

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6785827号  
(P6785827)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年10月29日(2020.10.29)

(51) Int.Cl.		F I	
F 4 1 F 3/04	(2006.01)	F 4 1 F 3/04	
F 4 1 B 6/00	(2006.01)	F 4 1 B 6/00	
B 6 4 G 1/00	(2006.01)	B 6 4 G 1/00	F
F 0 3 H 99/00	(2009.01)	F 0 3 H 99/00	B

請求項の数 24 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2018-189704 (P2018-189704)	(73) 特許権者	514115098
(22) 出願日	平成30年10月5日(2018.10.5)		パルマー ラボ, エルエルシー
(62) 分割の表示	特願2016-502528 (P2016-502528) の分割		アメリカ合衆国, ノースキャロライナ州 27701, ダーラム, 406 ブラック ウェル ストリート, 4階
原出願日	平成26年3月14日(2014.3.14)	(73) 特許権者	312000387
(65) 公開番号	特開2019-32156 (P2019-32156A)		8 リバーズ キャピタル, エルエルシー
(43) 公開日	平成31年2月28日(2019.2.28)		アメリカ合衆国, ノースキャロライナ州 27701, ダーラム, 406 ブラック ウェル ストリート, 4階
審査請求日	平成30年11月5日(2018.11.5)	(74) 代理人	100114775
(31) 優先権主張番号	61/799, 931		弁理士 高岡 亮一
(32) 優先日	平成25年3月15日(2013.3.15)	(74) 代理人	100121511
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 小田 直

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発射輸送手段およびシステムおよびその経済的、効率的発射方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1) 1つ以上の絶縁層によって分離された複数の導電層を備える発射チューブであって、かつそれを通して電気エネルギーを伝達するよう構成された、発射チューブと、

2) 電気エネルギー源、を備える発射システムであって、

前記発射チューブが、磁界の生成を制限しつつ、推進剤を電気加熱して膨張ガスを生成することにより発射輸送手段を加速させて、前記発射チューブを通る発射輸送手段を推進するよう構成され、それによって前記発射システムが電非磁となるように構成される、発射システム。

【請求項2】

0.2ないし2ミリオンアンペアの電流がそこを通過することによって形成される磁界が1.25テスラ未満の強度であるように、前記発射チューブが電非磁である、請求項1に記載の発射システム。

【請求項3】

前記発射チューブが、内側の導電性のチューブ、および同軸の絶縁体チューブにより分離された外側の導電性のチューブを備え、かつ

前記内側の導電性のチューブが、その長さの少なくとも一部に沿って伸びる1つまたは複数のスロット式軌道を有する、請求項1に記載の発射システム。

【請求項4】

前記1つまたは複数のスロット式軌道が前記発射輸送手段の電気伝導体を受け入れるよ

うに構成される、請求項 3 に記載の発射システム。

【請求項 5】

前記発射チューブが絶縁体チューブおよび導電性のチューブに囲まれたチューブ内腔を備え、前記発射チューブが、前記発射チューブ内腔内の誘起されたプラズマアークを通して電流が通過するよう構成された、請求項 1 に記載の発射システム。

【請求項 6】

前記誘起されたプラズマアークは、前記発射輸送手段の前方および前記発射輸送手段の後方に存在する、請求項 5 に記載の発射システム。

【請求項 7】

前記導電性のチューブが、前記絶縁体チューブによって前記発射チューブ内腔からその長さに沿って分離されるが、前記発射チューブの末端部直前で前記発射チューブ内腔と電気接続する、請求項 5 に記載の発射システム。

10

【請求項 8】

前記発射チューブの対向する開始端部において後部の導電性の構成要素をさらに備える、請求項 7 に記載の発射システム。

【請求項 9】

前記システムが、前記導電性のチューブを通して前方に、および前記発射チューブ内腔および前記発射輸送手段の 1 つまたは複数の電気伝導体を通して前記後部の導電性の構成要素へ後方に電流が通過するよう構成された、請求項 8 に記載の発射システム。

【請求項 10】

前記発射チューブが、2 つの導電性のチューブおよび 2 つの絶縁体チューブを備える、請求項 1 に記載の発射システム。

20

【請求項 11】

前記電気エネルギー源が電池バンクを備える、請求項 1 に記載の発射システム。

【請求項 12】

前記電気エネルギー源がさらにインダクタを備える、請求項 11 に記載の発射システム。

【請求項 13】

前記電気エネルギー源が、電流ビームを送達するよう構成された放射構成要素を備える、請求項 1 に記載の発射システム。

30

【請求項 14】

前記発射システムが以下の 1 つまたは複数の特徴を備えることを特徴とする：

前記電気エネルギー源が、前記発射チューブを通して運動中の前記発射輸送手段を追跡するよう構成された軌道構成要素を備える；

前記発射チューブがその長さの少なくとも部分に沿って 1 つまたは複数の通路を有し、前記 1 つまたは複数の通路がそれを通る電流ビームの伝達を可能にするよう構成される；

前記電流ビームがレーザービーム、マイクロ波ビーム、またはミリメートル波ビームを有する、

請求項 13 に記載の発射システム。

【請求項 15】

前記発射チューブが発射輸送手段を推進するよう構成される請求項 1 に記載の発射システムであって、前記発射輸送手段が：

40

ペイロード容器と；推進剤を収容する推進剤タンクと；電気加熱器であって、前記電気加熱器が前記推進剤タンクから分離され、前記電気加熱器が前記推進剤タンクと流体接続し、かつ抜け出る排出物を形成するように、前記推進剤タンクから受け入れる前記推進剤を電気加熱するよう適合される、電気加熱器と；外部電源から前記電気加熱器へ電流を直接流すように構成される摺動電気接触部を形成する 1 つまたは複数の電気伝導体と、を備える、

請求項 1 に記載の発射システム。

【請求項 16】

50

前記電気加熱器が抵抗加熱器である、請求項 15 に記載の発射システム。

【請求項 17】

前記抵抗加熱器が格納容器の内側に電氣的に加熱される多孔性シリンダを少なくとも 1 つ備える、請求項 16 に記載の発射システム。

【請求項 18】

前記発射輸送手段が以下の 1 つまたは複数の特徴を備えることを特徴とする：

前記電氣的に加熱される多孔性シリンダが、ダイヤモンド、タングステン、炭化ハフニウム、およびそれらの組み合わせからなる群から選択されるコーティング材質を任意選択的に有する炭素壁を備える；

前記電氣的に加熱される多孔性シリンダが、蒸散タングステン含有シリンダである；

前記抵抗加熱器が、前記格納容器の内側および前記電氣的に加熱される多孔性シリンダの外側にあるチャンバと流体連通する放出ポートを備える、請求項 17 に記載の発射システム。

【請求項 19】

前記電気加熱器がアーク加熱器である、請求項 15 に記載の発射システム。

【請求項 20】

前記アーク加熱器が格納容器内に旋回チャンバを有する、請求項 19 に記載の発射システム。

【請求項 21】

前記格納容器が蒸散冷却壁を備え、

前記旋回チャンバが旋回安定化電気渦アークを確立するよう構成され、または前記アーク加熱器が前記旋回チャンバにより離間された同軸の電気端子を備える、請求項 20 に記載の発射システム。

【請求項 22】

ペイロード発射方法であって、それを通してエネルギーを伝達するように構成された少なくとも 1 つのチューブを有する発射チューブと；電気エネルギー源を備える発射システムを提供するステップと；

約 2 から約 2,000 G's の加速力で毎秒少なくとも約 2,000 メートル (m/s) の速度に前記発射チューブを通る発射輸送手段を加速する一方で、前記発射チューブ内の磁界を約 2 テスラ未満に制限するステップを含む、ペイロード発射方法。

【請求項 23】

前記少なくとも 1 つのチューブを通る、約 0.2 アンペアから約 50 メガアンペアの電流を提供するステップを含み、前記少なくとも 1 つのチューブが、前記チューブを通してエネルギーが伝達されるように構成され、好ましくは前記電流がプラズマアークを介して提供される、請求項 22 に記載のペイロード発射方法。

【請求項 24】

前記電気エネルギー源が電流ビームを送達するよう構成された放射構成要素を有し、前記方法が、前記放射構成要素から前記発射チューブ内の 1 つまたは複数の通路を通して前記発射輸送手段の電気加熱器へ電流ビームを向けるステップを含む、請求項 22 に記載のペイロード発射方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ペイロードの発射システム、方法、および機器に関する。ペイロードは宇宙発射または地球上の場所への運搬が意図されて、本開示は発射チューブからペイロードの所望の場所へのその加速を提供可能である。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

物体を加速する、多くの手段が知られる。比較的小さな発射体は、火薬のような制御された充填爆発物により効率的に加速される。しかし加速される物体の質量が増加するにつれ、必要とされる爆発力は大きく増加する。例えば、化学的燃焼ロケットは、ペイロードを宇宙に発射するのに効果的であると示された現在唯一の手段である。電磁ガン、熱ガン、およびプラズマアーク加速のような大きなペイロードを急加速する代替的な技術を開発する試みで多くの研究がなされてきたが、特に宇宙の輸送手段の発射で有用で信頼がかけると実証された代替的な技術はこれまでにない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

宇宙発射に関して、ロケット推進が長く実証された技術であるが、従来のロケット発射のみに頼ることは、それが高価で危険であり続け、政府の資金提供に支配されることで問題になる。そのような問題は、米航空宇宙局のスペースシャトルプログラムの退役と適切な代替物の欠如によって示される。ロケット推進を用いた新しい宇宙発射のリードタイムは、通常3から10年である。宇宙発射は頻繁ではなく、通常は顧客あたり年に1回未満から年に数回起こる。これは、通信のような特定の技術で進歩の妨げを有する。例えば、衛星技術を開発するには遅く高価であったし、しばしば発射および衛星配置後すぐに時代遅れであった。これらの要因および付随して継続する政府の関与が、高コストで低利益に固定してきた。特に現在のロケット発射技術は、地球の軌道内に配置する物質のキログラムあたり\$2,000から\$10,000、またはそれ以上費用がかかりうると広く理解されている。

【0004】

多くのタイプのガン発射システムが、ロケットの代替として提案されてきた。熱ガンが、以前提案された代替の1つである。従来の熱ガンは火薬、液体推進剤を含み、充填熱ガンを移動する。電熱ガンは、純粋な電熱ガンおよび電熱化学ガンを含む。軽ガス熱ガンは、1段階式および2段階式を有してきた。Ram砲熱ガンもまた提案されてきた。電磁ガンは他の以前に提案された代替物である。電磁ガンのコイル版は、超伝導タイプ（例えば急冷またはDC同期）、プラシタイプ（例えば進行波、前部膨張および前部崩壊）、および誘導タイプ（例えば単相および多重相）を含んでいた。電磁ガンのレール版は、DESタイプおよびブリーチ供給（例えば拡張および単純）タイプを含んでいた。

【0005】

提案された熱ガンシステムは、推進ガスの音速に制限される共通の特徴を共有する。よって、実際の工学上の理由で、これらのガンシステムは推進ガスのほぼ音速に制限される。ロケットシステムは、この方法で限定されない。電磁ガンは理論的に推進ガスの音速に制限されないが、電磁発射装置の実験結果は、2,000から4,000 m/sの速度を超えて形成するプラズマアーマチャの不安定性により発射装置の性能が理論的な予測に従わないことを示した。それらの速度を超えると、発射装置の高磁界により惹起されるプラズマアーマチャの不安定性が、電流が望ましくない場所に流れる状態を起し、発射装置内のエネルギーが発射体の加速に効果的に加えられず浪費される。この現象の解決困難な物理的現象は、磁気閉込融合のそれといくつかの点で同様であり、それが高磁界の存在における種々のプラズマの不安定性により実際の適用に多くの障壁をもたらすことがよく知られる。

【0006】

熱および電磁の両方の全ての前述のガン発射アプローチは、それらがペイロードに過度に大きな加速力をかけるという特徴を共有する。加速は通常、数万G'sである。これらの加速は、高速を達成しようとするガン発射システムの動作の物理的性質の原理の結果である。ガンシステムにより得られる最高速度は、加速度の平方根に比例する。結果として、加速は上昇する発射速度の2乗で増加するに違いない。これらの加速は、発射に耐え、なお発射後の複雑な任務を遂行可能なペイロードの設計に非常な困難を課す。これらの困難にもかかわらず認められる成果は大きいので、米国政府は1970年代から1990

10

20

30

40

50

年代初頭にかけて種々のタイプの全てのガン発射装置の研究および開発に何億ドルも投資した。

【 0 0 0 7 】

ガン推進に対するロケット推進の主な利点は、達成可能な最高速度が加速度の平方根の割合に限定されず、加速度の影響を受けないことである。しかし、ロケット推進の主な制限は、ペイロード質量により示される輸送手段の全質量の質量分率が、公知のロケット方程式の物理的性質によって限定されることである。この物理的性質は、ペイロード分率がロケットの排出速度に関して達成される最高速度の比率と共に指数関数的に減少する状態を起こす。化学ロケットは、化学反応エネルギーの制限により、約 2, 0 0 0 から約 4, 8 0 0 m / s の排出速度に限定される。よって任務のために必要とされる全体の速度が 4, 8 0 0 m / s をはるかに越えて上がるにつれて、全体のペイロード分率は小さくなる。地球軌道に到達するため、空力および重力のロスを含め、必要とされる全体の速度増加は約 8, 0 0 0 m / s である。これは可能な化学的ロケット排出速度の 4, 8 0 0 m / s より大幅に高く、ペイロード分率はロケット方程式から相対的に低いものとして計算される。この問題を悪化させるのは、それらに限定されないが、エンジンおよび推進剤容器のようなロケットが機能するのに必要な機器の寄生質量である。これらの寄生質量が含まれるとき、続く段階の実行を妨げないよう、それぞれの段階の寄生質量をなくすることができるように、全体の速度を増加または段階に変えることにより、地球軌道への発射に対するそれらの影響を限定する必要がある。従来、2、3、および4段階式ロケット輸送手段が、地球表面から地球軌道へのペイロードの発射に採用されてきた。そのような輸送手段を軌道に乗せるための結果として生じる全体のペイロード分率は、従来小規模ロケットの約 0.5% から非常に大規模なロケットの約 2.5% の範囲であった。これは、97.5% から 99.5% までの範囲の他の部分はまだ全体が廃棄され、またはある程度の範囲で再使用されることを意味する。米国のスペースシャトル対共存する消耗性の発射装置の最近の経時的な経験では、消耗性の発射装置がより費用的に効果があることを示した。その種々の構成要素上の発射の非常に高い負荷によって、スペースシャトルシステムの種々の部品の修復および改修コストが高いため、スペースシャトルの再使用可能性の予測されるコスト節約額は目に見える形にならなかった。

【 0 0 0 8 】

商業団体がロケットの宇宙発射マーケットに参入を試みたが、特に頻繁な発射に適切なものについて、効率的で対費用効果がよい信頼がおける発射手段がさらに実証されるべきである。これらの努力は、化学ロケットで達成可能な低いペイロード分率、および消耗性が発射間に高価な修復または改修を必要とするかどちらかの複数の段階の必要性によって限定されてきた。宇宙発射の費用が高いことは、政府の支出が宇宙発射の技術において重要な要因であり続け、採算性は低い状態が続くことを意味する。当業界に、宇宙の輸送手段を含む発射体の信頼がおける効率的発射システム、方法、および機器のニーズがまだある。そのようなシステムの望ましい特徴は、低から中加速度、軌道および脱出速度に対する高いペイロード分率、および単一段階で所望の速度を得る能力である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本開示は、発射輸送手段、発射システム、およびペイロードの発射方法に関する。輸送手段、システム、および方法を、低から中加速度、軌道および脱出速度に対する高いペイロード分率、および単一段階で軌道および脱出速度を得る能力を達成するように適合可能である。本開示は、ペイロードの地球上、地球軌道、または一般的に宇宙のあらゆる所望の場所への送達を提供する。ペイロードは、衛星、原材料または資源、飛行物体などを含むさまざまな物体を有することが可能である。ペイロードはさらに、人間の搭乗者を含むことが可能である。

【 0 0 1 0 】

本開示の輸送手段、システム、および方法は、1) 単位エネルギーあたり低コストの高電流パルス電源装置、2) ゼロに近い最小の磁界が産生される方法で、固定電源装置から

10

20

30

40

50

排出発射チューブを通して移動する電気ロケット推進ペイロードへ効率的に伝導する電力、3) 発射チューブ壁伝導体から移動する輸送手段への電力およびエネルギーの安定した、効率的な伝導、および4) 高い比推力で電気ロケットスラスタに重みをかける高い推力のうち1つまたは複数から恩恵を受ける。

【0011】

1つの態様では、本開示は発射輸送手段を提供する。望ましくは、発射輸送手段はペイロードの高速送達に適合される。ある実施形態で、発射輸送手段は、ペイロード容器と、推進剤を収容する推進剤タンクと、推進剤タンクと流体接続し、抜け出る排出物を形成するよう推進剤の電気加熱に適合された電気加熱器と、電気加熱器を通る電流の流れを向けるよう構成された1つまたは複数の電気接触部を有することが可能である。さらなる実施形態で、発射輸送手段はまた、電気加熱器から抜け出る排出物と流体連通する膨張ノズルを備えることが可能である。いくつかの実施形態では、電気加熱器は抵抗加熱器でありえる。特に抵抗加熱器は、格納容器の内側に電氣的に加熱される多孔性シリンダを備えることが可能である。特に、電氣的に加熱される多孔性シリンダは、タングステン壁を備えることが可能である。さらなる実施形態で、電気加熱器はアーク加熱器であることが可能である。望ましくは、アークは旋回安定化渦アークでありうる。さらにアーク加熱器は、格納容器内に旋回チャンバを有することが可能である。いくつかの実施形態では、アーク加熱器は旋回チャンバにより離間された同軸の電気端子を備えることが可能である。他の実施形態では、電気接触部は摺動電気接触部であることが可能である。

10

【0012】

さらなる態様で、本開示は発射システムを提供する。種々の実施形態で、発射システムは、本明細書に記載された発射輸送手段と、絶縁体により分離された2つ以上の同軸の導電性のチューブを有する発射チューブで、発射チューブを通る前記発射輸送手段を推進するよう適合された発射チューブと、電気エネルギー源を備えることが可能である。いくつかの実施形態では、電気エネルギー源は電池バンクを備えることが可能である。さらなる実施形態で、電気エネルギー源はさらにインダクタを備えることが可能である。

20

【0013】

さらに他の態様で、本開示はペイロード発射方法を提供する。ある実施形態で、方法は、本明細書に記載された発射システム内に含まれるペイロード容器内のペイロードを提供するステップと、電気加熱器内で推進剤を電氣的に加熱し、発射チューブを出るペイロードを推進するのに十分な速度で抜け出る排出物を形成するステップを含むことが可能である。

30

【0014】

さらなる実施形態で、本開示を多数の異なる実施形態によって特性化が可能である。特に、この開示された発射輸送手段、発射システム、およびペイロードの発射方法を、後述の1つまたは複数により形成することが可能である。

【0015】

本開示は、発射パッケージが発射パッケージから排出された物質を用いて発射チューブから加速される発射装置を含み、排出物は発射パッケージ内(または前方および接触した箇所)に含まれる低原子量の構成要素の加熱により形成され、そのような加熱に使用されるエネルギーは、発射チューブの壁から発射パッケージへ電氣的に提供される。いくつかの実施形態では、発射装置を、地球上に設置可能である。他の実施形態では、発射装置を、自由空間または他の天体に設置可能である。

40

【0016】

本開示のシステムおよび方法を、流出速度が約2,000から約50,000 m/秒, 約4,000から約30,000 m/秒, 約6,000から約15,000 m/秒, または約8,000から約12,000 m/秒の範囲を達成するよう構成可能である。いくつかの実施形態では、発射輸送手段を最初に、1段式軽ガスガンを用いて約100から約5,000 m/秒の初速まで加速することが可能である。さらなる実施形態で、1段式軽ガスガンで達成される速度は、約250から約4,000 m/秒または約1500から約2

50

500 m / 秒でありうる。1 段式軽ガスガンの軽ガスを、予熱することが可能である。例えば、1 段式軽ガスガンの軽ガスを電氣的に加熱することが可能である。いくつかの実施形態では、電気加熱を、発射装置と同一のエネルギー供給装置から得ることが可能である。

【0017】

発射パッケージ加熱器を駆動するため下ってチューブに戻る高駆動電流により「充電される」磁界の容量を最小化するために、チューブを、2つの同軸の伝導体を持ち、1つが他の内側にあり、それらの間に最小の厚さの絶縁層を持つよう構成可能である。この磁界エネルギーは、いくつかの悪影響を有する。所望されない磁界は、発射パッケージの推進を補助しないエネルギーを必要とする。発射すると所望されない磁気エネルギーが直ちに放出されるかもしれず、(本開示で達成されたように)エネルギーレベルが最小化されていない場合、壊滅的な損傷を引き起こしうる。これは、レールガンのような先行技術の発射装置が、高速を達成するのに失敗する状態を起こした。磁界は高い機械力および負荷を生み、それが破損またはコストの上昇または摩耗を引き起こす。これもまた、レールガンのような先行技術の発射装置が、高速を達成するのに失敗する状態を起こした。磁界は高い誘起電圧を生じ、それが所望されない場所でアーキングを引き起こす可能性があり、摩耗または壊滅的な損傷または故障を引き起こす可能性がある。磁界は、電流およびエネルギーを発射パッケージに伝達する発射チューブ伝導体と摺動接触部の間に形成されたあらゆるアーク上に力を生じる。通常これらの力は、アークを発射パッケージよりはるかに高い加速度および速度で前方へ吹き飛ばす。それから電流が発射パッケージを推進するため要求され必要とされた場所から離れて要求されない異なる領域へ転換し、エネルギーの損失、発射パッケージの妨害、摩耗、および/または壊滅的な損傷および/または故障を引き起こす。これがさらに、レールガンのような先行技術の発射装置が、高速を達成するのに失敗する状態を起こした。

【0018】

本開示は、「電非磁」発射装置を提供する。先行技術のレールガンおよびコイルガンは、発射パッケージを推進するため磁力の形成を能動的に誘発した。必要とされる非常に高い磁界の生成は、前述の悪影響につながった。本開示のシステムおよび方法は、有益に磁界を最小化するよう構成可能である。

【0019】

本開示は、チューブが伝導する電気エネルギーにより促進された電気加熱によって形成された高温の膨張ガスの力を使用する。いくつかの実施形態では、本開示は、高温の軽ガスの膨張を利用する。例えば、水素を5,000 K 超に加熱し、水素の個々の原子からなる放出ガスをもたらすことが可能である。いくつかの実施形態では、加熱は最高100,000 K であることが可能で、これは最高77,000 m / 秒の排出速度をもたらす。発射速度は、150,000 m / 秒程度、または排出速度の約2倍でありうる。地球表面からの発射がその速度での空力(約1,000,000 PSI に達しうる)によって約100,000 m / 秒に実際に制限されるので、最大速度は宇宙での使用に限定されうる。

【0020】

地球での発射の速度は実際に約50,000 m / 秒に達しえて、それは250,000 PSI を生じ、これを蒸散冷却された金属の物体先端などの追加といった適切な構造を用いて軽減可能である。地球での発射の速度は実質的に約18,000 m / 秒に達しえて、それは約30,000 PSI を生じ、これを融除する炭素の物体先端などの追加といった適切な構造を用いて軽減可能である。人間が発射されるとき、発射装置の長さにより他の制限が課される。人間の搭乗者を輸送する発射装置の速度は、約20 G ' s 未満の加速度に限定されうる。最大約1,000 km の長さの発射チューブを使用すると、最高約20,000 m / 秒の速度を安全にもたらしうる。

【0021】

膨張のための軽ガスを、例えば電気加熱器内で加熱可能である。他の実施形態では、加

10

20

30

40

50

熱器は抵抗加熱器であることが可能で、または加熱器はアーク加熱器であることが可能である。いくつかの実施形態では、加熱構成要素は蒸散チューブ構成要素であることが可能で、および/または加熱器の壁部を蒸散により冷却することが可能である。

【0022】

アーク安定性および伝導度およびイオン化を促進するため、軽ガスをイオン化可能な構成要素とともに散布可能である。イオン化可能な構成要素の非限定の適切な例は、セシウム、ルビジウム、カリウム、ナトリウム、およびリチウムを含む。

【0023】

導電性の摺動接触部を、チューブ壁と機械的な摺動配置にあるよう構成することが可能で、少ない電圧降下を示すことが可能である。いくつかの実施形態では、摺動配置は、接触部とチューブ壁の間の物理的な接触を有することが可能である。特定の実施形態で、導電性の摺動接触部を、最小化された電圧降下でチューブ壁とアーキング摺動接触部を作るよう構成可能である。アークは、例えば摺動絶縁周面を用いて機械的な封じ込めによって有されうる。いくつかの実施形態では、アークは磁力によって有されうる。例えば、磁力を特別な形状の電流ループによって接触部を通る電流により生成可能である。他の例では、磁力を発射パッケージの自給式電源により生成可能である。さらなる例で、磁力を永久磁石または超伝導磁石のような磁石により生成可能である。いくつかの実施形態では、摺動接触部を、蒸散液により冷却可能である。例えば、蒸散液は軽ガスであることが可能で、それを発射輸送手段の推進剤タンクから生成してもよく、または独立した源であってもよい。他の実施形態では、摺動接触部を、融解または気化する摺動接触部内の物質により冷却可能である。使用されるとき、蒸散液は導電性であることが可能である。特に蒸散液は、低イオン化性を有する低温融解金属でありえる。例えば、低温融解金属は、セシウム、アルミニウム、リチウム、または類似の低イオン化性を有する低温融解軟金属でありえる。摺動接触部は絶縁周面を有することが可能で、それを蒸散冷却可能である。そのような冷却のための蒸散液は、水素、6フッ化硫黄のような絶縁性物質または他の液体またはガスでありうる。摺動接触部の少なくとも部分を、1つまたは複数の状態移行を示すように適合することが可能である。例えば、チューブ壁と相互作用する摺動接触部の少なくとも一部が融解した液体金属に変移するとき、摺動接触部は、液体-固体相互作用に移行する固体チューブ壁と摺動固体-固体相互作用を形成可能である。いくつかの実施形態では、そのような状態変移は、約1000から約2000 m/秒の発射装置速度で起こりうる。例えば、状態はアーキング接点へ約1500から約3000 m/秒の速度で変移可能である。アーク電圧は、約100 Vないし約300 Vとしてもよい。アークは接点に安定して位置することが可能で、所望の接触領域の外側に実質的に移動しないかもしれない。

【0024】

導電性チューブの壁は、摺動接触部が導電性細片と接触するよう、さまざまな数のスロット式軌道および幾何学構造を有することが可能である。軌道を、チューブ伝導体間のアーキングを実質的に防ぐよう構成可能であり、発射パッケージを整列してそれがチューブ内で回転することを防ぐよう構成可能である。いくつかの実施形態では、導電性の細片が、導電性チューブの長さの少なくとも一部に沿って伸びる長手方向の軌道を形成可能である。特に導電性細片は、導電性チューブと同軸でありうる。いくつかの実施形態では、導電性チューブの壁は、異なる物質の層を有することが可能である。例えば物質は、主に銅またはアルミニウムでありうる。いくつかの実施形態では、最も内側の層は、タングステンまたはレニウムまたは硬化銅のような耐高温摩耗性の導電性物質でありうる。さらに、主たる外側層と最も内側の層の間に中間層物質を提供することが可能である。例示的な実施形態で、中間層は、銅またはモリブデンでありうる。いくつかの実施形態では、導電性チューブ壁の内表面の大部分を、絶縁体で覆うことが可能である。例えば、導電性の細片により形成された区間から離れた導電性チューブ壁の内表面の実質的に全てを、絶縁体で覆うことが可能である。導電性の内側壁の絶縁体は、例えば、セラミックまたは混合物でありうる。いくつかの実施形態では、1つのリターン電流路と直列の1つの電流出力路がありうる。他の実施形態では、並列の複数の電流出力路があることが可能で、全てが複数

10

20

30

40

50

のリターン電流路と直列であることが可能である。発射装置のインダクタンスを、並列の電流路の数に比例して下げることが可能である。有益なことに、低いインダクタンスは磁界エネルギーを下げることができ、よって磁界の悪影響を低めることが可能である。

【0025】

いくつかの実施形態では、スロット式軌道の絶縁体を蒸散冷却可能であり、および/または導電性細片を蒸散冷却可能である。蒸散液は、例えば、導電性の物質でありうる。移動する発射輸送手段の後方の物質の分散を実質的に防ぐ（よって望ましくないアーク形成を防ぐ）、さらなる導電性細片の冷却手段のいずれもまた使用してもよい。

【0026】

推進剤タンクは、発射チューブの内径と実質的に同一の外径を有することが可能である。推進剤タンクは、その外表面の少なくとも一部に摺動接触部の細片を有することが可能である。摺動接触部の細片を、発射輸送手段の速度が上がるにつれて気化するよう構成可能である。そのような気化した細片は、摩擦の抗力を最小化する低い抗力のガスベアリングを提供可能である。そのような気化した細片は、あらゆるアーキングを促進するのではなくそれを抑制するように絶縁する蒸気を産生可能である。いくつかの実施形態では、摺動接触部の細片は、液体の6フッ化硫黄または他の適切な物質で満たされた細孔を備えてもよい。

【0027】

装置を、検査、整列、および修復のため導電性の発射チューブ内に挿入可能である。いくつかの実施形態では、発射チューブを、能動的な整列装置により整列することが可能である。

【0028】

発射チューブは、それが上方（すなわち発射方向）に湾曲する出口端部近辺を除いて、実質的に水平であることが可能である。いくつかの実施形態では、発射チューブは地球の湾曲に合わせることが可能である。他の実施形態では、発射チューブは一定の傾斜角度にあることが可能である。必要に応じて、チューブ台をチューブの一定の傾斜角度に徐々に近づけることが可能である。

【0029】

加速中に空力抵抗を最小化し、一方で発射パッケージの前方のアーク破損への抵抗を増すよう、発射チューブを低圧の軽ガスで排気および充填してもよい。いくつかの実施形態では、発射チューブを排気可能であり、壁をガス層で覆うために、高速パルスのガスを順次チューブに沿って（例えば蒸散により）導入可能である。ガスは、壁を絶縁するが、壁からチューブ直径の大部分へ膨張し、よって空力抵抗を増加する時間が十分にはない。いくつかの実施形態では、発射チューブの最初の区間を、導電性がないように構成可能である。そのような発射チューブの最初の区間を通して、電気的に加熱されないまたは発射開始前に電気または他の手段により予熱された膨張ガスを使用して、発射輸送手段を加速可能である。

【0030】

発射チューブの出口を、発射パッケージが到着するまで空気の侵入を防ぐ出口装置で密閉可能である。いくつかの実施形態では、出口装置は高速機械シャッターであることが可能であり、1つまたは一連の空力カーテンであることが可能であり、またはそれを通して発射パッケージが飛行する薄い膜または複数の膜であることが可能である。いくつかの実施形態では、出口装置は、1つまたはいくつかの充填爆発物を有する薄い膜または複数の膜であることが可能で、充填爆発物は、発射パッケージ到着前に爆発しなかった場合に発射パッケージを破壊し、発射パッケージ到着前に爆発した場合に発射パッケージの通過を可能にする。

【0031】

いくつかの実施形態では、発射チューブは移動可能である。例えば発射チューブは、発射仰角または発射方位を変更するよう1次元で移動可能である。さらに発射チューブは、仰角および方位の両方の変更を可能にするよう、2次元で移動可能である。いくつかの実

10

20

30

40

50

施形態では、発射チューブを、船または潜水艦のような移動可能な輸送手段に据え付けることが可能である。代わりに発射チューブを、地下の傾斜したトンネル内に設置することが可能であり、または自然に傾斜する地面に設置することが可能である。いくつかの実施形態では、発射チューブを、固定または移動可能な角度で水中に設置可能である。

#### 【0032】

発射パッケージは、発射チューブ内で加速される間、その整列および方向を能動的に維持する慣性センサおよびアクチュエータを有することが可能である。いくつかの実施形態では、発射パッケージを、発射加速の合間に、完全性および計画通りの実行について監視可能である。発射を最適化し発射チューブを保護するよう、監視結果に基き緊急操作を実行可能である。例えば、発射パッケージを直ちにまたはそれが発射チューブから出た直後に破壊することにより、発射を中断可能である。さらなる例として、発射パッケージを、発射の間または発射直後に、廃棄部分および飛び出すペイロード部分に分離可能である。飛び出すペイロードは、大気から出る間、物体先端の完全性、形状、鋭敏度、低い抗力および低圧を維持するよう、突き出したロッドまたは蒸散冷却された物体先端を持つ熱シールドを有することが可能である。飛び出すペイロードは、その質量中心の位置に対する圧力中心の位置に基き、少し正の安定性、中性の安定性、または負の空力的安定性を有することが可能である。飛び出すペイロードは、大気を通る飛行経路を最適化および発射方位を変更するよう、高い横加速度レベルで操縦可能である。飛び出すペイロードは、高い揚抗比を有することが可能で、リフティングボディ設計を有しうる。例えば、飛び出すペイロードは、非常に高速応答および低い抗力の空力の操縦翼面を有しうる。いくつかの実施形態では、操縦翼面は、ベーススプリットフラップであることが可能で、および/または圧電アクチュエータで作動可能である。

#### 【0033】

いくつかの実施形態では、部分的な真空を生成し、それによってペイロードの空力抵抗を減少するように、ペイロードの前方の大気（例えば空気）（すなわち移動する発射装置の前方の発射チューブの容積）を加熱可能である。例えば高エネルギーのレーザシステムは、ペイロードの前方に焦点をあてレーザビームを発射し、空気を爆発的に加熱可能である。

#### 【0034】

いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは軌道衛星であることが可能で、または軌道に乗らないペイロードであることが可能である。例示的な実施形態で、ペイロード衛星は、通信衛星、検出衛星、再補給輸送手段、または武器でありうる。実施形態で、ペイロードは長距離に急速で送達される商業パッケージである。別の実施形態では、ペイロードは、検出ペイロードまたはUAVまたは他の無人輸送手段である。さらなる実施形態で、ペイロードは武器である。さらに他の実施形態で、ペイロードは衝突前に分散される副部品を有する。他の実施形態では、ペイロードは衝突まで損傷がないままである。必要に応じて、複数のペイロードが、深く貫入するよう同一の位置または近辺に衝突可能である。ペイロード衛星は、電力のために拡張可能なソーラーアレイを包含することが可能であり、そのようなアレイは、配置後剛性を硬化可能である。ペイロード衛星は、軌道内の姿勢を制御する拡張可能なマグネットアレイを有することが可能であり、そのようなアレイは、配置後剛性を硬化可能である。ペイロード衛星は、軌道内の通信を果たす拡張可能なアンテナアレイを有することが可能であり、そのようなアレイは、配置後剛性を硬化可能である。ペイロード衛星は、軌道内の役目を果たす拡張可能な構造を有することが可能であり、そのような構造は、配置後剛性を硬化可能である。

#### 【0035】

ペイロード衛星の設計寿命は、10年未満、5年未満、2年未満、または1年未満でありうる。衛星軌道高度は、空力抵抗による軌道存続期間が5年未満、2年未満、1年未満、6ヶ月未満、3ヶ月未満または1ヶ月未満であるようにありうる。拡張可能な磁気アレイを用いた地球の磁界に対する磁気推力によって、より長い軌道存続期間を得るよう衛星

10

20

30

40

50

を構成可能である。衛星は、拡張可能なソーラーセイル上の日光および太陽風に誘起された圧力によって、軌道存続期間の長期化を達成するよう構成可能である。衛星を、イオン化した上層大気分子に対する磁気流体力学(MHD)推進力によって、軌道存続期間の長期化を達成するよう構成可能である。初期故障率が高い商業級の部品を使用し、それから発射、失敗、および再設計サイクルを迅速に繰り返し、時間と共に迅速にどんどん高い信頼性を得ることによって、ペイロードコストを削減可能である。

【0036】

いくつかの実施形態では、本開示による発射装置および(例えば何千もの)複数のペイロードを、1つの目的のために同時に設計可能である。例えば、ペイロードは全て、高周波通信衛星または光通信衛星のような通信衛星でありうる。いくつかの実施形態では、ペイロードは、ミリ波または光学ビームの反射中継器でありうる。他の実施形態では、ペイロードは、核廃棄物容器でありうる。

10

【0037】

発射パッケージおよび/または1段階式軽ガスガン前段加速器の軽ガス推進剤は、例えば、水素であることが可能である。いくつかの実施形態では、軽ガスを、約1,000Kから約100,000K,約2,000Kから約50,000K,約2,500Kから約20,000K,約3,000Kから約15,000K,約3,500Kから約10,000K,または約3,500Kから約5,000Kの範囲に加熱可能である。

【0038】

種々の実施形態で、排出ガスは異なりうる。例えば排出ガスは、分子水素(0.002 kg/mole)、原子水素(0.001 kg/mole)、および/または水素プラズマ(0.0005 kg/mole)でありうる。

20

【0039】

発射パッケージ排出装置は、任意選択的に軽ガス(例えば水素)で蒸散冷却可能なノズルのどを有しうる。排出装置はまた、任意選択的に軽ガス(例えば水素)で蒸散冷却可能なノズルを有しうる。排出装置はまた、多孔性のノズルのどを有することが可能であり、いくつかの実施形態では、細孔を、融解および/または蒸発および/または解離により熱を吸収する物質(例えば固体水素またはリチウムまたは氷)で満たすことが可能である。

【0040】

飛び出すペイロードは、大気から出る間、物体先端の完全性、形状、鋭敏度、低い抗力および低圧を維持するよう、融解および/または蒸発および/または解離により熱を吸収する物質(例えば、固体水素またはリチウムまたは氷)で満たされた多孔性の物体先端を持つ熱シールドを有することが可能である。飛び出すペイロードの物体先端は、突き出したロッドを有してもよく、それはロッドが融除するとき外側に押し進められることが可能である。

30

【0041】

発射システムの電気エネルギーを、電池バンクが供給することが可能である。種々の実施形態で、電池は鉛酸電池でありうる。いくつかの実施形態では、自動車蓄電池を使用してもよい。電池バンクがインダクタを充電し、それからインダクタが発射装置チューブに切り替えて発射装置チューブ内に放電するように、インダクタを電池バンクと発射装置の間に置くことが可能である。発射装置内への放電を、爆発的に作動されたスイッチにより開始可能である。放電切り替えは、従来のスイッチとキャパシタが介在するアーキング制御で遂行可能である。インダクタは、高透過性の材質からなるコアを有することが可能である。コアを、高放電率および低渦電流損に設計可能である。インダクタを能動的に冷却可能であり、および/またはコアを能動的に冷却可能である。いくつかの実施形態では、伝導体を能動的に冷却可能である。

40

【0042】

いくつかの態様で、本開示は、ペイロードを送達するよう構成可能な発射輸送手段を提供する。発射輸送手段は、ペイロードの高速送達に適合可能である。いくつかの実施形態では、発射輸送手段は、ペイロード容器と、推進剤を収容する推進剤タンクと、推進剤タ

50

ンクと流体接続し、抜け出る排出物を形成するよう推進剤の電気加熱に適合された電気加熱器と、外部の源から電気加熱器へ電流の流れを向けるよう構成された1つまたは複数の電気伝導体を備えることが可能である。種々の実施形態で、後述の1つまたは複数が、本開示による発射輸送手段を説明できる。

【0043】

発射輸送手段は、電気加熱器から抜け出る排出物と流体連通する膨張ノズルを備えることが可能である。

【0044】

電気加熱器は、抵抗加熱器でありえる。

【0045】

抵抗加熱器は、格納容器の内側に電氣的に加熱される多孔性シリンダを備えることが可能である。

【0046】

電氣的に加熱される多孔性シリンダは、炭素壁を備えることが可能である。

【0047】

炭素壁は、ダイヤモンド、タングステン、炭化ハフニウム、およびそれらの組み合わせからなる群から選択されるコーティング材質を有することが可能である。

【0048】

電氣的に加熱される多孔性シリンダは、蒸散タングステン含有シリンダであることが可能である。

【0049】

抵抗加熱器は、格納容器の内側および電氣的に加熱される多孔性シリンダの外側にありうるチャンバと流体連通する放出ポートを備えることが可能である。

【0050】

電気加熱器は、アーク加熱器であることが可能である。

【0051】

アーク加熱器は、格納容器内に旋回チャンバを有することが可能である。

【0052】

格納容器は、蒸散冷却壁を備えることが可能である。

【0053】

旋回チャンバは、旋回安定化電気渦アークを確立するよう構成可能である。

【0054】

アーク加熱器は、旋回チャンバにより離間された同軸の電気端子を備えることが可能である。

【0055】

電気伝導体は、摺動電気接触部を備えることが可能である。

【0056】

摺動電気接触部は、外側リムにより少なくとも部分的に囲まれた内側の伝導体を備えることが可能である。

【0057】

外側リムを、蒸散冷却されるよう構成可能である。

【0058】

外側リムは、多孔性でありうる。

【0059】

多孔性外側リム内の細孔は、冷却物質を少なくとも部分的に充填することができる。

【0060】

冷却物質を、水素、6フッ化硫黄およびそれらの組み合わせからなる群から選択することが可能である。

【0061】

摺動電気接触部は、磁気リム、融除シールド、内側の冷却リム、および内側の伝導体と

10

20

30

40

50

外側リムの間の融除リムのうちの1つまたは複数をさらに備えることが可能である。

【0062】

摺動電気接触部を、プラズマアークから電流を受けるよう構成可能である。

【0063】

電気伝導体は、摺動電気接触部と電気加熱器の間を伸びる整列アームをさらに備えることが可能である。

【0064】

電気伝導体は、ペイロード容器および推進剤タンクのうちの1つまたは両方に取り付けられ、または一体式である細長形の導電性の構成要素を備えることが可能である。

【0065】

細長形の導電性の構成要素は、プラズマアークから電流を受けるよう構成可能である。

【0066】

推進剤タンクは、推進剤タンクの外表面の少なくとも一部に1つまたは複数の摺動接触部の細片を有することが可能である。

【0067】

摺動接触部の細片は、気化可能であるよう構成可能である。

【0068】

ペイロード容器は、人間または動物の搭乗者、衛星、輸送手段、物品、および武器のうちの1つまたは複数を有することが可能である。

【0069】

ペイロード容器、推進剤タンク、および電気加熱器のうちの1つまたは全てが、再利用可能でありうる。

【0070】

推進剤は、水素、ジボラン、アンモニア、メタンおよびそれらの組み合わせからなる群から選択可能である。

【0071】

輸送手段を、少なくとも500秒の比推力(Isp)を提供するよう構成可能である。

【0072】

電気加熱器を、推進剤を約1,000Kから約100,000Kの温度に加熱するよう構成可能である。

【0073】

抜け出る排出物を、分子水素、原子水素、水素プラズマ、およびそれらの組み合わせからなる群から選択可能である。

【0074】

ペイロード容器は、熱シールドを有することが可能である。

【0075】

熱シールドの少なくとも一部を、蒸散冷却されるよう構成可能である。

【0076】

輸送手段を、10:1より大きい重量比に対する推力を提供するよう構成可能である。

【0077】

発射輸送手段は、推進剤タンクおよび電気加熱器と流体連通する推進剤ポンプをさらに備えることが可能である。

【0078】

推進剤ポンプは発煙筒で駆動されるポンプであることが可能で、または電氣的に駆動されるポンプであることが可能である。

【0079】

いくつかの態様で、本開示は発射システムを提供する。いくつかの実施形態では、発射システムは、それを通してエネルギーを伝達するよう構成された少なくとも1つのチューブを有する発射チューブを備えることが可能である。発射システムは、本明細書に記載されたあらゆる実施形態による発射輸送手段を備えることが可能である。例えば、発射輸送

10

20

30

40

50

手段は、ペイロード容器と、推進剤を収容する推進剤タンクと、推進剤タンクと流体接続し、抜け出る排出物を形成する推進剤の電気加熱に適合された電気加熱器と、推進剤タンクおよび電気加熱器と流体連通する任意選択の推進剤ポンプと、電気加熱器へ電流の流れを向けるよう構成された1つまたは複数の電気伝導体を備えることが可能である。発射システムはさらに、電気エネルギー源を備えることが可能である。発射チューブを特に、それを通る発射輸送手段を推進するよう構成可能である。種々の実施形態で、後述のうち1つまたは複数が本開示による発射システムを説明可能である。

【0080】

発射チューブは、内側の導電性のチューブ、および同軸の絶縁体チューブにより分離された外側の導電性のチューブを備えることが可能である。

10

【0081】

内側の導電性のチューブは、その長さの少なくとも一部に沿って伸びる1つまたは複数のスロット式軌道を有することが可能である。

【0082】

1つまたは複数のスロット式軌道を、発射輸送手段の電気伝導体を受け入れるよう構成可能である。

【0083】

内側の導電性のチューブの半径に対する外側の導電性のチューブの半径の比は、2であることが可能である。

【0084】

磁場が約1.25テスラ未満の強度であることが可能なように、発射チューブを、約20万から約200万アンペアの電流がそれを通ることにより形成されるあらゆる磁界を限定するよう構成可能である。

20

【0085】

発射チューブは、周囲の空気を排気可能である。

【0086】

発射チューブは絶縁体チューブおよび導電性のチューブに囲まれたチューブ内腔を備えることが可能であり、発射チューブを、発射チューブ内腔内の誘起されたプラズマアークを通過して電流が通過するよう構成可能である。

【0087】

導電性のチューブを、絶縁体チューブによって発射チューブ内腔からその長さに沿って分離可能であるが、発射チューブの末端部直近で発射チューブ内腔と電気接続可能である。

30

【0088】

発射システムは、発射チューブの対向する開始端部において後部の導電性の構成要素をさらに備えることが可能である。

【0089】

システムを、導電性のチューブを通過して前方に、および発射チューブ内腔および発射輸送手段の1つまたは複数の電気伝導体を通して後部の導電性の構成要素へ後方に電流が通過するよう構成可能である。

40

【0090】

誘起されたプラズマアークは、発射輸送手段の前方および発射輸送手段の後方に存在することが可能である。

【0091】

発射チューブは、2つの導電性のチューブおよび2つの絶縁体チューブを備えることが可能である。

【0092】

発射チューブは、内側の絶縁体チューブおよび内側の導電性のチューブにより分離された外側の絶縁体チューブに囲まれたチューブ内腔を備えることが可能であり、外側の絶縁体チューブの外側に外側の導電性のチューブもまた備えることが可能である。

50

## 【0093】

内側の絶縁体チューブおよび内側の導電性のチューブを、それらの長さの少なくとも一部に沿って区画化可能である。

## 【0094】

区画のそれぞれが、発射内腔から内側の導電性のチューブへ電流を通過するよう構成された少なくとも1つのスイッチを有することが可能である。

## 【0095】

外側の導電性のチューブは、発射チューブの末端部直近の発射チューブ内腔と電気接続が可能である。

## 【0096】

発射チューブを、発射チューブ内腔内の誘起されたプラズマアークを通過して電流が通過するよう構成可能である。

## 【0097】

システムを、外側の導電性のチューブを通過して前方に、および発射チューブ内腔および発射輸送手段の1つまたは複数の電気伝導体を通過して後方に電流が通過するよう構成可能である。

## 【0098】

システムを、発射輸送手段の1つまたは複数の電気伝導体から内側の絶縁体チューブの長さに沿って位置する1つまたは複数のスイッチを通過して、内側の導電性のチューブ内へ電流が通過するよう構成可能である。

## 【0099】

発射システムを、電非磁であるよう構成可能である。

## 【0100】

電気エネルギー源は、電池バンクを備えることが可能である。

## 【0101】

電気エネルギー源は、さらにインダクタを備えることが可能である。

## 【0102】

電気エネルギー源は、電流ビームを送達するよう構成された放射構成要素を備えることが可能である。

## 【0103】

電気エネルギー源は、発射チューブを通過して運動中の発射輸送手段を追跡するよう構成された軌道構成要素を備えることが可能である。

## 【0104】

発射チューブは、その長さの少なくとも部分に沿って1つまたは複数の通路を有することが可能であり、1つまたは複数の通路がそれを通る電流ビームの伝達を可能にするよう構成される。

## 【0105】

電流ビームは、レーザービーム、マイクロ波ビーム、またはミリメートル波ビームを有することが可能である。

## 【0106】

いくつかの態様で、本開示はペイロード発射方法を提供する。いくつかの実施形態では、ペイロード発射方法は、本明細書に記載されたあらゆる実施形態による発射システムを提供するステップと、発射システムから発射輸送手段の電気加熱器内で推進剤を電氣的に加熱し、発射システムから発射チューブを通過して出るペイロードを加速するのに十分な速度で抜け出る排出物を形成するステップを含むことが可能である。種々の実施形態で、後述のうち1つまたは複数が本開示によるペイロード発射方法を説明可能である。

## 【0107】

方法は、発射輸送手段の電気加熱器内で推進剤を電氣的に加熱し、約2から約2,000 G'sの加速力で毎秒少なくとも約2,000メートル(m/s)の速度に発射チューブを通る発射輸送手段を加速する一方で、チューブ内の磁界を約2テスラ未満に制限する

10

20

30

40

50

膨張ガスを形成するステップを含むことが可能である。

【0108】

方法は、発射チューブの少なくとも1つの導電性のチューブを通る、約0.2アンペアから約200万アンペアの電流を提供するステップを含むことが可能である。

【0109】

電流は、第1の導電性のチューブに提供されることが可能であり、第1の導電性のチューブから第1の摺動接触部を通して発射輸送手段の電気加熱器へ通過可能で、および電気加熱器から第2の摺動接触部を通して第2の導電性のチューブへ通過可能である。

【0110】

電流は、第1の導電性のチューブから第1の摺動接触部へ通過することが可能で、第2の摺動接触部からプラズマアークを介して第2の導電性のチューブへ通過することが可能である。

10

【0111】

電流は、少なくとも1つの導電性のチューブに提供されることが可能で、導電性のチューブを通して前方に発射チューブの末端部へ通過することが可能である。

【0112】

電流は少なくとも1つの導電性のチューブから発射チューブの開口内腔内へ通過可能で、開口内腔を通して電流が発射輸送手段の第1の電気伝導体へ通過可能である。

【0113】

電流は、発射チューブの開口内腔を通してプラズマアークを介して通過することが可能である。

20

【0114】

電流は、発射輸送手段の第1の電気伝導体から電気加熱器へ通過することが可能で、発射輸送手段の第2の電気伝導体を通して発射輸送手段を離れて通過することが可能である。

【0115】

発射輸送手段から離れて通過する電流は、発射チューブの開口内腔を通して後方へ、後部の導電性の構成要素へ移動することが可能である。

【0116】

電流は、第1の導電性のチューブへ提供されることが可能で、第1の導電性のチューブを通して前方へ発射チューブの末端部へ通過することが可能である。

30

【0117】

電流は、第1の導電性のチューブから発射チューブの開口内腔内へ通過することが可能で、開口内腔を通して電流はプラズマアークを介して発射輸送手段の第1の電気伝導体へ通過することが可能である。

【0118】

電流は、発射輸送手段の第1の電気伝導体から電気加熱器へ通過することが可能で、発射輸送手段の第2の電気伝導体を通して発射輸送手段を離れて通過することが可能である。

【0119】

発射輸送手段から離れる電流は、1つまたは複数のスイッチを通して第2の導電性のチューブ内へ通過することが可能で、それを通して後方へ通過する。

40

【0120】

電気エネルギー源は電流ビームを送達するよう構成された放射構成要素を有することが可能であり、方法は、放射構成要素から発射チューブ内の1つまたは複数の通路を通して発射輸送手段の電気加熱器へ電流ビームを向けるステップを含むことが可能である。

【0121】

方法は、電流ビームが発射チューブの長さに沿った複数の位置において発射輸送手段へ送達可能なように、発射輸送手段が発射チューブを通して加速するにつれて電流ビームを発射輸送手段の位置に追跡するステップを含むことが可能である。

50

## 【0122】

電流ビームは、レーザビーム、マイクロ波ビーム、またはミリメートルビームであることが可能である。

## 【0123】

方法は、発射輸送手段の前方の大気を加熱するステップを含むことが可能である。

## 【0124】

大気を、レーザビームで爆発的に加熱することが可能である。

## 【0125】

前述の一般用語で本開示をこのように記載したが、添付の図について記述し、図は必ずしも縮尺通りではない。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0126】

【図1】本開示の例示的な実施形態による発射システムの側面断面図であり、発射輸送手段が導電性の発射チューブ内に位置する。

【図2】発射チューブを一般的な先行技術レーザガンと比較した、本開示の例示的な実施形態による発射チューブの概略である。

【図3】本開示の例示的な実施形態による発射装置、および既知の技術の電磁発射装置の発射装置の、発射装置の磁界強度の機能としての電気から運動エネルギー変換効率を示すグラフである。

【図4】望ましい範囲の最小化された磁界強度にわたる、本開示の例示的な実施形態による発射装置の、発射装置の磁界強度の機能としての電気から運動エネルギー変換効率を示すグラフである。

【図5】本開示の例示的な実施形態による発射装置、および既知の技術の電磁発射装置のインダクタンスの機能としての効率を示すグラフである。

【図6】本開示の例示的な実施形態による発射装置の、発射装置の幾何学構造に対する単位長あたりのインダクタンスを示すグラフである。

【図7】本開示の例示的な実施形態による発射装置の、発射装置の幾何学構造に対する効率を示すグラフである。

【図8a】本開示の例示的な実施形態による摺動接触部を示す。

【図8b】本開示の例示的な実施形態による、発射チューブ伝導体からプラズマ層を通り摺動接触部内への電流の伝達を示す。

【図9】本開示の例示的な実施形態による発射システムの背面図であり、発射輸送手段が導電性の発射チューブ内に位置する。

【図10】本開示の例示的な実施形態による発射システムの側面断面図であり、発射輸送手段が、同軸の絶縁体チューブにより分離された同軸の導電性のチューブで形成された発射チューブ内に位置する。

【図11】本開示の例示的な実施形態による発射システムの側面断面図であり、発射輸送手段が、導電性のチューブおよび絶縁体チューブで形成された発射チューブ内に位置し、発射チューブが、プラズマアークを介して発射チューブの開口内腔を通る電流路を提供するよう構成される。

【図12】本開示の例示的な実施形態による発射システムの側面断面図であり、発射輸送手段が、2つの導電性のチューブおよび2つの絶縁体チューブで形成された発射チューブ内に位置し、発射チューブが、プラズマアークを介して発射チューブの開口内腔を通り、導電性のチューブのうちの1つの中に戻る電流路を提供するよう構成される。

【図13】本開示の例示的な実施形態による発射システムの側面断面図であり、発射輸送手段が、発射装置の電気加熱器の電気エネルギー源としての電流ビームの進入路を有する発射チューブ内に位置する。

【図14】電気エネルギー源と接続した発射チューブを示す、本開示の例示的な実施形態による発射システムの概略である。

【図15】抵抗加熱に有用な構成要素を有する、本開示の例示的な実施形態による電気加

10

20

30

40

50

熱器の断面である。

【図16】旋回安定化渦アーク加熱に有用な構成要素を有する、本開示の例示的な実施形態による電気加熱器の断面である。

【図17】本開示の例示的な実施形態による発射システムの側面図であり、発射輸送手段が、区別した加圧を有する導電性の発射チューブ内に位置する。

【図18】本開示の例示的な実施形態による発射輸送手段のペイロード構成要素の例示であり、例示された実施形態の種々の構成要素を表すペイロード構成要素の外観図およびペイロード構成要素の内観図を示し、ペイロード構成要素は大気通行構成である。

【図19】本開示の例示的な実施形態による発射輸送手段のペイロード構成要素であり、ペイロード構成要素は大部分の大気の外側の宇宙の真空中で軌道内または他に配置された構成にある。

10

【発明を実施するための形態】

【0127】

本開示を、その例示的な実施形態に関連して以下により十分に記載する。この開示が徹底的で完全であり、開示の範囲を当業者に十分に伝えるように、これらの例示的な実施形態を記載する。実際に本開示を多数の異なる形態で実施してもよく、本明細書に記載される実施形態に限定されると解釈されるべきではない。そうではなく、この開示が適用可能な法律上の必要条件を満たすように、これらの実施形態を提供する。明細書、および添付の請求項内の使用で、「1つの」、「その」の単数の形態は、文脈が明らかに他を述べていない限り複数の指示対象を含む。

20

【0128】

本開示は、発射体の急速な加速の手段を提供する。特定の実施形態で、発射体は宇宙発射装置の全てまたは一部を含みうる。そのようなものとして、本主題のいくつかの機能の記載を簡単にするために、本開示はこの実施形態に焦点を当てるかもしれない。それにもかかわらず、開示された主題は、本明細書に述べられた宇宙発射またはさらに特定の実施形態に限定されることを意図しない。そうではなく、例示的な記述をさらなる実施形態に拡張するよう十分な記載を提供するために、特定の実施形態に関するあらゆる開示は例示的な主題であることが意図される。

【0129】

本開示は、発射システム、発射システム内で使用可能な1つまたは複数の機器、およびとりわけ迅速に高速に達するが過度に加速しない、物体発射の1つまたは複数の方法を提供する。ある実施形態で、本開示のこれらおよびさらなる態様は、推進燃料として低原子量の成分を使用する電非磁（“EAM”）発射装置の使用を通じて得られうる。

30

【0130】

およそ30年にわたり、電磁（“EM”）発射装置が、米国政府および他の組織によって盛んに開発されてきた。EM発射装置（例えばレールガン）は、2つの平行なレールをへて電磁効果により加速された発射機器を通して流れる電流により生成された誘起磁場に依存する。同様に、増大されたEM発射装置は、発射機器により起こされた磁界を増加または増大するように配置されたさらなる対の平行な伝導体を通して流された駆動電流を使用可能である。しかし、最近の研究は、EM発射装置が宇宙発射に必要な条件を達成するのを妨げる深刻な問題を、それらが抱えることを示す。高速において、磁気効果は膨大な電力およびエネルギーを吸収する。これは、移動中の発射パッケージと固定の供給伝導体の間の安定した電気伝送を達成する能力を事実上壊しうる。電気エネルギーを用いて発射パッケージを推進する磁力を生成するのではなく、本開示によるEAM発射装置は誘起された磁力を実質的に最小化し、よって同様にエネルギー排出およびその歪み効果を最小化する。とりわけ、本開示による推進は、磁力によるものではなく電氣的に加熱された膨張の膨張によってもたらされる。

40

【0131】

本開示による発射システムは、独立して公知の技術を上回る有益な改善をもたらす多数の構成要素、ならびに開示された構成要素の多数の組み合わせを有しうる。例えばい

50

いくつかの実施形態では、本開示による発射システムは、電気エネルギーを1つまたは複数の推進剤源を有する発射装置へ提供するように電気エネルギー源と電気接続する発射チューブ、推進剤源から推進剤を加熱する電気加熱器、電気加熱器と電気接続し発射チューブと電気接続する摺動接触部、電気加熱器と流体連通し1つまたは複数の加熱された推進剤またはその構成要素の放出に適合された拡張ノズル、および発射装置のさらなる構成要素の1つまたは複数と機械的に接続したペイロードを有する。いくつかの実施形態では、本開示による発射システムを、排出されるチューブ内の1つまたは複数の伝導体を介して固定の電源装置から電気ロケットへ電力を提供するよう構成することが可能である。システムは、発射を達成するのに短い推進時間を必要とするのみの重量比に対して推力が高い比較的軽量のエンジンを使用可能である。

10

#### 【0132】

本開示の1つの実施形態による発射システム20の構成要素の側面図が、図1に示される。その中に示されるように、発射装置200は発射チューブ100内に位置決められる。発射チューブ100は、1つまたは複数の絶縁層で分離可能な、同軸の導電性があるチューブを有することが可能である。代わりに発射チューブは、1つまたは複数の絶縁層で分離された複数の導電性の層を持つ、単一の複数層のチューブを有することが可能である。図1の実施形態で示されるように、発射チューブ100は、内側の導電性チューブ130から離れて絶縁体120により分離された外側の導電性チューブ110を有することが可能である。外側の導電性チューブ110および内側の導電性チューブ130を、金属または金属合金のような任意の適切な、導電性の材質で形成することが可能である。いくつかの実施形態では、導電性チューブの壁は、2つ以上の異なる材質を有することが可能である。例示的な実施形態として、内側の導電性チューブおよび外側の導電性チューブのうちの1つまたは両方は、鋼、アルミニウム、またはアルミニウム合金を有することが可能である。望ましい実施形態で、内側の導電性チューブおよび外側の導電性チューブの1つまたは両方の最も内側の層は、タンゲステン、レニウム、または硬化銅のような耐高温摩耗性の導電性材質を有することが可能である。そのように、内側の導電性チューブおよび外側の導電性チューブの1つまたは両方は、鋼またはアルミニウムで形成された外側層、および耐高温摩耗性の導電性材質で形成された内側層を有することが可能である（内側の言及したものはチューブの内部に近接し、外側の言及したものはチューブの外部に近接する）。いくつかの実施形態では、主たる外側層と内側層の間に中間層物質を形成することが可能である。例えば中間層は、銅またはモリブデンを含んでもよい。そこを通して発射装置が加速される内腔のサイズは、発射されるペイロードのサイズに基いて変わりうる。いくつかの実施形態では、発射チューブは、少なくとも0.5 m、少なくとも1 m、少なくとも2 m、少なくとも5 m、または少なくとも10 mの内腔のサイズを有することが可能である。ある実施形態で、内腔のサイズは約1 mから約1 mである。

20

30

#### 【0133】

絶縁体120は内側の導電性チューブ130と外側の導電性チューブ110の間の環状の空間にあることが可能であり、2つの導電性チューブ間に電流が流れるのを実質的に妨げるのに有効なあらゆる材質を含むことが可能である。望ましい実施形態で、絶縁体120の厚さおよび2つの導電性チューブ間の環状の空間を最小化することが可能である。そのような最小化は、導電性チューブを通る電流の流れにより形成される磁界の容量および強度を最小化するのに有益でありうる。例えば種々の実施形態で、電流は、内側および外側の導電性チューブのうちの1つを通り、後述するように電気加熱器を通り、内側および外側の導電性チューブのうちの他方に沿って戻る。絶縁体および/または外側の導電性チューブおよび内側の導電性チューブの間の環状の空間の厚さは、約0.5 cmから約30 cm、約1 cmから約20 cm、約1.5 cmから約15 cm、または約2 cmから約10 cmであることが可能である。

40

#### 【0134】

本EAM発射装置の利点は、レールガン技術と比較して明らかである。特に本EAM発射装置の発射チューブの幾何学構造は、大きな磁界の負の影響をかなり減少またはなくす

50

ことが可能である。レールガンのような公知の技術のEM発射装置を駆動する重要な概念は、発射体を押す磁力を最大化することであった。最大発射力を得るための試みでは、非常に大きな磁界がEM発射装置と共に使用される。これは非常に大量の電流の必要を有し、非常に強い磁界からの過度の機械的圧力をもたらす。それはまた、非常に大きな抵抗損失およびアーク損失をもたらす。1つの例として、1トンのペイロードを発射するよう設計された一般的なレールガンは、1000万から約5000万アンペアの電流および約10から約25テスラの磁界を使用し、約15,000から約100,000PSIの圧力が結果として生じる。システムの損失は、軌道速度で評価するときレールガンがおよそ10%の効率を有することにつながり、これはプラズマアーマチャの構造の完全性を効果的に保持可能な場合のみである。大規模な政府の研究および開発投資にもかかわらず、その偉業は、これまで一度も達成されていない。レールガン技術でこれまで達成された最高記録の反復可能な速度は、毎秒約6,000メートルであり、そのような高速度発射の最高効率は、わずか数パーセントであった。

10

## 【0135】

本開示の方法による発射チューブを通して輸送手段を発射するのに必要とされる電流の量は、発射される質量に関連して変わりえて見積もることができる。例示的な実施形態として、本開示によるEAM発射装置を使用する1トンのペイロードの発射は、約0.2メガアンペアから約5メガアンペア電流を加える必要がある可能性があり、すなわち同一の質量を発射に用いる場合の一般的なEM発射装置技術と比較して10から200倍の減少である。損失および圧力が印加された電流の2乗で計られるので、これは特に現実の問題に直結し、よって100倍から40,000倍減少することが可能である。その原理で、本開示の実施形態によるEAM発射装置は、EM発射装置技術と比較して効率の劇的な増加をもたらすことが可能である。いくつかの実施形態では、本開示による発射システムおよび方法は、約0.2メガアンペアから約200メガアンペアの範囲の電流を使用可能である。より実用的なサイズのペイロードについては、電流は最高約100メガアンペアまたは最高50メガアンペアとなりうる。所望の質量の発射に必要なとされる特定の電流は、本明細書で提供されるさらなる開示から見てこの範囲内に同一と見ることができる。

20

## 【0136】

先行技術のレールガンが必要とする電流は、加速を維持するため、発射される質量の平方根で拡大することが公知である。これは同一速度を保つ必要があるからである。しかし本開示によるシステムおよび方法は、加速を維持するため駆動電流を拡大するいずれの必要にも限定されない。発射される質量に対し構造補強質量分率を一定に保つため、ペイロードが大きくなると加速を減少しなければならない。一般的に加速は、発射されるまともりの長さに比例して、または一般的に発射される質量の立方根に比例して減少することが望ましい。これらの効果は、後述の表に示される。駆動電流の減少におけるこの開示の利点は、発射される質量が増加するほどさらに大きくなることを見ることができる。これは、人間発射システムについて想定するかもしれないような多い質量にとって、特に重要である。そのようなシステムでは、人間の搭乗者のために加速を遅くする必要があるので、駆動電流は例示した範囲の下端になっていく。後述の表は、発射装置質量の変化に関連して必要とされる駆動電流の変化を示す例示の実施形態を特に提供する。表から見られるように、本開示により必要とされる駆動電流は発射装置の質量とともに増加するが、相対的な駆動電流は、先行技術のレールガンを用いて同一の質量を発射するのに必要とされると予測されるであろう電流と比較して驚くほど低い。大質量のペイロードに対し構成された発射装置が比較的大規模であるため、(例えば50メガアンペアの電流を使用する1,000,000kgの発射装置に対し10メートルの口径サイズ)、大電流はこの開示されたシステムおよび方法に限定を提起しない。

30

40

【表 1】

発射装置の質量 (k g)	先行技術のレールガンの電流 (メガアンペア)	本システムおよび方法の電流 (メガアンペア)
1, 000	20~50	0.2~5
4, 000	40~100	0.3~8
16, 000	80~200	0.5~13
64, 000	160~400	0.8~20
256, 000	320~800	1.3~32
1, 024, 000	640~1, 600	2~50

10

## 【0137】

この開示された EAM 発射装置の利点は、種々の添付の図内でさらに明らかである。例えば図 2 は、EAM 発射装置の発射チューブの例示的な実施形態と、一般的な公知の EM レールガンの発射チューブの並列比較を示す。明確な差が容易に明らかである。例えば EAM 発射装置では、伝導体 (110 および 130) が発射チューブを完全に取り囲むことが可能である一方で、EM 発射装置では、伝導体 (310 a および 310 b) は発射チューブ内部の壁の表面領域の形成が明らかに 50% 未満である。むしろ絶縁体 (320 a および 320 b) が、EM 発射装置の内側発射チューブ壁面の大部分を形成する。EM 発射チューブ内で電気伝導体を分離する著しい大空間の効果は、大容量の非常に強烈な磁界であり、これは一般的なレールガンでは発射体を駆動するのに所望される。反対に、本開示による EAM 発射装置のチューブ内は、同軸の伝導体 (110 および 130) が小さな環状の空間絶縁体 120 によってのみ分離される。そのように、伝導体間の環状の空間の総容量は最小化され、誘起磁場の強度は減少される。磁界強度の著しい差は、図 3 で示される。

20

## 【0138】

高速発射装置の電気から運動エネルギーへの変換効率は、少なくとも一部で発射チューブ内の磁界の強度の機能である。一般的な公知の EM 発射装置は、10 テスラから 20 テスラ超の範囲の磁界を必要とする。図 3 に示されるように、発射装置の電気から運動エネルギーへの変換効率は、磁界強度が増加するにつれて増加する。しかし (約 6,000 m/s を超える速度で約 0.02% から約 1% といった範囲に効率を顕著に減少可能であるが)、(約 25 テスラの磁界強度での) 最高の効率は、約 12% の範囲である。本開示の EAM 発射装置で、完全に反対の効果が見られる。特に、磁力が増加するにつれ EAM 発射装置の効率は劇的に低下する。しかし本 EAM 発射装置は、驚くことに種々の実施形態で、磁界強度が実質的に 0 テスラであるとき 51% を超える電気から運動エネルギーへの変換効率を達成可能である。従って本開示のある実施形態で、EAM 発射装置、およびとりわけ発射チューブは、必要な範囲の電流を伝送し、一方で磁界を約 1.25 テスラ未満、約 1 テスラ未満、約 0.5 テスラ未満、約 0.25 テスラ未満、または約 0.2 テスラ未満の強度で生成または誘発するように適合可能である。いくつかの実施形態で、磁界を約 0.2 テスラから約 1.2 テスラの強度に限定することが可能である。これは、図 4 でグラフで示される。いくつかの実施形態では、同軸の導電性のチューブの間の環状の空間内の絶縁体の容積を適切に最小化することを通して、磁界強度を十分に最小化可能である。しかし他の実施形態では、あらゆる磁界を限定、減少またはなくすさらなる手段を使用可能である。

30

40

## 【0139】

本開示による EAM 発射装置の効率を、さらなる特性に関して公知の技術の EM 発射装

50

置技術を凌駕して顕著に向上可能である。例えば図5は、インダクタンスに関して、一般的な先行技術のEM発射装置を上回るこの開示されたEAM発射装置の利点を示す。図5で見られるように、一般的なEM発射装置は、効率を上げるためユニット長あたりのインダクタンスを増加しようとする。他方で、本開示によるEAM発射装置の効率は、インダクタンスが最小化されたとき最大化が可能である。

#### 【0140】

本開示のある実施形態によりインダクタンスを最小化するため、所望の幾何学構造のEAM発射装置のための発射チューブを提供するのが望ましい可能性がある。図6に示されるように、ユニット長あたりのインダクタンスは、発射チューブの内半径に対する外半径の比（すなわち内側チューブの半径に対する外側チューブの半径の比）に基き変わりうる。比が減少するにつれ、インダクタンスは減少可能である。よって、低い比、すなわち導電性発射チューブの壁の間に存在するあらゆる空間の全体の厚さが最小化された発射チューブを提供することが望ましい可能性がある。ある実施形態で、本開示による発射チューブの内半径に対する外半径の比は、2未満、約1.5未満、約1.25未満、約1.15未満または約1.1未満でありうる。さらなる実施形態で、内半径に対する外半径の比は、約1.4から約1.0、約1.5から約7.5、約1.6から約5、約1.65から約4、または約1.7から約2.5でありうる。

10

#### 【0141】

発射装置の幾何学構造もまた、本開示によるEAM発射装置の効率に影響しうる。図7で見られるように、EAM発射装置の効率は、発射チューブの内半径に対する外半径の比が減少するにつれて増加しうる。よって、すでに前述した比を達成することがさらに望ましくありうる。特に、できるだけ1に近い比に近似する（電流を伝送する伝導体の必要な厚さ、および導電性チューブ間の高電圧破壊を防ぐよう存在する絶縁体の厚さによってのみ限定される）比を達成することが望ましくありうる。

20

#### 【0142】

外側および内側の導電性チューブの壁は、1つまたは複数の摺動接触部を受け入れるよう適合された変化する幾何学構造のスロット式軌道を有することが可能である。図1の断面は、内側の導電性チューブ130および絶縁体120内のスロット式軌道112を通る（内側チューブおよび絶縁体の一部が切り取られ、スロット式軌道内の摺動接触部を露出する）。スロット式軌道112は、外側の導電性チューブ110と外側の摺動接触部115の電気接続を提供する。内側の導電性チューブ130と電気接続する内側の摺動接触部135も、また示される。スロット式軌道は、チューブと摺動接触部の間の適切な接触を容易にし、チューブ伝導体間のアーキングを防ぐまたは大幅に減少するのに効果的でありえ、また発射装置200を整列するよう機能し、発射チューブ100内のその回転を大幅に妨げる。整列アーム113aおよび113bは、摺動接触部115および135とそれぞれ物理的に接触可能であり、また電気加熱器と物理的に接触可能である。整列アームは、必要に応じて、鋼、アルミニウム、または絶縁層を有しうる他の金属または金属合金のような、高い強度の硬質な導電性材質を有することが可能である。

30

#### 【0143】

摺動接触部を適切な導電性材質で形成可能であり、さらに後述するように特別な構造をとることが可能である。いくつかの実施形態では、チューブ壁と機械的な摺動接触部を形成する一方で少ない電圧降下のみを示すように、導電性の摺動接触部を位置決めすることが可能である。いくつかの実施形態では、使用中、チューブ壁と実際に物理的に係合しなくてもよい。いくつかの実施形態では、導電性の摺動接触部は、最小の電圧降下のみで導電性のチューブ壁とアーキング摺動接触部（例えば、プラズマブラシ）を形成可能である。アークは、摺動絶縁周面を用いるような機械的な封じ込めによって含有されうる。他の実施形態では、アークは、接触部から移送された電流により生成されうる磁力によって含有されうる。特に接触部は、磁力を生成するように適合された電流ループを形成するかもしれない。いくつかの実施形態では、磁力は自給式電源または発射装置上に存在するかもしれない物体によって生成されうる。1つの例として、磁力を磁石により生成することが可

40

50

能であり、磁石は超伝導磁石であってもよい。

【0144】

特定の実施形態で、摺動接触パッドを、プラズマブラシとして機能するよう構成してもよい。有益なことに、プラズマブラシの領域内に存在するあらゆる磁界を、実質的にゼロに近付けることが可能である。いくつかの実施形態では、プラズマブラシないまたは周辺の磁気圧力は、1 ~ 10 psi の範囲である。そのように、いくつかの実施形態では、プラズマを有するのに低電流巻線または永久磁石が有用でありうる。さらに、公知の無界プラズマ接触の物理的性質を加えうるよう、プラズマブラシを構成可能である。いくつかの実施形態では、本開示によるプラズマブラシとして機能する摺動接触パッドを、0.1 kA/cm<sup>2</sup>で少なくとも3,000 m/s、少なくとも4,000 m/s、少なくとも6,000 m/s、少なくとも8,000 m/s、少なくとも10,000 m/s、または少なくとも12,000 m/sの速度を提供するよう構成することが可能である。プラズマブラシ電流集電器の設計の実施形態の例示が図8bに示され、これは後述する。

10

【0145】

摺動接触部に加え、発射チューブを通る発射輸送手段の移動を補助する追加の構成要素を有してもよい。例えばいくつかの実施形態では、輸送手段は、チューブ内の中心に輸送手段をおきそれらの間の物理的接触を実質的に防ぐのを補助可能な磁気ベアリングおよび/またはガスベアリングを有することが可能である。そのように、輸送手段は、例えばプラズマブラシの実施形態などを包含しうる摺動接触部以外に発射チューブに対して接触しないものとして特性化が可能である。

20

【0146】

いくつかの実施形態では、摺動接触部および/またはスロット式軌道絶縁体を冷却可能である。例えばそのような冷却は、蒸散液の使用によるものでありえ、蒸散液は任意選択的に低イオン化性を有する低温融解金属（例えば、セシウム、アルミニウム、リチウム、または類似の低イオン化性の低温融解の軟金属）のような導電性物質でありえる。ある実施形態で、冷却は導電性および/または対流手段によるものでありえ、手段は使用のあいだ融解および/または気化する一方でお移動する発射輸送手段の後方の物質の分散を実質的に防ぎ、よって望ましくないアーク形成を防ぐ1つまたは複数の物質の使用を含みうる。同様に、接触部の絶縁境界線および/または整列アームを、蒸散冷却によってなどで冷却することが可能である。例えば蒸散液は、水素、6フッ化硫黄のような絶縁材、または液体またはガスのような絶縁性物質でありうる。

30

【0147】

ある実施形態で、本開示による摺動接触部を、1つまたは複数の状態移行を示すように適合することが可能である。例えば、摺動接触部は当初実質的に固体であるよう構成が可能で、固体チューブ壁と接触、または導電性の間隔によってそれから分離してもよい。摺動接触部、またはその部分（例えば、接触パッド）を、融解した液体金属に移行するよう構成することが可能である。これは例えば、発射輸送手段が約1000から約2000 m/sの速度に達したときに起こることが可能である。いくつかの実施形態では、摺動接触部は、当初チューブ壁と物理的に接触し、使用のあいだアーキング接触に変移（例えばプラズマ分離を確立）することが可能である。そのような移行は、ある実施形態で、約1500から約3000 m/sの速度に達したときに起こることが可能である。摺動接触部への電流の移送の大部分は、アーキング段階の間に起こりうる。摺動接触部は、アーク電圧を最小化しよって接触部でのエネルギー損失を最小化するため、機械的、流体力学的、アーク散布および電磁機能を有することが可能である。いくつかの実施形態では、アーク電圧は、約50から約500 Vであることが可能である。望ましくは、アークは接触部で安定して位置し、所望の接触領域の外側に実質的に移動しない。

40

【0148】

例示的な摺動接触パッドが、図8aに示される。摺動接触パッド500は外側リム503を有し、外側リム503を蒸散冷却などで冷却可能である。例えば外側リムは、多孔性であることが可能で、水素または6フッ化硫黄のような冷却剤が外側リムの細孔内で凍結

50

可能である。1つの実施形態では、液体SF<sub>6</sub>を有する多孔性材質を、液体水素で冷却し細孔内のSF<sub>6</sub>を凍結することが可能である。代わりに、液体SF<sub>6</sub>を圧力下で密閉し、表面が融解するにつれて解放することが可能である。図8aで内側に移動すると、摺動接触部500はさらに磁気リム505、融除シールド507、内側リム509（任意選択的に冷却してもよく、例えば外側リム503に関して前述した同一の冷却物質を有してもよく、異なる物質を有してもよい）、融除リム511、および伝導体513をさらに有する。いくつかの実施形態では、伝導体513を任意選択的に冷却可能である。望ましくは、伝導体513の冷却剤は、低イオン化性を示し、その揮発の間プラズマブラシ構成の機能を抑制しない物質である。望ましくは、伝導体513の冷却は、伝導体513の領域内の導電性プラズマブラシ領域からその外部の領域（511、509、507、505、および503）への物質の放出が、それぞれのリム領域のいずれかにより解放されたあらゆる物質のプラズマ急冷特性を弱めないように実行される。

10

## 【0149】

図8bに示されるように、プラズマブラシの実施形態を通すなど、摺動接触部は伝導体チューブと非物理的接触状態にあることが可能であり、図8bは、伝導体チューブ530の一部の部分的な区間、および伝導体チューブとプラズマアーク接点517（すなわち、プラズマブラシ）を確立するよう構成された摺動接触部515と接触パッド500を示す。その中に見られるように、摺動接触部515が伝導体チューブ530に沿って移動するにつれて、接触パッド500は伝導体チューブと直接物理的接触はしないが、チューブから接触パッドを通る摺動接触部への電流の通路（湾曲した矢印で示す）が、接触パッドと伝導体チューブを物理的に分離するプラズマアーク517を確立する。前述のように、プラズマアーク内または周辺の磁気圧は、公知の手段でプラズマ場の閉じ込めをもたらすのに充分低くありえる。

20

## 【0150】

図8aに示されるような接触パッドは、低い界、低密度のプラズマ伝導を使用するプラズマブラシ電流集電器として特性化が可能である。集電器は、例えばプラズマを散布する構成要素、集電器の表面を冷却する構成要素、移動するブラシの後方で生じるかもしれないプラズマのにじみを急冷する構成要素、プラズマ流出を急冷する構成要素、および発射装置のエンジンの後方の二次的アーキングを防ぐ構成要素を有することが可能である。

30

## 【0151】

外側の導電性チューブおよび内側の導電性チューブは、1つのリターン電流路と直列の1つの電流出力路を形成することが可能である。いくつかの実施形態では、並列の複数の電流出力路が存在することが可能である。必要に応じて、全ての出力路は、複数のリターン電流路と直列であることが可能である。発射装置インダクタンスを、並列の電流路の数に比例して下げることが可能である。有益なことに、低いインダクタンスは磁界エネルギーを下げることができ、よって磁界のあらゆる望まない影響を低めることが可能である。

## 【0152】

いくつかの実施形態による発射輸送手段200および発射チューブ100の配置が図9にさらに示され、これはそれらの背面端面図を示す。再度述べると、発射チューブ100は、外側の導電性チューブ110および内側の導電性チューブ130を有し、両者は絶縁体120により分離される。摺動接触部（135a、135b、および135c）は内側の導電性チューブ130の内側の壁と電気接続し、摺動接触部（115a、115b、および115c）は外側の導電性チューブ110の内側の壁と電気接続する。示された実施形態で、外側の摺動接触部115a、115b、および115cは、外側の導電性細片117a、117b、および117cと電気接続し、内側の摺動接触部135a、135b、および135cは、内側の導電性細片137a、137b、および137cと電気接続する。それぞれの導電性細片は、実質的に発射チューブの全体の長さに沿って伸びることが可能であり、または発射チューブの一部のみに沿って伸びることが可能である。摺動接触部は、整列アーム（113a～113f）を介して電気加熱器220に相互接続する。排出ノズル210が、前述の構成要素を見せるよう部分的に透明で示されている。

40

50

## 【 0 1 5 3 】

本開示による発射システムは、さまざまな異なる形態で本明細書に記載されたさまざまな個々の構成要素を包含しうる、さまざまな実施形態をとることが可能である。そのようなものとして、本開示は、個々の構成要素をあらゆる有益な組み合わせで組み合わせることで本開示に含まれる発射システムを得ることができることを示すものとして読むべきである。

## 【 0 1 5 4 】

本開示による発射システムの1つの実施形態が、図10に示される。その中に見られるように、発射装置200が発射チューブ100内に位置する。発射チューブ100は、内側の導電性チューブ130から離間し、絶縁体120により分離された外側の導電性チューブ110を有する。示された実施形態で、スロット式軌道112が、内側の導電性チューブ130および絶縁体120内に形成される。発射装置200は、ペイロード240、推進剤タンク230、および電気加熱器220、および膨張ノズル210を有する。発射装置200は、複数の整列アーム113aおよび113bにより発射チューブ100内に整列される。図10では2つの整列アームのみが示されるが、3つ以上の整列アームが存在してもよいことが理解される。整列アーム113aおよび113bは第1の端部で発射装置200へ、例えば電気加熱器220へ取り付けられ、その対向する端部において摺動接触部115および135を有する。整列アーム113a上の摺動接触部135は、内側の導電性チューブ130と電気の相互作用をもたらすよう構成される。整列アーム113b上の摺動接触部115は、(例えばスロット式軌道112内で)外側の導電性チューブ110と電気の相互作用をもたらすよう構成される。それぞれのケースで、摺動接触部115および135は、それぞれの導電性チューブ110および130とともにプラズマアーク接点517を提供するよう構成される。使用中、図10に示されるように、電気エネルギーが電気エネルギー源(図13の構成要素300参照)から電線170を介して通る。示されるように、電気エネルギーは、電線170から外側の導電性チューブ110へ通り、プラズマアーク接点517を介して摺動接触部115へ通り、整列アーム113bを通過して電気加熱器220へ通る。電気流路は、電気加熱器220から整列アーム113aおよび摺動接触部135を通り、プラズマアーク接点517を介した内側の導電性チューブ130への経路により完了する。推進剤タンク230からの推進剤は、電気加熱器220内で加熱され、ノズル210を通して膨張され発射チューブ100を通る発射装置200を加速する。そのような実施形態で、推進を、プラズマが介在する電流伝導により電力を供給された電気ロケット推進によって進むものとして特性化が可能である。特にプラズマ介在伝導は、導電性チューブ110および130と摺動接触部115および135の間のプラズマアーク接点517で起こる。

## 【 0 1 5 5 】

この開示された発射システムのさらなる実施形態が、図11に示される。繰り返すがシステムは、発射チューブ100内に位置する発射装置200を有する。この実施形態では、発射装置200および発射チューブ100は、摺動接触部および整列アームを通るのではなく、電気の駆動電流が発射チューブ100の内腔101を通るよう構成される。繰り返すが発射装置200は、ペイロード240、推進剤タンク230、および電気加熱器220、および膨張ノズル210を有する。加えて発射装置200は、駆動伝導体201aおよび201bを有する。任意選択的に、発射装置200は、発射チューブ100内の発射装置の整列を補助するよう構成された1つまたは複数のペアリング207aおよび207bを有することが可能である。いくつかの実施形態では、発射チューブ100は、単一の導電性チューブ101、およびその少なくとも一部の内部にあり、それから発射装置200を分離する絶縁体120を有する。図11で見られるように、発射チューブ100は、さらに後部伝導体111を有する。そのような実施形態によると、使用中に電気エネルギー(点線で示される)が電線170から導電性チューブ110を通過してその末端部110aへ、および発射チューブ100の内腔101内へ通過する。電気エネルギーが導電性チューブ110の末端部110aにおいてチューブ内腔101へ通るとして示されるが、チューブ内腔への通過は末端部から上流へ起こりえて、および/または発射チューブの長

10

20

30

40

50

さに沿って複数の地点で起こりえることが理解される。発射チューブ100の内腔101内の電気エネルギーはプラズマアーク領域617を生成し、電気エネルギーはそれを通して発射装置200へ通過する。いくつかの実施形態では、電気エネルギーは、プラズマアーク領域617からペイロード240および推進剤タンク230に装着され、または一体となった前部駆動伝導体201aへ通過する。前部駆動伝導体201aは単一の構成要素として示されるが、前部駆動伝導体は互いに電氣的に接触する複数の構成要素を有することが可能である。電気エネルギーは前部駆動伝導体201aから電気加熱器220内へ入り、そこで推進剤タンク230からの推進剤が加熱され、ノズル210外へ膨張して発射チューブ100を通る発射装置200を加速する。電気エネルギーは、電気加熱器220から、発射装置200の後部端部または後部端部（例えば膨張ノズル210の後部端部）近辺で終了する後部駆動伝導体201b（繰り返すが複数の構成要素を有してもよい）を通して通過する。発射装置200を離れる電気エネルギーは、再度発射装置の後方でプラズマアーク領域617を生成し、それを通して後部伝導体111へ通過し、そこで電気エネルギーが発射チューブ100を離れて回路を完成する。そのような実施形態によるシステムは、導電性チューブ間のプラズマアークブラシおよび/またはアーキングから生じる問題または損傷を実質的になくするのに有益である。

10

#### 【0156】

なお、本開示によるシステムのさらなる実施形態が、図12に示される。その中に見られるように、システムは発射チューブ100内に位置する発射装置200を有する。この実施形態では、繰り返すが発射装置200および発射チューブ100は、発射チューブ100の内腔101を電気の駆動電流が通るよう構成されるが、内腔の通過は発射装置に対して発射チューブの先頭部分に限定される。発射装置200を出る電気エネルギーは、内腔101の代わりに発射チューブ100内へ戻る。繰り返すが発射装置200は、ペイロード240、推進剤タンク230、および電気加熱器220、および膨張ノズル210を有する。また発射装置200は、駆動伝導体201a、201b、および201cを有する。いくつかの実施形態では、発射チューブ100は、2つの導電性チューブ110および130ならびに2つの絶縁体120aおよび120bを有する。さらに発射チューブ100は、発射装置200を出る電気エネルギーを受け取るよう構成された複数の伝導体チューブスイッチ132（例えば、固体スイッチ）を有する。そのような実施形態によると、使用中に電気エネルギー（点線で示される）が電線170から外側の導電性チューブ110を通してその末端部110aへ、および発射チューブ100の内腔101内へ通過する。発射チューブ100の内腔101内の電気エネルギーはプラズマアーク領域617を生成し、電気エネルギーはそれを通して発射装置200へ通過する。いくつかの実施形態では、電気エネルギーは、プラズマアーク領域617から、ペイロード240および推進剤タンク230に装着され、または一体となった前部駆動伝導体201aへ通る。前部駆動伝導体201aは単一の構成要素として示されるが、前部駆動伝導体は互いに電氣的に接触する複数の構成要素を有することが可能である。電気エネルギーは前部駆動伝導体201aから電気加熱器220内へ入り、そこで推進剤タンク230からの推進剤が加熱され、それからノズル210外へ膨張して発射チューブ100を通して発射装置200を加速する。電気エネルギーは、電気加熱器220から、発射装置200の後部端部または後部端部（例えば膨張ノズル210の後部端部）近辺で終了する複数の後部駆動伝導体201bおよび201c（しかし3つ以上の後部駆動伝導体を使用してもよい）を通して通過する。発射装置200を離れる電気エネルギーは、最も近い伝導体チューブスイッチ132を通過し、それが次に電気エネルギーを内側の導電性チューブ130へ通し、そこからそれが発射チューブ100を出て回路を完成する。この方法で、発射チューブ内のリターン伝導パスを、固体スイッチ、アーク間隙スイッチ、または同様の構成要素のようなスイッチを有する複数の区分に区画化可能である。リターンパスは、発射装置が発射チューブを離れて加速するにつれて、発射装置の後端部に最も近い区画に継続的に切り替わる。図11および図12に示されるようなシステムで、領域コイル（図12の構成要素190参照）を発射チューブ全体または一部に有して、発射チューブの内腔を流れる電流により生

20

30

40

50

み出される磁界を減少または実質的になくしてもよい。例えば領域コイル190を、外側の導電性チューブ110の外部に位置決めてもよく、または絶縁層(例えば図12の絶縁体チューブ120aまたは120b)に関連付けてもよい。そのような実施形態によるシステムは、導電性チューブ間のアーキングから生じる問題または損傷を実質的になくするのに有益でありうる。

#### 【0157】

本開示によるシステムの他の実施形態が、図13に示される。その中に見られるように、システムは、発射チューブ100の内腔101内に位置する発射装置200を有する。この実施形態では、発射チューブ100を、その長さの少なくとも一部に沿った通路180を有することが可能なチューブ180で形成することができる。図13の断面は通路180aを通り、そのような通路(または複数のそのような通路)を発射チューブ100の円周周辺の任意の位置に位置決めが可能である。通路180aを、電流ビーム360aがそれを通るのを可能にするよう構成することができ、よって例えば開口スロット、光学的に透明な材質、または他の電流ビーム360aの通過を可能にするよう構成された材質を有してもよい。発射装置200は、ペイロード240、推進剤タンク230、電気加熱器220、および膨張ノズル210を有する。電気加熱器220は、軌道反射器370または同様の軌道構成要素から反射された電流ビーム360aの通過を可能にするよう構成された壁面開口部220aを有する。発射装置が発射チューブを通して通過するにつれて、電流ビームが連続的にまたはパルス状に電気加熱器220へ供給されるよう、発射装置が発射チューブを通して加速されるにつれて、電流ビーム360aが発射装置の位置へ、連続的にまたはパルス状に追跡されるように、軌道反射器370は、発射装置のコンピュータ化追跡に適合された必要な電子構成要素を有することが可能である。使用中、電気エネルギー源300(例えば、電池)からの電気エネルギーが、インダクタ350を通り、放射構成要素360内へ通過する。放射構成要素360は、電流ビーム360aを電気加熱器220へ供給し、よって推進剤タンク230からの推進剤を加熱するのに必要とされる電気エネルギーを調達し、それをノズル210外へ膨張させ、発射チューブ100を通る発射装置200を加速するよう構成される。いくつかの実施形態では、放射構成要素360はレーザを有することが可能で、よって電流ビーム360aはレーザビームであってもよい。他の実施形態では、放射構成要素360は、マイクロ波発生器または他の無線波発生器を有することが可能であり、よって電流ビーム360aはマイクロ波または他の無線波を含んでもよい。さらに他の実施形態で、エネルギービームはミリメートル波ビームであることが可能である。任意選択的に、電気加熱器220は、レーザエネルギー、マイクロ波または他の無線波を電流に変換するよう適合された1つまたは複数の構成要素を有することが可能である。

#### 【0158】

いくつかの実施形態では、軌道反射器および放射構成要素を、加熱エネルギーを飛び出すペイロードの前方の大気に向けるのに使用可能である。例えば、放射構成要素はレーザを有することができ、レーザが飛び出すペイロードの前方(または前面)を直接投射するように、レーザビームを発射輸送手段の移動へ追跡可能である。そのような実施形態で、飛び出すペイロードの前方の大気を直接爆発的に加熱するよう、レーザビームを使用可能である。これは飛び出すペイロードの前方に部分的な真空を生成することができ、よって、飛び出すペイロードが発射チューブを出た後にその速度を減少させる空力抵抗を減少する。

#### 【0159】

いくつかの実施形態では、発射チューブを能動的な整列装置により整列することが可能である。さらに、チューブが上方に湾曲しうる区間形成およびチューブ出口を例外として、チューブを実質的に水平に形成することが可能である。チューブをまた、実質的に地球の湾曲に合わせるよう特性化することが可能である。チューブは一定の傾斜角度にあることが可能で、チューブ層をチューブの一定の傾斜角度に近づけることが可能である。さらに発射チューブを、自然に傾斜する場所に設置することが可能である。代わりに発射チュ

10

20

30

40

50

ープを、地下の傾斜したトンネル内に設置することが可能である。ある実施形態で、発射チューブは移動可能である。例えば発射チューブは、発射高度または発射方位を変更するよう1次元で移動可能である。望ましくは、発射チューブは、高度および方位の両方の変更を可能にするのに有益でありうるので、2次元で移動可能である。必要に応じて、発射チューブを、船または潜水艦のような移動可能な輸送手段に据え付けることが可能である。ある実施形態で、発射チューブを、最初の発射区間およびメイン発射区間によって形成することが可能である。最初の発射区間は、例えば長さが最低100メートルから長さ約1,000メートルまで、または長さが約100から約1,000メートルであることが可能で、メイン発射区間は、例えば長さが約1,000メートルまたはそれを超えることが可能である。

10

**【0160】**

発射チューブを、排気してもよい。さらに発射チューブを、軽ガスで、望ましくは低圧で充填してもよい。これは、加速中に空力抵抗を最小化し、一方で発射パッケージの前方のアーチ破損への抵抗を増すのに有益である。いくつかの実施形態では、発射チューブを排気可能であり、チューブ壁をガス層で覆うために、高速パルスのガスを順次チューブに沿って導入可能である。これは、チューブ壁を絶縁可能であり、ガスが壁からチューブ直径の大部分へ膨張し、よって空力抵抗を増加する時間が十分にないように構成可能である。そのようなガスの導入は、蒸散またはチューブ壁を通るポートにより可能である。

**【0161】**

発射チューブの出口を、発射パッケージが到着するまで空気の侵入を大幅にまたは完全に防ぐ装置で密閉可能である。種々の実施形態で、出口密閉は、例えば、高速機械シャッタ、1つまたは一連の空力カーテン、または、比較的薄い膜またはそれを通して発射パッケージが安全に飛行可能な複数の膜の組み合わせであることが可能である。出口装置が薄い膜または複数の膜であるとき、発射輸送手段が出口に到達する前に膜を破壊するよう、1つまたはいくつかの充填爆発物を提供してもよい。そのような充填物は、特にフェイルセーフメカニズムとして機能可能である。例えば、特定の規定された必要条件を満たさない発射を中断するよう、発射チューブを出ると直ちに発射体が崩壊するように、充填爆発物を、発射体に発射チューブを離れさせる前にそれを意図的に損傷するのに使用してもよい。

20

**【0162】**

本システムは、移動するパッケージから電源装置をなくすことにより、荷重配分比に対する固体ロケットのような推進を少なくとも一部で達成できることにおいて有益である。固定供給装置から発射装置に電力を供給することにより、発射装置の移動重量のかなりの量を削減することが可能である。図14を参照すると、発射チューブ100に電気エネルギーを供給するよう、電気エネルギー源300を提供可能であり、発射チューブ100は、最初の発射チューブ区間、メイン発射チューブ区間105、および発射チューブ出口107を有する。エネルギー源300を、必要に応じて周期的に、電気グリッドまたは専用生成システム375などから再充電可能である。ある実施形態で、電気エネルギー源300は電池バンクを有することが可能である。例えば、鉛酸電池(例えば自動車蓄電池)の直並列の組み合わせを使用してもよい。同様の要求に電気エネルギーを提供するのに適切な、あらゆるさらなる電池または電池バンクを使用してもよい。特定の実施形態で、インダクタが充電状態の間電池バンクがインダクタを充電するよう、インダクタ350を電池バンクと発射チューブの間に置くことが可能である。その後、インダクタ350を放電状態に切り替えることが可能で、その状態でインダクタは発射チューブ内に放電する。発射チューブ内への放電を、爆発的に作動されたスイッチにより開始してもよい。代わりに放電切り替えは、キャパシタが介在するアーキング制御の従来のスイッチの使用を含んでもよい。望ましくは、インダクタは高透過性の材質を有するコアを持つ。コアを、高放電率および低渦電流損に適合可能である。また、インダクタを能動的に冷却可能であり、コアを能動的に冷却可能であり、および/または伝導体を能動的に冷却可能である。本開示によるインダクタを特に、少なくとも0.2メガアンペア、少なくとも1メガアンペア、少

30

40

50

なくとも2メガアンペア、少なくとも3メガアンペア、少なくとも5メガアンペア、または少なくとも10メガアンペアの駆動電流を提供するよう構成することが可能である。

【0163】

本明細書に記載された電気の駆動電流の必要条件を提供するように適合されたあらゆる電源を、本開示による電気エネルギー源として使用可能である。使用してもよい電気エネルギー源の限定されない例は、キャパシタ、標準の発電機、ロケットタービン駆動タービン発電機などを含む。コストおよび信頼性に関して、前述のようなインダクタを駆動する電池（例えば鉛酸電池）が望ましい可能性がある。

【0164】

いくつかの実施形態では、電池充電インダクタシステムは有用でありうる。例えば、電池バンクは約800GJを格納し、インダクタを約500ボルトで500万アンペアで充電する。インダクタは、発射チューブ内へ最高約10,000ボルトで500万アンペア（または50ギガワット）で放電可能である。インダクタは、約270GJを格納し、発射チューブへ約90GJを供給可能である。発射チューブへ供給された90GJのうち、約32GJを発射装置または発射パッケージへ供給可能である。1つの例として、発射チューブ内の発射装置は、約1,000kgの開始重量を有しうる。推進剤タンク、電気加熱器、および膨張ノズルが発射チューブ内にとどまることができるので、発射チューブを離れるパッケージは約330kgの重量を有しうる。例えば、発射開始時点の発射輸送手段の質量に対する発射チューブを離れるパッケージの質量の比は、約0.1から約0.8、約0.2から約0.6、または約0.3から約0.5でありうる。

【0165】

使用中、発射輸送手段200は最初、最初の発射チューブ区間103内の多段化ステーション109近辺の発射チューブ100内部に位置する。発射システム20は、ペイロード準備および発射操作ビル400、およびグリッド接続または生成システム375のような、図14に示される付加的な構成要素を有することが可能である。簡潔に述べると、使用中、電気エネルギーが、予め充電した電気エネルギー源300から電線管301を介してインダクタ350へ、それから電線管351を通して発射チューブ100へ移送される。電線管351は、図10～図12に示された電線170と関連または相互接続することが可能である。電気エネルギーは、本明細書に記載されたメカニズム（例えば摺動接触部の使用、プラズマアーク移送、導電性チューブの通過、および発射チューブ内腔の通過）により、導電性発射チューブを通して電気加熱器220へ通過する。推進剤タンク230からの推進剤は、電気加熱器220内で加熱され、約5から約20km/s、約6から約18km/s、または約7から約16km/sの範囲の速度で膨張ノズル210を出て、発射輸送手段200が発射チューブ100を離れるのを推進する。

【0166】

本開示により提供される発射輸送手段を、重量比に対し高い推力の推進を達成するよう構成が可能である。いくつかの実施形態では、重量比に対する推力は、1:1超、10:1超、30:1超、50:1超、100:1超、500:1超、または1,000:1超でありうる。

【0167】

電気加熱器220内で加熱される推進剤は、軽ガスを含むことが可能で、望ましくは高温でイオン化可能なガスである。いくつかの実施形態では、推進剤として使用される軽ガスは、水素でありうる。電気加熱器220は望ましくは、水素または他の推進剤を、約1,000Kから約100,000K、約2,000Kから約50,000K、約2,500Kから約20,000K、約3,000Kから約15,000K、約3,500Kから約10,000K、または約3,500Kから約5,000Kの範囲といった高温に加熱するように適合される。いくつかの実施形態では、膨張ノズル210を出る排出ガスは、分子水素（すなわち0.002kg/moleの分子量）でありうる。そのように、発射装置に続く発射チューブの内腔を、実質的に水素ガスで満たすことが可能である。さらなる実施形態で、膨張ノズル210を出る排出ガスは、原子水素（すなわち0.001kg

10

20

30

40

50

/moleの分子量)でありうる。なお、さらなる実施形態で、膨張ノズル210を出る排出ガスは、水素プラズマ(例えば0.0005kg/moleの分子量)でありうる。

【0168】

前述で水素を例示したが、比較的分子量の他の物質を使用してもよい。例えばいくつかの実施形態では、推進剤としてジボラン、アンモニア、メタン、および水を使用してもよい。推進剤の種々の組み合わせを使用可能である。

【0169】

いくつかの実施形態では、電気加熱器はアークジェットロケットなどを有することが可能である。特に加熱器は、推進剤の流れにおいて電気放電、またはアークをもたらすように適合された任意の適切な設計であることが可能で、よって推進をもたらす。

【0170】

本開示による発射装置ロケットエンジン(すなわち膨張ノズルを組み合わせた電気加熱器)を、高い比推力(Isp)を提供するよう構成可能である。いくつかの実施形態では、発射装置ロケットのIspは、少なくとも500秒、少なくとも600秒、少なくとも700秒、少なくとも1,000秒、少なくとも1,500秒、または少なくとも2,000秒(例えば、500から2,000秒の範囲)でありうる。

【0171】

1つの例示的な実施形態で、電気加熱器220は、図15に示されるような抵抗加熱器を有することが可能である。抵抗加熱器1200は、電氣的に加熱される熱交換器1220を収容する抵抗加熱器外郭1210を有することが可能である。単一の熱交換器(または加熱構成要素)が示されるが、単一の加熱器外郭内に複数の加熱構成要素を設けるのが可能であることが理解され、そのような実施形態をさらに後述する。抵抗加熱器外郭は、格納容器を形成してもよい。加熱シリンダ(熱交換器)を、さまざまな材質および複合構造で形成することが可能である。例えば、炭素のような低密度、高い融点の材質を使用してもよい。いくつかの実施形態では、加熱交換シリンダは、ダイヤモンド、タングステン、炭化ハフニウム、または1つまたは複数の異なる材質の複数層のようなさらなる材質で炭素被覆してもよい。そのようなものは、加熱移送性能、強度、および信頼性の向上に有益でありうる。加熱シリンダは、蒸散チューブ構成要素でありうる。例えば、多孔性タングステン加熱シリンダを使用可能である。抵抗加熱器外郭1210は、ガス放出ポート1215を通じた放出の制御のため、多孔性加熱シリンダ1220を出る高温の膨張ガスを収容するのに適切なあらゆる材質を有することが可能である。推進剤ガス5が、ガス流入ポート1213を通過して抵抗加熱器1200に入り、オープンコア内へガス流入ポート1213を通る。多孔性加熱シリンダ1220の内部で、推進剤ガス5が、電気端子(1203、1205)を通る電流からの電気抵抗加熱により、本明細書に記載された温度に加熱される。加熱されたガスは、多孔性加熱シリンダ壁内の細孔を通過して外側に膨張(または蒸散)し、放出ポート1215を通過して抵抗加熱器1200を出る前に、抵抗加熱器1200の膨張チャンバ1230を満たす。いくつかの実施形態では、電気加熱器は、加熱チャンバ、熱交換器、および放出ノズルまたはポートを有することが可能である。特に、加熱チャンバ、熱交換器、およびノズルのうちの1つまたは全てを、蒸散冷却などで冷却することが可能である。

【0172】

他の例示的な実施形態で、電気加熱器220は、図16に示されるようなアーク加熱器を有することが可能である。アーク加熱器2200は、回転チャンバ2230を収容するアーク加熱器外郭2210を有する。アーク加熱器外郭は、格納容器を形成してもよく、蒸散冷却壁を備えてもよい。推進剤ガス5が、ガス流入ポート1213を通過してアーク加熱器2200に入り、ガス流入ポート1213を通過して回転チャンバ2230内へ通過し、そこで推進剤ガスが、電気端子(2203、2205)間を通過する電気アークにより、本明細書に記載された温度に加熱される。示されるように、アーク加熱器2200の電気端子(2203、2205)は、回転チャンバ2230と同軸で回転チャンバ2230により離間されうる。いくつかの実施形態では、電気端子を蒸散冷却可能である。旋回チ

10

20

30

40

50

チャンバ 2 2 3 0 内のアーク渦は、安定化された渦でありうる。特に推進剤ガス 5 は、ガス放出ポート 2 2 1 5 と同軸方向ではなく、ガス流入ポート 2 2 1 3 を介して巡回チャンバ内に接線方向に注入される。これは、ガス放出ポート 2 2 1 5 を通って膨張される前に流体がアーク放電により加熱されるので、らせん状の渦を形成可能である。アークの安定性、加熱移送および信頼性を、旋回の安定化ならびに蒸散、散布および同様の手段により向上してもよい。

#### 【 0 1 7 3 】

本開示のいくつかの実施形態では、必要とされる駆動電流を最小化するのが望ましい可能性がある。従って、いくつかの実施形態では、電気加熱器の幾何学構造を加熱器抵抗を最大化するよう構成可能であり、それがそのとき比較的低い電流必要条件と同時に比較的高い電力出力を可能にする。抵抗加熱器またはアーク加熱器のどちらかに関する例示的な実施形態として、加熱構成要素の長さを増すことが可能で、加熱構成要素の直径を減少することが可能である。特に、長くて薄い、連続的な加熱構成要素を使用可能である。いくつかの実施形態では、加熱構成要素を、加熱器全体内の蛇行構造として構成することが可能である。他の実施形態では、単一の加熱器外郭内で加熱構成要素の組み合わせを提供可能で、それぞれの構成要素への推進剤の流れは並行して供給可能である。そのような実施形態で、電流の流れを複数の加熱構成要素を通して直列で提供可能である。単一の加熱器外郭内で 2、3、4、またはそれ以上もの加熱構成要素を使用可能であり、使用される加熱構成要素の総数は所望の抵抗に合致しうる。単位体積あたりの高い加熱器抵抗を得るのが望ましい実施形態で、単一の加熱構成要素（図 1 5 および 1 6 参照）を使用可能であり、加熱器の抵抗を少なくするため加熱器を幅広く短くするように、幾何学構造を変更可能である。

#### 【 0 1 7 4 】

水素ガスは望ましい推進剤であるが、他の推進剤を使用してもよく、種々の物質を組み合わせてもよい。例えば、推進剤ガスをイオン化可能な成分および/またはさらなる反応性の成分および/または不活性の成分と共に散布してもよい。非限定の例は、セシウム、ルビジウム、カリウム、ナトリウム、リチウム、水素化リチウム、アルゴン、酸素、およびヘリウムを含む。そのような付加的な構成要素の存在は、アーク安定性、伝導度、およびイオン化を促進するのに有益でありうる。いくつかの実施形態では、散布された成分は、質量で約 5 % 未満、約 4 % 未満、約 3 % 未満、約 2 % 未満、または約 1 % 未満といった、推進剤の全体の質量のほんのわずかな割合として存在してもよい。

#### 【 0 1 7 5 】

いくつかの実施形態では、さらに加圧剤を含んでもよく、推進剤タンク内または相互接続された構成要素内に提供することが可能である。加圧剤は、電気加熱器への実質的に一定の推進剤の流れを維持するのに有用でありうる。非限定の例として、ヘリウムまたはさらなる非反応性ガスを加圧剤として使用してもよい。ポンプのような他の手段が使用可能である。ポンプ 2 5 0 が、図 1 7 の推進剤タンク 2 3 0 と電気加熱器 2 2 0 の間に示される。ポンプ 2 5 0 を発煙筒で駆動、または有益に発射チューブからの高い電力潮流の機能により電氣的に駆動してもよい。

#### 【 0 1 7 6 】

本明細書に記載された方法で発射輸送手段を加速するように、膨張ノズルは、電気加熱器を出る高熱ガスの膨張に適切なあらゆる形態をとることが可能である。いくつかの実施形態では、排出ノズルは多孔性のノズルのどを有することが可能である。優先的に細孔を、融解、蒸発および解離のうち 1 つまたは複数によるような熱を吸収する物質で満たすことが可能である。ある実施形態で、熱吸収物質は、固体水素、固体リチウム、または凍った水を含みうる。さらなる実施形態で、排出ノズルは、水素ガスを含む軽ガスなどで蒸散冷却されるノズルのどを有しうる。

#### 【 0 1 7 7 】

発射輸送手段 2 0 0 で使用される推進剤タンク 2 3 0 は、再利用可能であってもよい。望ましくは、推進剤タンクは、地球の大気を出るまたは実質的に地球の重力から脱するよ

10

20

30

40

50

う、十分な容量の推進剤（例えば、高圧ガス、液体、半固体スラッシュ水素、水素化リチウム、水、または高温に加熱されると低分子量ガスおよび高排出速度を生じる他の物質）を有する大きさである。いくつかの実施形態では、推進剤タンクは実質的に円筒状の形状でありうる。いくつかの実施形態では、推進剤タンクを炭素複合材料で形成することが可能である。さらに後述するように、推進剤タンクを特に、タンクの前方に位置するペイロードの機械負荷を、タンクとペイロード間の加圧を差し引いて補助するように適合可能である。

#### 【0178】

推進剤タンクは、発射チューブの内径と実質的に同一の外径を有するサイズでありうる。いくつかの実施形態では、推進剤タンクは、タンクの外表面の一部にわたって発射チューブの内側の壁と物理的に接触している。特定の実施形態で、推進剤タンクは、外表面の少なくとも一部に摺動接触部の細片を有してもよい。そのように、タンク構造の大部分は、チューブの内側表面からわずかに離れて位置する。摺動接触部の細片を、発射輸送手段の速度が上がるにつれて気化し、摩擦の抗力を最小化する低抗力のガスベアリングを提供するように適合可能である。細片を、あらゆるアーキングを促進するのではなく抑制するように絶縁する蒸気を発生するように設計可能である。例えば、摺動接触部の細片は、液体の6フッ化硫黄で満たされた細孔を備えてもよい。いくつかの実施形態では、ベアリングなどを、推進剤タンクと発射チューブの内側壁の間で使用可能である。

10

#### 【0179】

本開示による発射システムの位置は、変わりうる。いくつかの実施形態では、発射システムを、地球上に設置可能である。他の実施形態では、発射システムは、自由空間または他の天体を含む地球でない場所にあることが可能である。

20

#### 【0180】

発射輸送手段の発射の間、流出速度は、約2,000から約50,000 m/秒、約4,000から約30,000 m/秒、約6,000から約15,000 m/秒、または約8,000から約12,000 m/秒の範囲でありうる。いくつかの実施形態では、発射輸送手段を最初に、別の加速手段を用いて約100から約5,000 m/秒の速度まで加速することが可能である。例えば、発射の初速を、1段式軽ガスガンを用いて達成可能である。そのような実施形態で、軽ガス（例えば水素）を予熱し、特に電氣的に予熱し、とりわけ発射輸送手段と同一のエネルギー供給装置から得られる電気加熱を用いて予熱することが可能である。別の実施形態で、そのような手段により達成される初速は、約250から約4,000 m/秒または約1500から約2500 m/秒でありうる。

30

#### 【0181】

推進剤タンクに関して前述したように、発射輸送手段を、発射チューブを介して通過する間、1つまたは複数の方法で安定化可能である。1つの例示的な方法は、推進剤タンク上の摺動接触部細片の使用である。他の実施形態では、発射方法が特に重要でありうる。例えばある実施形態で、電気加熱は最初の発射段階の間使用されない。図14で見られるように、発射チューブ100は最初の発射チューブ区間103を有しうる。この区間で、発射輸送手段を、高温の膨張ガス（例えば水素）により加速可能である。最初の発射段階での軽ガスガンモデルの使用は、電力の推力が開始される前にできる限り高速度で発射輸送手段を加速するのに有益でありうる。これは、発射輸送手段の推進剤タンクからの推進剤を節約し、また電気エネルギーも節約可能である。これはまた、摺動電気接触部が、それらが電流の伝導を開始する前に、すでに高速で移動していることを確実にすることができる。これは特に、摺動接触部が状態移行に適合されるとき、特に関連する。最初の発射チューブ区間（すなわち第1段階の発射装置）は、第2段階の発射チューブから電力を供給されず、電氣的に絶縁される。これは、導電性発射チューブ壁上のあらゆる与えられた地点で、摺動接触部の接触持続時間が過度であることから過熱が起こりうる低速の伝導を避けるのに有益でありうる。

40

#### 【0182】

いくつかの実施形態では、発射輸送手段を、区別した加圧により発射チューブ内でさら

50

に安定化可能である。図17で見られるように、発射チューブ内に位置する発射輸送手段周辺の網掛け領域150を、区別して加圧し、構造、特にノズル、加熱器、推進剤タンク、およびペイロード上の加速が誘発する機械的負荷を最小化することが可能である。

【0183】

水素のような低分子量ガスの電気加熱は、前述のような、公知の化学的ロケット技術で従来達成不可能な、他に類を見ない高速のロケット排出をもたらすことが可能である。これは次に、例示的な実施形態で、10%から70%の割合のペイロードが軌道に乗ることを達成可能な設計につながりうる。従って、50から500トンの単位の質量を有するロケットの使用を必要とせず、本開示の発射システムは、費用効果が高い方法でパッケージを発射可能であり、パッケージはロケットベースのシステムより小さい規模の単位（例えば0.05から1トンまたは0.2から2トン）である。

10

【0184】

発射輸送手段は特に、自由飛行ではなく排出チューブ内部で加速されるよう構成可能である。発射輸送手段は、望ましくは、システムが安全発射状況が存続すると確認する場合を除いて、発射チューブを出るのを許可されることは不可能である。発射チューブを出た後、発射輸送手段は、大気を通過して軌道に乗る、または特定の目的地（例えば、宇宙飛行に関して軌道外の地点、または大気内の発射に関して定義された地球の場所）へ操縦可能である。

【0185】

図17で見られるように、発射輸送手段200はペイロード240を有しうる。ペイロード240を、推進剤タンク230に着脱可能に接合可能である。示されるように、ペイロード接合構成要素250を接合するのに使用可能であり、ペイロード240を発射輸送手段のさらなる構成要素に着脱可能に接合する任意の適切な手段を、使用可能である。発射システム20はさらにペイロード安定器260を有することが可能で、ペイロード安定器260は、ペイロード240と内側チューブ壁130の間（望ましくはペイロードの前方先端部近辺）に位置し、チューブ100を通過する間半径方向の移動に対してペイロードを安定化する、1つまたは複数のアームまたは同様の構成要素を有することが可能である。ペイロード安定器260は、望ましくは、発射チューブ100の出口107または出口107の近辺でペイロードから外れる。

20

【0186】

ペイロードは、人間の搭乗者、消費可能な資源、通信機器、電力構成要素、アーム、規程文書、原材料などを含むが、それらに限定されない種々のタイプの貨物を収容する容器でありうる。いくつかの実施形態では、貨物の性質が、発射システムの特定のパラメータを定義しうる。例えば、発射チューブの寸法および発射輸送手段の加速は、過度のG力を体験する負の影響にさらされる人間の搭乗者または貨物について異なりうる。いくつかの実施形態では、図14（特にメイン発射チューブ区間105）に示されるようにメートル単位の発射チューブ100の長さは、キログラム単位の発射される質量の立方根に応じて増加しうる。いくつかの実施形態では、発射チューブは、最高約50マイル、最高約100マイル、最高約250マイル、最高約500、または最高約1000マイルの長さを有しうる。さらに、人間などの発射条件は、約2Gから6G未満の加速のように制限されうる。ある実施形態で、発射チューブ100のメートル長は、発射速度の2乗を発射の平均加速度の2倍で割ったものに等しくありえる。

30

40

【0187】

発射パッケージに関して、さらなる検討を後述する。いくつかの実施形態では、発射パッケージは、発射チューブ内で加速される間その整列および方向を能動的に維持する慣性センサおよびアクチュエータを有することが可能である。いくつかの実施形態では、発射パッケージを、発射加速の合間に、完全性および計画通りの実行について監視可能である。望ましくは、発射を最適化し発射チューブを保護するよう、監視結果に基き緊急操作を実行可能である。さらに、発射を、発射パッケージを直ちにまたはそれが発射チューブから出たすぐ後に破壊することにより、中断可能である。いくつかの実施形態では、発射パ

50

パッケージを、発射の間または直後に、発射輸送手段の残りの構成要素から分離可能である。これらの分離した構成要素を、飛び出すペイロード部分および廃棄または再利用部分として形成可能である。構成要素の分離は非常に迅速であることが可能で、ガスバグの放出または爆発ボルトの切断を使用可能である。出た後、空気力により分離を補助可能である。特定の実施形態で、飛び出すペイロードは、大気から出る間、物体先端の完全性、形状、鋭敏度、低い抗力および低圧を維持するよう、蒸散冷却された熱シールドまたは突き出した物体先端を有することが可能である。本開示により使用される高性能の熱シールドを、少なくとも  $6 \text{ km/s}$ 、少なくとも  $8 \text{ km/s}$ 、少なくとも  $10 \text{ km/s}$ 、少なくとも  $12 \text{ km/s}$ 、または少なくとも  $14 \text{ km/s}$  の速度（海面レベルで測定）での損傷を大幅に防ぐよう構成可能である。

10

## 【0188】

いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは、その質量中心の位置に対する圧力中心の位置に基き、少し正の安定性、中性の安定性、または負の空力的安定性を有することが可能である。いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは、大気を通る飛行経路を最適化および発射方位を変更するよう、高い横加速度レベルで操縦可能である。いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは、高い揚抗比を有することが可能である。いくつかの実施形態では、ペイロードは、リフティングボディ設計を有することが可能である。いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは、非常に高速応答および低い抗力の空力制御面を有する。特に面は、ベーススプリットフラップであることが可能で、または面は圧電アクチュエータで作動可能である。

20

## 【0189】

いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは軌道衛星でありうる。例えば、衛星は、通信衛星、検出衛星、再補給輸送手段、または武器でありうる。いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは、軌道に乗らないペイロードでありうる。例えば、ペイロードは長距離に急速で送達される商業パッケージであることが可能で、ペイロードは検出ペイロードであることが可能で、ペイロードは UAV または他の無人輸送手段であることが可能で、またはペイロードは武器でありうる。そのような実施形態で、ペイロードは衝突前に分散可能な副部品を有してもよく、ペイロードは衝突まで損傷がないままであることが可能で、または複数のペイロードが、深く貫入するよう同一の位置または近辺に衝突可能である。いくつかの実施形態では、衛星は、電力のために拡張可能なソーラーアレイを包含することが可能である。いくつかの実施形態では、衛星は、軌道内の姿勢を制御する拡張可能なマグネットアレイを有することが可能である。いくつかの実施形態では、衛星は、軌道内の通信を果たす拡張可能なアンテナアレイを有することが可能である。いくつかの実施形態では、衛星は、軌道内の役目を果たす拡張可能な構造を有する。拡張可能な構造は、配置後剛性を硬化可能である。

30

## 【0190】

いくつかの実施形態では、衛星の設計寿命は、約 10 年未満、約 5 年未満、約 2 年未満、または約 1 年未満であることが可能である。いくつかの実施形態では、衛星軌道高度は、空力抵抗による軌道存続期間が約 5 年未満、約 2 年未満、約 1 年未満、約 6 ヶ月未満、約 3 ヶ月未満または約 1 ヶ月未満であることが可能なようにあることができる。いくつかの実施形態では、衛星は、地球の磁界に対する磁気の推力による軌道存続期間を、拡張可能なマグネットアレイを使用して、拡張可能なソーラーセイル上の日光および太陽風に誘起された圧力によって、またはイオン化した上層大気分子に対する磁気流体力学 (MHD) の推進力によって長期化可能である。

40

## 【0191】

本開示の発射システムは、公知の宇宙発射システムを上回る確かな利点をもたらすことが可能である。いくつかの実施形態では、初期故障率が高い商業級の部品を使用し、それから発射、失敗、および再設計サイクルを迅速に繰り返し、時間と共に迅速にどんどん高い信頼性を得ることによって、ペイロードコストを削減可能である。さらに必要に応じて、発射装置および何千に及ぶペイロードを、1つの目的のために同時に設計可能である。

50

いくつかの実施形態では、ペイロードは全て通信衛星でありうる。いくつかの実施形態では、衛星は高周波通信衛星でありうる。いくつかの実施形態では、衛星は光通信衛星でありうる。いくつかの実施形態では、ペイロードは、ミリ波または光学ビームの反射中継器でありうる。いくつかの実施形態では、ペイロードは、核廃棄物容器でありうる。いくつかの実施形態では、飛び出すペイロードは、大気から出る間、物体先端の完全性、形状、鋭敏度、低い抗力および低圧を維持するよう、融解および/または蒸発および/または解離により熱を吸収する物質で満たされた多孔性の物体先端を持つ熱シールドを有することが可能である。特に物質は、固体水素またはリチウムまたは氷であることが可能である。

#### 【 0 1 9 2 】

本開示による発射輸送手段のペイロードの1つの実施形態が、図18（大気圏内の通行構成）および図19（軌道内に配置された構成）で提供される。実施形態は、発射機能、衛星構造および通信サービスの一体化例を示す。特に図18は、例示的な発射輸送手段ペイロード構成要素の外観図、ならびにペイロード構成要素の複数の要素の例示的な区画化を明らかにする切り取った図を示す。外観図で、ペイロード構成要素1700は、好ましい空力をもたらすよう円錐の形状を有するが、他の形状もまた包含される。ペイロード構成要素は、特に空中操縦フラップ1710およびノズコン熱シールド1720と共に示されている。いくつかの実施形態では、ペイロード構成要素1700の先端に融除ロッド1725を有することが可能である。融除ロッド1725を、ロッドの前端部が融除されるにつれて先端から前方へ突き出すよう構成可能である。内側の図で、ペイロード構成要素は、（基部から先端部に）軌道挿入モータ1730、軌道挿入推進剤1740、ソーラセルアレイ1750、姿勢制御部1760、通信ペイロード1770、および航空電子機器1780を収容する。図19の図示は、ペイロード構成要素1700の残りの航空体を、その拡張されたソーラアレイ1810、拡張された姿勢制御システム1820、および拡張された通信アンテナ1830と関連して示す。さらに、軌道供給のさまざまな有益な構成要素を運搬するペイロードの例が、米国特許第6,921,051号で提供され、その開示はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

#### 【 0 1 9 3 】

さらなる実施形態で、本開示はペイロードの発射方法を提供可能である。例えばある実施形態で、本開示は発射輸送手段を加速する電非磁発射方法を提供可能である。方法は、約2から約2,000Gの加速力で少なくとも約5,000m/sの速度まで発射チューブを通る発射輸送手段を加速し、一方でチューブ内の磁界を約2テスラ未満に制限する、膨張ガスを形成する推進剤の電氣的な加熱を含みうる。発射方法を、他の本明細書に記載されたEAM発射システムのいくつかの構成要素のさまざまな組み合わせにより形成することが可能である。

#### 【 0 1 9 4 】

例示的な実施形態で、本開示による発射チューブは、約1.2メートルの直径および約16,000メートルの長さを有することが可能である。チューブを排気可能である。発射の加速は約225Gでありえ、発射サイクルは約4秒でありえる。

例

#### 【 0 1 9 5 】

特に一般的な先行技術EM発射装置に対する、本開示されたEAM発射装置の利点を例証するため、発射システムの数学的モデル作成を行った。先行技術のEM発射装置のモデル作成は $F = MA = 0.5 \times L' \times I^2$ の方程式に基き、ここでFは力（ニュートン）、Mは質量（kg）、Aは加速度（秒の2乗あたりのメートル）、L'は発射チューブ内の移動のメートルあたりのインダクタンスの増加量（メートルあたりのマイクロヘンリー）、Iは電流（アンペア）である。

一般的な公知の技術の（1トンのペイロードのための）レールガンのモデル作成

先行技術のレールガンのモデル作成を以下のように行った。

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 L' &= 5 \times 10^{-7} \text{ H/m} \\
 I &= 20 \times 10^6 \text{ A} \\
 M &= 1,000 \text{ kg} \\
 F &= 0.5 \times (5 \times 10^{-7}) \times (20 \times 10^6)^2 = 0.5 \times (5 \times 10^{-7}) \times (400 \times 10^{12}) = 1 \times 10^8 \text{ N} \\
 A &= F/M = 1 \times 10^5 \text{ m/秒}^2 = 10,000 \text{ G's}
 \end{aligned}$$

6000 m/秒でわずか数グラムについてEMレールガンにより従来示された一般的な効率は、約0.1%から1%であった。3000 m/秒で数百グラムについてEMレールガンにより従来示された一般的な効率は、約10~15%であった。 10

#### 一般的な公知の技術の(1トンのペイロードのための)コイルガンのモデル作成

先行技術のコイルガンのモデル作成を以下のように行った。

$$\begin{aligned}
 L' &= 125 \times 10^{-7} \text{ H/m} \\
 I &= 4 \times 10^6 \text{ A} \\
 M &= 1,000 \text{ kg} \\
 F &= 0.5 \times (125 \times 10^{-7}) \times (4 \times 10^6)^2 = 0.5 \times (125 \times 10^{-7}) \times (16 \times 10^{12}) = 1 \times 10^8 \text{ N} \\
 A &= F/M = 1 \times 10^5 \text{ m/秒}^2 = 10,000 \text{ G's}
 \end{aligned}$$

コイルガンによりこれまで得られた最高の速度は、約1000 m/秒であった。

主な問題は、必要とされる駆動電圧が以下であることである。

駆動電圧 =  $V = L' \times I \times \text{速度}$

$$= (125 \times 10^{-7}) \times (4 \times 10^6) \times 8000 = 400,000 \text{ ボルト}$$

以前の研究では、コイル発射装置で約50,000ボルトを上回る電圧は従来得られなかったと考えられ、他の因子の中でこれが得られうる速度を制限してきた。また、キャパシタがコイルガンを駆動する唯一の公知の電源である。20%の効率を考えると、8800 m/秒において1トンが194ギガジュールのキャパシタを必要とする。キャパシタの電源装置が現在およそ\$1/ジュールの費用がかかるので、このモデルは電源装置だけで1940億ドルを必要とするであろう。 30

#### 本開示による(1トンのペイロードのための)EAM発射装置

本開示によるEAM発射装置のモデル作成を以下のように行った。

$$\begin{aligned}
 L' &= 1 \times 10^{-8} \text{ H/m} \\
 I &= 2 \times 10^6 \text{ A} \\
 \text{磁力 (F)} &= \{ 0.5 \times (1 \times 10^{-8}) \times (2 \times 10^6)^2 \} = \{ 0.5 \times (1 \times 10^{-8}) \times (4 \times 10^{12}) \} = \{ 2 \times 10^4 \text{ N} \} \\
 A &= F/M = 20 \text{ m/秒}^2 = 2 \text{ G's} \\
 &(\text{それで、「ガスノズルの押す圧力」が約 } 225 \text{ G's} \text{ に対して磁気「押す圧力」は } 2 \text{ G's} \text{ である)ガスノズルの押す圧力は、以下のように計算された。}
 \end{aligned}$$

$$\text{推進剤の流量} = dM/dt = 180 \text{ kg/s}$$

$$\text{排出速度} = V_{\text{exhaust}} = 12,500 \text{ m/s}$$

$$\text{推力} = \text{ニュートン} = dM/dt \times V_{\text{exhaust}} = 180 \times 12,500 = 2.25 \times 10^6$$

$$A = F/M = 2,250 \text{ m/s} = 225 \text{ G's}$$

50

【0196】

前述で見られるように、本EAM発射装置はレールガンに対し10倍、およびコイルガンに対し2倍必要とされる電流を少なくでき、よって抵抗性およびアーキングおよび磁気エネルギーの貯蔵損失を、それぞれ100倍および4倍減少する。発射装置の電流が少ないと、低コストの電源で両立できることになる。

【0197】

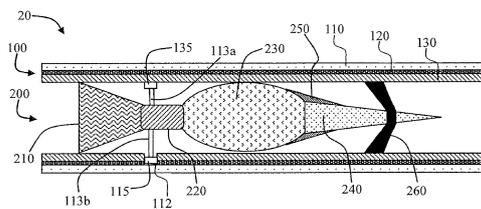
宇宙で20,000m/秒を上回る速度を得る、ロケット推進効果が示された。本EAM発射装置は、単位電流あたりの推進力を最大化し、一方で可能な最大範囲まで磁界および力をなくすよう設計された導電性チューブ内の電動ロケットの組み合わせを考慮すると、特に有益である。これは、抵抗加熱の損失、アークの損失、および格納された磁気エネルギーの損失による損失を減少する。

10

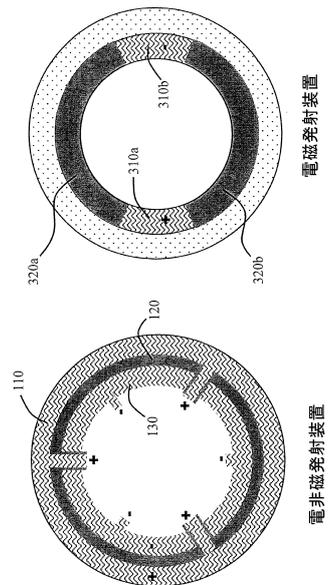
【0198】

本開示の多くの改良および他の実施形態が当業者に思い浮かぶが、それに対しこの開示は、前述の記載および関連した図で示された教示の利点を有することに関係がある。従って、本開示は本明細書中に開示された特定の実施形態に限定されるべきではないことを理解すべきであり、改良および他の実施形態は添付の請求項の範囲内に含まれることが意図される。本明細書で特定の語を採用したが、それらは一般のおよび説明の意味のみで使用され、限定の目的ではない。

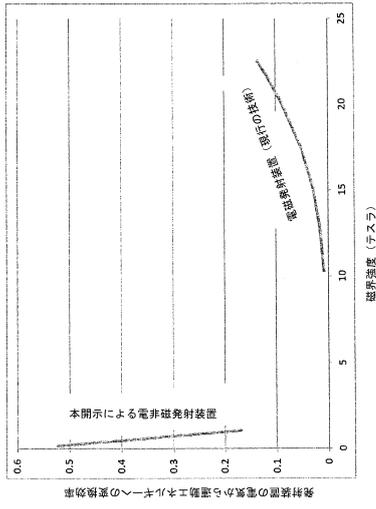
【図1】



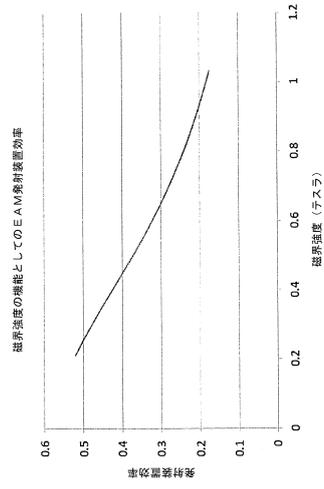
【図2】



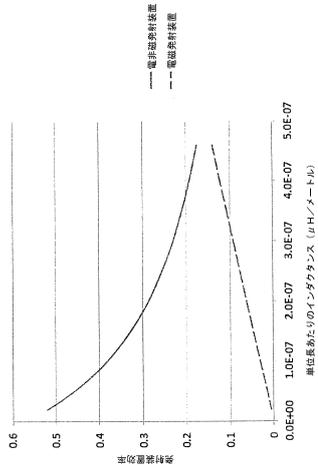
【図3】



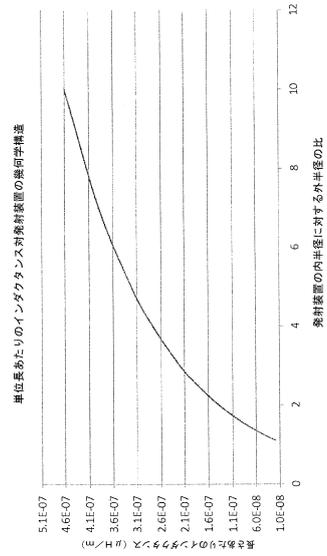
【図4】



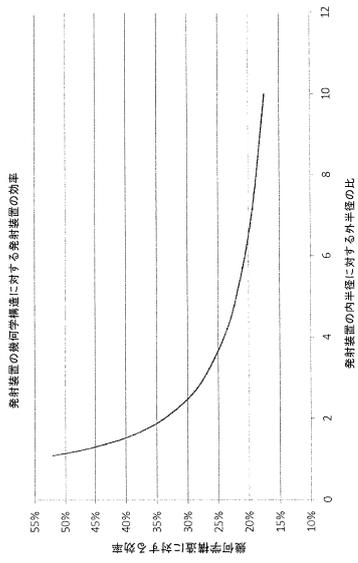
【図5】



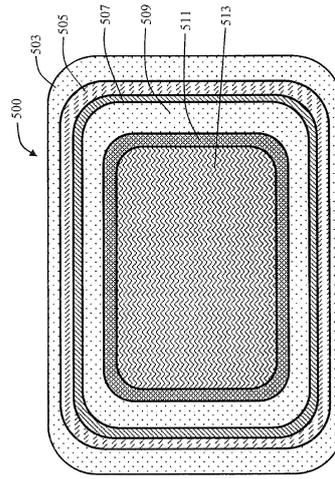
【図6】



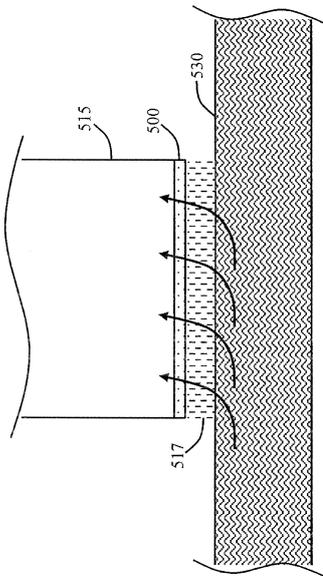
【図7】



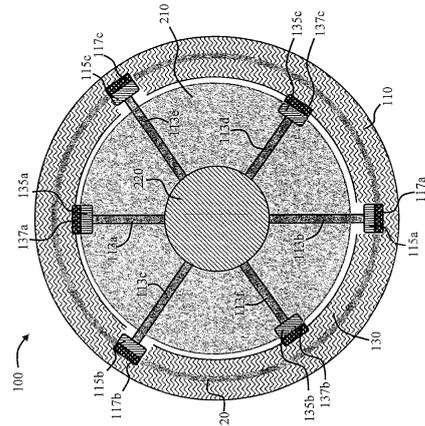
【図8a】



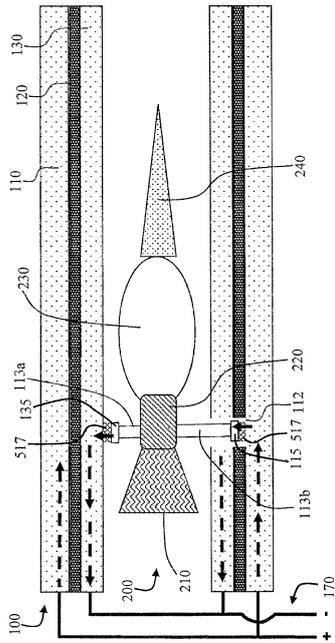
【図8b】



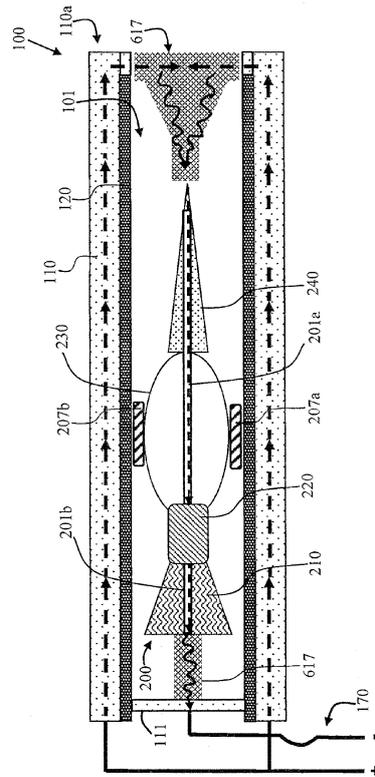
【図9】



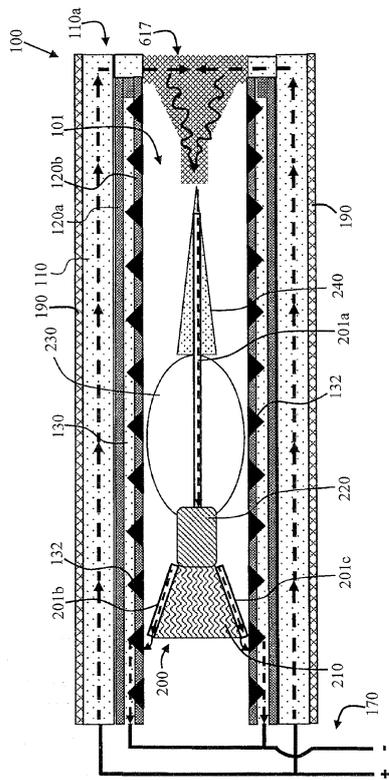
【図 10】



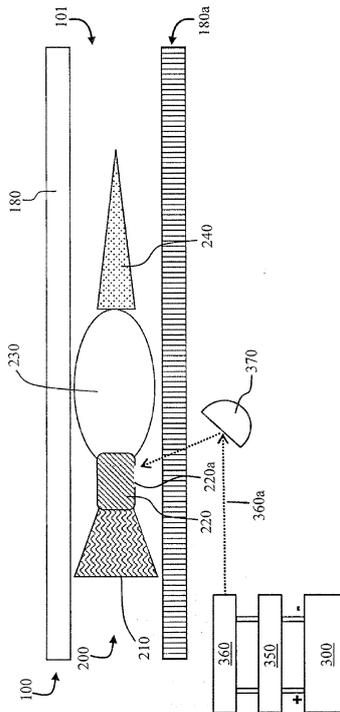
【図 11】



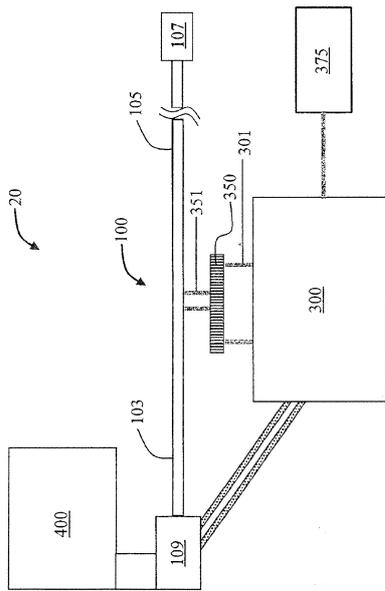
【図 12】



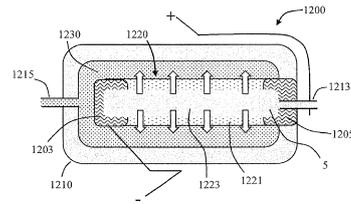
【図 13】



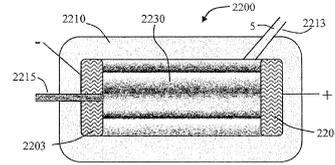
【図14】



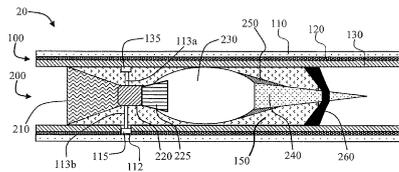
【図15】



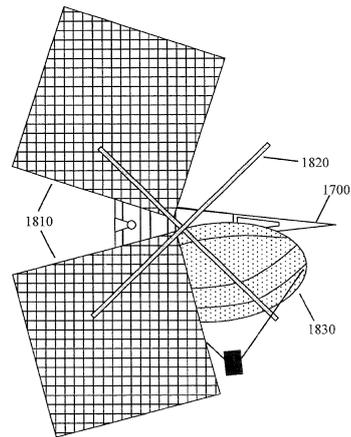
【図16】



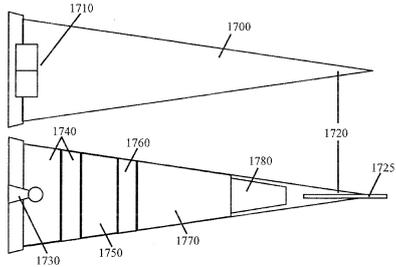
【図17】



【図19】



【図18】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100202751  
弁理士 岩堀 明代
- (74)代理人 100191086  
弁理士 高橋 香元
- (72)発明者 パルマー, マイルズ, アール.  
アメリカ合衆国, ノースキャロライナ州 27516, チャペル ヒル, 203 ホーガン ウッ  
ズ サークル
- (72)発明者 ブラウン, ジュニア, グレン, ウィリアム  
アメリカ合衆国, ノースキャロライナ州 27705, ダーラム, 3603 ダーリー ポンド  
ブレイス

審査官 諸星 圭祐

- (56)参考文献 米国特許第04796511(US, A)  
特開平02-008695(JP, A)  
米国特許第04347463(US, A)  
米国特許第05183956(US, A)  
米国特許第05024137(US, A)  
米国特許出願公開第2004/0139723(US, A1)  
米国特許第03583161(US, A)  
特開平08-074731(JP, A)  
特表2008-517199(JP, A)  
特開平07-133757(JP, A)  
特表2007-513308(JP, A)  
特開平05-320910(JP, A)  
米国特許第05640843(US, A)  
特開平03-043678(JP, A)  
米国特許第04480523(US, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F41F 3/04  
B60L 5/00 - 5/42  
B60M 7/00  
B64G 1/00  
F03H 1/00  
F03H 99/00  
F41B 6/00