

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-123754  
(P2014-123754A)

(43) 公開日 平成26年7月3日(2014.7.3)

(51) Int.Cl.  
H01L 21/268 (2006.01)

F I  
H01L 21/268 J

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2014-13119 (P2014-13119)  
(22) 出願日 平成26年1月28日 (2014.1.28)  
(62) 分割の表示 特願2008-75027 (P2008-75027)  
の分割  
原出願日 平成20年3月24日 (2008.3.24)

(71) 出願人 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 川上 隆介  
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会  
社IHI内  
(72) 発明者 河口 紀仁  
東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会  
社IHI内

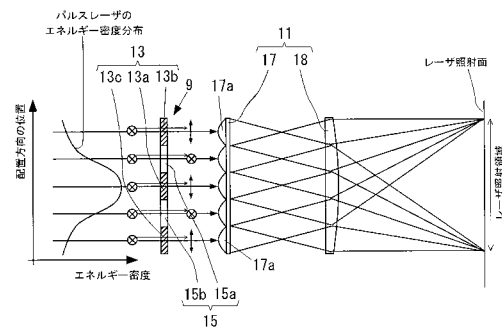
(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 2つのレーザー光源からのパルスレーザービームを同一の光路に案内してレーザー被照射体に照射する場合に、パルスレーザービーム毎の偏光状態の違いがレーザー照射体に与える影響を無くしまたは大幅に低減できるレーザー照射装置を提供する。

【解決手段】 レーザー光源3, 4と、これらレーザー光源からのパルスレーザービームを同じ光路上に案内する光路合成光学素子7と、を備えるレーザー照射装置であって、光路合成光学素子7からのパルスレーザービームの偏光状態を制御する偏光制御素子9を備える。偏光制御素子9は、パルスレーザービームのビーム成分がそれぞれ通過する第1および第2の偏光制御部13、15を有する。第1の偏光制御部13を通過したビーム成分と、第2の偏光制御部15を通過したビーム成分とが、それぞれ互いに異なる偏光状態となる。互いに異なる偏光状態の前記ビーム成分同士をレーザー被照射体上のレーザー照射面で重ね合わせる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 のレーザ光源から直線偏光した第 1 のパルスレーザビームを射出し、  
 第 2 のレーザ光源から、前記第 1 のパルスレーザビームの偏光方向と 90 度異なる偏光方向を有する直線偏光した第 2 のパルスレーザビームを射出し、

前記第 1 のパルスレーザビームおよび前記第 2 のパルスレーザビームを同じ光路上に合成し、

前記合成されたパルスレーザビームを第 1 の偏光制御部および第 2 の偏光制御部を通過させ、

前記通過したパルスレーザビームを半導体膜のレーザ照射面で重ね合わせる半導体装置の作製方法であって、

前記第 1 の偏光制御部および前記第 2 の偏光制御部は、前記第 1 のパルスレーザビームの偏光方向および前記第 2 のパルスレーザビームの偏光方向のいずれにも 45 度の角度をなす光学軸を有する 1/4 波長板であり、

前記第 1 の偏光制御部の前記光学軸と前記第 2 の偏光制御部の前記光学軸とは互いに 90 度ずれていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 2】

第 1 のレーザ光源から直線偏光した第 1 のパルスレーザビームを射出し、

第 2 のレーザ光源から、前記第 1 のパルスレーザビームの偏光方向と 90 度異なる偏光方向を有する直線偏光した第 2 のパルスレーザビームを射出し、

前記第 1 のパルスレーザビームおよび前記第 2 のパルスレーザビームを同じ光路上に合成し、

前記合成されたパルスレーザビームを第 1 の偏光制御部および第 2 の偏光制御部を通過させ、

前記通過したパルスレーザビームを半導体膜のレーザ照射面で重ね合わせる半導体装置の作製方法であって、

前記第 1 の偏光制御部および前記第 2 の偏光制御部は、前記第 1 のパルスレーザビームの偏光方向および前記第 2 のパルスレーザビームの偏光方向のいずれにも 45 度の角度をなす光学軸を有する 1/4 波長板であり、

前記第 1 の偏光制御部と前記第 2 の偏光制御部の少なくとも一方が他方の全部または一部を挟むように複数に分割されており、

前記第 1 の偏光制御部の前記光学軸と前記第 2 の偏光制御部の前記光学軸とは互いに 90 度ずれていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【請求項 3】

第 1 のレーザ光源から偏光した第 1 のパルスレーザビームを射出し、

第 2 のレーザ光源から、前記第 1 のパルスレーザビームの偏光方向と異なる偏光方向を有する偏光した第 2 のパルスレーザビームを射出し、

前記第 1 のパルスレーザビームおよび前記第 2 のパルスレーザビームを同じ光路上に合成し、

前記合成されたパルスレーザビームを第 1 の偏光制御部および第 2 の偏光制御部を通過させ、

前記通過したパルスレーザビームを半導体膜のレーザ照射面で重ね合わせる半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、第 1 のレーザ光源からのパルスレーザビームと、第 2 のレーザ光源からのパルスレーザビームを同一の光路に案内してレーザ被照射体に照射するレーザ照射装置に関する。

10

20

30

40

50

## 【背景技術】

## 【0002】

従来において、所定の周波数でパルスレーザービームを射出するレーザー光源（レーザー共振器）を2つ用いて、これらレーザー共振器からのパルスレーザービームをレーザー被照射体（例えば、半導体基板）の所望の範囲に照射するレーザー照射装置が開発されている（例えば、下記の特許文献1）。図9は、このようなレーザー照射装置の構成例を示している。図9に示すように、レーザー照射装置は、2つのレーザー共振器31、32、パルス制御装置33、光路合成光学部材35、ビームエキスパンダ37、シリンドリカルレンズアレイ39およびコンデンサレンズ41を備える。

## 【0003】

第1のレーザー共振器31は、偏光方向が図9の紙面と垂直な方向である直線偏光のパルスレーザービームを所定の周波数で射出し、第2のレーザー共振器32は、偏光方向が図9の上下方向である直線偏光のパルスレーザービームを所定の周波数で射出する。

## 【0004】

パルス制御装置33は、第1のレーザー共振器31からパルスレーザービームが射出されるタイミングと、第2のレーザー共振器32からパルスレーザービームが射出されるタイミングとがずれるように、第1および第2のレーザー共振器31、32を制御する。

## 【0005】

光路合成光学部材35は、第1および第2のレーザー共振器31、32からのパルスレーザービームの偏光方向が90度ずれていることを利用して、これらパルスレーザービームを同一の光路へ案内する。光路合成光学部材35は、例えば、図9の紙面と垂直な方向に直線偏光したパルスレーザービームを反射させるが、図9の上下方向に直線偏光したパルスレーザービームを透過させる偏光ビームスプリッタである。このように、光路合成光学部材35により2つのレーザー共振器31、32からのパルスレーザービームを同一の光路に案内し、これにより、パルスレーザービームの周波数を倍にし、パルスレーザービームのパワーを上げることができる。

## 【0006】

ビームエキスパンダ37は、光路合成光学部材35から各パルスレーザービームの形状を横長に調節する。ビームエキスパンダ37を通過した各パルスレーザービームは、その進行方向と垂直な断面形状がレーザー被照射体（例えば、半導体基板）上のレーザー照射面において、横長（例えば、線状または矩形）になるように調節される。図9の例では、上記断面形状が図9の上下方向に横長になるように調節される。

## 【0007】

シリンドリカルレンズアレイ39は、入射されるパルスレーザービームを複数のビームに分割し、コンデンサレンズ41は、これら分割された複数のビームをレーザー被照射体上のレーザー照射面で重ね合わせる。なお、符号43は、図1の紙面と垂直な方向に関してパルスレーザービームをレーザー照射面において集光させる短辺方向集光レンズを示す。

## 【0008】

上述のレーザー照射装置によりパルスレーザービームが順次半導体基板表面に照射されている時に、半導体基板を図9の紙面に垂直な方向へ搬送する。これにより、半導体基板表面における所望の範囲にわたってパルスレーザービームが照射される。なお、特許文献1以外の他の先行技術文献としては、例えば下記特許文献2がある。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0009】

【特許文献1】特開2007-110064号公報（図14）

【特許文献2】特開2004-95792号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0010】

10

20

30

40

50

図9のレーザ照射装置を用いて、半導体基板に対しレーザ照射を行うことで、半導体基板のレーザアニール処理を行う場合、パルスレーザビーム毎に偏光状態が異なることで、パルスレーザビーム毎の偏光状態の違いがレーザ照射体に悪影響を与える可能性がある。

【0011】

半導体基板表面のレーザ照射面に対してS偏光であるパルスレーザビームのみをこの非晶質半導体基板の所望範囲に照射してレーザアニールを行った場合と、半導体基板表面のレーザ照射面に対してP偏光であるパルスレーザビームのみをこの非晶質半導体基板の所望範囲に照射してレーザアニールを行った場合とでは、結晶化された半導体の結晶粒の平均寸法が異なる。ここでS偏光とは図9のレーザ照射面においてビームの電場方向が紙面の上下方向に平行な偏光状態を指し、P偏光とはビームの電場方向が紙面の垂直方向に平行な偏光状態を指す。図10は、この違いを示すグラフである。図10において、横軸は、非晶質半導体基板の表面に照射されるパルスレーザビームのエネルギー密度を示し、縦軸は、レーザアニールにより結晶化された半導体結晶粒の平均寸法を示し、正方形は、S偏光であるパルスレーザビームのみをこの非晶質半導体基板に照射した場合の各測定結果を示し、菱形は、P偏光であるパルスレーザビームのみをこの非晶質半導体基板に照射した場合の各測定結果を示している。図10から分かるように、S偏光のパルスレーザビームにより成長した半導体結晶粒の寸法と、P偏光のパルスレーザビームにより成長した半導体結晶粒の寸法とは異なる。従って、S偏光のパルスレーザビームとP偏光のパルスレーザビームが交互に半導体基板に照射されると、S偏光のパルスレーザビームが照射された領域とP偏光のパルスレーザビームが照射された領域とが生じる場合がある。その結果、結晶粒寸法が不均一になる可能性があり、安定した結晶性半導体が得られない可能性がある。このように、パルスレーザビーム毎の偏光状態の違いがレーザ照射体に悪影響を与える可能性がある。

10

20

【0012】

そこで、本発明の目的は、2つのレーザ光源からのパルスレーザビームを同一の光路に案内してレーザ被照射体に照射する場合に、パルスレーザビーム毎の偏光状態の違いがレーザ照射体に与える影響を無くしまたは大幅に低減できるレーザ照射装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的を達成するため、本発明によると、偏光したパルスレーザビームを射出する第1のレーザ光源と、

第1のレーザ光源からのパルスレーザビームと異なる偏光状態のパルスレーザビームを射出する第2のレーザ光源と、

該第1および第2のレーザ光源からのパルスレーザビームを同じ光路上に案内する光路合成光学部材と、を備えるレーザ照射装置であって、

前記光路合成光学部材からのパルスレーザビームの偏光状態を制御する偏光制御部材を備え、

該偏光制御部材は、前記パルスレーザビームの進行方向と直交する配置方向に配置され、前記パルスレーザビームのビーム成分がそれぞれ通過する第1および第2の偏光制御部を有し、

第1の偏光制御部を通過した前記ビーム成分と、第2の偏光制御部を通過した前記ビーム成分とが、それぞれ互いに異なる偏光状態となるように、第1および第2の偏光制御部が形成されており、

前記互いに異なる偏光状態の前記ビーム成分同士をレーザ被照射体上のレーザ照射面で重ね合わせるビーム重ね合わせ光学部材を備える、ことを特徴とするレーザ照射装置が提供される。

40

【0014】

上記構成では、第1および第2のレーザ光源から射出された偏光状態が異なるパルスレーザビームを同一の光路上に案内してレーザ被照射体に照射する場合に、第1および第2

50

のレーザ光源から射出されるパルスレーザビームのいずれも、偏光制御部材によりそれぞれ互いに異なる偏光状態（第1偏光状態と第2偏光状態）の複数のビーム成分に分離され、ビーム重ね合わせ光学部材により前記互いに異なる偏光状態の前記ビーム成分同士がレーザ被照射体上のレーザ照射面で重ね合わされるので、いずれのパルスレーザビームも、レーザ照射面上で第1偏光状態と第2偏光状態とが混在した状態となる。これにより、パルスレーザビーム毎の偏光状態の違いがレーザ照射体に与える影響を無くしまたは大幅に低減できる。

【0015】

本発明の好ましい実施形態によると、第1の偏光制御部を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量と、第2の偏光制御部を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量とが同じまたはほぼ同じになるように、前記配置方向における第1の偏光制御部の長さ、および、前記配置方向における第2の偏光制御部の長さが設定されている。

10

【0016】

このように、第1の偏光制御部を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量と、第2の偏光制御部を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量とが同じまたはほぼ同じになるように、前記配置方向における第1の偏光制御部の長さ、および、前記配置方向における第2の偏光制御部の長さが設定されているので、第1および第2のレーザ光源から射出されるパルスレーザビームのいずれについても、レーザ照射面上において、第1偏光状態のビーム成分のエネルギーと第2偏光状態のビーム成分のエネルギーとを同じにできる。これにより、一層安定したレーザ照射（例えば、半導体基板のレーザアニール）が可能となる。

20

【0017】

本発明の好ましい実施形態によると、第1の偏光制御部と第2の偏光制御部のすくなくとも一方が、他方の全部または一部を前記配置方向に挟むように複数に分割されている。

【0018】

このように、第1の偏光制御部と第2の偏光制御部のすくなくとも一方が、他方の全部または一部を前記配置方向に挟むように複数に分割されていてもよい。この構成であっても、上述と同様の効果が得られる。

【0019】

本発明の好ましい実施形態によると、第1のレーザ光源と第2のレーザ光源とは、それぞれ互いに偏光方向が90度ずれて直線偏光したパルスレーザビームを射出し、

30

第1の偏光制御部は、第1のレーザ光源および第2のレーザ光源からの前記ビーム成分の偏光方向を90度回転させる1/2波長板であり、

第2の偏光制御部は第1のレーザ光源および第2のレーザ光源からの前記ビーム成分の偏光状態を変えないように形成されている。

【0020】

このように、第1の偏光制御部の1/2波長板により、これを通過したビーム成分は偏光方向を90度回転し、第2の偏光制御部はこれを通過したビーム成分の偏光状態を変えない。これにより、各パルスレーザビームについて、第1の偏光制御部を通過した前記ビーム成分と、第2の偏光制御部を通過した前記ビーム成分とを、それぞれ互いに異なる偏光状態にすることができる。

40

【0021】

好ましくは、第2の偏光制御部は、内部でパルスレーザビームが進行する光路長が第1の偏光制御部と同じとなる材質で形成されている。

【0022】

このように、第2の偏光制御部は、内部でパルスレーザビームが進行する光路長が第1の偏光制御部と同じとなる材質で形成されているので、第1の偏光制御部内でビームが進行する光路長と第2偏光制御部内でビームが進行する光路長との差が生じることがなく、光路長の差による悪影響（例えば、レーザ照射面での結像位置エラー）を防止できる。

【0023】

50

本発明の別の実施形態によると、第1のレーザ光源と第2のレーザ光源とは、それぞれ互いに偏光方向が90度ずれて直線偏光したパルスレーザビームを射出し、

第1および第2の偏光制御部は、第1のレーザ光源からのパルスレーザビームの前記偏光方向と第2のレーザ光源からのパルスレーザビームの前記偏光方向とのいずれにも45度の角度をなす光学軸を持つ1/4波長板であり、

第1の偏光制御部の前記光学軸と第2の偏光制御部の前記光学軸とは互いに90度ずれている。

【0024】

1/4波長板の光学軸が直線偏光レーザの偏光方向と一方の側に45度の角度をなすと、この1/4波長板は、通過する当該レーザを、偏光方向が第1方向に回転する円偏光にする。1/4波長板の光学軸が直線偏光レーザの偏光方向と他方の側に45度の角度をなすと、この1/4波長板は、通過する当該レーザを、偏光方向が前記第1方向と逆方向に回転する円偏光にする。

従って、上記構成では、第1および第2の偏光制御部は、第1のレーザ光源からのパルスレーザビームの前記偏光方向と第2のレーザ光源からのパルスレーザビームの前記偏光方向とのいずれにも45度の角度をなす光学軸を持つ1/4波長板であり、第1の偏光制御部の前記光学軸は第2の偏光制御部の前記光学軸とは互いに90度ずれているので、第1の偏光制御部を通過したビーム成分と、第2の偏光制御部を通過したビーム成分とが、互いに逆方向に偏光方向が回転する円偏光状態となる。これにより、第1の偏光制御部を通過した前記ビーム成分と、第2の偏光制御部を通過した前記ビーム成分とを、それぞれ互いに異なる偏光状態にすることができる。

【発明の効果】

【0025】

上述した本発明によると、2つのレーザ光源からのパルスレーザビームを同一の光路に案内してレーザ被照射体に照射する場合に、パルスレーザビーム毎の偏光状態の違いがレーザ照射体に与える影響を無くしまたは大幅に低減できる。これにより、本発明のレーザ照射装置を用いて、半導体基板にレーザ照射を行うことで、安定した結晶性半導体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の第1実施形態によるレーザ照射装置の構成図である。

【図2】図1の部分IIの拡大図である。

【図3】レーザ照射面における各ビーム成分のエネルギー密度分布とこれらエネルギー密度分布を重ね合わせたエネルギー分布を示している。

【図4】第1実施形態により得られる効果を示すためのレーザ照射面の電子顕微鏡画像である。

【図5】第1実施形態により得られる効果を示すためのレーザ照射面の光学顕微鏡画像である。

【図6】図1の部分IIの拡大図であるが、本発明の第2実施形態の場合を示している。

【図7】本発明の他の実施形態による偏光制御部材の変形例を示している。

【図8】本発明のさらに別の実施形態による偏光制御部材とシリンドリカルレンズアレイの変形例を示している。

【図9】2つのレーザ共振器を用いたレーザ照射装置の構成図である。

【図10】半導体基板に対するレーザアニールにおいて、偏光方向による半導体結晶寸法の違いを示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明を実施するための最良の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【0028】

10

20

30

40

50

[ 第 1 実施形態 ]

図 1 は、本発明の第 1 実施形態によるレーザ照射装置 10 の構成図である。図 2 は図 1 における「II」の部分の拡大図である。図 1 に示すように、レーザ照射装置 10 は、第 1 および第 2 のレーザ光源 3、4、パルス制御装置 5、光路合成光学部材 7、ビームエキスパンダ 8、偏光制御部材 9、ビーム重ね合わせ光学部材 11 を備える。

【 0029 】

第 1 のレーザ光源 3 は、偏光したパルスレーザビームを所定の周波数で射出するレーザ共振器である。第 2 のレーザ光源 4 は、第 1 のレーザ光源 3 からのパルスレーザビームと異なる偏光状態のパルスレーザビームを所定の周波数で射出するレーザ共振器である。この例では、第 1 のレーザ光源 3 がパルスレーザビームを射出する周波数は、第 2 のレーザ光源 4 がパルスレーザビームを射出する周波数と同じである。本実施形態では、第 1 のレーザ光源 3 は、偏光方向が図 1、図 2 の紙面と垂直な方向である直線偏光（以下、第 1 直線偏光状態という）のパルスレーザビームを所定の周波数で射出し、第 2 のレーザ光源 4 は、偏光方向が図 1、図 2 の上下方向である直線偏光（以下、第 2 直線偏光状態という）のパルスレーザビームを所定の周波数で射出する。

10

【 0030 】

パルス制御装置 5 は、第 1 のレーザ共振器 3 からパルスレーザビームが射出されるタイミングと、第 2 のレーザ共振器 4 からパルスレーザビームが射出されるタイミングとがずれるように、第 1 および第 2 のレーザ共振器 3、4 を制御する。

【 0031 】

光路合成光学部材 7 は、第 1 および第 2 のレーザ光源 3、4 からのパルスレーザビームを同じ光路上に案内する。これにより、パルスレーザビームの周波数を倍にし、パルスレーザビームのパワーを上げることができる。光路合成光学部材 7 は、図 9 に示す光路合成光学部材 35 と同じものであってよい。図 1 の例では、光路合成光学部材 7 は、第 1 のレーザ共振器 3 からのパルスレーザビームを反射し、第 2 のレーザ共振器 4 からのパルスレーザビームを透過させる偏光ビームスプリッタである。

20

【 0032 】

ビームエキスパンダ 8 は、光路合成光学部材 7 から各パルスレーザビームの形状を横長になるように調節する。ビームエキスパンダ 8 を通過した各パルスレーザビームは、その進行方向と垂直な断面形状がレーザ被照射体上のレーザ照射面において、横長（例えば、線状または矩形）になるように調節される。図 1、図 2 では、図 1、図 2 の上下方向に横長になるように調節される。

30

【 0033 】

偏光制御部材 9 は、光路合成光学部材 7、ビームエキスパンダ 8 からのパルスレーザビームの偏光状態を制御する。偏光制御部材 9 は、パルスレーザビームの進行方向と直交する配置方向（図 2 の上下方向）に配置され、光路合成光学部材 7 からのパルスレーザビームのビーム成分がそれぞれ通過する第 1 および第 2 の偏光制御部 13、15 を有する。第 1 の偏光制御部 13（図 2 において斜線で示される部分）を通過した前記ビーム成分と、第 2 の偏光制御部 15 を通過した前記ビーム成分とが、それぞれ互いに異なる第 1 偏光状態と第 2 偏光状態となるように、第 1 および第 2 の偏光制御部 13、15 が形成されている。第 1 の偏光制御部 13 と第 2 の偏光制御部 15 のすくなくとも一方が、他方の全部または一部を前記配置方向に挟むように複数に分割されていてよい。図 2 の例では、第 1 の偏光制御部 13 は 3 つの偏光制御要素 13a、13b、13c に分割され、第 2 の偏光制御部 15 は 2 つの偏光制御要素 15a、15b に分割されており、偏光制御要素 13a、13b が前記配置方向に偏光制御要素 15a を挟み、偏光制御要素 13a、13c が配置方向に偏光制御要素 15b を挟み、偏光制御要素 15a、15b が配置方向に偏光制御要素 13a を挟むようにこれらが配置されている。

40

本実施形態では、第 1 の偏光制御部 13 を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量と、第 2 の偏光制御部 15 を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量とが同じまたはほぼ同じになるように、前記配置方向における第 1 の偏光制御部 13 の長さ、および、前記配

50

置方向における第2の偏光制御部15の長さが設定されている。

また、本実施形態では、第1の偏光制御部13（偏光制御要素13a～13c）は1/2波長板であり、第2の偏光制御部15（偏光制御要素15a, 15b）は通過するビーム成分の偏光状態を変えない波長板（全波長板）または石英板である。1/2波長板13、13a～13cは、第1のレーザ共振器3からのパルスレーザビームの偏光方向も第2のレーザ共振器4からのパルスレーザビームの偏光方向も90度回転させるように配置される。即ち、1/2波長板の光学軸が、第1のレーザ共振器3からのパルスレーザビームの偏光方向に対し45度となるようにし、第2のレーザ共振器4からのパルスレーザビームの偏光方向に対しても45度となるようにすることで、いずれのレーザ共振器3, 4からのパルスレーザビームの偏光方向も1/2波長板13により、偏光方向が90度回転させられる。これにより、第1直線偏光状態のビーム成分が、1/2波長板13を通過すると第2直線偏光状態（第2偏光状態）となり、第2直線偏光状態のビーム成分が、1/2波長板13を通過すると第1直線偏光状態（第1偏光状態）となる。

10

第2の偏光制御部15, 15a, 15bは、パルスレーザビームが透過し、内部でパルスレーザビームが進行する光路長が第1の偏光制御部13と同じとなる材質で形成されている。即ち、第2の偏光制御部15の材質は第1の偏光制御部13の材質と同じである。例えば、第2の偏光制御部15は、全波長板または石英で形成された石英板であってよい。従って、第1直線偏光状態のビーム成分が、第2の偏光制御部15を通過すると第1直線偏光状態（第1偏光状態）のままであり、第2直線偏光状態のビーム成分が、第2の偏光制御部15を通過すると第2直線偏光状態（第2偏光状態）のままである。

20

#### 【0034】

ビーム重ね合わせ光学部材11は、第1偏光状態の前記ビーム成分と、第2偏光状態の前記ビーム成分とを、レーザ被照射体上のレーザ照射面で重ね合わせる。本実施形態では、ビーム重ね合わせ光学部材11は、シリンダリカルレンズアレイ17と、コンデンサレンズ18とで構成される。シリンダリカルレンズアレイ17は、前記配置方向に配置された複数の凸シリンダリカルレンズ17aを有する。従って、シリンダリカルレンズアレイ17に入射したパルスレーザビームは、複数の凸シリンダリカルレンズ17aにより複数のビームに分割される。これら分割された複数のビームは、コンデンサレンズ18によりレーザ被照射体上のレーザ照射面で重ね合わされる。これにより、ビーム重ね合わせ光学部材11を通過する前のパルスレーザビームが、不均一なエネルギー密度分布を持っていても、レーザ被照射体上のレーザ照射面において、均一なまたは均一に近いエネルギー密度分布を有するようになる。図2の例では、各偏光制御要素13a, 13b, 13c, 15a, 15dに対応して、これらと同数の凸シリンダリカルレンズ17aが設けられる。これにより、各凸シリンダリカルレンズ17aを通過した各偏光制御要素からのビーム成分は、コンデンサレンズ18によりレーザ照射面におけるレーザ照射領域全体に照射される。

30

なお、レーザ被照射体は、本実施形態では半導体基板である。半導体基板は、シリコンウエハなどの半導体で形成された基板や、絶縁性基板の表面に半導体膜が形成されたものを意味する。また、符号12は、図1の紙面と垂直な方向に関してパルスレーザビームをレーザ照射面において集光させる短辺方向集光レンズを示す。

40

#### 【0035】

次に上述の構成を有するレーザ照射装置10の作用について説明する。偏光制御部材9からの第1偏光状態のビーム成分と第2偏光状態のビーム成分が、そのエネルギー密度分布がそれぞれレーザ照射面上においてレーザ照射領域全体にわたって引き延ばされるようにレーザ照射面に照射させる。これにより、レーザ照射領域の各位置において、第1偏光状態と第2偏光状態とが混在した状態となる。

上述のように、第1直線偏光状態のビーム成分が、1/2波長板（偏光制御要素13a～13c）を通過すると第2直線偏光状態（第2偏光状態）となり、第2直線偏光状態のビーム成分が、1/2波長板を通過すると第1直線偏光状態（第1偏光状態）となる一方、偏光制御要素15a, 15bは通過するビーム成分の偏光状態を変えない。従って、第

50

1 直線偏光状態のパルスレーザービームおよび第2直線偏光状態のパルスレーザービームのいずれも、偏光制御部材9を通過することで、第1偏光状態のビーム成分と第2偏光状態のビーム成分との両方を持つようになる。

図2において、偏光制御部材9を通過する前のパルスレーザービームのエネルギー密度分布を、偏光制御要素13a~13c、15a、15bの位置に対応させて示している。図2に示すエネルギー密度分布を有する第1直線偏光状態のパルスレーザービームが、偏光制御部材9を通過すると、各偏光制御要素13a、13b、13c、15a、15bを通過したビーム成分のエネルギー密度分布は、それぞれ、ビーム重ね合わせ光学部材11の作用により、レーザー照射面上において図3の(a)~(e)に示すエネルギー密度分布となる。図3において、各縦軸は、レーザー照射面上における前記配置方向の位置を示し、各横軸は、ビーム成分のエネルギー密度を示す。詳しく説明すると、図3において、(a)は偏光制御要素13aを通過した第2偏光状態のビーム成分がレーザー照射面上において有するエネルギー密度分布を示し、(b)は偏光制御要素13bを通過した第2偏光状態のビーム成分がレーザー照射面上において有するエネルギー密度分布を示し、(c)は偏光制御要素13cを通過した第2偏光状態のビーム成分がレーザー照射面上において有するエネルギー密度分布を示し、(d)は偏光制御要素15aを通過した第1偏光状態のビーム成分がレーザー照射面上において有するエネルギー密度分布を示し、(e)は偏光制御要素15bを通過した第1偏光状態のビーム成分がレーザー照射面上において有するエネルギー密度分布を示し、(f)は、これら(a)~(e)のエネルギー密度分布を重ね合わせた概略エネルギー密度分布を示す。このようなエネルギー密度分布により、レーザー照射面上のレーザー照射領域の各位置で第1偏光状態と第2偏光状態とが混在した状態となる。

また、本実施形態では、図3において、(a)、(b)、(c)のエネルギー総量と(d)、(e)のエネルギー総量とが同じになっている。

#### 【0036】

また、図2と図3は第1直線偏光状態のパルスレーザービームが偏光制御部材9を通過する場合を示したが、第2偏光状態のパルスレーザービームが偏光制御部材9を通過する場合も同様である。この場合、図3において、(a)は偏光制御要素13aを通過した第1偏光状態のビーム成分のエネルギー密度分布となり、(b)は偏光制御要素13bを通過した第1偏光状態のビーム成分のエネルギー密度分布となり、(c)は偏光制御要素13cを通過した第1偏光状態のビーム成分のエネルギー密度分布となり、(d)は偏光制御要素15aを通過した第2偏光状態のビーム成分のエネルギー密度分布となり、(e)は偏光制御要素15bを通過した第2偏光状態のビーム成分のエネルギー密度分布となる。

#### 【0037】

なお、レーザー照射装置10によりレーザー被照射体上のレーザー照射面にパルスレーザービームを照射しながら、図示しない搬送装置によりレーザー被照射体を、図1、2の紙面と垂直な方向に搬送する。これにより、レーザー被照射体上の所望の範囲にわたってパルスレーザービームが照射される。

#### 【0038】

上述した本発明の第1実施形態によるレーザー照射装置10によると、第1および第2のレーザー光源3、4から射出された偏光状態が異なるパルスレーザービームを同一の光路上に案内してレーザー被照射体に照射する場合に、第1および第2のレーザー光源3、4から射出されるパルスレーザービームのいずれも、偏光制御部材9によりそれぞれ互いに異なる偏光状態(第1偏光状態と第2偏光状態)の複数のビーム成分に分離され、ビーム重ね合わせ光学部材11により前記互いに異なる偏光状態の前記ビーム成分同士がレーザー被照射体上のレーザー照射面で重ね合わされるので、いずれのパルスレーザービームも、レーザー照射面上で第1偏光状態と第2偏光状態とが混在した状態となる。これにより、パルスレーザービーム毎の偏光状態の違いがレーザー照射体に与える影響を無くしまたは大幅に低減できる。

#### 【0039】

また、第1の偏光制御部13を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量と、第2の偏光制御部15を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量とが同じまたはほぼ同じになる

10

20

30

40

50

ように、前記配置方向における第1の偏光制御部13の長さ、および、前記配置方向における第2の偏光制御部15の長さが設定されているので、第1および第2のレーザ光源3, 4から射出されるパルスレーザビームのいずれについても、レーザ照射面上において、第1偏光状態のビーム成分のエネルギー総量と第2偏光状態のビーム成分のエネルギー総量とを同じにできる。これにより、一層安定したレーザ照射（例えば、半導体基板のレーザアニール）が可能となる。

#### 【0040】

さらに、第2の偏光制御部15は、内部でパルスレーザビームが進行する光路長が第1の偏光制御部13と同じとなる材質で形成されているので、第1の偏光制御部13内でビームが進行する光路長と第2偏光制御部内でビームが進行する光路長さとの差が生じることがなく、光路長の差による悪影響（例えば、レーザ照射面での結像位置エラー）を防止できる。

10

#### 【0041】

（実施例）

図4、図5は、第1実施形態により得られる効果を示すためのレーザ照射面の画像である。図4は電子顕微鏡画像であり、図5は、光学顕微鏡画像である。

図4、図5の各々において、比較の対象となる上側の(A)~(C)の画像は、偏光制御部材9を用いずに半導体基板にレーザ照射して得られた半導体基板上のレーザ照射面の画像であり、このうち、(A)は、P偏光のパルスレーザビームで照射した場合であり、(B)は、S偏光のパルスレーザビームを照射した場合であり、(C)は、P偏光とS偏光のパルスレーザビームを合成したものを照射した場合（即ち、図1において偏光制御部材9を省略した構成でレーザ照射を行った場合）の低倍率の画像である。

20

一方、図4、図5の各々において、本実施形態に対応する下側の(D)~(F)の画像は、偏光制御部材9を用いて半導体基板にレーザ照射して得られた半導体基板上のレーザ照射面の画像であり、このうち、(D)は、P偏光のパルスレーザビームで照射した場合（即ち、図1において、第1および第2のレーザ光源3、4のうち第1のレーザ光源3を使用した場合）であり、(E)は、S偏光のパルスレーザビームを照射した場合（即ち、図1において、第1および第2のレーザ光源3、4のうち第2のレーザ光源4を使用した場合）であり、(F)は、P偏光とS偏光のパルスレーザビームを合成したものを照射した場合（即ち、図1の構成でレーザ照射を行った場合）の低倍率の画像である。

30

比較すると、図4、図5において、(A)と(B)とでは偏光状態による違いがあるため、(C)のように、合成パルスレーザビームでは偏光状態の違いに起因するムラが発生する。これに対し、本実施形態の場合には、(D)と(E)とでは偏光状態による違いがほとんど無いため、(F)のように、合成パルスレーザビームでは偏光状態の違いに起因するムラが無くなる。

#### 【0042】

[第2実施形態]

本発明の第2実施形態によるレーザ照射装置は、偏光制御部材の構成が第1実施形態の偏光制御部材9の構成と異なる。第2実施形態の他の構成は、第1実施形態の場合と同じであってよい。図6は、図1における部分「II」の拡大図であるが、第2実施形態の構成を示す。

40

#### 【0043】

偏光制御部材19の構成のうち第1実施形態と同様である部分について説明する。

図6に示すように、偏光制御部材19は、光路合成光学部材7からのパルスレーザビームの偏光状態を制御する。偏光制御部材19は、前記配置方向（図4の上下方向）に配置され、光路合成光学部材7からのパルスレーザビームのビーム成分がそれぞれ通過する第1および第2の偏光制御部21, 23を有する。第1の偏光制御部21を通過した前記ビーム成分と、第2の偏光制御部23を通過した前記ビーム成分とが、それぞれ互いに異なる第1偏光状態と第2偏光状態となるように、第1および第2の偏光制御部21, 23が形成されている。第1の偏光制御部21と第2の偏光制御部23のすくなくとも一方が、

50

他方の全部または一部を前記配置方向に挟むように複数に分割されていてよい。図6の例では、第1の偏光制御部21は3つの偏光制御要素21a~21cに分割され、第2の偏光制御部23は2つの偏光制御要素23a, 23bに分割されており、偏光制御要素21a, 21bが配置方向に偏光制御要素23aを挟み、偏光制御要素21a, 21cが配置方向に偏光制御要素23bを挟み、偏光制御要素23a, 23bが配置方向に偏光制御要素21aを挟むようにこれらが配置されている。

また、第1の偏光制御部21を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量と、第2の偏光制御部23を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量とが同じまたはほぼ同じになるように、前記配置方向における第1の偏光制御部21の長さ、および、前記配置方向における第2の偏光制御部23の長さが設定されている。

10

#### 【0044】

偏光制御部材19の構成のうち第1実施形態と異なる部分について説明する。

第2実施形態によると、偏光制御部材19の第1および第2の偏光制御部21, 23は、第1のレーザ光源3からのパルスレーザビームの前記偏光方向(図6の紙面と垂直な方向)と第2のレーザ光源4からのパルスレーザビームの前記偏光方向(図6の上下方向)とのいずれにも45度の角度をなす光学軸を持つ1/4波長板である。第1の偏光制御部21の前記光学軸と第2の偏光制御部23の前記光学軸とは互いに90度ずれている。

従って、第1のレーザ共振器3からの第1直線偏光状態のビーム成分が、第1の偏光制御部21を通過すると、偏光方向が図6の矢印Aの向きに回転する円偏光(第1偏光状態)のビーム成分となる。図6は、第1直線偏光状態のパルスレーザが偏光制御部材19に入射する場合を示しているが、第2のレーザ共振器4からの第2直線偏光状態のビーム成分が、第1の偏光制御部21を通過した場合には、偏光方向が図6の矢印Aと逆向きである図6の矢印Bの向きに回転する円偏光(第2偏光状態)のビーム成分となる。一方、第1のレーザ共振器3からの第1直線偏光状態のビーム成分が、第2の偏光制御部23を通過すると、偏光方向が図6の矢印Aと逆向きである矢印Bの向きに回転する円偏光(第2偏光状態)のビーム成分となる。図6は、第1直線偏光状態のパルスレーザが偏光制御部材19に入射する場合を示しているが、第2のレーザ共振器4からの第2直線偏光状態のビーム成分が、第2の偏光制御部23を通過した場合には、偏光方向が図6の矢印Aの向きに回転する円偏光(第1偏光状態)のビーム成分となる。

20

#### 【0045】

上述した第2実施形態のレーザ照射装置によると、第1および第2のレーザ光源3, 4から射出されるパルスレーザビームのいずれも、光路合成光学部材7により第1偏光状態のビーム成分と第2偏光状態のビーム成分とに分離され、ビーム重ね合わせ光学部材11により第1偏光状態の前記ビーム成分と第2偏光状態の前記ビーム成分とをレーザ被照射体上のレーザ照射面で重ね合わされるので、いずれのパルスレーザビームも、レーザ照射面上で第1偏光状態と第2偏光状態とが混在した状態となる。これにより、パルスレーザビーム毎の偏光状態の違いがレーザ照射体に与える影響を無くしまたは大幅に低減できる。

この効果以外について、第1実施形態において上述したレーザ照射装置10の効果、作用と同様の効果、作用が第2実施形態でも得られる。

30

#### 【0046】

[他の実施形態]

第1実施形態または第2実施形態において、以下の変形例を採用することができる。以下において、第1実施形態の変形例について説明するが、第2実施形態においても同じ変形例を採用できる。

第1実施形態の偏光制御部材9は、図7(A)~(C)のように、偏光制御要素13a, 13bと偏光制御要素15a, 15b, 15cとにより構成されていてよい。(A)では、偏光制御部材9は、2つの偏光制御要素13a, 13bと1つの偏光制御要素15aを有し、(B)では、偏光制御部材9は、1つの偏光制御要素13aを有し1つの偏光制御要素15aを有し、(C)では、偏光制御部材9は、2つの偏光制御要素13a, 13bを有し3つの偏光制御要素15a, 15b, 15cを有する。図7(A)~(C)に

40

50

において、前記配置方向における偏光制御要素 13 a , 13 b を合わせた第 1 の偏光制御部 13 の長さ、および、前記配置方向における偏光制御要素 15 a , 15 b , 15 c を合わせた第 2 の偏光制御部 15 の長さは、上述のように、第 1 の偏光制御部 13 を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量と、第 2 の偏光制御部 15 を通過する前記ビーム成分のエネルギー総量とが同じまたはほぼ同じになるように設定される。

また、第 1 実施形態において、図 8 に示すように、第 1 の偏光制御部 13 は、1 つの偏光制御要素 13 a により構成され、第 2 の偏光制御部 15 も 1 つの偏光制御要素 15 a により構成されている。偏光制御要素 13 a の前記配置方向における幅  $W a 1$  および偏光制御要素 15 b の前記配置方向における幅  $W a 2$  (図 8 では、 $W a 1 = W a 2$ ) を、シリンドリカルレンズアレイ 17 の凸シリンドリカルレンズ 17 a の幅  $W b$  の  $n$  倍 (ただし、 $n$  は 2 以上の整数) にすることができる。この場合、偏光制御部材 9 へのパルスレーザービームの入射面における当該ビームの前記配置方向の幅  $W c$  を、凸シリンドリカルレンズ 17 a の幅  $W b$  の  $m$  倍 (ただし、 $m$  は 2 以上の整数) にすることが好ましい。これにより、偏光制御要素 13 a , 15 a の数を少なくできるだけでなく、各偏光制御要素 13 a , 15 a を通過したビーム成分が、前記配置方向に関して、レーザー照射面上におけるレーザー照射領域全体にわたって照射されるようにできる。これにより、偏光制御要素 13 a , 15 a の数を少なくしても、レーザー照射領域において第 1 偏光状態または第 2 偏光状態のエネルギー密度が相対的に高くなる部分が生じることを防げる。図 8 の例では、偏光制御要素 13 および偏光制御要素 15 がそれぞれ 1 つずつ設けられた場合であるが、他の数の偏光制御要素を設ける場合も、 $W a 1 = n 1 \times W b$  ,  $W a 2 = n 2 \times W b$  、 $W c = m \times W b$  (ただし、 $n 1$  ,  $n 2$  ,  $m$  は 2 以上の整数) とすることで、同様の効果が得られる。

10

20

#### 【0047】

本発明は上述した実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更を加え得ることは勿論である。

#### 【0048】

例えば、図 2 の上下方向に、第 1 の偏光制御部 13 (偏光制御要素 13 a ~ 13 c) と第 2 の偏光制御部 15 (偏光制御要素 15 a , 15 b) を配列したが、本発明はこれに限定されない。例えば、図 2 において、偏光制御部材 9 に入射するパルスレーザービームのその進行方向と垂直な断面形状が、図 2 の紙面と垂直な方向にも広がりを持つ場合には、第 1 の偏光制御部 13 (偏光制御要素 13 a ~ 13 c) と第 2 の偏光制御部 15 (偏光制御要素 15 a , 15 b) を図 2 の上下方向と同様に図 2 の紙面と垂直な方向にも配列してよい。図 6 など他の場合も同様である。

30

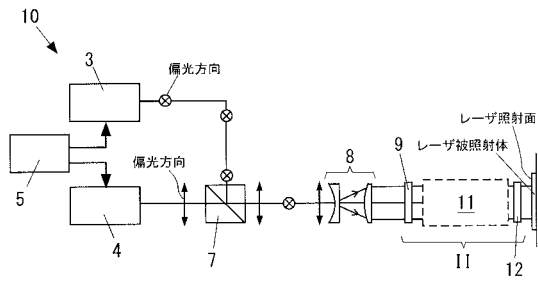
#### 【符号の説明】

#### 【0049】

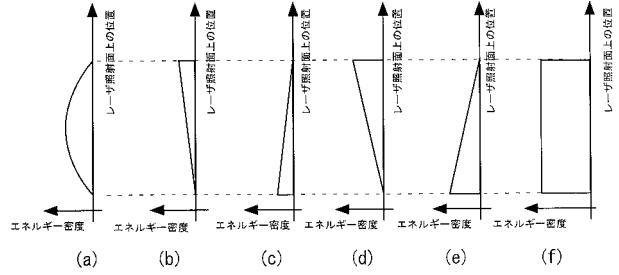
3・・・第 1 のレーザー共振器 (第 1 のレーザー光源)、4・・・第 2 のレーザー共振器 (第 2 のレーザー光源)、5・・・パルス制御装置、7・・・光路合成光学部材、8・・・ビームエキスパンダ、9・・・偏光制御部材、10・・・レーザー照射装置、11・・・ビーム重ね合わせ光学部材、12・・・短辺方向集光レンズ、13・・・第 1 の偏光制御部、13 a , 13 b , 13 c・・・偏光制御要素、15・・・第 2 の偏光制御部、15 a , 15 b・・・偏光制御要素、17・・・シリンドリカルレンズアレイ、17 a・・・凸シリンドリカルレンズ、18・・・コンデンサレンズ、19・・・偏光制御部材、21・・・第 1 の偏光制御部、21 a , 21 b , 21 c・・・偏光制御要素、23・・・第 2 の偏光制御部、23 a , 23 b・・・偏光制御要素

40

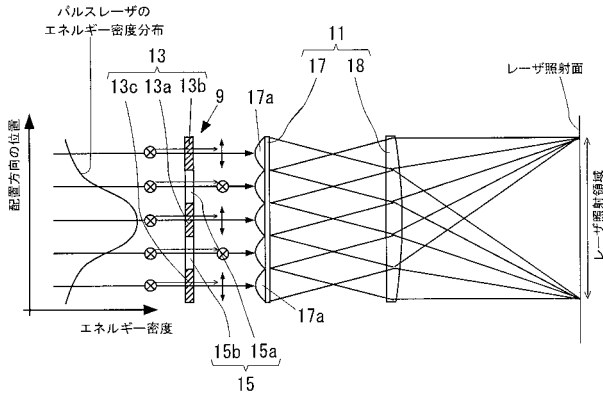
【 図 1 】



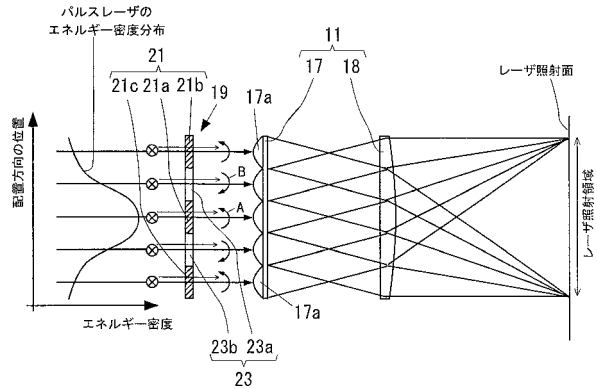
【 図 3 】



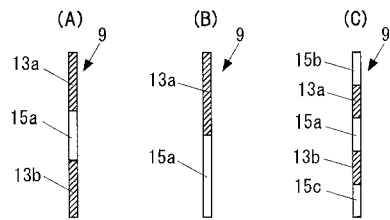
【 図 2 】



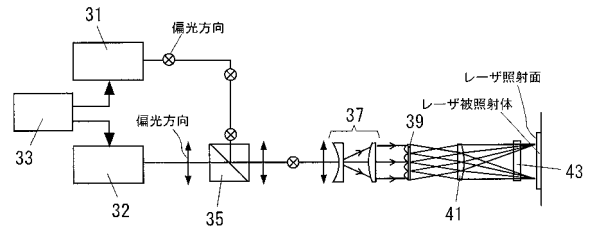
【 図 6 】



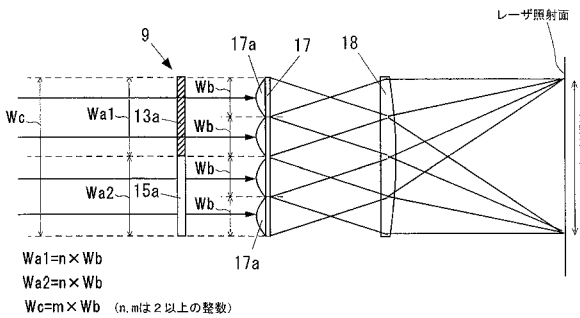
【 図 7 】



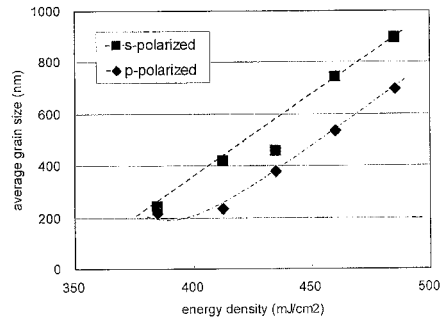
【 図 9 】



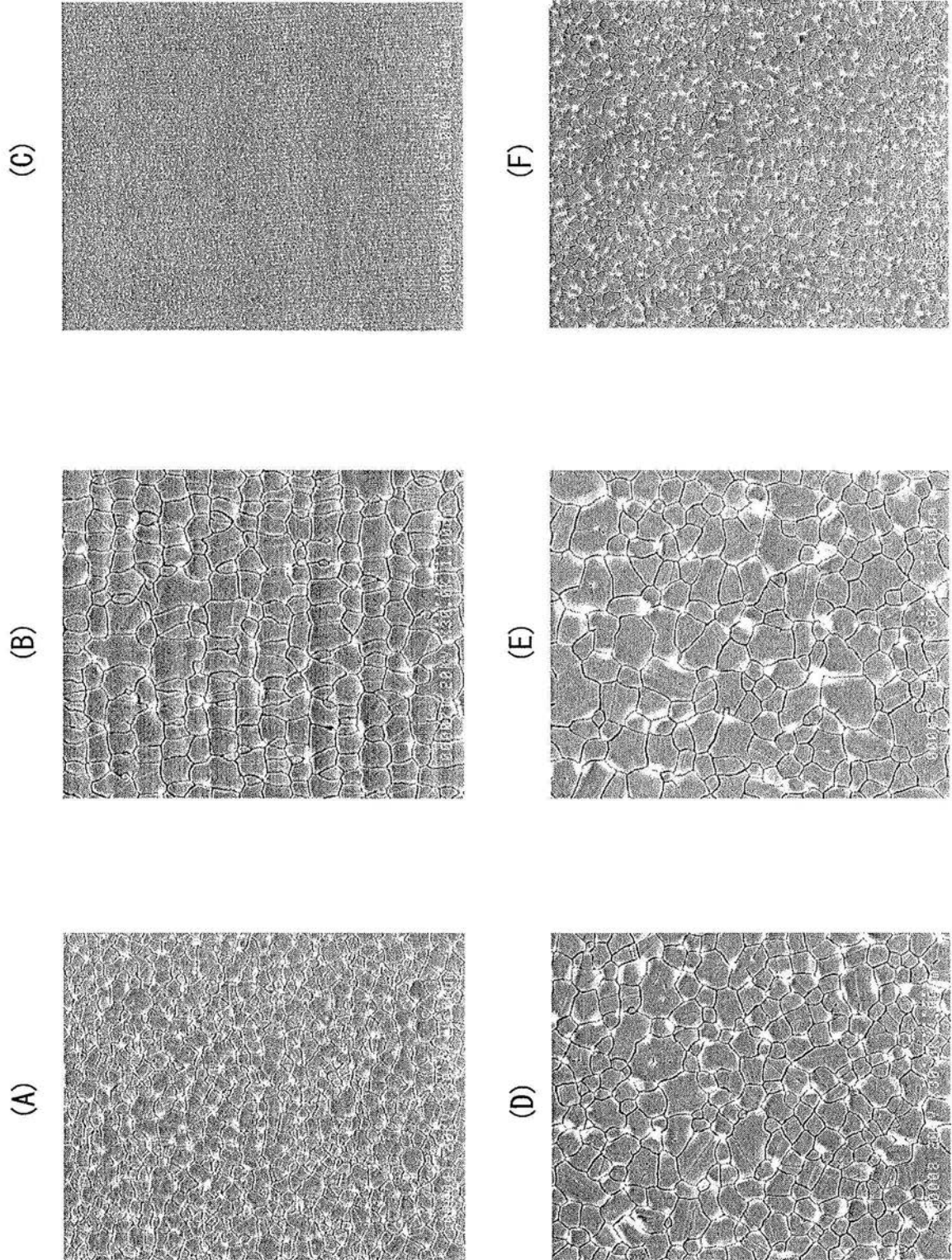
【 図 8 】



【 図 10 】

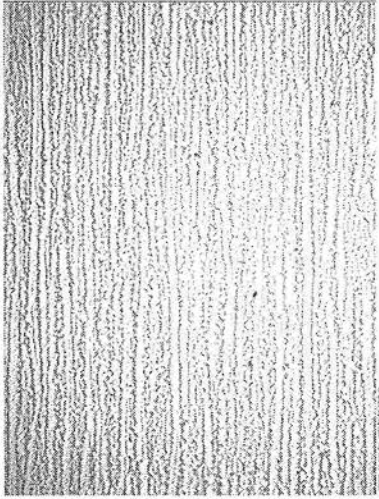


【 図 4 】

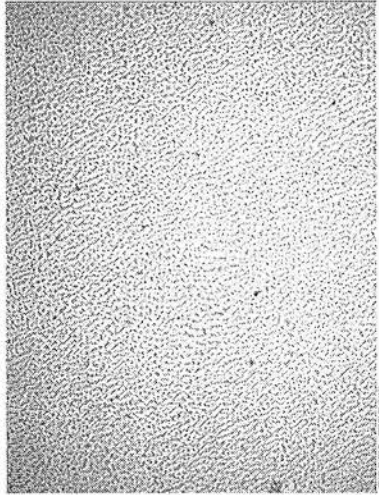


【 図 5 】

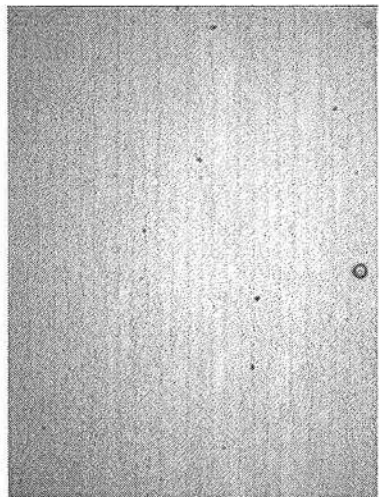
(C)



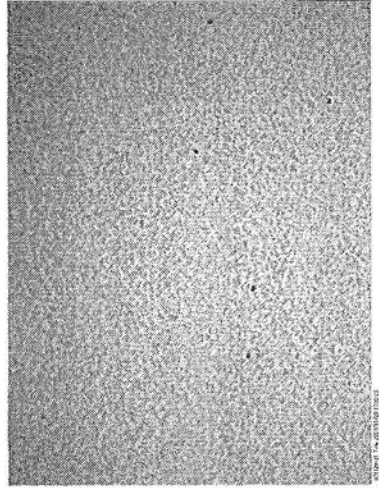
(B)



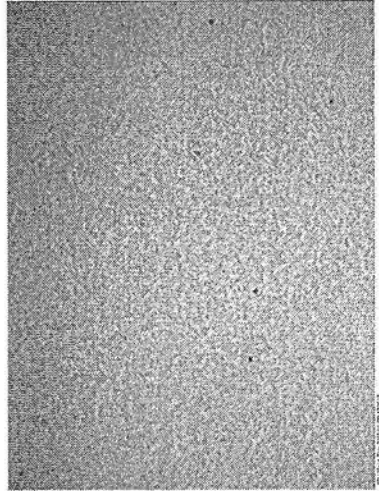
(A)



(F)



(E)



(D)

