

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4252634号  
(P4252634)

(45) 発行日 平成21年4月8日 (2009.4.8)

(24) 登録日 平成21年1月30日 (2009.1.30)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/20 (2006.01)

HO 1 L 21/20

HO 1 L 21/26 (2006.01)

HO 1 L 21/26 F

HO 1 L 21/336 (2006.01)

HO 1 L 21/26 G

HO 1 L 29/786 (2006.01)

HO 1 L 29/78 6 2 7 F

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平9-74425	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成9年3月11日 (1997.3.11)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開平10-256170		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
(43) 公開日	平成10年9月25日 (1998.9.25)	(72) 発明者	山崎 舜平
審査請求日	平成16年3月5日 (2004.3.5)		神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
審判番号	不服2006-3743 (P2006-3743/J1)		半導体エネルギー研究所内
審判請求日	平成18年3月2日 (2006.3.2)	(72) 発明者	大谷 久
			神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		合議体	
		審判長	河合 章
		審判官	棚田 一也
		審判官	近藤 幸浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜の加熱処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透光性を有するガラス基板上に形成された珪素膜の上面側から、前記珪素膜の第 1 の領域に第 1 のランプ光源を用いた第 1 の光の照射を行うと同時に、前記珪素膜の下面側から、R T A 法により前記珪素膜の第 2 の領域に前記第 1 のランプ光源と対向する第 2 のランプ光源を用いた第 2 の光の照射を行い、  
前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とは重なっており、  
前記第 1 の光は波長 1 0 n m ~ 6 0 0 n m に含まれる紫外光であり、前記第 2 の光は波長 5 0 0 n m ~ 2 0 μ m に含まれる赤外光であり、前記第 1 の光の波長と前記第 2 の光の波長とは異なることを特徴とする薄膜の加熱処理方法。

【請求項 2】

透光性を有するガラス基板上に形成された珪素膜の上面側から、前記珪素膜の第 1 の領域に第 1 のランプ光源を用いた第 1 の光の照射を行うと同時に、前記珪素膜の下面側から、R T A 法により前記珪素膜の第 2 の領域に前記第 1 のランプ光源と対向する第 2 のランプ光源を用いた第 2 の光の照射を行い、  
前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とは重なっており、  
前記第 1 の光は波長 1 0 n m ~ 6 0 0 n m に含まれる紫外光であり、前記第 2 の光は波長 5 0 0 n m ~ 2 0 μ m に含まれる赤外光であり、前記第 1 の光の波長と前記第 2 の光の波長とは異なり、  
前記第 1 の光及び前記第 2 の光を線状に加工して前記基板の一端から他端に向かって走査

することを特徴とする薄膜の加熱処理方法。

【請求項 3】

請求項 2 において、前記第 2 の光が照射される第 2 の領域は、前記第 1 の光が照射される第 1 の領域を含み、かつ、該第 1 の領域よりも広いことを特徴とする薄膜の加熱処理方法。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 において、前記珪素膜の前記第 1 の領域に、前記第 1 の光が照射される直前または直後に、前記珪素膜の上面側から第 3 のランプ光源を用いた第 3 の光の照射を行い、

前記第 3 の光は波長 500 nm ~ 20 μm に含まれる赤外光であり、前記第 1 の光の波長と前記第 3 の光の波長とは異なることを特徴とする薄膜の加熱処理方法。

10

【請求項 5】

請求項 4 において、前記第 3 のランプ光源の出力エネルギーは、前記第 2 のランプ光源の出力エネルギーより小さいことを特徴とする薄膜の加熱処理方法。

【請求項 6】

透光性を有するガラス基板上に形成された珪素膜の上面側から、前記珪素膜の第 1 の領域に第 1 のランプ光源を用いた第 1 の光の照射及び第 3 のランプ光源を用いた第 3 の光の照射を行うと同時に、前記珪素膜の下面側から、R T A 法により前記珪素膜の第 2 の領域に第 2 のランプ光源を用いた第 2 の光の照射を行い、

前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とは重なっており、

20

前記第 1 の光は波長 10 nm ~ 600 nm に含まれる紫外光であり、前記第 2 の光及び前記第 3 の光は波長 500 nm ~ 20 μm に含まれる赤外光であり、前記第 1 の光の波長と前記第 2 の光の波長とは異なり、前記第 1 の光の波長と前記第 3 の光の波長とは異なることを特徴とする薄膜の加熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造プロセスで多用される加熱処理方法としてランプアニールを利用する場合の構成に関する。特に、本発明はガラス基板上に薄膜トランジスタ (T F T) の如き半導体装置を作製する上で有効である。

30

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス基板上に半導体薄膜 (典型的には珪素を主成分とする薄膜) を利用して形成する T F T の開発が著しい発展を遂げている。そして、ガラス基板上に画素マトリクス回路、ドライバ回路、ロジック回路等をモノシリックに搭載した電気光学装置の需要が高まっている。

【0003】

ガラス基板上に T F T を形成する場合に生じる最も大きな制約はプロセス温度である。即ち、ガラスの耐熱温度以上の加熱処理が行えないという制約がプロセスマージンを狭めてしまうのである。

40

【0004】

そのため、薄膜を選択的にアニールする手段としてレーザーアニール法が活用されている。レーザーアニール法は試料に対してパルスレーザー光を照射することで瞬間的に試料温度を高め、薄膜のみを選択的に加熱することができる。しかし、レーザー光を取り扱うため光学系が複雑であることと、均一性の確保が困難であることが量産工程上の問題となっている。

【0005】

そこで、最近ではアークランプやハロゲンランプ等から発する強光を用いたランプアニール法が脚光を浴びている。この技術は R T A (Rapid Thermal Annealing) または R T P (Rapid Thermal Processing) とも呼ばれ、被処理膜に吸収されやすい波長領域の強光を

50

照射することで被処理膜を加熱する。

【 0 0 0 6 】

通常、ランプアニール法は強光として可視光から赤外光領域を利用する。この波長領域の光はガラス基板に吸収されにくいため、ガラス基板が加熱されるのを最小限に抑えることができる。また、昇温・降温時間が極めて短いため1000 以上の高温処理を数秒から数十秒という短時間で行うことができる。

【 0 0 0 7 】

さらに、レーザー光の加工に用いられる様な複雑な光学系を必要としないため、比較的大きな面積を均一性良く処理するのに適している。また、基本的に枚葉式処理で行われるので歩留りおよびスループットも高い。

10

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明では、上記ランプアニール法に対して改良を加え、さらに効果的に被処理膜を加熱処理するための方法を提供することを課題とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本明細書で開示する発明の構成は、

透光性を有する基板上に形成された薄膜をランプ光源を用いて加熱処理する方法において、

前記薄膜の上面側からは該薄膜を構成する原子の結合手を電子励起させうる波長領域の強光が照射され、かつ、それと同時に前記薄膜の下面側からは前記結合手を振動励起させうる波長領域の強光が照射されることを特徴とする。

20

【 0 0 1 0 】

また、他の発明の構成は、

透光性を有する基板上に形成された薄膜をランプ光源を用いて加熱処理する方法において、

前記薄膜の上面側からは該薄膜を構成する原子の結合手を電子励起させうる波長領域の強光が照射され、かつ、それと同時に前記薄膜の下面側からは前記結合手を振動励起させうる波長領域の強光が照射され、

前記結合手を電子励起させうる波長領域の強光および前記結合手を振動励起させうる波長領域の強光は、線状に加工された状態で前記基板の一端から他端に向かって走査されることを特徴とする。

30

【 0 0 1 1 】

また、上記構成でなる本発明を実施するには、

被処理基板の上面側に配置された紫外光ランプと、

前記被処理基板の下面側に配置された赤外光ランプと、

を少なくとも具備し、

前記紫外光ランプおよび前記赤外光ランプは前記被処理基板を挟み込む様に配置されていることを特徴とする加熱処理装置が必要である。

【 0 0 1 2 】

また、本発明者らによれば赤外光および紫外光を線状に加工して照射する構成が本発明の最も望ましい構成である。その場合、紫外光ランプおよび赤外光ランプが被処理基板と平行な方向に長手方向を持つ棒状または円筒形状の加熱処理装置を用いれば良い。また、紫外光ランプと被処理基板との間および赤外光ランプと被処理基板との間にシリンドリカルレンズを配置することも有効である。

40

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

本発明の特徴は、被処理膜に対して紫外光（UV光）と赤外光（IR光）とを組み合わせる照射することにある。

【 0 0 1 4 】

50

なお、フォトンエネルギーを与える代表的な光として紫外光と記載したが、被処理膜を電子励起させうる波長領域の光であれば可視光をも含みうる。代表的には10～600 nmの波長領域の光を用いることができる。

【0015】

また、同様に振動エネルギー（熱エネルギーと言っても良い）を与える代表的な光として赤外光と記載したが、被処理膜を振動励起させうる波長領域の光であれば可視光をも含みうる。代表的には500 nm～20 μmの波長領域の光を用いることができる。

【0016】

なお、上記波長領域は500～600 nmの可視光領域で重複しているが、これは被処理膜によって電子励起または振動励起させうる波長領域が異なるためである。即ち、同じ波長領域の光で電子励起と振動励起とを同時に起こせることを意味しているのではない。

10

【0017】

上記紫外光は、低圧金属蒸気ランプ、低圧水銀ランプ、中圧水銀ランプ、高圧水銀ランプ、ハロゲンアークランプ、水素アークランプ、メタルハライドランプ、重水素ランプ、希ガス共鳴線ランプ、希ガス分子発光ランプ等の紫外線を発するランプを光源として得ることができる。

【0018】

また、上記赤外光は、ハロゲンランプ、ハロゲンアークランプ、メタルハライドランプ等の赤外線を発するランプを光源として得ることができる。

【0019】

20

紫外光を用いた光照射処理は、フォトンの持つエネルギーを被処理膜に光吸収という形で与え、直接的に被処理膜を構成する分子の結合手を励起させる。このような励起現象は電子励起と呼ばれる。なお、紫外光はガラス基板に吸収されやすいので被処理膜の上面側から照射することが望ましい。

【0020】

一方、赤外光による光照射処理は、格子振動という形で振動エネルギーを与え、それを励起エネルギーとして間接的に被処理膜を構成する分子の結合手を励起する。このような励起現象は振動励起と呼ばれる。なお、赤外光はガラス基板に吸収されにくいので被処理膜の下面側から照射することができる。

【0021】

30

以上の様に、本発明ではランプアニール法を用いた加熱処理において赤外光の照射と同時に紫外光を照射することで、被処理膜の励起効果をさらに高めることができる。即ち、加熱処理の効率が大幅に向上するという効果が得られる。

【0022】

ところで、図5に示すのは熱エネルギーと光エネルギーとの違いを表す概念図であり、横軸はエネルギー、縦軸はエネルギー密度である。図5の様に、熱エネルギーはエネルギー的には平均kTのエネルギーを持つが広い範囲にエネルギー分布を有している。一方、光エネルギーは波長によってある決まった値、即ちh そのもののエネルギーのみを有する。

【0023】

40

従って、例えば珪素膜を結晶成長させる場合、熱エネルギーは成長に必要なエネルギー以外に結晶を破壊するエネルギー等をも含んでしまうが、光エネルギーは成長に必要なエネルギーのみを効率的に照射することが可能である。

【0024】

この様に、紫外光の波長を適切に選択することで、特定の薄膜のみを集中的に励起することができるので種類の異なる被処理膜の励起度を制御したり、選択的な励起処理が可能となる。これも赤外光によるランプアニールに紫外光照射を組み合わせた本発明効果の一つである。

【0025】

【実施例】

50

## 〔実施例１〕

本実施例では、本発明を珪素を主成分とする結晶性膜の結晶性を改善する工程に適用した場合の例について図１を用いて説明する。なお、数値、材料等は本実施例に限定されることはない。

## 【００２６】

図１において、１０１は透光性を有する基板として用いるガラス（または石英）基板、１０２は酸化珪素膜でなる下地膜、１０３は結晶性膜である。なお、本実施例では結晶性膜１０３としては結晶性珪素膜を例にとるが、 $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ （ $0 < x < 1$ ）などの珪素を含む化合物半導体を用いることもできる。

## 【００２７】

また、結晶性珪素膜にも単結晶シリコン膜、微結晶シリコン膜、多結晶シリコン膜等が含まれるが、ここでは多結晶シリコン膜（いわゆるポリシリコン膜）を例にとって説明する。

## 【００２８】

結晶性珪素膜１０３の形成方法は、直接減圧熱ＣＶＤ法等で成膜する方法でも良いし、非晶質珪素膜を結晶化して得る方法でも良い。さらに、非晶質珪素膜を結晶化して得る場合には、加熱処理またはレーザー光照射によって結晶化する手段をとれば良い。また、結晶化を助長する触媒元素を用いた手段（特開平7-130652号公報に開示）を用いることも有効である。

## 【００２９】

そして、１０４は紫外光（紫外線）を発するランプ光源（以下、単に紫外光ランプと呼ぶ）であり、１０５は反射鏡、１０６は紫外光ランプ１０４から発した紫外光１０７を集光するためのシリンドリカルレンズである。紫外光ランプ１０４、反射鏡１０５およびシリンドリカルレンズ１０６は、紙面と垂直な方向に対して細長い形状であるため、結晶性珪素膜１０３に対して線状に照射される。

## 【００３０】

また、本実施例では紫外光１０７は結晶性珪素膜１０３の上面側から照射される。上面側とは図１において紫外光ランプ１０４と向かい合う主表面側、即ちガラス基板１０１に対して逆側の面を指している。

## 【００３１】

次に、１０８は赤外光（赤外線）を発するランプ光源（以下、単に赤外光ランプと呼ぶ）であり、１０９は反射鏡、１１０は赤外光ランプ１０７から発した赤外光１１１を集光するためのシリンドリカルレンズである。赤外光１１１も紫外光１０７と同様に線状光となる様に構成されている。

## 【００３２】

また、結晶性珪素膜１０３に対して下面側から照射される構成となっている。ここで下面側とは図１において赤外光ランプ１０８と向かい合う裏面側、即ちガラス基板１０１側に向いた面を指している。

## 【００３３】

この時、赤外光１１１はガラス基板に吸収されずに透過する。即ち、下面側からの照射であっても、結晶性珪素膜１０３を効率的に加熱することができる。従って、赤外光１１１の照射によって結晶性珪素膜１０３は 600～1200（代表的には 700～850）に加熱される。この時の結晶性珪素膜１０３の膜面温度は、熱電対を利用したパイロメーター（放射温度計）を用いて測定（モニタリング）することができる。

## 【００３４】

また、ガラス基板１０１はサセプター（図示せず）によって支持され、ガラス基板１０１の上面側から線状の紫外光１０７が矢印の方向に向かって走査され、下面側から線状の赤外光１１１が矢印の方向に向かって走査される。この様に、ガラス基板１０１の一端から他端に向かって線状光を走査することで基板全面を照射することが可能となる。

## 【００３５】

10

20

30

40

50

また、本実施例では紫外光 1 0 7 と赤外光 1 1 1 とが結晶性珪素膜 1 0 3 の同一部分を照射するように設計されている。同一部分とは図 1 に示す様に、照射範囲が同じ場所であることを意味している。勿論、場合によっては走査するタイミングを意図的にずらしたり、走査方向を異ならせたりすることもできる。

【 0 0 3 6 】

以上の様に紫外光照射と赤外光照射とを組み合わせた構成とすることで以下に説明する様な効果を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

まず、従来の赤外光照射による振動励起（熱エネルギーによる励起）に加えて、紫外光照射による電子励起が生じるため、それらの相乗効果によって結晶性珪素膜 1 0 3 の励起効率が飛躍的に向上する。

10

【 0 0 3 8 】

即ち、結晶性珪素膜 1 0 3 を構成する分子の結合手は、赤外光照射による格子振動によって全体的に緩められ、紫外光照射によって電子的に極めて活性な状態となって連結される。そのため、本発明の加熱処理を施した結晶性珪素膜 1 1 2（図 1 において斜線で示される領域）は、非常に活性な状態（結合の自由度の高い状態）から形成される。

【 0 0 3 9 】

従って、本発明を施すことにより得られる結晶性珪素膜 1 1 2 は、不對結合手の如き結晶欠陥が非常に少ない。また、結晶粒界も整合性の良い結合で形成されるため殆どが傾角粒界の如き不活性な粒界で形成される。

20

【 0 0 4 0 】

なお、珪素（シリコン）の基礎吸収端はほぼ 1 eV であるので紫外光は厚さ 10nm ~ 1 μ m 程度の表面のみで吸収されると考えられる。しかし、本実施例の場合には結晶性珪素膜の膜厚が 10 ~ 75nm（代表的には 15 ~ 45nm）と極めて薄いので、十分な励起効果を期待することができる。

【 0 0 4 1 】

また、従来のランプアニールは全面一括処理であったので、処理時間が長いと被処理膜からガラス基板へと熱が伝播してガラス基板が反ったり縮んだりしてしまうことが懸念されていた。

【 0 0 4 2 】

30

しかしながら、本発明では赤外光 1 1 1 の光源として線状の赤外光ランプ 1 0 8 を利用しているため、結晶性珪素膜 1 0 3 から基板 1 0 1 に伝わる伝播熱も局部的なものでしかない。そのため、熱によって基板 1 0 1 が反ったり縮んだりする様なことを防ぐことができる。

【 0 0 4 3 】

また、本実施例では結晶性珪素膜の結晶性を改善する工程において本発明の加熱処理方法を適用したが、非晶質珪素膜の結晶化工程に本発明を適用することもできることは言うまでもない。

【 0 0 4 4 】

〔実施例 2〕

40

本実施例では T F T の活性層に添加された N 型または P 型を付与する不純物イオンを活性化する工程に本発明を適用した場合の例について説明する。なお、説明には図 2 を用いるが、必要に応じて前述の符号を用いて説明する。

【 0 0 4 5 】

図 2 に示す状態は、ガラス基板 1 0 1 上に T F T を作製している途中の段階である。図 2 において、2 0 1 ~ 2 0 2 で示される領域は島状にパターンニングされた半導体層からなる活性層であり、2 0 1 はソース領域、2 0 2 はドレイン領域、2 0 3 はチャネル形成領域である。

【 0 0 4 6 】

また、上記活性層の上にはゲイト絶縁膜 2 0 4 が形成されている。このゲイト絶縁膜 2 0

50

4 は特開平7-135318号公報記載の技術等を用いて、上に配置されるゲイト電極 2 0 5 と同一の形状に加工されている。

【 0 0 4 7 】

ソース領域 2 0 1 およびドレイン領域 2 0 2 は真性または実質的に真性な結晶性珪素膜で構成される活性層に対して一導電性を付与する不純物イオンを添加して形成される。この際、Nチャネル型 T F T を作製する場合には P (リン) イオンまたは A s (砒素) イオンを、Pチャネル型 T F T を作製する場合には B (ボロン) イオンを利用すれば良い。

【 0 0 4 8 】

次に、不純物イオンの添加工程が終了したら、T F T が形成される基板上面側から紫外光 1 0 7 を照射し、基板下面側から赤外光 1 1 1 を照射する。この時、ゲイト電極 2 0 5 の直下には紫外光 1 0 7 が届かないが、下面側から赤外光 1 1 1 を照射しているので活性化は問題なく行われる。

10

【 0 0 4 9 】

本実施例におけるランプアニール処理は添加された不純物イオンを励起させて活性化する工程である。従って、本発明を適用することで活性化率が大幅に向上するためソース/ドレイン領域の抵抗が低くなり、T F T と配線電極とのオーミック接触を良好なものとすることができる。

【 0 0 5 0 】

〔実施例 3〕

本実施例では T F T のソース/ドレイン領域表面 (ゲイト電極がシリコンであればゲイト電極表面も含む) に対して選択的に金属シリサイドを形成する工程に本発明を適用した場合の例について説明する。なお、説明には図 3 を用いるが、必要に応じて前述の符号を用いて説明する。

20

【 0 0 5 1 】

本実施例では基板上面側から赤外光と紫外光とを同時に照射する構成としている点に特徴がある。即ち、基板上面側には赤外光ランプ 3 0 1、反射鏡 3 0 2、シリンドリカルレンズ 3 0 3 からなる光学系と、紫外光ランプ 3 0 4、反射鏡 3 0 5、シリンドリカルレンズ 3 0 6 からなる光学系とが配置される。そして、赤外光ランプ 3 0 1 からは赤外光 3 0 7 が照射され、紫外光ランプ 3 0 4 からは紫外光ランプ 3 0 8 が照射される構成となっている。

30

【 0 0 5 2 】

この構成ではゲイト電極 2 0 4 の陰となる領域であっても上面からの赤外光 3 0 7 または下面側からの赤外光 1 1 1 のいずれかによって加熱される。従って、シリサイド形成反応を基板全体で均一に行うことができる。

【 0 0 5 3 】

なお、本実施例の様な構成とする場合、まず赤外光 3 0 7 で加熱して、その直後に紫外光 3 0 8 で励起する様な構成とすることが好ましい。即ち、最初に赤外光による振動励起によって結合手を緩め、その状態で紫外光による電子励起を付加した方が励起効率が高いと思われる。

【 0 0 5 4 】

上記構成で行われるシリサイド形成工程は以下の様な順序で進められる。まず実施例 2 に示した様な不純物イオンの活性化工程が終了したら、作製過程にある T F T 全面を覆う様にして金属膜 3 0 9 を形成する。金属膜 3 0 9 としては、T i (チタン)、C o (コバルト)、W (タングステン)、T a (タンタル) 等が一般的に用いられている。

40

【 0 0 5 5 】

この状態で加熱処理を行うとソース領域 2 0 1 およびドレイン領域 2 0 2 を構成する珪素 (シリコン) 成分と金属膜 3 0 9 とが反応して金属シリサイド 3 1 0 が形成される。この様な反応はソース/ドレイン領域 2 0 1、2 0 2 と金属膜 3 0 9 との界面において進行するが、本実施例では紫外光照射による励起効果で反応速度が増加し、速やかなシリサイド化が実現できる。

50

## 【 0 0 5 6 】

また、ランプアニールの特徴として金属膜 3 0 9 を構成する成分原子がチャネル形成領域に 2 0 3 に拡散することを防ぐことができる。この効果は本実施例の様に線状に赤外光を照射する場合に顕著な効果となる。

## 【 0 0 5 7 】

なお、本実施例の様な赤外光と紫外光とを同時に基板上面側から照射する構成は実施例 1 および実施例 2 にも適用できることは言うまでもない。特に、実施例 2 に適用した場合、ソース/ドレイン領域とチャネル形成領域との接合部やゲイト電極で陰になる領域も完全に活性化されるため有効である。

## 【 0 0 5 8 】

## 〔実施例 4〕

本実施例では T F T から信号電圧を取り出すための配線（ソース/ドレイン配線）を形成する際に、配線のリフロー工程を行う場合に本発明を適用した場合の例について説明する。なお、説明には図 4 を用いるが、必要に応じて前述の符号を用いて説明する。

## 【 0 0 5 9 】

リフロー工程とは配線材料である導電膜を加熱することで流動化させ、コンタクトホール内部を完全に配線材料で埋め込むための技術である。この技術によればアスペクト比の高いコンタクトホールであっても接触不良の様なコンタクト不良を防ぐことができる。

## 【 0 0 6 0 】

図 4 において、4 0 1 はゲイト電極 2 0 4 と配線材料 4 0 2 とを電気的に絶縁分離するための層間絶縁膜である。層間絶縁膜 4 0 1 は酸化珪素膜、窒化珪素膜、有機性樹脂材料等から適宜選択すれば良い。また、配線材料 4 0 2 としてはアルミニウム、タンタル、タングステン等を含む材料で構成すれば良い。

## 【 0 0 6 1 】

また、上記材料の上層または下層にゲルマニウム、スズ、ガリウム、アンチモン等の金属膜を形成することは、リフロー工程における配線材料の流動化を助長する上で好ましい。

## 【 0 0 6 2 】

本実施例の様に配線材料 4 0 2 のリフロー工程に本発明の加熱処理方法を適用しても紫外光と赤外光とを組み合わせた相乗効果を得ることができる。特に、リフロー工程で流動化を助長する金属元素を用いる場合、配線材料と金属元素との反応を促進する上で本発明は有効である。

## 【 0 0 6 3 】

## 〔実施例 5〕

本実施例では、実施例 1 の構成において紫外光 1 0 7 の照射範囲と赤外光 1 1 1 の照射範囲とを異なるものとする例を示す。具体的には、赤外光 1 1 1 の照射範囲を紫外光 1 0 7 の照射範囲よりも広くする。その様子を図 6 に示す。

## 【 0 0 6 4 】

図 6 において、6 0 1 は表面に下地膜を設けたガラス基板、6 0 2 は結晶性珪素膜である。基板 6 0 1 の上面側には紫外光ランプ 6 0 3、反射鏡 6 0 4、シリンドリカルレンズ 6 0 5 が配置され、紫外光 6 0 6 が照射される。また、下面側には赤外光ランプ 6 0 7、反射鏡 6 0 8、シンドリカルレンズ 6 0 9 が配置され、赤外光 6 1 0 が照射される。

## 【 0 0 6 5 】

この時、赤外光 6 1 0 の照射範囲は 6 1 1 ~ 6 1 3 で示される領域（第 1 の領域とする）に渡り、紫外光 6 0 6 の照射範囲は 6 1 2 で示される領域（第 2 の領域とする）のみである。

## 【 0 0 6 6 】

即ち、赤外光 6 1 0 の照射範囲の方が紫外光 6 0 6 の照射範囲よりも広くなる様に設計されている。そのためには、線状に加工された赤外光 6 1 0 の短辺方向の長さを、線状に加工された紫外光 6 0 6 の短辺方向の長さよりも長くすれば良い。こうすることで前述の第 1 の領域は第 2 の領域を含み、かつ、第 2 の領域よりも広い構成となる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 6 7 】

従って、結晶性珪素膜 6 0 2 は紫外光 6 0 6 を照射される直前に赤外光 6 1 0 によって加熱され、紫外光 6 0 6 が照射された直後も僅かな時間だけ赤外光 6 1 0 によって加熱される。即ち、領域 6 1 1 で弱い励起状態を作り、領域 6 1 2 で完全な励起状態として、領域 6 1 3 で弱い励起状態を保つ。

## 【 0 0 6 8 】

以上の様な構成とすると結晶性珪素膜 6 0 2 の励起状態が急激に変化しないと考えられるため、結合に要する時間を稼ぐことができる。即ち、非平衡状態で原子間の結合が終了するのを防ぐことができる。これにより結晶欠陥の少ない結晶性珪素膜を得ることができる。

10

## 【 0 0 6 9 】

## 〔実施例 6〕

本実施例では、本発明の構成において紫外光ランプと並列して赤外光補助ランプを形成する場合の例について図 7 を用いて説明する。

## 【 0 0 7 0 】

図 7 ( A ) において、7 0 1 はガラス基板、7 0 2 は非晶質珪素膜である。なお、被処理膜として非晶質珪素膜を例にしているが、ガラス基板上の薄膜であれば限定はない。また、7 0 3 は基板下面側の赤外光ランプ、7 0 4 は基板上面側の紫外光ランプである。

## 【 0 0 7 1 】

ここで本実施例の特徴は、紫外光ランプ 7 0 4 に並列して第 1 の赤外光補助ランプ 7 0 5 、第 2 の赤外光補助ランプ 7 0 6 を配置する点である。なお、本実施例では紫外光ランプ 7 0 4 の ( 基板の移動方向に対して ) 前方および後方に赤外光補助ランプ 7 0 5 、7 0 6 を配置する構成としているが、片方のみに配置した構成とすることもできる。

20

## 【 0 0 7 2 】

以上の様な構成において、各ランプ 7 0 3 ~ 7 0 6 は図中の矢印の方向に向かって移動し、線状光を走査する。本実施例の構成では、まず非晶質珪素膜 7 0 2 は第 1 の赤外光補助ランプ 7 0 5 により赤外光が照射されて加熱される。この領域はプレヒート領域 7 0 7 となり、基板の移動に伴い前方へと移動していく。

## 【 0 0 7 3 】

プレヒート領域 7 0 7 の後方では、基板上面側から紫外光ランプ 7 0 4 からの紫外光が照射され、かつ、基板下面側から赤外光ランプ 7 0 3 からの赤外光が照射されてメインヒート領域 7 0 8 が形成される。本実施例の場合、非晶質珪素膜 7 0 2 の結晶化はこのメインヒート領域 7 0 8 で行われる。

30

## 【 0 0 7 4 】

メインヒート領域 7 0 8 の後方には第 2 の赤外光補助ランプ 7 0 6 からの赤外光により加熱されたポストヒート領域 7 0 9 が形成される。この領域はメインヒート領域 7 0 8 で得られた結晶性珪素膜を加熱する領域である。

## 【 0 0 7 5 】

以上の様に、非晶質珪素膜 ( 途中から結晶性珪素膜となる ) 7 0 2 はプレヒート領域 7 0 7 、メインヒート領域 7 0 8 、ポストヒート領域 7 0 9 の順に並んだ領域が、見かけ上基板の移動に伴って前方へ移動する。

40

## 【 0 0 7 6 】

ここで図 7 ( B ) に示すのは、非晶質珪素膜 7 0 2 のある 1 点について、時間 ( Time ) と温度 ( Temp. ) の関係を示した図である。図 7 ( B ) に示す様に、時間の経過に伴ってまずプレヒート領域となり、次いでメインヒート領域、ポストヒート領域と続く。

## 【 0 0 7 7 】

図 7 ( B ) から明らかな様に、プレヒート領域 7 0 7 ではある程度にまで温度が上げられ、次のメインヒート領域 7 0 8 との温度勾配を緩和する役割を果たしている。これは、メインヒート領域 7 0 8 で急激に熱せられて珪素膜に歪みエネルギー等が蓄積するのを防ぐための工夫である。

50

## 【 0 0 7 8 】

そのため、第 1 の赤外光補助ランプ 7 0 5 の出力エネルギーは赤外光ランプ 7 0 3 の出力エネルギーよりも小さめに設定しておくことが望ましい。この時、どのような温度勾配を形成する様に調節するかは実施者が適宜決定すれば良い。

## 【 0 0 7 9 】

次に、プレヒート領域 7 0 7 を通過すると、基板下面側から赤外光を照射され、膜面温度が 600 ~ 1200 でまで上昇したメインヒート領域 7 0 8 となる。この領域で非晶質珪素膜 7 0 2 は結晶性珪素膜へと変成する。なお、同時に照射される紫外光は電子励起に寄与するので熱的な変化はもたらさない。

## 【 0 0 8 0 】

メインヒート領域 7 0 8 で得られた結晶性珪素膜は紫外光ランプ 7 0 4 の後方に配置された第 2 の赤外光補助ランプ 7 0 6 によって加熱される。このポストヒート領域 7 0 9 は、メインヒート領域 7 0 8 の急冷により熱的平衡の崩れた状態で結晶化が終了するのを防ぐ役割を果たす。これは結晶化に要する時間に余裕を持たせて最も安定な結合状態を得るための工夫である。

## 【 0 0 8 1 】

従って、第 2 の赤外光補助ランプ 7 0 6 も基板下面に配置される赤外光ランプ 7 0 3 よりも出力エネルギーを小さく設定し、徐々に温度が下がるような温度勾配を形成する様に調節することが望ましい。

## 【 0 0 8 2 】

以上の様な構成とすることで、非晶質珪素膜の急加熱および結晶性珪素膜の急冷により生じうる応力歪み、不對結合手等の結晶欠陥の発生を抑制し、結晶性に優れた結晶性珪素膜を得ることができる。

## 【 0 0 8 3 】

## 〔 実施例 7 〕

本実施例では本発明を実施するに必要な加熱処理装置の構成についての概略を説明する。なお、本発明は紫外光と赤外光とを同時に照射して加熱処理を行うことが最も大きな特徴であり、その構成を実施しうる装置構成は本実施例に限定されるものではない。

## 【 0 0 8 4 】

図 8 ( A ) に示すのは、実施例 1 から実施例 5 を実施するに必要な加熱処理装置を横方向から見た簡略図である。また、図 8 ( B ) に示すのは上記加熱処理装置を上面から見た図である。

## 【 0 0 8 5 】

図 8 ( A ) において、ロードロック室 8 0 1 内には基板搬送ユニット ( アームと制御回路を含む ) 8 0 2 、被処理基板を収納するカセット 8 0 3 、サセプタ搬送ユニット 8 0 4 が配置される。また、ロードロック室 8 0 1 にはゲイト弁 8 0 5 を介して処理チャンバ 8 0 6 が接続されている。

## 【 0 0 8 6 】

処理チャンバ 8 0 6 には紫外光光源 ( 紫外光ランプ、反射鏡、シリンドリカルレンズ等を含む ) 8 0 7 、赤外光光源 ( 赤外光ランプ、反射鏡、シリンドリカルレンズ等を含む ) 8 0 8 がサセプタ 8 0 9 および被処理基板 8 1 0 を挟み込む様にして配置される。また、紙面に向かって垂直な方向に長手方向を有する。

## 【 0 0 8 7 】

また、図 8 ( B ) に示される様に、処理チャンバ 8 0 6 には雰囲気ガスが導入口 8 1 1 から供給される。その際、流量はバルブ 8 1 2 で調節する。なお、雰囲気ガスはプロセスによって異なるが、紫外光照射によって固体物質を生成しないガスが望ましい。

## 【 0 0 8 8 】

また、処理チャンバ 8 0 6 に導入された雰囲気ガスは排気口 8 1 3 から排気される。この際、必要に応じて排気ポンプ 8 1 4 を設けることが好ましい。排気ポンプを使用する必要性がなければ排気スクラバー程度の設備でも十分である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 9 】

このような構成の装置では、まず、基板搬送ユニット 8 0 2 によって被処理基板 8 1 0 がカセット 8 0 3 から搬出される。そして、被処理基板 8 1 0 はサセプタ搬送ユニット 8 0 4 上のサセプタ 8 0 9 に設置され、処理チャンバ 8 0 6 へとサセプタごと搬送される。

## 【 0 0 9 0 】

処理チャンバ 8 0 6 では、線状光を発する紫外光光源 8 0 7 および赤外光光源 8 0 8 が被処理基板 8 1 0 の一端から他端に向かって移動し、線状光による加熱処理が行われる。その際、紫外光と赤外光の照射領域が完全に重なる様にしても良いし、前後にずらした構成としても良い。

## 【 0 0 9 1 】

加熱処理が終了したら、サセプタ搬送ユニット 8 0 4 によってサセプタ 8 0 9 をロードロック室 8 0 1 へ戻し、基板搬送ユニット 8 0 2 で被処理基板 8 1 0 をカセット 8 0 3 に収納する。以上、一連の動作を繰り返して枚葉式の加熱処理が行われる。

## 【 0 0 9 2 】

なお、本実施例は本発明を実施するために必要な装置の一実施例であり、構造等はこれに限定されるものではない。例えば、線状光の光源は固定にして基板を移動させることで線状光の走査を行う様な構成も可能である。

## 【 0 0 9 3 】

## 〔 実施例 8 〕

本実施例では実施例 7 とは異なる構成の加熱処理装置を用いる場合の例について説明する。説明は図 9 を用いて行う。

## 【 0 0 9 4 】

図 9 ( A ) に示すのはマルチチャンバー方式 ( クラスターツール方式 ) の枚葉式加熱処理装置である。メインフレーム 9 0 1 にはロードロック室 9 0 2 、 9 0 3 、プレヒート室 ( またはポストヒート室 ) 9 0 4 および加熱炉 9 0 5 ~ 9 0 7 が接続された構成となっている。また、ロードロック室 9 0 2 、 9 0 3 には基板を収納しておくカセット 9 0 8 、 9 0 9 が設置されている。

## 【 0 0 9 5 】

また、メインフレーム 9 0 1 と各チャンバーとの間にはそれぞれゲイト弁 9 1 0 ~ 9 1 5 が設けられ、メインフレーム 9 0 1 とは密閉遮断された状態を保持することができる。また、各チャンバーには高真空に対応する真空排気ポンプ ( 図示せず ) が設置され、各チャンバーが大気に触れない様な構成となっている。

## 【 0 0 9 6 】

まず、メインフレーム 9 0 1 に設置された搬送ユニット 9 1 6 によって基板 9 1 7 をロードロック室 9 0 2 から搬出する。そして、プレヒート室 9 0 4 で基板 9 1 7 をある程度にまで加熱しておき、その後、加熱炉 9 0 5 ~ 9 0 7 のいずれかに搬入する。なお、プレヒート室 9 0 4 は省略することもできる。

## 【 0 0 9 7 】

加熱炉 9 0 5 ~ 9 0 7 の内部には基板 9 1 7 を一括で加熱できる大きさの光源 9 1 8 ~ 9 2 0 が設置される。なお、図 9 ( A ) では一つの光源の様に見えるが、実際には図 9 ( B ) に示す様に、一つの加熱炉に対して紫外光を発する光源 9 2 1 と赤外光を発する光源 9 2 2 とが設置されている。

## 【 0 0 9 8 】

そして、加熱炉 9 0 5 ~ 9 0 7 のいずれかで加熱処理を終了したら、再び搬送ユニット 9 1 6 で基板 9 1 7 を搬出し、ロードロック室 9 0 3 に搬入する。勿論、ポストヒート工程を通す構成としても良い。

## 【 0 0 9 9 】

ここで加熱炉 9 0 5 に着目して、その内部構造を図 9 ( B ) を用いて簡単に説明する。加熱炉 9 0 5 ~ 9 0 7 の内部には紫外光の光源 9 2 1 の出力調整や温度情報のフィードバックなどを行うコントロールユニット 9 2 3 と、赤外光の光源 9 2 2 の出力調整や温度情報

10

20

30

40

50

のフィードバックなどを行うコントロールユニット 9 2 4 が配置されている。

【 0 1 0 0 】

また、加熱炉 9 0 5 への基板の搬入・搬出はメインフレーム 9 0 1 に具備された搬送ユニット 9 1 6 によって行われる。搬送ユニット 9 1 6 は搬送ユニット 9 2 5 で制御され、矢印の方向に自由に基板 9 1 7 を搬送することができる。

【 0 1 0 1 】

そして、加熱炉 9 0 5 内の上側のコントロールユニット 9 2 3 にはサセプター 9 2 6 が取り付けられ、基板 9 1 7 は紫外光の光源 9 2 1 側に主表面 ( T F T が作製される側 ) を向けて支持される。

【 0 1 0 2 】

この状態で紫外光および赤外光を照射することで、本発明の効果を得ることができる。なお、本実施例では複数の赤外光または紫外光ランプを具備した光源を用いて一括で光照射を行うので、実施例 1 に示した様な線状光を用いる場合の利点は得られない。しかし、処理時間が短くすることでガラス基板の反りや縮みを抑えることは可能である。

【 0 1 0 3 】

【発明の効果】

以上の様に、本発明では赤外光と紫外光とを同時に照射することで、被処理膜の励起効率をさらに高めることができる。即ち、加熱処理の効率を大幅に向上させることが可能である。

【 0 1 0 4 】

また、線状の紫外光および赤外光を照射することでガラス基板を反らせたり縮ませたりすることなく、600 ~ 1200 の高い温度での加熱処理を行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による加熱処理の構成を示す図。

【図 2】 本発明による加熱処理の構成を示す図。

【図 3】 本発明による加熱処理の構成を示す図。

【図 4】 本発明による加熱処理の構成を示す図。

【図 5】 熱エネルギーと光エネルギーの違いを示す図。

【図 6】 本発明による加熱処理の構成を示す図。

【図 7】 本発明による加熱処理の構成を示す図。

【図 8】 本発明で使用する加熱処理装置を示す図。

【図 9】 本発明で使用する加熱処理装置を示す図。

【符号の説明】

1 0 1	ガラス基板
1 0 2	下地膜
1 0 3	結晶性珪素膜
1 0 4	紫外光ランプ
1 0 5	反射鏡
1 0 6	シリンドリカルレンズ
1 0 7	紫外光
1 0 8	赤外光ランプ
1 0 9	反射鏡
1 1 0	シリンドリカルレンズ
1 1 1	赤外光
1 1 2	結晶性が改善された結晶性珪素膜

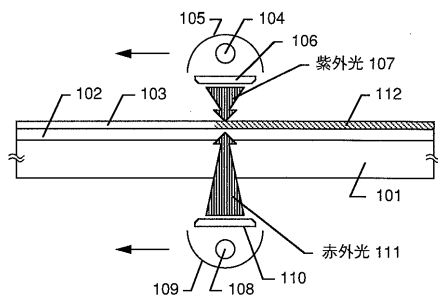
10

20

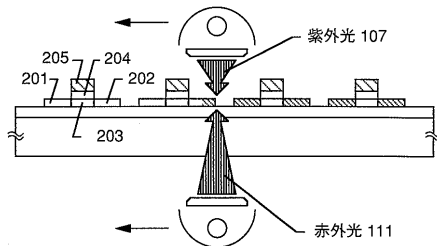
30

40

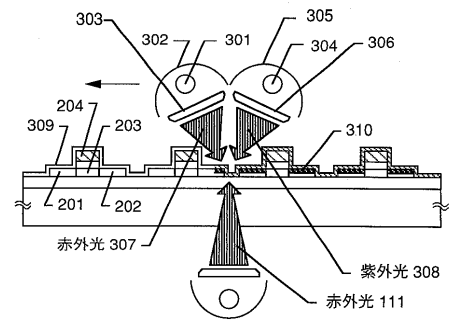
【図 1】



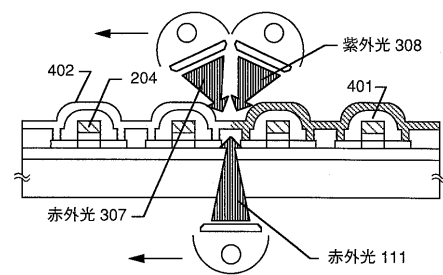
【図 2】



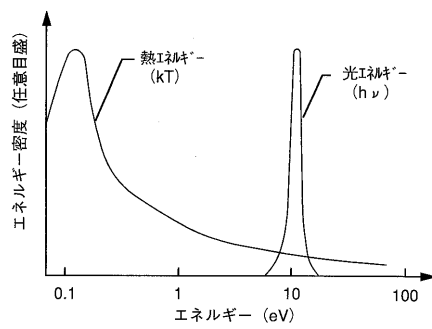
【図 3】



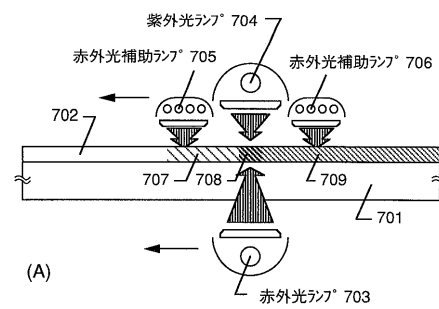
【図 4】



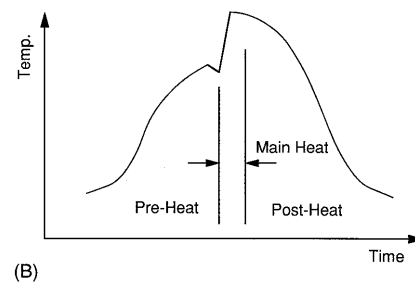
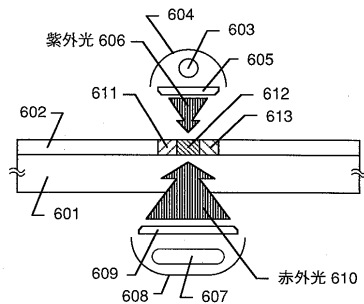
【図 5】



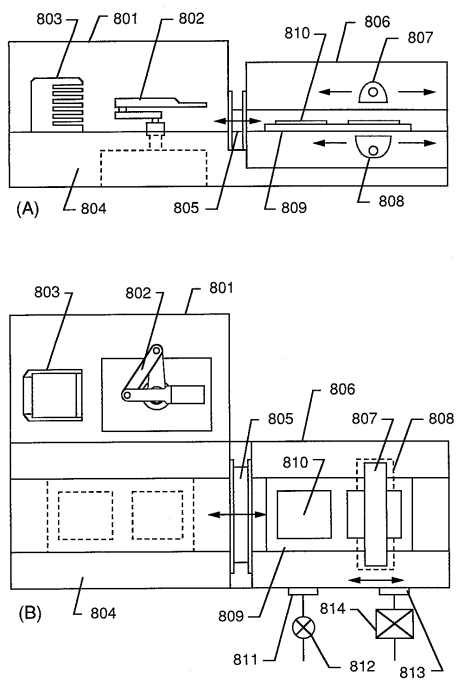
【図 7】



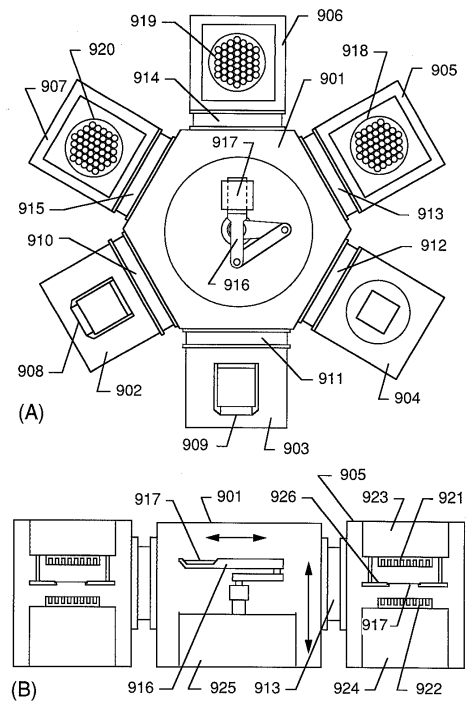
【図 6】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 - 2 0 0 6 1 5 ( J P , A )  
特開平 8 - 5 1 0 7 7 ( J P , A )  
特開昭 5 8 - 1 4 7 0 2 4 ( J P , A )  
特開平 9 - 5 1 1 0 0 ( J P , A )  
特開平 3 - 2 6 6 4 2 4 ( J P , A )  
特開昭 6 2 - 2 9 9 0 1 1 ( J P , A )