲート電極を形成する導電膜105は、島状の単結晶シリコン膜103を横断するように設けられている。なお、ここでは、導電膜105を第1の導電膜105aと第2の導電膜105bとの積層構造で設けた場合を示しているが、これに限らず単層または3層以上の積層構造で設けてもよい。

【0042】

また、島状に設けられた単結晶シリコン膜103は、導電膜105とゲート絶縁膜104を介して重なる領域に設けられたチャネル形成領域103aと、導電膜105と重ならない領域であって当該チャネル形成領域103aと隣接して設けられたソース領域またはドレイン領域として機能する不純物領域103bと、を有している。

20

【0043】

また、ソース電極またはドレイン電極を形成する導電膜107は、絶縁膜106に形成された開口部を介して不純物領域103bと電気的に接続するように設けられている。

【0044】

次に、図3で示した半導体装置の作製方法の一例について図面を参照して説明する。なお、図4は図3(A)のA₁-B₁の断面図を示している。

【0045】

まず、実施の形態1と同様に、単結晶シリコン基板1101表面に酸化窒化珪素膜1102を形成し、その後酸化窒化珪素膜1102を通して単結晶シリコン基板1101に水素を導入し脆化層1103を形成する。次に、酸化窒化珪素膜1102をプラズマ雰囲気またはイオン雰囲気にさらし、表面の原子を活性な状態とする。そして、表面に酸化窒化珪素膜1102を形成した単結晶シリコン基板1101と、表面に窒化酸化珪素膜1105と酸化窒化珪素膜1106を形成したガラス基板1104とを貼り合わせ、酸化窒化珪素膜1102と酸化窒化珪素膜1106とが接合した酸化窒化珪素膜1109を形成する。続いて、400~600の熱処理を行い、脆化層1103に沿って単結晶シリコン基板1101を分断し、分断された単結晶シリコン膜1107を除去する。これにより、窒化酸化珪素膜1105と、酸化窒化珪素膜1109と、単結晶シリコン膜1108と、が形成されたガラス基板1104を得る(図4(A))。

30

【0046】

次に、単結晶シリコン膜1108上に選択的にレジストを形成し、単結晶シリコン膜1108をエッティングして島状の単結晶シリコン膜103を形成する。次に、単結晶シリコン膜103を覆ってゲート絶縁膜104を形成する(図4(B))。

【0047】

ゲート絶縁膜104は、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン(SiO_xN_y)(x>y>0)、窒化酸化シリコン(SiN_xO_y)(x>y>0)等を適用する。このような絶縁膜は、気相成長法やスパッタリング法で形成する。また、単結晶シリコン膜103に対し、酸素を含む雰囲気下(例えば、酸素(O₂)と希ガス(H_e、Ne、Ar、Kr、Xeの少なくとも一つを含む)雰囲気下、または酸素と水素(H₂)と希ガス雰

40

50

囲気下)、または窒素を含む雰囲気下(例えば、窒素(N₂)と希ガス(He、Ne、Ar、Kr、Xeの少なくとも一つを含む)雰囲気下、または窒素と水素と希ガス雰囲気下またはNH₃と希ガス雰囲気下)で高密度プラズマ処理を行い単結晶シリコン膜103の表面を酸化処理または窒化処理することによって、ゲート絶縁膜104を形成することができる。

【0048】

高密度プラズマ処理は、上記ガスの雰囲気中において、電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上であり、プラズマの電子温度が1.5eV以下の条件で行う。より詳しくは、電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 以下で、プラズマの電子温度が0.5eV以上1.5eV以下の条件で行う。プラズマの電子密度が高密度であり、ガラス基板1104上に形成された被処理物(ここでは、単結晶シリコン膜103)付近での電子温度が低いため、被処理物に対するプラズマによる損傷を防止することができる。また、プラズマの電子密度が $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上と高密度であるため、プラズマ処理を用いて、被照射物を酸化または窒化することによって形成される酸化膜または窒化膜は、CVD法やスパッタ法等により形成された膜と比較して膜厚等が均一性に優れ、且つ緻密な膜を形成することができる。また、プラズマの電子温度が1.5eV以下と低いため、従来のプラズマ処理や熱酸化法と比較して低温度で酸化または窒化処理を行うことができる。例えば、ガラス基板の歪点よりも100度以上低い温度でプラズマ処理を行っても十分に酸化または窒化処理を行うことができる。プラズマを形成するための周波数としては、マイクロ波(2.45GHz)等の高周波を用いることができる。高密度プラズマ処理により単結晶シリコン膜103の表面を酸化または窒化することによってゲート絶縁膜104を形成することにより、電子やホールのトラップとなる欠陥準位密度を低減することができる。また、単結晶シリコン膜103の端部においても、ゲート絶縁膜104の段切れ等を低減することができる。

【0049】

なお、単結晶シリコン膜103のしきい値等を制御するため、あらかじめ低濃度の不純物元素を導入しておいてもよい。この場合は、単結晶シリコン膜103において、後にチャネル形成領域となる領域にも不純物元素が導入されることとなる。不純物元素としては、n型を付与する不純物元素またはp型を付与する不純物元素を用いることができる。n型を付与する不純物元素としては、リン(P)やヒ素(As)等を用いることができる。p型を付与する不純物元素としては、ボロン(B)やアルミニウム(Al)やガリウム(Ga)等を用いることができる。ここでは、不純物元素として、ボロン(B)を $5 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ の濃度で含まれるように単結晶シリコン膜103の全面にあらかじめ導入する。

【0050】

次に、ゲート絶縁膜104上に導電膜125を形成する。ここでは、導電膜125として、第1の導電膜125aと第2の導電膜125bとを積層して形成した例を示している(図4(C))。もちろん、導電膜125は、単層または3層以上の積層構造で形成してもよい。

【0051】

導電膜125は、タンタル(Ta)、タンゲステン(W)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、クロム(Cr)、ニオブ(Nb)等から選択された元素またはこれらの元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料で形成することができる。また、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素に代表される半導体材料により形成することもできる。例えば、窒化タンタルで形成された第1の導電膜125aと、タンゲステンで形成された第2の導電膜125bとの積層構造で、導電膜125を形成することができる。なお、導電膜125を積層して形成する場合には、上記材料を自由に組み合わせて設けることができる。

【0052】

次に、導電膜125(ここでは、第1の導電膜125aと第2の導電膜125bとの積層

10

20

30

40

50

構造)を選択的にエッティングすることにより、ゲート電極として機能する導電膜105(ここでは、導電膜105aと導電膜105bの積層構造)を形成し、その後、当該導電膜105をマスクとして単結晶シリコン膜103に不純物元素121を導入することによって、単結晶シリコン膜103に不純物領域103bを形成する(図4(D))。ここでは、導電膜105を島状の単結晶シリコン膜103を横断するように形成した後に不純物元素を導入するため、導電膜105と重ならない単結晶シリコン膜103の領域に不純物領域103bが形成される。

【0053】

不純物元素121としては、n型を付与する不純物元素またはp型を付与する不純物元素を用いることができる。n型を付与する不純物元素としては、リン(P)やヒ素(A s)等を用いることができる。p型を付与する不純物元素としては、ボロン(B)やアルミニウム(A l)やガリウム(G a)等を用いることができる。また、本実施の形態では、不純物元素121として、ボロン(B)を $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ の濃度で含まれるように単結晶シリコン膜103に導入し、p型を示す不純物領域103bを形成する。

【0054】

次に、導電膜105、ゲート絶縁膜104等を覆うように絶縁膜106を形成し、当該絶縁膜106上にソース電極またはドレイン電極として機能する導電膜107を選択的に形成する(図4(E))。導電膜107は、単結晶シリコン膜103のソース領域またはドレイン領域を形成する不純物領域103bと電気的に接続されるように設ける。

【0055】

絶縁膜106は、CVD法やスパッタリング法等で形成した、酸化シリコン、酸化窒化シリコン(SiO_{xNy})($x > y > 0$)、窒化酸化シリコン(SiN_{xOy})($x > y > 0$)などを用いることができる。また、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルフェノール、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ等の有機材料、またはシロキサン樹脂等のシロキサン材料、オキサゾール樹脂などからなる単層または積層構造で設けることができる。なお、シロキサン材料とは、Si-O-Si結合を含む材料に相当する。シロキサンは、シリコン(Si)と酸素(O)との結合で骨格構造が構成される。置換基として、少なくとも水素を含む有機基(例えばアルキル基、アリール基)が用いられる。置換基として、フルオロ基を用いることもできる。または置換基として、少なくとも水素を含む有機基と、フルオロ基とを用いてもよい。オキサゾール樹脂は、例えば、感光性ポリベンゾオキサゾール等である。感光性ポリベンゾオキサゾールは、誘電率が低く(常温 1MHz で誘電率 2.9)、耐熱性が高く(示差熱分析(DTA: Differential Thermal Analysis)で昇温 $5 / \text{min}$ で熱分解温度 550)、吸水率が低い(常温24時間で 0.3%)材料である。オキサゾール樹脂は、ポリイミド等の比誘電率($3.2 \sim 3.4$ 程度)と比較すると、比誘電率が低いため(2.9 程度)、寄生容量の発生を抑制し、高速動作を行うことができる。ここでは、絶縁膜106として、CVD法で形成した酸化シリコン、酸化窒化シリコン(SiO_{xNy})($x > y > 0$)または窒化酸化シリコン(SiN_{xOy})($x > y > 0$)を単層または積層して形成する。また、さらに、ポリイミド、ポリアミド、ポリビニルフェノール、ベンゾシクロブテン、アクリル、エポキシ等の有機材料、シロキサン樹脂等のシロキサン材料、またはオキサゾール樹脂を積層して形成してもよい。

【0056】

導電膜107は、アルミニウム、タンクステン、チタン、タンタル、モリブデン、ニッケル、ネオジムから選ばれた一種の元素または当該元素を複数含む合金からなる単層構造または積層構造を用いることができる。例えば、当該元素を複数含む合金からなる導電膜として、チタンを含有したアルミニウム合金、ネオジムを含有したアルミニウム合金などで形成することができる。また、積層構造で設ける場合、例えば、アルミニウム層もしくは前記したようなアルミニウム合金層を、チタン層で挟んで積層した構造としても良い。

【0057】

10

20

30

40

50

以上の工程により、TFT401を含む半導体装置を作製することができる。本実施の形態では、高温の熱処理を行うことなく強固に接合されたSOI基板を用いている。従って、SOI基板の作製コストを抑えることができ、それを用いて作製された半導体装置のコストの低減を図ることができる。また、TFTの活性層として単結晶シリコン膜を用いることができるため、ガラス基板やプラスチック基板上に特性の良いTFTを作製することができる。高温処理に耐えられない可撓性の基板を用いることもでき、半導体装置の利用範囲を拡大することができる。また、基板と単結晶シリコン膜との間の絶縁膜として酸素または窒素を含む珪素膜を用いているため、基板から単結晶シリコン膜への汚染物の混入による半導体装置の特性への悪影響を低減することができる。

【0058】

10

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態2で作製した半導体装置を用いて、EL表示装置を作製する方法について図面を参照して説明する。

【0059】

本実施の形態では、エレクトロルミネッセンス素子からの光を第1の電極512側から取り出す構造にするため、透光性を有する膜を用いて第1の電極512を形成する。本実施の形態では、酸化珪素を含むインジウムスズ酸化物(ITO)を第1の電極512として用いる。

【0060】

20

まず、実施の形態2と同様にSOI基板を形成し、SOI基板上にTFT501～503と、TFT501～503を覆う第1の絶縁膜510と、TFT501～503のソース領域またはドレイン領域と電気的に接続する配線504～509を形成する。次に、TFT501～503、第1の絶縁膜510および配線504～509を覆うように第2の絶縁膜511を形成し、第2の絶縁膜511上に配線509と電気的に接続する第1の電極512を形成する。次に、第1の電極512の端部および第2の絶縁膜511を覆うように第3の絶縁膜513(バンク、隔壁、障壁、土手などとも呼ばれる)を形成する(図5)。

【0061】

30

第3の絶縁膜513としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウムその他の無機絶縁性材料、またはアクリル酸、メタクリル酸およびこれらの誘導体、またはポリイミド(polyimide)、芳香族ポリアミド、ポリベンゾイミダゾール(polybenzimidazole)などの耐熱性高分子、または珪素、酸素、水素からなる化合物のうちSi-O-Si結合を含む無機シロキサン、珪素に結合されている水素がメチルやフェニルのような有機基に置換された有機シロキサン系の絶縁性材料を用いることができる。アクリル、ポリイミド等の感光性、非感光性の材料を用いて形成してもよい。本実施の形態では、感光性ポリイミドを用いて、平坦な領域で膜厚が1.5μmとなるように第3の絶縁膜513を形成する。

【0062】

40

また、第3の絶縁膜513は曲率半径が連続的に変化する形状が好ましく、第3の絶縁膜513上に形成される電界発光層514(有機化合物を含む層)、第2の電極515の被覆性を向上させることができる。

【0063】

50

また、信頼性をさらに向上させるために、電界発光層514を形成する前に第1の電極512および第3の絶縁膜513に対して、高密度プラズマ装置を用いて窒化処理または酸化処理を行うとよい。第1の電極512を高密度プラズマ装置を用いて窒化または酸化することで、電極の表面改質の際のプラズマダメージが少なく、より欠陥の少ない表面を得ることができるために、本実施の形態の発光素子による表示は高精細で表示ムラが少ない。さらに、第3の絶縁膜513を窒化した場合、第3の絶縁膜513の表面が改質され、絶縁膜内部への水分の吸収を抑えることができる。また、第3の絶縁膜513を酸化した場合、膜が強固になり、有機ガスの放出を抑えることができる。本実施の形態では、高密度

プラズマ装置を用いることでプラズマダメージの少ない処理を行うことが可能である。ここで、第3の絶縁膜513表面に対して、酸化処理を行うか、窒化処理を行うかは絶縁膜の材料および効果を考えて適宜選択すればよい。

【0064】

次に、第1の電極512上に電界発光層514を形成する。なお、図5では1画素しか図示していないが、本実施の形態では赤(R)、緑(G)、青(B)の各色に対応した電界電極を作り分けている。本実施の形態では電界発光層514として、赤(R)、緑(G)、青(B)の発光を示す材料を、蒸着マスクを用いた蒸着法によって、それぞれ選択的に形成する。赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の発光を示す材料は、蒸着マスクを用いた蒸着法によってそれぞれ選択的に形成する方法や、液滴吐出法により形成することができる。液滴吐出法の場合、マスクを用いずにRGBの塗り分けを行うことができるという利点がある。本実施の形態では、赤(R)、緑(G)、青(B)の発光を示す材料を蒸着法によってそれぞれ形成する。10

【0065】

なお、ELの蒸着前に、不活性ガスを主成分とし、酸素の濃度が5%以下且つ水の濃度が1%以下とする雰囲気で加熱処理を行い、水分などを除去することが好ましい。本実施の形態では、300で1時間加熱処理を行う。

【0066】

次に、電界発光層514の上に導電膜からなる第2の電極515を形成する。第2の電極515としては、仕事関数の小さい材料(A1、Ag、Li、Ca、またはこれらの合金MgAg、MgIn、AlLi、CaF₂等)を用いればよい。こうして第1の電極512、電界発光層514および第2の電極515からなる発光素子が形成される。20

【0067】

図5に示す表示装置において、発光素子から発した光は、基板500と第1の電極512の間に形成された膜を透過して第1の電極512側から矢印の方向に射出される。

【0068】

また、第2の電極515を覆うようにしてパッシベーション膜を設けることは有効である。パッシベーション膜としては、窒化珪素、酸化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、窒素含有量が酸素含有量よりも多い窒化酸化アルミニウムまたは酸化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)、窒素含有炭素膜(CN)を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層を用いることができる。また、シリコン(Si)と酸素(O)との結合で骨格構造が構成されるシロキサンを用いてもよい。シロキサンは、置換基として少なくとも水素を含む有機基(例えばアルキル基、アリール基)が用いられる。また、置換基としてフルオロ基、または少なくとも水素を含む有機基とフルオロ基とを用いてもよい。30

【0069】

この際、カバレッジの良い膜をパッシベーション膜として用いることが好ましく、炭素膜、特にDLC膜を用いることは有効である。DLC膜は室温から100以下の温度範囲で成膜可能であるため、耐熱性の低い電界発光層514の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC膜は酸素に対するブロッキング効果が高く、電界発光層514の酸化を抑制することができる。そのため、この後に続く封止工程を行う間に電界発光層514が酸化するといった問題を防止することができる。40

【0070】

次に、発光素子が形成された基板500と、封止基板とをシール材によって固着し、発光素子を封止する。断面からの水分の侵入がシール材によって遮断されるので、発光素子の劣化が防止でき、表示装置の信頼性が向上する。なお、シール材で囲まれた領域には充填材を充填してもよく、窒素雰囲気下で封止することによって、窒素等を封入してもよい。また充填材は、液状の状態で滴下し、表示装置内に充填することもできる。本実施の形態は、下面射出型のため、透光性を有する充填材を使用する必要はないが、充填材を透過して光を取り出す構造の場合は、透光性を有す材料を用いて充填材を形成する必要がある。50

充填材の一例としては、可視光硬化、紫外線硬化または熱硬化のエポキシ樹脂が挙げられる。以上の工程において、発光素子を有する表示装置が完成する。

【0071】

また、素子の水分による劣化を防ぐためにEL表示パネル内に乾燥剤を設置することが好ましい。本実施の形態では、画素領域を取り囲むように封止基板に形成された凹部に乾燥剤を設置し、薄型化を妨げない構成とする。また、ゲート配線層に対応する領域にも乾燥剤を設置することにより吸水面積を広く取ることができ、吸水効果が高い。また、直接発光しないゲート配線層上に乾燥剤を形成しているので、光取り出し効率を低下させることもない。

【0072】

なお、発光素子を封止する処理とは、発光素子を水分から保護するための処理であり、カバー材で機械的に封入する方法、熱硬化性樹脂または紫外光硬化性樹脂で封入する方法、金属酸化物や窒化物等のバリア能力が高い薄膜により封止する方法のいずれかを用いる。封止基板またはカバー材としては、ガラス、セラミックス、プラスチックもしくは金属を用いることができるが、カバー材側に光を放射させる場合は透光性でなければならない。また、カバー材と上記発光素子が形成された基板とは熱硬化性樹脂または紫外光硬化性樹脂等のシール材を用いて貼り合わせられ、熱処理または紫外光照射処理によって樹脂を硬化させて密閉空間を形成する。この密閉空間の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を設けることも有効である。この吸湿材は、シール材の上に接して設けても良いし、発光素子よりの光を妨げないような、隔壁の上や周辺部に設けても良い。さらに、カバー材と発光素子の形成された基板との空間を熱硬化性樹脂もしくは紫外光硬化性樹脂で充填することも可能である。この場合、熱硬化性樹脂もしくは紫外光硬化性樹脂の中に酸化バリウムに代表される吸湿材を添加しておくことは有効である。

10

【0073】

本実施の形態で示す薄膜トランジスタ501～503は実施の形態2に示す方法で作製されており、薄膜トランジスタ501～503の活性層として実施の形態1に示す方法で形成された単結晶シリコン膜を用いている。そのため、SOI基板の作製コストを抑えることができ、それを用いて作製された半導体装置のコストの低減を図ることができる。また、TFTの活性層として単結晶シリコン膜を用いることができるため、ガラス基板やプラスチック基板上に特性の良いTFTを作製することができる。高温処理に耐えられない可撓性の基板を用いることもでき、半導体装置の利用範囲を拡大することができる。また、基板と単結晶シリコン膜との間の絶縁膜として酸素または窒素を含む珪素膜を用いているため、基板から単結晶シリコン膜への汚染物の混入による半導体装置の特性への悪影響を低減することができる。従って、特性の劣化が抑えられた、特性の良いEL表示装置を容易に作製することができる。

20

【0074】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態2で作製した半導体装置を用いて、透過型液晶表示装置を作製する方法について図面を参照して説明する。

30

【0075】

まず、実施の形態2と同様にSOI基板を形成し、SOI基板上にTFT601～603と、TFT601～603を覆う第1の絶縁膜610と、TFT601～603のソース領域またはドレイン領域と電気的に接続する配線604～609を形成する。次に、TFT601～603、第1の絶縁膜610および配線604～609を覆うように第2の絶縁膜611を形成し、絶縁膜611上に配線609と電気的に接続する第1の電極612を形成する。本実施の形態では、第1の電極612の材料として、酸化珪素を含むインジウムスズ酸化物(ITSO)を用いる。次に、第2の絶縁膜611および第1の電極612上に配向膜613を形成する。本実施の形態では、配向膜613にポリイミドを用いた。次に対向基板614を用意する。対向基板614は、ガラス基板615、透明導電膜からなる対向電極616、配向膜617とで構成される(図6)。

40

50

【 0 0 7 6 】

次に、上記工程により得た TFT 基板 619 と対向基板 614 とをシール材を介して貼り合わせる。ここで、両基板の間隔を一定に保つために、配向膜 613 と配向膜 617 との間にスペーサを設けても良い。その後、両基板の間に液晶 618 を注入し、封止材によって封止することで図 6 に示すような透過型液晶表示装置が完成する。

【 0 0 7 7 】

なお、本実施の形態においては透過型の液晶表示装置について説明したが、本発明の液晶表示装置はこれに限定されない。第 1 の電極 612 として反射性を有する電極を用いる、または第 1 の電極 612 の上面または下面に反射膜を設けることで、反射型液晶表示装置に用いることができる。また、半透過型液晶表示装置に用いてもよい。

10

【 0 0 7 8 】

本実施の形態で示す薄膜トランジスタ 601 ~ 603 は実施の形態 2 に示す方法で作製されており、薄膜トランジスタ 601 ~ 603 の活性層として実施の形態 1 に示す方法で形成された単結晶シリコン膜を用いている。そのため、SOI 基板の作製コストを抑えることができ、それを用いて作製された半導体装置のコストの低減を図ることができる。また、TFT の活性層として単結晶シリコン膜を用いることができるため、ガラス基板やプラスチック基板上に特性の良い TFT を作製することができる。高温処理に耐えられない可撓性の基板を用いることもでき、半導体装置の利用範囲を拡大することができる。また、基板と単結晶シリコン膜との間の絶縁膜として酸素または窒素を含む珪素膜を用いているため、基板から単結晶シリコン膜への汚染物の混入による半導体装置の特性への悪影響を低減することができる。従って、特性の劣化が抑えられた、特性の良い液晶表示装置を容易に作製することができる。

20

【 0 0 7 9 】**(実施の形態 5)**

本実施の形態では、薄膜トランジスタ、記憶素子およびアンテナを含む無線通信可能な半導体装置の作製方法について、図面を参照して説明する。

【 0 0 8 0 】

本実施の形態で示す半導体装置を図 7 に示す。なお、図 7 (A) は本実施の形態で示す半導体装置の上面構造の一例を示し、図 7 (B) の断面構造の一部を図 7 (B) に示している。

30

【 0 0 8 1 】

本実施の形態において、半導体装置 700 は集積回路部 701、メモリ部 702、アンテナ 703 を有している(図 7 (A))。なお、図 7 (B) において、領域 704 は図 7 (A) の集積回路部 701 の断面構造の一部に対応し、領域 705 は図 7 (A) のメモリ部 702 の断面構造の一部に対応し、領域 706 は図 7 (A) のアンテナ 703 の断面構造の一部に対応している。

【 0 0 8 2 】

本実施の形態の半導体装置は、図 7 (B) に示すように第 1 の基体 710 上に第 1 の絶縁膜 711 を介して設けられた薄膜トランジスタ(TFT) 712 ~ 716 と、薄膜トランジスタ 712 ~ 716 上に設けられた第 2 の絶縁膜 717 と、第 2 の絶縁膜 717 上に設けられたソース電極またはドレイン電極として機能する導電膜 718 ~ 727 と、を有する。また、本実施の形態の半導体装置は、第 2 の絶縁膜 717 およびソース電極またはドレイン電極として機能する導電膜 718 ~ 727 上に設けられた第 3 の絶縁膜 728 と、第 3 の絶縁膜 728 上に設けられた導電膜 729 ~ 731 と、第 3 の絶縁膜 728 および導電膜 729 ~ 731 の一部を覆うように設けられた第 4 の絶縁膜 732 と、第 4 の絶縁膜 732 上に設けられた記憶素子部 733、734 と、導電膜 731 上に設けられたアンテナとして機能する導電膜 735 と、第 4 の絶縁膜 732、記憶素子部 733、734 およびアンテナとして機能する導電膜 735 を覆うように設けられた第 5 の絶縁膜 736 と、第 5 の絶縁膜 736 上に設けられた第 2 の基体 737 と、を有している。なお、第 1 の基体 710 および第 2 の基体 737 によって、半導体装置の集積回路部 701、メモリ部

40

50

702、アンテナ703は封止されている。

【0083】

本実施の形態で示す薄膜トランジスタ712～716は実施の形態2に示す方法で作製されており、薄膜トランジスタ712～716の活性層として実施の形態1に示す方法で形成された単結晶シリコン膜を用いている。そのため、SOI基板の作製コストを抑えることができ、それを用いて作製された半導体装置のコストの低減を図ることができる。また、TFTの活性層として単結晶シリコン膜を用いることができるため、ガラス基板やプラスチック基板上に特性の良いTFTを作製することができる。高温処理に耐えられない可撓性の基板を用いることもでき、半導体装置の利用範囲を拡大することができる。また、基板と単結晶シリコン膜との間の絶縁膜として酸素または窒素を含む珪素膜を用いているため、基板から単結晶シリコン膜への汚染物の混入による半導体装置の特性への悪影響を低減することができる。従って、特性の劣化が抑えられた、特性のよい無線通信可能な半導体装置を容易に作製することができる。10

【実施例1】

【0084】

本実施例では、脆化層形成における水素導入方法について考察する。

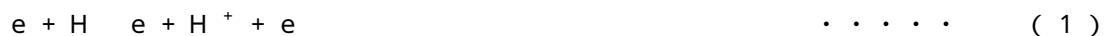
【0085】

上述の実施の形態では、脆化層形成において、水素(H)に由来するイオン(以下「水素イオン種」と呼ぶ)を単結晶シリコン基板に対して照射している。より具体的には、水素ガスまたは水素を組成に含むガスを原材料として用い、水素プラズマを発生させ、該水素プラズマ中の水素イオン種を単結晶シリコン基板に対して照射している。20

【0086】

(水素プラズマ中のイオン)

上記のような水素プラズマ中には、 H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ といった水素イオン種が存在する。ここで、各水素イオン種の反応過程(生成過程、消滅過程)について、以下に反応式を列挙する。



【0087】

図8に、上記の反応の一部を模式的に表したエネルギーダイアグラムを示す。なお、図8に示すエネルギーダイアグラムは模式図に過ぎず、反応に係るエネルギーの関係を厳密に規定するものではない点に留意されたい。

【0088】

(H_3^+ イオンの生成過程)

上記のように、 H_3^+ は、主として反応式(5)により表される反応過程により生成される。一方で、反応式(5)と競合する反応として、反応式(6)により表される反応過程が存在する。 H_3^+ が増加するためには、少なくとも、反応式(5)の反応が、反応式(6)の反応より多く起こる必要がある(なお、 H_3^+ が減少する反応としては他にも(7)、(8)、(9)が存在するため、(5)の反応が(6)の反応より多いからといって、必ずしも H_3^+ が増加するとは限らない)。反対に、反応式(5)の反応が、反応式(6)の反応より少ない場合には、プラズマ中における H_3^+ の割合は減少する。

【0089】

上記反応式における右辺(最右辺)の生成物の増加量は、反応式の左辺(最左辺)で示す40

50

原料の密度や、その反応に係る速度係数などに依存している。ここで、 H_2^+ の運動エネルギーが約11eVより小さい場合には(5)の反応が主要となり(すなわち、反応式(5)に係る速度係数が、反応式(6)に係る速度係数と比較して十分に大きくなり)、 H_2^+ の運動エネルギーが約11eVより大きい場合には(6)の反応が主要となることが実験的に確認されている。

【0090】

荷電粒子は電場から力を受けて運動エネルギーを得る。該運動エネルギーは、電場によるポテンシャルエネルギーの減少量に対応している。例えば、ある荷電粒子が他の粒子と衝突するまでの間に得る運動エネルギーは、その移動により失ったポテンシャルエネルギーに等しい。つまり、電場中において、他の粒子と衝突することなく長い距離を移動できる状況では、そうではない状況と比較して、荷電粒子の運動エネルギー(の平均)は大きくなる傾向にある。このような、荷電粒子に係る運動エネルギーの増大傾向は、粒子の平均自由行程が大きい状況、すなわち、圧力が低い状況で生じ得る。

10

【0091】

また、平均自由行程が小さくとも、その間に大きな運動エネルギーを得ることができる状況であれば、荷電粒子の運動エネルギーは大きくなる。すなわち、平均自由行程が小さくとも、電位差が大きい状況であれば、荷電粒子の持つ運動エネルギーは大きくなると言える。

【0092】

これを H_2^+ に適用してみる。プラズマの生成に係るチャンバー内のように電場の存在を前提とすれば、該チャンバー内の圧力が低い状況では H_2^+ の運動エネルギーは大きくなり、該チャンバー内の圧力が高い状況では H_2^+ の運動エネルギーは小さくなる。つまり、チャンバー内の圧力が低い状況では(6)の反応が主要となるため、 H_3^+ は減少する傾向となり、チャンバー内の圧力が高い状況では(5)の反応が主要となるため、 H_3^+ は増加する傾向となる。また、プラズマ生成領域における電場(または電界)が強い状況、すなわち、ある二点間の電位差が大きい状況では H_2^+ の運動エネルギーは大きくなり、反対の状況では、 H_2^+ の運動エネルギーは小さくなる。つまり、電場が強い状況では(6)の反応が主要となるため H_3^+ は減少する傾向となり、電場が弱い状況では(5)の反応が主要となるため、 H_3^+ は増加する傾向となる。

20

【0093】

30

(イオン源による差異)

ここで、イオン種の割合(特に H_3^+ の割合)が異なる例を示す。図9は、100%水素ガス(イオン源の圧力: 4.7×10^{-2} Pa)から生成されるイオンの質量分析結果を示すグラフである。なお、上記質量分析は、イオン源から引き出されたイオンを測定することにより行った。横軸はイオンの質量である。スペクトル中、質量1、2、3のピークは、それぞれ、 H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ に対応する。縦軸は、スペクトルの強度であり、イオンの数に対応する。図9では、質量が異なるイオンの数量を、質量3のイオンを100とした場合の相対比で表している。図9から、上記イオン源により生成されるイオンの割合は、 $H^+ : H_2^+ : H_3^+ = 1 : 1 : 8$ 程度となることが分かる。なお、このような割合のイオンは、プラズマを生成するプラズマソース部(イオン源)と、当該プラズマからイオンビームを引き出すための引出電極などから構成されるイオンドーピング装置によつても得ることが出来る。

40

【0094】

図10は、図9とは異なるイオン源を用いた場合であって、イオン源の圧力がおよそ 3×10^{-3} Paの時に、PH₃から生成したイオンの質量分析結果を示すグラフである。上記質量分析結果は、水素イオン種に着目したものである。また、質量分析は、イオン源から引き出されたイオンを測定することにより行った。図9と同様、横軸はイオンの質量を示し、質量1、2、3のピークは、それぞれ H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ に対応する。縦軸はイオンの数量に対応するスペクトルの強度である。図10から、プラズマ中のイオンの割合は $H^+ : H_2^+ : H_3^+ = 37 : 56 : 7$ 程度であることが分かる。なお、図10はソ

50

ースガスが PH₃ の場合のデータであるが、ソースガスとして 100% 水素ガスを用いたときも、水素イオン種の割合は同程度になる。

【0095】

図 10 のデータを得たイオン源の場合には、H⁺、H₂⁺ および H₃⁺ のうち、H₃⁺ が 7% 程度しか生成されていない。他方、図 9 のデータを得たイオン源の場合には、H₃⁺ の割合を 50% 以上（上記の条件では 80% 程度）とすることが可能である。これは、上記考察において明らかになったチャンバー内の圧力および電場に起因するものと考えられる。

【0096】

(H₃⁺ イオンの照射メカニズム)

図 9 のような複数のイオン種を含むプラズマを生成し、生成されたイオン種を質量分離しないで単結晶シリコン基板に照射する場合、単結晶シリコン基板の表面には、H⁺、H₂⁺、H₃⁺ の各イオンが照射される。イオンの照射からイオン導入領域形成にかけてのメカニズムを再現するために、以下の 5 種類のモデルを考える。

1. 照射されるイオン種が H⁺ で、照射後も H⁺ (H) である場合
2. 照射されるイオン種が H₂⁺ で、照射後も H₂⁺ (H₂) のままである場合
3. 照射されるイオン種が H₂⁺ で、照射後に 2 個の H (H⁺) に分裂する場合
4. 照射されるイオン種が H₃⁺ で、照射後も H₃⁺ (H₃) のままである場合
5. 照射されるイオン種が H₃⁺ で、照射後に 3 個の H (H⁺) に分裂する場合。

【0097】

(シミュレーション結果と実測値との比較)

上記のモデルを基にして、水素イオン種を Si 基板に照射する場合のシミュレーションを行った。シミュレーション用のソフトウェアとしては、SRIM (the Stopping and Range of Ions in Matter : モンテカルロ法によるイオン導入過程のシミュレーションソフトウェア、TRIM (the Transport of Ions in Matter) の改良版) を用いている。なお、計算の関係上、モデル 2 では H₂⁺ を質量 2 倍の H⁺ に置き換えて計算した。また、モデル 4 では H₃⁺ を質量 3 倍の H⁺ に置き換えて計算した。さらに、モデル 3 では H₂⁺ を運動エネルギー 1 / 2 の H⁺ に置き換え、モデル 5 では H₃⁺ を運動エネルギー 1 / 3 の H⁺ に置き換えて計算を行った。

【0098】

なお、SRIM は非晶質構造を対象とするソフトウェアではあるが、高エネルギー、高ドーズの条件で水素イオン種を照射する場合には、SRIM を適用可能である。水素イオン種と Si 原子の衝突により、Si 基板の結晶構造が非単結晶構造に変化するためである。

【0099】

図 11 に、モデル 1 乃至モデル 5 を用いて水素イオン種を照射した場合 (H 換算で 10 万個照射時) の計算結果を示す。また、図 9 の水素イオン種を照射した Si 基板中の水素濃度 (SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) のデータ) をあわせて示す。モデル 1 乃至モデル 5 を用いて行った計算の結果については、縦軸を水素原子の数で表しており (右軸)、SIMS データについては、縦軸を水素原子の密度で表している (左軸)。横軸は Si 基板表面からの深さである。実測値である SIMS データと、計算結果とを比較した場合、モデル 2 およびモデル 4 は明らかに SIMS データのピークから外れており、また、SIMS データ中にはモデル 3 に対応するピークも見られない。このことから、モデル 2 乃至モデル 4 の寄与は、相対的に小さいことが分かる。イオンの運動エネルギーが数 keV 程度であるのに対して、H - H の結合エネルギーは数 eV 程度に過ぎないことを考えれば、モデル 2 およびモデル 4 の寄与が小さいのは、Si 元素との衝突により、大部分の H₂⁺ や H₃⁺ が、H⁺ や H に分離しているためと思われる。

【0100】

以上より、モデル 2 乃至モデル 4 については、以下では考慮しない。図 12 乃至図 14 に

10

20

30

40

50

、モデル1およびモデル5を用いて水素イオン種を照射した場合（H換算で10万個照射時）の計算結果を示す。また、図9の水素イオン種を照射したSi基板中の水素濃度（SIMSデータ）および、上記シミュレーション結果をSIMSデータにフィッティングさせたもの（以下フィッティング関数と呼ぶ）を合わせて示す。ここで、図12は加速電圧を80kVとした場合を示し、図13は加速電圧を60kVとした場合を示し、図14は加速電圧を40kVとした場合を示している。なお、モデル1およびモデル5を用いて行った計算の結果については、縦軸を水素原子の数で表しており（右軸）、SIMSデータおよびフィッティング関数については、縦軸を水素原子の密度で表している（左軸）。横軸はSi基板表面からの深さである。

【0101】

10

フィッティング関数はモデル1およびモデル5を考慮して以下の計算式により求めることとした。なお、計算式中、X、Yはフィッティングに係るパラメータであり、Vは体積である。

[フィッティング関数]

$$= X / V \times [\text{モデル1のデータ}] + Y / V \times [\text{モデル5のデータ}]$$

【0102】

現実に照射されるイオン種の割合（ $H^+ : H_2^+ : H_3^+ = 1 : 1 : 8$ 程度）を考えれば H_2^+ の寄与（すなわち、モデル3）についても考慮すべきであるが、以下に示す理由により、ここでは除外して考えた。

・モデル3に示される照射過程により導入される水素は、モデル5の照射過程と比較して僅かであるため、除外しても大きな影響はない（SIMSデータにおいても、ピークが現れていない）。

20

・モデル5とピーク位置の近いモデル3は、モデル5において生じるチャネリング（結晶の格子構造に起因する元素の移動）により隠れてしまう可能性が高い。すなわち、モデル3のフィッティングパラメータを見積もるのは困難である。これは、本シミュレーションが非晶質Siを前提としており、結晶性に起因する影響を考慮していないことによるものである。

【0103】

30

図15に、上記のフィッティングパラメータをまとめた。いずれの加速電圧においても、導入されるHの数の比は、[モデル1] : [モデル5] = 1 : 4.2 ~ 1 : 4.5程度（モデル1におけるHの数を1とした場合、モデル5におけるHの数は4.2以上4.5以下程度）であり、照射されるイオン種の数の比は、[H^+ （モデル1）] : [H_3^+ （モデル5）] = 1 : 1.4 ~ 1 : 1.5程度（モデル1における H^+ の数を1とした場合、モデル5における H_3^+ の数は1.4以上1.5以下程度）である。モデル3を考慮していないことや非晶質Siと仮定して計算していることなどを考えれば、実際の照射に係るイオン種の比（ $H^+ : H_2^+ : H_3^+ = 1 : 1 : 8$ 程度）に近い値が得られていると言える。

【0104】

（ H_3^+ イオンを用いる効果）

図9に示すような H_3^+ の割合を高めた水素イオン種を基板に照射することで、 H_3^+ に起因する複数のメリットを享受することができる。例えば、 H_3^+ は H^+ やHなどに分離して基板内に導入されるため、主に H^+ や H_2^+ を照射する場合と比較して、イオンの導入効率を向上させることができる。これにより、シリコン基板の生産性向上を図ることができる。また、同様に、 H_3^+ が分離した後の H^+ やHの運動エネルギーは小さくなる傾向にあるから、薄いシリコン膜の製造に向いている。

40

【0105】

なお、本明細書では、 H_3^+ を効率的に照射するために、図9に示すような水素イオン種を照射可能なイオンドーピング装置を用いる方法について説明している。イオンドーピング装置は廉価で、大面積処理に優れているため、このようなイオンドーピング装置を用いて H_3^+ を照射することで、大面積化、低コスト化、生産性向上などの顕著な効果を得ることができる。一方で、 H_3^+ の照射を第一に考えるのであれば、イオンドーピング装置

50

を用いることに限定して解釈する必要はない。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】本発明のSOI基板の作製工程を説明する図。

【図2】本発明のSOI基板の作製工程を説明する図。

【図3】本発明の薄膜トランジスタの構成を説明する図。

【図4】本発明の薄膜トランジスタの作製工程を説明する図。

【図5】本発明の表示装置の構成を説明する図。

【図6】本発明の表示装置の構成を説明する図。

【図7】本発明の無線通信可能な半導体装置の構成を説明する図。

【図8】水素イオン種のエネルギーダイアグラムについて示す図。

【図9】イオンの質量分析結果を示す図。

【図10】イオンの質量分析結果を示す図。

【図11】加速電圧を80kVとした場合の水素元素の深さ方向のプロファイル（実測値および計算値）を示す図。

【図12】加速電圧を80kVとした場合の水素元素の深さ方向のプロファイル（実測値、計算値、およびフィッティング関数）を示す図。

【図13】加速電圧を60kVとした場合の水素元素の深さ方向のプロファイル（実測値、計算値、およびフィッティング関数）を示す図。

【図14】加速電圧を40kVとした場合の水素元素の深さ方向のプロファイル（実測値、計算値、およびフィッティング関数）を示す図。

【図15】フィッティングパラメータの比（水素元素比および水素イオン種比）をまとめた図。

【符号の説明】

【0107】

1101 単結晶シリコン基板

1102 酸化窒化珪素膜

1103 脆化層

1104 ガラス基板

1105 窒化酸化珪素膜

1106 酸化窒化珪素膜

1107 単結晶シリコン膜

1108 単結晶シリコン膜

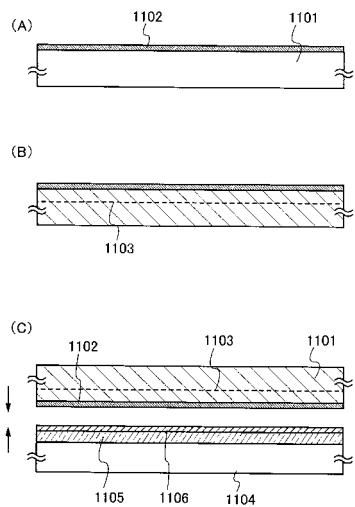
1109 酸化窒化珪素膜

10

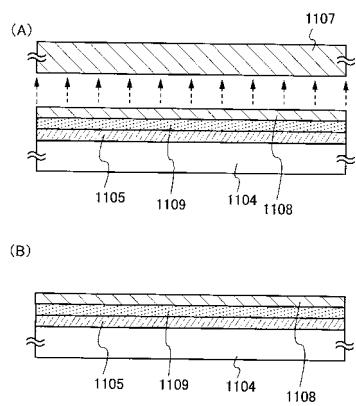
20

30

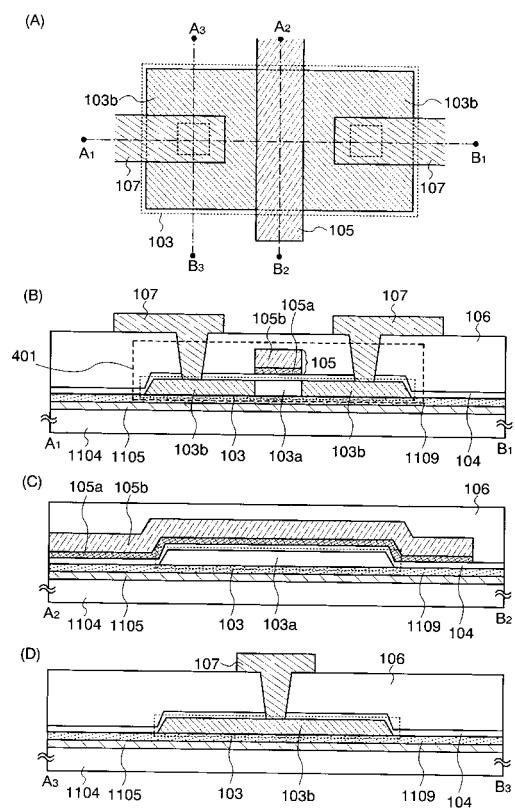
【図1】



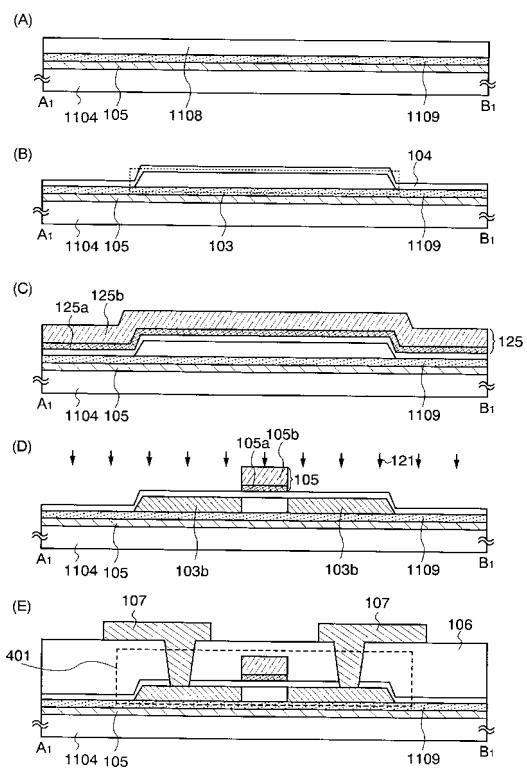
【図2】



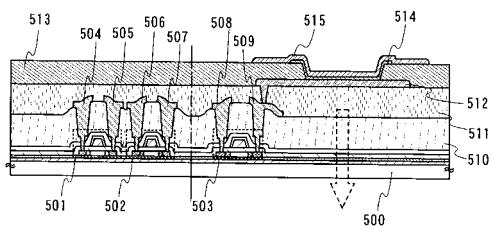
【図3】



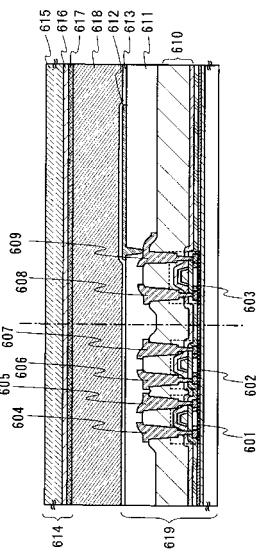
【図4】



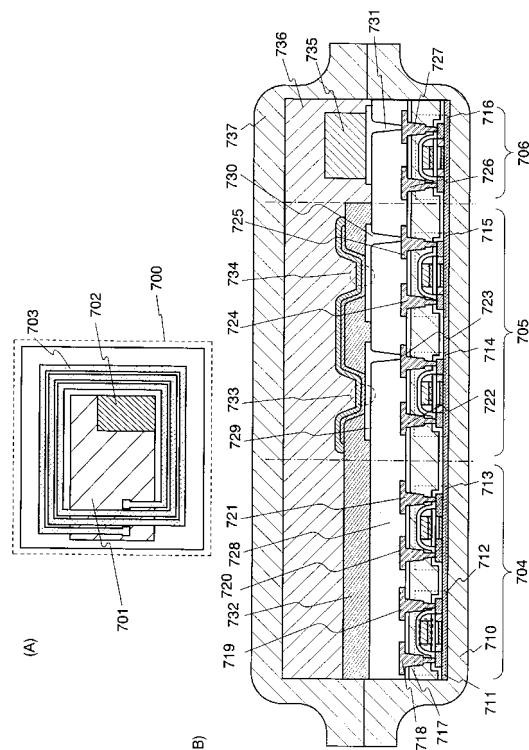
【図5】



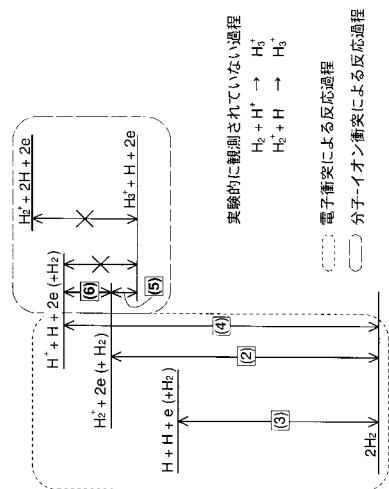
【図6】



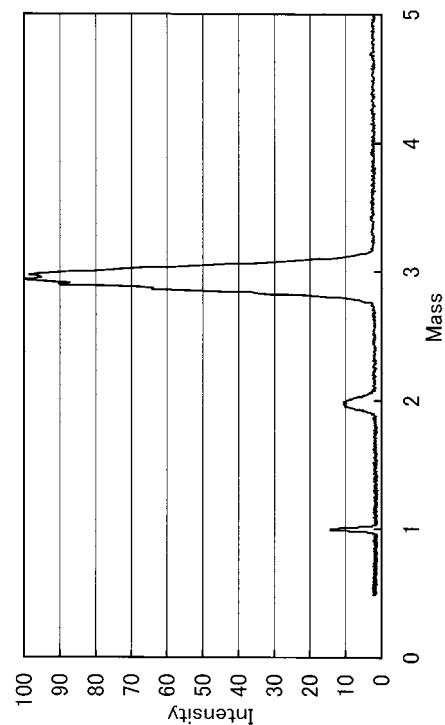
【図7】



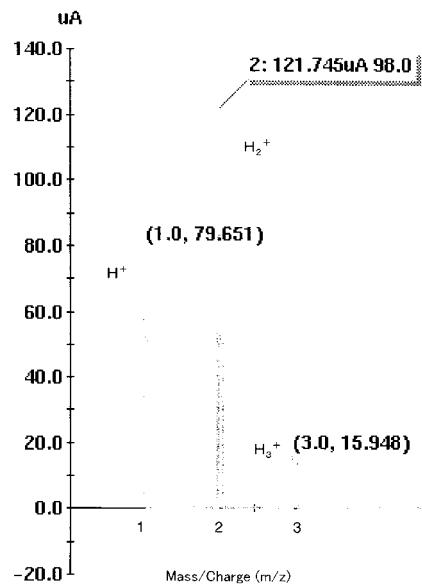
【図8】



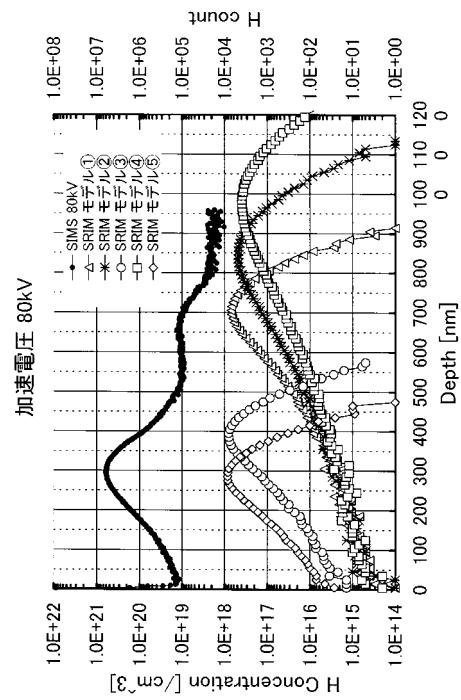
【図9】



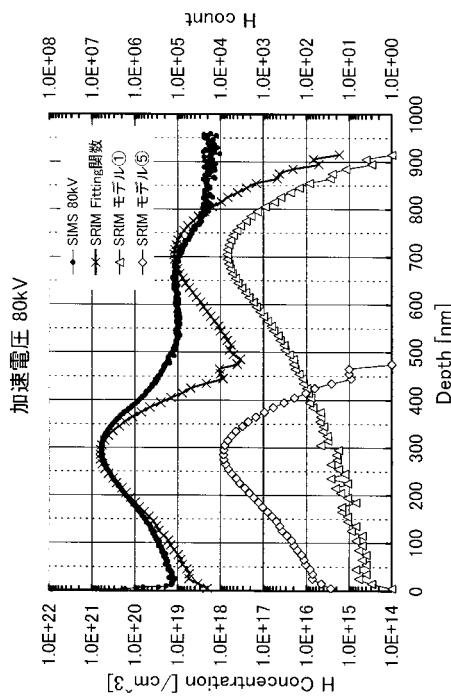
【図10】



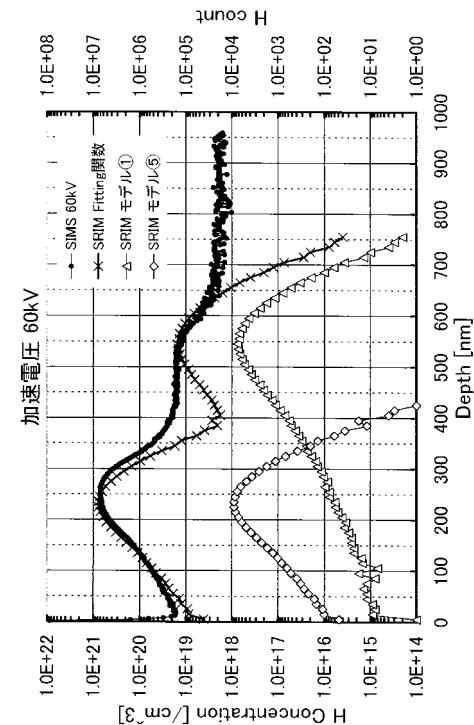
【図11】



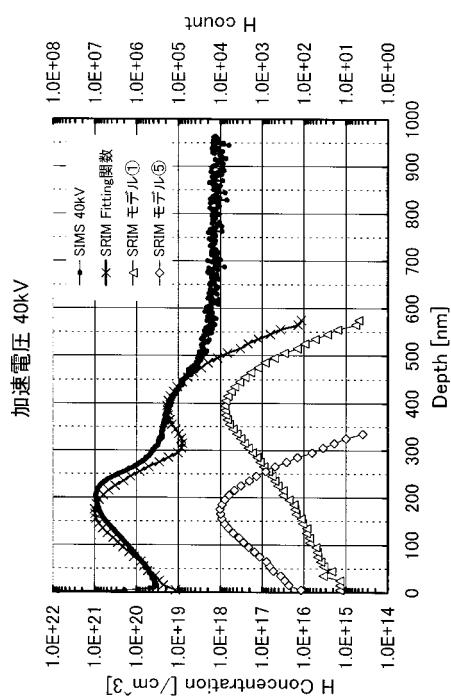
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

加速電圧	水素元素(X)比 (X : Y)	水素イオン種比 (X : Y / 3)
80 kV	1 : 44.1	1 : 14.7
60 kV	1 : 42.5	1 : 14.2
40 kV	1 : 43.5	1 : 14.5

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-324530(JP,A)
特開2005-294800(JP,A)
特開平08-255762(JP,A)
特開2000-036583(JP,A)
特開2007-073878(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02
H01L 21/336
H01L 27/12
H01L 29/786