(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6850482号
(P6850482)
(45)発行日　令和3年3月31日(2021.3.31)　(24)登録日　令和3年3月10日(2021.3.10)

(51)Int.Cl.　F I
G21K 1/04 (2006.01)　G21K 1/04　D
G21K 5/02 (2006.01)　G21K 5/02　R
A61N 5/10 (2006.01)　A61N 5/10　K

請求項の数 50　(全 67 頁)

(21)出願番号　特願2017-563545 (P2017-563545)
(86)(22)出願日　平成28年6月10日 (2016.6.10)
(65)公表番号　特表2018-518675 (P2018-518675A)
(43)公表日　平成30年7月12日 (2018.7.12)
(86)国際出願番号　PCT/US2016/037051
(87)国際公開番号　WO2016/201348
(87)国際公開日　平成28年12月15日 (2016.12.15)
審査請求日　令和1年5月30日 (2019.5.30)
(31)優先権主張番号　62/335,571
(32)優先日　平成28年5月12日 (2016.5.12)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)
(31)優先権主張番号　62/173,824
(32)優先日　平成27年6月10日 (2015.6.10)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)

(73)特許権者　510246448
リフレクション　メディカル,　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　カリフォルニア　９４５４５,　ヘイワード,　インダストリアル　ブールバード　２５８２１,　スイート　２００
(74)代理人　100078282
弁理士　山本　秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下　夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田　貴敏
(74)代理人　100181641
弁理士　石川　大輔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高帯域幅バイナリマルチリーフコリメータ設計

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
コリメータであって、
第１の位置と第２の位置との間で移動可能なリーフと、
近位部分および遠位部分を有するリーフシャフトであって、前記リーフシャフトの前記遠位部分は、前記リーフに取り付けられる、リーフシャフトと、
前記リーフに結合されるばねシステムと、
前記リーフシャフトに結合されるアクチュエータシステムであって、前記ばねシステムおよび前記アクチュエータシステムによって生成される原動力は、前記第１の位置から前記第２の位置へ前記リーフを縦方向に平行移動させ、前記アクチュエータシステムは、前記第１の位置または前記第２の位置において前記リーフを選択的に保定するように構成される、アクチュエータシステムと
を備え、前記アクチュエータシステムは、縦方向管腔と、第１の側面開口部と、第２の側面開口部とを備えるバレルと、ピストンとを備え、前記ピストンは、前記バレルの前記縦方向管腔内に位置し、前記ピストンは、前記リーフシャフトと、前記バレル内で前記リーフシャフトに結合されるピストンシールとを備え、前記バレル内の前記ピストンの移動は、前記第１の位置と前記第２の位置との間で前記リーフを平行移動させる、コリメータ。
【請求項２】
前記原動力は、前記ばねシステムにおける損失を克服するために十分である、請求項１

に記載のコリメータ。
【請求項３】
前記アクチュエータシステムは、前記リーフが前記第１の位置で保定される第１の構成と、前記リーフが前記第２の位置で保定される第２の構成とを有する、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項４】
前記ばねシステムは、前記リーフシャフトの第１の長さに沿って配置される第１のばねと、前記リーフシャフトの第２の長さに沿って配置される第２のばねとを備え、前記第１および第２のばねは、前記ピストンシールが前記第１の側面開口部と前記第２の側面開口部との間で移動するように構成される、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項５】
前記第１のばねおよび前記第２のばねは、バレル管腔内に位置する、請求項４に記載のコリメータ。
【請求項６】
前記第１のばねは、第１の側面上で前記ピストンと接触し、前記第２のばねは、前記第１の側面の反対側にある第２の側面上で前記ピストンと接触する、請求項５に記載のコリメータ。
【請求項７】
前記第１のばねは、ばね保定装置と前記バレルの第１の端壁との間でバレル管腔の外側に位置する、請求項４に記載のコリメータ。
【請求項８】
前記第１の側面開口部および前記第２の側面開口部に接続される流体源をさらに備え、前記ピストンの前記移動は、前記第１および第２の側面開口部の中および外への流体流によって制御される、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項９】
前記第１の側面開口部と前記流体源との間の第１の弁と、前記第２の側面開口部と前記流体源との間の第２の弁とをさらに備え、前記第１および第２の弁は、バレル管腔の中および外への流体流を選択的に調整する、請求項８に記載のコリメータ。
【請求項１０】
前記流体源は、加圧空気源である、請求項８に記載のコリメータ。
【請求項１１】
前記流体源から前記第２の側面開口部ではなく前記第１の側面開口部に流体を注入することは、前記ピストンに前記リーフを前記第１の位置まで移動させる、請求項８に記載のコリメータ。
【請求項１２】
前記流体源から前記第１の側面開口部ではなく前記第２の側面開口部に流体を注入することは、前記ピストンに前記リーフを前記第２の位置まで移動させる、請求項８に記載のコリメータ。
【請求項１３】
前記第２の側面開口部の中へ流体を注入することは、前記第２の位置で前記リーフを保持するために十分な圧力を生成することを含む、請求項１２に記載のコリメータ。
【請求項１４】
前記ばねシステムは、少なくとも１つのコイルばねを備える、請求項１～１２のうちのいずれか１項に記載のコリメータ。
【請求項１５】
前記ピストンは、前記リーフが前記第１の位置にあるときに、前記第２のばねではなく前記第１のばねに接触するように、かつ前記リーフが前記第２の位置にあるときに、前記第１のばねではなく前記第２のばねに接触するように構成される、請求項５に記載のコリメータ。
【請求項１６】

前記流体源、前記第１の弁、および前記第２の弁と通信するコントローラをさらに備え、前記コントローラは、前記第１の弁および前記第２の弁を開閉し、バレル管腔の中および外への流体流を選択的に調整するように構成される、請求項９に記載のコリメータ。

【請求項１７】

前記コントローラは、前記流体源へ前記第１の弁を開放することによって、前記リーフを前記第１の位置まで移動させるように構成される、請求項１６に記載のコリメータ。

【請求項１８】

前記コントローラは、前記流体源へ前記第１の弁を開放することに先立って、大気圧へ前記第２の弁を開放するように構成される、請求項１７に記載のコリメータ。

【請求項１９】

前記コントローラは、前記流体源へ前記第２の弁を開放することによって、前記リーフを前記第２の位置まで移動させるように構成される、請求項１６に記載のコリメータ。

【請求項２０】

前記コントローラは、前記流体源へ前記第２の弁を開放することに先立って、大気圧へ前記第１の弁を開放するように構成される、請求項１９に記載のコリメータ。

【請求項２１】

前記リーフシャフトの前記近位部分は、スロットを備え、前記アクチュエータシステムは、モータと、ロッドと、前記ロッドに回転可能に接続されるクランクと、前記クランクに接続されるローラとを備え、前記ローラは、前記スロット内で回転可能に平行移動し、前記ローラの前記回転は、少なくとも部分的に、前記ロッドおよびクランクを経由して前記モータによって、かつ少なくとも部分的に、前記ばねシステムによって前記リーフシャフトに印加されるばね力によって、制御される、請求項１に記載のコリメータ。

【請求項２２】

前記クランクは、縦軸を有し、前記リーフシャフトは、縦軸を有し、前記クランクの前記縦軸が前記リーフシャフトの前記縦軸と整合されるとき、前記リーフは、前記第１の位置または前記第２の位置のいずれかで保定される、請求項２１に記載のコリメータ。

【請求項２３】

前記スロットは、垂直寸法と、水平寸法とを有し、前記垂直寸法は、前記水平寸法より大きい、請求項２１に記載のコリメータ。

【請求項２４】

前記スロットは、卵形として成形される、請求項２３に記載のコリメータ。

【請求項２５】

前記スロットは、２つの平行垂直辺を伴う卵形として成形される、請求項２４に記載のコリメータ。

【請求項２６】

前記スロットは、異なる曲率半径を有する複数の曲線を有する、卵形状の形状を有する、請求項２３に記載のコリメータ。

【請求項２７】

前記スロットは、第１の曲線領域と、第２の曲線領域と、第３の曲線領域とを有し、前記第１、第２、および第３の曲線領域は、相互と隣接し、

前記ローラが前記第１の曲線領域中に位置するとき、前記ばねシステムからのばね力は、前記リーフを前記第１の位置と前記第２の位置との間で移動させ、

前記ローラが前記第２の曲線領域中に位置するとき、前記スロット内の前記ローラの回転は、前記リーフシャフトの平行移動を引き起こさず、前記リーフは、前記第１の位置または前記第２の位置のいずれかで保定され、

前記ローラが前記第３の曲線領域中に位置するとき、前記ローラの回転は、前記ばねをさらに圧縮する、請求項２６に記載のコリメータ。

【請求項２８】

前記スロットは、第１の側面および前記第１の側面と対称な第２の側面があるように、垂直軸を中心として左右対称であり、前記第１、第２、および第３の曲線領域は、前記第

１の側面上に位置し、前記第１、第２、および第３の曲線領域に対応する第４、第５、および第６の曲線領域は、前記第２の側面上に位置する、請求項２７に記載のコリメータ。
【請求項２９】
前記ローラが前記スロットの前記第１の側面の前記第２または第３の曲線領域中に位置するとき、前記リーフは、開放位置で保定され、前記ローラが前記スロットの前記第２の側面の前記第５または第６の領域中に位置するとき、前記リーフは、閉鎖位置で保持される、請求項２８に記載のコリメータ。
【請求項３０】
前記ばねシステムは、トーションバーばねを備える、請求項２１に記載のコリメータ。
【請求項３１】
前記トーションバーばねは、前記トーションバーばねの回転ねじれが前記リーフシャフトを縦方向に平行移動させるように、枢動可能結合アームによって前記リーフシャフトに接続される、請求項３０に記載のコリメータ。
【請求項３２】
前記枢動可能結合アームの第１の端部は、ピンを介して前記トーションバーばねに接続され、前記枢動可能結合アームの第２の端部は、玉軸受を介して前記リーフシャフトに接続される、請求項３１に記載のコリメータ。
【請求項３３】
前記ばねシステムは、１つまたはそれを上回るコイルばねを備える、請求項２１に記載のコリメータ。
【請求項３４】
前記ばねシステムは、第１のコイルばねと、第２のコイルばねとを備え、前記第１のコイルばねは、前記リーフが前記第１の位置に向かって移動するように、力を前記リーフシャフトに印加するように付勢され、前記第２のコイルばねは、前記リーフが前記第２の位置に向かって移動するように、力を前記リーフシャフトに印加するように付勢される、請求項３３に記載のコリメータ。
【請求項３５】
前記アクチュエータシステムは、前記リーフシャフトの中心部分に位置し、前記第１のコイルばねは、前記アクチュエータシステムの近位にある前記リーフシャフトの第１の長さに巻き付けられ、前記第２のコイルばねは、前記アクチュエータシステムの遠位にある前記リーフシャフトの第２の長さに巻き付けられる、請求項３４に記載のコリメータ。
【請求項３６】
前記アクチュエータシステムは、第１の電磁石と、空間によって前記第１の電磁石から分離される第２の電磁石と、前記第１の電磁石と前記第２の電磁石との間で前記空間を横断して移動可能な強磁性可動部材とを備え、前記リーフシャフトは、前記強磁性可動部材に接続され、前記アクチュエータシステムは、前記強磁性可動部材が前記第１または第２の電磁石のいずれかの位置で固着されるように、前記第１または第２の電磁石のいずれかがアクティブ化される第１の構成と、前記強磁性可動部材が前記空間内で移動可能であるように、前記第１および第２の電磁石が交互にアクティブ化される第２の構成とを備える、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項３７】
前記第１および第２の電磁石はそれぞれ、一対の隣接するコイル巻線と、前記コイル巻線の両方の管腔を通って延在するＵ字形コアとを備える、請求項３６に記載のコリメータ。
【請求項３８】
前記強磁性可動部材は、永久磁石を備える、請求項３６に記載のコリメータ。
【請求項３９】
前記アクチュエータシステムは、線形アクチュエータを備える、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項４０】

前記アクチュエータシステムは、ボイスコイルを備える、請求項３９に記載のコリメータ。
【請求項４１】
前記第１の位置は、閉鎖構成であり、前記第２の位置は、開放構成であり、前記ばねシステムおよびアクチュエータシステムは、約６ミリ秒またはそれ未満で前記閉鎖構成と前記開放構成との間で前記リーフを遷移させるように構成される、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項４２】
前記ばねシステムは、少なくとも１つのトーションバーばねを備える、請求項１～１２のうちのいずれか１項に記載のコリメータ。
【請求項４３】
前記第１の側面開口部の中へ流体を注入することは、前記第１の位置で前記リーフを保持するために十分な圧力を生成することを含む、請求項１１に記載のコリメータ。
【請求項４４】
前記コントローラは、前記リーフが前記第１の位置にまたはその付近にあるとき、前記第２の弁を前記流体源へ開放することにより、ピストン速度を低減させるように構成される、請求項１７に記載のコリメータ。
【請求項４５】
前記コントローラは、前記リーフが前記第２の位置にまたはその付近にあるとき、前記第１の弁を前記流体源へ開放することにより、ピストン速度を低減させるように構成される、請求項１９に記載のコリメータ。
【請求項４６】
コリメータであって、
第１の位置と第２の位置との間で移動可能なリーフと、
前記リーフに結合されるばねシステムと、
前記リーフに結合されるアクチュエータシステムであって、前記ばねシステムおよびアクチュエータシステムは、約１０ミリ秒またはそれ未満で前記第１の位置と前記第２の位置との間で前記リーフを移動させるように共に働く、アクチュエータシステムと
を備え、前記アクチュエータシステムは、縦方向管腔と、第１の側面開口部と、第２の側面開口部とを備えるバレルと、ピストンとを備え、前記ピストンは、前記バレルの前記縦方向管腔内に位置し、前記ピストンは、前記コリメータのリーフシャフトと、前記バレル内で前記リーフシャフトに結合されるピストンシールとを備え、前記バレル内の前記ピストンの移動は、前記第１の位置と前記第２の位置との間で前記リーフを平行移動させる、コリメータ。
【請求項４７】
前記ばねシステムは、前記リーフシャフトに結合される、請求項１に記載のコリメータ。
【請求項４８】
前記ばねシステムおよび前記アクチュエータシステムは、前記リーフシャフトの前記近位部分に結合される、請求項４７に記載のコリメータ。
【請求項４９】
前記ばねシステムおよび前記アクチュエータシステムは、前記リーフシャフトの前記近位部分に取り付けられる、請求項４８に記載のコリメータ。
【請求項５０】
前記ばねシステムおよび前記アクチュエータシステムによって生成される前記原動力は、前記第２の位置から前記第１の位置へ前記リーフを縦方向に平行移動させる、請求項１に記載のコリメータ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

（関連出願の相互参照）
本願は、２０１５年６月１０日に出願された米国仮特許出願第６２／１７３，８２号および２０１６年５月１２日に出願された米国仮特許出願第６２／３３５，５７１号に対する優先権を主張するものであり、これらの米国仮特許出願の開示は、これらの全体が参照により本明細書中に援用される。
【０００２】
（連邦支援研究または開発に関する記述）
本発明は、部分的に、国立癌研究所からの認可番号２Ｒ４４ＣＡ１５３４６６－０２Ａ１によって支援された研究中に行われた。政府は、本発明においてある権利を有し得る。
【背景技術】
【０００３】
放射線療法は、Ｘ線等の高エネルギー放射線を使用して、腫瘍組織を取り除こうとする。放射線治療計画は、十分な線量の放射線を腫瘍組織体積全体に印加する必要性と、腫瘍を囲繞する健康な組織を損傷しないよう可能な限り少しの放射線を印加する必要性の平衡を保つように設計される。しかしながら、治療計画およびそれらが基づく腫瘍画像が、治療セッションのはるか前に考案されるため、治療計画は、腫瘍幾何学形状および／または患者生体構造の変化を考慮しない場合がある。
【０００４】
さらに、放射線療法治療セッション中に、細微な腫瘍および／または患者の動きが、非意図的に非腫瘍組織を放射線に暴露し得る。故に、リアルタイム腫瘍および患者データに基づいて腫瘍組織を精密に照射することができる、放射線治療システムが望ましくあり得る。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００５】
放出誘導型放射線療法システム用の高帯域幅マルチリーフコリメータで使用するために好適であり得る、種々の機構が本明細書に説明される。放出誘導型放射線療法（ＥＧＲＴ）システムは、腫瘍の中に蓄積された放射性トレーサからのガンマ線光子放出の場所データ等のリアルタイム腫瘍データに基づいて、放射線を腫瘍体積に指向するように構成されてもよい。ＥＧＲＴシステムは、放出が検出された直後に放射線のビームを印加するように構成される。本明細書に説明される高帯域幅マルチリーフコリメータのうちのいずれかが、放出検出と放射線印加との間の待ち時間を短縮するためにＥＧＲＴシステムで使用されてもよい。以下で説明される機構は、コリメータが、約１０ミリ秒またはそれ未満、例えば、約８ミリ秒またはそれ未満、約７ミリ秒またはそれ未満、約６ミリ秒またはそれ未満、約４ミリ秒またはそれ未満で開放状態と閉鎖状態との間でリーフを遷移させることが可能であるように、コリメータリーフの急速かつ確実な移動を促進してもよい。高速・高帯域幅コリメータのいくつかの変形例は、１つまたはそれを上回るカムベースのシステム、ばねシステム、流体動力（例えば、空気圧式）システム、スロット付き連結（例えば、スコッチヨーク）システム、および／または電磁システムを備えてもよい。急速リーフ移動を促進する機構に加えて、いくつかのマルチリーフコリメータは、随意に、放射線ビーム経路内の材料のみが、高Ｚ材料を有し、リーフの周辺支持構造が、より軽量の材料を備える、重量低減リーフを備えてもよい。また、本明細書では、リーフの間の摩擦を低減することに役立ち得るリーフ配列、およびコリメータが回転可能ガントリ上に搭載するために好適であるように種々のリーフ駆動機構をパッケージ化して配列する方法も開示される。
【０００６】
また、本明細書では、第１の場所と第２の場所との間で移動可能なリーフと、近位部分およびリーフに取り付けられる遠位部分を有する、リーフシャフトと、リーフシャフトに結合され、リーフシャフトの縦軸に沿って力を印加するように構成される、ばねシステムと、リーフシャフトに結合されるアクチュエータシステムとを備え得る、コリメータも開

示される。ばねシステムおよびアクチュエータシステムによってリーフシャフトに印加される力は、第１の場所と第２の場所との間でリーフを移動させるようにリーフシャフトを縦方向に平行移動させてもよく、アクチュエータシステムは、第１の場所または第２の場所においてリーフを選択的に保定するように構成されてもよい。アクチュエータシステムは、ばねシステムにおける損失を克服するために十分な原動力を供給するように構成されてもよい。アクチュエータシステムは、リーフが第１の場所で保定される第１の構成と、リーフが第２の場所で保定される第２の構成とを備えてもよい。ばねシステムは、少なくとも１つのコイルばねまたはトーションバーばねを備えてもよい。アクチュエータシステムが第１の構成であるとき、リーフは、閉鎖構成であってもよく、アクチュエータシステムが第２の構成であるとき、リーフは、開放構成であってもよく、ばねシステムおよびアクチュエータシステムは、約６ミリ秒またはそれ未満で閉鎖構成と開放構成との間でリーフを遷移させるように構成されてもよい。

【０００７】

いくつかの変形例では、アクチュエータシステムは、縦方向管腔と、第１の側面開口部と、第２の側面開口部とを備える、バレルを備えてもよく、ピストンは、バレルの縦方向管腔内で延在する。ピストンは、シャフトと、バレル内でシャフトに結合されるピストンシールとを備えてもよい。バレル内のピストンの移動は、第１の場所と第２の場所との間でリーフを平行移動させてもよい。ばねシステムは、ピストンシールの第１の側面上でシャフトの第１の長さに沿って配置される第１のばねと、第１の側面の反対側にあるピストンシールの第２の側面上でシャフトの第２の長さに沿って配置される第２のばねとを備えてもよい。第１および第２のばねは、ピストンシールが第１の開口部と第２の開口部との間で移動するように構成されてもよい。いくつかの変形例では、第１のばねおよび第２のばねは、バレル管腔内に位置してもよく、随意に、第１のばねは、第１の側面上でピストンシールと接触してもよく、第２のばねは、第２の側面上でピストンシールと接触してもよい。別の変形例では、第１のばねは、ばね保定装置とバレルの第１の端壁との間でバレル管腔の外側に位置してもよく、第２のばねは、バレルの第２の端壁とリーフとの間でバレル管腔の外側に位置してもよい。コリメータはまた、第１の開口部および第２の開口部に接続される流体源を備えてもよく、ピストンの移動は、第１および第２の開口部の中および／または外への流体流によって制御される。例えば、アクチュエータシステムはさらに、第１の開口部と流体源との間の第１の弁と、第２の開口部と流体源との間の第２の弁とを備えてもよく、第１および第２の弁は、バレル管腔の中および外への流体流を選択的に調整する。流体源は、加圧空気源であってもよい。アクチュエータシステムは、流体源から第１の開口部ではなく第２の開口部に流体を注入するステップがピストンにリーフを第２の場所まで移動させるように、構成されてもよい。第２の開口部の中へ注入される十分な量の流体は、第２の場所でリーフを保持するために十分な圧力を生成してもよい。ピストンシールは、リーフが第１の場所にあるときに、第２のばねではなく第１のばねに接触するように、かつリーフが第２の場所にあるときに、第１のばねではなく第２のばねに接触するように構成されてもよい。いくつかの変形例は、流体源、第１の弁、および第２の弁と通信するコントローラを備えてもよい。コントローラは、第１の弁および第２の弁を開閉し、バレル管腔の中および外への流体流を選択的に調整するように構成されてもよい。コントローラは、第１の弁を開放し、第２の弁を閉鎖することによって、リーフを第１の場所まで移動させるように構成されてもよい。随意に、コントローラは、リーフが第１の場所まで移動された後に、第１の弁を開放し、次いで、第２の弁を閉鎖することに先立って、第２の弁を開放して流体を（例えば、大気圧に）放出するように構成されてもよい。コントローラはまた、第２の弁を開放し、第１の弁を閉鎖することによって、リーフを第２の場所まで移動させるように構成されてもよい。いくつかの変形例では、コントローラは、リーフが第２の場所まで移動された後に、第２の弁を開放し、次いで、第１の弁を閉鎖することに先立って、第１の弁を開放して流体を（例えば、大気圧に）放出するように構成されてもよい。

【０００８】

リーフと、リーフシャフトと、ばねシステムと、アクチュエータシステムとを備える、コリメータの別の変形例では、リーフシャフトの近位部分は、スロットを備えてもよく、アクチュエータシステムは、モータと、ロッドと、ロッドに回転可能に接続されるクランクと、クランクに接続されるローラとを備えてもよい。ローラは、スロット内で回転可能に平行移動してもよく、ローラの回転は、少なくとも部分的に、ロッドおよびクランクを経由してモータによって、かつ少なくとも部分的に、ばねシステムによってリーフシャフトに印加されるばね力によって、制御されてもよい。クランクは、縦軸を有してもよく、アームは、縦軸を有してもよく、クランクの縦軸がリーフシャフトの縦軸と整合されるとき、リーフは、第１の場所または第２の場所のいずれかで保定されてもよい。スロットは、垂直寸法と、水平寸法とを有してもよく、垂直寸法は、水平寸法より大きくあり得る。例えば、スロットは、卵形または楕円形として成形されてもよい、および／または２つの平行垂直辺を有してもよい。スロットは、異なる曲率半径を有する複数の曲線および／または丸い突出物を有する、卵形状の形状を有してもよい。いくつかの変形例では、スロットは、第１の曲線領域と、第２の曲線領域と、第３の曲線領域とを有してもよい。第１、第２、および第３の曲線領域は、相互と隣接し得る。ローラが第１の曲線領域中に位置するとき、ばねシステムからのばね力は、リーフを第１の場所と第２の場所との間で移動させてもよい。ローラが第２の曲線領域中に位置するとき、スロット内のローラの回転は、リーフシャフトの平行移動を引き起こさない場合があり、リーフは、第１の場所または第２の場所のいずれかで保定されてもよい。ローラが第３の曲線領域中に位置するとき、さらに領域の中へのローラの回転は、非線形速度でばねを圧縮してもよい。いくつかの変形例では、スロットは、第１の側面および第１の側面と対称な第２の側面があるように、垂直軸を中心として左右対称であり得、第１、第２、および第３の曲線領域は、第１の側面上に位置してもよく、第１、第２、および第３の曲線領域に対応する第４、第５、および第６の曲線領域は、第２の側面上に位置してもよい。ローラがスロットの第１の側面の第２または第３の曲線領域中に位置するとき、リーフは、開放位置で保定されてもよく、ローラがスロットの第２の側面の第５または第６の領域中に位置するとき、リーフは、閉鎖位置で保持されてもよい。ばねシステムは、トーションバーばねを備えてもよく、トーションバーばねは、随意に、バーばねの回転ねじれがリーフシャフトを縦方向に平行移動させるように、枢動可能結合アームによってリーフシャフトに接続されてもよい。枢動可能結合アームの第１の端部は、ピンを介してトーションバーばねに接続されてもよく、枢動可能結合アームの第２の端部は、第２の玉軸受を介してアームに接続されてもよい。代替として、ばねシステムは、１つまたはそれを上回るコイルばねを備えてもよい。例えば、ばね機構は、第１のコイルばねと、第２のコイルばねとを備えてもよく、第１のコイルばねは、リーフが第１の場所に向かって移動するように、力をリーフシャフトに印加するように付勢され、第２のコイルばねは、リーフが第２の場所に向かって移動するように、力をリーフシャフトに印加するように付勢される。アクチュエータシステムは、リーフシャフトの中心部分に位置してもよく、第１のコイルばねは、アクチュエータシステムの近位にあるリーフシャフトの第１の長さに巻き付けられてもよく、第２のコイルばねは、アクチュエータ機構の遠位にあるアームの第２の長さに巻き付けられてもよい。

【０００９】

コリメータで使用され得る、アクチュエータシステムのいくつかの変形例は、第１の電磁石と、空間によって第１の電磁石から分離される第２の電磁石と、第１の電磁石と第２の電磁石との間で空間を横断して移動可能な強磁性部材とを備えてもよい。リーフシャフトは、可動部材に接続されてもよく、アクチュエータシステムはさらに、可動部材が第１または第２の電磁石のいずれかの場所で固着されるように、第１または第２の電磁石のいずれかがアクティブ化される第１の構成と、可動部材が空間内で移動可能であるように、第１および第２の電磁石が交互にアクティブ化される第２の構成とを備えてもよい。第１および第２の電磁石はそれぞれ、一対の隣接するコイル巻線と、コイル巻線の両方の管腔を通って延在するＵ字形コアとを備えてもよい。いくつかの変形例では、可動部材は、永久磁石を備えてもよい。代替として、または加えて、アクチュエータシステムは、ボイス

コイル等の線形アクチュエータを備えてもよい。

【００１０】

マルチリーフコリメータの１つの変形例は、開放位置と閉鎖位置との間で平行移動可能なリーフと、カムアセンブリと、カムアセンブリをリーフと選択的に係合させるラッチとを備えてもよい。ラッチは、カムアセンブリの移動がリーフの移動を引き起こすように、カムアセンブリがリーフと係合される、係止構成と、カムアセンブリの移動がリーフの移動を引き起こさないように、カムアセンブリがリーフから係脱される、係止解除構成とを有してもよい。閉鎖位置では、リーフは、放射線源の放射線経路内に位置してもよく、開放位置では、リーフは、放射線源の放射線経路内に位置しない場合がある。カムアセンブリは、カムと、従動子とを備えてもよく、係止構成では、カムを回転させることは、閉鎖位置と開放位置との間でリーフを遷移させてもよい。いくつかの変形例では、シャフトは、リーフに取り付けられてもよく、ラッチは、係止構成では、従動子およびシャフトが機械的に係合されるように、従動子をシャフトと選択的に係合させてもよく、係止解除構成では、従動子およびシャフトは、機械的に係脱される。ラッチは、シャフトと同軸であり得る。いくつかの変形例では、ラッチは、従動子に取り付けられる外側筐体と、外側筐体内に回転可能に搭載される内側円筒部材とを備えてもよく、内側部材は、シャフトと回転可能に係合されてもよい。内側部材の外面は、第１のスプラインのセットを備えてもよく、外側筐体の内面は、ラッチが係止構成であるときに第１のスプラインのセットと整合され得る、第２のスプラインのセットを備えてもよい。第１のスプラインのセットおよび第２のスプラインのセットは、半径方向に配列されてもよい。

【００１１】

マルチリーフコリメータのいくつかの変形例はまた、係止解除構成と係止構成との間でラッチを遷移させるように構成される、回転アクチュエータを備えてもよい。回転アクチュエータは、ラッチと同軸であり、コネクタを介してラッチに結合され得る、アクチュエータシャフトを備えてもよく、アクチュエータシャフトの回転は、係止構成と係止解除構成との間でラッチを遷移させてもよい。コネクタは、内側円筒部材に取り付けられてもよく、コネクタの外面は、第３のスプラインのセットを備えてもよく、外側筐体の内面は、第３のスプラインのセットと相互係止して、ラッチに対するコネクタの相対回転位置を選択するように構成される第４のスプラインのセットを備えてもよい。いくつかの変形例では、第３のスプラインのセットおよび第４のスプラインのセットは、それらが半径方向に相互係止されるように半径方向に配列されてもよい。随意に、ばねアセンブリは、アクチュエータシャフトに結合されてもよく、ばねアセンブリは、回転アクチュエータの回転速度よりも速く係止構成と係止解除構成との間でラッチを遷移させるように構成されてもよい。ばねアセンブリは、１つまたはそれを上回るねじりばねを備えてもよい。いくつかの変形例では、線形アクチュエータが含まれ、係止解除構成と係止構成との間でラッチを遷移させるように構成されてもよい。いくつかの変形例はまた、リーフを閉鎖構成に付勢するように構成されるばねを備えてもよい。カムは、望ましくあり得るように、２つまたは３つの丸い突出物を有してもよい。随意に、マルチリーフコリメータは、リーフがカム位置から独立した開放構成であるように構成される、第２のラッチ機構を備えてもよい。

【００１２】

第１の位置と第２の位置との間でリーフを選択的に移動させるためのシステムの別の変形例は、リーフを運搬するアームと、回転カムと、カムと係合されるカム従動子と、ラッチが係止されるときに、カム従動子がアームに第１の位置から第２の位置までリーフを移動させるように、カム従動子の運動をアームに選択的に結合するためのラッチとを備えてもよい。本システムはさらに、第２の位置から第１の位置に戻ってリーフを移動させるように配列されるばねを含んでもよい。いくつかの変形例では、ラッチは、半径方向に配置された内部に突出するスプラインのセットを有する、円筒外側部材と、半径方向に配置された外部に突出する第２のスプラインのセットとを有する、円筒内側部材とを含んでもよい。ラッチが係止解除位置にあるとき、第１および第２のスプラインは、半径方向にオフセットされ、第１のスプラインが第２のスプラインに対して摺動可能に伸縮することを可

能にしてもよく、ラッチが係止位置にあるとき、第１のスプラインの端面は、第２のスプラインの端面に当接し、アームに第１の位置から第２の位置までリーフを移動させてもよい。

【００１３】

第１の位置と第２の位置との間でリーフを選択的に移動させるためのシステムの別の変形例は、第１の位置と第２の位置との間でリーフを移動させる力を供給するためのばねシステムと、選択された位置でリーフを掛止または保持するため、およびばねシステムにおける損失を克服するために十分な原動力を供給するためのアクチュエータシステムとを備えてもよい。ばねシステムは、１つまたはそれを上回るばねを含んでもよく、１つまたはそれを上回るばねのゼロ力位置は、リーフが第１の位置と第２の位置との間にあるときの場所に対応する。ばねシステムおよびアクチュエータシステムは、第１の位置と第２の位置との間でリーフを往復させるように配列されてもよく、アクチュエータシステムは、リーフが第１の位置から第２の位置まで、または第２の位置から第１の位置まで移動することを防止するために採用されてもよい。いくつかの変形例では、アクチュエータシステムは、その直後にリーフを他方の位置まで移動させることが望ましいときに、１つの位置に到達するときにリーフを保持するために使用されない場合がある。ばねシステムは、リーフが所望の滞留時間にわたって開放および閉鎖位置に位置するであろうように、第１および第２の位置を越えてリーフを移動させるように設計されてもよい。

【００１４】

開放位置と閉鎖位置との間でリーフを選択的に移動させるためのシステムの別の変形例は、第１の位置と第２の位置との間でリーフを往復させるためのばねシステムと、ばねシステムにおける損失を克服するために十分な原動力を供給するようにリーフに結合される二次駆動機構を備える、アクチュエータシステムと、第１および第２の位置へのリーフの到着のタイミングを変化させるようにリーフの移動を調節するための移相機構とを備えてもよい。

本願明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

（項目１）

第１の場所と第２の場所との間で移動可能なリーフと、

近位部分および遠位部分を有する、リーフシャフトであって、前記シャフトの前記遠位部分は、前記リーフに取り付けられる、リーフシャフトと、

前記リーフシャフトに結合され、前記リーフシャフトの縦軸に沿って力を印加するように構成される、ばねシステムと、

前記リーフシャフトに結合されるアクチュエータシステムであって、前記ばねシステムおよび前記アクチュエータシステムによって前記リーフシャフトに印加される前記力は、前記第１の場所と第２の場所との間で前記リーフを移動させるように前記リーフシャフトを縦方向に平行移動させ、前記アクチュエータシステムは、前記第１の場所または前記第２の場所において前記リーフを選択的に保定するように構成される、アクチュエータシステムと、

を備える、コリメータ。

（項目２）

前記アクチュエータシステムは、前記ばねシステムにおける損失を克服するために十分な原動力を供給するように構成される、項目１に記載のコリメータ。

（項目３）

前記アクチュエータシステムは、前記リーフが前記第１の場所で保定される第１の構成と、前記リーフが前記第２の場所で保定される第２の構成とを有する、項目１に記載のコリメータ。

（項目４）

前記アクチュエータシステムは、縦方向管腔と、第１の側面開口部と、第２の側面開口部とを備える、バレルを備え、ピストンは、前記バレルの前記縦方向管腔内で延在し、前記ピストンは、前記シャフトと、前記バレル内で前記シャフトに結合されるピストンシー

ルとを備え、前記バレル内の前記ピストンの移動は、前記第１の場所と前記第２の場所との間で前記リーフを平行移動させる、項目１に記載のコリメータ。
（項目５）
前記ばねシステムは、前記ピストンシールの第１の側面上で前記シャフトの第１の長さに沿って配置される第１のばねと、前記第１の側面の反対側にある前記ピストンシールの第２の側面上で前記シャフトの第２の長さに沿って配置される第２のばねとを備え、前記第１および第２のばねは、前記ピストンシールが前記第１の開口部と前記第２の開口部との間で移動するように構成される、項目４に記載のコリメータ。
（項目６）
前記第１のばねおよび前記第２のばねは、バレル管腔内に位置する、項目５に記載のコリメータ。
（項目７）
前記第１のばねは、前記第１の側面上で前記ピストンシールと接触し、前記第２のばねは、前記第２の側面上で前記ピストンシールと接触する、項目６に記載のコリメータ。
（項目８）
前記第１のばねは、ばね保定装置と前記バレルの第１の端壁との間でバレル管腔の外側に位置し、前記第２のばねは、前記バレルの第２の端壁と前記リーフとの間で前記バレル管腔の外側に位置する、項目５に記載のコリメータ。
（項目９）
前記第１の開口部および前記第２の開口部に接続される流体源をさらに備え、前記ピストンの前記移動は、前記第１および第２の開口部の中および外への流体流によって制御される、項目５に記載のコリメータ。
（項目１０）
前記第１の開口部と前記流体源との間の第１の弁と、前記第２の開口部と前記流体源との間の第２の弁とをさらに備え、前記第１および第２の弁は、バレル管腔の中および外への流体流を選択的に調整する、項目９に記載のコリメータ。
（項目１１）
前記流体源は、加圧空気源である、項目９に記載のコリメータ。
（項目１２）
前記流体源から前記第２の開口部ではなく前記第１の開口部に流体を注入するステップは、前記ピストンに前記リーフを前記第１の場所まで移動させる、項目９に記載のコリメータ。
（項目１３）
前記流体源から前記第１の開口部ではなく前記第２の開口部に流体を注入するステップは、前記ピストンに前記リーフを前記第２の場所まで移動させる、項目９に記載のコリメータ。
（項目１４）
前記第２の開口部の中へ流体を注入するステップは、前記第２の場所で前記リーフを保持するために十分な圧力を生成するステップを含む、項目１３に記載のコリメータ。
（項目１５）
前記ばねシステムは、少なくとも１つのコイルばねを備える、項目４－１３のうちの１項に記載のコリメータ。
（項目１６）
前記ピストンシールは、前記リーフが前記第１の場所にあるときに、前記第２のばねではなく前記第１のばねに接触するように、かつ前記リーフが前記第２の場所にあるときに、前記第１のばねではなく前記第２のばねに接触するように構成される、項目６に記載のコリメータ。
（項目１７）
前記流体源、前記第１の弁、および前記第２の弁と通信するコントローラをさらに備え、前記コントローラは、前記第１の弁および前記第２の弁を開閉し、バレル管腔の中およ

び外への流体流を選択的に調整するように構成される、項目９に記載のコリメータ。
（項目１８）
前記コントローラは、前記第１の弁を開放し、前記第２の弁を閉鎖することによって、前記リーフを前記第１の場所まで移動させるように構成される、項目１７に記載のコリメータ。
（項目１９）
前記コントローラは、前記リーフが前記第１の場所まで移動された後に、前記第１の弁を開放し、次いで、前記第２の弁を閉鎖することに先立って、前記第２の弁を開放して前記流体を放出するように構成される、項目１８に記載のコリメータ。
（項目２０）
前記コントローラは、前記第２の弁を開放し、前記第１の弁を閉鎖することによって、前記リーフを前記第２の場所まで移動させるように構成される、項目１７に記載のコリメータ。
（項目２１）
前記コントローラは、前記リーフが前記第２の場所まで移動された後に、前記第２の弁を開放し、次いで、前記第１の弁を閉鎖することに先立って、前記第１の弁を開放して前記流体を放出するように構成される、項目２０に記載のコリメータ。
（項目２２）
前記リーフシャフトの前記近位部分は、スロットを備え、前記アクチュエータシステムは、モータと、ロッドと、前記ロッドに回転可能に接続されるクランクと、前記クランクに接続されるローラとを備え、前記ローラは、前記スロット内で回転可能に平行移動し、前記ローラの前記回転は、少なくとも部分的に、前記ロッドおよびクランクを経由して前記モータによって、かつ少なくとも部分的に、前記ばねシステムによって前記リーフシャフトに印加されるばね力によって、制御される、項目１に記載のコリメータ。
（項目２３）
前記クランクは、縦軸を有し、前記アームは、縦軸を有し、前記クランクの前記縦軸が前記リーフシャフトの前記縦軸と整合されるとき、前記リーフは、前記第１の場所または前記第２の場所のいずれかで保定される、項目２２に記載のコリメータ。
（項目２４）
前記スロットは、垂直寸法と、水平寸法とを有し、前記垂直寸法は、前記水平寸法より大きい、項目２２に記載のコリメータ。
（項目２５）
前記スロットは、卵形として成形される、項目２４に記載のコリメータ。
（項目２６）
前記スロットは、２つの平行垂直辺を伴う卵形として成形される、項目２５に記載のコリメータ。
（項目２７）
前記スロットは、異なる曲率半径を有する複数の曲線を有する、卵形状の形状を有する、項目２４に記載のコリメータ。
（項目２８）
前記スロットは、第１の曲線領域と、第２の曲線領域と、第３の曲線領域とを有し、前記第１、第２、および第３の曲線領域は、相互と隣接し、
前記ローラが前記第１の曲線領域中に位置するとき、前記ばねシステムからのばね力は、前記リーフを前記第１の場所と前記第２の場所との間で移動させ、
前記ローラが前記第２の曲線領域中に位置するとき、前記スロット内の前記ローラの回転は、前記リーフシャフトの平行移動を引き起こさず、前記リーフは、前記第１の場所または前記第２の場所のいずれかで保定され、
前記ローラが前記第３の曲線領域中に位置するとき、さらに前記領域の中への前記ローラの回転は、非線形速度で前記ばねを圧縮する、
項目２７に記載のコリメータ。

（項目２９）
前記スロットは、第１の側面および前記第１の側面と対称な第２の側面があるように、垂直軸を中心として左右対称であり、前記第１、第２、および第３の曲線領域は、前記第１の側面上に位置し、前記第１、第２、および第３の曲線領域に対応する第４、第５、および第６の曲線領域は、前記第２の側面上に位置する、項目２８に記載のコリメータ。
（項目３０）
前記ローラが前記スロットの前記第１の側面の前記第２または第３の曲線領域中に位置するとき、前記リーフは、開放位置で保定され、前記ローラが前記スロットの前記第２の側面の前記第５または第６の領域中に位置するとき、前記リーフは、閉鎖位置で保持される、項目２９に記載のコリメータ。
（項目３１）
前記ばねシステムは、トーションバーばねを備える、項目２２に記載のコリメータ。
（項目３２）
前記トーションバーばねは、前記バーばねの回転ねじれが前記リーフシャフトを縦方向に平行移動させるように、枢動可能結合アームによって前記リーフシャフトに接続される、項目３１に記載のコリメータ。
（項目３３）
前記枢動可能結合アームの第１の端部は、ピンを介して前記トーションバーばねに接続され、前記枢動可能結合アームの第２の端部は、第２の玉軸受を介して前記アームに接続される、項目３２に記載のコリメータ。
（項目３４）
前記ばねシステムは、１つまたはそれを上回るコイルばねを備える、項目２２に記載のコリメータ。
（項目３５）
ばね機構は、第１のコイルばねと、第２のコイルばねとを備え、前記第１のコイルばねは、前記リーフが前記第１の場所に向かって移動するように、力を前記リーフシャフトに印加するように付勢され、前記第２のコイルばねは、前記リーフが前記第２の場所に向かって移動するように、力を前記リーフシャフトに印加するように付勢される、項目３４に記載のコリメータ。
（項目３６）
前記アクチュエータシステムは、前記リーフシャフトの中心部分に位置し、前記第１のコイルばねは、前記アクチュエータシステムの近位にある前記リーフシャフトの第１の長さに巻き付けられ、前記第２のコイルばねは、前記アクチュエータ機構の遠位にある前記アームの第２の長さに巻き付けられる、項目３５に記載のコリメータ。
（項目３７）
前記アクチュエータシステムは、第１の電磁石と、空間によって前記第１の電磁石から分離される第２の電磁石と、前記第１の電磁石と第２の電磁石との間で前記空間を横断して移動可能な強磁性可動部材とを備え、前記リーフシャフトは、前記可動部材に接続され、前記アクチュエータシステムは、前記可動部材が前記第１または第２の電磁石のいずれかの場所で固着されるように、前記第１または第２の電磁石のいずれかがアクティブ化される第１の構成と、前記可動部材が前記空間内で移動可能であるように、前記第１および第２の電磁石が交互にアクティブ化される第２の構成とを備える、項目１に記載のコリメータ。
（項目３８）
前記第１および第２の電磁石はそれぞれ、一対の隣接するコイル巻線と、前記コイル巻線の両方の管腔を通って延在するＵ字形コアとを備える、項目３７に記載のコリメータ。
（項目３９）
前記可動部材は、永久磁石を備える、項目３７に記載のコリメータ。
（項目４０）
前記アクチュエータシステムは、線形アクチュエータを備える、項目１に記載のコリメ

ータ。
（項目４１）
前記アクチュエータシステムは、ボイスコイルを備える、項目４０に記載のコリメータ。
（項目４２）
前記アクチュエータシステムが前記第１の構成であるとき、前記リーフは、閉鎖構成であり、前記アクチュエータシステムが前記第２の構成であるとき、前記リーフは、開放構成であり、前記ばねシステムおよびアクチュエータシステムは、約６ミリ秒またはそれ未満で前記閉鎖構成と開放構成との間で前記リーフを遷移させるように構成される、項目１に記載のコリメータ。
（項目４３）
前記ばねシステムは、少なくとも１つのトーションバーばねを備える、項目４－１３のうちの１項に記載のコリメータ。
【図面の簡単な説明】
【００１５】
【図１】図１は、放出誘導型放射線療法システムの一変形例の概略描写である。
【図２】図２は、コリメータで使用され得る、カムベースのリーフ駆動機構の一変形例の概略描写である。
【図３Ａ】図３Ａは、コリメータで使用され得る、カムベースのリーフ駆動機構の一変形例の斜視図である。
【図３Ｂ】図３Ｂは、図３Ａのカムベースのリーフ駆動機構のラッチ機構の斜視および部分切断図である。
【図３Ｃ】図３Ｃおよび３Ｄは、図３Ｂのラッチ機構の斜視分解構成要素図である。
【図３Ｄ】図３Ｃおよび３Ｄは、図３Ｂのラッチ機構の斜視分解構成要素図である。
【図３Ｅ】図３Ｅは、図３Ｂのラッチ機構の斜視断面図である。
【図３Ｆ】図３Ｆは、図３Ｂのラッチ機構の構成要素の斜視断面図である。
【図３Ｇ】図３Ｇは、図３Ｂのラッチ機構の構成要素の端面図である。
【図３Ｈ】図３Ｈおよび３Ｉは、係止（図３Ｈ）および係止解除（図３Ｉ）構成で図３Ｂのラッチ機構の斜視部分切断図である。
【図３Ｉ】図３Ｈおよび３Ｉは、係止（図３Ｈ）および係止解除（図３Ｉ）構成で図３Ｂのラッチ機構の斜視部分切断図である。
【図３Ｊ】図３Ｊおよび３Ｋは、ラッチ機構の別の変形例の図である。
【図３Ｋ】図３Ｊおよび３Ｋは、ラッチ機構の別の変形例の図である。
【図３Ｌ】図３Ｌは、カムベースのリーフ駆動機構のねじりばねアセンブリの斜視分解構成要素図である。
【図３Ｍ】図３Ｍは、ラッチ遷移の前、間、および後の一連の事象の概要を示すタイミング図である。
【図４】図４は、カムベースのリーフ駆動機構の別の変形例の斜視図である。
【図５】図５は、カムベースのリーフ駆動機構のパッケージの一変形例の斜視図である。
【図６Ａ】図６Ａおよび６Ｂは、コリメータリーブのいくつかの変形例の側面図である。
【図６Ｂ】図６Ａおよび６Ｂは、コリメータリーブのいくつかの変形例の側面図である。
【図６Ｃ】図６Ｃおよび６Ｄは、質量中心の場所を調節する重りを伴うコリメータリーフのいくつかの変形例の側面図である。
【図６Ｄ】図６Ｃおよび６Ｄは、質量中心の場所を調節する重りを伴うコリメータリーフのいくつかの変形例の側面図である。
【図７Ａ】図７Ａおよび７Ｂは、上の描写がビーム方向像からの駆動機構の図であり、下の描写が側面図である（すなわち、図の軸がビーム方向像と垂直である）、ばねベースのリーフ駆動機構の一変形例の概略描写である。
【図７Ｂ】図７Ａおよび７Ｂは、上の描写がビーム方向像からの駆動機構の図であり、下の描写が側面図である（すなわち、図の軸がビーム方向像と垂直である）、ばねベースの

リーフ駆動機構の一変形例の概略描写である。
【図７Ｃ】図７Ｃは、ばねベースのリーフ駆動機構の別の変形例の概略描写である。
【図７Ｄ】図７Ｄは、図７Ｃのばねベースのリーフ駆動機構の代替図である。
【図８】図８Ａ－８Ｃは、ばねベースのリーフ駆動機構とともに使用され得る、ラッチの一変形例を概略的に描写する。
【図９－１】図９Ａ－９Ｄは、移相されたばねベースのリーフ駆動機構の一変形例のタイミング図を描写する。
【図９－２】図９Ａ－９Ｄは、移相されたばねベースのリーフ駆動機構の一変形例のタイミング図を描写する。
【図９Ｅ】図９Ｅおよび９Ｆは、移相されたばねベースのリーフ駆動機構の一変形例を概略的に描写する。
【図９Ｆ】図９Ｅおよび９Ｆは、移相されたばねベースのリーフ駆動機構の一変形例を概略的に描写する。
【図９Ｇ】図９Ｇは、ばねベースのリーフ駆動機構の別の変形例のタイミング図を描写する。
【図１０－１】図１０Ａは、空気圧式リーフ駆動機構の一変形例を描写する。
【図１０－２】図１０Ｂ－１０Ｆは、空気圧式リーフ駆動機構の一変形例の異なる状態を描写する。
【図１０－３】図１０Ｇは、図１０Ｂ－１０Ｆの空気圧式リーフ駆動機構のタイミング図を描写する。
【図１０－４】図１０Ｈおよび１０Ｉは、空気圧式リーフ駆動機構のピストンの一変形例の概略端面図である。
【図１１－１】図１１Ａ－１１Ｆは、スロット付き連結またはスコッチヨーク機構を備える、リーフ作動システムの一変形例を描写する。図１１Ｂ、１１Ｄ、１１Ｆは、リーフが閉鎖構成と開放構成との間で移動する際のスコッチヨーク機構の異なる構成の拡大描写である。
【図１１－２】図１１Ａ－１１Ｆは、スロット付き連結またはスコッチヨーク機構を備える、リーフ作動システムの一変形例を描写する。図１１Ｂ、１１Ｄ、１１Ｆは、リーフが閉鎖構成と開放構成との間で移動する際のスコッチヨーク機構の異なる構成の拡大描写である。
【図１１－３】図１１Ａ－１１Ｆは、スロット付き連結またはスコッチヨーク機構を備える、リーフ作動システムの一変形例を描写する。図１１Ｂ、１１Ｄ、１１Ｆは、リーフが閉鎖構成と開放構成との間で移動する際のスコッチヨーク機構の異なる構成の拡大描写である。
【図１２Ａ】図１２Ａは、ローラ、クランク、およびモータシャフトの最遠位端の間の結合の斜視構成要素図である。
【図１２Ｂ】図１２Ｂは、図１２Ａのアセンブリの部分分解図である。
【図１２Ｃ】図１２Ｃは、図１２Ａのアセンブリの断面図である。
【図１３】図１３Ａ－１３Ｂは、スコッチヨーク機構のスロットの一変形例を描写する。
【図１４】図１４Ａは、スコッチヨーク機構のスロットの変形例を描写する。図１４Ｂは、スコッチヨーク機構のスロットの別の変形例である。
【図１５Ａ】図１５Ａは、ばねシステムと、スコッチヨークまたはスロット付き連結機構を含む、アクチュエータシステムとを備える、コリメータリーフ駆動機構の一変形例の斜視構成要素図である。
【図１５Ｂ】図１５Ｂは、図１５Ａのリーフ駆動機構の代替斜視構成要素図である。
【図１５Ｃ】図１５Ｃは、ともに組み立てられた／パッケージ化された複数のコリメータリーフ駆動機構の上面斜視図である。
【図１５Ｄ】図１５Ｄは、図１５Ｃの複数のコリメータリーフ駆動機構の側面斜視図を描写する。
【図１５Ｅ】図１５Ｅ－１５Ｇは、ばねシステムと、スコッチヨークを含むアクチュエー

タシステムとを備える、複数のリーフ駆動機構を組み立てるための方法のフローチャート表現を描写する。
【図１５Ｆ】図１５Ｅ－１５Ｇは、ばねシステムと、スコッチヨークを含むアクチュエータシステムとを備える、複数のリーフ駆動機構を組み立てるための方法のフローチャート表現を描写する。
【図１５Ｇ】図１５Ｅ－１５Ｇは、ばねシステムと、スコッチヨークを含むアクチュエータシステムとを備える、複数のリーフ駆動機構を組み立てるための方法のフローチャート表現を描写する。
【図１５Ｈ】図１５Ｈは、図１５Ｃの複数のリーフ駆動機構の立面斜視図を描写する。
【図１６Ａ】図１６Ａは、空気圧式アクチュエータシステムを備える、コリメータリーフ駆動機構の斜視図である。
【図１６Ｂ】図１６Ｂは、図１６Ａの空気圧式アクチュエータシステムの断面図を描写する。
【図１６Ｃ】図１６Ｃ－１６Ｅは、リーフが閉鎖構成と開放構成との間で移動する際の図１６Ａの空気圧式アクチュエータシステムを描写する。
【図１６Ｄ】図１６Ｃ－１６Ｅは、リーフが閉鎖構成と開放構成との間で移動する際の図１６Ａの空気圧式アクチュエータシステムを描写する。
【図１６Ｅ】図１６Ｃ－１６Ｅは、リーフが閉鎖構成と開放構成との間で移動する際の図１６Ａの空気圧式アクチュエータシステムを描写する。
【図１６Ｆ】図１６Ｆは、ばねシステムがバレルの外側に位置する、空気圧式システムの変形例を描写する。
【図１６Ｇ】図１６Ｇは、ともに組み立てられた／パッケージ化された複数の空気圧式アクチュエータシステムを描写する。
【図１６Ｈ】図１６Ｈは、１つまたはそれを上回るバンパまたはダンパを備える、空気圧式アクチュエータシステムの一変形例を描写する。
【図１７Ａ】図１７Ａは、電磁アクチュエータシステムを備える、コリメータリーフ駆動機構の斜視図である。
【図１７Ｂ】図１７Ｂは、図１７Ａの電磁アクチュエータシステムの側面図である。
【図１７Ｃ】図１７Ｃは、図１７Ｄの線Ａ－Ａに沿って得られた図１７Ｃの電磁アクチュエータシステムの断面図である。
【図１７Ｄ】図１７Ｄは、図１７Ａの電磁アクチュエータシステムの代替側面図である。
【図１７Ｅ】図１７Ｅは、図１７Ａのものに類似する電磁アクチュエータシステムを備える、コリメータリーフ駆動機構の一変形例の斜視図である。
【図１８】図１８Ａは、電磁アクチュエータシステムを備える、コリメータリーフ駆動機構の別の変形例の斜視図である。図１８Ｂは、図１８Ａの電磁アクチュエータシステムの側面図である。
【図１９】図１９Ａ－１９Ｃは、電磁アクチュエータシステムの変形例を描写する。
【図２０】図２０Ａは、種々の位置におけるコリメータリーフの概略表現であり、図２０Ｂは、図２０Ａで描写されるリーフ位置に到達するためにリーフコントローラによって使用されるタイミング図を描写する。
【発明を実施するための形態】
【００１６】
本明細書では、マルチリーフコリメータで使用するために好適であり得る、種々の駆動機構が開示される。そのようなリーフ駆動機構は、コリメータが、約１０ミリ秒またはそれ未満、例えば、約４ミリ秒またはそれ未満で開放位置と閉鎖位置との間でリーフを遷移させることが可能であるように、コリメータリーフの急速かつ確実な移動を促進してもよい。カムベースの駆動機構、ばねベースの駆動機構、流体動力駆動機構、および／または電磁駆動機構を含む、種々のリーフ駆動機構が、以下で説明される。リーフ駆動機構の速度を増加させることによって、リーフ移動の速度を増加させることに加えて、いくつかのマルチリーフコリメータは、随意に、放射線ビーム経路内の材料のみが、高Ｚ材料（例え

ば、タングステン）を有し、リーフの周辺支持構造が、より軽量の材料を備える、重量低減リーフを備えてもよい。また、本明細書では、リーフの間の摩擦を低減することに役立ち得るリーフ配列、およびコリメータが回転可能ガントリ上に搭載するために好適であるように種々のリーフ駆動機構をパッケージ化して配列する方法も開示される。

【００１７】

本明細書に開示されるリーフ駆動機構は、放射線ビームを平行にするためのバイナリマルチリーフコリメータとの関連で説明されるが、これらの駆動機構は、他のタイプのコリメータで使用されてもよく、さらに、コリメータ技術に限定されないことを理解されたい。本明細書に説明されるリーフ駆動機構のうちのいずれかは、原体放射線療法、放出誘導型放射線療法（ＥＧＲＴ）、および強度変調放射線療法（ＩＭＲＴ）用のコリメータで使用されてもよい。これらのリーフ駆動機構のうちのあるものは、他の機械システムで使用するために好適であり得る。本明細書に説明される駆動機構のうちのいずれかの動作速度および率もまた、実施例で説明される速度および率から変動し得る。例えば、リーフ駆動機構は、約１０ミリ秒またはそれ未満で開放状態と閉鎖状態との間でリーフ（例えば、放射線減衰部分を有するリーフは、約１０ｃｍの長さ、約１ｃｍの幅、および約３ｍｍの厚さを有する）を遷移させることが可能であるものとして説明されるが、リーフ遷移時間は、約２ミリ秒～約１０秒であってもよい。

【００１８】

本明細書に説明されるようなマルチリーフコリメータのうちのいずれかを備え得る、システムの一変形例が、図１で描写されている。放射線療法システムは、第１のガントリ上に位置する複数のガンマ線光子放出検出器（例えば、ポジトロン放出検出器）を備えてもよい。ガントリは、定常であり得る、または回転可能であり得る。放射線療法システムはまた、回転可能放射線源（例えば、線形加速器またはリニアック）を備えてもよい。回転可能放射線源は、ガンマ線光子放出検出器と同一のガントリ上に位置してもよい、または第１のガントリから独立して回転され得る、異なるガントリ（すなわち、第２のガントリ）上に位置してもよい。また、放射線源の真向かいで第２のガントリ上に位置するＸ線検出器があってもよい。治療セッション前に、患者は、放射性トレーサを注入されてもよい。いくつかの変形例では、トレーサは、腫瘍部位で蓄積するフルオロデオキシグルコース（ＦＤＧ）等のＰＥＴトレーサであってもよい。ガンマ線光子（例えば、ポジトロン消滅事象から放出される一対の光子）は、腫瘍部位から放出され、ガンマ線光子検出器によって検出されてもよい。光子が検出されるとき、放射線源は、回転され、放射線ビームがガンマ線光子放出経路に対して腫瘍部位に向かって指向され得るように位置付けられてもよい。本明細書に説明されるコリメータのうちのいずれか等のマルチリーフコリメータは、ビーム経路内に配置され、ビームをさらに成形し、および／またはビームレットを選択するために使用されてもよい。いくつかの変形例では、放射線源を位置付け、コリメータの選択されたリーフを開閉することによって、放射線ビームは、検出された光子放出経路にほぼ沿って指向されてもよい。放射線ビームは、ガンマ線光子が検出された後の短い時間期間内に、例えば、光子を検出する０．２５秒以内に印加されてもよい。これは、呼吸および／または不慮の患者の動きから生じ得る、運動アーチファクトを補償することに役立ち得る。いくつかの変形例では、放射線ビームは、腫瘍が実質的に移動する前に、および／またはガンマ線光子放出経路に基づく画像が形成される前に、印加されてもよい。その検出された光子に基づいて画像を生成することなく、検出されたガンマ線光子放出経路に対して放射線ビームを指向することは、実質的に移動する前に放射線が腫瘍部位に印加される可能性を増加させることに役立ち得る。これは、ひいては、周辺の健康な組織（例えば、腫瘍境界に近い組織）の放射線暴露を低減させること、および治療セッションの長さを短縮することに役立ち得る。放射線療法システムの付加的説明が、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる、２００９年２月９日に出願された米国特許第８，０１７，９１５号で提供される。本明細書に説明されるコリメータのうちのいずれかが、放射線ビームレットおよび／または腫瘍部位への放射線の方向の動的リアルタイム選択を促進するように、放射線療法システム（例えば、放出誘導型放射線療法システム）に

含まれてもよい。例えば、コリメータリーフの位置は、放射線源およびコリメータが回転している間に調節されてもよい。コリメータは、放射線源のビーム経路または扇ビームの中に配置されてもよく、いくつかの変形例では、放射線源と同一の筐体またはモジュール内に位置してもよい。代替として、コリメータは、放射線源筐体またはモジュールの外部に配置されてもよい。

【００１９】

移動する前に放射線を腫瘍部位に指向する、および／または光子放出を検出した後に短い時間期間（例えば、約２秒、約１秒、約０．５秒、または約０．２５秒未満）内で放射線を腫瘍部位に印加する１つの方法は、現在の放射線療法ガントリを上回る速度で放射線源を回転させるステップを含んでもよい。例えば、現在のガントリが、約１ｒｐｍで回転する一方で、放射線源が搭載されるＥＧＲＴガントリは、約１０ｒｐｍ～約７０ｒｐｍ（例えば、約３０ｒｐｍ、約６０ｒｐｍ）で、いくつかの変形例では、７０ｒｐｍより速く回転してもよい。ガントリの回転速度を増加させることに加えて、ガントリ上に搭載された関連付けられるコリメータはまた、現在のコリメータよりも高い周波数で動作してもよい。例えば、コリメータは、コリメータリーフが、約１０ミリ秒またはそれ未満（例えば、約４ミリ秒またはそれ未満）で開放位置（すなわち、放射線ビームレットの通過を可能にする）から閉鎖構成（すなわち、放射線ビームレットの通過を阻止する）に遷移し得るような速度で動作してもよい。例証として、放射線源がビームを発射し得る、１００個の場所（すなわち、１００個の発射場所）をガントリの周囲に有する、放射線療法システムは、６０ｒｐｍの速度で回転するように構成される、放射線源ガントリを有してもよい。本変形例では、放射線源のコリメータリーフは、約１０ミリ秒またはそれ未満で開放または閉鎖するように構成されてもよい。より多くの発射場所、例えば、ガントリが６０ｒｐｍで回転する、２５０個の発射場所を伴うシステムでは、放射線源のコリメータリーフは、約４ミリ秒またはそれ未満以内で開放または閉鎖するように構成されてもよい。回転ガントリ（放射線源ガントリの周囲に任意の数の放射線発射位置、例えば、約６０個の発射位置、１２０個の発射位置、２５０個の発射位置等があってもよいことに留意されたい）が６０ｒｐｍより速く、例えば、７０ｒｐｍまたは７５ｒｐｍで回転する場合、コリメータリーフは、さらに短い時間期間、例えば、４ミリ秒未満、約３ミリ秒、約２ミリ秒、約１ミリ秒またはそれ未満で開放または閉鎖するように構成されてもよい。いくつかの変形例では、コリメータの帯域幅または最大動作周波数は、約５０Ｈｚ、または約５０Ｈｚをさらに上回り得る。すなわち、リーフが閉鎖位置から開放位置に遷移し、次いで、閉鎖位置に戻る、または開放位置から閉鎖位置に遷移し、次いで、開放位置に戻るために要する最短時間期間の逆数は、約５０Ｈｚまたはそれを上回り得る。例えば、７５ｒｐｍで回転する放射線源ガントリに関して、コリメータリーフは、１００個の発射場所については約８ミリ秒（約６２．５Ｈｚ）以内に、２５０個の発射場所については約３．２ミリ秒（約１５６．２５Ｈｚ）以内に、開放位置と閉鎖位置との間で遷移するように構成されてもよい。いくつかの変形例では、リーフは、約５０ｃｍ／秒～約４００ｃｍ／秒の速度で移動されてもよい。本明細書に説明されるコリメータリーフ駆動機構は、腫瘍のリアルタイム照射のためにそのような高速および周波数で動作するために好適であり得、例えば、回転ガントリ上に搭載するためにコンパクトにパッケージ化されてもよい。

【００２０】

随意に、本明細書に説明されるコリメータリーフは、放射線減衰構造と、随意に、放射線減衰構造に取り付けられる支持構造とを備えてもよい。リーフが閉鎖位置にあるとき、放射線減衰構造は、放射線ビーム経路内に位置する。放射線減衰部分は、高Ｚ材料（例えば、高原子番号材料）で作製されてもよい。随意に、コリメータリーフは、加えて、放射線減衰構造をリーフ駆動機構および／またはコリメータ内の他の構成要素と結合する、支持構造を備えてもよい。支持構造は、ビーム経路の中および外へ水平方向に移動するにつれてリーフを垂直に安定させることに役立ち得る、ビーム、バー、ロッド、および／またはブラケットのフレームを備えてもよく、随意に、リーフガイドおよび／またはプッシュロッドを含有してもよい。いくつかの変形例では、支持構造は、トラス枠組みを備えても

よい。支持構造は、随意に、リーフ駆動機構がコリメータリーフに取り付けられ得るように、開口部、フック、切り欠き、突出、溝、および同等物を含んでもよい。支持構造はまた、リーフが経路に沿って移動することに役立ち得る、リーフガイド内の類似構造と対応する、切り欠き、突出、溝、隆起等を備えてもよい。放射線療法用のマルチリーフコリメータのリーフのサイズおよび形状は、少なくとも部分的に、ガントリの幾何学形状および／または放射線ビームの幅および／または放射線が印加される所望の「分解能」（例えば、スライス幅、スライスの数）によって判定されてもよい。リーフの深度は、リーフが閉鎖位置にあるときに放射線の伝送を妨げるために十分に厚くあり得る。例えば、タングステン等の高Ｚ材料で作製されたリーフは、約１０ｃｍまたはそれを上回って深くあり得る。本明細書に説明されるコリメータは、６４個のリーフを有してもよいが、リーフの数は、例えば、１２、１５、１６、２４、２５、３１、３２、３６、４８、５０、６４、７２、７５、１００、１０１、１２８、１３５等に変動され得ることを理解されたい。６４リーフコリメータの個々のリーフの幅は、約１ｍｍ～約１０ｍｍ、例えば、約２ｍｍであってもよい。リーフ進行の長さ（例えば、スライスサイズ）は、約０．２５ｃｍ～約３ｃｍ、例えば、約１ｃｍであってもよい。進行範囲が小さいほど、より精密に放射線が送達されてもよい。リーフ進行長または幅を縮小することは、患者治療時間を延長し得る。リーフの放射線減衰部分の質量は、約２．５グラム～約１００グラム、例えば、約３０グラムであってもよい。リーフの支持構造は、約１０グラム～約１００グラム、例えば、約２０グラムの質量を有してもよい。したがって、コリメータリーフの全質量は、約１３グラム～約２００グラム、例えば、約５０グラムであってもよい。上記で説明される帯域幅において本質量のリーフを移動させることは、現在のコリメータにとって困難であり得るが、本明細書に説明される高帯域幅コリメータによって達成され得る。

【００２１】

本明細書では、高帯域幅コリメータで使用され得る、種々のリーフ駆動機構が開示される。説明されるリーフ駆動機構は、約５０ｃｍ／秒～約４００ｃｍ／秒の速度で個々のコリメータリーフを移動させることが可能であり得る。バイナリマルチリーフコリメータでは、これらの駆動機構は、リーフが放射線ビームの経路内に位置する閉鎖位置と、リーフが放射線ビームの経路内に位置しない開放位置との間で、リーフを平行移動させてもよい。いくつかの変形例では、コリメータは、開放位置と閉鎖位置との間でリーフを平行移動させるように、カムと、従動子とを備える、リーフ駆動機構を備えてもよい。リーフ駆動機構の別の変形例は、開放位置と閉鎖位置との間で遷移するように力をリーフに印加する、１つまたはそれを上回るばねを備えてもよい。例えば、リーフは、開放位置と閉鎖位置との間でリーフを平行移動させる、ばね共振器に結合されてもよい。別の変形例では、リーフ駆動機構は、流体動力構成要素、例えば、シリンダ内の油圧式または空気圧式駆動ピストンを備えてもよい。ピストンおよびシリンダは、対応する非円形断面を有してもよい。シリンダは、その中の流体の流量および／または圧力を調整するように独立して制御され得る、１つもしくはそれを上回る弁を有してもよい。代替として、または加えて、本明細書に説明されるコリメータリーフ駆動機構のうちのいずれかは、リーフを閉鎖位置または開放位置まで移動させるように、１つまたはそれを上回るばねを備えてもよい。これらの駆動機構は、個別に、および／または独立して、マルチコリメータの各リーフを移動させるように構成されてもよい、または２つまたはそれを上回るリーフをともに移動させるように構成されてもよい。

【００２２】

随意に、リーフおよびそれらの対応する駆動機構は、２つのリーフが相互に隣接し得るが、垂直方向に（例えば、放射線ビームの方向に）オフセットされ得るように、配列されてもよい。これは、リーフを駆動するアクチュエータの幅がリーフより広くなることを可能にする一方で、依然として、アクチュエータがそれらの質量中心に沿ってリーフを駆動することを可能にする。マルチリーフコリメータはまた、ビーム経路に交差する（例えば、それを横断する）線形経路に沿ったリーフの移動を制限するように、リーフのそれぞれと対応する複数のリーフガイドを備えてもよい。

【００２３】
より速い駆動機構を使用することによって、リーフ遷移の速度を増加させることに加えて、または代替として、マルチリーフコリメータのいくつかの変形例は、リーフが閉鎖位置にあるときに放射線経路内にあるリーフの一部のみが、放射線不透過性材料で作製される一方で、リーフの残りの部分は、他の材料、例えば、放射線不透過性材料よりも低密度および／または軽量である材料で作製され得る、リーフを備えてもよい。例えば、リーフが閉鎖位置にあるときに放射線経路内にあるリーフの一部が、タングステンで作製されてもよい一方で、リーフが取り付けられる支持体／フレームを含む、リーフの残りの部分は、ステンレス鋼またはチタン等のさらに軽量の材料で作製される。いくつかの変形例では、放射線不透過性材料の領域を除去または空洞化することが、放射線透過を妨げるリーフの能力への影響を殆どまたは全く伴わずに、放射線不透過性部分の重量を低減させることに役立ち得る。例えば、放射線経路内にあるリーフの放射線不透過性部分の一部が、実質的に中実であり得る一方で、放射線経路内にないリーフの放射線不透過性部分の一部は、１つまたはそれを上回る中空領域を有してもよい。

【００２４】
随意に、マルチリーフコリメータは、リーフのそれぞれの位置、速度、加速度、または力を検出するように、かつそのようなデータをコントローラに提供するように構成される、１つまたはそれを上回る位置、速度、加速度、または力センサを備えてもよい。静電容量ベースの位置センサ等の高放射線環境内で精密なデータを提供することが可能であるセンサを選択することが有用であり得る。本明細書に説明されるマルチリーフコリメータおよび／または駆動機構のうちのいずれかで使用され得る、センサの他の実施例は、光電子遮断器を含んでもよい。１つまたはそれを上回るセンサからのデータは、リーフ移動の精度および速度を監視および／または調節するように、コントローラの中に記憶されて実行される、フィードバック制御アルゴリズムに含まれてもよい。フィードバック制御アルゴリズムはまた、コマンドをリーフアクチュエータに提供するときに、ガントリの回転および放射線源およびコリメータの半径方向場所を考慮に入れてもよい。

【００２５】
図２は、（例えば、放射線療法システム用の）放射線源のビーム経路内に配置されるコリメータに含まれ得る、カムベースのリーフ駆動機構２００の概略描写である。カムベースのリーフ駆動機構２００は、カム２０２と、従動子２０４と、リーフ２０６の側面に取り付けられたプッシュロッドまたはシャフト２１０と、従動子およびシャフトに選択的に係合または係脱するクラッチ２０８と、リーフ２０６の反対側に取り付けられたばね２１２とを備えてもよい。カム２０２は、従動子を駆動する一定回転カムであってもよい（例えば、カムは、連続的に回転される）。従動子２０４は、リーフ２０６に結合されてもよく、クラッチまたはラッチ２０８は、リーフ２０６が従動子２０４と協調して移動するかどうかを判定する。図２で描写されるように、従動子は、シャフトまたはプッシュロッド２１０を介してリーフ２０６に結合されてもよい。シャフトまたはプッシュロッド２１０は、放射線源からの放射線ビームに干渉しない、低Ｚ材料で作製されてもよい。アクチュエータ（例えば、圧電アクチュエータ、図示せず）は、クラッチ２０８に結合され、クラッチ２０８が係合または係脱されるかどうかを制御するために使用されてもよい。クラッチ２０８が係脱されるとき、リーフの位置は、矢印２１３の方向にリーフを押動し、リーフを閉鎖位置２１４に付勢する、ばね２１２によって制御される。リーフは、カム従動子２０４がシャフト２１０の内側で摺動し、力をリーフに印加しない（例えば、リーフを移動させない）ため、閉鎖位置２１４で保持されることができる。クラッチ２０８が係合されるとき、カム従動子２０４は、シャフト２１０に堅く取り付けられ、カム２０２の回転は、矢印２１１の方向にばね２１２の力に対してリーフを移動させ、それによって、ばね２１２を圧縮し、リーフを開放位置２１６まで移動させる。しかしながら、常時回転カム２０２に起因して、カム２０２を回転させることが、リーフを開放させ、次いで、閉鎖させ、次いで、カム２０２が回転するにつれて再び開放させるであろうため、クラッチ２０８が係合されるときに、リーフは、開放位置２１６に留まることができない。リーフが開

放位置２１６で費やす時間の持続時間は、例えば、滞留時間を調節するようにカムの丸い突出物の弧を調節することによって、調節されてもよい（例えば、丸い突出物の弧を増加させることは、滞留時間を増加させ得る）。

【００２６】

放射線療法システムに含まれ得る、マルチリーフコリメータ用のカムベースのリーフ駆動機構の一変形例が、図３Ａ－３Ｋで描写されている。図３Ａは、リーフ３０２と、リーフに接続されるシャフト３０８と、カム３０４と、カムと接触し、シャフト３０８に選択的に係合される従動子３０６と、従動子およびシャフトに選択的に係合するように構成されるラッチ３１０と、ラッチ３１０に結合され、ラッチが従動子をシャフトと係合させるか、または従動子からシャフトを係脱するかどうかを制御するように構成される、ソレノイドまたは回転アクチュエータ３１２とを備える、カムベースの駆動機構３００を描写する。いくつかの変形例では、カムベースの駆動機構はまた、回転アクチュエータ３１２をアクチュエータシャフト３０９に結合し、第１の係止構成（従動子の移動がシャフト内の対応する移動を引き起こすように、リーフシャフト３０８および従動子３０６がともに係合されて係止される）と第２の係止解除構成（従動子の移動がシャフト内の対応する移動を引き起こさないように、リーフシャフト３０８および従動子３０６が相互から係脱されて係止解除される）との間でラッチ３１０を遷移させることを促進および／または迅速化するように配列され得る、ねじりばねアセンブリ３０７を備えてもよい。随意に、カムベースのリーフ駆動機構３００は、シャフト３０８を覆って配置され、シャフトが線形経路内で平行移動されるように、リーフシャフト３０８を安定させるように構成される、シャフトガイド３１４を備えてもよい。リーフ駆動機構３００は、随意に、矢印３１７の方向にばね力をリーフ３０２に印加し得る、最遠位ばね３１６を備えてもよい。矢印３１７の方向にリーフ３０２を移動させることは、閉鎖位置の中へ（すなわち、放射線ビーム経路の中へ）リーフを移動させる。カムが持上事象（すなわち、カムの丸い突出物が従動子に接触する）まで循環し、従動子がリーフシャフト３０８と係合されるとき、リーフ３０２は、矢印３１９によって表される方向にある開放位置まで（すなわち、放射線ビーム経路から離れて、および／またはその外へ）移動されてもよい。カムは、望ましくあり得るように、１つ、２つ、３つ、またはそれを上回る丸い突出物を有してもよい。カムは、例えば、回転アクチュエータ（図示せず）によって連続的に回転されるように構成されてもよい。カムを常に回転させ、従動子がカムの基礎円領域中にあるときにリーフに選択的に係合するようにラッチを切り替えることのみによって、高帯域幅要素（ラッチ）および高力要素（カム）は、別個に作動される。本分離は、高帯域幅要素が、より大きい質量に非常に迅速に作用する必要がある代わりに、より小さい質量およびより小さい距離に影響し得ることを意味する。いくつかの変形例では、カムは、３つの丸い突出物を有してもよく、毎秒１００回の持上事象（すなわち、１００Ｈｚ）があるように２０００ｒｐｍで回転してもよい。ラッチは、約１ミリ秒またはそれ未満で係合状態と係脱状態との間で遷移することが可能であり得る。他の変形例では、カムは、２０００ｒｐｍ未満で回転してもよく、かつ１０００ｒｐｍ、１００ｒｐｍ、または１０ｒｐｍで回転してもよい。１つまたはそれを上回る潤滑剤が、異なる構成要素の移動を促進するように、かつ摩擦力の影響を低減させるように、本（および他の）リーフ駆動機構の可動部品の間に提供されてもよい。いくつかの変形例では、潤滑剤は、放射線による枯渇に耐性があり得る（例えば、耐放射性潤滑剤）。随意に、リーフ駆動機構は、ボックス内の潤滑剤が漏出しないように、密閉された筐体の中に封入されてもよい。

【００２７】

リーフ３０２の場所は、最遠位ばね３１６およびカム３０４によってリーフ３０２および／またはリーフシャフト３０８に及ぼされる押動・引動力の合計によって判定されてもよい。最遠位ばね３１６は、リーフを閉鎖構成に付勢し得る、押動力をリーフに（すなわち、図３Ａの矢印３１７によって示される方向に）印加してもよい。カム３０４および従動子３０６は、ラッチ３１０が従動子３０６をリーフシャフト３０８と係合または係止させ、カムの丸い突出物が従動子と接触する（すなわち、持上事象）ときに、引動力をリー

フに（すなわち、矢印３１９によって示される方向に）印加してもよい。矢印３１９の方向への引動力は、矢印３１７の方向への最遠位ばねの押動力を上回り、リーフを開放位置に平行移動させる正味引動力（すなわち、矢印３１９の方向への正味移動）をもたらし得る。カムが回転し、従動子がカムの丸い突出物の上にもはや乗設されなくなると、引動力が低減され、最遠位ばねの押動力が優勢になり、それによって、リーフを閉鎖位置まで平行移動させる（すなわち、矢印３１７の方向への正味移動）。従動子３０６がリーフシャフト３０８から係脱または係止解除されるように、ラッチ３１０が切り替えられるとき、リーフの移動および位置は、カム３０４によって制御されないが、代わりに最遠位ばね３１６によって閉鎖位置に付勢される。カムの継続回転は、従動子３１６を駆動し続けてもよく、その運動は、近位ばね３１８（別名空動ばね）に対して力を印加する。しかしながら、従動子３０６がリーフシャフト３０８と係合または係止されるように、いったんラッチ３１０が切り替えられると、リーフ３０２は、カムの回転および従動子の移動に従って開放位置と閉鎖位置との間で平行移動されてもよい。

【００２８】

異なるタイプのラッチが、従動子をシャフトと選択的に係合させるために使用されてもよい。ラッチ機構の一変形例が、図３Ｂ－３Ｉで描写されている。図３Ｂ－３Ｉで描写されるように、ラッチ機構３１０は、それを通る管腔３３２および管腔の内壁に沿った１つまたはそれを上回る突出またはスプライン３３４を有する、伸長管３３０と、内側リング３３６が伸長管３３０に対して回転可能である、管の管腔３３２の突出３３４に対応する１つまたはそれを上回る突出またはスプライン３３８をその外面上に伴う内側リング３３６と、内側リング３３６に接続されるアクチュエータシャフト３０９と、内側リング３３６が伸長管内で回転するように、アクチュエータシャフト３０９を回転させるように配列される、回転モータ３１２とを備えてもよい。伸長管３３０の部分切断図および伸長管の端面図が、図３Ｆ－３Ｇで描写され、内側リング３３６の斜視図が、図３Ｄで描写されている。図３Ｇで描写されるように、伸長管の管腔３３２の内面に沿った突出３３４は、半径方向に配列されてもよく、内側リング３３６の突出３３８は、対応する様式で半径方向に配列されてもよい。突出の縁は、内側リングが伸長管に対して回転するにつれて突出上の応力を軽減することに役立ち得る、曲線状または円形であり得る。随意に、潤滑剤が、内側リングの突出と伸長管との間等のラッチの構成要素の間に提供されてもよい。伸長管の管腔３３２の内面および内側リング３３６の外面上に、例えば、２、３、４、５、６、８、１０、１２、１４、２０個等の任意の数の突出３３４があってもよい。図３Ｄおよび３Ｆで描写される変形例は、１２個の突出を有する。内側リング３３６は、開放位置と閉鎖位置との間でリーフ３０２を駆動する、リーフシャフト３０８に回転可能に接続されてもよい。内側リング３３６、リーフシャフト３０８、およびラッチ機構３１０の間の接続性の一実施例が、図３Ｃ、３Ｄ、および３Ｉで描写されている。伸長管３３０は、図３Ｂで描写されるように、それに沿ってリーフシャフト３０８が平行移動する、線形経路に沿って位置する従動子の表面３３３に管３３１の遠位表面を接触させることによって、従動子３０６の一部に接続されてもよい。回転子モータ３１２によるアクチュエータシャフト３０９の回転は、内側リングの突出３３８の端面が管の管腔３３２の突出３３４の端面と整合される第１の係止構成（図３Ｈで描写される）と、内側リングの突出３３８の端面が管の管腔の突出３３４の端面と整合されない第２の係止解除構成（図３Ｉで描写される）との間でラッチ３１０を遷移させる。第２の構成では、内側リング３３６の突出３３８は、管の突出３３４の間の空間内に位置してもよい。第１の構成では、図３Ｈで描写されるように、内側リングの突出の端面と伸長管との間の対向接触は、カムが従動子を駆動するにつれてシャフトが直線的に平行移動されるように、従動子の力および移動をリーフシャフトに伝達する。従動子は、持上事象の間に枢動してもよく、その枢動は、リーフシャフトの直線運動に変換する。第２の構成では、図３Ｉで描写されるように、内側リングの突出の端面および伸長管は、もはや対面で対向接触しなくなり、伸長管の突出３３４は、内側リングの突出３３８の間の空間内で摺動可能に受容される。故に、従動子３０６の力および移動は、リーフシャフト３０８に伝達されず、伸長管は、カムが従動子を駆動するに

つれて内側リングに対して滑動する。

【００２９】

どのようにしてラッチ機構の内側リングがリーフシャフトに回転可能に結合され得るかという一変形例が、図３Ｃ－３Ｅで描写されている。図３Ｄに示されるように、プラグ３４０が、内側リング３３６の開口部３３７を通して挿入され、リーフシャフト３０８の管腔３３９の中に挿入されてもよい。プラグ３４０は、内側リング３３６がプラグ３４０の近位端３４３とリーフシャフトの近位端との間で捕捉されるように、例えば、摩擦溶接またはレーザ溶接によって、リーフシャフト３０８に固定可能に取り付けられてもよい。プラグの本体３４１の直径は、リング開口部３３７の直径未満であり得、これは、内側リングがプラグ３４０およびリーフシャフト３０８に対して回転することを可能にし得るが、プラグの広がった近位端３４３は、リーフシャフト３０８に対して内側リング３３６を捕捉する。内側リングは、例えば、図３Ｊ－Ｋで描写され、以下でさらに詳細に説明されるように、他の方法でリーフシャフトに回転可能に結合されてもよい。

【００３０】

内側リング３３６の回転は、アクチュエータシャフトを介して回転モータによって駆動されてもよい。どのようにしてアクチュエータシャフト３０９が内側リングに結合され得るかという一変形例が、図３Ｅで描写されている。そこで示されるように、アクチュエータシャフトは、管状コネクタ３４２を使用して内側リング３３６に取り付けられてもよく、管状コネクタの一方の端部（例えば、遠位端３４４）は、内側リング３３６に取り付けられ、管状コネクタの他方の端部（例えば、近位端３４６）は、アクチュエータシャフト３０９に取り付けられる。例えば、管状コネクタの管腔３４８は、管状コネクタ３４２が内側リングのカラーと摩擦嵌合され得るように、内側リング３３６および／またはプラグ３４０の近位カラーに適応するよう遠位端３４４において定寸および成形されてもよい。管状コネクタの管腔３４８は、アクチュエータシャフトを回転させることが管状コネクタを回転させ、アクチュエータシャフトが管状コネクタの内側で軸方向に摺動することができるように、管状コネクタ３４２がアクチュエータシャフトと摺動嵌合し得るように、アクチュエータシャフトの遠位端に適応するよう近位端において定寸および成形されてもよい。管状コネクタおよび内側リングは、アクチュエータシャフトによる管状コネクタの回転が内側リングの対応する回転を引き起こすように結合されてもよい。いくつかの変形例では、管状コネクタおよび内側リングは、リーフシャフトおよびプラグに対して回転可能である。

【００３１】

管状コネクタ３４２は、伸長管３３０の管腔３３２の内側でアクチュエータシャフト３０９を内側リング３３６に取り付けてもよい。管状コネクタ３４２のいくつかの変形例は、伸長管３３０に対してその回転配向を保定することに役立ち得る、特徴を備えてもよい。例えば、図３Ｆで描写されるように、伸長管３３０の内面は、第１の突出のセット３３４（すなわち、内側リング３３６の突出と対応する突出３３４）の近位に第２の突出またはスプラインのセット３５０を備えてもよく、管状コネクタ３４２の外面は、第２の突出のセット３５０に対応する１つまたはそれを上回る突出３５２を備えてもよい。伸長管の管腔の内面上および管状コネクタの外面上に、例えば、２、３、４、５、６、８、１０、１２、１４、２０個等の任意の数の突出があってもよい。図３Ｄおよび３Ｆで描写される変形例は、６個の突出を有する。これらの突出またはスプラインは、アクチュエータシャフト３０９が、第１の構成（すなわち、リーフシャフトの運動が従動子の運動に係止される）と第２の構成（すなわち、リーフシャフトの運動が従動子の運動に係止されない）との間でラッチ機構を遷移させるように内側リング３３６を回転させるにつれて、回転停止部として作用してもよい。管状コネクタ３４２の外面上の突出３５２は、管状コネクタの突出３５２が伸長管３３０の突出３５０に対して第１の回転位置にあるときに、ラッチが第１の係止構成であり、突出３５２が突出３５０に対して第２の回転位置にあるときに、ラッチが第２の係止解除構成であるように、図３Ｅ、３Ｈ、３Ｉで描写されるように、内側リング３３６の外面上の突出３３８から角度オフセットされてもよい。回転位置は、突

出３５２が突出３５０の間の空間内に位置し、逆も同様である位置である。すなわち、第１の回転位置では、内側リングの突出３３８の端面は、管の管腔３３２の突出３３４の端面と整合される（例えば、突出３３８は、図３Ｈで描写されるように突出３３４に当接する）。第２の回転位置では、内側リングの突出３３８の端面は、管の管腔３３２の突出３３４の端面と整合されない（例えば、突出３３８は、代わりに、図３Ｉで描写されるように突出３３４の間の空間内に位置する）。使用中に、管状コネクタ３４２は、第１の係止構成から第２の係止解除構成にラッチを遷移させるように第１の方向（例えば、時計回り）に回転され、第２の係止解除構成から第１の係止構成にラッチを遷移させるように第１の方向と反対の第２の方向（例えば、反時計回り）に回転されてもよい。代替として、いくつかの変形例では、管状コネクタ３４２は、第１の係止構成と第２の係止解除構成との間でラッチを遷移させるように単一の方向に回転されてもよく、各回転停止部は、ラッチを遷移させる（すなわち、１つおきの回転停止部は、第１の係止構成に対応し、残りの他の回転停止部は、第２の係止解除構成に対応する）。

【００３２】

進行角（すなわち、係止構成から係止解除構成まで移動するために必要とされる回転角）は、少なくとも部分的に、第１の突出のセットの数およびサイズに依存し得る。例えば、伸長管３３０の第１の突出のセット３３４は、１２個の突出を備えてもよく、各突出は、約１５度の角度掃引を占有し、突出の間の空間は、約１５度の角度掃引を占有する。本突出の間隔は、内側リング３３６の突出３３８にとって同一となり、進行角は、これが、（第１の係止状態に対応して）突出３３４との整合から突出３３８を移動させ、突出３３８が突出３３４の間の空間と整合し、したがって、（第２の係止解除状態に対応して）軸方向に摺動するように、突出３３４と一致するために要求される角度であるため、１５度であろう。管状コネクタ３４２の突出３５２と対応する、伸長管３３０の第２の突出のセット３５２は、管状コネクタ３４２が進行角を通して伸長管３３０に対して回転されることができるように、第１の突出のセット３３４の角度掃引と異なる角度掃引を有してもよい。例えば、第２の突出のセットは、４５度の突出の間の空間とともに１５度の角度掃引を有する、６つの突出３５０を有してもよいが、管状コネクタ３４２上の突出３５２は、３０度の突出の間の空間とともに３０度の角度掃引を有してもよい。管状コネクタ３４２上の突出３５２は、伸長管３３０上の突出３５０と軸方向に整合され、それと同一の角度掃引を有するであろう。管状コネクタ３４２上の突出３５２は、内側リング３３６の突出３３８から２２．５度だけ（中心から中心まで）オフセットされる。突出３５２は、突出３５０の間の空間内に嵌合し、したがって、進行角の４５－３０＝１５度を通して回転することができる。突出３５２が近隣／隣接突出３５０と接触するように１つの突出３５０との接触から移動する、本回転は、突出３３８および突出３３４の整合または一致、したがって、係止構成と係止解除構成との間の遷移を引き起こす。これらの遷移を生じさせる回転は、その時初めて突出３３４および突出３３８が相互から軸方向に変位されるため、カム回転の基礎円部分の間に起こり得る。

【００３３】

アクチュエータシャフト、ラッチ、およびリーフシャフトの間の結合の別の変形例が、図３Ｊ－３Ｋで描写されている。そこで描写されるように、中心管腔３７３を伴う単一の管状コネクタ３７０があってもよく、管腔の遠位端は、リーフシャフト３７６と結合するように構成され、管腔の近位端は、アクチュエータシャフト３７８と結合するように構成される。管状コネクタ３７０は、以前に説明されたように伸長管３３０に類似し得る、伸長管３７１の管腔内に位置してもよい。管状コネクタ３７０は、第２の突出のセット３７４の遠位にある第１の突出のセット３７２を備えてもよく、第１の突出のセット３７２は、内側リングの突出３３８に類似し得、第２の突出のセット３７４は、管状コネクタの突出３５２に類似し得る。伸長管３７０はまた、前の変形例の伸長管３３０のように、管状コネクタの第１の突出のセット３７２と対応する（例えば、それを補完する）第１の突出のセットと、第２の突出のセット３７４と対応する（例えば、それを補完する）第２の突出のセットとを備えてもよい。管状コネクタ３７０は、管腔３７３の近位部分に陥凹また

は溝状領域３８０を備えてもよく、その陥凹は、管状コネクタがリーフシャフトに対して回転可能であるが、リーフシャフトに対して軸方向に（例えば、側方に）移動しないように、リーフシャフト３７６を軸方向に保定する停止部を伴って構成される。例えば、管状コネクタ３７０およびリーフシャフト３７６は、ねじ山付きインターフェースを使用して結合されてもよい。ねじ山付きインターフェースは、管状コネクタの回転中にリーフシャフト３７６に対する管状コネクタ３７０のわずかな軸方向平行移動を可能にし得る。このわずかな平行移動は、平行移動がそれ自体で遠位突出３７２および伸長管上のそれらの相補的突出に係合または係脱しないことを確実にするよう、伸長管３７０内の軸方向間隙を適切に定寸することによって可能にされることができる。図３Ｂ－Ｉで描写される前の変形例と異なり、本変形例は、より少ない別個の部品を有し、部品を溶接する、または別様に堅く継合する必要性を回避し、製造および組立プロセスを単純化することに役立ち得る。

【００３４】

いくつかの変形例では、ラッチ機構が第１の係止構成と第２の係止構成との間で遷移するために要する時間を短縮することが望ましくあり得る。例えば、ラッチが基礎円持続時間で第１の構成から第２の構成に切り替わること、および／または約１０ミリ秒未満、例えば、約１ミリ秒未満で切り替わることが望ましくあり得る。いくつかの変形例では、カムおよび従動子リーフ駆動機構用の高速選択的切替可能ラッチ機構は、ソレノイドが持上事象中に移動することを可能にし、螺旋ねじりばねを装荷するように構成され得る、ねじりばねアセンブリを有してもよく、次いで、基礎円持続時間（カムおよび従動子サイクルの非運動周期）中に、ねじりばねは、管状コネクタの回転運動を引き起こし得る。回転ラッチのわずかな回転慣性に起因して、螺旋ねじりばねが、１ミリ秒未満で掛止または掛止解除運動を引き起こし得る一方で、最速電気機械デバイスは、１ミリ秒未満で同一の回転慣性を伴う同一の回転運動を行うことができない。ラッチを係合または係脱する持続時間を短縮することは、シャフトの運動のための持続時間を増加させる。いくつかの変形例では、ねじりばねアセンブリは、１０ミリ秒未満でラッチを切り替えてもよく、ラッチが５０Ｈｚを上回る周波数で動作することを可能にし得る。ラッチの切替速度を増加させることに役立ち得る、ねじりばねアセンブリの一変形例が、図３Ｌで描写されている。そこで示されるように、ねじりばねアセンブリ４００は、近位停止部品４０２と、中央停止部品４０４と、遠位停止部品４０６と、近位停止部品４０２と中央停止部品４０４との間に位置する第１のねじりばね４０８と、遠位停止部品４０６と中央停止部品４０４との間に位置する第２のねじりばね４１０とを備えてもよい。近位、中央、および遠位停止部品はそれぞれ、開口部（４０３ａ、ｂ、ｃ）を備えてもよく、停止部品の全ての開口部および第１および第２のねじりばね４０８、４１０の開口部（４０５ａ、ｂ）がアクチュエータシャフト４１３（図３Ａ－Ｂで描写されるアクチュエータシャフト３０９と同様に配列され得る）と整合させられ、それと同軸であり得るように、配列される。中央停止部品４０４は、近位停止部品４０２の開口部４０３ａと嵌合するように構成される近位側の第１のリップまたはカラー４１４ａと、遠位停止部品４０６の開口部４０３ｃと嵌合するように構成される遠位側の第２のリップまたはカラー４１４ｂとを有してもよい。近位停止部品４０２の開口部４０３ａは、ソレノイドシャフト４１６が近位停止部品４０２に結合されるように、ソレノイドまたは回転アクチュエータ４１２のソレノイドシャフト４１６と嵌合するように定寸および成形されてもよい。近位停止部品４０２は、中央停止部品４０４の近位表面上の１つまたはそれを上回る突出または回転停止特徴と対応する、１つまたはそれを上回る突出または回転停止特徴を有してもよい。遠位停止部品の開口部４０３ｃは、アクチュエータシャフトが遠位停止部品４０６に結合されるように、アクチュエータシャフト４１３と嵌合するように定寸および成形されてもよい。遠位停止部品４０６は、中央停止部品４０４の遠位表面上の１つまたはそれを上回る突出または回転停止特徴と対応する、１つまたはそれを上回る突出または回転停止特徴を有してもよい。アクチュエータシャフト４１３は、遠位停止部品４０６を通って延在してもよく、かつそれに結合されてもよく、中央停止部品４０４内の開口部４０３ｂは、中央停止部品４０４がアクチュエータ

シャフト４１３上で自由に回転することができるように、アクチュエータシャフト４１３と嵌合するように定寸および成形されてもよい。アクチュエータシャフト４１３は、中央停止部品４０４を通って延在してもよく、近位停止部品４０２上の開口部４０３ａは、ソレノイドシャフト４１６に結合される近位停止部品４０２が、アクチュエータシャフト４１３上で自由に回転することができるように、アクチュエータシャフト４１３に嵌合するように定寸および成形されてもよい。カム持上事象の間の回転アクチュエータ４１２によるソレノイドシャフト４１６の回転は、第１のねじりばね４０８を装荷し、中央停止部品４０４の回転停止特徴が遠位停止部品４０８の回転停止特徴に係合し、それとアクチュエータシャフト４１３とを回転させるように、中央停止部品４０４の回転を引き起こすことによって、カム基礎サイクル持続時間中に第１の構成から第２の構成への内側リングの切替を推進させてもよい。カム持上事象の間の反対方向への回転アクチュエータ４１２によるソレノイドシャフト４１６の回転は、近位停止部品４０２および中央停止部品４０４の回転停止特徴を係合させ、中央停止部品４０４を回転させ、第２のねじりばね４１０を装荷させてもよい。これは、遠位停止部品４０６および結合されたアクチュエータシャフトを回転させることによって、第２のねじりばね４１０に第２の構成から第１の構成への内側リングの切替を推進させてもよい。カム持上事象の間に起こる回転アクチュエータ／モータ４１２の運動は、ねじりばねのうちの少なくとも１つを「装荷させ」（すなわち、ポテンシャルエネルギーを保定させ）てもよい。保定されたポテンシャルエネルギーは、次いで、一方の構成から他方の構成にラッチを迅速に切り替えるために放出される。理解されることができるように、カム持上事象の間に、内側リング３３６および伸長管３３０上のスプライン３３８および３３４の端面は、個別に、（ａ）並んで、矢印３１９の方向（開放）にリーフを移動させるように相互を押動しているか、または（ｂ）「一致」または交互配置され、ばね３１６がリーフを閉鎖位置に戻すとともに、全てのカム運動を再開するように相互を通り過ぎて伸縮式に摺動しているかのいずれかであろう。ねじりばねアセンブリのねじりばねは、回転アクチュエータ３１２／４１２が前進し始めることを可能にし得る一方で、カムは、次の基礎円事象の間の次の状態遷移に備えるように、依然として持上事象にある。これらのねじりばねは、持上事象の間に「装荷」し、ラッチ上にトルクを蓄積する。トルクは、（ａ）スプライン上に過剰な摩擦があり得るため回転を可能にすることができないか、または（ｂ）スプラインの噛み合いが回転を妨げ得るかのいずれかであるため、持上事象の間にラッチを移動させることができない。しかしラッチが装荷解除され、スプラインが軸方向に分離するとすぐに、ばねは、ラッチを新しい構成に留めることができる。したがって、ねじりばねアセンブリは、回転アクチュエータがエネルギーをシステムの中へ追加し、カムの基礎円持続時間によって可能にされる非常に短い時間でラッチ遷移を実行するための時間を延長することに役立ち得る。ねじりばねはまた、非常に短い基礎円、したがって、持上事象に専念したさらなるカム角を可能にし得、より円滑な持上事象加速をもたらし得る。

【００３５】

カムベースのリーフ駆動機構の本変形例の動作は、カム、回転アクチュエータ、内側リング部材の回転位置、およびねじりばねアセンブリのばねの間の相互作用を示す、タイミング図の一変形例である、図３Ｍを参照することによって、さらに説明されることができる。本変形例では、リーフ遷移時間（例えば、リーフが第１の係止構成から第２の係止解除構成に遷移するために、または逆に遷移するために要する時間）は、約８ミリ秒であってもよく、リーフが開放位置に留まり得る時間は、約２ミリ秒であってもよい（例えば、これは、カムの滞留時間に対応し得る）。図３Ｍのタイミング図は、リーフが時点t_1までに開放位置にあり、これが持上事象Ｌ２の間に起こるように、（例えば、ラッチが１つだけの持上事象のために係止される）１０ミリ秒周期内で係止解除構成から係止構成へ、そして係止解除構成に戻るラッチの遷移につながる、一連の事象を図示する。第１の行は、カムが回転するにつれて持上事象が起こり、カムの基礎円からカムの丸い突出物まで上に移動するにつれて従動子を０ｍｍ～９ｍｍ平行移動させる、連続的回転カムの循環回転を表す。基礎円持続時間は、従動子が基礎円半径に沿って乗設されている時間であり、か

つラッチが係止構成と係止解除構成との間でより容易に遷移することができる時間である。本実施例では、基礎円持続時間は、約１．５ミリ秒である。標的持上事象Ｌ２に先立った持上事象Ｌ１の間に、回転アクチュエータまたはソレノイドは、タイミング図の第２の行で描写されるように、第１の方向に１５度またはそれを上回ってソレノイドシャフトを回転させ始めてもよい。ソレノイドシャフトが第１の方向に回転すると、ねじりばねＡ（例えば、近位ねじりばね４０８）は、ポテンシャルエネルギーがばねの中に貯蔵されるように、「装荷」されてもよい。ねじりばねＡは、内側リングおよび伸長管のスプラインの間の摩擦力またはスプラインの交互配置に起因して、貯蔵されたポテンシャルエネルギーを放出することを妨げられ得る。いったんカムが持上事象Ｌ１を通して回転し、時点t_2において基礎サイクル持続時間を開始すると、内側リングおよび伸長管のスプラインは、もはや接触しなくなり（例えば、それらの間の摩擦がゼロである、またはもはや一致または相互配置されていない）、ねじりばねＡ内の貯蔵されたポテンシャルエネルギーは、放出されてもよく、それによって、タイミング図の第３の行で描写されるように、アクチュエータシャフトを回転させ、（０度における）係止解除構成から（１５度における）係止構成にラッチを遷移させる。本遷移は、１．５ミリ秒以内、例えば、約０．５ミリ秒～約０．８ミリ秒で起こってもよい。いったんラッチが係止構成になると、リーフシャフトは、持上事象Ｌ２の間に、時点t_1まで、リーフが開放位置にあり得るように、カムおよび従動子と協調して移動する。持上事象Ｌ３によって係止解除構成に戻るようにラッチを遷移させるために、ソレノイドは、タイミング図の第２の行の中で負の傾きとして描写される、持上事象Ｌ２の間に第１の方向と反対の第２の方向に回転し始めてもよい。本回転は、ポテンシャルエネルギーがばねの中に貯蔵されるように、ねじりばねＢ（例えば、遠位ばね４１０）を装荷してもよい。いったんカムが持上事象Ｌ２を通して回転し、時点t_3で基礎サイクル持続時間を開始すると、ねじりばねＢの中の貯蔵されたポテンシャルエネルギーが放出されてもよく、それによって、タイミング図の第３の行の中の負の傾きとして描写される、アクチュエータシャフトを回転させ、（１５度における）係止構成から（０度における）係止解除構成にラッチを遷移させる。本遷移は、１．５ミリ秒以内、例えば、約０．５ミリ秒～約０．８ミリ秒で起こってもよい。

【００３６】

開放構成でリーフを保定するために使用され得る、カムベースのアクチュエータの一変形例は、それぞれが駆動する従動子の移動が相互と位相をずらすようにオフセットされる、丸い突出物を有する、２つのカムを備えてもよい。すなわち、第１の従動子が第１のカムの丸い突出物の上に乗設されているとき、第２の従動子は、第２のカムの丸い突出物の上に乗設されておらず、逆も同様である。例えば、開放位置と閉鎖位置との間でリーフを遷移させるために使用されるカムベースの駆動機構は、２つの丸い突出物および対応する第１の従動子を有する、第１のカムと、第２のカムの丸い突出物が第１のカムの丸い突出物から９０度オフセットされる、２つの丸い突出物および対応する第２の従動子を有する、第２のカムと、第１の従動子または第２の従動子のいずれかをリーフシャフトに選択的に接続する、複数のラッチ機構とを備えてもよい。各カムは、２つのカムのうちの一方が、リーフのための原動力を提供するために利用されるであろう、ガントリのための所与の発射位置において閉鎖から開放にリーフを遷移させるよう、そして他方のカムが利用されるであろう、近隣発射位置において閉鎖から開放にリーフを遷移させるよう、１つおきの発射位置においてリーフを開放することを支援する。開放位置でリーフを保定するために、上部ラッチは、リーフが接続されるシャフトを保持するように係合され、両方のカムラッチは、係脱される。リーフを移動させるために、一方のカムの滞留時間が終了すると、リーフシャフトがその従動子から係脱され、他方のカムの滞留時間が開始すると他方の従動子に係合されるように、リーフは、カムのそれぞれの滞留時間（すなわち、カムの丸い突出物が従動子に接触しているときの持続時間）中に第１のカムおよび従動子および第２のカムおよび従動子に交互に接続されてもよい。そのようなカムベースの駆動機構の一実施例が、図４で描写されている。カムベースの駆動機構４５０の本変形例は、２つの丸い突出物を有する第１のカム４５２と、第１のカム４５２と接触している第１の従動子４５

４と、２つの丸い突出物が第１のカム４５２の丸い突出物に対して９０度オフセットされるように位置付けられる２つの丸い突出物を有する、第２のカム４５６と、第２のカム４５６と接触している第２の従動子４５８と、第１の従動子４５４をリーフシャフト４５１と選択的に係合させる第１のラッチ４６０と、第２の従動子４５８をリーフシャフト４５１に選択的に係合させる第２のラッチ４６２とを備える。随意に、カムベースのリーフ駆動機構４５０は、第１のラッチ４６０に隣接して位置する第１のシャフトガイド４５３と、第２のラッチ４６２に隣接して位置する第２のシャフトガイド４５５とを備えてもよい。カムベースの駆動機構はまた、従動子がリーフシャフトと係合される第１の構成と、従動子がリーフシャフトから係脱される第２の構成との間で個別に第１のラッチおよび第２のラッチを遷移させるようにそれぞれ構成される、第１の回転アクチュエータ４７０と、第２の回転アクチュエータ４７２とを備えてもよい。カム、従動子、ラッチ、ねじりばねアセンブリ、および回転アクチュエータの構造は、上記で説明される、対応する構成要素に類似し得る。第１および第２の回転アクチュエータは、第１のラッチが第１の構成であるか、または第２のラッチが第１の構成であるかのいずれかであるが、両方ではないように、（例えば、コントローラソフトウェアを使用して）制御されてもよい。随意に、いくつかの変形例では、第３のラッチ４７４および第３の回転アクチュエータ４７６は、１つだけのカム／従動子ペアが一度にリーフシャフトを駆動することを確実にすることに役立ち得る。

【００３７】

カムベースのリーフ駆動機構（および本明細書に説明されるリーフ駆動機構のうちのいずれか）は、リーフ自体よりも幅が広くあり得る。例えば、カムベースのリーフ駆動機構が、約４ｍｍ～約６ｍｍの幅を有してもよい一方で、リーフの幅は、約１ｍｍ～約２ｍｍであってもよい。したがって、リーフの間に空間を殆どまたは全く伴わずに、相互に隣接するようにリーフを配列する際に、リーフを駆動する駆動機構を収容するために十分な空間がないであろうため、そのようにすることは困難であり得る。マルチリーフコリメータのいくつかの変形例は、作動が近隣リーフのための異なる点に（すなわち、リーフの質量中心に沿わずに）印加されるように、マルチリーフコリメータの両側からリーフを作動させ、駆動機構を垂直に交互配列するように構成されてもよい。しかしながら、本明細書に説明されるリーフ運動の速い速度では、リーフ上で不要なモーメントを誘発しないよう、リーフの質量中心において、またはその近傍で（例えば、正確にそれに沿って）各リーフを作動させることが役立ち得る、または望ましくあり得る。そのようなモーメントは、発振モードまたは振動を引き起こすことができる、またはリーフガイドにおいて結合を引き起こすことができる。図５は、コリメータリーフが相互に隣接し得、各リーフの質量中心を通して作動を提供しながら、リーフアクチュエータのそれぞれを収容することができるように、６４個のリーフがパッケージ化され得る、一変形例を描写する。コリメータアセンブリ５００は、第１のリーフ５０２と、第１のリーフに隣接する第２のリーフ５０４と、第２のリーフに隣接する第３のリーフ５０６とを備えてもよい。第１のリーフ５０２の移動は、第１のアクチュエータ５０３によって駆動されてもよく、第２のリーフ５０４の移動は、第２のアクチュエータ５０５によって駆動されてもよい。第１のアクチュエータ５０３が、片側（例えば、左側）にあってもよい一方で、第２のアクチュエータ５０５は、反対側（例えば、右側）にあってもよい。第１および第２のアクチュエータおよび第１および第２のリーフは両方とも、同一の垂直高または場所にあってもよい（すなわち、第１および第２のリーフの最上部が整合されてもよい）。第３のリーフ５０６は、第１および第２のリーフと異なる垂直高または場所にあってもよく、かつ第３のアクチュエータ５０７によって駆動されてもよい。第３のアクチュエータ５０７は、第１のアクチュエータ５０３と同一側（例えば、左側）にあってもよいが、異なる垂直高または場所（例えば、図５で描写されるように、第１のアクチュエータ５０３より低い）にあってもよい。第４のリーフ（描写せず）は、第３のリーフ５０６と同一の垂直高にあり、第３のアクチュエータ５０７と反対側（例えば、右側）に位置する第４のアクチュエータによって駆動されてもよい。図５で描写されるように、垂直方向に（すなわち、放射線ビーム経路に沿って

、またはそれと平行に）駆動機構を交互配列またはオフセットすることに加えて、リーフ自体はまた、垂直方向に交互配列またはオフセットされてもよい。すなわち、累積的に６４個のリーフにわたって、リーフは、第１および第２のリーフが第１の垂直場所にあり得る、第３および第４のリーフが第１の垂直場所よりも低い第２の垂直場所にあり得る、第５および第６のリーフが第１の垂直場所にあり得る、第７および第８のリーフが第２の垂直場所にあり得る等であるように、オフセットされてもよい（例えば、リーフの垂直高は、最初の８個のリーフが、高、高、低、低、高、高、低、低等になるように交互配列されるであろう）。それを横断してリーフが交互配列され得る、任意の数の垂直位置があってもよい。コリメータの同一側から生じる１つおきのリーフは、より高い垂直位置にあってもよく、コリメータの同一側からから生じる１つおきのリーフは、より低い垂直位置にあってもよく、これは、垂直方向にリーフの質量中心を同様に偏移させ得る。各リーフの質量中心を通してリーフを駆動するために、駆動機構は、同様に垂直に偏移されてもよい。リーフおよびリーフ駆動機構へのそのような垂直偏移は、駆動機構の幅に適応するために十分な水平空間を提供してもよい。図５は、カムベースの駆動機構を備えるコリメータを描写するが、本配列は、本明細書に開示されるリーフ駆動機構のうちのいずれかとともに使用され得ることを理解されたい。

【００３８】

図５および他の図面で本明細書に描写されるコリメータリーフは、リーフのそれぞれの上縁が、放射線源からの放射線ビーム経路と略直交するように、相互と同一であり、かつ直線的に配列されるものとして描写される。そのような配列では、リーフは、放射線源から等距離ではない場合がある。放射線が、典型的には、点またはスポット源（線形加速器標的）から発散するため、リーフのそれぞれの深度（すなわち、放射線ビームの方向と概して整合される寸法）およびリーフのそれぞれの幅（すなわち、放射線ビームの方向に略直交する寸法）は、放射線源に対するリーフの場所に応じて、コリメータを横断して変動し得る。例えば、コリメータリーフは、平行辺がリーフの上面および底面である、（側面から視認されるときに）非対称形状を有してもよい。リーフの上縁の全長は、図６Ａで描写されるように、リーフの底縁の全長よりも小さくあり得る。リーフのそれぞれの幅は、ガントリボアの異なる領域中の放射線のより粗いまたはより精密な送達を可能にするように、コリメータの中心よりもコリメータの左側および右側でより厚くまたはより薄くあり得る。

【００３９】

他の変形例では、コリメータリーフは、各リーフが放射線源から等距離であるように配列されてもよい。例えば、コリメータリーフは、図６Ｂで描写されるように、ビーム経路に対して弧または曲線を形成してもよい。リーフはそれぞれ、実質的に対称な台形（例えば、二等辺台形）であってもよく、かつ変動する深度および幅を有してもよい。

【００４０】

リーフの変動する幾何学形状（例えば、非対称または対称台形リーフ）を用いると、リーフ駆動機構をともに嵌合することができるように上記で説明される様式でリーフの位置を効果的に垂直に交互配列する一方で、また、リーフを相互に並置して保ち、その質量中心において駆動機構にリーフを駆動させることは、困難であり得る。これらの問題に対処し得る、リーフおよびリーフ駆動機構の配列の一変形例は、底部基礎部分６０４が上部基礎部分６０６よりも幅が広い（すなわち、大規模である）、リーフ６０１（例えば、放射線不透過性材料で作製される、および／または放射線ビーム経路に進入する、リーフアセンブリの一部）を備える、台形リーフアセンブリ６０２の側面概略図を描写する、図６Ｃで概略的に描写されている。台形状のリーフがここで説明されるが、リーフは、任意の望ましい幾何学形状を有し得、そのうちのいくつかは、それらの質量中心をリーフの幾何学的中心または対称軸に位置させる場合もあり、させない場合もあることを理解されたい。図６Ｃに示されるように、リーフ駆動機構６００（例えば、本明細書に説明される機構のうちのいずれか）は、リーフシャフト６０８を介して、その質量中心に沿ってリーフを直線的に平行移動させてもよい。リーフの質量中心は、リーフの形状に応じて変動し得、あ

る場合には、リーフの幾何学的中心にない場合がある。例えば、台形リーフ６０２は、長方形リーフよりも低い（例えば、底縁に近い）質量中心を有してもよい。特定の質量を有する重り６１０は、質量中心の場所を調節するように、リーフおよび／またはリーフに取り付けられたフレームまたは支持構造上の種々の場所に配置されてもよい。例えば、重り６１０は、幾何学的中心６１２またはリーフの上部基礎部分により近いように、質量中心の場所を上昇させるために、台形リーフ６０２上により高く配置されてもよい。シャフトがリーフに接続する場所、したがって、リーフ駆動機構がリーフを駆動する場所は、１つまたはそれを上回る重り６１０の追加によって調節され得る、質量中心の場所に従って変動し得る。重り６１０は、リーフの放射線透過性領域上に位置してもよいが、重り６１０はまた、図６Ｄに示されるように、リーフの放射線不透過性領域上に位置してもよい。図６Ｄは、本明細書に説明されるリーフ駆動機構のうちのいずれかであり得る、リーフアクチュエータ６２０にシャフト６２８によって接続された台形リーフ６２２を描写する。リーフ６２２の上部に向かって質量中心を調節することに役立ち得る、重り６１０が、リーフの放射線不透過性部分上に含まれてもよい。代替として、または加えて、リーフおよび／またはリーフアセンブリの部分は、質量中心の位置を調節するように、切断または空洞化されてもよい。マルチリーフコリメータの異なる形状のリーフの質量中心の場所は、変動し得、アクチュエータの場所はまた、それらが垂直に交互配列されるように変動し得る。アクチュエータを垂直に交互配列することは、リーフのアレイを駆動するアクチュエータのアレイを十分に収容するように、水平方向により多くの空間を提供してもよい。

【００４１】

放射線療法システム（例えば、図１の放出誘導型放射線療法システム）に含まれるコリメータのリーフ駆動機構のいくつかの変形例は、開放位置と閉鎖位置との間でリーフを遷移させる１つまたはそれを上回るばねを備える、ばねシステムを備えてもよい。随意に、リーフ駆動機構はさらに、掛止機構を含み得る、アクチュエータシステムを備えてもよい。いくつかの変形例では、ばねベースのリーフ駆動機構は、リーフに接続される１つまたはそれを上回るばねと、閉鎖位置または開放構成でリーフを保定するラッチとを備える、ばねシステムを備えてもよい。１つまたはそれを上回るばねは、定常フレームおよび可動質量の両方に結合されてもよい、定常フレームおよび可動質量のうちの１つのみに結合されてもよい、または単純に定常フレームと可動質量との間に位置付けられてもよい。いくつかのばねシステムは、ばね共振器を備えてもよい。所望に応じて、異なるタイプのばね、例えば、コイルばね、ねじりばね、トーションバー、板ばね、固定要素、および同等物が使用されてもよい。非線形または段階的線形ばね定数を伴うばねはまた、純正弦曲線以外の運動プロファイルを実装するために利用されてもよい。複数のばねが、リーフを移動させるために十分な力を生成するために並行して使用されてもよい。ばねベースのリーフ作動システムは、リーフを捕捉して所望の位置で（例えば、開放位置、閉鎖位置、リーフ速度がゼロである位置、ポテンシャルエネルギーの最大量がばねの中に貯蔵される位置等で）保定するために、ブレーキまたはラッチを備えてもよい。代替として、または加えて、駆動機構は、ばねが動いている間に、ばねシステムによって提供される主要原動力を増強し得る「ブースタ」力を追加するように、１つまたはそれを上回るばねに結合される（例えば、２つの対向ばねの間に配置される移動質量に結合される、および／またはばねが定常支持体に取り付けられる場所の近傍のばねに結合される）アクチュエータシステムを備えてもよい。アクチュエータシステムは、空気圧式アクチュエータ、電気モータ（スロット付き連結機構を伴う、または伴わない）、電磁ボイスコイル、平面アクチュエータ等を含むが、それらに限定されない、本明細書に説明されるアクチュエータのうちのいずれかを備えてもよい。好適なアクチュエータの実施例は、線形または回転アクチュエータを含んでもよく、かつ伝達機構、例えば、ラックアンドピニオンに結合される回転アクチュエータ等に結合されてもよい。アクチュエータシステムは、随意に、１つのユニットまたは構造に合体され得る、アクチュエータおよびブレーキ／ラッチを備えてもよい。摩擦に起因して失われるエネルギーを回復させることに加えて、アクチュエータシステムはまた、所望の運動振幅が達成されるまで共振周波数においてばね共振器を励起させることによ

って、無通電状態（リーフが進行中心において静止しているとき）からシステムを始動させるために使用され得る。アクチュエータは、ばねの搭載点に結合されてもよく、かつばねを圧縮または延在させることによって、エネルギーを追加するように構成されてもよい。代替として、または加えて、アクチュエータおよび／またはラッチは、リーフに結合されてもよい。

【００４２】

一変形例では、放射線療法システムで使用するためのコリメータのばねベースのリーフ駆動機構は、支持体と、ばねが力をリーフに印加して開放位置と閉鎖位置との間でリーフを平行移動させるように、リーフと支持体との間に取り付けられた１つまたはそれを上回るばねと、所望の位置でリーフを捕捉するように構成されるラッチとを備えてもよい。リーフベースのリーフ駆動機構の一変形例が、図７Ａ－７Ｂで描写されている。リーフ７００は、ばねの一方の端部が定常支持体７０４に取り付けられ、ばねの他方の端部がリーフ７００に取り付けられる、１つまたはそれを上回るばね７０２を備える、ばねベースの駆動機構に取り付けられる。ばねベースの駆動機構はまた、ラッチまたは摩擦ブレーキ７０６を備えてもよい。図７Ａおよび７Ｂで描写される変形例では、１つまたはそれを上回るばね７０２は、リーフ７００が開放位置（図７Ａ）または閉鎖位置（図７Ｂ）まで移動されるように、力を印加してもよい。ラッチ７０６は、リーフ７００を捕捉して開放または閉鎖位置でそれを保定し、それによって、１つまたはそれを上回るばね７０２の中でポテンシャルエネルギーを保定するように構成されてもよい。１つまたはそれを上回るばね７０２は、各ばねが圧縮および延在の両方で使用される、４つのばねを備えるものとして示され、描写されているが、そのようなばね機構は、任意の数のばね、例えば、１、２、３、４、５、６、７、８、１０、１２個等のばねを有してもよい。ばねは、全て同一のばね定数を有してもよい、またはそれぞれ異なるばね定数を有してもよい。ばねは、圧縮および延在の任意の組み合わせで使用されてもよい。例えば、１つまたはそれを上回るばね７０２は、圧縮および延在の両方で力をリーフ７００に印加してもよい。１つまたはそれを上回るばね７０２は、ばねがある閾値を超えて圧縮されるときに、圧縮からばねを解放することがばねを延在させるように、ポテンシャルエネルギーがばねの中に貯蔵され、ばねが閾値を超えて延在または伸張されるときに、延在からばねを解放することがばねを圧縮させるように、ポテンシャルエネルギーがばねの中に貯蔵されるように、構成されてもよい。本閾値点の周囲でばね７０２を動作せることによって、十分なばね力（摩擦がない）が、開放位置と閉鎖位置との間でリーフ７００を遷移させるように印加される。摩擦に起因するエネルギーの損失を補償するために、ばねベースのリーフ駆動機構は、エネルギーをばねシステムに追加するように構成される、アクチュエータまたはモータを備えてもよい。例えば、アクチュエータは、付加的圧縮または延在力をばねに印加し、定常状態からばね移動を開始し、および／または摩擦または他のエネルギー損失機構に起因してばねシステムにおいて失われるエネルギーを補充するように、ばねに結合されてもよい。いくつかの変形例では、ラッチ７０６は、ばねの中に貯蔵されるポテンシャルエネルギーが最大値である、および／またはばねの中に貯蔵されるポテンシャルエネルギーが最小値（すなわち、ゼロ）であるときの位置で、および／またはその間の任意の点（すなわち、ばねの中のエネルギーの一部が、ポテンシャルエネルギーとしてばねの中に貯蔵され、エネルギーの一部が、非ゼロ速度でばねを移動させる運動エネルギーとして放出される）で、リーフ７００を保定するように構成されてもよい。例えば、ラッチは、リーフが極値にあり、ばね速度がゼロであるときに、リーフを捕捉して保定するように成されてもよい、および／またはリーフが極値になく、ばね速度がゼロではないときに、リーフを捕捉して保定するように構成されてもよい。

【００４３】

リーフ駆動機構のいくつかのばねシステムは、２つの対向ばねのセットを備えてもよく、対向ばねは、可動質量の反対側に取り付けられ、ばねの間の質量の共振運動は、開放位置と閉鎖位置との間でリーフを駆動してもよい。いくつかの変形例では、ばねシステムは、開放位置に向かって第１の方向にリーフを移動させる力を質量に印加し得る、第１のば

ね（またはばねのセット）と、第１の方向と反対の第２の方向にリーフを移動させる力を質量に印加し得る、第２のばね（またはばねのセット）とを備えてもよく、第２の方向は、閉鎖位置に向かっている。１つまたはそれを上回るラッチは、リーフ（および／または付加的質量および／またはリーフが取り付けられる支持フレーム）が捕捉され、開放位置および／または閉鎖位置で保定されるように、位置してもよい。例えば、リーフが開放位置にあるように可動質量を捕捉して保定することが可能であるように、第１のラッチが位置してもよく、リーフが閉鎖位置にあるように可動質量を捕捉して保定することが可能であるように、第２のラッチが位置してもよい。いくつかの変形例では、ラッチは、ばねの中に貯蔵されるポテンシャルエネルギーが最大値である、および／またはばねの中に貯蔵されるポテンシャルエネルギーが最小値（すなわち、ゼロ）であるときの位置で、および／またはその間の任意の点で、可動質量を保定するように構成されてもよい。例えば、ラッチは、リーフが極値にあり、速度がゼロであるときに、可動質量を捕捉して保定するように構成されてもよい、および／またはリーフが極値になく、速度がゼロではないときに、リーフを捕捉して保定するように構成されてもよい。

【００４４】

代替として、または加えて、コリメータのいくつかのばねベースのリーフ駆動機構は、ばねのうちの少なくとも１つおよび／または可動質量に結合される、アクチュエータを備えてもよく、アクチュエータは、少なくとも１つのばねを圧縮および／または拡張し、非ゼロ速度で摩擦および／または掛止に起因してシステムにおいて失われるエネルギーを置換するように構成される。例えば、アクチュエータは、第１のばねがリーフを開放位置に完全に遷移させるために十分な貯蔵されたエネルギーを有することを確実にするよう、リーフが閉鎖位置にあるときに、第１のばねを圧縮するように作用してもよい。いくつかの変形例では、アクチュエータは、可動質量が移動するにつれて、力をそれに直接印加することによって、エネルギーをばね機構に追加するように構成されてもよい。いくつかの変形例では、アクチュエータは、ばねシステムの共振周波数において、および／またはばねの発振と同相で力をばねに印加し、エネルギーをばねシステムに追加するように構成されてもよい。例えば、アクチュエータは、エネルギーをシステムの中へ追加し、初期始動状態から使用するためにそれを準備するため、またはエラーから回復するために必要とされるであろうように、ポテンシャルおよび運動エネルギーの合計が使用可能限界（例えば、ゼロ）を下回るときに、力をばねに印加するように構成されてもよい。代替として、アクチュエータは、より多くのポテンシャルエネルギーをばねの中に貯蔵するために、ばねエネルギーの全てが運動エネルギーに変化された瞬間に、および／またはばねの圧縮中に、力をばねに印加するように構成されてもよい。代替として、または加えて、アクチュエータは、図７Ｃおよび７Ｄで描写され、以下で説明されるように、機構が掛止状態であるときに、エネルギーをばね機構に追加するように構成されてもよい。いくつかの変形例では、アクチュエータは、可動質量ではなく、ばねに直接作用してもよい。

【００４５】

一対のばねを備える、ばねシステムを備える、ばねベースのリーフ駆動機構の一変形例が、図７Ｃおよび７Ｄで描写されている。ばねベースのリーフ駆動機構７２０は、定常支持体７２４と、リーフ７３０が取り付けられ得る、選択された質量の可動支持体７２５と、定常支持体と可動支持体との間に取り付けられた第１のばね７２２と、定常支持体と可動支持体との間に取り付けられた第２のばね７２６と、リーフおよび／または可動支持体を捕捉して保定するように構成されるラッチ７２８と、ばねと定常支持体との間に結合された１つまたはそれを上回るアクチュエータ７３２（例えば、圧電アクチュエータ）とを備えてもよい。いくつかの変形例では、１つまたはそれを上回るアクチュエータは、ばねの一方または両方に結合されてもよい。ラッチ７２８は、開放位置でリーフを保定するようリーフ７３０および／または可動支持体７２５を捕捉することが可能であるように、位置してもよい。アクチュエータ７３２は、摩擦および／または掛止に起因して失われる任意のエネルギーを回復させるように第２のばね７２６をさらに圧縮し得る、圧電プッシャであってもよい。

【００４６】
異なるタイプのアクチュエータが、エネルギーをばねシステムの中へ戻して追加するために、ばねベースのリーフ駆動機構で使用されてもよい。いくつかのアクチュエータは、力をばね上に直接印加することによって作用してもよいが、いくつかのアクチュエータが、力を可動質量上に直接印加することによって作用してもよい一方で、なおもいくつかの他のアクチュエータは、力をリーフおよび／またはリーフ支持構造に直接印加することによって作用してもよい。いくつかのアクチュエータは、（例えば、コリメータが最初に始動する、または電源をオンにするとき、またはコントローラがばねシステムの運動のエラーを検出し、ばねを初期非移動状態にリセットするとき等に、非移動リーフの運動を開始するために）ばねを完全に圧縮および／または拡張するように構成されてもよい一方で、他のアクチュエータは、少量のエネルギーを印加してばね運動を開始するように構成されてもよく、可動質量の運動振幅が所望の振幅である、すなわち、リーフを開放位置または閉鎖位置のいずれかまで移動させるために十分となるまで、共振周波数において、ばねシステムの発振と同相で力を印加してもよい。異なる力の容量および周波数を伴う複数のアクチュエータが、本明細書に説明されるばねベースの駆動機構のうちのいずれかとともに使用されてもよい。ばねベースのリーフ駆動機構とともに使用され得る、アクチュエータシステムの実施例は、電磁アクチュエータと、ボイスコイルアクチュエータと、ソレノイドアクチュエータと、回転アクチュエータと、線形アクチュエータと、空気圧式アクチュエータと、油圧式アクチュエータと、超音波アクチュエータと、燃焼アクチュエータと、圧電アクチュエータと、静電アクチュエータと、同等物とを備えてもよい。いくつかの変形例では、アクチュエータシステムは、ラッチまたはブレーキシステムを備えてもよい。例えば、電磁石（および／または永久磁石と併せた）は、移動質量の誘引および反発の両方を行うように、特定の場所でリーフおよび／または移動質量の捕捉および保定の両方を行うように、また、必要に応じてシステムの中へ戻してエネルギーを印加するように構成されてもよい。同様に、空気圧式ピストンは、移動質量を押動または引動して、特定の場所でリーフを保定し、また、必要に応じてシステムの中へ戻してエネルギーを印加するように構成されてもよい。代替として、または加えて、スロット付き連結機構（例えば、スコッチヨーク）が、特定の場所でリーフおよび／または移動質量を捕捉して保定し、また、所望され得るようにシステムの中へ戻してエネルギーを印加するために、電気モータまたは回転ソレノイドアクチュエータと併せて使用されてもよい。

【００４７】
可動質量および／またはリーフを捕捉して保定するための種々のラッチが、以下で説明される。いくつかの変形例では、ラッチは、リーフの移動方向に対抗する力を印加することによって、可動質量および／またはリーフを捕捉して保定してもよい。例えば、ラッチは、摩擦力をリーフに印加し、および／またはリーフ移動の方向に対抗するトルク力を印加してもよい。そのようなラッチの実施例は、切り欠きおよび従動車輪、解放可能なオーバーランクラッチ、および／またはキャプスタンクラッチ（例えば、車軸に巻き付けられたねじりばね）を含んでもよい。例えば、ラッチは、運動の逆転に応じてリーフを捕捉するように解放可能ローラまたは「スプラグ」クラッチを備えてもよい。クラッチは、キャプスタンが（例えば、ラックアンドピニオンアセンブリを用いて）運動中に回転するように、ワイヤまたは糸状のものが移動質量に結合されるキャプスタンに巻き付けられる、キャプスタン摩擦を利用するように設計されてもよい。ワイヤまたは糸状のものを緊張させることは、キャプスタン上の回転摩擦を指数関数的に増加させ、その運動を停止させてもよい。いくつかの変形例では、ラッチは、保定特徴を有してもよく、移動質量および／またはリーフは、対応する保定特徴を有してもよく、ラッチは、これらの保定特徴の係合を介して、可動質量および／またはリーフを捕捉して保定してもよい。例えば、移動質量および／またはリーフおよびラッチはそれぞれ、ラッチが係止状態に遷移されるときに係合する、対応する切り欠きまたは突出を有してもよい。他のシステムは、ピン、ローラ等に係合するように移動質量上の位置特徴（例えば、切り欠き、戻り止め、またはペグ孔）に依拠してもよい。なおも他のラッチ変形例は、対応する磁石または強磁性材料が、移動質

量および／またはリーフ上に配置され得る、電磁石を備えてもよく、ラッチ電磁石は、リーフが極値において保定されるように、移動質量および／またはリーフを捕捉して保持するために使用されてもよい。いくつかのラッチ機構は、螺旋ボイスコイルを含んでもよい。他のラッチは、ブレーキとして機能してもよく、例えば、摩擦ブレーキが、摩擦力を使用して、リーフを停止して保持するように、リーフ進行の方向に対して法線方向に、または直交して適用されてもよい。そのようなブレーキ式システムは、可動質量および／またはリーフ上の任意の所望の場所において力を印加するように構成されてもよく、例えば、切り欠きおよび戻り止めの精密な整合を要求しない。摩擦ブレーキは、空気圧式、電磁、圧電抵抗機構であり得る。ブレーキが可動質量および／またはリーフ内のある場所において切り欠きまたは突出との精密な整合を要求しないため、リーフが保定される位置にさらなる変動性があり得る。これは、ばねベースの駆動機構の種々の構成要素が精密に整合されていないときでさえも、ブレーキがリーフの位置を維持することを可能にし得、したがって、システムへの任意の予期しないまたは意図しない機械的摂動に耐えることが可能であり得る。

【００４８】

電磁石を備える位置ラッチ（例えば、可動質量および／またはリーフとの係合がラッチと可動質量および／またはリーフとの間の位置整合に依拠するラッチ）の一変形例が、図８Ａ－Ｃで描写されている。そのようなラッチ機構は、本明細書に説明されるコリメータリーフ駆動機構のうちのいずれかとともに使用されてもよい。図８Ａに示されるように、ラッチ機構８００は、電磁石８０２と、リーフが制御アーム（例えば、極値）の中へ移動するときに、リーフ８０６の一部に係合するように下向きに枢動することによってリーフ８０６の一部に選択的に係合する、制御アーム８０４とを備えてもよい。制御アームの下向き運動は、リーフ運動および接触、電磁石の通電、または両方の組み合わせによって引き起こされ得る。電磁石は、本下向き掛止構成で制御アームを保定するよう通電され、リーフを解放するように（例えば、制御アームに反発する極性を有するために）無通電または逆通電されたままであってもよい。アーム８０４の第１の端部８０８は、リーフ８０６上のキャッチまたは係合構造８１２に対応するリーフ係合構造８１０を有してもよく、制御アーム８０４の第２の端部８１６は、磁気材料を備えてもよい。例えば、リーフ係合構造８１０は、フックであってもよく、キャッチ８１２は、フックによって係合されるように定寸および成形される溝またはレッジであってもよい。いくつかの変形例では、キャッチは、リーフの解放を促進することに役立ち得る、ローラを含んでもよい。キャッチ表面の形状（例えば、傾斜、規模、または曲率）は、ローラを解放することをより容易または困難にするように調節されてもよい。キャッチ８１２を有するリーフ８０６の一部は、リーフと協調して移動する任意の構造、例えば、リーフの放射線遮断部分、またはリーフと関連付けられる支持構造であってもよい。ラッチ機構８００は、それぞれが図８Ａ－Ｃで描写される、３つの構成を有してもよい。図８Ａは、リーフ８０６の一部が右に移動する際の開放構成におけるラッチ機構８００を描写する。本構成では、電磁石８０２の極性は、制御アーム８０４の第２の端部８１６上の強磁性プレート８１８に反発するようなものであってもよく、これは、上向きまたはより高い位置にアーム８０８の第１の端部を保つことに役立ち得る。図８Ｂでは、リーフ部分８０６は、制御アーム８０４に接触し、枢動点８１７を中心としてそれを回転させてもよい。これは、制御アーム８０４の第１の端部８０８上のキャッチを落下させ、制御アームの第２の端部８１６上の強磁性プレート８１８を上向きに移動させてもよい。電磁石８０２の極性は、強磁性プレート８１８を引き付けるように変化させられてもよい。図８Ｃでは、電磁石８０２は、下方位置でキャッチを保持し、リーフを捕捉して、強磁性プレート８１８を捕捉している。リーフを解放するために、電磁石８０２は、反対極性で通電されてもよく、電磁石８０２から強磁性プレート８１８を排出し、第１の端部８０８が上昇させられるように制御アーム８０４を枢動させ、それによって、リーフ８０６を解放する。

【００４９】

コリメータリーフ駆動機構のラッチまたはアクチュエータシステムのいくつかの変形例

は、開放および閉鎖位置の両方でリーフを掛止するように構成され得る、スロット付き連結（例えば、スコッチヨーク）機構を回転アクチュエータまたはモータと組み合わせて備えてもよい。ヨークは、ばねベースの駆動機構の可動質量に取り付けられてもよく、回転アクチュエータは、（それによってピンが回転アクチュエータの軸からある半径によってオフセットされる）偏心器とともにヨーク内のピンを駆動するために使用されてもよい。進行の末端で、回転アクチュエータが、ばねシステムにわたって無限機械効率を有し得るため、極値において移動質量を保持するために、いかなる力も要求されないであろう。アクチュエータを回転させることは、ばねシステムを解放してもよい。回転アクチュエータは、リーフが一方の極値から他方の極値に（例えば、開放位置と閉鎖位置との間で）遷移するにつれて、運動の方向に力を印加することによって、エネルギーをシステムに追加するために使用されてもよい。例えば、回転アクチュエータは、ばねシステムがヨークを移動させることができるよりも速くピンを移動させることが可能である場合に、エネルギーをばねシステムに追加するために使用されてもよい。ピンは、次いで、加速力をばね質量に印加してもよい。線形ボイスコイルラッチ機構と同様に、回転アクチュエータは、無電通状態からシステムを始動させるように、ばねシステムの共振周波数において動作されてもよい。いくつかの変形例が、１８０度の可動域を伴う回転ソレノイドを備えてもよい一方で、他の変形例は、１８０度を上回る可動域を伴うブラシレスＤＣモータを備えてもよい。スコッチヨーク内のスロットの形状は、ばねシステムの運動をアクチュエータ特性により良好に合致させるように、またはシステムの掛止および解放特性を微調整することに役立つように、またはスローの関数としてアクチュエータの機械効率を調節するように、および／またはアクチュエータトルクを所望の速度特性とより良好に合致させるように、調節されてもよい。例えば、アクチュエータが完全１８０度回転に達することを可能にしない短縮スロットは、（例えば、リーフがばねシステムによって移動されることができる）非掛止構成に向かってシステムを付勢してもよい。代替として、または加えて、スロットの形状の小型戻り止めは、（例えば、リーフがばねシステムによって移動可能ではない）掛止構成に向かってシステムを付勢してもよい。曲線状である、または別様に完全には垂直ではないスロット表面が、一定の速度ではない回転運動に適応するために使用されてもよい。いくつかの変形例では、回転アクチュエータが極値における掛止を可能にするために加速および減速する必要があろうため、これは、閉鎖または開放位置でのリーフの掛止を促進することに役立つために有用であり得る。いくつかの変形例では、ラッチが完全３６０度回転を要求しない場合があるため、回転アクチュエータは、回転ソレノイドであってもよい。いくつかの変形例では、アクチュエータは、完全１８０度をわずかに下回るまで可動域を縮小することによって、解放に向かって付勢されてもよい（したがって、定位置で掛止するためにわずかな保持トルクを要求する）。

【００５０】

放射線源のビーム経路内に配置され得る、マルチリーフコリメータのコリメータリーフ駆動機構の一変形例は、ばねシステム（上記で説明されるばね共振器のうちのいずれかを含むが、それに限定されない、ばね共振器等）と、開放または閉鎖位置のいずれかでリーフを選択的に保定するスコッチヨークを含む、アクチュエータシステムとを備えてもよい。アクチュエータシステムは、スロットを有するリーフシャフトと、モータと、スロット内に配置されるローラと、モータのアクティブ化がローラをスロットとともに回転させるようにモータおよびローラを結合する、クランクとを備えてもよい。ばねシステムは、第１の場所と第２の場所との間でリーフを移動させるように、リーフシャフトの軸に沿って縦方向の力を提供し得る、リーフシャフトに沿って配置される１つまたはそれを上回るばねを有してもよい。第１の場所が、開放位置（または閉鎖位置）であってもよい一方で、第２の場所は、閉鎖位置（または開放位置）であってもよい。ばねシステムが、第１の場所と第２の場所との間でリーフを平行移動させるための原動力を提供してもよい一方で、アクチュエータシステムは、第１の場所および第２の場所でリーフを選択的に保定してもよい。随意に、アクチュエータシステムはまた、摩擦力に起因して失われるエネルギーを補償するように、および／または十分な運動エネルギーが第１の場所と第２の場所との間

でリーフを遷移させるために提供されるように、非移動状態から所望の標的速度までばね運動を加速するために十分なエネルギーをばねシステムに提供するように、エネルギーをばねシステムに追加してもよい。例えば、アクチュエータシステムは、第１の場所または第２の場所のいずれかでリーフを保定しながらばねを圧縮することによって、ポテンシャルエネルギーをばねシステムの中へ追加してもよい。ポテンシャルエネルギーは、リーフを１つの場所から別の場所に遷移させるために十分である運動エネルギーに変換されてもよい。ばね力またはアクチュエータ力がリーフの運動を支配するかどうかは、以下の実施例に説明されるように、スロットの幾何学形状（例えば、曲率半径、曲線または直線領域の長さおよび場所等）とともに、スロット内のローラの場所に依存し得る。

【００５１】

図１１Ａ－１１Ｆは、ばねシステムと、スロット付き連結またはスコッチヨーク機構を含む、アクチュエータシステムとを備える、コリメータリーフ駆動機構の一変形例を描写する。（長方形のブロックによって表される）コリメータリーフ１１０２の場所および移動は、リーフシャフト１１０４に沿って位置する、第１のばね１１０６ａと、第２のばね１１０６ｂを備える、ばねシステム、およびスロット付き連結機構（例えば、スコッチヨーク１１１１）と、モータ１１０８とを備える、アクチュエータシステムによって、駆動されてもよい。ばねシステムおよびアクチュエータシステムによって印加される（すなわち、図１１Ａの矢印１１０１によって示されるようにシャフトを縦方向に移動させる）平行移動力の合計は、第１の場所１１５０と第２の場所１１６０との間でリーフ１１０２を移動させ、所望され得るようにこれらの場所のいずれかにおいてリーフを保定してもよい。第１の場所１１５０（図１１Ａで描写される）では、リーフ１１０２は、境界１１５１、１１６１によって表される放射線経路を実質的または完全に妨害し得、第２の場所１１６０（図１１Ｅで描写される）では、リーフ１１０２は、放射線経路を妨害しなくてもよい。図１１Ｃは、リーフ１１０２が第１の場所１１５０（リーフ閉鎖構成）から第２の場所１１６０（リーフ開放構成）まで移動する際の中間構成を描写する。スコッチヨーク１１１１は、リーフシャフト１１０４に取り付けられてもよく、リーフシャフト１１０４に固定して取り付けられるプレート上に位置するスロット１１１０と、スロット１１１０内に配置されるローラ１１１２と、スロット１１１０内でローラを回転可能に平行移動させるモータ１１０８とを備えてもよい。スロット１１１０内のローラ１１１２の場所に応じて、ばねシステム力は、リーフ１１０２を第１場所と第２の場所との間で平行移動させてもよい、またはアクチュエータシステムは、所望であり得るように、ばね力に対抗し、第１の場所１１５０または第２の場所１１６０のいずれかにおいてリーフを保定してもよい。図１１Ａで描写されるように、リーフシャフト１１０４は、２つのシャフト搭載ブロック１１２０ａ、１１２０ｂによって摺動可能に保定されてもよい。シャフト搭載ブロック１１２０ａ、１１２０ｂはそれぞれ、それを通る管腔を有してもよく、ブロックは、搭載ブロックの管腔が整合され、リーフシャフト１１０４が管腔を通って延在し得るように、基部１１２１上に固定可能に搭載されてもよい。第１および第２のばね１１０６ａ、１１０６ｂは、それぞれ、シャフト搭載ブロック１１２０ａ、１１２０ｂと第１および第２のばねブロック１１２２ａ、１１２２ｂとの間でリーフシャフト１１０４に搭載されてもよい。第１および第２のばねブロック１１２２ａ、１１２２ｂは、リーフシャフト１１０４に固定して取り付けられてもよい。ばね１１０６ａ、１１０６ｂが圧縮状態で使用される、本変形例では、ばねの端部は、シャフト搭載ブロックまたはばねブロックのいずれかに取り付けられなくてもよい。いくつかの変形例では、ばねの端部のうちの一方が、ばねブロック（またはシャフト搭載ブロック）に取り付けられてもよい一方で、ばねの他方の端部は、取付を含まなくてもよい。ばねが張力を受けて使用され得る、他の変形例では、ばね１１０６ａ、１１０６ｂの両方の両端は、ばねブロックおよびシャフト搭載ブロックに取り付けられてもよい。例えば、第１のばね１１０６ａの一方の端部は、第１のばねブロック１１２２ａに取り付けられてもよく、第１のばね１１０６ａの反対端は、第１の搭載ブロック１１２０ａに取り付けられてもよい。第２のばね１１０６ｂは、同様にリーフシャフトに取り付けられてもよい。ばねブロック１１２２は、リーフシャフトを取り囲むリ

ングとして描写されているが、ばねブロックは、リーフシャフトを少なくとも部分的に取り囲む場合もあり、取り囲まない場合もある、任意の他の形状を有し得ることを理解されたい。例えば、ばねブロックは、ばねが取り付けられ得る、および／またはいかなる付加的搭載構造も用いることなく、ばねがリーフシャフトに溶接、はんだ付け、および／または接着され得る、シャフト上の突出であってもよい。ばね１１０６は、リーフシャフト１１０４を取り囲むコイル形状のばねとして描写されているが、リーフシャフトを取り囲む場合もあり、取り囲まない場合もある、トーションバー、ねじりばね、圧縮ばね等の他のタイプのばねが含まれ得ることを理解されたい。

【００５２】

図１１Ｂ、１１Ｄ、および１１Ｆは、それぞれ、リーフ１１０２が閉鎖構成で（すなわち、第１の場所１１５０において）保定される、閉鎖構成から開放構成に移行中である、および開放構成で（すなわち、第２の場所１１６０において）保定される、スコッチヨーク機構の位置の拡大描写である。アクチュエータシステムのモータ１１０８は、クランクの回転がスロット１１１０内でローラ１１１２を回転させるように、モータシャフト１１２４およびクランク１１２６によってローラ１１１２に結合される。図１２Ａは、ローラ１１１２、クランク１１２６、およびモータシャフト１１２４の最遠位端の間の結合の斜視構成要素図である。図１２Ｂは、図１２Ａのローラ、クランク、およびモータシャフトの部分分解図であり、図１２Ｃは、図１２Ａのローラ、クランク、およびモータシャフトの間の結合の断面図である。図１１Ａ－１１Ｆで描写される変形例では、モータ１１０８は、閉鎖構成から開放構成にリーフを遷移させるように、時計回り方向にクランク１１２６を回転させる。スロット１１１０は、リーフが第１の場所と第２の場所との間で移動および遷移することを可能にするように、および所望に応じてこれらの場所のうちのいずれかでリーフを保定するように、１つまたはそれを上回る曲線領域を有してもよい。例えば、スロット１１１０は、第１の停止領域１１２８と、第２の停止領域１１３０とを有してもよい。ローラ１１１２がこれらの領域のいずれかに位置するとき、（矢印１１０１によって示される）横方向に沿ったばねシステムからのばね力は、スロット内の停止領域１１２９、１１３０に対してローラによって対抗される。これは、ばね力がリーフシャフトを側方に移動させることを妨げ、それによって、第１または第２の場所のいずれかでリーフを保定してもよく、これは、システムから運動エネルギーを除去してもよい。すなわち、ローラ１１１２が第１の停止領域１１２８に位置するとき、ばねおよびリーフシャフトの運動中に（例えば、摩擦等に起因して）失われたばね力に少なくとも等しい（随意に、それを上回り得る）ポテンシャルエネルギーが、ばねシステムに追加されるように、第１のばね１１０６ａは、圧縮されてもよく、および／または第２のばね１１０６ｂは、延在されてもよい。同様に、ローラ１１１２が第２の停止領域１１３０に位置するとき、ばねおよびリーフシャフトの運動中に失われたばね力に少なくとも等しい（随意に、それを上回り得る）ポテンシャルエネルギーが、ばねシステムに追加されるように、第２のばね１１０６ｂは、圧縮されてもよく、および／または第１のばね１１０６ａは、延在されてもよい。第１の停止領域１１２８および第２の停止領域１１３０の曲率半径および／または角度掃引は、第１の場所または第２の場所のいずれかでリーフを保定するために、ばねシステム力に対する十分な対抗力を依然として提供しながら、ローラ１１１２がその領域中の曲線を横断し得るように、選択されてもよい。

【００５３】

スロット付き連結またはスコッチヨーク機構で使用され得る、スロット形状の一変形例が、図１３Ａおよび１３Ｂで描写されている。図１３Ａは、（例えば、図１１Ａ－１１Ｆで上記に描写および説明されるように）その内側でローラがスコッチヨーク機構の一部として平行移動し得る、リーフシャフトに取り付けられ得る、スロット付きプレート１３００を描写する。スロット付きプレート１３００は、異なる曲率半径を有する、１つまたはそれを上回る曲線を伴うスロット１３０２を有してもよい。例えば、スロット１３０２の片側は、４つの異なる曲率半径を伴う曲線区画を有してもよい。図１３Ａ－Ｂで描写される変形例では、スロットは、対称軸の反対側に同一曲線区画を伴って、垂直対称軸１３０

３に沿って左右対称であり得る。第１の区画１３０４ａは、約５ｍｍ（例えば、５．０５ｍｍ）の曲率半径を有してもよく、第１の区画に隣接する第２の区画１３０４ｂは、約１５ｍｍ（例えば、約１５．３ｍｍ）の曲率半径を有してもよく、第２の区画に隣接する第３の区画１３０４ｃは、約６ｍｍ（例えば、約６．５ｍｍ）の曲率半径を有してもよく、第３の区画に隣接する第４の区画１３０４ｄは、約５ｍｍ（例えば、約５．０５ｍｍ）の曲率半径を有してもよい。本変形例では、ローラが第１および第２の区画内に位置するとき、リーフの運動は、ばねシステムによって印加される力によって支配され、リーフは、閉鎖構成と開放構成（例えば、第１の場所と第２の場所）との間で平行移動するように移動してもよい。ローラが第３および第４の区画内に位置するとき、リーフは、閉鎖構成または開放構成のいずれかで静止して保持される。ローラが反時計回り方向にスロット内で平行移動し、対称軸１３０３の反対側で第１の区画１３０４ａから第５の区画１３０５ａまで移動すると、ローラが結合されるモータは、摩擦に起因するエネルギー損失（例えば、機械エネルギー損失）を補償するように、付加的回転エネルギーをローラに導入してもよい。スロットは、それぞれ、第２の区画１３０４ｂ、第３の区画１３０４ｃ、および第４の区画１３０４ｄに類似（例えば、鏡面対称）し得る、第６の区画１３０５ｂ、第７の区画１３０５ｃ、および第８の区画１３０５ｄを備えてもよい。第１の区画１３０４ａの曲率および第５の区画１３０５ａの曲率は、ローラがスロットの２つの側面の間で円滑に平行移動することができるように選択されてもよく、および／または第１の区画と第５の区画との間で平行移動するにつれてローラがスロットの縁との接触を失う可能性を低減させ得る。いくつかの変形例では、たとえローラがスロットの縁との接触を失っても、スロットと接触していない間にローラによって進行される距離が、ローラによって進行される全体的距離と比較して、比較的短いように、第１の区画の曲率および第５の区画の曲率は、スロットの一方の側面から他方の側面へのローラの移動を促進するようなものである。図１３Ｂは、種々の曲線が異なる動作モードに対応し得る、（スロット１３０２と同一であり得る、または類似し得る）スロット１３１０の種々の曲線の描写である。スロット１３１０は、垂直対称軸を中心として左右対称であり得、スロットの１つの側面は、第１の曲線領域１３１２ａと、第１の曲線領域に隣接する第２の曲線領域１３１２ｂと、第２の曲線領域に隣接する第３の曲線領域１３１２ｃとを有してもよい。スロット１３１０の反対側に、類似の対応する曲線、すなわち、第１の曲線領域１３１２ａと対応する第４の曲線領域１３１４ａ、第２の曲線領域１３１２ｂと対応する第５の曲線領域１３１４ｂ、および第３の曲線領域１３１２ｃと対応する第６の曲線領域１３１４ｃがあってもよい。以下の第１、第２、および第３の曲線領域の説明は、第４、第５、および第６の曲線領域にも適用され得る。スロットの各側面は、本実施例では、３つの曲線領域を有するが、望ましくあり得るように、任意の数の曲線領域があり得ることを理解されたい。曲線領域はそれぞれ、変動する曲率半径の曲線を有してもよい、または単一の曲率半径を伴う曲線を有してもよい。複数の曲率半径を伴う複数の曲線があり得る、変形例では、１つの曲線から次の曲線への遷移は、曲率の突然、不連続、または急激な変化がないように、連続的かつ円滑であり得る。いくつかの変形例では、これらの領域の曲率は、ローラがスロットの縁との円滑な接触を維持するように成形されてもよい。ローラがスロットの縁から離れて持ち上がり得る（例えば、スロットの縁から離れて移動する）、変形例では、曲率は、ローラがスロットの縁との接触に戻るにつれて円滑な遷移を助長するように成形されてもよい。ローラの円滑な遷移を促進する曲線は、ローラがスロット縁との接触に戻るにつれて、音の強度を限定することに役立ち得る。具体的には、ローラは、スロット１３１０の上部分１３１３において第１の曲線領域１３１２ａと第４の曲線領域１３１４ａとの間で平行移動するにつれて、スロット縁から離れて持ち上がることに最も影響を受けやすくあり得る。スロットの上部分１３１３は、頂点１３１５において相互に接続し得る、第１および第４の曲線領域の少なくとも一部を備えてもよい。上部分１３１３は、ローラがスロット縁との一定の接触を維持するか、またはスロットの本領域中で移動するにつれてスロット縁から離れて持ち上がるかどうかにかかわらず、第１の曲線領域１３１２ａと第４の曲線領域１３１４ａとの間のローラの円滑な移動を促進する、曲率を有してもよい。いくつか

の変形例では、ローラが上部分１３１３内で移動すると、ローラが取り付けられるモータは、種々のエネルギー損失（例えば、摩擦等の機械的損失）を補償するようにエネルギーをシステムの中へ戻して追加してもよい。例えば、システムは、頂点１３１５を横断して移動するにつれて付加的回転エネルギーをローラに導入するように構成される。スコッチヨークまたはスロット付き連結機構のローラが上部分１３１３の中に位置するとき、リーフは、１つの構成から別の構成に（開放から閉鎖に、または閉鎖から開放に）移行中であってもよく、本構成変化が約１０ミリ秒未満（例えば、約６ミリ秒未満または約４ミリ秒未満）以内に起こるような速度で移動していてもよい。ばねシステムは、本動作モードで十分な原動力を提供してもよい。アクチュエータシステムは、随意に、ばね力とともに建設的に増大する、付加的原動力を提供してもよい。いくつかの変形例では、移動の速度は、（例えば、頂点１３１５において）第１の領域１３１２ａと第４の１３１４ａ領域との間の接合点においてピークになってもよいが、他の変形例では、移動の速度は、ローラが上部分１３１３内で移動する速度と実質的に同一であり得る。ローラが第２の曲線領域１３１２ｂまで移動するとき、アクチュエータシステムは、開放構成（スロット１３１０が図１１Ａ－１１Ｆで描写されるシステムとともに使用される場合）または閉鎖構成（スロット１３１０が図１１Ａ－１１Ｆで描写されるシステムと反対の配向を有するシステムで使用される場合）のいずれかでリーフを保定するために十分なばね力に対抗する、力を提供してもよい。第２の曲線領域１３１２ｂ内でローラを回転平行移動させることは、リーフおよび／またはリーフシャフトの対応する側方移動をもたらさない場合がある。これは、その内側でアクチュエータシステムのモータが、リーフの側方移動を殆どまたは全く伴わずに所望の回転速度まで加速することができる、限界を提供してもよい。ローラが第３の曲線領域１３１２ｃまで移動する場合、アクチュエータシステムはさらに、ばねシステムの第１のばねを圧縮し、および／またはばねシステムの第２のばねを拡張し、アクチュエータシステム内の運動エネルギーをばねシステム内のポテンシャルエネルギーに変換し、それによって、リーフが開放または閉鎖構成のいずれかで保定されることを確実にしてもよい。いくつかの変形例では、ローラが本第３の曲線領域１３１２ｃ内で停止されるとき、リーフの後縁は、（リーフが開放構成で保定される場合）放射線ビーム経路の境界からさらに離れて位置してもよい、またはリーフの後縁は、（リーフが閉鎖構成で保定される場合）放射線ビーム経路の境界のより近くに位置してもよい。実施例として、矢印１３２０は、図１１Ａ－１１Ｅのように配列されるリーフが開放構成から閉鎖構成に遷移される際のスロット内のローラの移動を表し、矢印１３２２は、リーフが閉鎖構成から開放構成に遷移される際の同一のローラの移動を表す。

【００５４】

他のスロット形状および幾何学的形状が、スロット付き連結またはスコッチヨーク機構で使用されてもよい。図１４Ａは、一定の曲率半径を伴う曲線と接続されて相互と平行である、２つの直線区画を有する、上部分１４０２と、変動する曲率半径を伴う弧を備える部分的卵形を有する、底部分１４０４とを有する、スロット１４００を描写する。スロット１４００では、底部分１４０４は、上部分１４０２より幅が広くあり得る。広がった可変曲率半径領域１４０４は、約５度～約２０度であり得る、δの角度掃引を有する、安定領域１４０５（例えば、スコッチヨーク機構が、開放または閉鎖構成でリーフを保定するようにばね力に対抗するために十分な力を供給する、スロットの一部）を提供してもよい。δの値は、少なくとも部分的に、ローラ１４０６を駆動するモータがスロット内の所望の場所にローラを位置付けることができる精度によって、判定されてもよい。すなわち、掃引角δは、ローラを駆動するモータの公差のマージンを提供してもよい。ローラの経路は、点線１４０８によって表され、点線１４１０に沿って（ここでは描写されていないが、図１２Ａ－１２Ｃの描写に類似する）クランクを回転させるモータによって到達されてもよい。安定領域１４０５内の経路１４１０は、クランクの半径ｒに合致または近似し得る弧であってもよい。安定領域は、いくつかの変形例では、水平軸の下方に延在してもよい（すなわち、｜θ｜＞９０°）。安定領域は、水平軸１４０７を中心として対称であり得、これは、スロットの曲率内で移動するにつれて、ローラがスロットとの接触を失う傾

向を低減させることに役立ち得る。

【００５５】

スロット形状および幾何学形状は、種々の曲率半径を伴う複数の曲線を有してもよいが、いくつかの変形例では、スロットは、同一の曲率半径を伴う２つの端部曲線とともに２つの直線平行縁（いわゆる直線スロット）を有してもよい。直線スロットの安定領域は、安定領域のいずれかの方向へのローラのわずかな回転または摂動が、ばねシステムがリーフの平行移動を引き起こすことを可能にするであろうため、非常に短く、したがって、不安定であり得る。したがって、直線スロットの安定領域は、「シンギュラリティポイント（ｓｉｎｇｕｌａｒｉｔｙ　ｐｏｉｎｔ）」と見なされ得る。なぜなら、「シンギュラリティポイント」からの任意の偏差が、ばねシステムがリーフを平行移動させることを可能にするように、ローラを駆動するモータの公差のマージンが僅かしかないかまたは全くないためである。一実施例が、図１４Ｂで描写されている。直線スロット１４２０を備えるスコッチヨークまたはスロット付き連結機構は、随意に、底曲線１４２４内に位置するばね１４２２を備えてもよい。ばね１４２２は、（図１４Ｂで描写されるような）コイルばねまたは任意の他のタイプのばねであってもよい。ばね１４２２は、シンギュラリティポイントにおいてばねシステムによって荷重されるときに、クランク（ここでは描写されていないが、図１２Ａ－１２Ｃの描写に類似する）に付与される、その正の角度剛性が、スコッチヨークにおける負の角度剛性に対抗し得るように、定寸されてもよい。ばねシステムのばね荷重は、θ＝±９０°において角度剛性を生成してもよい。ばね１４２２は、｜θ｜＞９０°については正の剛性で係合してもよい。

【００５６】

図１５Ａ－１５Ｄは、ばねシステムと、スコッチヨークまたはスロット付き連結機構を含む、アクチュエータシステムとを備える、コリメータリーフ駆動機構の別の変形例を描写する。図１１Ａ－１１Ｅの変形例は、リーフの運動軸に沿って位置するコイルばねを有する、ばねシステムを備えるが、図１５Ａ－１５Ｄの変形例は、リーフの運動軸と直交または垂直に配置されるねじりばねを有する、ばねシステムを備える。これら２つの実施例で例示されるように、ばねシステムのばねのタイプおよび場所は、所望に応じて変動し得る。いくつかのリーフ駆動機構は、１つまたはそれを上回るばねがリーフの進行経路と同一線上および／または同一平面内にある、ばねシステムを備えてもよい一方で、他の駆動機構は、１つまたはそれを上回るばねがリーフの進行経路と同一線上および／または同一平面内にない、ばねシステムを備えてもよい。特定の配列、場所、および／またはばねタイプは、少なくとも部分的に、コリメータに利用可能である放射線療法システムのガントリ上のサイズおよび空間、およびコリメータリーフの数、形状、およびサイズによって判定されてもよい。ここで、図１５Ａで描写される実施例を参照すると、駆動機構１５００は、リーフ１５０２が取り付けられるフレーム１５０４を備えてもよく、フレーム１５０４は、ねじりばね１５０６を備えるばねシステムに枢動可能に取り付けられる。フレーム１５０４は、概して、リーフ１５０２とばねシステムのための取付場所との間に延在する、フレームの上縁に沿って配置されるレール１５０５を備えてもよい。回転可能接合部または枢動部１５０５は、ねじりばね１５０６の回転捻転運動を（矢印１５０３の方向への）フレーム１５０４の側方縦運動に変換してもよく、ひいては、開放構成と閉鎖構成との間でリーフ１５０２を移動させるように作用する。ねじりばね１５０６は、（矢印１５０３によって示されるように）フレームの縦運動に直交するように位置する。駆動機構１５００は、スコッチヨークのスロット付き部分１５１０がフレーム１５０４に固定して取り付けられ、ローラ１５１２がスロット１５１０内に配置される、スコッチヨークを備える、アクチュエータシステムを備えてもよい。ローラ１５１２は、モータシャフト１５２４を介してモータ１５０８に結合されるクランク１５２６によって、スロット１５１０内で回転可能に平行移動してもよい。いくつかの変形例では、シャフト１５２４を支持して保定するようにシャフトの長さに沿って位置する、第１の軸受１５２５ａおよび第２の軸受１５２５ｂがあってもよい。図１５Ａ－１５Ｂで描写されるスロット１５１０の形状は、直線スロットの形状に類似するが、スロットは、以前に説明および描写された形状のうち

のいずれかを有し得る（すなわち、変動する曲率半径および角度掃引を有し得る、１つまたはそれを上回る曲線領域、１つまたはそれを上回るばね停止部等を有し得る）ことを理解されたい。図１５Ｃは、マルチリーフコリメータ内の複数のリーフのための図１５Ａ－１５Ｂの複数のリーフ駆動機構の１つの配列を描写する。図１５Ｃは、それらの対応する３２個の駆動機構を伴う３２個のリーフの配列を描写する。駆動機構は、コリメータ内の所望のリーフ間の間隔を達成するように、交互配置、交互配列等をされてもよい。駆動機構およびリーフは、描写された配列を達成するように、特定の順序で組み立てられてもよい。（各ユニットが図１５Ａ－１５Ｂで描写される駆動機構１５００に類似する）コリメータのための８つの駆動機構ユニットを組み立てるための組立方法の例証的実施例が、以下で説明され、図１５Ｃ－１５Ｈで描写される。本方法は、図１５Ｃで概略的に描写される、８つの駆動機構ユニット（各ユニットがリーフを備える）１５４１、１５４２、１５４３、１５４４、１５４５、１５４６、１５４７、１５４８を組み立てるために使用されてもよい。本方法は、（例えば、１６リーフコリメータ、３２リーフコリメータ、６４リーフコリメータ等のために）所望の数のリーフを用いてコリメータを組み立てるために、所望に応じて何度でも繰り返されてもよい。コリメータは、上部プレート１５３０と、中央プレート１５３２と、底部プレート１５３４とを備えてもよい。８つのリーフ駆動機構のそれぞれの種々の構成要素は、図１５Ｄで描写されるように、これらのプレートのうちの１つまたはそれを上回るものによって支持されて保定されてもよい。図１５Ｆで説明および描写される組立方法の目的のために、リーフ駆動機構またはユニットはそれぞれ、シャーシアセンブリ、スコッチヨークアセンブリ、アクチュエータシャフトアセンブリを備える。実施例として、シャーシアセンブリは、フレーム１５０４と、リーフ１５０２と、レール１５０５とを備えてもよく、スコッチヨークアセンブリは、ローラ１５１２と、クランク１５２６とを備えてもよく、アクチュエータシャフトアセンブリは、アクチュエータシャフト１５２４と、第１および第２の軸受１５２５ａ、１５２５ｂとを備えてもよい。アクチュエータシャフトアセンブリは、モータ１５０８に結合されてもよい。図１５Ｅ－１５Ｇは、８つのリーフ駆動ユニットを組み立てるための組立方法１５５０の一変形例を描写する。リーフ駆動ユニットを配列し、隣接する駆動ユニットを収容する空間を作成するように各駆動ユニットの種々のアセンブリを移動させることは、コリメータの全体的占有面積が縮小され得、リーフが放射線ビーム経路内で相互と密接してタイル状に並び得るように、個々のユニットをそれらの隣接するユニットに密接して密集させることに役立ち得る。図１５Ｈは、６４リーフコリメータのそれらの対応する駆動機構のそれぞれを伴う３２個のリーフを描写する。３２個のリーフおよびそれらの対応する駆動機構は、図１５Ｅ－１５Ｇで描写される方法を４回繰り返すことによって、組み立てられてもよい。

【００５７】

上記で説明されるばねベースのリーフ駆動機構は、開放位置と閉鎖位置との間の遷移が所望されるときのみに、リーフを移動させるように構成されるが、他のばねベースの駆動機構では、ばねは、開放位置と閉鎖位置との間でばねを連続的に移動させてもよい。リーフが開放位置または閉鎖位置の中にあるときのタイミングは、パルシング放射線源に対して同期化されてもよい。例えば、選択された周波数における放射線源パルシングからの放射線の透過を遮断するために、ばねは、放射線源が放射線ビームをパルスにするときに、リーフが閉鎖位置にあるように、発振してもよい。放射線の透過を可能にするために、ばねの発振は、放射線源が放射線ビームをパルスにするときに、リーフが開放位置にあるように、その前の発振状態に対して移相されてもよい。図９Ａおよび９Ｂは、時間の関数として連続的に発振または共振するばねベースの駆動機構によって駆動されるリーフの位置のプロットを描写する。時点９００、９０２、９０４は、放射線源が放射線ビームをパルスにする時点を表す。図９Ａは、放射線ビームが発せられるときに、リーフが閉鎖または放射線遮断位置にあるように、放射線源のパルシングと同相で発振するばねによって駆動される、リーフの位置を描写する。発振は、リーフが開放位置まで移動されるときに、放射線源がいかなる放射線も発していないため、たとえリーフが閉鎖位置にないとしても、放射線ビームが組織に透過されないようなものである。図９Ｂは、放射線ビームが発せら

れるときに、リーフが開放または放射線透過位置にあるように、放射線源のパルシングと位相がずれて発振するばねによって駆動される、リーフの位置を描写する。図９Ｂで描写されるリーフの発振は、図９Ａで描写される発振から１８０度位相がずれている。

【００５８】

リーフが放射線パルスの間に閉鎖されたままである、または放射線パルスの間に開放したままであることが所望される場合、ばねは、図９Ａまたは９Ｂのいずれかの軌道に従って発振してもよい。放射線パルスの間に閉鎖されることから開放されることに（または逆も同様に）リーフを遷移させるために、発振のタイミングが偏移される必要がある。放射線パルスと同相であることから放射線パルスと位相がずれていることへの（および逆も同様の）ばね発振の移相は、ばね発振の周波数を一時的に増加または減少させることによって達成されてもよい。いくつかの変形例では、ばねおよび／またはリーフに結合されるアクチュエータは、ばねおよび／またはリーフの運動を改変するように、力をばねおよび／またはリーフに印加してもよい。図９Ｃおよび９Ｄは、リーフが、放射線パルスの間に（例えば、時点９０６、９０８の間に）閉鎖または放射線遮断位置にあることから、放射線パルスの間に（例えば、時点９１０、９１２の間に）開放または放射線透過位置にあることに遷移するように、ばね発振の位相が偏移され得る、２つの方法を描写する。図９Ｃでは、発振は、一時的に発振の周波数を増加させることによって、放射線パルスと同相であることから放射線パルスと１８０度位相がずれていることに偏移されてもよい。リーフは、開放位置に向かって移動すると、閉鎖位置に向かって「蹴り」返される。図９Ｄでは、発振は、一時的に発振の周波数を減少させることによって、放射線パルスと同相であることから放射線パルスと１８０度位相がずれていることに偏移される。リーフは、時点９１０において開放位置に到達するように、開放位置に向かって移動するにつれて減速される。

【００５９】

図９Ｅおよび９Ｆは、上記で説明されるように発振の位相を偏移させるための１つまたはそれを上回るアクチュエータを備える、連続的に発振するばねベースのリーフ駆動機構の一変形例を描写する。リーフアセンブリは、リーフ９２０と、支持体９２２とを備えてもよい。リーフ駆動機構は、開放位置と閉鎖位置との間でリーフアセンブリを移動させるための主要原動力であり得る、第１のばね９２４を備えてもよい。第１のばね９２４は、図９Ａ－９Ｂで描写される位置・時間プロットに従って、連続的に発振していてもよい。ボイスコイルドライバ等のアクチュエータ９２６は、リーフアセンブリを押動および／または引動して、摩擦に起因して失われる任意のばねエネルギーを補償するため、および（例えば、コリメータが始動時に電源を入れるとき、または移動エラーが検出された後にシステムがリセットされたときに）定常状態から移行するリーフを始動させるために、リーフアセンブリに結合されてもよい。ボイスコイルアクチュエータ９２６は、リーフ支持体９２２に取り付けられてもよい。ばねベースの駆動機構はまた、係脱構成および係合構成を有し得る、第２のばね９２８を備えてもよい。第２のばね９２８の構成は、ソレノイド９３０によって制御されてもよい。図９Ｅは、第２のばねがリーフアセンブリの進行経路内になく、第１のばね９２４によるリーフアセンブリの移動に影響を及ぼさない、係脱構成で第２のばね９２８を描写する。第２のばね９２８が係脱構成であるとき、リーフアセンブリは、図９Ａまたは図９Ｂのいずれかの位置・時間プロットによる、第１のばね９２４の移動に従って発振してもよい。第１のばね９２４の発振の位相を偏移させることが所望されるとき、ソレノイド９３０は、図９Ｆで描写されるように、第２のばね９２８を係合構成に遷移させるようにアクティブ化されてもよい。係合構成では、第２のばね９２８は、発振の位相を偏移させるために、リーフアセンブリの運動に影響を及ぼし得る。いくつかの変形例では、第２のばね９２８は、図９Ｃで描写される効果と同様に、発振の周波数を一時的に増加させてもよい。代替として、または加えて、第２のばね９２８は、付加力を第１のばね９２４の発振に提供し、周波数を一時的に増加させるように構成されてもよい。いくつかの変形例では、第２のばね９２８は、周波数を一時的に低減させるために除去されてもよい。

【００６０】
ばねベースのリーフ駆動機構の別の変形例の位置・時間プロットが、図９Ｇで描写されている。開放構成と閉鎖構成との間のリーフまたはリーフアセンブリの移動を駆動するばねの発振は、リーフが開放および閉鎖位置を「オーバーシュート」するように調節されてもよく、リーフが開放または閉鎖位置を「オーバーシュート」した時間の持続時間は、放射線パルス幅（放射線パルス間隔９４４）と一致する。すなわち、リーフは、放射線が透過されるか、または遮断されるかのいずれかである、公称位置を過ぎて移動してもよく、リーフが公称点を過ぎて移動した時間の持続時間は、少なくとも放射線パルス幅の持続時間である。これは、開放または閉鎖位置のいずれかでばねを掛止する必要性を削減することに役立ち得る。例えば、リーフが２つの連続放射線パルスのために開放位置と閉鎖位置との間で遷移する（リーフが９４２軌道を辿る）ことが所望される場合、リーフが開放位置をオーバーシュートして費やす時間が放射線パルスの持続時間に及ぶため、リーフは開放位置で掛止されない。次いで、リーフは、次の放射線パルスのために閉鎖位置まで発振することを可能にされる。しかしながら、リーフが２つの連続放射線パルスのために開放位置に留まる（例えば、リーフが９４０軌道を辿る）ことが所望される場合、リーフ位置は、ラッチによって固着されてもよい。ラッチは、リーフを開放位置で保定するため、かつリーフを解放することを準備するために、リーフに係合するように放射線パルス間隔９４４の持続時間全体を有する。本変形例では、ラッチは、リーフを係合および解放するために約１０ミリ秒を有する。これは、その間にラッチがリーフに係合し、それを解放する時間間隔が、はるかに短い、例えば、２ミリ秒またはそれ未満である、他の変形例と対照的である。「オーバーシュート」の持続時間は、ばねのばね定数を変動させることによって調節されてもよい。例えば、非線形ばねが、所望のタイミングパラメータを達成するために使用されてもよい。上記の実施例は、開放位置においてリーフを掛止することを説明するが、類似原理が閉鎖位置においてリーフを掛止することに適用されることを理解されたい。

【００６１】
放射線ビームの発射とバイナリコリメータの個々のリーフの開放および閉鎖との間のタイミングは、ビームレットの所望のパターンを達成するように調節されてもよい。いくつかの変形例では、ビームレットのパターンは、着目領域（例えば、腫瘍）の形状およびサイズに近似し得る、連続２次元形状を形成してもよい。コリメータを制御する１つの方法は、放射線ビームが発射されるときに、いくつかのリーフが開放し、他のリーフが閉鎖され、なおも他のリーフが開放状態と閉鎖状態との間で遷移しているように、コリメータリーフの開放のタイミングを交互にするステップを含んでもよい。開放状態と閉鎖状態との間で遷移しているリーフの後縁（すなわち、ビーム経路内にあるリーフの一部）は、所望のビーム形状の縁に近似してもよい。放射線ビームの発射とビーム発射中の特定のリーフの位置との間の相対的タイミングは、少なくとも部分的に、リーフが開放状態と閉鎖状態との間で遷移するために要する時間、および全てのビームレットの合計としての所望の形状に依存し得る。図２０Ａは、ビームレットのパターンを形成するために開放状態と閉鎖状態との間で遷移する種々の状態にある、バイナリコリメータリーフＡ－Ｆ、１－４の実施例を描写する。ビーム発射時間t_fに対するリーフＡ－Ｆ、１－４の開口部のタイミングは、図２０Ａで描写されるリーフ位置を獲得するために、図２０Ｂのタイミング図で描写されている。本実施例の目的のために、全てのリーフが閉鎖状態で開始し、ビームレットの最大幅が５単位であり、リーフが閉鎖状態から開放状態に遷移するために５ミリ秒かかると仮定される。いくつかのビームレットが、連続形状を形成してもよい一方で、他のビームレットは、連続形状の一部ではなくてもよいが、近くの腫瘍領域の間の組織を照射する（またはその照射を低減させる）ことなく、近くの腫瘍領域を照射するために使用されてもよい。連続形状２０００は、隣接するコリメータリーフの開放のタイミングを変動させることによって形成されてもよい。個々のビームレット２００２、２００４、２００６は、それらの開放と発射時間t_fとの間の相対的タイミングに応じて、異なるビーム幅を有してもよい。図２０Ａのパターンでは、リーフ１－４は、発射時間t_fにおいて完全

に開放しており（すなわち、各リーフの後縁がビーム幅全体を通過する）、リーフ１－４が開放し始める時間は、t_0である。残りのリーフＡ－Ｆは、閉鎖位置から開放位置まで遷移するにつれて種々の中間位置にあり、故に、それぞれ、t_0からの変動する遅延において開放し始める。例えば、リーフＤは、発射の時間t_fにおいてほぼ完全に開放しており、リーフＥの前に開放し始めてもよい。リーフＡと関連付けられるビームレットの幅は、リーフＢと関連付けられるビームレットの幅より小さく、したがって、リーフＡの開放は、t_0に対してリーフＢの開放よりも遅延させられる。所望のビームプロファイルは、治療前段階中に判定されてもよく、ＣＴ、ＭＲＩ、ＰＥＴ等を含むが、それらに限定されない、１つまたはそれを上回る画像診断法を介して取得される腫瘍の画像に基づいてもよい。コンピュータ実装方法は、開放位置と閉鎖位置との間のリーフの遷移時間およびリーフが開放位置または閉鎖位置から開始するかどうかに基づいて、ビーム発射の時間において所望の放射線プロファイルを達成するために、コリメータリーフ開放の相対的タイミングを計算してもよい。本方法は、本明細書に説明されるバイナリコリメータリーフ駆動機構のうちのいずれかとともに使用され得ることを理解されたい。図２０Ａおよび２０Ｂで描写される実施例は、リーフの全てがt_0において閉鎖位置にあることを仮定するが、他の実施例では、リーフは全て、開放位置にあってもよい、またはいくつかのリーフが、開放していてもよい一方で、他のリーフは、閉鎖されてもよい。

【００６２】

いくつかのばねベースのリーフ駆動機構は、線形ばね（すなわち、一定のばね定数を有するばね）を使用してもよいが、他のばねベースのリーフ駆動機構は、非線形ばね（すなわち、可変ばね定数を有するばね）を使用してもよい。線形ばね共振器システムと関連付けられる正弦曲線の「位置対時間」軌道（別名「形状」）は、１つまたはそれを上回る非線形ばねを使用するときに変化し得る。例えば、「硬化」ばねは、システムに極値近傍でより少ない時間を費やさせ得、軟化ばねは、極値近傍で費やされる時間を増加させ得る。ばね挙動は、対称ではない場合がある。いくつかの変形例では、ばねベースのリーフ駆動機構用のばねは、リーフが閉鎖位置においてより短い滞留時間および開放位置においてより長い滞留時間を有し得るように、選択されてもよい。カムベースのリーフ駆動機構に関して上記で説明されるように、ばねベースのリーフ駆動機構は、閉鎖位置のために単一の堅固なラッチを備えてもよい。エネルギーをばねシステムに回復させるために使用されるアクチュエータは、随意に、運動の形状を調整するために使用されてもよい。アクチュエータがばねと同一の方向に力を印加するとき、これは、ばねを「硬化」させるために使用されることができ、代替として、アクチュエータ力が反対方向にあるとき、全体的挙動は、「軟化」したばねのものであろう。

【００６３】

放射線療法システム（例えば、放出誘導型放射線療法システム）の高帯域幅マルチリーフコリメータで使用され得る、リーフ駆動機構の別の変形例は、流体動力機構、例えば、空気圧式シリンダまたはモータ、または油圧式シリンダまたはモータを備えてもよい。コリメータリーフは、流体動力機構のピストンの移動に結合されてもよい。いくつかの変形例では、流体動力作動機構は、バレルと、バレル内で移動可能なピストンと、流体源と、流体源とバレルとの間の１つまたはそれを上回る流体導管とを備えてもよい。ピストンは、ピストン運動がリーフの直線運動を引き起こすように、コリメータリーフに結合されてもよい。リーフの進行経路は、バレルの縦軸と実質的に整合され、および／または同一線上にあり、および／または平行であり得る。１つまたはそれを上回る流体導管は、バレルの中への流体流を調整して制御するように、１つまたはそれを上回る弁を備えてもよい。１つまたはそれを上回る弁は、独立して動作可能であり、各弁が他の弁と別個に開放または閉鎖し得るように制御されてもよい。コントローラは、相互に対する種々の弁の開放および閉鎖のタイミングを調整し、以前に規定された時間枠内で所望のリーフ運動を達成するように構成されてもよい。代替として、バレルの中への流体流は、単一の弁によって制御されてもよい。本明細書に説明される実施例は、空気圧式シリンダまたはモータを対象とし得るが、類似動作原理はまた、油圧式シリンダまたはモータに適用され得ることを理

解されたい。

【００６４】

放射線療法システム用のコリメータに含まれ得る、空気圧式機構を備える、アクチュエータシステムの一変形例が、図１０Ａ－１０Ｇで描写されている。空気圧式リーフ作動機構１０００は、バレル１００２と、バレルの長さに沿って移動可能なピストン１００４と、弁導管１０１６を介してバレルに流体的に接続され、バレルの遠位部分に位置する、第１の弁１００６と、弁導管１０１８を介してバレルに流体的に接続され、バレルの近位部分に位置する、第２の弁１００８と、流体源１０１４と、流体源１０１４を第１および第２の弁のそれぞれに接続する流体導管１０１２ａ、ｂとを備えてもよい。リーフ１０１０は、バレル１００２内のピストンの移動が開放位置と閉鎖位置との間でリーフを移動させるように、ピストンロッド１００５に接続されてもよい。本変形例では、リーフ進行経路は、実質的にバレルの縦軸と整合される。近位弁導管１０１８がバレルに接続する場所は、ピストン１００４の位置にかかわらず、それがピストンシール１００３の近位に位置するようなものであってもよく、遠位弁導管１０１６がバレルに接続する場所は、ピストン１００４の位置にかかわらず、それがピストンシール１００３の遠位に位置するようなものであってもよい。第１および第２の弁１００６、１００８はそれぞれ、２つのソースポートと、１つの出力ポートとを備えてもよい。出力ポート１０２０ａ、ｂは、それぞれ、弁導管１０１６、１０１８に接続してもよい。第１のソースポート１０２２ａ、ｂは、流体導管１０１２ａ、ｂを介して、加圧流体源（例えば、１２０ｐｓｉにおいて加圧される空気）に流体的に接続されてもよい。第２のソースポート１０２４ａ、ｂは、大気圧における空気に接続されてもよい（すなわち、放出される）。いくつかの変形例では、第２のソースポートは、通気口であってもよい。第１および第２の弁１００６、１００８のそれぞれのソースポート１０２２ａ、ｂおよび１０２４ａ、ｂは、出力ポート１０２０ａ、ｂを加圧空気または大気のいずれかに接続するように、個別に開放または閉鎖されてもよい。各弁は、その弁のための第１および第２のソースポートが両方とも同時に開放されないように、制御されてもよく、第１のソースポートが開放されるか、または第２のソースポートが開放されるかのいずれかであるが、両方ではない。以下の説明の目的のために、弁は、出力ポートが加圧（例えば、高圧）空気源に接続されるときに「オン」として表され、出力ポートが大気圧における空気に接続される（例えば、放出される）ときに「オフ」として表されるであろう。いくつかの変形例では、加圧空気がピストンシール１００３の一方の側面上で（例えば、近位側または遠位側のいずれかで）提供される前に、大気が、ピストンシール１００３の他方の側面に提供されてもよい。これは、加圧空気がバレルの一方の側面から他方の側面にピストンを移動させることができる、速度を増加させることに役立ち得る。このようにして空気を放出することは、リーフが閉鎖位置と開放位置との間で遷移するために要する時間を短縮することに役立ち得る。

【００６５】

図１０Ｂ－１０Ｆは、空気圧式作動機構がリーフを閉鎖位置から開放位置に遷移させ、閉鎖位置に戻す際の一連の事象を概略的に描写する。図１０Ｇは、リーフが、時点１０３０の前の閉鎖位置から時点１０３６における開放位置に遷移し、時点１０４２において閉鎖位置に戻る、リーフの位置に対する第１および第２の弁のアクティブ化（すなわち、オンにすることおよび／またはオフにすること）のタイミング図を描写する。時点１０３０と１０３６との間の時間間隔は、１０ミリ秒であるが、間隔は、任意の時間の長さであり得ることを理解されたい。同様に、リーフが開放位置にある時間（すなわち、時点１０３６と１０４０との間の間隔）または閉鎖位置にある時間（すなわち、時点１０４２と１０４６との間の間隔）は、６ミリ秒であると描写されるが、リーフ開放または閉鎖持続時間は、任意の所望の時間の長さであり得ることを理解されたい。より一般的には、図１０Ｇのタイミング図に示される、異なる時間間隔は、リーフ遷移の所望の速度およびリーフが開放または閉鎖位置にある必要がある時間に応じて、変動し得る。

【００６６】

図１０Ｂは、閉鎖位置でリーフ１０１０を描写する。その位置では、第１の弁１００６

が、大気圧空気に接続されてもよい（すなわち、放出されてもよい）一方で、第２の弁１００８は、高圧空気源１０１４に接続されてもよい（すなわち、第１の弁の第２のソースポート１０２４ａが開放し、第２の弁の第１のソースポート１０２２ｂが開放する）。本実施例では、時点１０３６までに閉鎖位置から開放位置までリーフを移動させるために、第１および第２の弁は、時点１０３０（この場合、リーフが開放位置にある時間の１０ミリ秒前）から始まる、遷移を開始する。時点１０３０では、第２の弁１００８は、時点１０３２においてオフにされ、第１の弁１００６は、オンにされる。時点１０３０と１０３２との間の時間間隔Ｉ１中に、空気圧式作動機構は、図１０Ｃで描写される開放前状態にある。間隔Ｉ１の持続時間は、約２ミリ秒であってもよい。第１の弁１００６がオンにされた後、高圧源１０１４からバレル１００２に移送された空気は、開放位置に向かってリーフを押勢するように、時点１０３４においてピストンを動かし始めてもよい。リーフは、時点１０３６までに開放位置まで移動されてもよく、間隔Ｉ２は、リーフが閉鎖位置から開放位置に遷移するために要する時間である（本実施例では、４ミリ秒である）図１０Ｄは、リーフが開放位置にあるときに、時点１０３６における空気圧式作動機構の構成を描写する。

【００６７】

次の段階でリーフ１０１０を閉鎖位置に戻すことが所望される（すなわち、次の発射位置では、本リーフが閉鎖される必要がある）場合には、第１の弁１００６は、時点１０３６においてオフにされてもよい。時点１０３８では、第２の弁１００８は、オンにされてもよい。時点１０３６と１０３８との間の時間間隔Ｉ３中に、空気圧式作動機構は、図１０Ｅで描写される閉鎖前状態である。間隔Ｉ３の持続時間は、約２ミリ秒であってもよい。第２の弁１００８がある時間期間にわたってオンにされた後、高圧源１０１４からバレル１００２に移送された空気は、時点１０４０において閉鎖位置に向かってピストン（したがって、リーフ）を移動させ始めてもよい。リーフは、時点１０４２までに閉鎖位置まで移動されてもよく、間隔Ｉ４は、リーフが閉鎖位置から開放位置に遷移するために要する時間である（本実施例では４ミリ秒である）。リーフが閉鎖位置から開放位置に遷移するために要する時間（すなわち、間隔Ｉ２）は、リーフが開放位置から閉鎖位置に遷移するために要する時間（すなわち、間隔Ｉ４）と同一である場合もあり、そうではない場合もある。

【００６８】

次の段階でリーフ１０１０を開放位置まで移動させることが所望される（すなわち、次の発射位置では、本リーフが開放する必要がある）場合には、時点１０３０から始まるステップが繰り返されてもよい。すなわち、時点１０４２では、第２の弁１００８は、オフにされてもよく、次いで、時点１０４４では、第１の弁１００６は、オンにされる。これらのステップは、開放位置と閉鎖位置との間でリーフ１０１０を移動させるように、コントローラから弁へのコマンドに従って繰り返されてもよい。

【００６９】

代替として、または加えて、流体動力システムのいくつかの変形例は、バレル内のリーフ進行経路の２つの極値に（例えば、開放位置および閉鎖位置に）位置する、１つまたはそれを上回るバンパを備えてもよい。ピストンが進行経路のいずれかまで移動すると、バンパに接触してもよい。これは、進行経路の終端に到達するにつれて、リーフの運動のより遅い／段階的減速を促進してもよい。これは、過剰な力および高速反復が、適切な減衰を伴わずにピストンおよび／またはバレルを損傷し得るため、ピストンおよびバレル機構の耐用期間を延長することに役立ち得る。いくつかの変形例では、バンパが、バレルの外側に位置してもよい一方で、他の変形例では、バンパは、バレルの内側に位置してもよい。１つまたはそれを上回るバンパを備える流体動力システムの一変形例が、図１６Ｈで描写されている。そこで描写されるように、リーフ１６９１用の駆動機構１６９０は、バレル１６９６と、バレル１６９６内で縦方向に移動可能なシール１６９４を有するピストン１６９２と、バレルの第１の端壁に隣接して位置する第１のバンパまたはダンパ１６９８と、（例えば、第１の端壁の反対にある）バレルの第２の端壁に隣接して位置する第２の

バンパまたはダンパ１６９９とを有する、空気圧式アクチュエータシステムを備えてもよい。空気圧式システムはまた、ピストン１６９２のシャフト１６９７の一方の側面（または端部）を覆って配置される第１のワッシャまたはディスク１６９３と、（例えば、リーフ１６９１に隣接する）ピストンシャフトの他方の側面（または端部）を覆って配置される第２のワッシャまたはディスク１６９５とを備えてもよい。第１および第２のワッシャまたはディスクは、ピストンシャフト１６９７に固定して取り付けられてもよく、いくつかの変形例では、シャフト１６９７から延在する突出または曲線であってもよい。ピストン１６９２がバレル１６９６に対して平行移動すると、第１のディスク１６９３は、リーフが閉鎖位置にあるときに第１のダンパ１６９８に接触してもよく、第２のディスク１６９５は、リーフが開放位置にあるときに第２のダンパ１６９９に接触してもよい。ダンパが２つの端壁に隣接してバレル内に位置する変形例では、ピストンシールは、リーフが閉鎖位置または開放位置まで移動するときにダンパに接触してもよい。１つまたはそれを上回るダンパの硬度、厚さ、および材料は、リーフが過剰に減衰されることなく比較的段階的または穏やかな停止に至ることができ、リーフがダンパを跳ね返すほど堅い、または厚い、または非柔軟（すなわち、過小減衰）となるべきではないように、十分なエネルギーを吸収するように選択されてもよい。すなわち、ダンパの材料性質および幾何学形状は、リーフ衝突からの力が決定的に減衰されるように選択されてもよい。いくつかの変形例では、ダンパは、２つの異なる材料で作製された２つの層を備えてもよい。ダンパの第１のリーフ接触層は、第２の層よりも硬質の材料（例えば、より高いデュロメータを有する）であってもよい。これは、局所衝突点におけるエネルギーが吸収されるにつれて分散されるように、ダンパのより広い面積にわたってリーフの衝突力を分配することに役立ち得る。第１のリーフ接触層はまた、リーフとの反復接触の磨耗および引裂を持続させることができるように、第２の層の材料よりも頑丈な材料であってもよい。いくつかの実施例では、ダンパの第１のリーフ接触層が、約９０のショアＡデュロメータを有する材料で作製されてもよい一方で、第２の層は、約７０のショア００デュロメータを有する材料で作製されてもよい。いくつかの変形例では、ダンパの全厚は、約０．５インチ～約２インチ、例えば、約０．６８インチ、約０．７５インチ等であってもよい。第１のリーフ接触層の厚さは、約０．０４インチ～約１インチ、例えば、約０．０６２５インチ、約０．０７５インチ等であってもよい。第２の層の厚さは、約０．４インチ～約１インチ、例えば、約０．６２５インチ、例えば、約０．５インチ、例えば、０．７５インチ等であってもよい。

【００７０】

バレルおよび対応するピストンの幾何学形状は、空気圧式作動機構が空間効率的な様式でコンパクトに配列されるようなものであってもよい。例えば、バレルおよびピストンの断面形状は、非円形であり得る。断面形状は、その長さと比較して比較的狭い幅を有する、任意の形状であってもよく、例えば、図１０Ｈ－１０Ｉで描写されるように、長方形または卵形であり得る。そのような狭い幾何学形状は、流体動力作動機構の空間効率的密集を促進してもよい。流体源は、流体圧縮機であってもよい。流体源は、放射線療法システムのガントリ上に位置してもよい、またはガントリから外れて位置してもよい。

【００７１】

放射線療法システムに含まれ得る、ばねシステムと、空気圧式アクチュエータシステムとを備える、コリメータリーフ駆動機構の一変形例が、図１６Ａ－１６Ｆで描写されている。駆動機構１６００は、縦方向管腔１６０３を伴うバレル１６０２と、第１の側面開口部１６０４と、第２の側面開口部１６０６と、第１の側面開口部と第２の側面開口部との間にバレル内で移動可能であり得る、ピストンシール１６１０を伴うピストン１６０８とを備える、空気圧式アクチュエータシステムと、ピストンシール１６１０の第１の側面上に配置される第１のばね１６１２と、ピストンの第２の側面上に配置される第２のばね１６１４とを備える、ばねシステムとを備えてもよい。コリメータリーフ１６１６は、リーフシャフト１６１８を介してピストン１６０８に取り付けられてもよい。いくつかの変形例では、リーフシャフト１６１８は、図１６Ｂで描写されるように、ピストン１６０８と一体であり得る。ばねシステムは、空気圧式システムのバレル内に位置してもよい、また

は空気圧式システムのバレルの外側に位置してもよい。例えば、図１６Ｂは、ばねシステム（第１のばね１６１２および第２のばね１６１４）がバレルの縦方向管腔内に位置する、一実施例を描写する。第１および第２のばねがピストンシールの反対側にあるように、第１のばね１６１２は、ピストンシールと第１のばね停止部１６２０との間に配置されてもよく、第２のばね１６１４は、ピストンシールと第２のばね停止部１６２２との間に配置されてもよい。第１および第２のばね停止部１６２０、１６２２はそれぞれ、それを通してピストン１６０８が摺動可能に配置され得る、管腔を有してもよい。他の実施例では、ばねシステムは、図１６Ｆで描写されるように、空気圧式システムのバレルの外側に位置してもよい。駆動機構１６５０では、第１のばね１６５２は、ピストン１６５７に取り付けられた第１のばねマウントまたはディスク１６６０と、バレルに取り付けられた第１のばね停止部またはディスク１６６４との間でバレル１６５６の外側に配置される。第２のばね１６５４は、ピストン１６５７に取り付けられた第２のばねマウントまたはディスク１６６２と、バレルに取り付けられた第２のばね停止部またはディスク１６６６との間でバレル１６５６の外側に配置される。いくつかの変形例は、バレルのいずれかの側面上に位置するばね停止部を有していなくてもよいが、ばねは、バレルおよびばねマウントの端壁の間に配置されてもよい。ピストン１６５７（ひいては、第１および第２のばねマウント１６６０、１６６２）は、ピストンシールがバレル内の２つの開口部の間で移動するように、第１および第２のばね停止部１６６４、１６６６内で摺動することが可能である。バレルの外部のばねの配置は、空気圧式作動システムへの影響（またはその分解）を殆どまたは全く伴わずに、ばねシステムの修理が行われ得るように、ばねの修理および／または交換を促進することに役立ち得る。代替として、または加えて、駆動機構１６００、１６３０、１６５０は、図１６Ｈで説明および描写されるような１つまたはそれを上回るバンパまたはダンパを備えてもよい。

【００７２】

駆動機構１６００、１６３０、１６５０は、例えば、図１０Ｂ－１０Ｇに関して上記で説明されるように、同様に動作されてもよい。駆動機構１６００、１６３０、１６５０内の第１および第２のばねは、注入された流体によって提供される力とともに建設的に増大し、開放構成と閉鎖構成との間の遷移が所望の時間間隔内で起こり得るように、所望の速度においてバレル内でピストンシールを移動させ得る、累積原動力を提供してもよい。バレルの中および外への流体流はまた、リーフが第１の場所または第２の場所（すなわち、閉鎖構成または開放構成）で保持され得るように、ピストンシールの片側で流体によって提供される圧力の規模が、ピストンシールの反対側でばねシステムによって印加される力に少なくとも等しい（および／またはそれを超え得る）ように、調節されてもよい。ピストンシールの片側の流体圧力が、ばねシステムによって印加される力に対抗し、それを超えるとき、ばねシステムのばねは、ポテンシャルエネルギーがばねシステムの中へ追加されるように、拡張および／または圧縮されてもよい（例えば、ピストンシールの片側で圧縮され、ピストンシールの反対側で拡張される）。空気圧式アクチュエータシステムによるばねシステムの中へのポテンシャルエネルギーの追加は、リーフが（例えば、摩擦に起因して）開放位置と閉鎖構成との間で移動するにつれて、エネルギーの損失を補償することに役立ち得る。図１６Ｃは、（図１０Ｂおよび１０Ｃで説明および描写される構成に対応し得る）閉鎖構成で駆動機構１６００およびリーフ１６１６を描写する。図１６Ｄは、（図１０Ｄおよび１０Ｅで説明および描写される構成に対応し得る）開放構成で駆動機構１６００およびリーフ１６１６を描写する。図１０Ｃおよび１０Ｅで描写される構成に関して上記で説明されるように、加圧空気がピストンシールの一方の側面上で提供される前に、大気がピストンシールの他方の側面に提供されてもよい。これは、加圧空気がバレルの一方の側面から他方の側面までピストンを移動させることができる、速度を増加させることに役立ち得る。このようにして空気を放出することは、リーフが閉鎖位置と開放位置との間で遷移するために要する時間を短縮することに役立ち得る。いくつかの変形例では、加圧空気は、運動の終了時にリーフを減速することに役立つように提供されてもよい。例えば、ピストンが図１０Ｄで描写される場所に近づくと、第２の弁１００８は、加圧空

気源に接続してピストン１００４の速度を低減させるように開放されてもよく、これは、リーフがその所望の終点よりも遠くに進行することを防止し、リーフ運動整定時間を短縮し、ばねがその設計点を越えて圧縮することを防止し得る。同様に、ピストンが図１０Ｆで描写される場所に近づくと、第１の弁１００６は、加圧空気源に接続してピストンの速度を低減させるように開放されてもよい。減速を促進するために空気圧を使用することは、ピストン上の磨耗および引裂を低減させ、ばねの耐用期間を増加させ、リーフ運動のための整定時間を減少させることに役立ち得る。

【００７３】

リーフ駆動機構１６００内の第１および第２のばねは、それらが開放構成と閉鎖構成との間の完全ストロークのためにピストンシールと接触するような長さを有してもよい。例えば、第１のばねの第１の端部は、第１のばね停止部に取り付けられてもよく、第２の端部は、ピストンシールに取り付けられなくてもよいが、第１のばねの長さは、第２の端部がピストンシールと接触するようなものである。代替として、または加えて、第２の端部は、ピストンシールに取り付けられてもよい。第２のばねは、類似配列を有してもよい。いくつかの変形例では、一方のばねが、ピストンシールに取り付けられる一方で、他方のばねは、ピストンシールに取り付けられない。なおも他の変形例では、ばねのうちの１つまたはそれを上回るものは、ピストンシールに取り付けられてもよいが、バレルのいずれかの端部上でばね停止部に取り付けられなくてもよい。他の変形例では、第１および第２のばねのいずれか一方または両方は、ばねが完全ストロークのためにピストンシールと接触したままではないように、短縮した長さを有してもよい。例えば、リーフ駆動機構１６３０は、バレル１６３６内に位置する、第１のばね１６３２と、第２のばね１６３４とを備える、ばねシステムを有してもよい。第１および第２のばねのそれぞれの一方の端部は、対応するばね停止部１６３８、１６４０に取り付けられてもよい。図１６Ｅで描写される変形例では、第２のばね１６３４の他方の端部は、ピストンシール１６３７に取り付けられなくてもよく、第２のばね１６３４が第１の側面開口部１６３１に向かって移動するにつれてピストンシール１６３７に接触しないように、第１の側面開口部１６３１とバレル端壁１６３３との間の距離よりも短い長さを有してもよい。第１のばね１６３２は、類似配列を有してもよい、またはピストンシール１６３７に取り付けられ、および／または反対バレル端壁１６３５と第２の開口部１６４１との間の距離と少なくとも同一である長さを有してもよい。より短いばねは、ピストンシールが、依然として流体によって押動されながら、進行の中心を横断して「飛行」することを可能にし得る。これは、リーフが開放または閉鎖位置に接近する際のシールの減速を後に開始させ得る。図１６Ｅで描写される配列は、（ばねが両方の端部においてピストンシールおよびばね停止部に取り付けられる配列と比較して）ストロークの中央を通してより速い進行をもたらし得るが、ストロークの終了時に、ある「過剰進行」も引き起こし得る（すなわち、リーフが最小距離を越えて進行し、開放構成で放射線ビーム経路を通過する、および／またはリーフが最小距離を越えて進行し、閉鎖構成で放射線ビーム経路を妨害する）。

【００７４】

図１６Ｇは、上記で説明されるように、それぞれ、空気圧式作動システムと、ばねシステムとを備える、４つのリーフ駆動機構のアセンブリを描写する。４つの駆動機構のそれぞれのばねシステム１６８２ａ、１６８２ｂ、１６８２ｃ、１６８２ｄは、空気圧式作動機構のバレルの外部にあるばねを備えてもよい。４つのリーフ（図示せず）はそれぞれ、４つのフレーム１６８４ａ、１６８４ｂ、１６８４ｃ、および１６８４ｄによって４つの駆動機構に結合されてもよい。駆動機構がフレームの幅１６８６に沿った異なる点において、それらの個別のフレームに取り付けられるように、駆動機構は、交互配列された様式でともにタイル状に並べられるように配列されてもよい。フレームへの駆動機構の取付場所を交互配列することは、コリメータによって占有される空間がよりコンパクトであり得るように、（図面の平面と垂直な方向に）駆動機構のそれぞれの間の空間を縮小することに役立ち得る。図１６Ｇは、コリメータのために所望され得るだけ多くのリーフを含むように反復および拡張され得る、４つのリーフおよび駆動機構のアセンブリを描写する。例

えば、コリメータは、それらの独自の駆動機構をそれぞれ伴う、１６、３２、６４、１２８個、またはそれを上回るリーフを有してもよい。

【００７５】

いくつかのコリメータリーフ駆動機構は、ばねシステムと、空気圧式またはスロット付き連結機構を有する、アクチュエータシステムとを備えてもよいが、他の駆動機構は、電磁アクチュエータシステムを備えてもよい。電磁アクチュエータシステムは、リーフが取り付けられる可動部材と、第１のコイル状アセンブリと、間隙によって第１のコイル状アセンブリに分離される第２のコイル状アセンブリとを備えてもよい。可動部材は、間隙内に位置してもよく、第１のコイル状アセンブリと第２のコイル状アセンブリとの間で移動可能であり得る。各コイル状アセンブリのコイルを通る電流は、磁場を生成し、磁場の方向および規模は、印加された電流の規模および方向に依存する。開放または閉鎖構成でリーフを保定することが所望されるとき、一方のコイル状アセンブリ（例えば、第１または第２のコイル状アセンブリのいずれか）は、そのコイル状アセンブリに対して可動部材を保持するように、そのコイルを通して電流を印加することによって、アクティブ化されてもよい。閉鎖または開放構成でリーフを保定するために、他方のコイル状アセンブリ（例えば、第２または第１のコイル状アセンブリのいずれか）は、そのコイル状アセンブリに対して可動部材を保持するように、そのコイルを通して電流を印加することによって、アクティブ化されてもよい。いくつかの変形例は、いかなる電力も引き出すことなく、開放または閉鎖構成でリーフを保定するように構成され得る、１つまたはそれを上回る永久磁石を備えてもよい。例えば、可動部材は、永久磁石を備えてもよい。他の変形例では、１つまたはそれを上回る電磁石が、使用されてもよく、開放または閉鎖構成でリーフを保持するためにこれらの電磁石に供給される電力の量は、少なくとも部分的に、ばねシステムによって生成される力に対抗するために必要とされる磁力の量によって判定されてもよい。電磁アクチュエータシステムは、線形化可変リラクタンスアクチュエータ等の可変リラクタンスアクチュエータを含んでもよい。

【００７６】

マルチリーフコリメータ内のばねシステム（本明細書に説明されるいずれか等）と併せて使用され得る、電磁アクチュエータシステムの一変形例が、図１７Ａ－１７Ｅで描写されている。電磁アクチュエータシステム１７００は、可変リラクタンスアクチュエータであってもよく、第１のコイル状アセンブリ１７０４と、間隙１７０１によって第１のコイル状アセンブリから分離される第２のコイル状アセンブリ１７０６との間に位置する、可動部材１７０２を備えてもよい。（図１７Ｂで概略的に表される）コリメータリーフ１７１１は、可動部材１７０２に取り付けられてもよい。可動部材１７０２は、図１７Ｅに示されるように、第１および第２のコイル状アセンブリおよびばねシステムから可動部材への累積力に応じて、第１のコイル状アセンブリと第２のコイル状アセンブリとの間の間隙１７０１内で移動する。（コリメータリーフが取り付けられ得る）可動部材１７０２は、可動マウント１７２０に取り付けられてもよい。可動マウント１７２０は、可動マウントの第１の端部に位置する第１のばね取付部分１７２２ａと、可動マウントの第２の端部に位置する第２のばね取付部分１７２２ｂとを備えてもよい。ばねシステムは、第１のばね１７０３ａと、第２のばね１７０３ｂとを備えてもよい。第１および第２のばねは、（図１７Ｅで描写されるような）コイルばねであってもよい、または以前に説明されたような任意のタイプのばねであってもよい。第１のばね１７０３ａの第１の端部は、可動マウントの第１のばね取付部分１７２２ａに取り付けられてもよく、第１のばね１７０３ａの第２の端部は、第１のばねマウント１７２４ａに取り付けられてもよい。第２のばね１７０３ｂの第１の端部は、可動マウントの第２のばね取付部分１７２２ｂに取り付けられてもよく、第２のばね１７０３ｂの第２の端部は、第２のばねマウント１７２４ｂに取り付けられてもよい。第１および第２のばねマウント１７２４ａ、ｂは、ばねマウント１７２４ａ、ｂ、第１のコイル状アセンブリ１７０４、および第２のコイル状アセンブリ１７０６が、可動部材１７０２および可動マウント１７２０に対して静止しているように、基部（例えば、搭載プレート、ボード、または基板）に固定して取り付けられてもよい。間隙１

７０１のサイズは、開放構成から閉鎖構成までのリーフの進行距離に対応するように選択されてもよく、いくつかの変形例では、所望のビーム幅を上回るまたはそれと等しくあり得る。例えば、間隙１７０１は、約１２ｍｍ～約１５ｍｍであってもよい。間隙のサイズは、ばねおよびリーフおよび／または可動部材の運動中に失われた（例えば、摩擦、引きずり等に起因するエネルギー損失）ばね力に少なくとも等しい（随意に、それを上回り得る）ポテンシャルエネルギーをばねシステムに追加するように、ばねシステムの１つまたはそれを上回るばねを圧縮および／または拡張するように選択されてもよい。各コイル状アセンブリは、第１の管腔を有する第１のコイルと、第２の管腔を有する第２のコイルと、第１および第２の管腔の両方を通って延在するコアとを備えてもよい。例えば、図１７Ａ、１７Ｂ、および１７Ｄで描写されるように、第１のコイル状アセンブリ１７０４は、第１の管腔１７０９ａを有する第１のコイル１７０８ａと、第２の管腔１７０９ｂを有する第２のコイル１７０８ｂと、第１および第２の管腔の両方を通って延在するＣ字形コア１７１０とを備えてもよい。Ｃ字形コアの第１および第２の端部は、コイルの管腔を通って延在してもよい（例えば、図１７Ｂ参照）、またはコイルの管腔の開口部と同一平面であり得る。コイルは、銅、アルミニウム、銀、金、カーボンナノチューブ、または他の伝導材料を備えてもよく、そのうちのいずれかは、円形、正方形、長方形、またはリボン状の断面を有してもよい。例えば、コイルは、幅がコイルの厚さ／高さを上回る、断面形状を有してもよく、および／または上記で説明される材料の１つまたはそれを上回るストリップ、シート、編組等であってもよい。コアは、積層鋼、中実鋼、積層鋼合金、または中実鋼合金を備えてもよい。可動部材１７０２は、積層鋼を備えてもよい。可動部材１７０２の移動は、ばねシステムから可動部材に及ぼされる力に加えて、第１のコイル状アセンブリまでの可動部材の距離、第２のコイル状アセンブリまでの可動部材の距離、および第１および第２のコイル状アセンブリのそれぞれによって生成される電磁力の関数であってもよい。可動部材がコイル状アセンブリに近いほど、そのコイル状アセンブリによって可動部材に及ぼされる引力が大きくなる。可動部材に及ぼされる、コイル状アセンブリによって生成される力（電流の方向に応じて、引力または斥力のいずれか）は、コイル状アセンブリに対する可動質量の位置およびコイル状アセンブリのコイルを通る電流に非線形的に関連し得る（例えば、力は、コイル状アセンブリと可動部材との間の間隙に反比例し、電流の二乗に比例し得る）。例えば、電磁アクチュエータシステム１７００は、反対単極可変リラクタンスアクチュエータであってもよい。開放または閉鎖位置でリーフを保定することが所望されるとき、一方のコイル状アセンブリ（例えば、第１または第２のコイル状アセンブリのいずれか）は、そのコイル状アセンブリに対して可動部材１７０２を保定するように、そのコイルを通して電流を印加することによって、アクティブ化されてもよい。閉鎖または開放構成でリーフを保定するために、他方のコイル状アセンブリ（例えば、第２または第１のコイル状アセンブリのいずれか）は、そのコイル状アセンブリに対して可動部材１７０２を保持するように、そのコイルを通して電流を印加することによって、アクティブ化されてもよい。

【００７７】

電磁アクチュエータシステムの別の変形例が、図１８Ａおよび１８Ｂで描写されている。電磁アクチュエータシステム１８００は、図１７Ａ－１７Ｄで描写されるシステム１７００に類似し得（同様の番号が同様の要素を表す）、システム１７００の説明は、システム１８００にも適用され得る。同様に、コリメータリーフは、図１７Ｂで描写されるように可動部材１８０２に取り付けられてもよい。システム１８００は、永久磁石１８０３を備える、可動部材１８０２を備えてもよい。永久磁石１８０３は、可動部材上のいずれかの場所に位置してもよく、例えば、可動部材（例えば、永久磁石コア）内に、および／または可動部材の表面に沿って位置してもよい。いくつかの変形例では、可動部材は、可動部材の長さに沿って直線的に配列される、可動部材内に完全に封入される、可動部材内に部分的に封入される、可動部材の表面上にある、対称または非対称に配列される、可動部材の一方または両方の端部上にある等であり得る、複数の永久磁石を備えてもよい。永久磁石１８０３は、可動部材に及ぼされる、コイル状アセンブリによって生成される力（電

流の方向に応じて、引力または斥力のいずれか）を線形化するように作用してもよい。すなわち、生成された力は、アクティブ化されたコイル状アセンブリに対する可動質量１８０２の位置およびアクティブ化されたコイル状アセンブリのコイルを通る電流に直線的に関連し得る。本線形化効果は、間隙１８０１のサイズがコア１８１０の端部分１８１１の断面形状の最小寸法よりも小さい（例えば、間隙の幅がコアの端部分１８１１の最小寸法の約２０％未満、または約１０％未満、または約５％未満、または約２％未満、または約１％未満である）ときには、より顕著であり得、間隙１８０１が極面寸法に類似する（例えば、間隙の幅がコアの端部分１８１１の最小寸法の約５０％を上回る、または約７０％を上回る、または約７５％を上回る、または約８０％を上回る、または約９０％を上回る）ときには、あまり適用可能ではない場合がある。加えて、可動部材１８０２内の永久磁石１８０３は、システム１８００が、コイル状アセンブリを通して電流を駆動することなく、閉鎖または開放構成のいずれかでリーフを保定することを可能にし得、システム１８００の電力消費量を削減することに役立ち得る。リーフが一方の構成から他方の構成に遷移し得るように、それが磁気的に取り付けられるコイル状アセンブリ（例えば、第１のコイル状アセンブリ）から可動部材１８０２を解放するために、第１のコイル状アセンブリと可動部材との間の引力が低減される（例えば、それらの間の斥力が増加される）ように、適切な規模および方向を伴う電流が、第１のコイル状アセンブリに印加されてもよく、次いで、ばねアセンブリからの力は、可動部材が第１のコイル状アセンブリから離れて第２のコイル状アセンブリに向かって移動することを可能にし得る。

【００７８】

図１９Ａ－１９Ｃは、１つまたはそれを上回る永久磁石を備える、種々の電磁作動システムを描写する。作動システム１９００、１９２０、１９４０は、図１７Ａ－１７Ｄで描写される作動システム１７００に類似し得、それぞれ、第１のコイル状アセンブリと第２のコイル状アセンブリとの間の間隙の中に位置する可動部材を備えてもよい。コリメータリーフは、図１７Ｂで概略的に描写されるように、可動部材に取り付けられてもよい。電磁作動システム１９００は、第１および第２のコイルの管腔内に配置される第１のコア１９０６とともに第１および第２のコイルを有する、第１のコイル状アセンブリ１９０２と、第１および第２のコイルの管腔内に配置される第２のコア１９０８とともに第１および第２のコイルを有する、第２のコイル状アセンブリ１９０４とを備えてもよい。第１のコア１９０６および第２のコア１９０８はそれぞれ、永久磁石１９１０、１９１２を備えてもよい。例えば、第１および第２のコアは、Ｃ字形であり得、永久磁石は、（例えば、コイル状アセンブリの第１のコイルと第２のコイルとの間の間隙に跨架する、コアの長さに沿って位置する）「Ｃ」の垂直長に沿って位置してもよい。代替として、または加えて、１つまたはそれを上回る永久磁石が、Ｃ字形コアの端部に位置してもよい。例えば、電磁作動システム１９２０は、第１のコイルアセンブリ１９２２と、第２のコイルアセンブリ１９２４とを備えてもよく、第１のコイルアセンブリ１９２２は、第１のＣ字形コア１９２３と、第１の永久磁石１９２６ａと、第２の永久磁石１９２６ｂとを備え、第２のコイルアセンブリは、第２のＣ字形コア１９２５と、第３の永久磁石１９２８ａと、第４の永久磁石１９２８ｂとを備える。第１の永久磁石１９２６ａは、コア１９２３の第１の端部に位置してもよく、第２の永久磁石１９２６ｂは、コア１９２３の第２の端部に位置してもよい。第３の永久磁石１９２８ａは、コア１９２５の第１の端部に位置してもよく、第４の永久磁石１９２８ｂは、コア１９２５の第２の端部に位置してもよい。永久磁石１９２６ａ、ｂおよび１９２８ａ、ｂは、コア１９２３、１９２５の端部の表面の少なくとも一部を覆ってもよい、またはコアの端部の表面全体を覆ってもよい。代替として、または加えて、可動部材は、可動部材の表面上に位置する、１つまたはそれを上回る永久磁石を備えてもよい。例えば、電磁作動システム１９４０は、可動部材の表面上に位置する、第１の永久磁石１９４１ａと、第２の永久磁石１９４１ｂと、第３の永久磁石１９４１ｃと、第４の永久磁石１９４１ｄを有する、可動部材を備えてもよい。本変形例では、第１の永久磁石１９４１ａは、それが第１のコイルアセンブリのＣ字形コアの第１の端面と整合されるように、可動部材上に位置し、第２の永久磁石１９４１ｂは、それが第１のコイル

アセンブリのＣ字形コアの第２の端面と整合されるように、可動部材上に位置する。第３の永久磁石１９４１ｃは、それが第２のコイルアセンブリのＣ字形コアの第１の端面と整合されるように、可動部材上に位置し、第４の永久磁石１９４１ｄは、それが第２のコイルアセンブリのＣ字形コアの第２の端面と整合されるように、可動部材上に位置する。

【００７９】

随意に、本明細書に説明されるリーフ駆動機構のうちのいずれかを使用するマルチリーフコリメータは、ばねシステムおよび／またはアクチュエータシステムが１つの方向にリーフを移動させる一方で、反跳ばねが反対方向にリーフを移動させるように、復帰または反跳ばねを備えてもよい。これは、機構が１つだけの方向に力を提供する一方で、反跳ばねが反対方向に力を提供するように、リーフ駆動機構の力学を単純化することに役立ち得る。いくつかの変形例では、これは、リーフ駆動機構用の構成要素の数を削減し、よりコンパクトなコリメータを可能にし得る。例えば、リーフ駆動機構のばねシステムおよび／またはアクチュエータシステムは、閉鎖位置から開放位置までリーフを移動させるように構成されてもよく、印加された力は、反跳ばねの中にポテンシャルエネルギーを貯蔵する。いったんばねシステムまたはアクチュエータシステムが、リーフが移動することを可能にする状態になると、反跳ばねは、次いで、開放位置から閉鎖位置にリーフを戻すためにポテンシャルエネルギーを使用する。代替として、リーフ作動機構は、開放位置から閉鎖位置までリーフを移動させるように構成されてもよく、反跳ばねは、閉鎖位置から開放位置までリーフを移動させるように構成されてもよい。復帰または反跳ばねは、コイルばね、ねじりばね、またはトーションバーであってもよい。いくつかの変形例は、並行して複数の反跳ばねを備えてもよい。ばね歪曲は、複数のばねにわたる延在、圧縮、またはそれらのある組み合わせであってもよい。本配列は、第１の位置から第２の位置にリーフを遷移させる（その遷移の力を倍にし得る）ために、リーフ駆動機構のばねシステムおよび／またはアクチュエータシステムが反跳ばねに対して力を印加すること可能であることを要求し得るが、第２の位置から第１の位置に戻してリーフを遷移させるために、いかなる付加的な力も必要とされない。

【００８０】

本明細書に開示される駆動機構は、高帯域幅バイナリマルチリーフコリメータ用のコリメータリーフを移動させることとの関連で説明されるが、そのような駆動機構はまた、他のシステムでも使用され得ることを理解されたい。例えば、そのような駆動機構は、原体照射療法および／またはＩＭＲＴ用のコリメータのリーフを移動させるために使用されてもよい。

【図１】

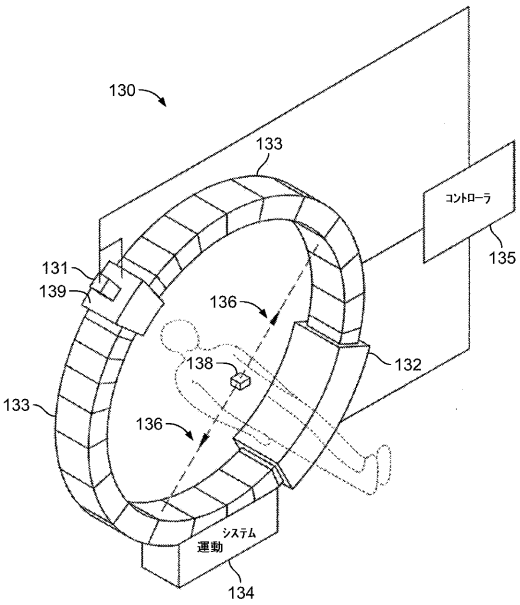


FIG. 1

【図２】

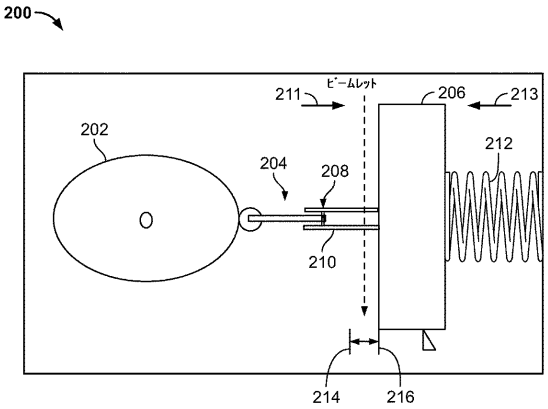


FIG. 2

【図３Ａ】

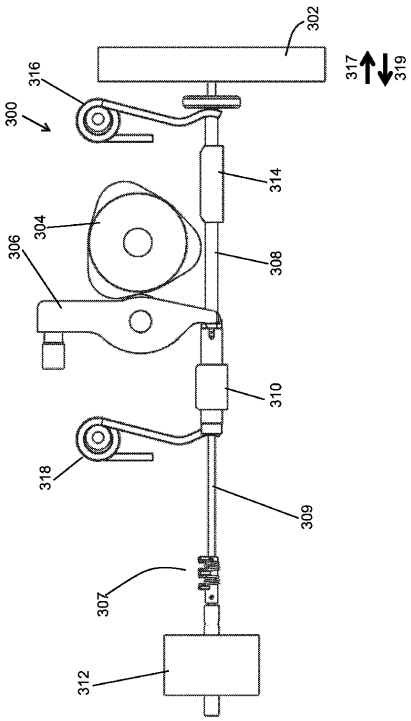


FIG. 3A

【図３Ｂ】

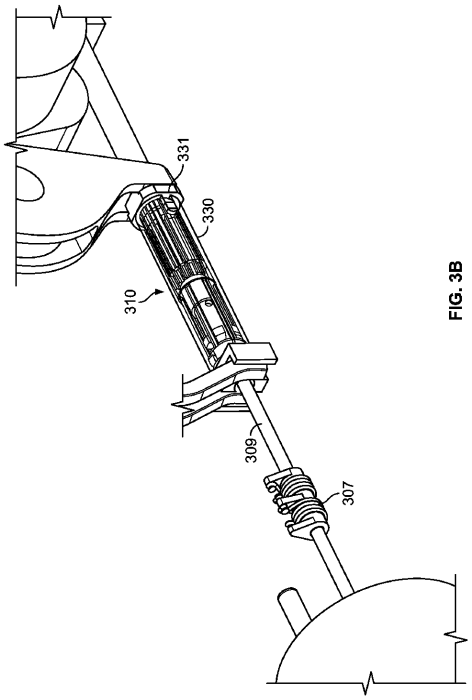


FIG. 3B

【図３Ｃ】

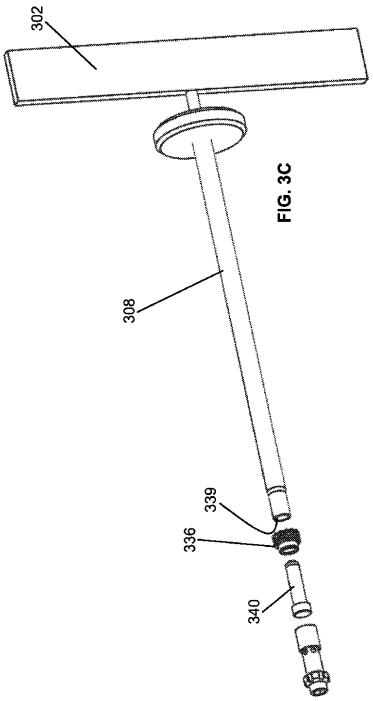


FIG. 3C

【図３Ｄ】

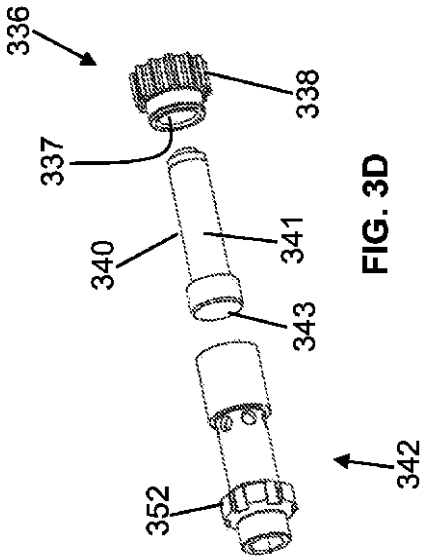


FIG. 3D

【図３Ｅ】

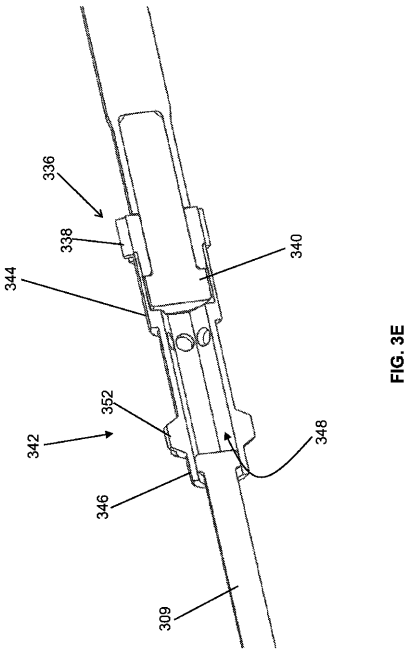


FIG. 3E

【図３Ｆ】

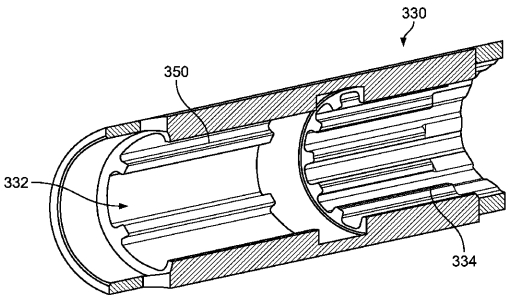


FIG. 3F

【図３Ｇ】

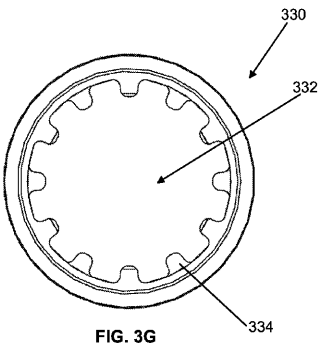


FIG. 3G

【図３Ｈ】

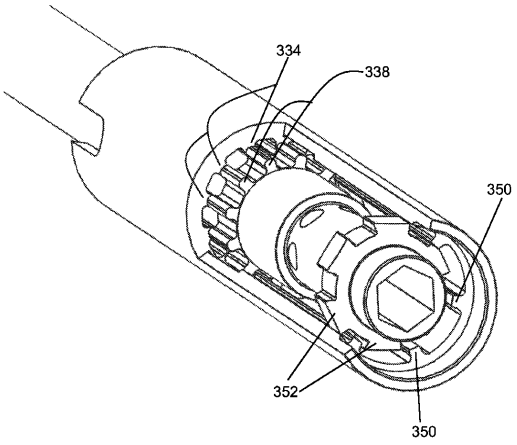


FIG. 3H

【図３Ｉ】

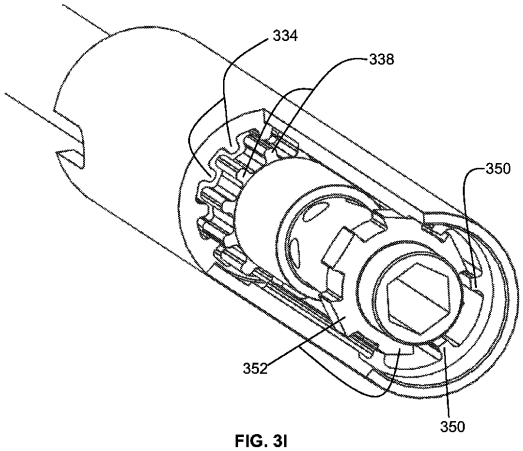


FIG. 3I

【図３Ｊ】

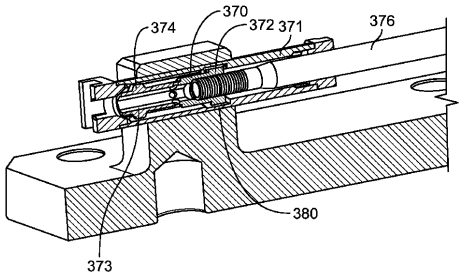


FIG. 3J

【図３Ｋ】

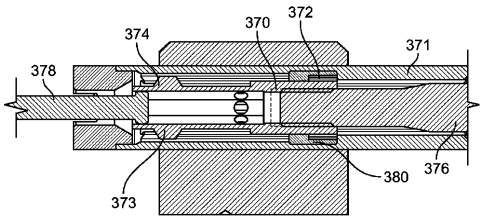


FIG. 3K

【図３Ｌ】

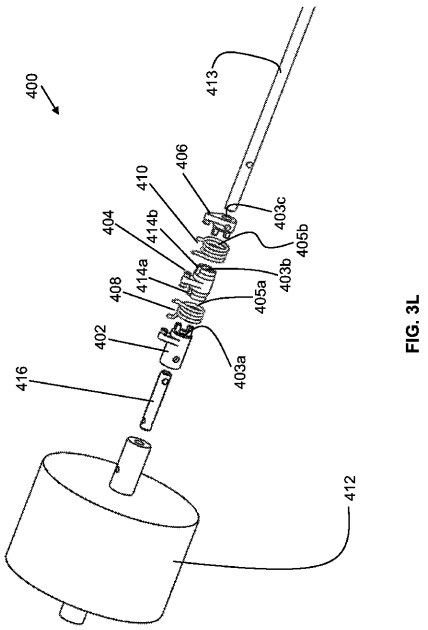


FIG. 3L

【図３Ｍ】

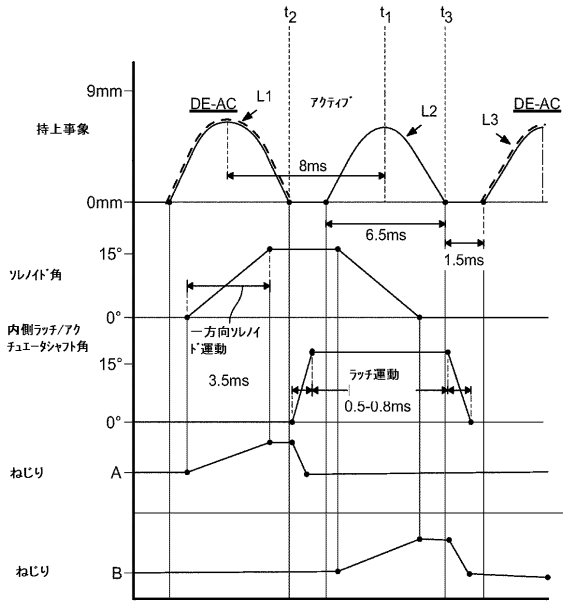


FIG. 3M

【図４】

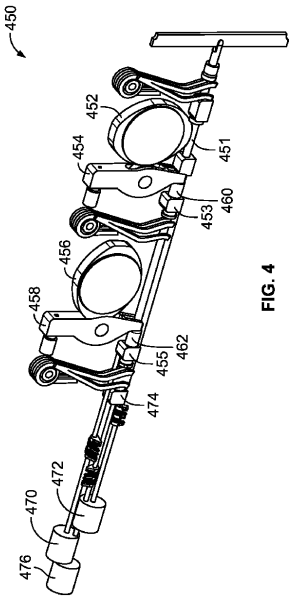


FIG. 4

【図５】

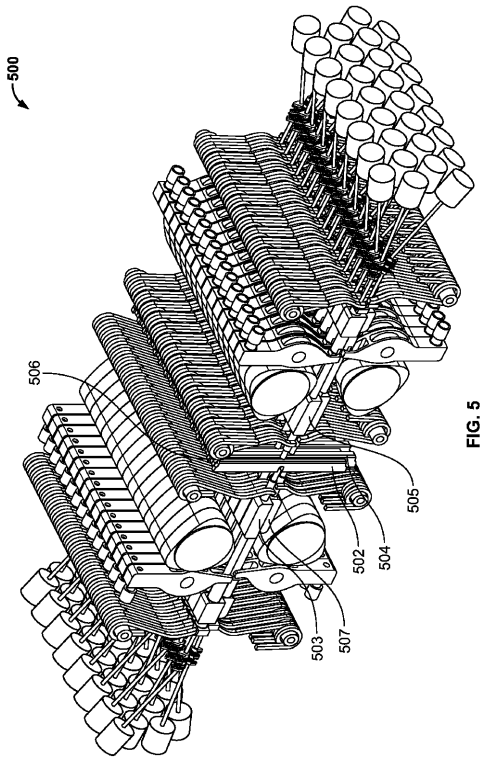


FIG. 5

【図６Ａ】

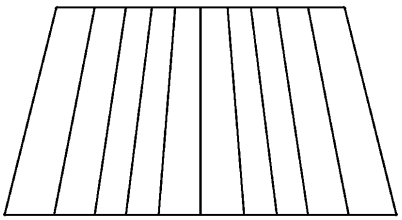


FIG. 6A

【図６Ｂ】



FIG. 6B

【図６Ｃ】

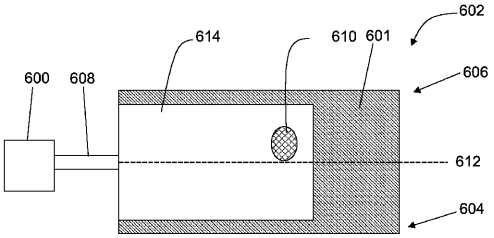


FIG. 6C

【図６Ｄ】

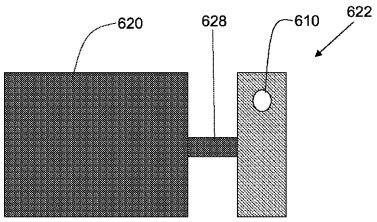


FIG. 6D

【図７Ａ】

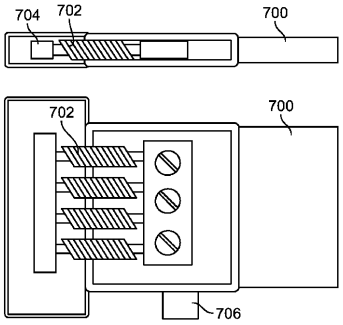


FIG. 7A

【図７Ｂ】

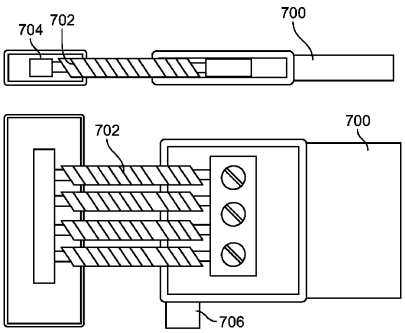


FIG. 7B

【図７Ｃ】

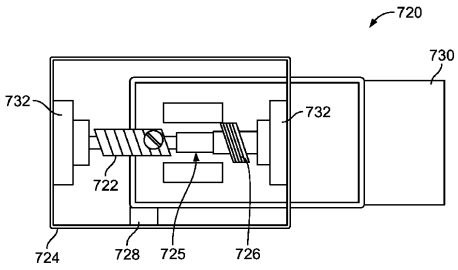


FIG. 7C

【図７Ｄ】

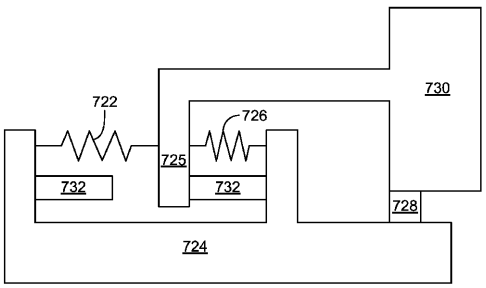


FIG. 7D

【図８Ａ】

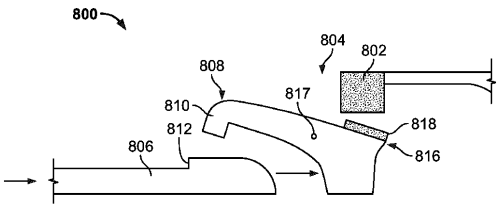


FIG. 8A

【図８Ｂ】

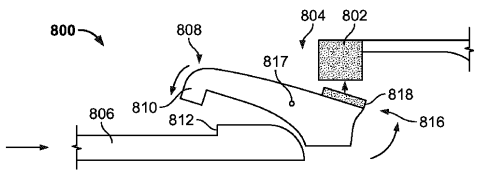


FIG. 8B

【図８Ｃ】

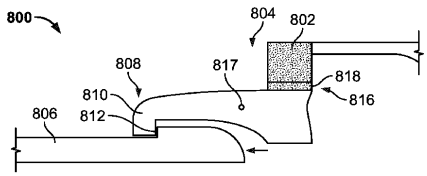


FIG. 8C

【図９－１】

FIG. 9A

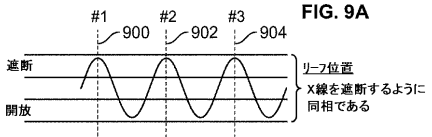
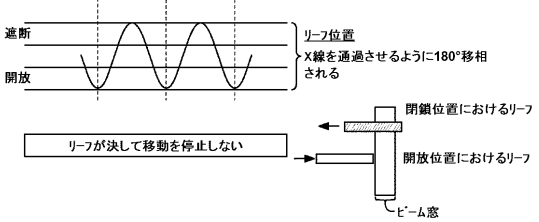


FIG. 9B



【図９－２】

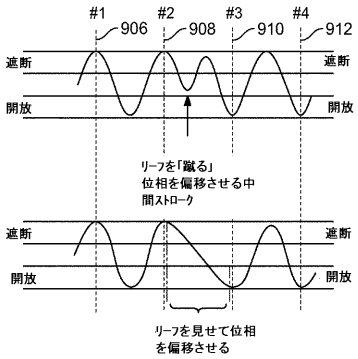


FIG. 9C

FIG. 9D

【図９Ｅ】

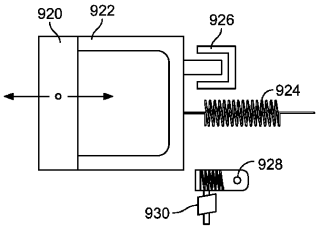


FIG. 9E

【図９Ｆ】

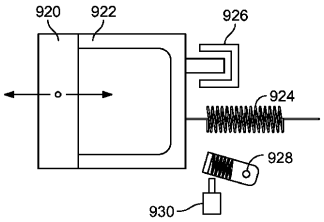


FIG. 9F

【図９Ｇ】

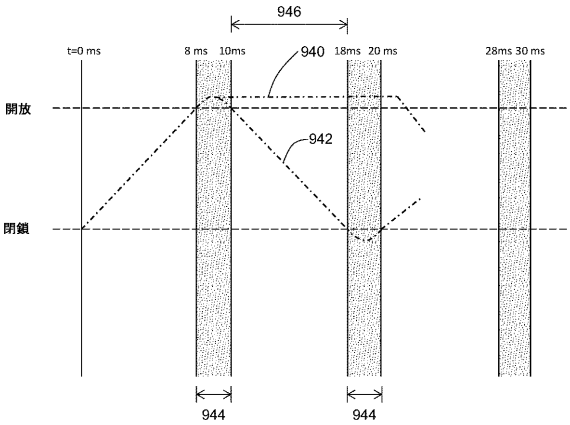


FIG. 9G

【図１０－１】

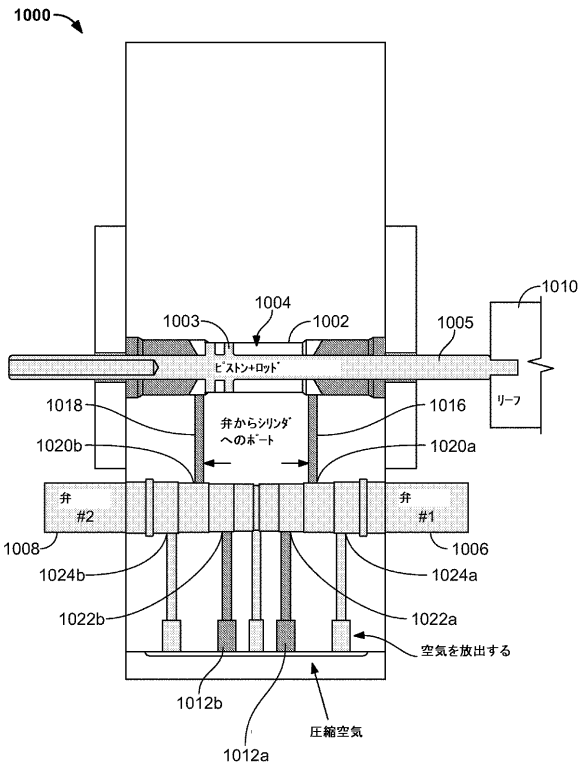


FIG. 10A

【図１０－２】

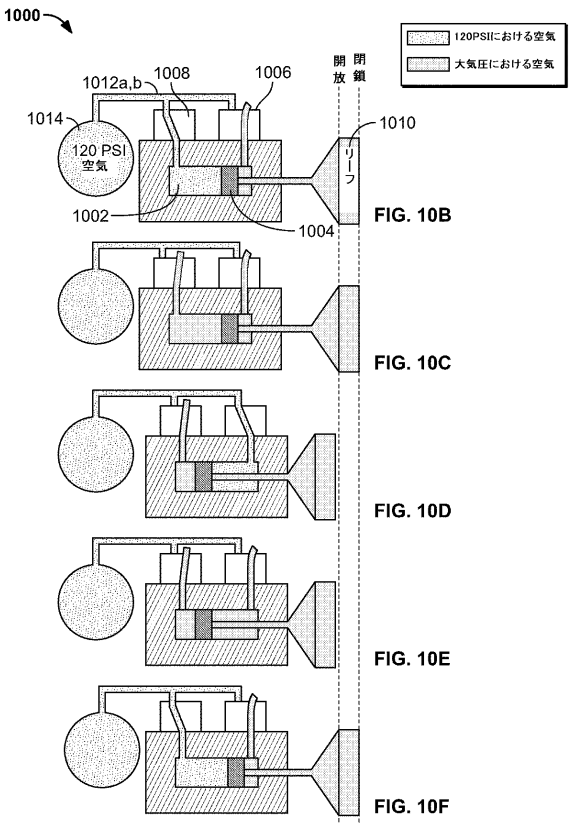


FIG. 10B

FIG. 10C

FIG. 10D

FIG. 10E

FIG. 10F

【図１０－３】

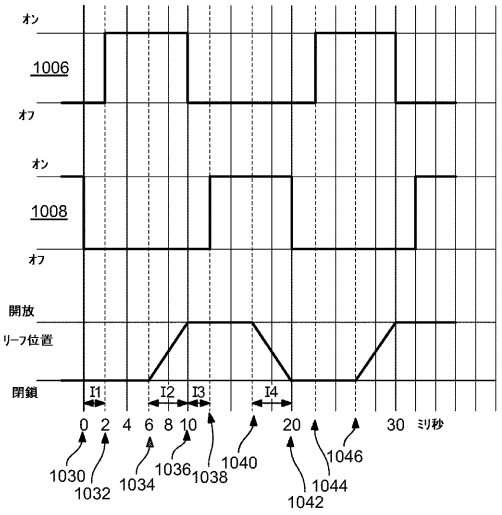


FIG. 10G

【図１０－４】

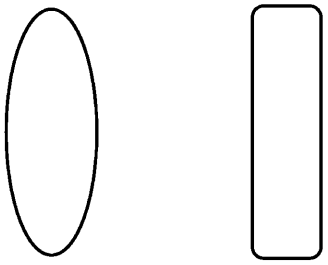


FIG. 10H　　FIG. 10I

【図１１Ａ】

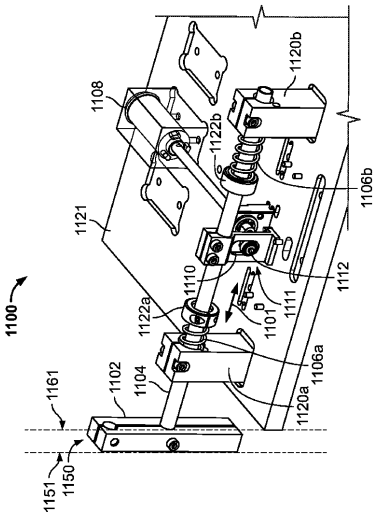


FIG. 11A

【図１１Ｂ】

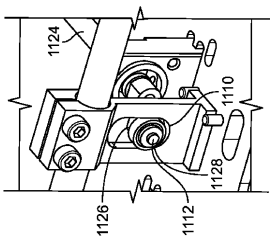


FIG. 11B

【図１１Ｄ】

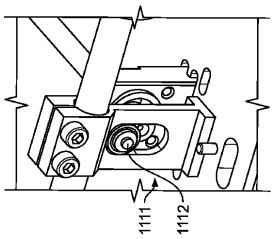


FIG. 11D

【図１１Ｃ】

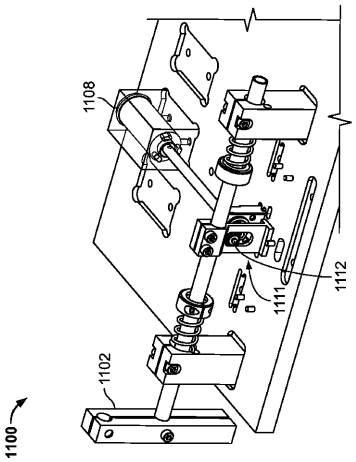


FIG. 11C

【図１１Ｅ】

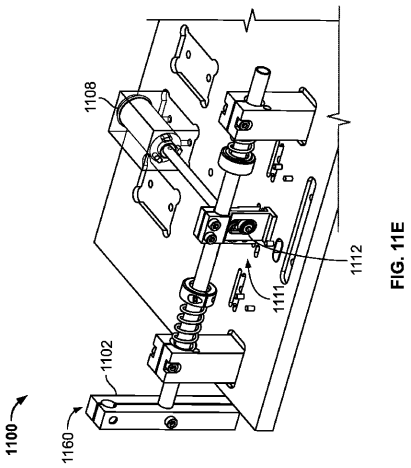


FIG. 11E

【図１１Ｆ】

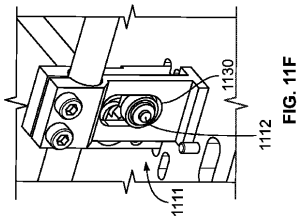


FIG. 11F

【図１２Ａ】

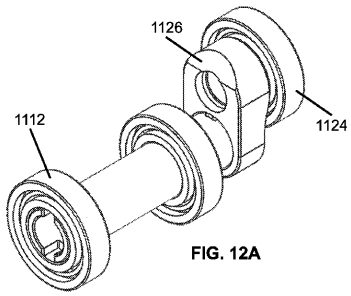


FIG. 12A

【図１２Ｂ】

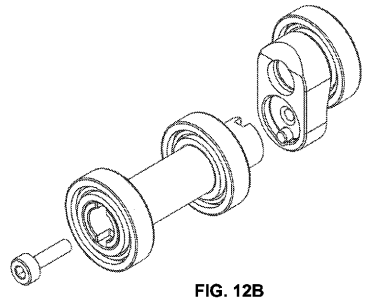


FIG. 12B

【図１２Ｃ】

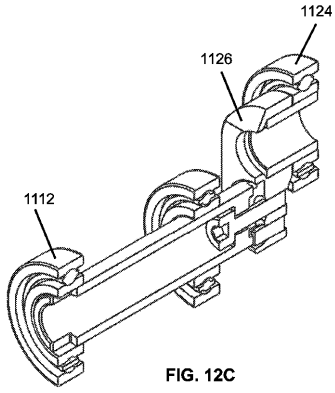


FIG. 12C

【図１３Ａ】

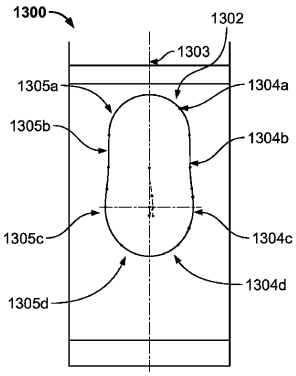


FIG. 13A

【図１３Ｂ】

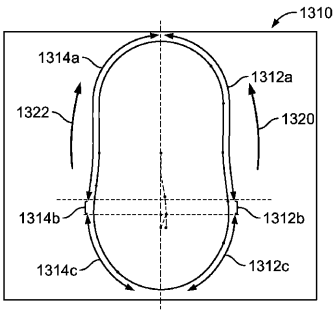


FIG. 13B

【図１４Ａ】

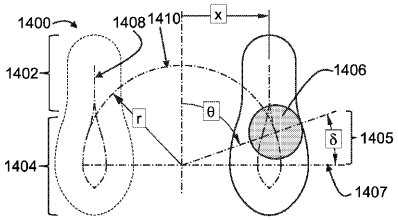


FIG. 14A

【図１４Ｂ】

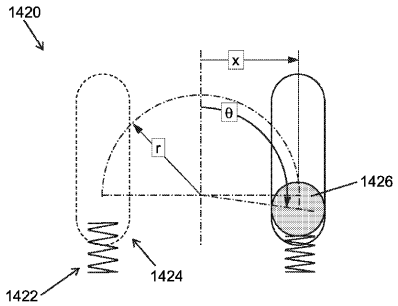


FIG. 14B

【図１５Ａ】

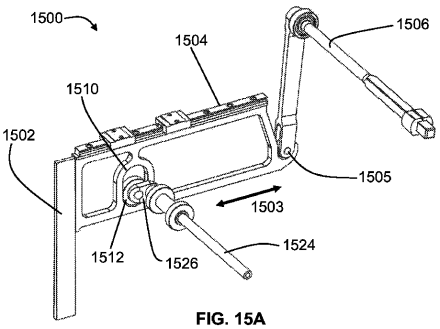


FIG. 15A

【図１５Ｂ】

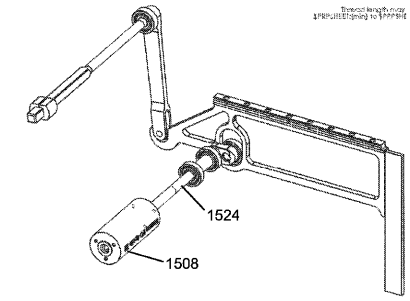


FIG. 15B

【図１５Ｃ】

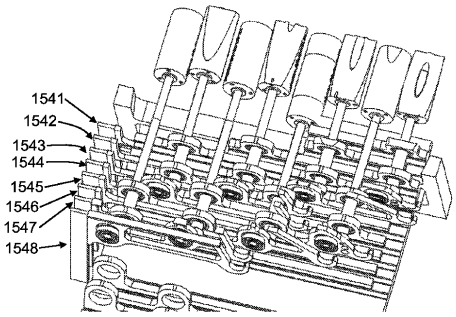


FIG. 15C

【図１５Ｄ】

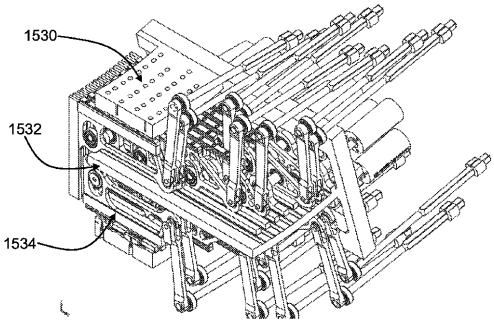


FIG. 15D

【図１５Ｅ】

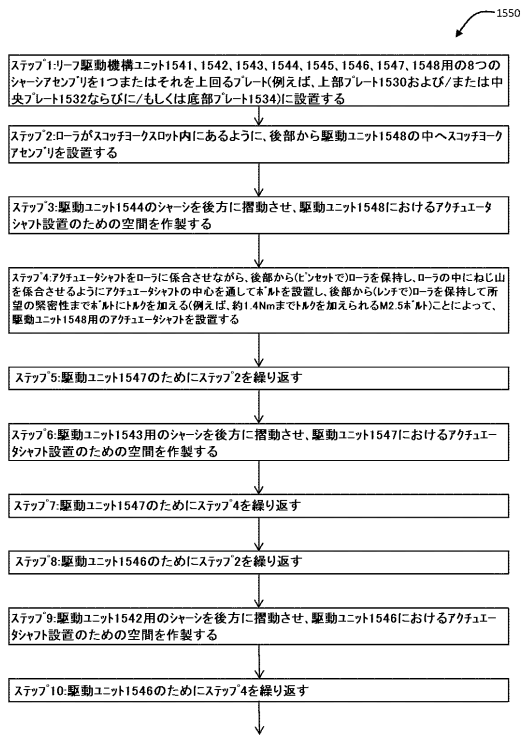


FIG. 15E

【図１５Ｆ】

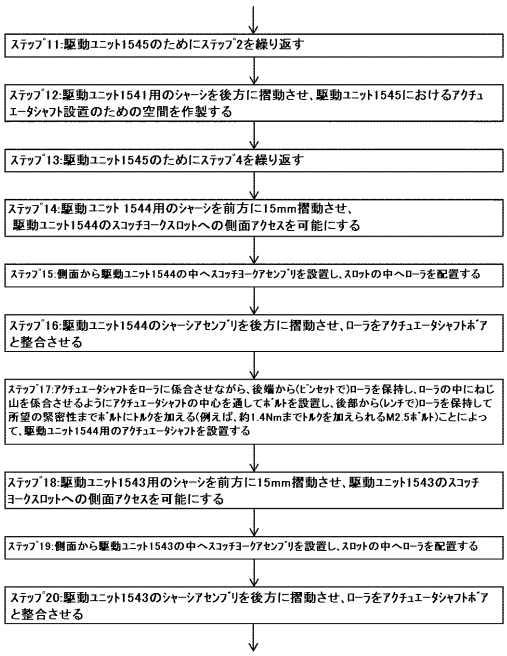


FIG. 15F

【図１５Ｇ】

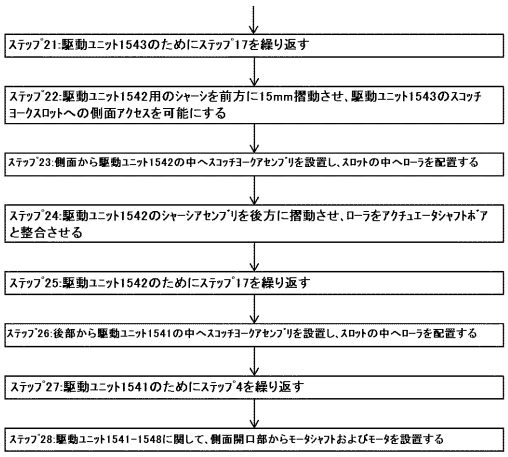


FIG. 15G

【図１５Ｈ】

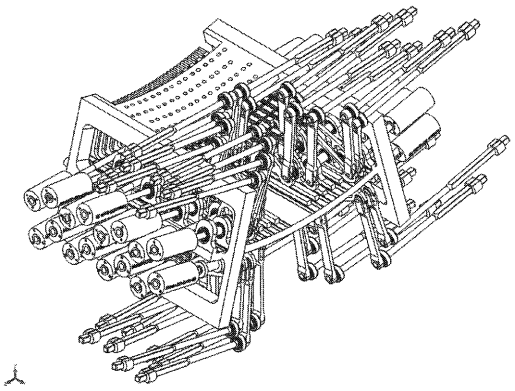


FIG. 15H

【図１６Ａ】

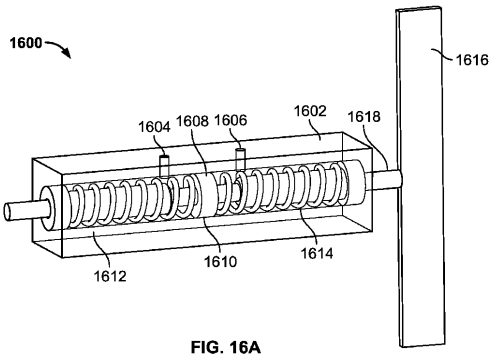


FIG. 16A

【図１６Ｂ】

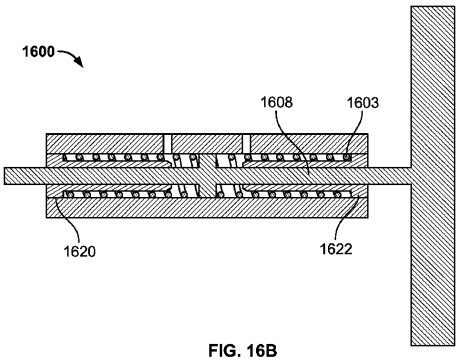


FIG. 16B

【図１６Ｃ】

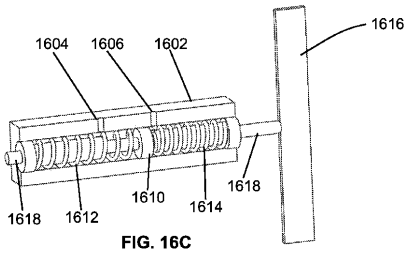


FIG. 16C

【図１６Ｄ】

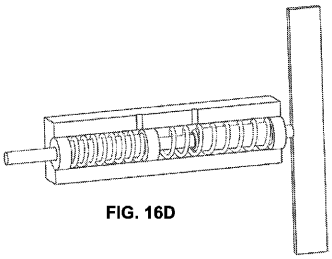


FIG. 16D

【図１６Ｅ】

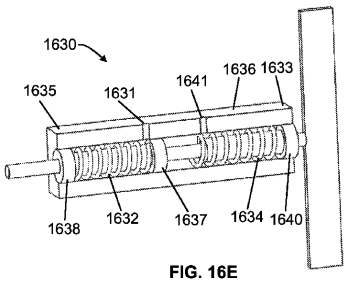


FIG. 16E

【図１６Ｆ】

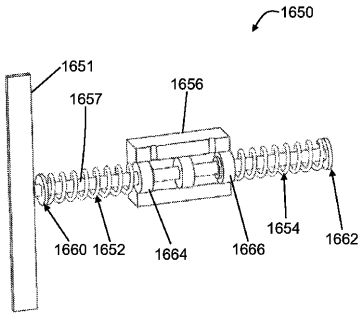


FIG. 16F

【図１６Ｇ】

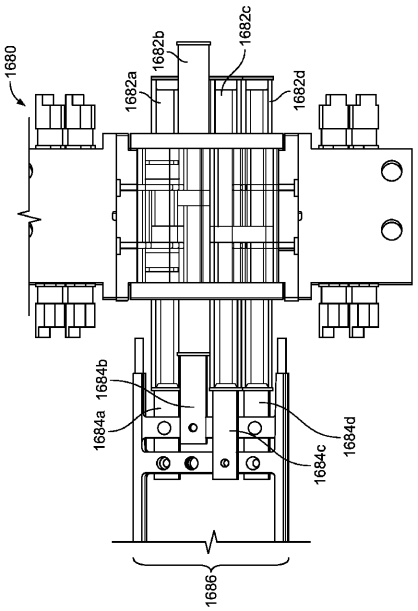


FIG. 16G

【図１６Ｈ】

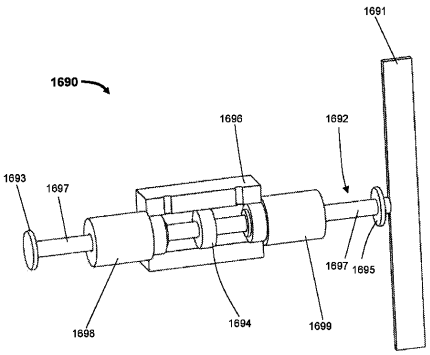


FIG. 16H

【図１７Ａ】

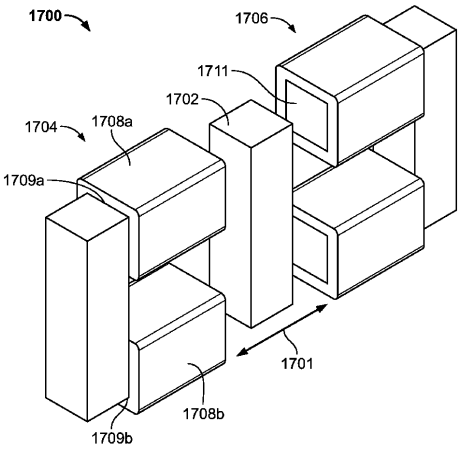


FIG. 17A

【図１７Ｂ】

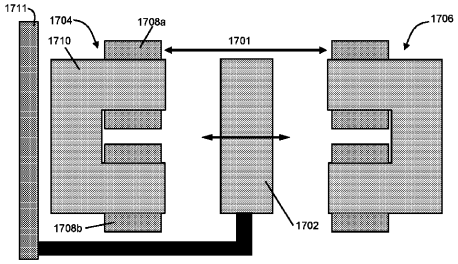


FIG. 17B

【図１７Ｃ】

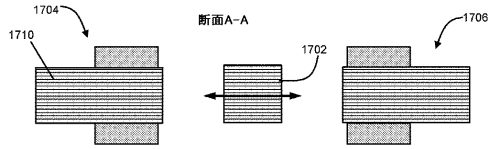


FIG. 17C

【図１７Ｄ】

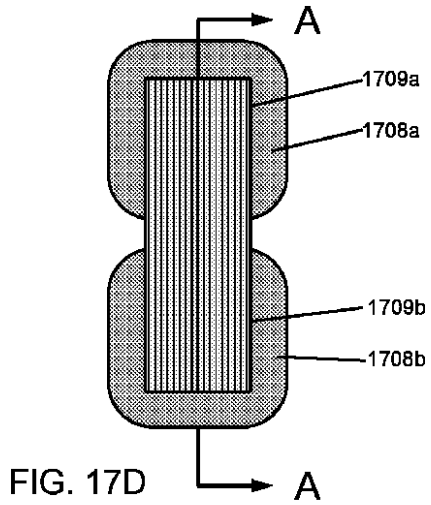


FIG. 17D

【図１７Ｅ】

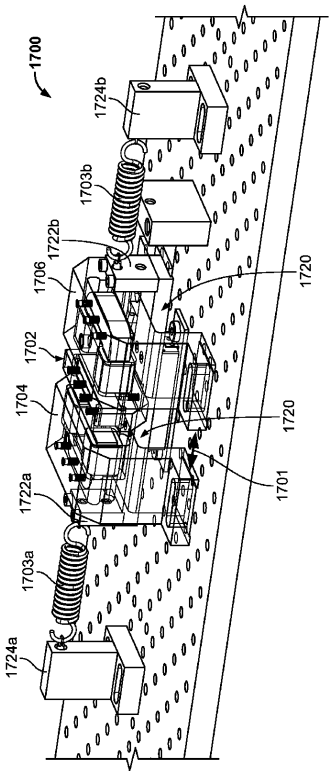


FIG. 17E

【図１８Ａ】

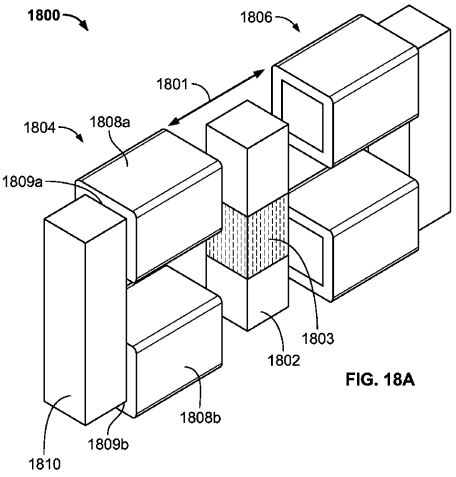


FIG. 18A

【図１８Ｂ】

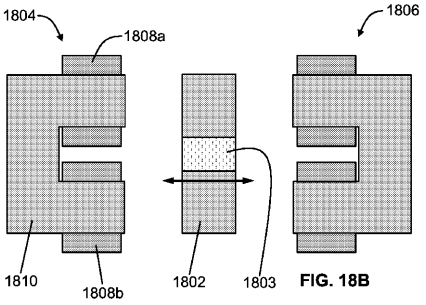


FIG. 18B

【図１９Ａ】

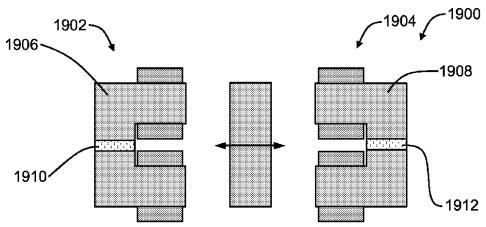


FIG. 19A

【図１９Ｂ】

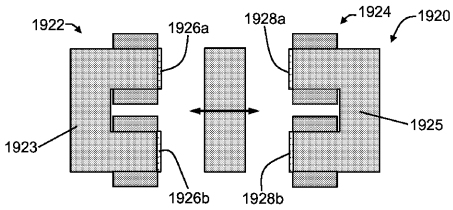


FIG. 19B

【図１９Ｃ】

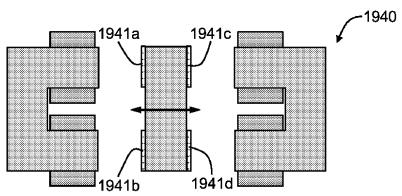


FIG. 19C

【図２０】

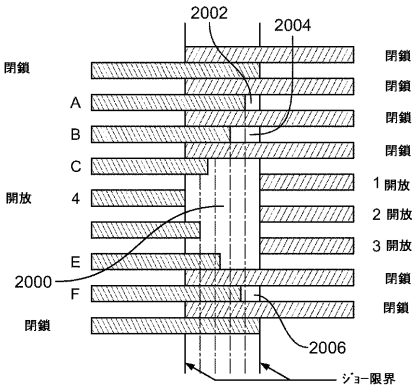
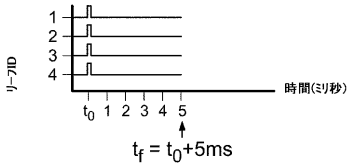


FIG. 20A



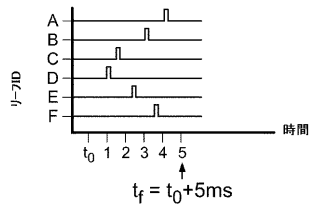


FIG. 20B

フロントページの続き

(74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
(72)発明者 ラーキン, デイビッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９４０２５, メンロー パーク, ウッドランド アベニュー ９１３
(72)発明者 クナップ, ウィリアム
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９４０１８, エル グラナダ, イザベラ ロード ６３１
(72)発明者 デュバル, ユージーン
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９４０２５, メンロー パーク, カミノ ア ロス セロス ２１４１
(72)発明者 ヘイル, レイトン
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９４５５２, カストロ バレー, クレストフィールド コート ５３２５
(72)発明者 ミーア, デイビッド
アメリカ合衆国 オハイオ ４４０７２, ノベルティ, フック ホロー ロード １５１９８
(72)発明者 ディグス, マシュー
アメリカ合衆国 ミシガン ４８３３５, ファーミントン, グレンビュー ドライブ ３３９１６

審査官 藤本 加代子

(56)参考文献 特表平０８－５１１４５１（ＪＰ, Ａ）
米国特許第０４７６０５８９（ＵＳ, Ａ）
特開昭５４－０９９８８０（ＪＰ, Ａ）
米国特許第０５０１０３１２（ＵＳ, Ａ）
米国特許第０５４０８５９１（ＵＳ, Ａ）
中国特許出願公開第１０２７５５６９６（ＣＮ, Ａ）
特開平０３－２７７３５０（ＪＰ, Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｇ２１Ｋ １／０４
Ｇ２１Ｋ ５／０２
Ａ６１Ｎ ５／００－５／１０
Ａ６１Ｍ ３６／１０－３６／１４