

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 2 部門第 2 区分
 【発行日】平成23年6月2日 (2011.6.2)

【公表番号】特表2003-518440(P2003-518440A)
 【公表日】平成15年6月10日 (2003.6.10)
 【出願番号】特願2001-548238(P2001-548238)
 【国際特許分類】

B 2 3 K 26/00 (2006.01)

H 0 1 L 21/302 (2006.01)

H 0 1 S 3/00 (2006.01)

B 2 3 K 101/36 (2006.01)

【F I】

B 2 3 K 26/00 N

H 0 1 L 21/302 2 0 1 B

H 0 1 S 3/00 B

B 2 3 K 101:36

【誤訳訂正書】
 【提出日】平成23年4月7日 (2011.4.7)
 【誤訳訂正 1】
 【訂正対象書類名】明細書
 【訂正対象項目名】0 0 0 1
 【訂正方法】変更
 【訂正の内容】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、標的材を処理するための、エネルギー効率に優れた、レーザーベースの方法およびシステムに関するものである。特に、本発明は、半導体基板上の回路素子の一部を融除し、或いは、これ以外の変化をさせるパルス式レーザービームの用途に関連しており、メモリ修復を目的として、金属、珪化物重合体、および、シリコン重合体の接合部を気化させる処理に特に適用できる。とりわけ、周囲の領域および基板に損傷を与えることなく、非同質性の光特性または熱特性を有していることが多い微小な構造体を融除し、或いは、変化させるのが望ましい場合のマイクロ加工および他の修復作業においては、また別な応用例が見出せる。同様に、マイクロマシン装置などの他の微細半導体装置にも、材料処理作業が適用され得る。微小光ファイバブロープを用いた微細組織または細胞の融除のような医療用途も存在している。

【誤訳訂正 2】
 【訂正対象書類名】明細書
 【訂正対象項目名】0 0 0 2
 【訂正方法】変更
 【訂正の内容】
 【0 0 0 2】

【従来の技術】

メモリのような半導体装置は、通例、主要シリコン基板により支持された、酸化シリコンのような透明な絶縁体層に導電接合部が固着されている。このような半導体装置のレーザー処理の間、ビーム部が接合部または回路素子に入射している最中は、幾分かのエネルギーが基板または他の構造体にも達している。ビームの出力や、ビームの適用の時間の長さや、その他の動作パラメータ次第で、シリコン基板および／またはその隣接部が過熱状態となり、損傷を受けることがある。

幾つかの先行技術の引例が、基板の損傷抑制についての重要なパラメータとして波長選択の重要性を教示している。米国特許第4,399,345号、第5,265,114号、第5,473,624号、第5,569,398号は、 $1.2\mu\text{m}$ を越える範囲の波長を選択してシリコン基板の損傷を回避する利点を開示している。

上述の第'759号特許の開示はシリコンの波長特性に関して更に入念に説明している。シリコンにおける吸収率は、室温で約1.12ミクロンまで吸収率の急上昇を見せて約1ミクロンに落ち着いたあと、急速に下落する。1.12ミクロンよりも大きい波長では、シリコンは一層容易に導電作用を生じ、従って、シリコンから材料を除去すると同時に、より良好な部分歩留まりを得ることが可能である。約1ミクロンの範囲では、吸収係数は4桁の大きさの係数分だけ減少し、0.9ミクロンから1.2ミクロンへ移行する。標準のレーザー波長が1.047ミクロンから1.2ミクロンへ移行すると、曲線は2桁の大きさの下落を示す。これは、波長の極めてわずかな変化に対する激しい吸収率変化を示している。従って、基板の吸収率の立上がり端縁を越える波長でレーザーを作動させると基板への損傷をうまく回避し、これは、接合部に関してレーザービームがわずかに不整合である場合、或いは、合焦点が接合部構造を超えて外に延びている場合には、特に重要と成る。更に、処理中に基板温度が上昇すると、吸収曲線の推移は、熱暴走状態や破局的損傷に至る可能性のある赤外線領域内へと進むことになる。

【誤訳訂正3】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0003

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0003】

液晶修復の問題は金属接合部の融除の問題に類似している。吸収比率を最大限にする波長選択の原理は、同じ目的では、すなわち、基板を損傷せずに金属を除去することを目的とした場合には、前述の開示内容に類似する態様で緑色の波長領域に適用されるのが有利であった。フロロッド (Florod) から製造されているシステムが「キセノンレーザー修復用液晶表示装置 (Xenon Laser Repairs Liquid Crystal Displays)」と題する出版物、「レーザーズ・アンド・オプトロニクス (Lasers and Optronics)」39頁から41頁 (1988年4月刊行) に記載されている。

波長選択が有利であることが実証されたので、他のパラメータを調節してレーザー処理ウィンドウを改善させることができることが認識されている。例えば、エル・エム・スカーフオン (L.M. Scarfone) およびジェイ・ディー・クリバラ (J.D. Chlipala) 著の1986年刊行版の371頁の「シリコンメモリのレーザープログラム可能な余剰領域における標的接合部爆破のコンピュータシミュレーション (Computer Simulation of Target Link Explosion in Laser Programmable Redundancy)」において、「接合部除去過程ごとにレーザー波長および多様な材料厚さを選択して吸収率を向上させ、他の部分で吸収率を低下させて、構造体の残存部に損傷を与えるのを防止するのが望ましい」旨が注記されている。本件出願人が共著者となっている「線形モノリシック回路のレーザー調整 (Laser Adjustment of Linear Monolithic Circuit)」と題するリトウィン (Litwin) およびスマート (Smart) 著の100/アメリカレーザー協会 (LIA) 会報38号、ICAELO刊 (1983年) の論文にあるように、一般的に接合部または回路素子の下方により厚い層が存在している有用性と、加熱用パルスの持続時間を制限することの有用性も認識されている。

第'759号特許は、より長い波長を選択することで生じる見返りについて、特に、Nd:YAGレーザーから得られるスポット寸法、焦点深度、パルス幅に関する妥協点について教示している。これらパラメータは、より高い精度でのレーザー処理について、また、周囲の構造体への付随的損傷の恐れが存在する場合のレーザー処理について、決定的な重要性を備えている。

【誤訳訂正4】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】 0 0 0 4

【訂正方法】 変更

【訂正の内容】

【0 0 0 4】

事実、産業界が継続して推進している目標が、より高密度のマイクロ構造と、これに関連する、深さまたは横方向寸法が1ミクロンの何分の1かである幾何学的構造であるため、処理ウインドウの幅を広げる改良はいずれも有利である。エネルギー制御と標的吸収率の公差は、この尺度でマイクロ構造を処理するのに必要なエネルギーと比較して、大きくなっている。上述の説明から、レーザー処理パラメータが、約1 μm の小さいレーザースポットを要件としているマイクロ加工の応用例では必ずしも互いに無関係とは言えないことに注目すべきである。具体的には、一般に、例えば1.2 μm などの短い波長を利用してスポット寸法およびパルス幅を最小限にしても、吸収率のコントラストは最大にはならない。半導体装置の製造業者は、過去に開発された製品を製造しながら、異なる構造および異なる過程を通例採用している、より進んだ改良版の製品を開発し市場参入させるのが常套的である。大半の現行のメモリ製品は珪化物重合体またはシリコン重合体の接合部を利用しながら、金属製のより小型の接合構造を用いて、256メガビットメモリのような一層進んだ製品を得ている。0.3ミクロンから0.5ミクロンの薄い酸化シリコン層の上に在る1ミクロン幅で3分の1ミクロン深さの接合部がこのような大型メモリに現在も利用されている。従来、製造施設は、1.047 μm から1.32 μm の従来の波長のQスイッチ制御によるダイオードポンプ式YAGレーザー、および、その波長で作動可能な関連装備と、シリコンによりより低い吸収率を得ると認識されている波長領域で作動可能な関連装備とを利用してきた。しかし、こういった利用者は、融除部位付近の導電性残留物または汚染物質のせいで後ほどチップ欠損が生じる危険も無く接合構造を清浄に剪断する成果を生む装備改良による恩恵を認識している。

【誤訳訂正5】

【訂正対象書類名】 明細書

【訂正対象項目名】 0 0 0 5

【訂正方法】 変更

【訂正の内容】

【0 0 0 5】

上記以外の自由度として、レーザーパルスエネルギー密度（標的まで搬送される）とパルス持続時間とが挙げられる。先行技術では、パルス幅を制限してマクロ加工応用例において損傷回避を図るべきであることが教示されている。例えば、米国特許第5,059,764号では、Qスイッチ制御のレーザーシステムを利用して、とりわけ、約10ナノ秒から50ナノ秒の比較的短いパルスを生成するレーザー処理ワークステーションが開示されている。材料処理の各応用例（接合部のブロー成形や高精度型彫による半導体メモリ修復など）については、出力パルス幅が比較的短くなるようにすべきであり、50ナノ秒よりも短い、30ナノ秒などのパルス幅が大半の応用例で必要となることが開示されている。パルス幅を適切に選択することで融除処理（溶融処理を行わない蒸発処理）が可能となる。

高速パルス式レーザ設計はQスイッチ制御動作、利得スイッチ制御動作、または、モードロック式制御動作を利用することができる。標準のQスイッチ制御式パルスレーザおよび他のパルス式レーザのパルス持続時間とパルス形状は、パルスの開始時の継続する閾値に相対する母集団反転と光子数密度を記述している結合率の等式を積分することにより、基本レベルに近似される。Qスイッチ制御の事例については、基準化された尺度に基づき、閾値に対する反転母集団中の原子数が多いほど、パルスの立上がり時間が速く、パルス幅は狭く、ピークエネルギーが高くなる。この比率が減少するにつれて、パルス形状が広くなるのに伴って、エネルギー密度も低くなる。

【誤訳訂正6】

【訂正対象書類名】 明細書

【訂正対象項目名】 0 0 1 5

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0015】

本発明の目的は、16メガビットから256メガビットの半導体修復のような半導体処理を目的とした改良案とその限界域を提供することであり、上述の改良案の結果、融除部位附近の導電性残留物や汚染物のせいで後ほど装置欠陥が生じる危険が無いまま、マイクロ構造の清浄な処理を行うことである。

本発明の目的は、数百ピコ秒程度までのパルス波形立上がり時間と、急速なパルス減衰を伴い、約10ナノ秒に満たないのが通例であるパルス持続時間とを供与することで、高出力密度で標的構造のレーザー処理を実施し、それにより、周囲領域の熱衝撃や熱拡散から生じる損傷を最小限に抑えることである。

本発明の目的は、半導体レーザー処理応用例において標的材料の周囲構造および下層構造への損傷を防止するにあたり、高出力の急速な立上がり時間のパルスをレーザー融除処理に好適な波長で利用して非常に短い時間のうちに作業片に高出力密度を達成することで、半導体材料処理応用例における処理ウィンドウを改善するという方法で実施することである。

【誤訳訂正7】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0018

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0018】

本発明の上述の目的とそれ以外の目的を実行するにあたり、標的材料を包囲している材料の電気特性と物理特性の望ましくない変化を引き起こすこと無く、微細領域において特定寸法を有している標的材料を処理するための、エネルギー効率のよいレーザーベースの方法が提供される。この方法は、或るパルス反復率の単一波長レーザーを利用して、レーザーパルス列を発生させる工程を含んでおり、ここでは、パルス列の各パルスが所定の形状を有している。また、この方法は、パルスの所定の形状をそれほど変化させずにパルス列を光増幅させて、増幅されたパルス列を得るようにした工程を含んでいる。増幅パルスは各々が実質的に方形の時間出力密度分布と、急峻な立上がり時間と、パルス持続時間と、パルス降下時間とを有している。この方法はまた、増幅パルス列の少なくとも一部を搬送し、標的材料上の1点に合焦させる工程を含んでおり、この場合、立上がり時間は、レーザーエネルギーを標的材料に効率的に結合するのに十分なだけ高速であり、パルス持続時間は標的材料を処理するのに十分な長さであり、パルス降下時間は、標的材料を包囲している材料に望ましくない変化が生じるのを防止するのに十分なだけ迅速である。

標的材料は導電線または導電接合部のような微細構造体を含んでいてもよいが、後者は余剰半導体メモリの共通回路素子である。導電線は金属線であってもよく、その場合、パルス持続時間は、金属線またはその特定部分を有効に加熱気化させるのに十分な長さである。

【誤訳訂正8】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0020

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0020】

各増幅パルスは、パルス持続時間全体で、比較的均一な出力密度分布を有しているのが好ましい。

各パルスは、パルス持続時間にわたって時間出力密度分布が10パーセントの範囲内まで均一であるのが好ましい。

標的材料を包囲している材料は、吸収特性、偏光感度特性、熱拡散特性などの光特性が

、標的材料のこれらに対応する諸特性とは異なってもよい。

パルス反復率は少なくとも1000パルス／秒であり、増幅パルスは各々が少なくとも0.1マイクロジュールから3マイクロジュールまでのエネルギーを有しているのが好ましい。

光増幅させる工程は少なくとも20dBの利得を供与するのが好ましい。

また、立上がり時間と降下時間の両方がパルス持続時間の2分の1よりも短く、増幅パルスごとのピーク出力が立上がり時間と降下時間の間で実質的に一定であるのが好ましい。

増幅パルスは各々が末尾を有しており、上記方法はまた、増幅パルスの末尾でレーザーエネルギーを減衰させて、増幅パルスの降下時間を低減させると同時に、パルスの出力量を実質的に維持するようにした工程を更に含んでいるのが好ましい。

【誤訳訂正9】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0021

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0021】

更にまた、本発明の上述の目的および他の目的を実行するにあたり、標的材料を包囲している材料の電気特性または物理特性の望ましくない変化を引き起こさずに微細領域において特定寸法を有している標的材料を処理するための、エネルギー効率に優れたシステムが提供される。このシステムは、処理制御信号を発生させる制御装置と、処理制御信号に基づいて変調駆動波形を発生させる信号発生装置とを備えている。波形は1ナノ秒に満たない立上がり時間を有している。このシステムはまた、レーザーパルス列を或るパルス反復率で発生させる、利得スイッチ制御のパルス式単一波長シードレーザーを備えている。駆動波形はレーザーをポンピングし、パルス列のパルスごとに所定の形状を有するようにしている。更に、このシステムは、パルスの所定形状を著しく変化させなくても、パルス列を光増幅させて増幅パルス列を得るようにした、レーザー増幅器を備えている。増幅パルスは各々が実質的に方形の時間出力密度分布と、急峻な立上がり時間と、パルス持続時間と、パルス降下時間とを有している。このシステムは、増幅パルス列の少なくとも一部を搬送し、標的材料上に合焦させるビーム搬送／合焦サブシステムを更に備えている。立上がり時間はレーザーエネルギーを標的材料に効率よく結合させるのに十分なだけ高速であり、パルス持続時間は標的材料を処理するのに十分な長さであり、降下時間は標的材料を包囲している材料に望ましくない変化が生じるのを防止するのに十分なだけ迅速である。

レーザー増幅器は、光ファイバーと、光ファイバーを励起するレーザーダイオードのような励起手段とを備えているのが好ましく、この場合、励起手段はシードレーザーとは性質を異にしている。

レーザーダイオード励起源はまた、レーザー処理が生じていない延長期間中に「遮断」状態に切替えることにより、利得スイッチ制御されて（パルス制御され、直接変調されて）ダイオードの耐用年数を増大させることができる。

【誤訳訂正10】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0022

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0022】

シードレーザーはレーザーダイオードを含んでいるのが好ましい。

上記システムは、増幅の末尾においてレーザーエネルギーを減衰させて増幅パルスの降下時間を低減すると同時に、パルスのエネルギー量を実質的に維持する減衰器を備えている。

パルス持続時間は、指定された標的材料寸法の関数として選択することができる。指定

材料寸法はレーザー波長よりも短いこともある。好ましいレーザーは、約 $2\ \mu\text{m}$ よりも短い波長を有している、高速半導体レーザーである。半導体レーザーダイオード技術とファイバー材における更なる材料進歩は、より長い赤外線波長における動作は元より、可視領域における動作にも備えている。

シードレーザーダイオードは、分散ブラッグ反射装置 (DBR)、分散フィードバック (DFB)、または、外部空洞設計を利用した、多モードレーザーダイオードか、単一周波数 (単一モード) レーザーであってもよい。

スポット寸法は通例、約 $1\ \mu\text{m}$ から $4\ \mu\text{m}$ の範囲の寸法を有している。

メモリの密度は少なくとも16メガビットから256メガビットであればよい。

半導体装置はマイクロマシン装置であってもよい。

パルス末尾の減衰状態のレーザーエネルギーは、パルス持続時間の1.5倍の時間範囲内で少なくとも10dB分だけ減衰されるのが好ましい。

【誤訳訂正 1 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0 0 2 3

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0 0 2 3】

また更に、本発明の上述の目的および他の目的を実行するにあたり、金属接合部を包囲している少なくとも1つのパシベーション層の電気特性または物理特性の望ましくない変化を生じることなく、少なくとも1つのパシベーション層に指定寸法分が埋設された金属接合部を融除するための、エネルギー効率に優れたレーザーベースの方法が提供される。この方法は、或るパルス反復率を有している、単一波長レーザーを利用して、レーザーパルス列を発生させる工程を含んでいる。パルス列のパルスは各々が所定の形状を有している。この方法はまた、パルスの所定形状をそれほど変化させずにパルス列を光増幅させて、増幅パルス列を得る工程も含んでいる。増幅パルスは各々が時間軸に沿って実質的に方形の出力密度分布と、急峻な立上がり時間と、パルス持続時間と、降下時間とを有している。この方法は、増幅パルス列の少なくとも一部を搬送し、金属接合部上の一点に合焦させる工程を更に含んでいる。立上がり時間はレーザーエネルギーを金属接合部に効率良く結合させるのに十分に高速である。パルス持続時間は金属接合部を融除するのに十分な長さであり、降下時間は金属接合部を包囲している少なくとも1つのパシベーション層に望ましくなぬ変化が生じるのを防止するのに十分なだけ迅速である。

【誤訳訂正 1 2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0 0 2 4

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0 0 2 4】

また更に、本発明の上述の目的および他の目的を実行するにあたり、金属接合部を包囲している少なくとも1つのパシベーション層の電気特性または物理特性に望ましくない変化を生じることなく、少なくとも1つのパシベーション層に指定寸法分が埋設された金属接合部を融除するための、エネルギー効率に優れたシステムが提供される。このシステムは、処理制御信号を発生させる制御装置と、処理制御信号に基づいて変調された駆動波形を発生させる信号発生装置とを備えている。波形は1ナノ秒に満たない立上がり時間を有している。このシステムはまた、或るパルス反復率でレーザーパルスを発生させる、利得スイッチ制御のパルス式単一波長シードレーザーを備えている。駆動波形がレーザーをポンピングさせて、パルス列のパルスごとに所定の形状を有するようにしている。更に、このシステムは、パルスの所定形状をそれほど変化させずにパルス列を光増幅させて、増幅パルス列を得るようにしたレーザー増幅器を備えている。増幅パルスは各々が時間軸に沿って実質的に方形の出力密度分布と、急峻な立上がり時間と、パルス持続時間と、降下時

間とを有している。このシステムは、増幅パルス列の少なくとも一部を搬送し、金属接合部上の一点に合焦させるビーム搬送合焦サブシステムを更に備えている。立上がり時間はレーザーエネルギーを金属接合部に効率よく結合させるのに十分なだけ高速である。パルス持続時間は金属接合部を融除するのに十分な長さであり、降下時間は金属接合部を包囲している少なくとも1つのパシベーション層に望ましくない変化が生じるのを防止するのに十分なだけ迅速である。

金属接合部は、それを覆う頂面パシベーション層と下に位置する底面パシベーション層とに埋設されていてもよい。パルス持続時間は頂面パシベーション層にひび割れを入れるには十分であるが、底面パシベーション層にはひび割れを入れない程度の長さである。

【誤訳訂正 1 3】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0 0 3 4

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0 0 3 4】

微細な接合部構造体を処理するために、スポット寸法の要件はますます厳しくなりつつある。スポット寸法の要件は通例は、直径にして1.5ミクロンから4ミクロンであるが、この時、ピーク出力は、ガウス分布に良好に一致して、スポット中心に発生し、また、それより低い出力は端縁部に発生する。通例の約1.1倍かそれより良好なビーム品質すなわち「mの2乗積の因子」で回折制限に近づいた、優れたビーム品質が必要となる。この「倍化回折制限」の品質標準はレーザービーム解析の当業者には周知である。光クロストークや標的領域外の機構を意に反して照射することを回避するのには、低い副ローブも好ましい。

接合部 2 5 はスポット寸法よりも幾分小さくすることにより、高精度位置決めと良好なスポット品質を義務付けている。接合部は、例えば、1ミクロン幅で約3分の1ミクロン厚さにすることもできる。本明細書に示された事例では、接合部は金属から作成されており、横方向の寸法（幅）と厚さはレーザー波長よりも小さい。

【誤訳訂正 1 4】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0 0 3 6

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0 0 3 6】

MOPA構成は比較的新規で、パルス式のバージョンは最新技術であると見なされている。変調用駆動波形に応答してから1ナノ秒に満たない立上がり時間のレーザーダイオードは、利得素子としてレーザーダイオードを備えているファイバーレーザーMOPA構成の黎明点である。レーザーダイオードは一般に多縦モードを有しており、そのサブシステムは単一モード動作に構成されるか、そうでなければ、出力端の集合構成要素で同調処理してもよく、或いは、代替例として、システムに統合型ファイバー格子を設けてもよい。

例えば、ニュー・フォーカス・インコーポレーティッド (New Focus Inc.) による製品文献に記載されているリットマン-メトカーフ格子構成を外部空洞構成内に置いた構成も実行可能である。図 6 b は外部空洞同調機能を備えている単一周波数レーザーの概略を例示しており、また、クラディング位置で励起用レーザーダイオードにより励起される光ファイバーを備えているのを示している。

【誤訳訂正 1 5】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0 0 3 8

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0 0 3 8】

ラマンシフト器の動作は、短波Qスイッチ制御式システムを用いた特殊用途について、上述の第'759号特許に記載されていた。所望されれば、この装置をファイバーシステムの出力端に設置して、出力波長を所望の領域にシフトし、例えば、吸収コントラストなどを向上させることもできる。上述の第'759号特許に教示されているように、処理についてのパルス幅要件および小さいスポット寸法要件の重要性を認識すれば、金属接合部処理用の好ましいシステムの典型的動作は、例えば1.08 μm の波長については、約1.06 μm かそれを超過する範囲に入ることになる。

シードレーザーの出力を増幅してレーザー材料処理にあたることになる。好ましい光ファイバーレーザー増幅器は約30 dBの利得を供与する。シードレーザー出力端がファイバーレーザーのコアに連結されるが、この場合、直接連結されているか、或いは、ファイバー搬送用にビームを分岐させる集合光学系を用いて連結される。これら技術は両方ともが、チャープパルス増幅を利用した超高速レーザー技術の当業者により定常的に実施されているが、好ましい実施形態のシステムは全体的に、かかる超高速システムよりも複雑さの程度が遥かに少ない。本発明のシステムでは、シードパルスは増幅され、パルス伸張やパルス圧縮用の光学系は全く必要とならない。増幅器システムで使用されるファイバーは、シードレーザーとは実質的に異なる980nm等といった波長を有しているダイオードレーザーでクラッドが励起され、これにより、集合光学系配置内の二色性ミラーを用いてシードビームと励起ビームの光絶縁を実現することができるようになる。経費、寸法、および、整列の容易さの観点から言えば、好ましい構成は、シードレーザーがファイバー増幅器に直接連結されている連結配置を利用する。ファイバーレーザーシステム設計の当業者には馴染みのある結合技術を利用して、励起レーザーは希土類イットルビウム (Yb)でドーピングされたファイバーのクラッド構造体に、例えば980nm波長の高出力ダイオードエネルギーを注入する。

【誤訳訂正16】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0040

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0040】

場合によっては、レーザーサブシステムにパルススライサが付加された状態で、パルスの「末尾」を低減することにより、パルス形状を更に向上させることが望ましいこともある。これは、ポッケルスセルのような電子光学装置の様式であってもよいが、低遅延音響光学変調器の様式であるのが好ましい。この技術は、処理パルスの短いが多数の「パルス期間」ごとに損傷の危険が発生する時はいつでも、パルス末尾でエネルギーを無視できる程度のレベルまで抑制することができる。例えば、エネルギーが所定パルス持続時間の1.5倍の範囲内で20 dB (100:1) 分だけ低減された場合は、どのような実際目的であれ、金属接合部ブロー成形の応用例においては基板損傷の危険が皆無となる。より具体的には、金属接合部ブロー成形の応用例で方形のパルス形状を得るのに8ナノ秒のパルス持続時間が選択されて、エネルギーが12ナノ秒後に20 dB低下された場合には、残りのエネルギーは、Si基板に損傷を起こすことになるエネルギーよりも遥かに低く、この場合の損傷は、レーザーパルスを付与してから実質的に約18ナノ秒後かそれより長い時間の後に生じる。好ましい動作モードでは、低遅延、高帯域幅パルススライサ器が増幅器パルス持続時間の終端時点付近で活動状態にされ、中心ローブの歪みを最小限に抑えたままで、パルス末尾に倍増効果をもたらす。増幅器歪みの効果はいずれも、また、変調器の「オン状態後の遅延」は、パルス持続時間中にシードレーザーダイオードの波形の形状を変化させることにより、或る程度まで補償される。結果として生じた、合焦ビームの時間パルス波形は補償されており、所望の方形形状となる。

また、現在、ファイバーシステムは最適状態で、処理速度よりも幾分速い約20 kHzのパルス反復率で作動する。低遅延音響光学変調器のような出力光スイッチは、その駆動装置がコンピュータに作動可能に接続された状態で、処理用のパルスを選択する。このように

して、ファイバー増幅器の信頼性は高まり、よって、処理システムの信頼性が高まる。パルススライス器と出力光信号を組み合わせて単体モジュールにすることが経済的観点から有利であることを、当業者ならば認識するだろう。

【誤訳訂正 17】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0041

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0041】

代替のレーザーシステム

シードレーザーおよびファイバー増幅器の好ましいシステムの多数の利点を先に言及してきた。適切な駆動装置を備えているレーザーダイオードの電流変調は、ファイバーレーザー増幅器により増幅されても低歪みである、利得スイッチ制御された所望のパルス形状を直接生成することができる。この方法は、本発明を実施するのに最良かつ最も効率の良いアプローチであると思われる。しかし、レーザーパルス発生およびレーザーパルス成形の当業者であれば、上記以外の効率の劣るアプローチを利用してもよいことを認識するだろう。例えば、米国特許第4,483,005号の教示を越えて進展するQスイッチシステムの修正例は、変調器の反応時間が十分に速い場合には多様な制御機能を用いてポッケルセルまたは光スイッチを駆動させることにより、比較的平坦なパルスを得るのに利用できる。パルス幅を変化させる現在の技術としては、Nd:YAGのQスイッチ制御式レーザー内の従来のガラスを、バルク、即ち、結晶の形式でGaAsと置換するといったように、修正された出力カプラーを使用することが挙げられる。GaAs出力カプラーを有しているNd:YAGレーザーの受動Qスイッチ動作では、Qスイッチ制御されたパルスの数ピコ秒から数ナノ秒の持続時間が報告されている（オプティカルエンジニアリング（Optical Engineering）1999年11月刊の38(11)号の1785頁から1788頁を参照）。

【誤訳訂正 18】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0043

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0043】

更に、上述の第1759号特許は、接合部とそれに隣接する構造体の熱伝達特性に関連する幾つかの重要な局面を教示している。例えば3ナノ秒から10ナノ秒の狭いパルス幅は、標的材料の厚さで決まるのであるが、代表的寸法部については、熱伝達とSi基板へのその後の損傷を回避するのが好ましいことを、熱モデルが予測している。しかし、接合部に結合する他の構造体も、以下の実験結果が示すように、レーザー処理結果の質に影響を及ぼすことがあることを認識することは決定的に重要である。

利得スイッチ制御された方形のパルス形状の利点は、コンピュータシミュレーションに基づく実験結果と、同シミュレーションによる実験結果の両方で検証済みであった（有限要素解析）。接合部ブロー成形のために利用されるレーザーについての仕様は以下のとおりであった。

レーザー波長	1.083ミクロン
最大レーザーエネルギー	10マイクロジュール
パルス幅	7ナノ秒（FWHM、方形パルス）
<u>パルス</u> 反復率	10 kHz（70 kHzのレーザー速度）
空間プロファイル	ガウス形、TEM-00、
$M^2 = 1.02$ （倍化回折制限）	
偏光	無偏光
パルス立上がり時間	0.5ナノ秒

選択したレーザーは、980nmポンプダイオードと7マイクロ径の単一モードファイバーを利用したMOPA構成におけるイッテルビウムのクラッドポンプ式ファイバーレーザーであった。

【誤訳訂正 19】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】0047

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【0047】

本発明によれば、波長を適切に選択することと、パルス持続時間を制限することの、両方の手段により、対応する方形のパルスが高速減衰して生じると同時に、シリコン基板は比較的低温に維持される。この具体例におけるレーザー波長は、シリコンの室温吸収率の上下変動端縁よりもわずかに短い（約 $1.1\mu\text{m}$ ）。本明細書で報告された結果は基板損傷を示してはいないが、所望されれば、向上された限界域が利用できるようになることに留意すべきである。例えば、ラマンシフト器を利用して、吸収率端縁を超えて出力波長をシフトすることができた。代替例として、別なレーザーダイオードの波長がMOPA構成用に潜在的に商業的に利用できるようになるかもしれない。このような波長選択とシフト技術を別なレーザー処理応用例とマイクロ加工応用例で利用することができるのも有利である。いずれにせよ、このように加熱処理を制約することにより、シリコンが吸収率端縁を赤外線領域にシフトせず、シリコン損傷が発生し得る熱暴走状態に入らないことを確実にすることができる。