

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4169366号

(P4169366)

(45) 発行日 平成20年10月22日 (2008.10.22)

(24) 登録日 平成20年8月15日 (2008.8.15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 S 3/23 (2006.01)	HO 1 S 3/23
HO 1 L 31/04 (2006.01)	HO 1 L 31/04 V
HO 1 S 3/00 (2006.01)	HO 1 S 3/00 B
B 2 3 K 26/00 (2006.01)	B 2 3 K 26/00 N

請求項の数 11 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平9-508981	(73) 特許権者	508156373
(86) (22) 出願日	平成8年7月5日 (1996.7.5)		エクシコ グループ エヌ フェー
(65) 公表番号	特表平11-511295		ベルギー王国 2018 アントワープ
(43) 公表日	平成11年9月28日 (1999.9.28)		カレルオームストラート 4
(86) 国際出願番号	PCT/FR1996/001060	(74) 代理人	100093067
(87) 国際公開番号	W01997/007578		弁理士 二瓶 正敬
(87) 国際公開日	平成9年2月27日 (1997.2.27)	(72) 発明者	ゴダール・ブリュノ
審査請求日	平成15年5月8日 (2003.5.8)		フランス国、F-91940 レジュリ、
(31) 優先権主張番号	95/09780		レジダンス・レルミタージュ、アヴニュ・
(32) 優先日	平成7年8月11日 (1995.8.11)		ミイエ、7
(33) 優先権主張国	フランス (FR)	(72) 発明者	ストール・マルク
			フランス国、F-92190 ムードン、
			リュ・パネ、3-5
		審査官	金高 敏康
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー表面処理のエネルギーおよび空間最適化用の多レーザーユニットを備えたレーザー源制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも二つのレーザーユニット（LA 1，LA 3；LA 1，LA 4）と、表面処理用の合成レーザービームを供給すべく前記少なくとも二つのレーザーユニット各々からの複数のレーザービームを結合し得る結合手段とを有するレーザー源制御装置において、前記装置は、レーザー表面処理に関連して、
 前記レーザー表面処理に最適にされたエネルギーの時間プロファイルを備えた前記合成レーザービームを得るべく前記少なくとも二つのレーザーユニット各々からの複数のレーザービームの少なくとも一つの特性を調整し得る前記少なくとも二つのレーザーユニットの一つ（LA 1）とこのレーザーユニット（LA 1）によって増幅されるレーザービームを発生する追加のレーザーユニット（LA 2）との間に前記少なくとも二つのレーザーユニットの一つ（LA 1）と前記追加のレーザーユニット（LA 2）との間の光路の距離を調整できるように設置された複数の反射ミラーから構成された時間プロファイル調整機構（REG）と、
 前記合成レーザービームのエネルギー分布を空間的に均質化し、前記合成レーザービームのエネルギーおよび空間分布を組合わせて、選択した表面処理に適合させることができる多レーザービーム用の入力をも有する空間的均質化装置（HO）とを有することを特徴とするレーザー源制御装置。

【請求項 2】

前記時間プロファイル調整機構が、実質的に急な出力立上り縁部と、選択した処理深さで

実質的な平坦な出力ピークと、実質的に緩やかな出力立下り縁部とを備えた合成レーザービームのエネルギーの時間プロファイルを得ることができることを特徴とする請求項 1 記載のレーザー源制御装置。

【請求項 3】

前記時間プロファイル調整機構が、前記レーザービームを発生するレーザーユニットから供給されるエネルギーを光学のおよび／または機械的に変化させ得ることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレーザー源制御装置。

【請求項 4】

前記時間プロファイル調整機構が、前記レーザービームを発生するレーザーユニットから供給されるレーザービームの光学のおよび／または幾何学的特性を調整できる調整手段を有してなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレーザー源制御装置。

10

【請求項 5】

レーザー源が、少なくとも一つの増幅用のレーザーユニットと、直列に配置されたレーザービーム発生用のレーザーユニットとを有することを特徴とする請求項 1 記載のレーザー源制御装置。

【請求項 6】

前記レーザービーム発生用のレーザーユニットが、前記レーザービームの光軸に対してレーザービームを対称にさせるため立方体等の隅角部のように配列され、かつ合成レーザービームの均質化に寄与する総反射ミラー (RM) を有することを特徴とする請求項 5 記載のレーザー源制御装置。

20

【請求項 7】

前記時間プロファイル調整機構が、レーザーユニットの長さならびに前記増幅用のレーザーユニットと前記レーザービーム発生用のレーザーユニットとの間の距離を、加えられるレーザーエネルギーおよび選択した適用に応じて調整できる調整手段 (REG) を有することを特徴とする請求項 5 記載のレーザー源制御装置。

【請求項 8】

レーザー源が、並列に配置された少なくとも二つのレーザービーム発生用のレーザーユニットを有することを特徴とする請求項 1 記載のレーザー源制御装置。

【請求項 9】

前記多レーザービーム用の入力を有する空間的均質化装置 (HO) が、集束性であり、前記レーザーユニットからのレーザービームの伝搬方向に垂直に m 列および n 行に配置されて隣接し、処理すべきレーザービームを $p \cdot q$ (p 、 q は m 、 n の約数である) 個のレーザービームに分割でき、各レーザービームが実質的に一様な横断面および実質的に均質なエネルギー分布を有する複数の $m \cdot n$ の前方レンズ (LF) と、レーザービームの伝搬方向における前方レンズ (LF) の下流に、処理すべきレーザービームの伝搬方向と垂直に配置され、選択した平面 (CIB) において前方レンズからのビームの焦点を合わせるのに好適な少なくとも一つの集束集光レンズ (LC) とを有していることを特徴とする請求項 1 記載のレーザー源制御装置。

30

【請求項 10】

光軸に沿って移動できる二つの集光レンズ (LC1、LC2) を有し、これらの二つのレンズ間の距離 (d) が、選択した適用に合成レーザービームのサイズおよびエネルギーを適合するように選択され、また、前記二つの集光レンズ (LC1、LC2) の組合せが、均質化手段と結合したレーザー源の全ての光学収差を最少化するようにかつまた合成レーザービームの単位表面当りのエネルギー特性を改善するように計算され得ることを特徴とする請求項 9 記載のレーザー源制御装置。

40

【請求項 11】

表面処理が、アモルファスシリコンタイプの半導体材料のアニーリングであることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 つに記載のレーザー源制御装置。

【発明の詳細な説明】

本発明は、レーザー表面処理のエネルギーおよび空間最適化用の多レーザーユニットを備

50

えたレーザー源を制御する装置に関するものである。

レーザー表面処理には、通常、表面のスケール除去、清浄、研磨および調製のような適用がある。一層特に、基板上に設けられたアモルファスシリコンの層をエキシマレーザーでアニーリングする適用がある。

通常用語において、エキシマレーザーによるアモルファスシリコンのアニーリングは、ポリシリコンの形態の結晶化を得るために、アモルファスシリコンの層の温度を融点まで非常に急速に上昇させることにある。シリコンの層の溶融は標準ガラス基板に余りにも重大な障害を与えてはならない。

実際に、加熱効果は、例えば30 nm以下の厚さにわたってアモルファスシリコンの薄膜によってレーザービームを光学的に吸収することによって生じる。

10

エキシマレーザーによるアモルファスシリコンのアニーリングは、本出願人がフランス国において1995年8月11日出願番号第9509778号にて出願した発明の名称「レーザー表面処理の制御装置および方法」の特許出願に少なくとも部分的に述べたように、処理すべきサンプルの構造上の特徴の卓越した認識を必要とし、前記特許出願の内容はすべての有用な目的のために本願と一体の部分を作成している。

第1に、レーザーによる加熱は、サンプルにおける熱変化に大きく影響するので、特に、完璧でなければならないシリコンの層の溶融および避けられなければならない基板の溶融に関して有効でなければならない。

第2に、シリコンの層の冷却および凝固速度は、アニーリング後の層内に存在するポリシリコン粒子のサイズを決めるので、相対的に遅くしなければならず、大きな結晶は、シリコンをベースとするある特定のマイクロ電子装置において最適に機能させるのに最も有利である。

20

本出願人の観察によれば、単一レーザー源を用いてこのような最適処理を得ることは、エネルギーおよび空間の観点から困難あることが判った。

従って、少なくとも二つのレーザーユニットを備えるレーザー源を使用することが提案される。

しかしながら、複数のユニットを備えたレーザー源の制御は、レーザー表面処理との関連において実行し難い。

本発明はこの問題を解決することにある。

本発明の目的は、少なくとも二つのレーザーユニットと、各レーザーユニットからの複数のレーザービームを結合して表面処理用の合成レーザービームを供給するのに適した結合手段とを有するレーザー源を制御する装置を提供することにある。

30

本発明の一般的な定義によれば、レーザー表面処理に関連して、各レーザーユニットからの複数のレーザービームの特性を、レーザー表面処理に最適なようにされたエネルギーの時間プロファイルをもつ合成レーザービームを得るべく調整するようにされた手段が設けられ、また、前記合成レーザービームのエネルギー分布を空間的に均質化するのに最適な均質化手段であって、空間と前記合成レーザービームのエネルギー分布とを組合わせて、選択した表面処理に適合させるようにできる均質化手段とが設けられる。

合成レーザービームは多数の初期レーザービームからなるビームを意味している。

実際に、エキシマレーザーによるアモルファスシリコンのアニーリングからなる適用例では、合成レーザービームのパワーの時間プロファイルは、加熱効率を改善するための急な立上り縁部と、基板の溶融を避けながら処理の深さまでアモルファスシリコンの層を完全に溶融させるように選択される、処理の深さに相応した実質的に平らなピークと、再結晶化を促進させるゆるやかな立下がり縁部とを備えている。

40

本発明の他の特徴および利点は以下の詳細な説明および図面を考慮することにより明らかとなる。

図1は、三つのレーザーユニットを直列に装着したレーザー源を概略的に表す。

図2は、三つのレーザーユニットを反射ミラーおよび焦点合わせレンズに直列に装着したレーザー源を概略的に表す。

図3は、三つの増幅レーザーユニットを並列に装着したレーザー源を概略的に表す。

50

図4は、二つの発振レーザーユニットを並列に装着し、これらの発振レーザーユニットの一方に増幅ユニットを組合わせたレーザー源を概略的に表す。

図5は、二つの発振レーザーユニットを並列に装着し、これらの各発振レーザーユニットに増幅ユニットを組合わせたレーザー源を概略的に表す。

図6Aは、各々レーザーユニットからの二つのレーザービームの時間プロファイルを概略的に表す。

図6Bは、図6Aの二つのレーザービームの時間プロファイルに対する処理時間の関数としての溶融深さを概略的に表す。

当該記載は、限定されるものではないが、“Active Matrix Liquid Crystal Display”を略してAMLCDとも呼ばれる、アクティブマトリックス液晶スクリーンの製造に関する本発明の特定の実施例に基いており、そして、より詳細には、スクリーンおよびディスプレイ素子用の制御回路を製造するのに必要な、ポリシリコントランジスタ（ポリシリコン薄膜トランジスタ、TFT）の製造からなる工程について説明する。

この技術は、紫外線領域におけるシリコンの特に強い吸収性を利用することがなり、基板のガラスは同じ波長に対しては完全に透過性である。高出力の脈動レーザービームにより、基板に影響を与えずにアモルファスシリコンの層の温度を選択的に融点まで上昇させることができる。

本方法の利点は、非常に早くできることである（308nmのエキシマレーザーの1パルスの平均持続時間はほんの150nmである）。大きな表面を均質に処理するのを確実にするために、高出力エキシマレーザー、例えば有効出力1kWのX線により再イオン化するエキシマレーザー（すなわち10J×100Hzまたは13J×80Hz）を使用する必要がある。

この形式のレーザーは、相対的に低い繰返し数で脈動する高出力レーザービームを有利に供給し、それにより単一レーザーパルスで各パネルの全体にわたるような大きな表面積にわたって処理することができる。

図1において、アニーリングプロセスを実施する装置はレーザー源LAを有し、このレーザー源LAは電源（図示せず）およびLA1～LA3で個々に示された複数のエキシマレーザーユニットを備えている。高出力のレーザーユニットは、非常に高出力例えば45Jの単一レーザービームを発生するように配置されかつ相互に結合される。

図1においては、三つのレーザーヘッドが直列に装着される。

レーザー源LAはレーザー発振器を構成している。通常はこのレーザー発振器は、

ー入射波を増幅できるアクティブレーザー物質すなわち媒体；

ーアクティブ媒体における反転分布を達成するために、励起レベルの少なくともひとつをホピュレートするのに適した媒体エネルギーをもたらす光学ポンピング手段（図示せず）；および

ー相対して配置され、幾つかのモードに集中される誘導放射を蓄積する二つのミラーからなる光学共振器を備えている。

レーザー発振器の場合には、二つのミラーの方は最大反射性である。この一方のミラーは、符号RMで表されている。この一方のミラーRMに直径上相対して配置されたミラーRTは半反射性である。

ミラーRMは簡単な最大反射性ミラーであることができる。変形例（図1および図2）として、ミラーRMは、立方体の隅角部、三長方形二面体、または最大反射に加えて立方体等の隅角部の光軸に対してレーザービームのエネルギーおよび空間分布を対称にさせる機能をもつ二面体の形態に構成され得る。こうして対称にされたこのレーザービームは、合成レーザービームのエネルギーおよび空間分布において相当な効果をもたらすことができ、それについては以下に詳細に説明する。

この発振器LA1の後には二つのレーザー増幅器ユニットLA2、LA3が直列に配置されている。これらのレーザー増幅器ユニットLA2、LA3はミラーRMおよびRTを備えていない。これらのレーザー増幅器ユニットLA2、LA3は、それらが受けるビームのパワーを増幅する。

10

20

30

40

50

発振器のミラーRMの反射はエキシマレーザーの波長ここでは308nmで最大となる。
 発振器LA1の出口ミラーRTは約4～40%の反射係数を有している。
 レーザーユニットLA1～LA3の寸法はほぼ次の通りである。

	LA1	LA2	LA3
実施例1	0.5	0.5	1
実施例2	0.5	1	1
実施例3	1	1	1
実施例4	1	1.5	1.5
実施例5	1.5	1.5	1.5

ユニット間の距離は、空洞の長さおよびレーザーパルスの持続時間を考慮して、

a) ミラーおよび窓に対するいかなる損傷

b) レーザービームの自動吸収

を避けるようにされる。

このようなレーザー源の欠点はかさ張ることにある。これは、このようにして異なるレーザーユニットを直列に配列するのに大きな寸法の設備が必要となるからである。

一つの解決法(図2)は、そのようなレーザー源のかさを減少するために複数の反射ミラーと複数の焦点合わせレンズを使用することからなる。

この場合も、上述のレーザーユニットLA1、LA2、LA3が再び設けられる。

図2は、合成レーザービームをターゲットCIBへ導くために反射ミラーM1、M2、M3、M4を使用している点で図1のものと異なっている。

また、焦点合わせレンズL1、L2が設けられ、レンズL1はレーザーユニットLA1、LA2間の波の焦点を合わせ、レンズL2はレーザーユニットLA2、LA3間の波の焦点を合わせる。

本発明によれば、レーザーユニットLA1、LA2間およびレーザーユニットLA2、LA3間には調整機構REG1、REG2が設けられ、これらの調整機構REG1、REG2は所望のレーザー時間プロファイルに従ってこれら二つのユニット間の距離を調節し、それについては以下に詳細に説明する。

本発明によれば、種々のユニットの長さおよび直列に配置された種々のユニット間の距離を選択することにより、平面CIBにて処理すべき試料に照射するようにされた合成レーザービームFLARによって供給されるエネルギーを調整できるようになる。

例えば、調整機構REG1、REG2は、レーザービームの光軸に沿って光学素子M1、L1、M2およびM3、L2、M4を動かすのに適した手段である。それらにより、入射および出射ビームの軸線に平行な並進運動によって、調整機構REG1ではレーザーユニットLA1、LA2間の光学通路の長さを、また調整機構REG2ではレーザーユニットLA2、LA3間の光学通路の長さをそれぞれ変えることができるようになる。

変形例として、図3を参照すると、レーザーユニットは並列に配置され得る。従ってこの場合も上述の三つのレーザーユニットLA1、LA2、LA3が設けられている。これらのレーザーユニットは全て発振器の働きをし、各々最大反射性ミラーRMと部分反射性ミラーRTとを備えている。反射ミラーMP1、MP2、MP3、MP4で形成された結合手段により、各発振器からの脈動レーザービームFLA1、FLA2、FLA3はターゲット平面CIBに向かって結合することができる。

有利には、各レーザーユニットからのレーザービームを均質化する均質化装置HOが設けられる。

この均質化装置は、好ましくは、「レーザービームを均質化する光学装置」の名称で本特

10

20

30

40

50

許出願と同日に本出願人が出願した特許出願に記載したものであり、その内容はすべての有効な目的のためにこの特許出願の一体部分を形成する。

均質化装置H Oは、一般的な用語において次のものを有する。

ー集束性であり、また、各レーザーユニットからのレーザービームの伝搬方向と垂直に隣接して m 列および n 行に配置され、処理すべきレーザービームを $m \cdot n$ 個のレーザービームに分割でき、各レーザービームが実質的に一様な横断面および実質的に均質なエネルギー分布をもつ複数の $m \cdot n$ の前方レンズL Fと、

ーレーザービームの進む方向における前方レンズL Fの下流に、処理すべきレーザービームの伝搬方向と垂直に配置され、選択した平面C I Bにおいて前方レンズからのビームの焦点を合わせるのに適した少なくとも一つの集束集光レンズL C。

10

均質化装置H Oは、好ましくは、二つの集光レンズL C 1、L C 2を有し、これらの集光レンズL C 1、L C 2は光軸に沿って移動でき、本発明によれば、選択した適用に合成レーザービームF L A Rのサイズおよびエネルギーを適合させるために二つのレンズ間の距離 d が選択される。

有利には、集光レンズL C 1、L C 2の組合せは、均質化手段と結合したレーザー源の全ての光学収差を最少化するように、かつまた単位表面当りのエネルギー特性（合成レーザービームの光束密度）を改善するように計算される。

図4にはレーザー源の変形例が表されている。上述のレーザーユニットL A 1、L A 2、L A 3が再び設けられる。

図3と比較して、ユニットL A 1は、この場合、図3に関して記載した発振器の役割に代わって増幅器の役割を果たす。また、ユニットL A 2、L A 1は直列に配置されて、ターゲット平面C I Bに向って送られるように設定された脈動合成レーザービームF L A 2を供給する。

20

均質化装置H Oは、レーザービームF L A 3を供給するユニットL A 3からのレーザービームおよび直列に配置されたユニットL A 2、L A 1からのレーザービームF L A 2を均質化するように構成される。

ユニットL A 2、L A 1間には、これらの二つのユニット間の距離を調整すべく調整機構R E G 3が設けられている。反射ミラーM 4、M 5、M 6、M 7は、ユニットL A 2からのレーザービームF L A 2をユニットL A 1に向ってまたレーザービームF L A 1をターゲットC I Bに向って伝搬させる。

30

調整機構R E G 3には有利には、レーザービームを光学素子の動きの関数として焦点を合わせるべく焦点合わせレンズL 3が設けられる。

図5は四つのレーザーユニットを備えたレーザー源を表す。この装置は対称に構成される。図5の装置は図4の発振レーザーユニットL A 3と直列に設けられた付加的な増幅レーザーユニットL A 4を有している点において図4に関して説明したものと異なっている。サイズの大きな液晶スクリーンを製造するためのアモルファスシリコンのアニーリングからなる応用例では、各パネルの寸法は約 550×650 mmである。合成レーザービームは、処理すべきパネルのサイズに合わせた寸法を有する。

図6 Aは、レーザーユニットからそれぞれ来る二つのレーザービームによって供給されるエネルギーの二つの時間プロファイルを表している。各ビームの総エネルギーは $0.8 \text{ J} / \text{cm}^2$ である。Y軸上にはエネルギー mW / cm^2 が示され、X軸上には時間 ns が示されている。図示例は二つの異なったレーザービームに関する二つのプロファイルの場合である。例えばレーザービームF L A 2はレーザービームF L A 1より急速に高エネルギーを供給することがわかる。

40

図6 Bは、図6 Aに関して記載した二つのレーザービームF L A 1、F L A 2による時間に応じた溶融層の厚さを表す。

レーザービームF L A 2は、レーザービームF L A 1の出力立上り縁部1 aより急な出力立上り縁部2 aを備えていることがわかる。

また、レーザービームF L A 1は、レーザービームF L A 2の出力ピーク2 bより 50 nm の深さにおいて実質的に平坦な出力ピーク1 bを有することがわかる。例えば、 50 nm

50

mの深さは、レーザーによってアニーリングすべきアモルファスシリコン層の厚さに対応している。

最後に、レーザービームFLA1は、レーザービームFLA2の出力立下り縁部2cより実質的に緩やかである出力立下り縁部1cを有することがわかる。

エキシマレーザーによるアモルファスシリコンのアニーリングからなる応用例において、所望の合成レーザービームの時間プロファイルは、加熱効率を改善するために実質的に急な出力立上り縁部と、基板の溶融を避けながら前記深さのアモルファスシリコンの層の総溶融を得るように選択した処理深さで実質的に平坦な出力ピークと、結晶の成長を促進させるために実施的に緩やかな出力立下り縁部とを備えている。

本発明によれば、各レーザーユニットからのレーザービームは、このような時間プロファイルをもつ合成レーザービームとなるように調整される。

例えば、調整手段は、選択した時間シフトでレーザー発振器ユニットをトリガーできるトリガー手段を有する。

本発明による別の解決法は、表面処理に適した時間プロファイルを示す合成レーザービームを得べく、レーザーユニットの長さおよび種々のレーザーユニット間の距離を調整することからなる。例えば、時間プロファイルは上述のようなプロファイルである。

本発明による別の解決法は、各個々のレーザーユニットで使用されるエネルギーを変えて、合成レーザービームが選択した時間プロファイルを示すようにすることからなる。このエネルギーを変える手段としては光学的手段（ダイヤフラム）および／または機械的手段を使用することができる。

本発明による別の解決法は、前記の均質化装置の二つの焦点合わせレンズ間の距離dを調整することからなる。

10

20

【図1】

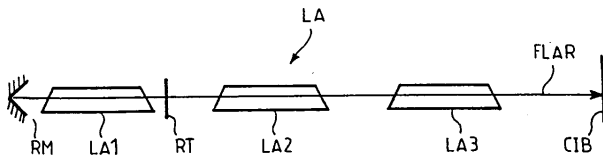


FIG.1

【図2】

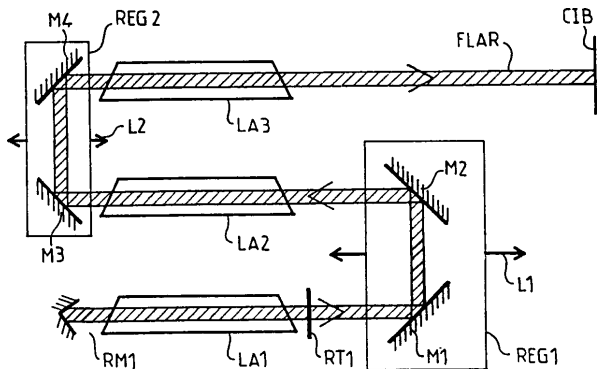


FIG.2

【図3】

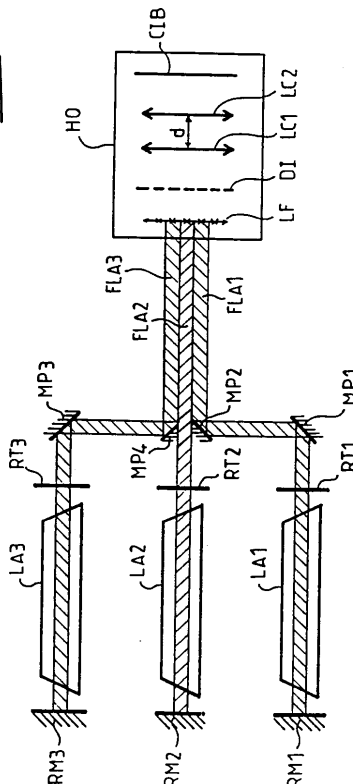


FIG.3

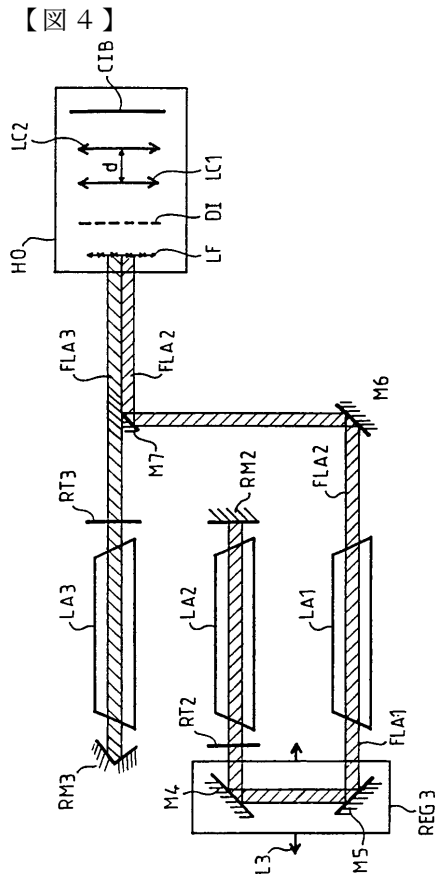


FIG. 4

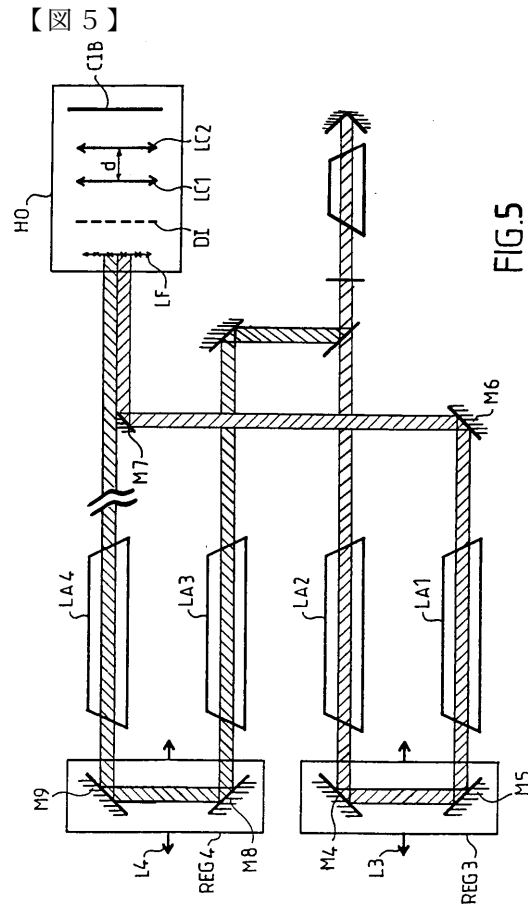


FIG. 5

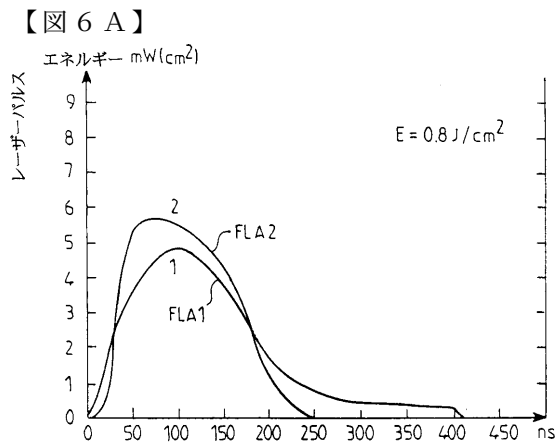


FIG. 6A

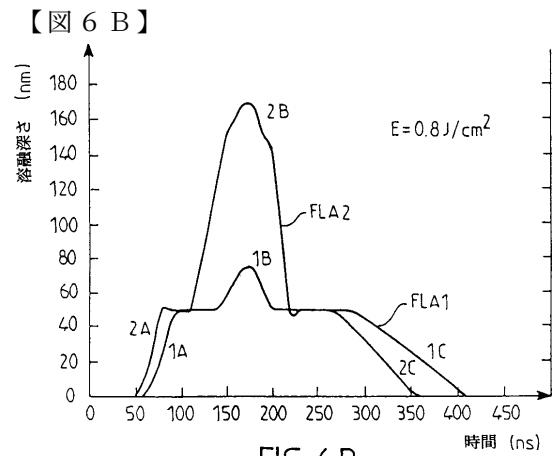


FIG. 6B

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-132219 (JP, A)
特開平07-124776 (JP, A)
特開昭61-085816 (JP, A)
特開平04-322892 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 3/00 - 3/30
H01L 31/04
B23K 26/00