(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2007-506016
(P2007-506016A)
(43)公表日　平成19年3月15日(2007.3.15)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
F03H	1/00	(2006.01)	F03H	1/00	A	
G21K	1/00	(2006.01)	G21K	1/00	A	
H05H	1/54	(2006.01)	H05H	1/54		

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 31 頁）

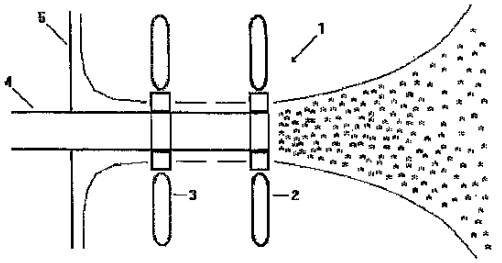
(21)出願番号　特願2006-525567 (P2006-525567)
(86)(22)出願日　平成16年9月15日 (2004.9.15)
(85)翻訳文提出日　平成18年5月11日 (2006.5.11)
(86)国際出願番号　PCT/AT2004/000313
(87)国際公開番号　WO2005/027142
(87)国際公開日　平成17年3月24日 (2005.3.24)
(31)優先権主張番号　A1448/2003
(32)優先日　平成15年9月15日 (2003.9.15)
(33)優先権主張国　オーストリア(AT)

(71)出願人　506413661
カサル　テクノロジエントビックルンゲ
ゲゼルシャフト　ミット　ベシュレンクテル　ハフトゥング
オーストリア　ウィーン　１２３０　ヨハン－ゴテック－ガッセ　３９
(74)代理人　100096024
弁理士　柏原　三枝子
(72)発明者　グラスザウアー，アンドレアス
オーストリア　ウィーン　エー－１１８０，プレナーガッセ　１８／８
(72)発明者　ヘットマー，マンフレッド
オーストリア　ウィーン　エー－１０６０，マリアヒルファーシュトラーセ　９５

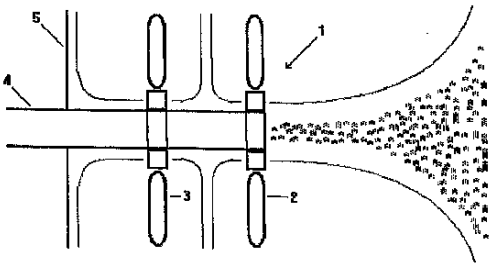
最終頁に続く

(54)【発明の名称】アルフベン波を発生させる方法および装置

(57)【要約】
【課題】
【解決手段】本発明は、磁場を透過するイオン化可能な材料が供給されるアルフベン波発生方法および装置に関する。アルフベン波により材料を搬送することができるこのような方法または装置を作成するために、前記磁場は、前記磁場内のイオン化可能な材料中にアルフベン波を発生させるように、１次磁場に対し反対方向に極性を持つ少なくとも１つの振動する２次磁場により周期的に変形する１次磁場からなる。アルフベン波は、磁場を透過する材料の密度と磁場の強度とに依存した速度で伝播する。この磁場の強度は、磁場内の材料の運動エネルギーよりも大きいため、アルフベン波によって材料は搬送される。
【選択図】図２



a



b

【特許請求の範囲】
【請求項１】
イオン化可能な材料が生成され、その材料が磁場を通過するアルフベン波発生方法であって、
前記磁場は、１次磁場に対して逆極性の少なくとも１つの振動する２次磁場によって周期的に変形される１次磁場を含み、
その結果として、アルフベン波は、イオン化可能な前記磁場内の前記材料内に形成され、
そのアルフベン波は、前記磁場を通過する前記材料の質量密度と、前記磁場の磁場強度とに依存する速度（v_A）で伝播し、
前記磁場の前記磁場強度は、前記磁場内の前記材料の運動エネルギーよりも大きく、その結果、質量は、前記アルフベン波によって輸送されることを特徴とする前記方法。
【請求項２】
前記アルフベン速度（v_A）は、前記磁場内の前記材料の音速以下であることを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記アルフベン速度（v_A）は、前記磁場内の前記材料の音速よりも大きいことを特徴とする請求項１に記載の方法。
【請求項４】
前記１次磁場は、原則的に一定であることを特徴とする請求項１～３のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項５】
前記１次磁場は、周期的にオフに切り替えられることを特徴とする請求項１～３のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項６】
前記振動する２次磁場は、前記１次磁場がオフに切り替えられている間は、同様にオフに切り替えられることを特徴とする請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記磁場は、軸方向および／または半径方向に集束することを特徴とする請求項１～６のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項８】
前記１次磁場の前記磁場強度は、前記２次磁場がオンに切り替えられている間は変動することを特徴とする請求項１～７のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項９】
前記アルフベン波は、位相遅延することを特徴とする請求項１～８のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１０】
前記アルフベン波は、反応原理に基づいてスラストを発生させることを特徴とする請求項１～９のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１１】
前記アルフベン波は、高運動エネルギーの粒子線を発生させることを特徴とする請求項１～９のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１２】
前記アルフベン波は、加速された質量にさらにインパルスを与えることを特徴とする請求項１～９のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１３】
前記磁場内の前記材料中でフォノンを発生させ、またはフォノンを増幅することを特徴とする請求項１～９のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１４】
前記磁場内の前記材料によって、周囲媒質中でフォノンを発生させ、またはフォノンを

増幅することを特徴とする請求項１～１３のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１５】
前記磁場内の前記材料は、圧縮、および熱励起され、前記材料の前記熱励起は、電磁放射を発生させ、または電磁放射を増幅することを特徴とする請求項１～１４のうちのいずれか１つに記載の方法。
【請求項１６】
アルフベン波を発生させる装置であって、
１次磁場を発生させる少なくとも１つの装置（２）と、２次磁場を発生させる少なくとも１つの２次コイル（３）とから形成される磁気ノズル（１）と、
イオン化可能な前記材料が前記両磁場を通過するように案内するチャネル（４）と、
電源供給装置（６）と、を有するイオン化可能な材料を生成する装置（８）を有する前記装置において、
前記少なくとも１つの２次コイル（２）は、前記１次磁場を発生させる前記装置（２）に対して逆極性であり、かつ振動電気信号が供給され、
その結果、前記１次磁場は、前記２次磁場により周期的に変形され、
アルフベン波は、イオン化可能で前記磁場内にある前記材料中で形成され、
そのアルフベン波は、アルフベン速度（v_A）で伝播し、
その際、前記磁場の磁場強度は、前記磁場内にある前記材料の運動エネルギーより大きく、
その結果、質量は前記アルフベン波によって輸送されることを特徴とする装置。
【請求項１７】
前記１次磁場を発生させる前記装置（２）は、１次コイル（２）により形成されることを特徴とする請求項１６に記載の装置。
【請求項１８】
前記１次磁場を発生させる前記装置（２）は、永久磁石によって構成されることを特徴とする請求項１６または１７のいずれかに記載の装置。
【請求項１９】
前記コイル（２、３）は、液体冷却されるように設計されていることを特徴とする請求項１６～１８のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２０】
前記コイル（２、３）は、超電導であるように設計されていることを特徴とする請求項１６～１８のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２１】
イオン化可能な材料を生成する前記装置は、イオン化可能なガスを含む容器と、イオン化可能な前記ガスを前記磁場内に導入するインジェクタ装置とから形成されることを特徴とする請求項１６～２０のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２２】
イオン化可能な材料を生成する前記装置は、導電性液体の供給源から形成されることを特徴とする請求項１６～２１のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２３】
発生させた前記アルフベン波の位相遅延のための装置を備えたことを特徴とする請求項１６～２２のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２４】
前記磁場を集束させる装置を備えたことを特徴とする請求項１６～２３のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２５】
前記集束装置は、前記１次コイル（２）と、必要に応じて、例えば、ＦＦＡＧ（固定磁場強収束）型コアをベースにしたさまざまな材料からなる磁気コアを持つ２次コイル（３）とから形成されることを特徴とする請求項２４に記載の装置。
【請求項２６】

磁気遮蔽を備えたことを特徴とする請求項１６～２５のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２７】
前記磁気遮蔽は、遮蔽板（５）を含み、その遮蔽板は、前記アルフベン波の出口方向に対して、前記磁場の反対側に配置されることを特徴とする請求項２６に記載の装置。
【請求項２８】
制御装置（７）が備えられ、かつ前記コイル（２、３）の前記電源供給装置に接続されることを特徴とする請求項１６～２７のうちのいずれか１つに記載の装置。
【請求項２９】
前記制御装置（７）は、コンピュータにより形成されることを特徴とする請求項２８に記載の装置。
【請求項３０】
請求項１６～２９のうちのいずれか１つに記載の装置を備えたことを特徴とするヴィークル用の動力装置。
【請求項３１】
イオン化可能な材料を生成する前記装置は、プラズマ発生装置を用いて形成され、スラストは、反応原理に基づいて、前記アルフベン波によって発生することを特徴とする請求項３０に記載の動力装置。
【請求項３２】
イオン化可能な材料を生成する前記装置は、導電性液体を供給する装置から形成されることを特徴とする請求項３０に記載の動力装置。
【請求項３３】
イオン化可能な材料を生成する前記装置は、アーク動力装置から形成されることを特徴とする請求項３０～３２のうちのいずれか１つに記載の動力装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、生成されつつあるイオン化可能な材料によって、磁場を通過するアルフベン波を発生させる方法に関する。
【０００２】
また、本発明は、イオン化可能な材料を生成する装置を有し、さらに、１次磁場を発生させる少なくとも１つの装置と２次磁場を発生させるコイルとで形成される磁気ノズルと、イオン化可能な前記材料を前記両磁場に誘導するチャネルと、電源供給装置とを有するアルフベン波を発生させる装置に関する。
【０００３】
結局本発明は、上述のようなアルフベン波発生装置を用いたヴィークル用動力装置に関する。
【背景技術】
【０００４】
アルフベン波は、磁気流体波であり、スウェーデンの物理学者ハンネス・アルヴェーン（Hannes Olof Gosta Alfven）の名にちなんで命名され、また、これに対して、アルヴェーンは、１９７０年にノーベル物理学賞を受賞している。アルフベン波は、導電性液体または磁化プラズマ中の低周波であり、磁場の強度変化または形状変化により生じる。アルフベン波は、いわゆるアルフベン速度と呼ばれる有限速度で伝播する。さらに、アルフベン波は、磁場における擾乱の伝播波である。真空中では、アルフベン波は、真空中での光の速度で伝播する。磁場が、イオン化可能な材料、例えばプラズマと相互作用する場合は、アルフベン速度は、誘電体媒質の質量密度または電荷密度に左右される。このアルフベン波は、材料と磁場との相互作用によって、質量を輸送することができ、従って、エネルギーやインパルスの輸送を行うこともできる。このような質量輸送には、いわゆるアルフベン制限が関与し、そこでは、磁場の強さは、輸送される材料の運動エネルギーよりも大

きくなければならない。アルフベン波による材料輸送作用は、最初に、分光学的手段によって異種の星の大気から検証され、後年、室内実験によって検証された。

【０００５】

アルフベン波は、宇宙空間のプラズマ中に普遍的に存在し、磁場と、磁場中を流れる電流との相互作用から生じる。典型的に、アルフベン波は、恒星大気といった磁化された導電性媒質中において低周波で発生する。この波は、電磁エネルギーを輸送するだけではなく、プラズマ電流の変化やそれと関連する磁場のトポロジーの変化に関する情報も含む。１９４２年に、ハンネス・アルヴェーンが、この電磁伝送の原理を提案して以来、２つの概念が研究者の関心を捉えてきた。すなわち、密度と磁場強度とが変動する圧縮波の概念と、磁場の方向のみが変化するＳ波の概念とである。アルフベンＳ波の動力学は、このアルフベン波がオーロラ光の発生に関与すると考えられるため、地球の極地域に関しては特に関心が持たれている。詳細については、文献「The physics of Alfven Waves」（Neil F. Cramer, Wiley Publishing 2001年, ISBN: 3-527-40293-4）、および「Aktive Sterne」（Klauss G. Strassmeier, Springer Verlag 1997年, ISBN: 3-211-83005）を参照されたい。

【０００６】

これまでのところ、アルフベン波は、核融合炉での利用に関する方法についてのみ用いられてきた。例としては、米国特許第４，６６１，３０４号で、核融合炉において超共鳴サイクロトロン周波数を発生させるための、共鳴コイル機構を活用したアルフベン波の発生について開示されている。また、核融合炉において高温を達成するために、環状に配置した複数のコイルに基づいた類似の設計が、ロシアの特許明細書ＳＵ１，４８５，４３６号に記載されている。これまでの出願では、エネルギーは、アルフベン波によって輸送されている。アルフベン波による質量輸送の直接的な利用は、この事例では生じていない（H. Alfven,「Spacecraft Propulsion: New Method」（Ｓｃｉｅｎｃｅ、１７６巻、１６７－１６８ページ、１９７２年４月１４日号）も参照されたい）。

【０００７】

ヴィークル、特に宇宙船の推進力に関するアルフベン波の利用は、今のところ提案されていない。２種類の原理が、現在、ヴィークル、特に宇宙船に対して電気的反動推進力として用いられているが、その実用性は、大量の外部エネルギー源を使用するために、比較的大きな出力を必要とすることから限界がある。化学推進システムの燃料に含まれるエネルギーは、電気推進システムの場合の外部エネルギー源から供給しなければならない。さらに、電磁推進システムは、電気エネルギー貯蔵媒質が高質量であるにもかかわらず使用されている。電気推進システムの場合、さまざまな方法で励起されるガス中のイオン成分は、電界によって加速される。その放出ビームの断面積を乗算して加速経路を定義する電極間の物理的距離のために、許容エネルギーポテンシャル差で低スラスト密度のみが可能であり、これが効率を左右する。この場合、正に帯電したイオンのみが放出され、その後、このイオンは、静電ポテンシャルを防ぐために、動力装置の下流で外部の電子源によって中性化され、これらは、イオン動力装置と呼ばれる。

【０００８】

磁気推進システムの場合、対照的に、ホットウォールを備えた静電ノズルとしてのみ磁場を使用される。この磁場に拘束される粒子は、そのラーモア周波数に基づき互いに相互作用する。また、磁場強度のグレーディングの結果の下降勾配により、同様に、結合力も徐々に弱くなり、その結果としてｎ次の衝突後に、粒子は結合から放れて磁場に非弾性的に散乱し、熱力学的圧力によってノズルの形状をした磁場の外方向に押出される。

【０００９】

一般に、磁場から膨張するプラズマは、アークによって熱励起される。純粋なアーク動力装置との違いは、主として、プラズマ温度がノズル壁の熱負荷容量によっては制限されないことである。概ね静的な磁場力とプラズマとの付加的相互作用の重要性は、この場合においては２次的である。磁場で熱励起されたプラズマの動力学のために、プラズマ動力装置は、電磁プラズマ力学比例システムまたはＭＰＤ動力装置とも呼ばれる。従来のＭＰ

Ｄ動力装置は、さらに２種類のグループに分けることができる。具体的には、自己誘導フィールド動力装置および外部誘導フィールド動力装置である。自己誘導フィールド動力装置の場合、磁気ノズルの磁場は、アークの高放電電流によって誘導される。つまり、磁気はあるが、コイルは存在しない。外部誘導フィールド動力装置の場合、コイルにより生成される磁気ノズルの磁場が、実際は、外部磁場によって形成されるので、全放電電流が加熱に用いられる。

【００１０】

磁気プラズマ動力装置は、例えば、米国特許第６，３３４，３０２-B1号によって知られ、またその発明の名称であるＶＡＳＩＭＲ（Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket）として知られている。この場合、プラズマ発生装置を用いて、プラズマを少なくとも２つの磁気トロイダルコイルに通し、この磁場で熱励起する。無線周波数の磁場振動が、磁場振動を使用したある型の磁気ボトル内で、プラズマを加熱する。強度が可変である磁場の形状は、基本的には不変のままであり、それが、磁場をエネルギー輸送に用い、材料輸送に用いない理由である。この動力装置を用いて、従来の電磁プラズマ力学推進システムの場合よりも高い効率を実現することが可能である。

【００１１】

米国特許第４，４１２，９６７A号には、アルフベン波の原理を用いた粒子加速器が記載されている。このような粒子線は、穴あけ工具や兵器として使用可能である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１２】

本発明は、アルフベン波発生方法および発生装置を提供する目的に基づくものであり、それを用いて質量を輸送する。その目標は、この方法および装置を、ヴィークル、特に宇宙船用の動力装置として利用可能にすることである。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

方法に関して、本発明の目的は、磁場が、１次磁場に対して逆極性の少なくとも１つの振動する２次磁場によって周期的に変形される１次磁場を含み、その結果として、アルフベン波が、イオン化可能でその磁場内の材料中で形成され、このアルフベン波が、磁場を通過する材料の質量密度および磁場強度に依存する速度で伝播し、その磁場強度は、磁場内の材料の運動エネルギーよりも大きいために、質量が、アルフベン波によって輸送されるようにすることで実現される。本発明による方法は、アルフベン波を、質量の輸送に初めて利用するものである。このようにして生成された材料ビームにより、ヴィークル、特に人工衛星などの宇宙船の推進システムを、例えば、反応原理を用いて生成することが可能になる。しかし、他の一連の応用もまた可能であり、その一部を以下に簡単に述べる。

【００１４】

アルフベン波によって質量輸送を可能にするために、具体的な前提条件を満足する必要があるが、それは、さらに以下で説明する。アルフベン波は、１次磁場の磁場形状の周期的な変化によって生じる。この１次磁場の周期的な形状変化は、逆極性の周期的に変動する少なくとも１つの第２の磁場によって引き起こされる。この第２の磁場を、以下の記述では２次磁場と呼び、それは、２次コイルによって生成される。この振動する２次磁場は、２次コイルに振動信号を与えることで生成される。２次コイルに対する駆動信号の周波数と形状は、応用の種類や用いられる磁場コイルに固有の性質に依存する。基本的には、２次磁場の振動周波数が相対的に高いと、質量の輸送に磁場の全ての変形経路を使用することはできないために、動作経路が短くなる領域に入り込む。磁場の重畳によって、２次コイルに対して反対側で外方向に押出される１次磁場の磁力線が発生し、その結果、漏斗状の１次磁場が形成される。この磁場漏斗により、磁場に囲まれる体積が削減される。イオン化可能な磁場内の材料は、このために圧縮され、この磁場から押出される。磁場と相互作用するこの材料は、一方においては、放出質量に分けられ、ごく僅かな部分はローレンツ粒子となる。このローレンツ粒子は、比較的高い磁束密度の領域に位置し、磁力線に

拘束される。対照的に、残りの粒子は、磁力線には拘束されず、このため準自由粒子と呼ぶことができる。この準自由粒子は、ローレンツ粒子上で散乱する。このため、ローレンツ粒子によって生じ、囲い込まれた材料に作用する力は、壁力と呼ぶこともできる。付加的な電磁プラズマ力学動力装置とは対照的に、磁気壁力はノズルの機能を果たすばかりではなく、その動力学に基づいて、放出質量の圧縮にも関与する。アルフベン波による質量輸送をとにかく可能にするためには、磁場強度が、相互作用する粒子の運動エネルギーよりも大きくなければならない、いわゆるアルフベン制限を考慮に入れなければならない。この条件が満たされなければ、アルフベン波を用いて質量を輸送することはできない。プラズマ空間における変数は、この条件に対して解析されなければならない。もし、粒子の運動エネルギーが磁場よりも大きければ、粒子はその磁場には拘束されず、したがって磁場に追随できない。しかしながら、アルフベン制限が定義するように、上記の条件に従って粒子が磁場に拘束される場合には、粒子は、磁場によって輸送される。これに関する数学的原理の詳細は、以下で説明する。

【００１５】

磁場は、アルフベン波の伝播速度、いわゆるアルフベン速度で変形される。この場合、２つの選択肢の間で区別がなされる。

【００１６】

本発明の一特徴によれば、アルフベン速度は、磁場内にある材料の音速以下である。これは、囲い込まれた媒質が弾性圧縮の場合を意味する。この弾性圧縮の場合、避けられない摩擦損失以外には、媒質の加熱はまったく起こらず、その代わり、周囲圧力に対して、内部で機械的過剰圧力が生ずる。アルフベン速度が、磁場内にある材料の音速以下である場合、運動インパルスの大部分は、弾性的に伝達される。このように放出質量が弾性的に加速される場合は、輸送される媒質の出口温度では内部の音速を超えることはないので、著しく高い出口速度を実現することは不可能である。この方法の利用は、主に導電性液体での作業に対して実現可能である。それは、可能な限り小さい割合のイオンを伴うこのような液体に関連する高密度の材料では、いかなる場合も、高いアルフベン速度が生じることはないからである。

【００１７】

アルフベン波が伝播するアルフベン速度が、磁場内の材料の音速よりも大きければ、この材料は、非弾性的に圧縮され、従って加熱される。弾性的に輸送可能なインパルスの大きさは、個別の弾性係数に左右され、また、これと関連して、音速に左右される。アルフベン波とローレンツ粒子とにより輸送されるインパルスの非弾性成分は、非干渉性の内部運動、すなわち熱に変換される。このようにして熱励起された材料は、より高い温度であると考えられるばかりではなく、より高い音速も有し、その速度で、磁気ノズルの漏斗状磁場から膨張する。従って、外部の加熱機構を用いることなく、磁気ノズルの形状を持つ磁場力によって直接加熱される。非弾性圧縮の場合は、圧縮時間と、加熱により生じる放射に起因するエネルギー損失との比が重要である。最適化されたシステムでは、動作経路およびアルフベン速度に依存するアルフベン波の伝播時間は、伝播する間にパルスで供給されるよりも少ないエネルギーが放射されるように適合させる必要がある。放出質量の非弾性圧縮による熱励起は、高真空中での用途に使用することができる。それは、その目的のために高いアルフベン速度を実現するには、低い質量密度が必要だからである。短い加速距離にもかかわらず、この場合、高いアルフベン速度によって、大きなインパルスを与えることができる。

【００１８】

本発明の一特徴によれば、１次磁場は原則的に一定である。これは、１次磁場を生成するために１つのコイルに原則的に一定の電源を与えることにより実現できるため、回路の複雑度は低い。この一定の磁場は、永久磁石によっても同じように発生させることができる。

【００１９】

いわゆる１次コイルと呼ばれるコイルを用いて１次磁場を発生させる場合に、１次磁場

が周期的にオフ状態に切り替えられると、１次コイルの電気抵抗によって生じる熱を減少させることができる。この場合、オフに切り替わる周波数と時間は、オフに切り替わっている位相においては、確実に熱エネルギーが散逸できるように、適切に選択しなければならない。

【００２０】

１次磁場がオフに切り替わっている間に、２次磁場がそのまま維持されているのは好ましくなく、１次磁場がオフに切り替わっている間は、２次磁場も同様にオフに切り替えるのが好ましい。１次磁場および２次磁場を発生させるコイル用の電源供給装置に接続された適切な制御装置によって、１次磁場をオフに切り替え、必要に応じて、同様に２次磁場もオフに切り替えられる。

【００２１】

本発明にかかるさらなる特徴によれば、磁気ノズルの効果を高めるために、磁場は、軸方向および／または半径方向に集束される。様々な方法が集束、例えば、磁気的方法、または、その他の磁場発生用コイルの特定の配置及び機械的構成のために使用されることができる。

【００２２】

２次磁場がオン状態の間に、１次磁場の変形を促すために、１次磁場の強度を変動させることができる。この場合、１次磁場の変動は、ごく僅かである。この１次磁場の一時的な減少または増加によって、相互に変形した両磁場の形状に作用し、これにより最適化される。

【００２３】

本発明の更なる特徴は、アルフベン波の位相遅延である。例えば、２次コイルがオンの状態の間に、電圧の立ち上がりを遅延させることによって実現可能なこの位相遅延を用いて、１次磁場の変形位相の期間を長くすることができる。このようにアルフベン波を操作することは、アルフベン速度が速すぎる場合に有効である。その例としては、本発明にかかる方法に流体力学を応用する際に、このように磁場の変形を遅らせることが効果的な場合がある。これによって、音場の変動または効率の最適化を実現することが可能になる。あるいは、プラズマ源の存在下でこの方法を用いると、例えば、圧縮温度が高すぎるために、黒体輻射に由来する損失が効率を過度に制限する場合、アルフベン速度を低下させると好都合な場合がある。

【００２４】

アルフベン波が、反応原理に基づいてスラストを発生させる場合は、このアルフベン波発生方法を用いて、ヴィークル、特に宇宙船を推進させることができる。この場合、容器内のガスのイオン化を実行する好適なイオン化機構が、プラズマ源として使用される。アルフベン波は、プラズマ源から流入する媒質の体積を、その媒質が漏斗状の磁場から外に膨張するよりも速く、振動しながら減少させる。磁場の短いパルス幅の間に与えられる大きなインパルスによりプラズマは加熱され、このため、より高い音速、ひいては高いプラズマの膨張速度が得られる。また、アルフベン波を用いて、他の機構によって既に加速されているプラズマビームに、さらに加速を加えることができる。このような動力装置への応用は、衛星の姿勢制御から宇宙飛行用のロケットの推進システムにまで至り、さらに多くの応用がある。本発明の方法は、好適な任意のイオン源やプラズマ源に応用することができるので、放電路を持たず、従って、腐食しやすい電極を持たない任意の好適な無線周波数電源を使用することも可能である。この結果、寿命の長い、腐食しない電磁推進システムが得られる。

【００２５】

また、アルフベン波は、例えば、衛星を動作不能にさせるために、軍事分野で用いることができる高運動エネルギーを持つ粒子線を発生させることも、同様に可能である。この場合、この高エネルギーを持つ粒子線は、１次磁場が作動している間に、２次コイルへ単一パルスを与えることによって効果的に発生する。

【００２６】

これまでに述べたように、アルフベン波は、加速された質量にさらに式という形で、再度加速させることができる。その例としては、このようにして加速された材料を、さらに加速しながら、この装置をアーク動力装置と組合せてもよい。

【００２７】

また、磁場内の材料内でフォノンを発生させ、または増幅し、および／または、磁場内の材料によって、周囲の媒質内でフォノンを発生させ、または増幅することも可能である。フォノンは、アルフベン波の作用によって、磁場が取り囲む材料内での音場を作用させることで増幅される。既に他の機構によって励起されている材料が、さらにインパルスを受けることを意図した応用は、例えば、化学的燃焼や化学的加熱の場合には、フォノンの増幅を使用する分野として挙げられる。

【００２８】

さらに、磁場内の材料を圧縮することが可能であり、従って、その材料を熱励起することも可能であり、また、その熱励起によって電磁放射を発生させ、または増幅することも可能である。

【００２９】

さらに、本方法は、リソグラフィの用途に、イオン化可能な材料を、大きな侵入深さで表面に向けることによって、表面処理や表面塗装に使用することも可能である。さらに、本方法を用いて、半導体材料にドーピングするために粒子を加速することも可能である。原理上は、前述の方法に基づいて動作するプリンタを構成することも可能であり、この場合、印刷物に塗布すべき物質は、本方法によって加速される。

【００３０】

本方法により、海水を、より迅速に、かつ効率的に脱塩することも可能である。それは、塩のイオンが、磁気ノズル内の磁力線の外部に蓄積し、容易に消散させることができるためである。

【００３１】

さらに、本方法を用いて、宇宙船の周囲の電位を中性化することも可能である。

【００３２】

さらに、変動磁場は、α粒子およびβ粒子に対する良好な保護をもたらす。それは、磁場が、このような粒子に対して良好なブレーキ電位を示すためである。従って、例えば、太陽風の場合に生じるような高エネルギーのプラズマ分布に対して、本方法に基づいて推進する宇宙船を、保護することができる。このことは、変動磁場が付加的な放射線保護ももたらすために、宇宙飛行は、もはや、太陽の活動周期や太陽風の発生に大きく左右される必要がないことを意味する。

【００３３】

上述の応用は、ほんの一部の選択肢を示すに過ぎない。

【００３４】

本発明の目的は、先に述べたようなアルフベン波発生装置によっても実現でき、この装置では、少なくとも１つの２次コイルは、１次磁場を発生させる装置に対して逆極性であり、振動電気信号を与えられ、その結果、１次磁場が２次磁場によって周期的に変形され、また、アルフベン波は、イオン化可能な磁場内の材料中に形成され、このアルフベン波が、アルフベン速度で伝播し、磁場内の材料の運動エネルギーよりも大きな磁場強度を有し、そのため、質量がアルフベン波によって輸送される。このように、主な設計上の特徴は、２つの異なった極性を持つ磁場コイルであり、それを用いて磁場、そしてアルフベン波が変形される。既に述べたように、アルフベン制限が満たされているので、このアルフベン波は質量の輸送に適する。

【００３５】

１次磁場を発生させる装置は、コイル、あるいは永久磁石によって形成してもよい。

【００３６】

磁場を形成するコイルは、液冷式に効果的に設計されている。液冷により、高い動作温度が引き下げられ、その結果、機械的強度を増加させることができる。

【００３７】
コイルの電気抵抗は、超電導コイルを用いることで、より一層改善され、低下する。
【００３８】
イオン化可能な材料を生成する装置は、イオン化可能なガスを含む容器と、このイオン化可能なガスを磁場に案内するためのインジェクタ装置とで形成することができる。このようなプラズマ発生装置は、宇宙船の推進システムとして、宇宙で利用するのに特に適する。
【００３９】
イオン化可能な材料を生成する装置が、導電性液体の供給源によって形成される場合は、アルフベン波を用いて、磁場内のこの液体を圧縮することができる。自由イオンを含む流体質量としてこの液体を使用する実施例の変形形態は、流体力学推進システムとしての利用、例えば、潜水艦などの船舶に特に適する。この場合の利点は、任意の可動部を有する推進システムを用いることなく、水を動かすことができるという点である。塩水は、比較的良好な電気伝導率を持つために理想的な媒質である。アルフベン波は、自由イオンのみに直接作用するが、全体としては、放出方向のほんのわずかな流れが、残留粒子が散乱する結果生じる。それでも、さらにこの変形の応用もある。この場合、高質量密度の結果生じるのは、非常に低いアルフベン速度に過ぎず、そのため、この動作領域を、放出質量の弾性加速に利用することができる。その例として、この装置は、位置の特定が困難な潜水艦用の特に静粛な推進システムとして、あるいは流体力学ポンプとして使用することができる。このようなポンプは、それ自体全く可動部を持たず、特に厳格な安全性要件に制約される場合の液体の輸送には、このような変形形態を使用することができる。例えば、このようなポンプは、バイオリアクタ内の液体の輸送に使用することができる。また、回転運動を、ベアリングを介して容器に伝達する必要がないので、漏れという安全上のリスクが低下し、同時に、ベアリングの定期交換のために通常負担するコスト要因も避けることができる。さらに、バイオマスを損傷する可能性がある機械的な可動部も全くない。
【００４０】
本発明の他の特徴によれば、生成されたアルフベン波の位相を遅延させ装置が提供される。このような位相遅延により、アルフベン速度を低下させることができ、それは、場合によっては有利に働く。
【００４１】
さらに、磁場を集束させる装置を提供することができる。このような装置は、磁気コイルを適切に配置することによって、磁気形態をとってもよいし、また機械的形態をとってもよい。
【００４２】
この集束装置は、１次コイルと、必要に応じて、例えば、ＦＦＡＧ（固定磁場強収束：Ｆｉｘｅｄ Ｆｉｅｌｄ Ａｌｔｅｒｎａｔｉｎｇ Ｇｒａｄｉｅｎｔ）型コアをベースにした、さまざまな材料からなる磁気コアを備えた２次コイルとで形成してもよい。
【００４３】
コイルからの比較的強い磁場に対して敏感なアセンブリ、特に電子アセンブリを保護するために、磁気遮蔽が効果的に備えられる。これには、従来の透磁性遮蔽材料を用いてもよい。
【００４４】
磁気遮蔽が、アルフベン波の出口方向に対して反対の磁場側に配置される遮蔽板を含む場合は、磁場をさらに集束させることになる。
【００４５】
磁場の変形は、コイル用の電源供給装置に接続された制御装置によって制御される。このような制御回路は、コイル用の供給ユニットに対する適切なインタフェースを備えたマイクロプロセッサによって形成してもよい。
【００４６】
この場合、この制御装置は、コンピュータで形成してもよく、その場合、変形実施形態

としては、マイクロコントローラからスタートし、マイクロコンピュータを経由してコンピュータユニットに至る形態が可能である。

【００４７】

本発明の目的は、上述したような装置を有するヴィークル用動力装置によっても実現することができる。この装置が、プラズマ発生装置によってイオン化可能な材料を生成するように設計され、反応原理に基づいてアルフベン波を用いてスラストを発生させると、ヴィークル、特にロケットや衛星などの宇宙船に適した動力装置を作成することができる。イオン化されたガスを用いた動作に好ましい動作領域は、放出質量が非弾性的に圧縮される領域である。アルフベン波は、あらゆる任意のプラズマ源から流入する媒質が囲まれた体積を、この媒質が膨張して漏斗状の磁場から出るよりも早く減少させる。短いパルス幅の間に与えられる大きなインパルスによって、プラズマは加熱され、そのため、プラズマの高い音速、したがって高い膨張速度が得られる。この場合、任意の好適なイオン化機構をプラズマ源として使用することができ、その場合、このために消費されるパワーは、ガスのイオン化に限定することができる。１次加速機構に対する熱シンクは、アルフベン波がカルノー原理に基づいて発生させる。いずれにせよ、他の機構によって既に加速されたプラズマビームは、アルフベン波の効果によって、さらに加速することもできる。主な利点は、高い出口速度を実現する能力であり、そのためにアルフベン波に基づいたこのようなプラズマ動力装置は、宇宙船の推進に特に適している。この場合、この動力装置は、衛星の姿勢制御に用いることができ、それによって、内部の燃料供給によって通常は制限される最新衛星の寿命を、このような質量流の少ない動力装置によって伸ばすことができる。また、軌道および姿勢制御システムには、重力異常や太陽風等を補償する必要がある。

【００４８】

同じように、このような動力装置は、衛星を目的の位置に移動する衛星の推進用の、いわゆるキックブースタ（ｋｉｃｋ ｂｏｏｓｔｅｒ）として使用することができる。このような、比較的燃料消費量が少ない動力装置によって、全体の質量を低減でき、あるいは最大積載量を増加させることもできる。最大積載量を増加させる能力によって、例えば、より多くのトランスポンダを衛星に収容でき、その結果、多大な省エネの可能性をもたらし、あるいは逆に、より大きなトランスポンダ容量を使用することも可能になる。

【００４９】

このような出口速度が高く、質量流の少ない動力装置によって、特に科学的な惑星間放射に適した、長い加速相を可能にし、さらに、航行時間を短縮できる。

【００５０】

例えば、プラズマ風洞内において、惑星大気の薄い上層部への高速再突入体の相互作用のシミュレーションへの、実験的応用もまた可能である。このような多種多様な研究は、アルフベン波に基づく機構を変動させる能力によって拡張することができる。

【００５１】

本発明の他の特徴に従って、イオン化可能な材料の生成装置を、導電性液体を供給する装置で形成すれば、この動力装置は、水中のヴィークル、例えば、潜水艦の推進システムとして使用することができる。

【００５２】

また、イオン化可能な材料の生成装置を、アーク動力装置で形成すれば、このアーク動力装置によって既に加速されている材料を、アフターバーナー原理に基づいて、さらに加速することができる。

【００５３】

他の用途、例えば、可動部が全くない武器、またはポンプのような、高運動エネルギーのプラズマビームを生成することも同様に可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【００５４】

本発明について、以下、添付した図面を参照により詳細に説明する。また、この添付図面は、概略図および例示的な実施形態を示すものである。

【００５５】
図１に、アルフベン波を発生させる装置の磁気ノズル１の断面を示す。この装置には、１次磁場を発生させるための１次コイル２が設けられている。少なくとも１つの２次コイル３は、１次コイル２と平行に配置され、また、１次コイル２とは逆の極性であり、さらに振動電気信号が供給される。この結果、磁場が発生し、その磁場は周期的に変化する。１次コイル２の位置で終端するチューブ４が、コイル２および３の中を貫く。電子アセンブリや他のコンポーネントをコイル２、３の磁場から保護する遮蔽板５が、傍にあり、２次コイル３と平行に、また１次コイルとは反対側に位置する。中心にあるチューブ４には、例えば、放電に基づくイオン化機構が含まれる。また、イオン化可能な材料がチューブ４を通って磁場に入る。自由イオンを含む液体もまた、プラズマ源の代わりに用いることができる。既に詳しく述べたように、１次磁場は、永久磁石で形成しても良い。

【００５６】
図２ａおよび２ｂに、動作機構をより分かりやすく示す。この図は、２次コイル３が異なったスイッチング状態の場合の磁気ノズル１を示す。図２ａでは、２次コイル３はオフ状態であり、１次コイルが磁場を生成し、その磁場は、遮蔽板５のために、チューブ４の開口部の方向に漏斗状のプロファイルを有する。このチューブ４を通過する材料は、チューブ４の開口部で、この漏斗状のプロファイルに従って進む。

【００５７】
図２ｂに示すように、２次コイル３のスイッチをオンにすると、１次コイル２の磁場は変形し、磁力線が、チューブ４の出口で圧縮され、それに対応して、アルフベン波が輸送する材料も圧縮される。

【００５８】
この結果、イオン化した材料の振動流を生じる。アルフベン波による質量輸送は、アルフベン限界が考慮された場合には可能である。このため、磁場強度は、相互作用する粒子の運動エネルギーよりも大きくなければならない。このように、アルフベン限界は、アルフベン波が質量を輸送できるかどうかを決定する。

【００５９】
さらに、アルフベン波が放出質量を圧縮できるかどうかを左右する重要な因子が有効断面積である。この限界値は、一般には、重要ではないものとされている。閉じ込められた媒質の圧縮率は、その閉じ込められた媒質の音速の関数としてアルフベン速度に依存する。

【００６０】
図３ａ～３ｄに、２次コイルを駆動するさまざまな形状の電流を示す。これらの形状は、それぞれの用途に適合できるものである。実際には、図３ａに示すような信号形状は、立ち上がりフランク（ｒｉｓｉｎｇ ｆｌａｎｋ）の傾きを効果的に減少させ、必要に応じて立ち下がりフランク（ｆａｌｌｉｎｇ ｆｌａｎｋ）の傾きも減少させることが分かっている。この結果、２次コイル３を駆動する台形プロファイルの電流を効率的に生じる。これにより、電圧ピークを低下させることが可能になる。さらに、正弦波交流電流を用いて２次コイル３を駆動することもできる。また、非対称な駆動信号を用いて、改善を図ることも可能である。

【００６１】
アルフベン波を発生させる本方法、およびアルフベン波を発生させるこのような装置を用いて、推進システム、または高運動エネルギーを持つプラズマビームの発生源を効率よく用いることが可能な放出速度と効率とを得ることができることは、シミュレーションにより示されている。このように、アルフベン波による質量輸送の利用に基づいた推進システムは、特に宇宙飛行の分野では効果的である。

【００６２】
図４は、本発明に基づくプラズマ動力装置であって、既に説明した磁気ノズル１、１次コイル２、および１次コイル２とは逆極性であり、かつ振動電気信号が供給される少なくとも１つの２次コイル３を備えるプラズマ動力装置のブロック図である。チューブ４は、

コイル２および３の中を貫き、１次コイル２の部分で終端する。遮蔽板５は、２次コイル３と平行に傍にあり、コイル２および３が作る磁場から電子アセンブリを保護する。この遮蔽板５は、２次コイル３が作る２次磁場の磁力線が、１次コイル２に対して反対方向に延伸しないようにする。イオン化可能な材料を生成する装置８は、この例では、燃料タンク９からの燃料をイオン化チャンバ１１に供給する燃料タンク９および制御バルブ１０によって構成される。放出質量は、燃料タンク９から、制御バルブ１０を通って、イオン化チャンバ１１に進む。このイオン化した燃料は、プラズマとしてチューブ４を通って、１次コイル２が作る１次磁場により形成される磁気ノズル１に流れ込む。２次コイル３が作り、かつ振動形状で与えられる２次磁場との相互作用の結果、２次磁場とは逆の極性のために周期的に変形する１次磁場が生じる。その結果、磁気ノズル１は、この過程の際に生じるアルフベン波の影響により、振動形状で圧縮され、このため、加速機構が作り出される。この加速機構は、遮蔽板５があることにより助長される。それは、２次磁場が１次コイル２とは反対方向に伝播しないためである。イオン化可能な材料を生成する装置８として図示したプラズマ源は、１つの可能な案を示しているに過ぎない。原理上は、このシステムには、イオン化可能な材料を生成する他の装置８を組み込むこともできる。コイル２、３あるいは他の構成部品には、適切な電源が電源供給装置６により供給される。また、電源供給装置６ばかりではなく、コイル２、３、およびイオン化可能な材料を作り出す装置８の他の構成部品にも接続されている制御装置７を用いて、個々の構成部品を制御する。この制御装置７は、コンピュータ、マイクロプロセッサ、あるいはマイクロコントローラで構成しても良い。

【００６３】

図５は、本発明による、アルフベン波を発生させる装置の別の実施形態を示すブロック図であり、この図では、イオン化可能な材料を生成する装置８は、イオン化可能な液体を流し込むことができる注入チャネル１２を備える。この注入チャネル１２を通って流れ込む液体のスループット質量が、制御バルブ１３によって調節されてチューブ４に入る。陰極としての極性を持つ電極１４が、チューブ４の中央に配置され、また、陽極形態をとる電極１５が、放電路を形成するために、電極１４を中心とした同心円状に配置される。また、電極１４、１５は、電源装置６に接続される。スループット質量は、注入チャネル１２を通って、制御バルブ１３を介し、磁気ノズル１内のチューブ４に流入する。この磁気ノズル１は、発生したアルフベン波の影響によって振動状に圧縮され、その結果、加速機構が生じる。磁気ノズル１への流入段階でのイオン密度は、電極１４および１５の間に形成される放電路により増加することができる。個々の構成部品も、それぞれ対応する方法で、制御装置７によって制御することができる。このような磁気流体力学的な変形を用いて、例えば、潜水艦の推進システムを構成しても良いし、流体力学ポンプを構成しても良い。この場合も同様に、遮蔽板は、２次コイル３と平行して効果的に配置され、磁場から電子アセンブリを保護し、磁力線が、１次コイル２とは反対方向に延伸しないようにする。磁気遮蔽が、この遮蔽板５によって完全には確保されない場合であっても、このようにして電気遮蔽は常に設けられる。

【００６４】

以下、図６～９を参照しながら一実施例を説明し、求めた測定値をシミュレーション値と比較する。

【００６５】

以下の文章において、ＭＯＡの加速機構に関する数値シミュレーションにおける最も重要な数学的原理を簡単にまとめる。

【００６６】

アルフベン波の位相速度は、ハンネス・アルヴェーン方程式に従って、アルフベン波が通過する媒質の電荷密度または質量密度の一方から計算することができる。今回は、動力装置のスループット質量との関係から、質量密度での形式の方が好ましい。

$$V_{Alfven} = c/\mathrm{sqrt}(1+((\mu_0.c^2.phi)/B^2)) \qquad (1.1)$$

ここで、

ｃ　＝　真空での光の速度
μ_0　＝　磁場定数
ｐｈｉ　＝　質量密度
Ｂ　＝　磁束密度
である。

【００６７】

この場合、質量密度ｐｈｉは、この機構がパルス方式で動作するということを考慮する必要があり、従って、次の式が成り立つ。

phi = (M/f).(1/vol)　（１．２）

Ｍ　＝　毎秒あたりの質量流
ｆ　＝　磁場の振動周波数
ｖｏｌ　＝　磁気ノズルの体積

【００６８】

従って、振動クロックサイクルあたりの質量もまた、質量と体積との関係に重要な因子である。

【００６９】

しかし、磁場の形状が変化する場合は、技術的要因もまた考慮しなければならない。２次コイル３の信号応答時間およびカットオフ周波数が、２次磁場の形成に必要な時間間隔を左右する。１次磁場の形状が変化する速度は、実際のアルフベン速度V_{Alfven}未満の可能性がある。また、１次磁場の磁場形状には２次コイルによる擾乱の伝播速度が重要であるため、時定数ｔａｕも考慮に入れなければならない。この時定数ｔａｕは、次の関係により与えられる。

tau = L/R　（２．１）

ここで、
Ｌ　＝　コイルのインダクタンス
Ｒ　＝　抵抗
である。

【００７０】

２次コイル３のスイッチング時間は、

$t_s = tau.2.Pi$　（２．２）

であり、２次コイル３のカットオフ周波数f_gは、

$f_g = 1/t_s$　（２．３）

である。

【００７１】

「技術的」アルフベン速度V_{Alfven}は、いかに速く擾乱が伝播するかに依存し、２次コイルの充電時間に左右される。この「技術的」アルフベン速度V_{Alfven}は、次の式で与えられる。

$v_{Alfven} = distance/t$　（２．４）

ここで、ｄｉｓｔａｎｃｅは、磁場の平均変形経路としてのアルフベン波の伝播経路を表す。この技術的アルフベン速度が、物理的に可能なアルフベン速度未満の場合は、$V_{Alfven(t)}$は、妥当な値である。

【００７２】

ここで、アルフベン速度V_{Alfven}は、磁場が、いかに速くその形状を変化させることができるかと定義する。ただし、ここでは、少なくとも高磁場密度領域で、材料がアルフベン波によって輸送できることも非常に重要である。すでに述べたように、このためには、相互作用する粒子の運動エネルギーがローカルな磁場強度よりも大きな場合に破られるアルフベン限界を考慮に入れなければならない。このために、最初に、粒子の運動エネルギーを初期温度から求めなければならない。粒子の熱速度は、次の式で与えられる。

$T.k.(3/2) = (m.v_T^2)/2$　（３．１）

ここで、

Ｔ　＝　温度
ｋ　＝　ボルツマン定数
ｍ　＝　粒子の質量
v_T　＝　粒子の速度
である。
【００７３】
粒子の運動エネルギーは、ここで磁場強度と関連付けることができる。
$$\text{Kinetic particle energy} = (m.v_T^2)/2 \qquad (4.1)$$
$$\text{Limit value} = \text{energy density of the field} = (\mu_0.B^2)/2 \qquad (4.2)$$
ここで、
μ_0　＝　磁場定数
Ｂ　＝　磁束密度
である。
【００７４】
もし、粒子の運動エネルギーが、この限界値（Ｌｉｍｉｔ　ｖａｌｕｅ）未満であれば、アルフベン波による質量輸送が可能である。
【００７５】
磁気ノズルの場合は、高磁場密度領域において磁力線の周りで円運動をする粒子によって機械的な壁力（ｗａｌｌ　ｆｏｒｃｅ）が形成される。このようなローレンツ粒子は、囲まれた領域にいわゆるＪ×Ｂの力を伝達し、その囲まれた領域から出ようとしている粒子を散乱させるので、その内部にある材料は、ノズルの開口部からしか脱出することができない。この場合、効率的な動作機構にとっては、磁気ノズル壁にそったローレンツ粒子は最小密度でなければならないことに留意されたい。この条件が満たされなければ、ノズル壁が「漏れやすい」ために、特に、放出質量が不完全にイオン化された場合に、圧縮の際の質量損失が生じる。この影響は、次のように近似して表すことができる。
$$J = J_0^x \qquad (5.1)$$
ここで、
Ｊ　＝　囲まれた領域内に残るイオン化されていない残留ガスの質量
J_0　＝　囲まれた領域内にあるイオン化されていないガスの本来の合計質量
ｘ　＝　損失係数。これには、最小イオン密度と実際のイオン密度との比が含まれ、また、有効断面積として表すこともできる。
【００７６】
ＪおよびＪ$_0$については、今回は、ｘ値を１として表すことができる。これらのパラメータは、イオン源またはプラズマ源が、完全な、または適切なイオン密度を保証しない場合にのみ重要である。実際の加速機構は、このイオン源またはプラズマ源から切り離されているので、このイオン源またはプラズマ源は、エネルギーの点で、最小イオン密度を生成するために最適化することができる。これがこの機構そのものの補助的なパラメータであるが、必要に応じて考慮に入れなければならない。
【００７７】
磁場が、その形状を変化させ、磁気ノズルが狭くなる場合は、アルフベン速度V_{Alfven}に対応した圧縮速度で、その内側にある質量の空間圧縮が生じる。この速度が、放出質量内部の音速よりも大きければ、放出質量は、非弾性的に圧縮され、それによって、理想的なガス塑性体の場合における対応する熱励起を生じる。
【００７８】
以下に示すようなニュートンの運動方程式を、非弾性圧縮によって与えられるエネルギーを求める基礎として用いることができる。
$$F = M.(v^2/(2.d1)) \qquad (6.1)$$
ここで、
Ｆ　＝　力
Ｍ　＝　質量

ｖ　＝　速度
ｄ１　＝　非弾性変形距離
であり、以下のように導出される。
$F = M.(v_R^2/(2.Def)) = M.(v_R^2/(2.(dl/dl_{elast})))$　（６．２）
ここで、Ｄｅｆは、インパルスによって与えられる力の、弾性的に輸送することができ、かつそれに起因する力に対する比に対しての変形係数である。v_Rは、Δｖ、つまり基準距離１ｍに沿った速度変化を表す。
【００７９】
元の方程式に関する全ての変数は、以下のように、対応する方法で、この係数から導出することができる。
$Def = F_{ind}/F_{res} = v_{ind}^2/v_{res}^2 = I_{ind}/I_{res} = dl/dl_{elast}$　（６．３）
ここで、dl_{elast}は、変形距離全体のうちの弾性成分を表す。従って、完全弾性変形の場合、Ｄｅｆは、常に１の値をとる。このように、明らかに経路長の比から無次元係数を定義できる。
【００８０】
I_{ind}が、アルフベン波によって与えられるインパルスを表す場合は、I_{res}は、圧縮された媒質が弾性的に輸送することができるそのインパルス成分である。
【００８１】
$I_{def} = I_{ind}-I_{res}$　（６．４）
従って、I_{def}は、与えられたインパルスのうちの不可逆変形に変換される成分である。弾性係数がない理想的塑性体としての気体やプラズマの場合は、この非弾性変形の全てが熱に変換される。
【００８２】
従って、圧縮される媒質における音速とアルフベン速度とが分かっていれば、インパルスの分配率を、それらの速度から求めることができる。振動クロックサイクルあたりの質量と粒子１個の質量の両方が分かっているので、平均インパルス変化、従って平均粒子速度および温度もまた、粒子の数およびその質量から求めることができる。
【００８３】
プラズマ中の新たな音速は、このようにして新たな温度から得られる。
$v_c = v_t.sqrt(1 + (T_e/T_i))$　（７．１）
ここで、
V_c　＝　イオン音速
V_t　＝　イオンの平均粒子速度
T_i　＝　イオン温度
T_e　＝　電子温度
である。
【００８４】
単純化モデルでは、イオン温度と電子温度とを同じと仮定する。実際には、電子は、イオンよりも高温状態であるため、温度の単一化は、「最悪の場合の」仮定とみなすことができる。プラズマ中でのインパルスの分布は、粒子の質量に依存し、従って、電子ガスが、インパルス全体のかなりの割合を占めるわけではないが、さらに最悪条件として、電子が、その質量に基づいて実際に占めるよりも大きな割合を占めると仮定することができる。従って、プラズマ中のフォトンのインパルス成分も含めることができる。計算から、この場合、イオンには、粒子あたり、より小さなインパルスが与えられ、得られたイオン音速を低下させる。真空中の気体が、それ自身の音速で膨張するという仮定に基づき、その仮定から、磁気ノズルからの平均流出量速度を求める。プラズマは、それ自身の圧縮段階で、増加しつつあるそれ自身の音速で膨張するため、この場合、まさにそこから、全体の推力におけるかなりの割合が得られる。
【００８５】
この結果、１クロックサイクル中のアルフベン波による圧縮段階に対する初期値および

最終値が得られる。また、インパルスは次のように表すことができるので、

$$M.v = F.t \qquad (8.1)$$

波の伝播時間ｔについて積分することが可能である。

【００８６】

圧縮段階を時間ステップに分解し、その結果、温度と音速のプロファイルが得られる。この場合、前述の全体計算と同じ原理を用いる。圧縮段階での平均温度、流出量速度、および推力は、このプロファイルデータから求められる。圧縮段階に続く膨張段階も、同様に、断熱と仮定される。ただし、この場合、圧縮段階とは対照的に、アルフベン波によって外部から与えられるいかなるインパルスも分解する必要はなく、このため、膨張時間中の体積変化からこれを計算することができる。

【００８７】

$$T = T_a.((V_a/V)^{ad} \qquad (9.1)$$

ここで

Ｔ　＝　膨張後の温度

T_a　＝　初期温度

V_a　＝　初期体積

Ｖ　＝　最終体積

ａｄ　＝　断熱指数

である。

【００８８】

この場合も同様に、体積変化を時間ステップで積分し、そのプロファイルから対応する平均値を求める。

【００８９】

時間分布に関しては、この場合、振動クロックサイクルは、制御信号の状態配列に従ってオフ状態とスイッチング状態とに分けられ、また、短いオフ状態を有する非対称的なデューティサイクルが、この場合、効果的であることが分かっている、ということに留意されたい。オフ状態、つまり、１次コイル２とは反対方向に２次コイル３に極性が与えられていない初期状態では、２次磁場によって変形される１次磁場を生じることはなく、プラズマは、プラズマ源から磁気ノズルに流れ込む。また、スイッチング状態は、圧縮状態と膨張状態とに分けられる。圧縮状態の際は、磁気ノズルは、２次磁場により変形させられ、プラズマは、非弾性圧縮により加熱され、その結果、このプロセスの間に加速されて膨張する。この膨張状態の際は、磁気ノズルは、２次磁場によって変形されたままであり、加熱されたプラズマは、膨張状態の間に膨張し、そのプロセスの間に冷却される。

【００９０】

このプロセスの間に生ずるピーク値は、時間について計算された平均値よりも大きな値である。この場合、１回の完全な振動クロックサイクルの際の平均値に対して、オフ状態もまた考慮に入れなければならない。

【００９１】

次に、推力および流出量速度の値を、時間単位１秒に対して計算する。

【００９２】

シミュレーションに関する実施例

２種類の計算例を次に比較する。第１列は、低パワー領域でのいくつかの設定値を示し、既に試作品を用いて実験的に試験を行った値である（下記参照）。第２列は、予定されている高パワー領域での対応する設定値である。第１の例では、作動ガスとして窒素を仮定する。また、高パワーの変形例では、アルゴンを作動ガスとして仮定する。

	第１例	第２例	
作動ガス	N_2	Ar	
磁気ノズルの体積	$3.142.10^{-5}$	$3.142.10^{-5}$	m^3
質量／秒	$1.0.10^{-6}$	$1.0.10^{-7}$	kg
周波数	$1.0.10^{-2}$	$1.0.10^{7}$	Hz
磁場強度	$5.0.10^{-2}$	$6.5.10^{-3}$	T
スループット質量の初期温度	$1.0.10^{2}$	$3.2.10^{4}$	K
イオン質量　ｍ	$2.335867551.10^{-26}$	$5.977908.10^{-26}$	kg
磁場形状に依存したアルフベン波の平均伝播距離（１．２）式に対応：	$1.5.10^{-2}$	$1.5.10^{-2}$	m
質量／周波数	$1.0.10^{-8}$	$1.0.10^{-13}$	kg
質量密度　ｐｈｉ	$3.1826.10^{-4}$	$3.1826.10^{-9}$	kg/m^3
（１．１）式から：$v_{Alfvén}$	$2.4998014.10^{3}$	$1.02765843.10^{5}$	m/s
コイルの特性に依存するカットオフ周波数から、（２．４）式により：$v_{Alfvén}$（ｔ）	$1.79049306.10^{3}$	$1.02765843.10^{5}$	m/s
初期状態での音速 v_c	$5.95518008\ 10^{2}$	$6.65915895\ 10^{3}$	m/s
（６．３）式から得られた圧縮係数 Ｄｅｆ	$9.03973057.10^{0}$	$2.38154512.10^{2}$	
下記時間内に与えられた全体のインパルス	$2.09422856.10^{-8}$	$1.5.10^{-9}$	kg.m/s
アルフベン波の伝播時間	$8.37758064.10^{-6}$	$4.6157.10^{-8}$	s
（６．４）式に従って、上記から得られた熱インパルス：	$1.8625592.10^{-8}$	$1.4993.10^{-9}$	kg.m/s
上記から得られた平均熱粒子速度 v_T	$4.23116478.10^{2}$	$1.5316.10^{5}$	m/s
（７．１）式に従って、上記から得られたイオン音速：v_c	$5.98377061.10^{2}$	$2.1660.10^{5}$	m/s

音速の初期値と最終値との間で積分することにより得られた圧縮状態での平			
均音速値	5.96947535.10^{2}	1.1163.10^{5}	m/s
膨張状態から、（９．１）式により得られた最終音速値	3.71829384.10^{1}	1.2964.10^{5}	m/s
積算平均音速値：	1.04113686.10^{2}	1.6229.10^{5}	m/s
全体的な、得られた平均膨張速度：	3.50228722.10^{2}	1.3144.10^{5}	m/s
イオン成分：	1.0	100.0	%
１振動クロックサイクルあたりのスループット質量			
M	1.0.10^{-8}	1.0.10^{-14}	kg
上記のイオン成分およびスループット質量の場合に得られる、１振動クロッ			
クサイクルあたりのイオン化されていない残留ガスの質量：	9.9.10^{-9}	0.0.100	kg
（５．１）式に従って、上記のイオン成分およびスループット質量の場合に			
得られる、推力に相当する放出質量	9.912181891.10^{-9}	1.0.10^{-14}	kg
イオン成分を含む振動クロックサイクルあたり、得られた１秒あたりの推力			
に相当する放出質量	9.912181891.10^{-7}	1.0.10^{-07}	kg
上記から得られた圧縮状態での平均推力：	5.4452.10^{-4}	1.1163.10^{-2}	N
膨張状態での平均推力	9.49706.10^{-5}	1.6229.10^{-2}	N
スイッチング状態全体での平均推力	9.572385.10^{-5}	1.3799.10^{-2}	N
永久的な平均推力：	4.78619269.10^{-5}	1.31448.10^{-2}	N
振動クロックサイクルの時間成分は、下記項目から構成される：			
下記項目あたりの時間：			
振動クロックサイクル	1.0.10^{-2}	1.0.10^{-7}	s
ゼロ状態	5.0.10^{-3}	5.0.10^{-9}	s
スイッチング状態	5.0.10^{-3}	9.5.10^{-8}	s
スイッチング状態は、下記項目に分割される：			
圧縮時間	8.37758064.10^{-6}	4.61575.10^{-8}	s
膨張時間	4.99162242 10^{-3}	4.88424 10^{-8}	s

【００９３】

第１の例では、実験条件に対応して対称的なデューティサイクルが用いられるが、第２の例では非対称的な状態配列が計算に用いられる。

【００９４】

前述の最悪条件のために、第１列に列記した値は、実際に測定された値よりも小さい。永久的な推力は、この場合、１．４ｍＮと測定された。この場合、コールドガス推力の成分やイオン源の効果などのブートストラップ効果は計算には含まれていないことに留意さ

れたい。しかし、これらの効果は、イオン源が、例えば１Ｗの入力パワーで操作され、その結果、イオン温度の上昇には有意な寄与をなさなかったことから、測定にはさして重要ではなかった。

【００９５】

このシミュレーションでは、１％という低イオン化率と関連して、さまざまな質量流と共にさまざまな基準イオン密度が仮定されている。一定ではない膨張の結果として、このプロセスの間に生じる質量損失は、主として測定中に観察された共振領域に関与し、４００Ｈｚ前後の動作領域で最小となる推力を示す。

【００９６】

基準イオン密度は、他のＭＰＤシステムによるデータから外挿された値であり、第２の限界値から定義された条件を満たすために必要な最小値であるイオン密度を定義する。もし、イオン源またはプラズマ源が、対応する最小イオン密度を確保するために２次システムとして十分に強力であれば、本システムを用いる必要はなく、このような２次システムだけで完全なイオン化を実現できる。競合システムとは対照的に、実際の加速機構はイオン源やプラズマ源とは独立して動作するので、後者に必要なエネルギー量も、他のパワー領域における最小値に関して最適化することができる。このことに起因する効率の向上は、それ以降の全体のシステムに対するプラス効果をもたらす。

【００９７】

基本的には、理論予測と実際の結果とはよく一致していることが明らかである。シミュレーションを最悪条件で実行し、また実際に、実測は定量的に高度であり、その上、定性的なプロファイルは一致するので、高パワー領域でも、少なくとも予測した結果は得られることが期待できる。

【００９８】

図６に、本発明による装置の試作品を実際に用いてアルフベン波を発生させた試験時のレイアウトに関するブロック図を示す。本発明によるアルフベン波を発生させる装置２０を、懸架システムを用いて真空チャンバ２１内に配置し、バルブを備えた配管を用いて、イオン化可能な材料を生成する装置８、この例では窒素ボンベと接続した。なお、配管系については、これ以上詳しく説明は行わない。この試験は、ガルヒング（Ｇａｒｃｈｉｎｇ）にあるミュンヘン工科大学（Ｍｕｎｉｃｈ Ｔｅｃｈｎｉｃａｌ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ）の宇宙飛行工学部（Ｆａｃｕｌｔｙ ｆｏｒ Ｓｐａｃｅｆｌｉｇｈｔ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ）の真空チャンバを用いて行われた。アルフベン波を発生させる装置２０までの距離ｄは、レーザ反射計２２を用いて求めた。また、適切なコンピュータ設備２３、２４で、この試験レイアウト内の構成機器を観察して制御した。

【００９９】

図９ａ～９ｃに、真空チャンバ２１内にあるアルフベン波を発生させる装置２０に用いた懸架システム、およびレーザ反射計２２によって求めた距離ｄに対する力の計算を表す回路図を概略的に示す。

次の方程式：

$\sin\alpha = \delta / l$

は、図９ｂより導くことができる。図９ｃに示した力の関係に関する略図を用いて、次の各式が得られる。

$F = -F_R$

$G = m.g = F_R + F_s$

$\sin\alpha = -F/G$

$F = -m.g.\sin\alpha$

【０１００】

最後に、合成力Ｆは次の式から求められる。

$F = -m.g.\delta / l$

【０１０１】

測定手順は、次の各ステップを特徴とした。

１．真空チャンバを始動する
２．距離ｄを測定する（ゼロ表示）
３．ガス供給のスイッチをオンにする
４．動作圧力を設定する
５．スイッチングバルブを開ける
６．真空チャンバ内の圧力を確認する
７．距離ｄを測定する
８．イオン源を始動する
９．距離ｄを測定する
１０．１次コイルを始動する（時間制限付で）
１０．１．１次コイルの時間制限を設定する（必要以上の温度になるため）
１０．２．１次コイル電圧を設定する
１１．距離ｄを測定する
１２．２次コイルを始動する
１３．距離ｄを測定する
１４．１次コイルの温度を観測する
１５．１次コイルおよび２次コイルのスイッチをオフにし、それらが冷却できるようにする
１６．距離ｄを測定する
１７．イオン源のスイッチをオフにする
１８．距離ｄを測定する
１９．ガス供給のスイッチをオフにする
２０．距離ｄを測定する

【０１０２】

これまでに行った４回の試験のうち、２００４年５月２８日に行った実験によって、この機構が正常に機能するという最終的な証拠が得られた。さらに、この評価に基づいて、２次パラメータを数値シミュレーションに導入した。これらのパラメータは、主として、既存の試験状態に関連する。例として、２次コイル２のカットオフ周波数と、低イオン化率での推力プロファイルとを挙げておく。

【０１０３】

３台の異なるプラズマ源を、アルフベン波発生装置２０の試作品に対して組み立て、そのうちの２台の試験をこれまでに行った。このように、イオン源やプラズマ源とは無関係に実際の加速機構を評価できることを示すことも可能である。

【０１０４】

図７に、イオン源として高電圧放電路を用いたアルフベン波発生装置２０を示す。また、この装置には、供給路とスイッチングバルブ２５とを介して陽極２７に供給される窒素N_2と、陽極２７と陰極２９との間に印加される高電圧とが含まれ、その結果として、貫流している窒素N_2は、放電領域での電子のサージによりイオン化される。さらに、コンピュータユニット２３に接続された制御用電子アセンブリ２６を用いて、１次コイル２および２次コイル３を駆動する。

【０１０５】

図８に、高周波イオン源を備えたアルフベン波発生装置２０の変形形態を示す。この例では、イオン化可能な材料を生成するのに必要な対応する高周波エネルギーが、陽極２７と陰極２９との間に、高周波発生器２８により供給される。誘導の法則に従って、高周波らせん状電界（ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌ ｖｏｒｔｅｘ ｆｉｅｌｄ）が誘起され、それによって放電電子が、窒素N_2をイオン化できるまで加速用陰極３０に向かって加速される。

【０１０６】

試作品は、低パワー領域用に設計されている。この目的は、原理の検証を行い、技術的により最適化を図るための基礎的なデータを取得することであった。

【０１０７】

この装置には、積極的に冷却を行うシステムはなく、常に、運転は最大１分間しか行われなかった。冷却は、累積的に実行されたので、個々の運転時間の合間での、熱の再発生に注意を払う必要があった。

【０１０８】

実際の研究では、２次コイル３を、振動数１００Ｈｚの方形波電流信号で駆動した。この方形波信号のフランクは扁平であった。真空チャンバ２１内の装置２０に用いられる懸架装置の長さは０．４４ｍであり、装置２０の質量は６ｋｇであった。また、真空チャンバ２１内の圧力は３．１×１０$^{-3}$ｍｂａｒであった。さらに、窒素N_2の動作圧力は５ｍｂａｒであった。１．０７ｍＮの力に対応する差異は、反射計２２を用いて測定することができた。

【０１０９】

推進システム用であり、かつ宇宙船の方向補正用の本発明による装置の潜在能力を例示するために、本発明による推進システムにおける、シミュレーションで求めた最も重要な特性値を次の表に示す。この例では、燃料系統を通過するさまざまな質量流Ｍ、およびさまざまな振動数f_{oscil}と共に、アルゴン、二酸化炭素、水素、ネオン、キセノンなどの各種媒質が用いられ、さらに、シミュレーションが対象にしたアルフベン速度v_{Alfven}、燃料質量の平均流出量速度V_0、推力、全体としての達成効率η、材料を加速するために排気ジェットに投入されたパワーP_{jet}、および総パワーＰも取り入れられた。

M	f_{oscil}	$v_{Alfvén}$	v_0	推力	η	P_{jet}	P
g/s	MHz	km/s	km/s	mN	%	kW	kW
アルゴン （Ａｒ）							
0.0001	10	324.97	131.13	13.11	7.70	0.86	11.16
0.0100	10	32.50	26.11	261.12	52.73	3.41	6.46
0.0040	1	16.25	15.18	60.70	62.67	0.46	0.74
二酸化炭素 （CO_2）							
0.0001	10	324.97	129.54	12.95	7.52	0.84	11.16
0.0100	10	32.50	24.56	245.61	48.34	3.02	6.24
0.0040	1	16.25	14.07	56.26	61.34	0.40	0.65
水素 （H_2）							
0.0001	10	324.97	147.66	14.77	9.70	1.09	11.23
0.0100	10	32.50	33.21	332.10	39.56	5.51	13.94
0.0007	6	95.14	82.99	58.10	63.11	2.41	3.82
ネオン （Ｎｅ）							
0.0001	10	324.97	131.45	13.14	7.74	0.86	11.16
0.0100	10	32.50	26.41	264.09	53.48	3.49	6.52
0.0040	1	16.25	15.36	61.46	62.35	0.47	0.76
キセノン （Ｘｅ）							
0.0001	10	324.97	128.67	12.87	7.42	0.83	11.16
0.0100	10	32.50	23.65	236.48	45.46	2.80	6.15
0.0040	1	16.25	13.33	53.31	58.32	0.36	0.61

【０１１０】

この結果は、用いられた質量流Ｍおよび振動数f_{oscil}に依存して異なる効率を示している。従って、用途によって最適な設定を行うことができる。例えば、一例として衛星に関する場合のように、パワーＰが特に低い場合は、姿勢補正を、できるだけ高い効率で実行する。本発明により、膨大な量の燃料を節約することが可能になり、宇宙船の最大

積載量をより効果的に活用することが可能になる。宇宙飛行で用いられるような電気動力装置は、高流出量速度を特徴とするが、低推力密度という弱点も有する。プラズマ動力装置は、確かに、高推力密度の実現を可能にするが、流出量速度は低い。例えば、既知のプラズマ動力装置の流出量速度v_0は３０～５０ｋｍ／ｓであり、電気動力装置の流出量速度は最大８０ｋｍ／ｓである。また、プラズマ動力装置の推力に対する正常値は２５０～３００ｍＮであるのに対し、電気動力装置では５０ｍＮ未満である。本発明に基づき動作する推進システムにより、燃料の質量流と動作周波数とを適切に選択することによって、電気動力装置の高流出量速度という長所と、プラズマ動力装置の高推力密度とを、１台の装置で兼ね備えることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【０１１１】

【図１】アルフベン波発生装置の概略図である。

【図２】図２ａ～図２ｂは、それぞれ、磁場を変形させる機構を示す概略図である。

【図３】図３ａ～図３ｄは、２次コイルに供給する電流の各種曲線である。

【図４】本発明にかかるプラズマ動力装置のブロック図である。

【図５】本発明にかかる流体力学推進システムのブロック図である。

【図６】本発明にかかる方法の動作を試験するための、実際の実験レイアウトのブロック図である。

【図７】アルフベン波発生装置のブロック図である。

【図８】別のアルフベン波発生装置のブロック図である。

【図９】図９ａ～図９ｃは、図６に示す試験で、アルフベン波発生装置の偏向計算を説明する回路概略図である。

【図１】

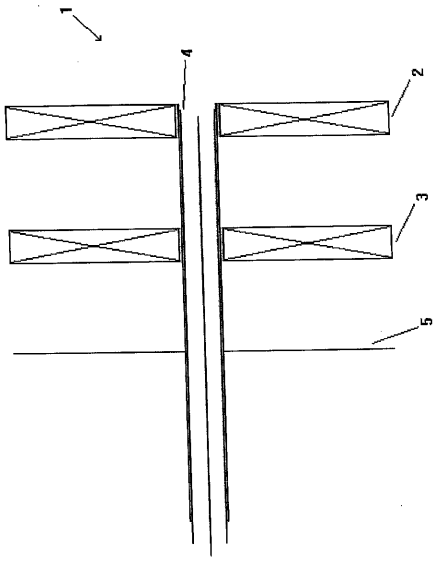


Fig. 1

【図２ａ】

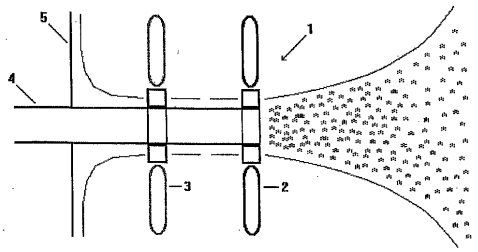


Fig. 2a

【図２ｂ】

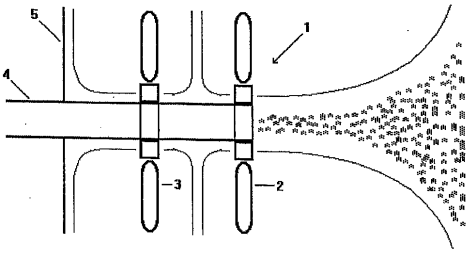


Fig. 2b

【図３ａ】

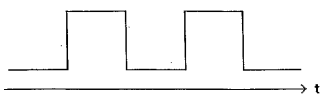


Fig. 3a

【図３ｂ】

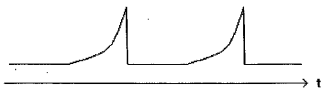


Fig.3b

【図３ｃ】

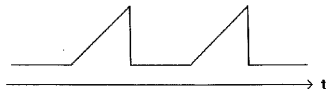


Fig. 3c

【図３ｄ】

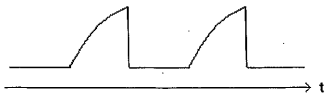


Fig. 3d

【図４】

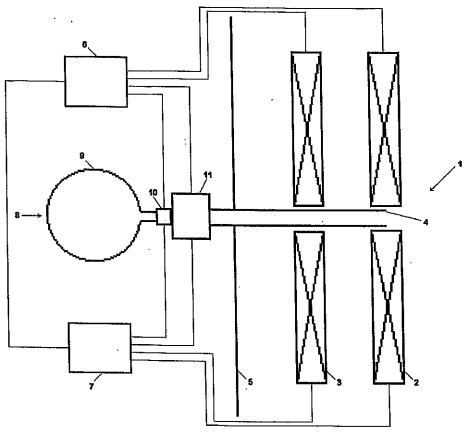


Fig. 4

【図５】

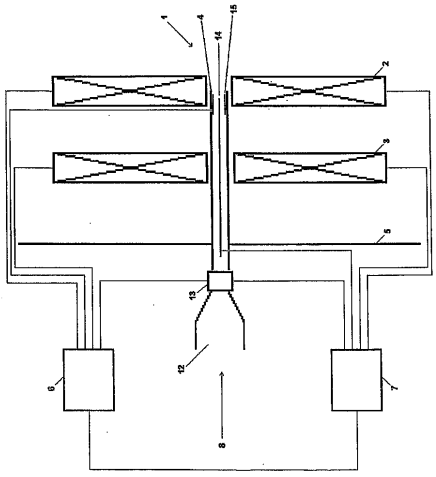


Fig. 5

【図６】

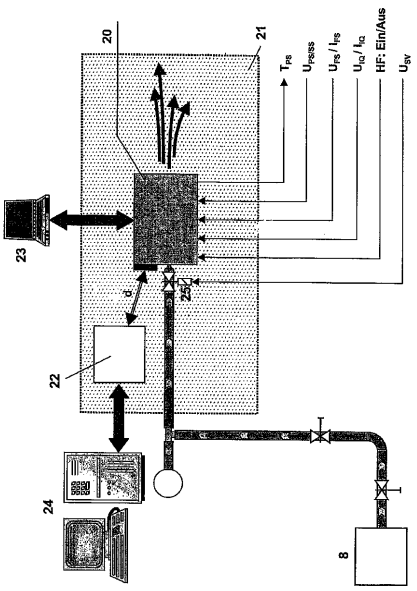


Fig. 6

【図７】

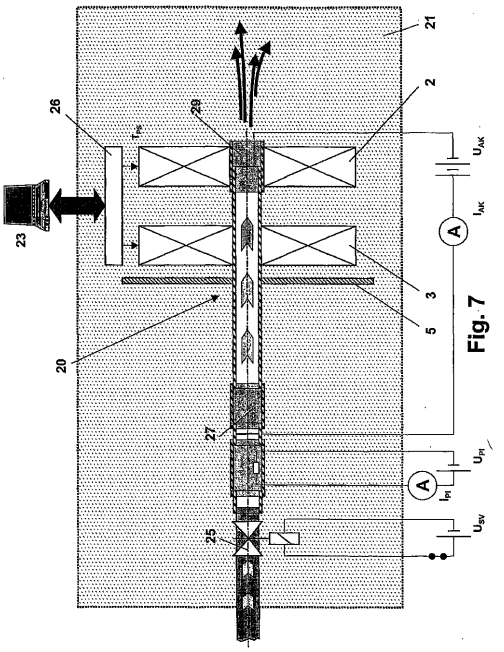


Fig. 7

【図８】

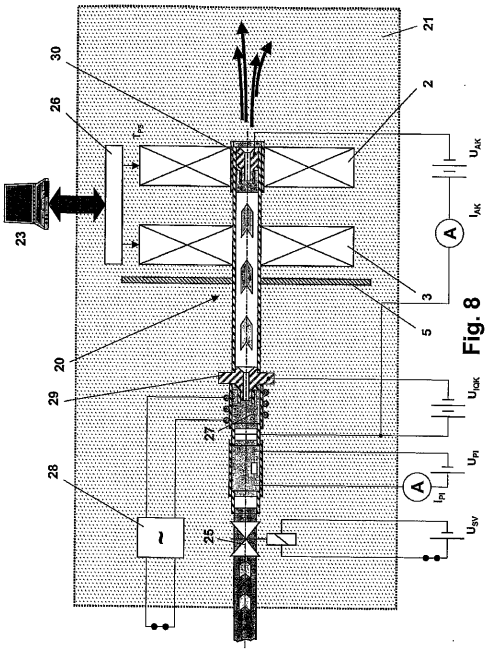


Fig. 8

【図９ａ】

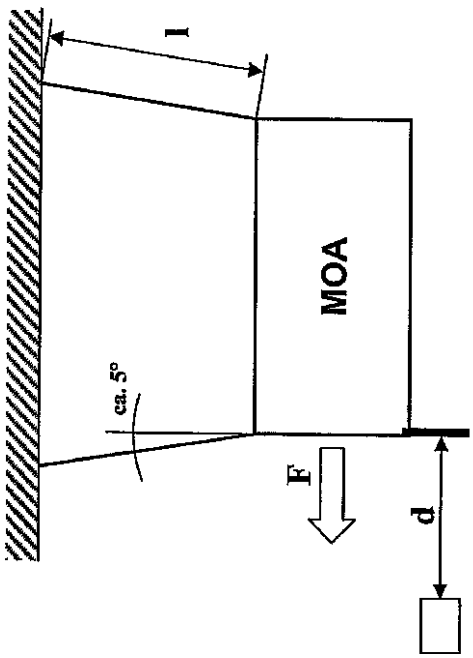


Fig. 9a

【図９ｂ】

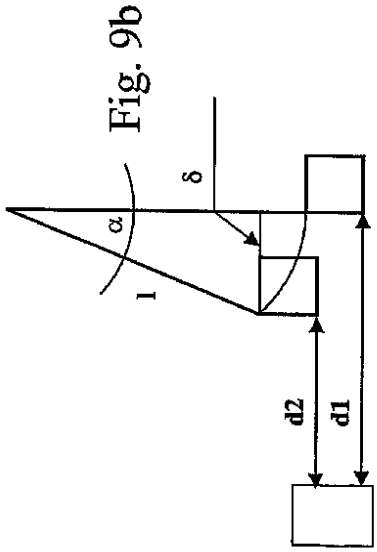


Fig. 9b

【図９ｃ】

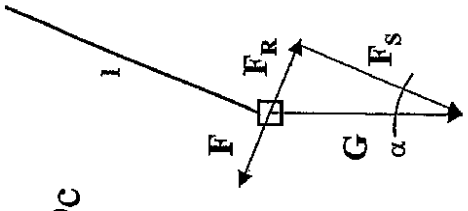


Fig. 9c

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/AT2004/000313

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G21K1/00 H05H1/54 F03H1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G21K H05H F03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HANNA J ET AL: "Alfvén wave propagation in a helicon plasma" PHYSICS OF PLASMAS AIP USA, vol. 8, no. 9, September 2001 (2001-09), pages 4251-4254, XP008039102 ISSN: 1070-664X page 4251, right-hand column, last paragraph - page 4252, right-hand column, paragraph 1	1,16,21, 28
A	SCHEURWATER R: "Plasma acceleration by finite amplitude Alfven wave beams" ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS WEST GERMANY, vol. 234, no. 1-2, August 1990 (1990-08), pages 560-566, XP008039152 ISSN: 0004-6361 page 564, paragraph 5	1

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C. [ ] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 November 2004	27/12/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Capostagno, E

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/AT2004/000313

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	"FORMATION OF ALFVEN WAVES BY SIMULTANEOUS IMPOSITION OF A HIGH MAGNETIC FIELD AND AN ALTERNATING ELECTRIC CURRENT" CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES - ZAIRYO TO PUROSESU, TOKYO, JP, vol. 13, no. 1, 2000, page 152, XP009007907 ISSN: 0914-6628 the whole document	16
A	KLETZING C A: "Electron acceleration by kinetic Alfven waves" JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH USA, vol. 99, no. A6, 1 June 1994 (1994-06-01), pages 11095-11103, XP008039158 ISSN: 0148-0227 page 11097, right-hand column, last paragraph - page 11098, left-hand column, paragraph 1 page 11100, right-hand column, paragraph 1	1
A	YAGAI T ET AL: "Excitation of an axisymmetric shear alfven wave by a Rogowski-type antenna" AIP CONFERENCE PROCEEDINGS AIP USA, no. 669, August 2003 (2003-08), pages 137-140, XP002307106 ISSN: 0094-243X the whole document	1,26

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (January 2004)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/AT2004/000313

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G21K1/00 H05H1/54 F03H1/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G21K H05H F03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	HANNA J ET AL: "Alfvén wave propagation in a helicon plasma" PHYSICS OF PLASMAS AIP USA, Bd. 8, Nr. 9, September 2001 (2001-09), Seiten 4251-4254, XP008039102 ISSN: 1070-664X Seite 4251, rechte Spalte, letzter Absatz - Seite 4252, rechte Spalte, Absatz 1	1,16,21, 28
A	SCHEURWATER R: "Plasma acceleration by finite amplitude Alfven wave beams" ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS WEST GERMANY, Bd. 234, Nr. 1-2, August 1990 (1990-08), Seiten 560-566, XP008039152 ISSN: 0004-6361 Seite 564, Absatz 5	1

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[ ] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
23. November 2004	27/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Capostagno, E

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Januar 2004)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/AT2004/000313

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	"FORMATION OF ALFVEN WAVES BY SIMULTANEOUS IMPOSITION OF A HIGH MAGNETIC FIELD AND AN ALTERNATING ELECTRIC CURRENT" CURRENT ADVANCES IN MATERIALS AND PROCESSES - ZAIRYO TO PUROSESU, TOKYO, JP, Bd. 13, Nr. 1, 2000, Seite 152, XP009007907 ISSN: 0914-6628 das ganze Dokument	16
A	KLETZING C A: "Electron acceleration by kinetic Alfven waves" JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH USA, Bd. 99, Nr. A6, 1. Juni 1994 (1994-06-01), Seiten 11095-11103, XP008039158 ISSN: 0148-0227 Seite 11097, rechte Spalte, letzter Absatz - Seite 11098, linke Spalte, Absatz 1 Seite 11100, rechte Spalte, Absatz 1	1
A	YAGAI T ET AL: "Excitation of an axisymmetric shear alfven wave by a Rogowski-type antenna" AIP CONFERENCE PROCEEDINGS AIP USA, Nr. 669, August 2003 (2003-08), Seiten 137-140, XP002307106 ISSN: 0094-243X das ganze Dokument	1,26

フロントページの続き

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

(72)発明者 フリッシュアウフ，ノーベルト
オーストリア ツヴォルフアキング エー－２３２０，ライフファインゼンシュトラーセ ３１－３３／６／２
(72)発明者 バートウッシュ，トビアス
ドイツ ノイゼース ８６３５６，ハインフォッファーシュトラーセ ２