

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-535832  
(P2009-535832A)

(43) 公表日 平成21年10月1日(2009.10.1)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
HO1S 3/115 (2006.01) HO1S 3/115 5F172

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2009-508435 (P2009-508435)  
(86) (22) 出願日 平成19年5月3日(2007.5.3)  
(85) 翻訳文提出日 平成20年11月27日(2008.11.27)  
(86) 国際出願番号 PCT/FR2007/051208  
(87) 国際公開番号 W02007/125269  
(87) 国際公開日 平成19年11月8日(2007.11.8)  
(31) 優先権主張番号 0651575  
(32) 優先日 平成18年5月3日(2006.5.3)  
(33) 優先権主張国 フランス (FR)

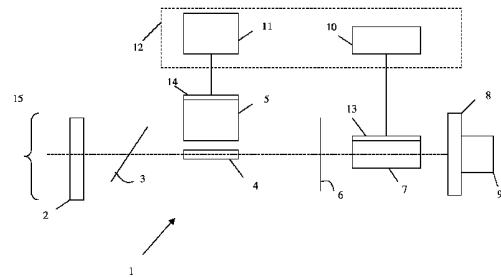
(71) 出願人 505045610  
サントル ナショナル ドゥ ラ ルシェ  
ルシュ スィヤンティフィック (セーエヌ  
エルエス)  
CENTRE NATIONAL DE  
LA RECHERCHE SCIENT  
IFIQUE (CNRS)  
フランス国 F-75794 パリ セデ  
ックス 16 リュ ミッシュェル-アンジ  
ュ 3  
(74) 代理人 100068755  
弁理士 恩田 博宣  
(74) 代理人 100105957  
弁理士 恩田 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変パルス持続時間を有するパルスレーザー発振器

(57) 【要約】

本発明は、パルスレーザー発振器の分野に関する。それは、レーザー共振器を含み、レーザーパルスを放射するためのパルスレーザー発振器であって、前記レーザー共振器は、少なくとも1つのポンピング放射源(5)から放射されるポンピング放射によってポンピングされることが可能であり、かつレーザー放射を放射可能なレーザー媒質(4)を含み、前記レーザー共振器(15)は閉塞期間に前記共振器を閉塞可能なシール手段(7)を含むパルスレーザー発振器において、前記シール手段(7)は電気光学のシール手段であり、前記シール手段は供給電圧によって駆動されることが可能であり、前記供給電圧の値が変更されるとき、放射されるパルスの持続時間が変更されることを特徴とするパルスレーザー発振器に関する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーザーパルスを放射するためのパルスレーザー発信器であって、レーザー共振器(15)を含み、前記レーザー共振器は、少なくとも1つのポンピング放射源(5)から放射されるポンピング放射によってポンピングされることが可能であり、かつレーザー放射を放射可能なレーザー媒質(4)を含み、前記レーザー共振器(15)は閉塞期間に前記共振器を閉塞可能なシール手段(7)を含むパルスレーザー発信器において、

前記シール手段(7)は電気光学的なシール手段であり、前記シール手段は供給電圧によって駆動されることが可能であり、前記供給電圧の値が変更されるとき、放射されるパルスの持続時間が変更されることを特徴とするパルスレーザー発信器。

10

## 【請求項 2】

前記レーザー共振器(15)は、前記レーザー放射を反射パワーで反射可能な結合偏光子(3)を含み、前記シール手段に供給される前記供給電圧の値が変更されるとき、前記反射パワーが変更されるように前記結合偏光子が配置される請求項1に記載のパルスレーザー発信器。

## 【請求項 3】

前記シール手段は、第1の軸を有する第1のRbTiOPO<sub>4</sub>結晶と、第2の軸を有する第2のRbTiOPO<sub>4</sub>結晶とを含み、前記第1の軸及び第2の軸は交差している請求項1又は2に記載のパルスレーザー発信器。

## 【請求項 4】

前記レーザー共振器はレーザー閾値を有し、前記レーザー共振器は前記レーザー放射の偏光条件を変更可能な偏光手段(6)を前記結合偏光子(3)の前に含み、自由な稼働条件の損失限度において前記レーザー閾の真下に前記レーザー共振器が位置するように前記偏光手段(6)が配置される請求項1～3の何れか1項に記載のパルスレーザー発信器。

20

## 【請求項 5】

前記レーザー共振器は第1のミラー(2)及び第2のミラー(8)によって閉塞され、前記第1のミラー及び第2のミラーは安定性パラメータを定義し、前記安定性パラメータは0.4乃至0.6であり、好ましくは0.5である請求項1～4の何れか1項に記載のパルスレーザー発信器。

## 【請求項 6】

請求項1～5の何れか1項に記載のパルスレーザー発信器を含むデバイスであって、前記供給電圧を前記シール手段に供給可能な供給手段(13)と、前記供給電圧を変更可能なシール供給制御手段(10)とを備えるデバイス。

30

## 【請求項 7】

ポンピング電流を前記ポンピング放射源(5)に供給可能なポンピング供給手段(14)を備え、前記デバイスは、前記ポンピング放射はエネルギーを有し、前記エネルギーは前記ポンピング電流の関数であり、前記ポンピング電流を変更可能なポンピング制御手段(11)を備える請求項6に記載のデバイス。

## 【請求項 8】

前記パルスレーザー発振器はレーザー信号を放射可能であり、前記供給電圧及び前記ポンピング電流は、前記レーザーエネルギーが実質的に一定となるように選択される請求項7に記載のデバイス。

40

## 【請求項 9】

レーザー共振器を備えるパルスレーザー発振器により放射されるパルスの持続時間を変更するための方法であって、前記レーザー共振器はレーザー媒質(4)及びシール手段を含み、前記レーザー媒質(4)は少なくとも1つのポンピング放射源(5)から放射されるポンピング放射によってポンピングされることが可能であり、かつレーザー放射を放射可能であり、前記方法は、

前記シール手段に供給電圧を供給する工程と、

前記パルスレーザー発振器によって放射される前記パルスの持続時間を変更するように

50

前記供給電圧を変更する工程とを備える方法。

【請求項 10】

前記レーザー共振器(15)は、前記レーザー放射を反射パワーで反射可能な結合偏光子(3)を含み、前記シール手段に供給される前記供給電圧の値が変更されるとき、前記反射パワーが変更されるように前記結合偏光子が配置される請求項9に記載の方法。

【請求項 11】

前記ポンピング放射はポンピングエネルギーを有し、前記方法は、

ポンピング電流を前記ポンピング放射源に供給する工程と、

前記ポンピング電流を変更する工程とを備え、

前記ポンピングエネルギーは前記ポンピング電流の関数である請求項9又は10に記載の方法。

10

【請求項 12】

前記パルス発振器はレーザー信号を放射可能であり、前記供給電圧及び前記ポンピング電流は、前記レーザーエネルギーが実質的に一定となるように選択される請求項9～11の何れか1項に記載の方法。

【請求項 13】

前記レーザー共振器はレーザー閾値を有し、前記レーザー共振器は前記レーザー放射の偏光条件を変更可能な偏光手段(6)を前記結合偏光子(3)の前に含み、前記方法は、

最大値に固定されるポンピング電流を前記ポンピング放射源に供給する工程と、

前記レーザー共振器を自由な稼働条件に配置する工程と、

前記自由な稼働条件の損失限度において前記レーザー閾値の真下に前記レーザー共振器が位置するように前記偏光手段を調節する工程と、

供給電圧を前記シール手段に印加する工程と、

前記供給電圧及び前記ポンピング電流を互いに独立して変更する工程とを備える請求項9～12の何れか1項に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パルスレーザー発振器の分野に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー共振器を備えるパルスレーザー発振器が知られている。前記レーザー共振器は、少なくとも1つのポンピング放射源から放射されるポンピング放射によりポンピングされるレーザー媒質と、前記レーザー共振器を閉塞可能なシール手段とを含む。

【0003】

そのようなレーザーは、トリガーレーザー、即ち「Qスイッチレーザー」として知られている。シール手段は、現在、Q値(クオリティファクター)スイッチ、即ちQスイッチと呼ばれている。そのようなレーザーでは、まずレーザー結晶がポンピングダイオードによってポンピングされる。このとき、シール手段は閉塞され、レーザー波の逆流(back streaming)が結晶へ進入することを防止する。これにより、結晶内で反転分布が生じるが、逆流が存在しないため、レーザー媒質のレーザー光放射は起こらない。シール手段がいまだに共振器を閉塞しているため、レーザー結晶にはポンピングによってエネルギーが蓄積される。そして、共振器の一端での反射後、シール手段は、波の逆流を許容すべく開放される。その後、誘導放出による増幅プロセスが開始する。レーザー媒質内に蓄積されたエネルギーの重要な量のため、生成されるレーザー信号は非常に短く、短いパルスが発振器の出力で得られる。

40

【0004】

そのような公知のデバイスにおいて、発振器の出力におけるレーザーパルスの持続時間は予め一定である。

ここで、得られるレーザーパルスの持続時間を変更することが可能なレーザー発振器を

50

供給することは有益である。実際、パルスの持続時間の調節は、研究される各種の現象にパルスの特性を適合するために関心をひくことである。そして、固定のパルス持続時間を有するパルスレーザーに関して、新たな現象を研究するためにパルス持続時間の変更が所望される場合、要求されるパルス持続時間を有する新しいパルスレーザーを得る必要がある。もちろん、この状況は、固定のパルス持続時間のレーザーの欠点である。

【0005】

可変パルス持続時間を有するパルスレーザーも存在する。

そのようなパルス持続時間の調節を行うための第1の公知の手段は、レーザー媒質のポンピングパワーを変更する工程からなる。実際、このポンピングパワーの変更が所望される場合、レーザー結晶内に蓄積されるエネルギー量に変更されて、パルス持続時間も変更される。

10

【0006】

しかしながら、この手段は重要な欠点を有する。実際、ポンピングパワーの変更は、レーザー媒質内の温度条件の変動、ひいては熱レンズの改変を生じる。後者は、共振器の内側で生じる。動的に安定した共振器の形態における熱レンズの変動に対してほとんど影響を受けないようにレーザー共振器が構成されていても、ポンピングパワーによって制御されるパルス持続時間内に大きな振幅の変動が、ビームの空間特性の改変および放射されるエネルギーの変動を引き起こし、レーザー放射の停止を招くおそれがある。

【0007】

高い繰返し周波数(1キロヘルツから100キロヘルツ)を有するレーザー源において、この欠点は、繰返し周波数を変更することによりパルス持続時間を調節することによって改善される。レーザー媒質が連続的な稼働条件でポンピングされる場合、および2つのパルスの間隔がレーザー遷移の上位レベルの存続寿命よりも短い場合、繰返し周波数における変更は、蓄積されるエネルギー、ひいてはパルス持続時間を改善する。

20

【0008】

実際、ポンピングパワーは一定であるが、そのようなデバイスは、繰返し周波数が一定ではないという欠点を有する。

パルス持続時間におけるそのような調節を行うための別の手段は、共振器内のQスイッチを制御する工程からなる。そのような手段は、例えば、特許文献1に説明されている。特許文献1は、レーザー共振器を備えるパルスレーザー発振器を開示する。前記レーザー共振器は、少なくとも1つのポンピング放射源から放射されるポンピング放射によりポンピングされるレーザー媒質と、前記共振器を閉塞可能なシール手段とを含む。

30

【0009】

そのような適用は、レーザー共振器内にモジュール化される高周波を発生する電子ユニットに接続された音響光学のQスイッチの使用方を示唆する。そして、Qスイッチ、より詳しくはその開閉期間は、この高周波によって制御される。

【0010】

しかしながら、音響光学のQスイッチの使用は、特定の欠点を有する。

第1の欠点は、ビームの寸法に関連するスイッチの開放期間は一般に長いため、短いパルス持続時間を得ることがほとんど不可能なことである。

40

【0011】

第2の欠点は、パルス持続時間を低減するという観点で蓄積されるエネルギーを増大することが所望される場合、音響光学のQスイッチの閉塞率が正確ではないため、自由な稼働条件が非常に容易に現出する。

【0012】

また、非特許文献1も知られている。この非特許文献1において、レーザー共振器は、ドープされたファイバの形態における増幅手段を備える。増幅手段は、トリガ条件においてレーザー放射後の効果を通じて多数のパルスを生成する。1回の発光につき1のパルスのみレーザー放射を限定するために、音響光学変調器に印加される電圧を改善することが開示されている。しかしながら、上述した非特許文献1において、供給電圧が改善され

50

ても、パルスの持続時間は改善されない。

【特許文献1】米国特許出願公開第2001/0021205号明細書

【非特許文献1】エル・シャリフ等著、「音響光学変調器を用いて、高エネルギー、高輝度のQスイッチ型のトリウムイオンがドープされたファイバレーザー(High-energy, high-brightness Q-switched Tm<sup>3+</sup>-doped fiber laser using an electro-optic modulator)

】  
【発明の開示】

【0013】

本発明は、そのような欠点を軽減することを目的とする。

従って、本発明の目的は、可変パルス持続時間を有するパルスレーザーを提供することにある。

10

【0014】

本発明の別の目的は、結晶のポンピングパワーの変更を全く必要とすることなく、可変パルス持続時間を有するパルスレーザーを提供することにある。

本発明の別の目的は、音響光学のQスイッチを使用しないパルスレーザー発振器を提供することにある。

【0015】

これらの目的の少なくとも1つは、第1の態様に従い、パルスレーザー発信器に関する本発明によって達成される。本発明は、レーザーパルスを放射するためのパルスレーザー発信器であって、レーザー共振器を含み、前記レーザー共振器は、少なくとも1つのポンピング放射源から放射されるポンピング放射によってポンピングされることが可能であり、かつレーザー放射を放射可能なレーザー媒質を含み、前記レーザー共振器は閉塞期間に前記共振器を閉塞可能なシール手段を含むパルスレーザー発信器において、前記シール手段は電気光学のシール手段であり、前記シール手段は供給電圧によって駆動されることが可能であり、前記供給電圧の値が変更されるとき、放射されるパルスの持続時間が変更されることを特徴とするパルスレーザー発信器である。

20

【0016】

このレーザー共振器において、シール手段は、例えば電気光学結晶を含む。

従って、電気光学のQスイッチの供給電圧を変更することにより、パルスレーザー発信器のレーザーパルスの持続時間を変更することが可能である。

30

【0017】

ここで、電気光学スイッチの閉塞率が、例えば特許文献1で開示されるような音響光学スイッチの閉塞率よりもかなり大きいことを留意されたい。

本発明の一実施形態に従い、上述したパルスレーザー発信器において、前記レーザー共振器は、前記レーザー放射を反射パワーで反射可能な結合偏光子を含み、前記シール手段に供給される前記供給電圧の値が変更されるとき、前記反射パワーが変更されるように前記結合偏光子が配置される。

【0018】

従って、結合偏光子の反射パワーは供給の関数として変化し、レーザーパルスの持続時間の変動という結果となる。

40

加えて、上述したパルスレーザー発信器において、正確な温度不感応性、正確な流束の状態(tenue au flux)を有するパルスレーザー発信器を供給するために、前記シール手段は、第1の軸を有する第1のRbTiOPO<sub>4</sub>結晶と、第2の軸を有する第2のRbTiOPO<sub>4</sub>結晶とを含み、前記第1の軸及び第2の軸は交差している。

【0019】

加えて、上述したパルスレーザー発信器において、外部の干渉に対する発信器の正確な不感応性を保証するために、前記レーザー共振器は第1のミラー及び第2のミラーによって閉塞され、前記第1のミラー及び第2のミラーは安定性パラメータを定義し、前記安定性パラメータは0.4乃至0.6であり、好ましくは0.5である。

【0020】

50

また、本発明は前述したようなパルスレーザー発信器を備えるデバイスに関する。デバイスは、前記可変供給電圧を前記シール手段に供給可能な供給手段と、発振器によって放射されたレーザーパルスの持続時間を変更するために、前記供給電圧を変更可能なシール供給制御手段を制御するための手段とを備える。

【0021】

前記供給手段は、例えば電圧発生装置であり、シール供給手段は、例えば可変抵抗器を含む。

また、本発明の目的は、実質的に一定のエネルギーを維持しながら、可変パルス持続時間を有するパルスレーザー発振器を供給することにある。

【0022】

実際、可変パルス持続時間を有するパルスレーザー発振器の欠点の1つは、パルス持続時間の変動はレーザーエネルギーの変動を伴うことである。より詳しくは、これは、ポンピングパワーがパルス持続時間及び放射されるエネルギーの双方に影響を及ぼすため、ポンピングパワーを変更することによりパルス持続時間の変動が得られる場合のことである。

【0023】

そのような欠点を軽減するために、上述のデバイスは、ポンピング電流を前記ポンピング放射源に供給可能なポンピング供給手段を備え、前記ポンピング放射はエネルギーを有し、前記エネルギーは前記ポンピング電流の関数であり、前記デバイスは、前記ポンピング電流を変更可能なポンピング制御手段を備える。

【0024】

本発明に従うパルスレーザー発振器は、互いに独立して変更可能な2つの調節パラメータを備える。2つの調節パラメータは、シール供給手段によりパルス持続時間を調節可能とし、かつポンピング制御手段によりポンピングエネルギーを調節可能とする。互いに独立して変更可能な両パラメータを適切に調節することにより、放射されるレーザーパルスのエネルギーを実質的に一定に維持することが可能となる。

【0025】

より詳しくは、前記パルスレーザー発振器はレーザー信号を放射可能であり、前記供給電圧及び前記ポンピング電流は、前記レーザーエネルギーが実質的に一定となるように選択される。

【0026】

加えて、シール手段が供給される電圧である場合、印加される電圧が高すぎないことが効果的である。これにより、特に複雑かつ高価な供給手段の使用を回避することが可能となる。

【0027】

従って、本発明の別の目的は、高すぎる電圧をQスイッチに供給することなく、Qスイッチに供給される電圧を切り換えることにより、可変パルス持続時間を有するパルスレーザー発振器を提供することを含む。

【0028】

ここで、本質的に公知であるが、Qスイッチに供給される電圧及びパルスレーザー発振器は、レーザー媒質とシール手段との間に配置された4分の1波長のブレード(lame quart-d'onde)に依存する。

【0029】

従来の方法では、レーザー媒質から最大のエネルギーを抽出するために、共振器がビーム及び光学部品の流束状態の品質に影響を及ぼし得る自由な稼動条件で動作することを回避しながら、レーザー媒質の利得をできるだけ高くすることが望ましい。

【0030】

ここで、可変パルス持続時間を有するパルスレーザー発振器が得られる本発明の範囲内において、この利得の制約はもはや存在しない。

従って、上述したレーザー共振器はレーザー閾値を有し、前記レーザー共振器は前記レ

10

20

30

40

50

ーザー放射の偏光条件を変更可能な偏光手段を前記結合偏光子の前に含み、自由な稼動条件の損失限度において前記レーザー閾値の直下に前記レーザー共振器が位置するように前記偏光手段が配置される。

【0031】

従って、Qスイッチに印加される電圧は低くてもよく、供給手段は簡素であり、かつ非常に高価ではなくてもよい。

また、本発明は、レーザー共振器を備えるパルスレーザー発振器により放射されるパルスの持続時間を変更するための方法に関する。前記レーザー共振器は、少なくとも1つのポンピング放射源から放射されるポンピング放射によってポンピングされることが可能であり、かつレーザー放射を放射可能なレーザー媒質と、シール手段とを含み、前記方法は

10

前記シール手段に供給電圧を供給する工程と、

前記パルスレーザー発振器によって放射される前記パルスの持続時間を変更するように前記供給電圧を変更する工程とを備える方法である。

【0032】

一実施形態に従い、前記レーザー共振器は、前記レーザー放射を反射パワーで反射可能な結合偏光子を含み、前記シール手段に供給される前記供給電圧の値が変更されるとき、前記反射パワーが変更されるように前記結合偏光子が配置される。

【0033】

特定の実施形態において、上述した方法において、前記ポンピング放射はポンピングエネルギーを有し、前記方法は、

20

ポンピング電流を前記ポンピング放射源に供給する工程と、

前記ポンピング電流を変更する工程とを備え、

前記ポンピングエネルギーは前記ポンピング電流の関数である。

【0034】

更に、本発明の一実施形態に従い、上述した方法において、前記パルス発振器はレーザー信号を放射可能であり、前記供給電圧及び前記ポンピング電流は、前記レーザーエネルギーが実質的に一定となるように選択される。

【0035】

また、本発明の一実施形態に従い、上述した方法において、前記レーザー共振器はレーザー閾値を有し、前記レーザー共振器は前記レーザー放射の偏光条件を変更可能な偏光手段を前記結合偏光子の前に含み、

30

最大値に固定されるポンピング電流を前記ポンピング放射源に供給する工程と、

前記レーザー共振器を自由な稼動条件に配置する工程と、

前記自由な稼動条件の損失限度において前記レーザー閾値の真下に前記レーザー共振器が位置するように前記偏光手段を調節する工程と、

供給電圧を前記シール手段に印加する工程と、

前記供給電圧及び前記ポンピング電流を互いに独立して変更する工程とを備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

40

本発明の他の目的及び効果は、添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明から明らかになるであろう。

本発明に従うデバイス1が図1に示され、レーザー共振器15の形態のパルスレーザー発振器15を備える。また、それはパルス発振器の素子のための供給手段12を備える。供給手段12は、電流供給手段11及び電圧供給手段10を含む。

【0037】

レーザー共振器15は、レーザー媒質4を含む。レーザー媒質4は、現在ヤグ(YAG)と呼ばれるネオジウムがドープされた結晶体、即ち $Y_3Al_5O_{12}$ 組成を有するイットリウム・アルミニウム・ガーネットである。

【0038】

50

レーザー共振器 15 は、170 ミリメートルの効果的な長さを有する。それは、1064 ナノメートルの波長用のレーザー放射を完全に反射する 2 枚のミラー 2, 8 によって閉塞されている。第 1 のミラー 2 は平面であり、第 2 のミラーは 2000 ミリメートルの局率半径を有する凹面である。従って、共振器 15 は、平面ミラー 2 上で約 0.9 ミリメートルのビーム直径に対して安定である。共振器 15 のガウスモード  $TEM_{00}$  を選択するために、1.2 ミリメートルの直径を有する絞りがミラー 2 の直前に配置されてもよい。

【0039】

変動に従い、レーザー媒質 5 の熱応力が大きい場合、レーザー共振器 15 は熱レンズの変動に対する不感応性の基準、即ち 0.4 乃至 0.6、好ましくは 0.5 に近い安定性パラメータを満たすように構成される。

【0040】

ネオジウム・ヤグ(Nd:YAG)結晶レーザー 4 は、長さ 15 ミリメートル及び直径 4.4 ミリメートルの半円筒の形状に加工される。電流発生装置によって供給される三層のレーザーダイオード 5 の片は、周面を通じてこの結晶をポンピングする。

【0041】

レーザー結晶内の第 1 の通路中で吸収されていないポンピング放射は、808 ナノメートルのポンピング波長に対する反射処理を受けた平面の後面によって反射される。共振器内で形成されるレーザービームは、半円筒の軸に対して平行な通路を移動する際にポンピング領域内で増幅される。

【0042】

レーザー光を共振器の外側に結合するためのデバイスは、ブルスター角で傾斜した偏光ブレード 3 からなる。この偏光ブレードの反射パワーは、入射光の偏光条件に依存する。

【0043】

共振器の軸のまわりを回転するための手段を有する 4 分の 1 波長のブレード 6 は、ブレードの軸の方位に従い、自由な稼働条件又はトリガー動作条件の何れかで共振器が動作することを可能とする。

【0044】

共振器は、現在 RTP(Rubidium Titanyl Phosphate)又は  $RbTiOPO_4$  と呼ばれる一対の電気光学結晶 7 によってトリガー動作する。RTP 結晶 7 は、長さにおいて釣り合っており、それらの軸は交差しているため、電圧が印加されない状態では、それらの包括的な複屈折はゼロである。この構成において、それらは位相ブレードと単に同等であり、加えて、それらの偏光特性は温度に対してほとんど影響を受けない。トリガーのための最適な条件を得るために、RTP 結晶の軸 X 及び Z は、結合偏光子 3 によって定義される偏光面に対して 45 度配向されている。トリガー電場は、Z に直交する面上に配置された金電極 13 によって各結晶の軸 Z に沿って印加される。パルス発生装置 10 は、パルス電圧を生成する。パルス電圧は、ダイオードのポンピング電流の前端と同期して、0 乃至 500 ボルトで調節される。電圧値は、例えば抵抗器 10 によって制御される。

【0045】

注入作業の可能なモードに従い、凹面ミラー 8 は、共振器の光学長を制御するために使用される圧電セラミック 9 上に搭載される。注入される周波数は、共振器のモードと共振した状態を保つ。

【0046】

低いトリガー電圧を伴うパルスの可変持続時間を得るべく、共振器の最適化がいくつかの工程で行われる。

第 1 の工程中、共振器のミラー 2, 8 は、電気光学結晶 7 に電圧を全く印加することなく、ミラー 2, 8 の回転を調節するための手段を作動させることにより、従来のように調節される。そのような調節工程中、100 マイクロ秒の期間において、電流スロットがポンピングダイオード 5 に注入される。

【0047】

10

20

30

40

50

第2の工程中、4分の1波長ブレード6の光学軸は、自由な稼働条件で最大のレーザーエネルギーを得られるように、即ち、共振器内の結合を最適化しながら配向される。実際、4分の1波長ブレード4を回転させる場合、結合偏光子3上にビーム入射の偏光条件が変化し、続いて結合偏光子の効果的な反射部分も変化する。

【0048】

第3の工程中、ダイオードの電流は供給11によって許容される最大、又はダイオードの製造メーカによって推奨される最大、即ち、例えば80アンペアまで増大される。

第4の工程中、4分の1波長ブレードは角度 だけ回転されるため、レーザーはレーザー閾値の真下を通過する。角度は、例えば0.4ラジアンに固定される。 を決定する角度の指標は、結合3の入射面によって定義される偏光面における4分の1波長ブレード4の光学軸の調整に対応する。

10

【0049】

そして、今回はトリガー動作で、電圧の前部(front de tension)がポンピングスロットの端部にRTP結晶7に印加されると、レーザーの作動が回復される。実際、電圧の前端部は偏光条件を含むため、結合偏光子3の反射パワーは、レーザーがレーザー閾値の上方を通過することを可能とする。図4はこの挙動を示す。ここで、電圧の印加が全く無い状態で、レーザー閾値は約44%の結合偏光子の反射パワーに対応する。RTP結晶7に印加される電圧は、反射パワーの減少、ひいては結合の損失という結果となる。レーザー共振器15は、このように放射する。

20

【0050】

抵抗器10及び電極13により供給電圧を調節することによって、レーザー放射は回復されるだけでなく、その後にパルス持続時間が変化する。この結果、図2に示されている。この図において、供給電圧が50ボルトと220ボルトとの間で変化する場合、パルス持続時間は50ナノ秒を超える時間と17ナノ秒との間で調節され得ることが示されている。供給電圧は、得られるパルス持続時間の関数として固定される。更に変更の可能性はあるが、一旦、この供給電圧が得られるパルス持続時間の関数として固定されると、供給電圧は各ポンピング及び放射サイクル中の時間の関数として一定に維持される。放射の後に、供給電圧は再び変更されてもよい。

【0051】

しかしながら、より高いパルス電圧を必要とする欠点を伴う4分の1波長ブレードの通常の調節モードに従って同じ調節が得られる。この通常の調節モードに従い、シール手段の最大の消失率は、ポンピング時間のために求められる。

30

【0052】

従って、4分の1波長ブレードは角度 = / 4ラジアンで配向されるため、シール手段へ向かう移動、及びシール手段から戻る移動の後、偏光子は / 2ラジアン回転する。そして、結合偏光子3は完全に反射し、レーザー共振器15は完全に遮蔽される。この構成は、図5に示されている。図3の条件に戻るために、即ち、44%の反射パワーに対応するレーザー閾値に到達するために、約330ボルトの供給電圧が事前に結晶7に印加される。そして、前述したように、約330ボルト乃至600ボルトで電圧を変更しながら、パルス持続時間の調節が実行される。

40

【0053】

先に開示したようにレーザー共振器15を準備する間に、可変持続時間を有するレーザーパルスが得られるが、図3に示すようにエネルギーは一定ではない。

RTP結晶7の電圧及びポンピングダイオードの電流に対して独立して作用することにより、放射されるエネルギーを一定に維持することが可能である。これは、図6に示されている。ここで、300マイクロジュールの一定のエネルギーに対して、ポンピングダイオードの電流と、放射されるパルスの持続時間とが、Qスイッチ7に印加される電圧の関数として示されている。両関数は、パルス持続時間に関する3次多項式と、ダイオード5の電流に関する5次多項式とによる正確な近似で表されている。本出願人は、以下の式に等しい多項式を決定した。

50

電流の曲線に関する多項式

$$2 \times 10^{-10}x^5 - 1 \times 10^{-7}x^4 + 4 \times 10^{-5}x^3 - 0.0048x^2 + 0.1059x + 77.213$$

パルス持続時間に関する多項式

$$6 \times 10^{-7}x^3 - 0 \times 0005x^2 + 0.0018x + 51.255$$

もちろん、そのような関数は、供給デバイス 1 2 のコンピュータ化された駆動と互換性がある。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明に従う例示的なパルスレーザー発振器を示す図である。

【図2】図1のパルスレーザー発振器の持続時間の関数としてのトリガー電圧の評価を示す図である。

10

【図3】電圧及び電流の調節前にレーザー共振器によって放射されるエネルギーの評価を示す図である。

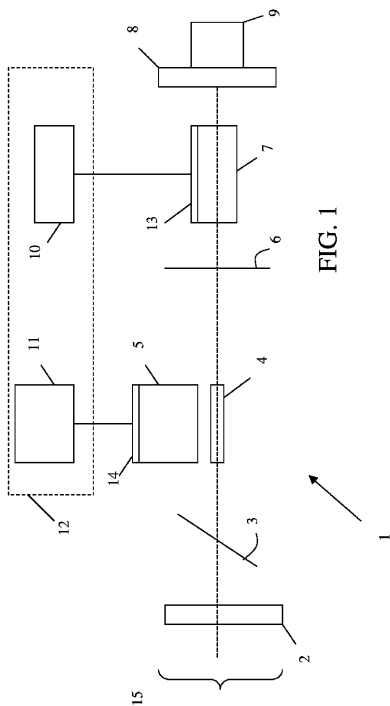
【図4】0.4ラジアン、4分の1波長のブレードの特定の方位に関して、図1のパルスレーザー発振器のシール手段に印加される電圧の関数としての結合偏光子の反射係数を示す図である。

【図5】4分の1ラジアン、4分の1波長のブレードの通常の調節を伴うパルスレーザー発振器のシール手段に印加される電圧の関数としての結合偏光子の反射係数を示す図である。

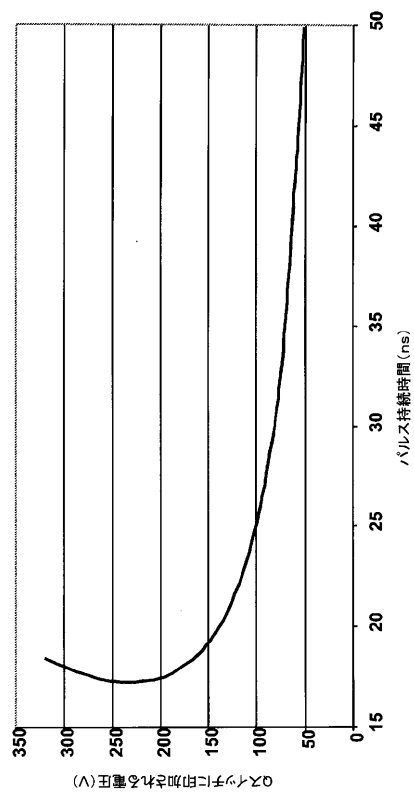
【図6】300ジュールの一定のエネルギーに対して、電流がポンピングダイオードに流され、かつシール手段に印加される電圧が変化するとき、放射されるパルスの持続時間を示す図である。

20

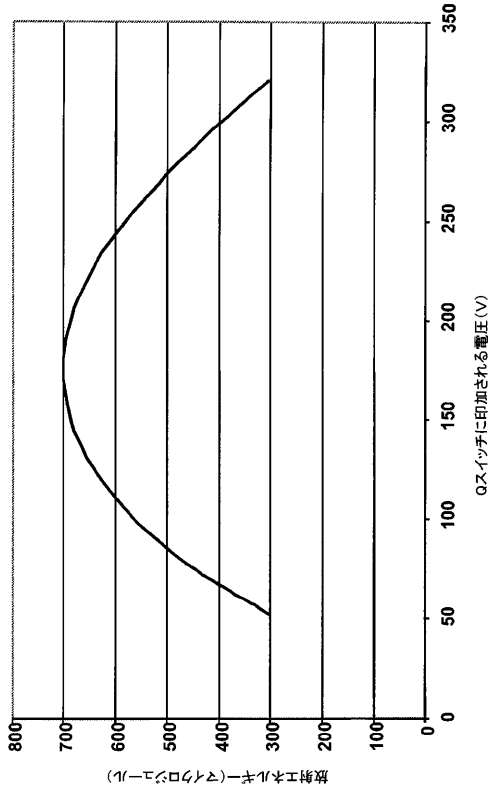
【図1】



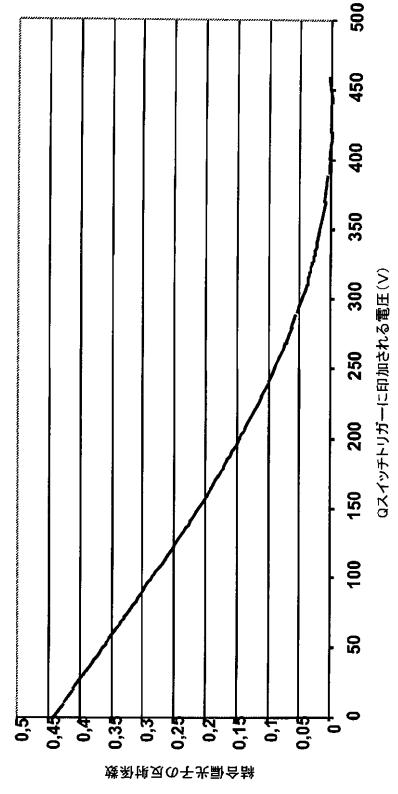
【図2】



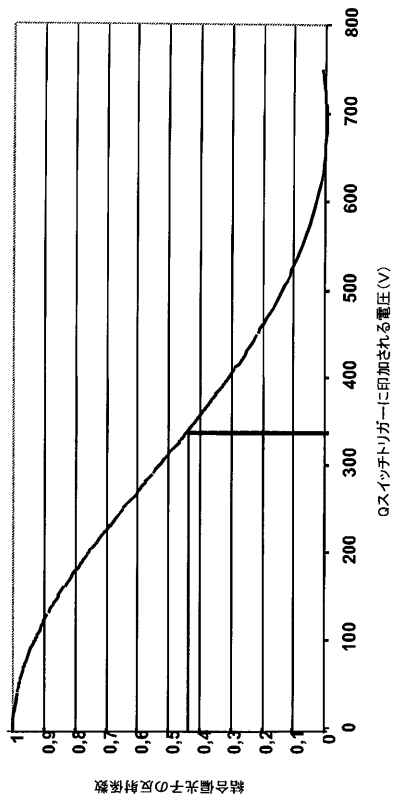
【 図 3 】



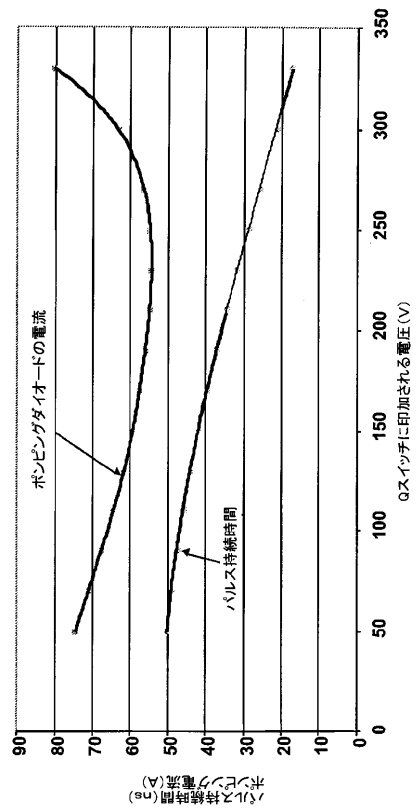
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2007/051208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01S3/115		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 247 387 A (MATSUBARA KEN [JP] ET AL) 21 September 1993 (1993-09-21) column 6, line 8 - line 25	1
A	the whole document	2-13
X	WO 03/073564 A2 (BRIGHT SOLUTIONS SOLUZIONI LAS [IT]; DELL ACQUA STEFANO [IT]; PICCINNO) 4 September 2003 (2003-09-04) p. 19, 1er par.	3
A	the whole document	1,2,4-13
X	WO 89/04504 A (STEREOGRAPHICS CORP [US]) 18 May 1989 (1989-05-18) page 9, line 29 - page 10, line 5	1
A	the whole document	2-13
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
*E* earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.	
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*Z* document member of the same patent family	
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
6 September 2007	11/10/2007	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Bésuelle, Emmanuel	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2007/051208

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>EL-SHERIF A F ET AL: "High-energy, high-brightness Q-switched Tm<sup>3+</sup>-doped fiber laser using an electro-optic modulator"</p> <p>OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 218, no. 4-6, 1 April 2003 (2003-04-01), pages 337-344, XP004416673 ISSN: 0030-4018 p. 338, col. de droite, 2ème par. paragraph [02ND]</p>	1
A	<p>the whole document</p> <p>-----</p>	2-13
A	<p>US 2001/021205 A1 (KITTELMANN OLAF [DE] ET AL) 13 September 2001 (2001-09-13) cited in the application the whole document</p> <p>-----</p>	1-13

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2007/051208

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5247387	A	21-09-1993	JP 2924136 B2 JP 4115219 A	26-07-1999 16-04-1992
WO 03073564	A2	04-09-2003	AT 311024 T AU 2003208494 A1 DE 60302451 D1 DE 60302451 T2 EP 1500174 A2 IT T020020173 A1 US 2005152426 A1	15-12-2005 09-09-2003 29-12-2005 10-08-2006 26-01-2005 28-08-2003 14-07-2005
WO 8904504	A	18-05-1989	AU 2797889 A US 4820027 A	01-06-1989 11-04-1989
US 2001021205	A1	13-09-2001	DE 19958566 A1 JP 2001189513 A	07-06-2001 10-07-2001

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2007/051208

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01S3/115		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01S		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 247 387 A (MATSUBARA KEN [JP] ET AL) 21 septembre 1993 (1993-09-21) colonne 6, ligne 8 - ligne 25	1
A	le document en entier	2-13
X	WO 03/073564 A2 (BRIGHT SOLUTIONS SOLUZIONI LAS [IT]; DELL ACQUA STEFANO [IT]; PICCINNO) 4 septembre 2003 (2003-09-04) p. 19, 1er par.	3
A	le document en entier	1,2,4-13
X	WO 89/04504 A (STEREOGRAPHICS CORP [US]) 18 mai 1989 (1989-05-18) page 9, ligne 29 - page 10, ligne 5	1
A	le document en entier	2-13
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"I" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>		<p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
6 septembre 2007	11/10/2007	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Bésuelle, Emmanuel

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n° PCT/FR2007/051208
--

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EL-SHERIF A F ET AL: "High-energy, high-brightness Q-switched Tm <sup>3+</sup> -doped fiber laser using an electro-optic modulator" OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 218, no. 4-6, 1 avril 2003 (2003-04-01), pages 337-344, XP004416673 ISSN: 0030-4018 p. 338, col. de droite, 2ème par. alinéa [02ND]	1
A	le document en entier -----	2-13
A	US 2001/021205 A1 (KITTELMANN OLAF [DE] ET AL) 13 septembre 2001 (2001-09-13) cité dans la demande le document en entier -----	1-13

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2007/051208

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5247387	A	21-09-1993	JP 2924136 B2 JP 4115219 A	26-07-1999 16-04-1992
WO 03073564	A2	04-09-2003	AT 311024 T AU 2003208494 A1 DE 60302451 D1 DE 60302451 T2 EP 1500174 A2 IT T020020173 A1 US 2005152426 A1	15-12-2005 09-09-2003 29-12-2005 10-08-2006 26-01-2005 28-08-2003 14-07-2005
WO 8904504	A	18-05-1989	AU 2797889 A US 4820027 A	01-06-1989 11-04-1989
US 2001021205	A1	13-09-2001	DE 19958566 A1 JP 2001189513 A	07-06-2001 10-07-2001

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100142907

弁理士 本田 淳

(74)代理人 100149641

弁理士 池上 美穂

(72)発明者 キャバレー、ルイ

フランス国 F - 9 1 4 1 0 プレジ - サン - ブノワ アンパッス デュ サンフォアン 5

(72)発明者 ドラグ、シリル

フランス国 F - 9 1 4 0 0 オルセー ブールヴァール ドゥ モンデトゥール 1 5 9 パヴィヨン ノンブル 1 0

Fターム(参考) 5F172 AE03 AF02 CC01 EE13 NN26 NQ07 NQ12 NQ24 NQ30