

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7218355号
(P7218355)

(45)発行日 令和5年2月6日(2023.2.6)

(24)登録日 令和5年1月27日(2023.1.27)

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 B 5/30 (2006.01) G 0 2 B 5/30
G 0 2 F 1/09 (2006.01) G 0 2 F 1/09

請求項の数 17 (全10頁)

(21)出願番号	特願2020-510541(P2020-510541)	(73)特許権者	508318650
(86)(22)出願日	平成30年8月27日(2018.8.27)		ローレンス・リバモア・ナショナル・セ
(65)公表番号	特表2020-532760(P2020-532760		キュリティ・エルエルシー
	A)		Lawrence Livermore
(43)公表日	令和2年11月12日(2020.11.12)		National Security,
(86)国際出願番号	PCT/US2018/048185		LLC
(87)国際公開番号	WO2019/046212		アメリカ合衆国、94551-9234
(87)国際公開日	平成31年3月7日(2019.3.7)		カリフォルニア州、リバモア、イースト
審査請求日	令和3年8月18日(2021.8.18)		・アベニュー 7000、エル-703
(31)優先権主張番号	62/551,205		、ローレンス・リバモア・ナショナル・
(32)優先日	平成29年8月28日(2017.8.28)		ラボラトリー
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		Lawrence Livermore
			National Laborator
			y, 7000 East Avenue,
			L-703, Livermore, C
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガス冷却ファラデー回転子および方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対向する光学面を有し、前記対向する光学面に直交して通るビーム伝搬軸が存在する、少なくとも1つのファラデー光学系と、

前記少なくとも1つのファラデー光学系の一部を加熱するための手段と、

前記対向する面の各面を冷却するためのガスを提供するように構成されたガス冷却システムと、

前記少なくとも1つのファラデー光学系を通して前記ビーム伝搬軸上を伝搬するレーザービームの所望のファラデー回転を誘起するように構成された磁場源と、

を含む装置。

【請求項2】

前記レーザービームが前記ビーム伝搬軸上で前記少なくとも1つのファラデー光学系を通して伝搬する際に、前記ガス冷却システムは、前記少なくとも1つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱するための手段と共に、前記少なくとも1つのファラデー光学系内において空間的に均一な温度プロファイルを提供するように構成される、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記ガス冷却システムは、前記ガスを前記各面の表面上で加速して乱流条件を作り出すように構成された再循環ガス冷却マニホールドを含む、請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記ガスはヘリウムを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系は外縁部を含み、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱する前記手段は、前記外縁部と接触するヒーターを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系は外縁部を含み、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱する前記手段は、ヒータービームを前記外縁部に導くための手段を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系は、外縁部を含み、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱するための前記手段は、前記ビーム伝搬軸と前記外縁部との間の、前記軸よりも前記外縁部に近い領域にヒータービームを導くための手段を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記ファラデー光学系と接触していない前記各ヒーターの側面と接触する断熱材料をさらに含む、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 9】

前記磁場源はハウジング内の磁気アレイを含み、前記ヒーターと接触していない前記断熱材料の側面は前記ハウジングと接触する、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の 2 つのファラデー光学系の間位置する水晶回転子光学系をさらに含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

少なくとも 1 つのファラデー光学系を通してビーム伝搬軸上にレーザービームを導き、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系は対向する光学面を有し、前記ビーム伝搬軸は、前記ファラデー光学系の前記対向する前記光学面を通過し、前記対向する光学面に直交することと、

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の一部を加熱することと、

前記対向する面をガスで冷却することと、

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系を通して前記ビーム伝搬軸上を伝搬するレーザービームの所望のファラデー回転を誘起するために、磁場を印加することと、を含む方法。

【請求項 12】

前記レーザービームが前記ビーム伝搬軸上で前記少なくとも 1 つのファラデー光学系を通して伝搬する際に、ガス冷却システムが、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱するための手段と共に、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系内において空間的に均一な温度プロファイルを提供する、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

乱流条件を作り出すために、前記対向する面の表面上で前記ガスを再循環させることをさらに含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 14】

前記ガスはヘリウムを含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の一部を加熱することは、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の外縁部を加熱することを含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 16】

前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の一部を加熱することは、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の外縁部にヒータービームを導くことを含む、請求項 11 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

前記少なくとも1つのファラデー光学系の一部を加熱することは、前記ビーム伝搬軸と前記少なくとも1つのファラデー光学系の外縁部との間の、前記軸よりも前記外縁部に近い領域にヒータービームを導くことを含む、請求項 11 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願との相互参照

本出願は、2017年8月28日に出願された「Gas Cooled High Average Power Faraday Rotator」という名称の米国仮特許出願第62/551,205号の利益を主張し、上記出願は参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0002】

連邦政府による資金提供を受けた研究開発の下でなされた発明の権利に関する記載

米国政府は、ローレンスリバモア国立研究所の運営のために、米国エネルギー省とローレンスリバモア国立安全保障LLCとの間の契約番号DE-AC52-07NA27344に従って、本発明に権利を有する。

【0003】

本技術は、ファラデー回転子に関し、より具体的には、ファラデー回転子の平均出力処理能力を劇的に改善し得る技術に関する。本技術は、ガス冷却高平均出力ファラデー回転子を含む。

20

【背景技術】

【0004】

ファラデー回転子は、偏光切り替え、後方反射に対するレーザー増幅器構成要素の分離、および偏光解消補正のためにレーザーシステムで使用される。開口部が大きく、波面が重要な高エネルギーレーザーシステムでは、これらのデバイスは通常、所与の光路長と固定磁場の回転を設定する高いベルデ定数を有する結晶またはガラスを使用する。波面の理由とb積分および熱効果の両方のために、光路長を最小限に抑えることが望ましい。コンパクトなデバイスを作成するために固定磁石を使用することも望ましい。これにより、一般に、比較的高いベルデ定数を示し、テルビウムガリウムガーネット(TGG)、テルビウムドープガラス、カリウムテルビウムフッ化物(KTF)を含む様々な材料にドープできるテルビウムドープ光媒体を中心に業界が収束した。これらの材料は小さいが、測定可能な吸収係数を有し、平均出力の下でこれらの材料の熱負荷をもたらす。光学材料の熱負荷は、温度による屈折率の変化(dn/dT)、熱膨張、およびこの膨張の結果である応力複屈折をもたらす。応力複屈折は、入射偏光を改変し、少量を他の偏光状態に散乱させ、これは偏光解消としても知られている。これらのデバイスは偏光の切り替えと分離に使用されるため、偏光の処理の純度は非常に重要である。

30

【0005】

ファラデー要素の偏光解消は、事実上機能を損なわせ、そもそもファラデー要素を利用する目的を無効にする。過去に、熱複屈折を補償するために回転子を備えた材料の2つのスラブを使用すること、ならびに回転子の片面を水またはコールドプレートで積極的に冷却(アクティブミラーコンセプト)して複屈折を最小限に抑え、縦方向の温度勾配を形成することを含む、熱効果を補償するための様々な方法が利用されてきた。開口部と平均出力が増加するにつれて、複屈折補償を維持することがますます難しくなる。同様に、高出力を処理するために、厚さを減らす(したがって、磁場を増やす)か、またはデバイスの数を増やす必要があるため、アクティブミラーコンセプトも制限される。現在の最新技術では、100kW~1MWの範囲内にスケールアップすることはできない。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

現在の技術は、現在のサブkWのデモンストレーションから100kW~1MWの能力までの平均出力処理のスケーリングを可能にする。本技術をファラデー回転子の光学部品に適用すると、これらのデバイスの平均出力とエネルギー処理能力を数桁向上させることができる。ファラデー回転子は、偏光切り替え、後方反射からのレーザー増幅器構成要素の分離、および偏光解消補正のためにレーザーシステムで使用される。現在、これらのデバイスの平均出力処理能力は制限されている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

高速ガス冷却は、ファラデー光学面から熱負荷を効率的に除去し、縦方向の温度勾配を形成することにより、熱波面と熱複屈折を最小限に抑える。再循環ガス冷却マニホールドは、スラブの表面上のガスを加速して、表面冷却速度を最大化する乱流状態を形成する。本技術はさらに、ファラデースラブ上に空間的に均一な温度プロファイルを提供する。一実施形態は、周囲が断熱された均一に加熱されたスラブを含む。

10

【0008】

このデバイスは、慣性核融合エネルギー用の高平均出力レーザードライバ、レーザー加速器システム用ドライバ、防衛用途、レーザーピアリング、溶接、切断、積層造形を含む、多くの用途で有用である。

【0009】

本開示に組み込まれ、その一部を形成する添付の図面は、本発明の実施形態を示し、説明と共に、本発明の原理を説明するのに役立つ。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

- 【図1】現在の高平均出力ファラデー回転子の一実施形態を示す図である。
- 【図2】ファラデー光学スラブの周辺部にヒータービームを投射する方法を示す図である。
- 【図3】2つの複屈折源の間に水晶回転子光学系を有する複屈折補償設計を示す図である。
- 【図4】ヒータービームを使用した複数のスラブの実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本技術は、ファラデー回転子光学部品の平均出力およびエネルギー処理能力の数桁の増加を可能にすることができる。特定のレーザーシステムのファラデー回転子の光学開口部は、ファラデー材料のレーザー損傷しきい値によって名目上設定される。材料の厚さは、この開口部での均一性と望ましい回転に必要な磁石設計によって設定される。選択された特定のファラデー材料の吸収係数と共にこれら2つの値がわかっている場合(典型的な材料の表1を参照)、レーザーシステムの使用場所での吸収出力を計算することができる。

30

【0012】

【表1】

表1。主要な候補のファラデー材料の材料特性

材料	これまでの最大直径サイズ (mm)	1064nmでのベルデ定数 (分/Oe-cm)	吸収係数 (cm ⁻¹)	非線形屈折率 (x 10 ⁻²⁰ m ² /W)	損傷しきい値 (J/cm ²)
Tb: ガラス	300	0.11	0.003	6.09	12nsで7.0
TGG	50	0.17	0.003	20.0	10nsで10.0
KTF	45	0.15	0.0003	1.92	10nsで2.0

40

【0013】

高速ヘリウムガス冷却は、縦方向の温度勾配を形成することにより熱波面と熱複屈折を最小限に抑えながら、増幅器の表面から数W/cm²の熱負荷を効率的に除去する。再循

50

環ヘリウム冷却マニホールドは、スラブの表面上のガスを加速して、表面冷却速度を最大化する乱流状態を作り出す。100 kWクラスの回転子に十分なこのようなシステムの例は、ヘリウムで $\sim 45 \text{ psi}$ に加圧され、ファラデー材料スラブ表面の表面で \sim マッハ0.1（乱流条件）の速度で流れるシステムである。この技術により、透過時に熱を除去できるため、開口部サイズを変更したり、材料をますます薄いスラブに分割して所望の結果を得たりすることで、問題に対処できる。ファラデー材料の場合、熱負荷は同じシステム内の増幅器よりもはるかに低く、既存の増幅器の現在の低出力熱負荷に匹敵する。100 kWのレーザーシステムマットは、開口部が $5 \times 5 \text{ cm}^2$ で厚さが3 cmのTGG製のファラデー回転子を2回通過させる必要があることを考慮されたい。結晶に吸収される全熱出力は1800 Wである。この結晶が6つのスラブに分割され、各スラブの厚さが5 mmの場合には、各表面から除去する必要がある熱負荷は、各表面で 6 W/cm^2 であり、これは高速ガス冷却の能力の範囲内である。増幅器システムと同様に、ヘリウムは屈折率が低く、 dn/dT が低いので、透過ガスに対する乱流と散乱の影響を最小限に抑える、好ましいガスである。

【0014】

熱負荷の理解と調整は、このシステムの設計における第1のステップである。第2のステップは、ファラデー材料スラブ上で最も空間的に均一な温度プロファイルを作成することである。これを達成するには、均一に加熱されたスラブマットを周囲で断熱し（その方向に冷却が発生しないようにし）、スラブの前面と背面からの必要な熱伝達を（高速ガス冷却により）行うことが望ましい。本発明で使用される技術は、熱負荷はるかに小さく、ファラデー回転子材料のエッジクラッキングの要件がないため、増幅器では不可能である。光学開口部をビームで完全に満たすことは不可能であるため（これにより、透過ビームに大きな回折損失とビーム品質の劣化が生じるため）、本発明はエッジヒーターを使用し、熱バランスを実現する。機能的には同等であるが、機械的に長所と短所を提供するいくつかのオプションがある。1つのオプションは、スラブの縁部にヒーター（薄膜シートヒーターなど）を取り付けることである。これらは、均一性を改善するために、スラブの縁部に空間的に依存する熱負荷を生成するように成形することもできる。これにより、各ユニットを独立させ、個別にフラットな温度プロファイルに調整できる。光学モード充填、スラブ厚、ヒーター出力はすべて、均一性を達成するために調整できる変数である。このコンセプトは図1に示されており、この図は、一連のスラブ内のファラデー材料10、ヘリウムガス冷却12、部分13、14を含むガス冷却ベーン、断熱材料（断熱ポッティングコンパウンドなど）15、ヒーター16、圧力容器窓18、20、および高平均出力ファラデー回転子を実現するために必要な磁気アレイハウジング22を示す側面断面図である。この図は、ファラデー材料10を通過するレーザービーム24を示している。スラブの外周は、円形、正方形、または任意の形状にすることができる。各スラブを均一に加熱して、単にビームの周囲に冷たい境界がないようにすることが望ましい。各スラブのヒーターは、スラブの周囲全体でスラブと接触していてもよい。スラブの反対側のヒーターの側面は断熱材料と接触しており、断熱材料は磁気ハウジングと接触している。ガスは各スラブ間を流れる。磁気アレイハウジングには、冷却ベーンの間には開口部があり、各ファラデー材料スラブ間でガスを流すことができる。また、ガス冷却ベーンは、磁性材料で形成することができる。この実施形態では、冷却ベーンの一部13はアルミニウムで形成され、一部14は磁性材料で形成されている。ヘリウムの屈折率、したがって dn/dT は非常に低く（真空以外のどの材料よりも約10倍低い）、ガス流によるレーザービーム波面の乱れを最小限に抑える。乱流であるため、波面の歪みはホワイトノイズに類似しており、測定能力を下回る波面誤差を提供する冷却方法として実証されている。一般に、可能な限り縦方向の温度勾配に近づけることが望ましいため、複数のスラブが使用される。大きな温度上昇は望ましくない（材料が厚いほど、材料の熱伝導率によって設定された t^2 で温度が上昇する）。しかし、低出力システムでは、1つのスラブが機能することができる。一実施形態は、間に回転子を有する材料の2つのスラブのみを使用する。

【0015】

図 2 に示されている第 2 の加熱方法は、ヒータービーム 30 を各スラブ（ファラデー光学系）32 の周辺部に投射することである。これは、IR エミッタを使用して局所的に、またはダイオードまたは別のレーザー光源によって生成された光ビームを撮像することによって遠隔的に実行することができる。この図は、冷却ベーン 36 とレーザービーム 38 も示している。これらの技法は、複屈折補償設計の現在の技法と組み合わせることができる。このような組み合わせは複雑さを増すが、平均出力能力をさらに拡張する。この方法論を使用して、ファラデー技術は、現在のスケール ~ 1 kW から 100 kW にスケールアップでき、1 MW を超えるクラスのレーザーシステムに拡張できる。このスケールアップにより、これらのレーザーはこのレベルで機能し、加速器、二次放射線源、防衛用途が可能になる。この技術は、現在のファラデー技術と高度な増幅器冷却方法、および熱負荷が現在の従来のレベル < kW を超えて増加する際の応力複屈折を管理する方法論と組み合わせられている。図 3 は、2 つの複屈折源間に水晶回転子光学系 40 を有する複屈折補償設計を示している。回転子光学系 40 は、冷却ベーン 41 で冷却される。要件は、2 つの源が水晶回転子に関してよく一致 / 対称であることである。1 つの源は、それぞれの冷却ベーン 46、48 を含む 2 つのファラデー光学スラブ 42、44 を含む。他の源は、それぞれの冷却ベーン 56、58 を含む 2 つのファラデー光学スラブ 52、54 を含む。この図は、レーザービーム 60 とヒータービーム 62、64 も示している。図 4 は、図 2 に似ているが、複数のスラブを含む設計を示している。この図は、それぞれの冷却ベーン 75 ~ 78 を備えたファラデー光学スラブ 71 ~ 74 を示している。この図には、レーザービーム 80 とヒータービーム 82、84 も示されている。別のオプションは、光学系の周りにフレームとして取り付けられた吸収ガラスである。その後、加熱のために光をガラスに導くことができるため、この方法は光学的に対処され、空間彫刻を追加して均一性性能を向上させることができる。

【0016】

大まかに言って、この文書は少なくとも以下を開示している。ファラデー回転子の平均出力とエネルギー処理能力を数桁向上させるために、この技術は高速ガス冷却を利用して、ファラデー光学面から熱負荷を効率的に除去しながら、縦方向の温度勾配を作成して熱波面と熱複屈折を最小限に抑える。再循環ガス冷却マニホールドは、スラブの表面上のガスを加速して、表面冷却速度を最大化する乱流状態を形成する。本技術はさらに、ファラデースラブに空間的に均一な温度プロファイルを提供する。

【0017】

この文書は少なくとも下記の概念も示す。

【0018】

概念

1. 対向する光学面を有し、前記対向する光学面に直交して通るビーム伝搬軸が存在する、少なくとも 1 つのファラデー光学系と、
前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の一部を加熱するための手段と、
前記対向する面の各面を冷却するためのガスを提供するように構成されたガス冷却システムと、
前記少なくとも 1 つのファラデー光学系を通して前記ビーム伝搬軸上を伝搬するレーザービームの所望のファラデー回転を誘起するように構成された磁場源と、
を含む装置。
2. 前記レーザービームが前記ビーム伝搬軸上で前記少なくとも 1 つのファラデー光学系を通して伝搬する際に、前記ガス冷却システムは、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱するための手段と共に、前記少なくとも 1 つのファラデー光学系内において空間的に均一な温度プロファイルを提供するように構成される、概念 1 及び 3 - 10 に記載の装置。
3. 前記ガス冷却システムは、前記ガスを前記各面の表面上で加速して乱流条件を作り出すように構成された再循環ガス冷却マニホールドを含む、概念 1、2 及び 4 - 10 に記載の装置。

10

20

30

40

50

- 4．前記ガスはヘリウムを含む、概念1 - 3及び5 - 10に記載の装置。
- 5．前記少なくとも1つのファラデー光学系は外縁部を含み、前記少なくとも1つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱する前記手段は、前記外縁部と接触するヒーターを含む、概念1 - 4に記載の装置。
- 6．前記少なくとも1つのファラデー光学系は外縁部を含み、前記少なくとも1つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱する前記手段は、ヒータービームを前記外縁部に導くための手段を含む、概念1 - 4に記載の装置。
- 7．前記少なくとも1つのファラデー光学系は、外縁部を含み、前記少なくとも1つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱するための前記手段は、前記ビーム伝搬軸と前記外縁部との間の、前記軸よりも前記外縁部に近い領域にヒータービームを導くための手段を含む、概念1 - 4に記載の装置。
- 8．前記ファラデー材料と接触していない前記各ヒーターの側面と接触する断熱材料をさらに含む、概念5に記載の装置。
- 9．前記外部磁場源はハウジング内の磁気アレイを含み、前記ヒーターと接触していない前記断熱材料の側面は前記ハウジングと接触する、概念8に記載の装置。
- 10．前記少なくとも1つのファラデー光学系の2つのファラデー光学系の間位置する水晶回転子光学系をさらに含む、概念1 - 9に記載の装置。
- 11．少なくとも1つのファラデー光学系を通してビーム伝搬軸上にレーザービームを導き、前記少なくとも1つのファラデー光学系は対向する光学面を有し、前記ビーム伝搬軸は、前記対向する面および前記ファラデー光学系を通過し、前記対向する光学面に直交することと、
- 前記少なくとも1つのファラデー光学系の一部を加熱することと、
- 前記対向する面をガス冷却することと、
- 前記少なくとも1つのファラデー光学系を通して前記ビーム伝搬軸上を伝搬するレーザービームの所望のファラデー回転を誘起するために、磁場を印加することと、
- を含む方法。
- 12．前記レーザービームが前記ビーム伝搬軸上で前記少なくとも1つのファラデー光学系を通して伝搬する際に、前記ガス冷却システムは、前記少なくとも1つのファラデー光学系の少なくとも一部を加熱するための手段と共に、前記少なくとも1つのファラデー光学系内において空間的に均一な温度プロファイルを提供する、概念11及び13 - 17に記載の方法。
- 13．乱流条件を作り出すために、前記対向する面の表面上で前記ガスを再循環させることをさらに含む、概念11、12及び14 - 17に記載の方法。
- 14．前記ガスはヘリウムを含む、概念11 - 13及び15 - 17に記載の方法。
- 15．前記少なくとも1つのファラデー光学系の一部を加熱する前記ステップは、前記少なくとも1つのファラデー光学系の外縁部を加熱することを含む、概念11 - 14に記載の方法。
- 16．前記少なくとも1つのファラデー光学系の一部を加熱する前記ステップは、前記少なくとも1つのファラデー光学系の外縁部にヒータービームを導くことを含む、概念11 - 14に記載の方法。
- 17．前記少なくとも1つのファラデー光学系の一部を加熱する前記ステップは、前記ビーム伝搬軸と前記外縁部との間の、前記軸よりも前記外縁部に近い領域にヒータービームを導くことを含む、概念11 - 14に記載の方法。

【0019】

本明細書で説明されるすべての要素、部品、およびステップが含まれることが好ましい。当業者には明らかであるように、これらの要素、部品、およびステップのいずれかは、他の要素、部品、およびステップで置き換えるか、または完全に削除できることを理解されたい。

【0020】

前述の説明は、例示および説明の目的で提示されたものであり、網羅的であること、ま

10

20

30

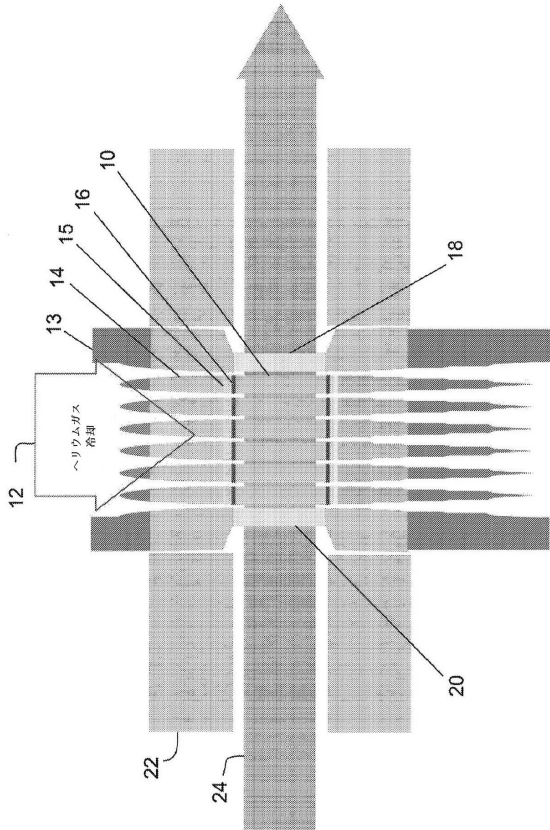
40

50

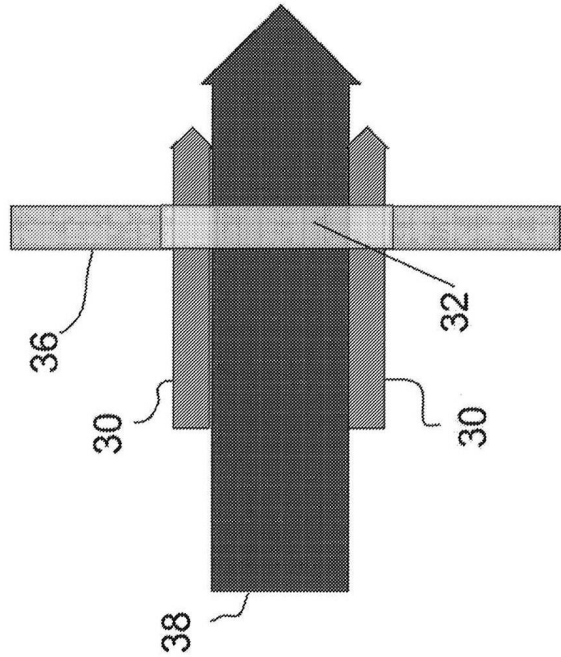
たは開示された正確な形態に本発明を限定することを意図したものではない。上記の教示に照らして、多くの修正および変形が可能である。開示された実施形態は、本発明の原理およびその実際の応用を説明することのみを意図しており、それにより、当業者は、考えられる特定の用途に適した様々な修正を加えて、様々な実施形態で本発明を最良に使用することができる。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によって定義されるものとする。

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

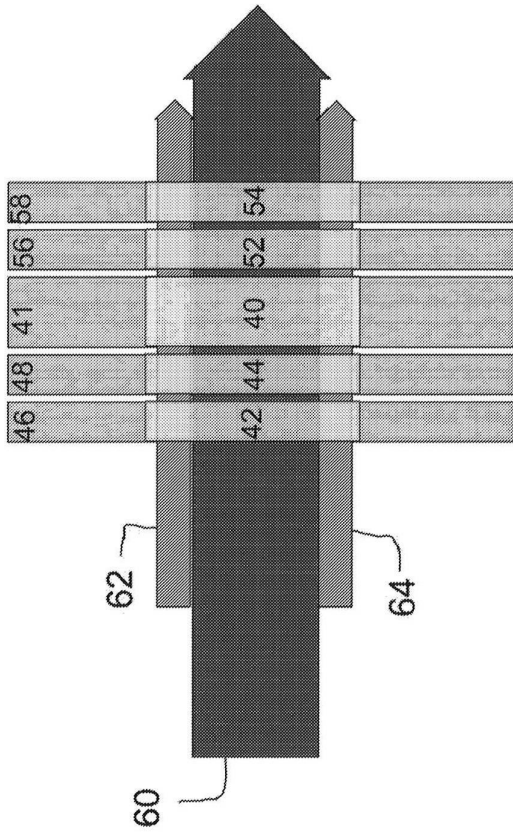
20

30

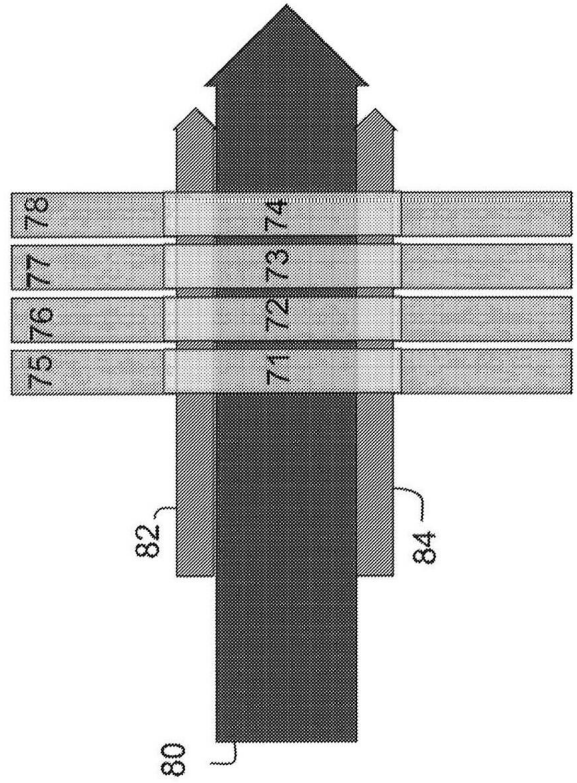
40

50

【 図 3 】



【 図 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- A 9 4 5 5 1 - 9 2 3 4 , United States of America
- (74)代理人 230104019
弁護士 大野 聖二
- (74)代理人 230117802
弁護士 大野 浩之
- (74)代理人 100167933
弁理士 松野 知紘
- (72)発明者 ベイラミアン, アンドリュー ジェイ .
アメリカ合衆国 9 4 5 5 0 カリフォルニア州, リバモア, イースト アヴェニュー 7 0 0 0 ,
ピー . オー . ボックス 8 0 8 , エル - 7 0 3
- (72)発明者 エルランドソン, アルヴィン シー .
アメリカ合衆国 9 4 5 5 0 カリフォルニア州, リバモア, イースト アヴェニュー 7 0 0 0 ,
ピー . オー . ボックス 8 0 8 , エル - 7 0 3
- (72)発明者 メイソン, ダニエル シー .
アメリカ合衆国 9 4 5 5 0 カリフォルニア州, リバモア, イースト アヴェニュー 7 0 0 0 ,
ピー . オー . ボックス 8 0 8 , エル - 7 0 3
- 審査官 酒井 康博
- (56)参考文献 特表 2 0 1 3 - 5 4 5 1 3 5 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 9 8 4 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 3 1 6 1 5 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 1 8 7 9 5 (U S , A 1)
米国特許第 8 3 1 4 6 1 2 (U S , B 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 5 / 3 0
G 0 2 F 1 / 0 9