

(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2010-519695
(P2010-519695A)

(43) 公表日 平成22年6月3日(2010.6.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 23/26 (2006.01)	HO 1 J 23/26	5C029
HO 1 J 23/027 (2006.01)	HO 1 J 23/027	
HO 1 J 23/40 (2006.01)	HO 1 J 23/40 A	
HO 1 P 9/02 (2006.01)	HO 1 P 9/02 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-550623 (P2009-550623)
 (86) (22) 出願日 平成20年2月21日 (2008.2.21)
 (85) 翻訳文提出日 平成21年10月21日 (2009.10.21)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/054555
 (87) 国際公開番号 W02008/127783
 (87) 国際公開日 平成20年10月23日 (2008.10.23)
 (31) 優先権主張番号 60/902,537
 (32) 優先日 平成19年2月21日 (2007.2.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 509236221
 マンハッタン テクノロジーズ エルティ
 ーディー.
 アメリカ合衆国、44143 オハイオ州
 、リッチモンド ハイツ、110 アルフ
 ザ パーク
 (74) 代理人 100104411
 弁理士 矢口 太郎
 (74) 代理人 100158621
 弁理士 佐々木 義行
 (74) 代理人 100133503
 弁理士 関口 一哉

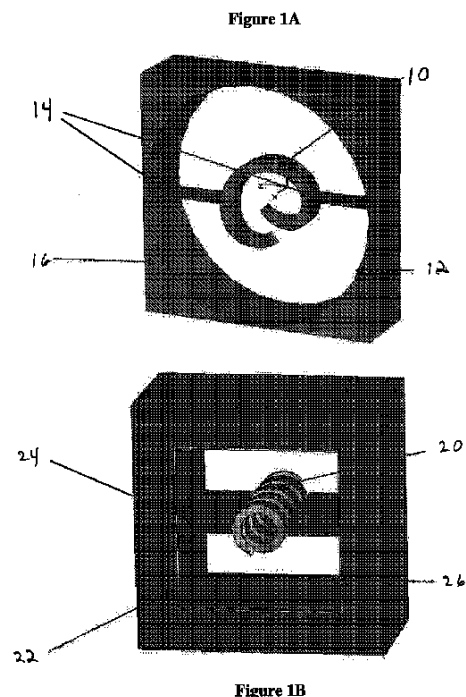
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波ヘリックス増幅器および発振器

(57) 【要約】

【解決手段】 本明細書は、微細加工技術を使用して製造された小型ヘリックス遅波回路を用いて動作するm mおよびサブmm級の波長増幅器および発振器を開示する。前記ヘリックスは、ダイヤモンド製の誘電性支持棒によって支持されている。ダイヤモンドは最良の熱伝導体であり、前記ヘリックスに接合可能である。前記電子ビームは、前記ヘリックスの中心を通過して伝送されるのではなく、その外周から伝送される。構成によっては、生成されたRF電力は前記遅波回路から直接放射できる。超60GHzに適用可能な前記製造法は、量産に適している。

【選択図】 図1A、図1B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子装置の遅波回路であって、
らせん状導電性構造であって、当該らせん状導電性構造の外周を電子ビームが流れ、当該電子ビームは当該らせん状導電性構造を囲む環状パターンに配置され、且つ一連のビームレットの形状になっているものである、前記らせん状導電性構造と、
前記らせん状導電性構造を収容する、円筒形の、一般的に空洞のパレルと、
前記らせん状導電性構造および前記空洞のパレルに接合された 1 対の誘電性支持構造とを有する遅波回路。

【請求項 2】

請求項 1 記載の遅波回路において、前記電子装置は進行波管 (t r a v e l i n g w a v e t u b e : T W T) を有するものである。

【請求項 3】

請求項 2 記載の遅波回路において、前記 T W T から出てくる消費されたビームは、複数段からなる電位低減コレクター内で捕捉されるものである。

【請求項 4】

請求項 1 記載の遅波回路において、前記電子装置は、後進波発振器 (b a c k w a r d w a v e o s c i l l a t o r : B W O) を有するものである。

【請求項 5】

請求項 4 記載の遅波回路において、前記 B W O から出てくる消費されたビームは、交差した磁界と電界間で前記電子を捕捉する 2 段からなるコレクター内に低エネルギーで捕捉されるものである。

【請求項 6】

請求項 1 記載の遅波回路において、前記空洞のパレルは、前記 1 対の誘電性支持構造の周りに対称的に配置された 4 つの等間隔のスロットを含むものである。

【請求項 7】

請求項 1 記載の遅波回路において、前記誘電性支持構造は、ダイヤモンドから成るものである。

【請求項 8】

請求項 1 記載の遅波回路において、前記空洞のパレルは、ダイヤモンドから成るものである。

【請求項 9】

請求項 1 記載の遅波回路において、前記回路は、60 GHz よりも高い周波数で動作するものである。

【請求項 10】

陰極とコレクターとを有する電子装置の遅波回路であって、
前記陰極と前記コレクターとの間のらせん状導電性構造であって、当該らせん状導電性構造の外周を電子ビームが流れ、当該電子ビームは、当該らせん状導電性構造を囲む環状パターンに配置され、且つ一連のビームレットの形状になっているものである、前記らせん状導電性構造と、
前記らせん状導電性構造を収容する、正方形の、一般的に空洞のパレルと、
前記らせん状導電性構造および前記空洞のパレルに接合された 1 対の連続した誘電性支持構造と
を有する遅波回路。

【請求項 11】

請求項 10 記載の遅波回路において、前記電子装置は進行波管 (T W T) を有するものである。

【請求項 12】

請求項 11 記載の遅波回路において、前記 T W T から出てくる消費されたビームは、複数段からなる電位低減コレクター内で捕捉されるものである。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

請求項 10 記載の遅波回路において、前記電子装置は、後進波発振器 (BWO) を有するものである。

【請求項 14】

請求項 13 記載の遅波回路において、前記 BWO から出てくる消費されたビームは、交差した磁界と電界間で前記電子を捕捉する 2 段からなるコレクター内に低エネルギーで捕捉されるものである。

【請求項 15】

請求項 10 記載の遅波回路において、前記連続した誘電性支持構造は、ダイヤモンドから成るものである。

【請求項 16】

請求項 10 記載の遅波回路において、前記空洞のパレルは、ダイヤモンドから成るものである。

【請求項 17】

請求項 10 記載の遅波回路において、前記回路は、60 GHz よりも高い周波数で動作するものである。

【請求項 18】

ヘリックス進行波管の遅波回路であって、前記進行波管からの出力電力が当該遅波回路の延長であるヘリカルアンテナから自由空間内に直接放出されるものである、遅波回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2007年2月21日付で出願された、米国仮出願第60/902,537号に対して優先権を主張する。

【0002】

本プロジェクトには、米国政府契約第FA9550-07-C-0076号、FA9550-06-C-0081号、W911NF-06-C-0086号、およびW911NF-06-C-0026号により経済援助が提供されており、米国政府が本発明に対する一定の権利を有する場合もある。

【背景技術】

【0003】

本発明は、ミリメートルおよびサブミリメートル波長の生成、増幅および処理技術に関する。本発明は、特に、ミリメートルおよびサブミリメートル波長の増幅器および発振器用の進行波管などの電子装置に関し、特にそれらに関して記述される。但し、本発明はまた、ミリメートルおよびサブミリメートル波長において動作するその他の装置および遅波回路を用いたその他の装置へ適用することもできる。

【0004】

進行波管 (traveling wave tube: TWT) とは、一般的に空洞の、真空気密のパレルによって区画される遅波回路を一般的に含む電子装置であり、選択的に当該パレル内にミリメートルおよびサブミリメートル波長回路がさらに配置されている。前記遅波回路の周りに電子源および好適なステアリング磁石、または電界が配置され、電子ビームが一般的に空洞のビームトンネル内を通過する。電子は前記遅波回路と相互作用し、前記電子ビームのエネルギーは前記遅波回路によって導かれるマイクロ波に移動する。このような進行波管は、ミリメートルおよびサブミリメートル波長の生成および増幅を提供する。

【0005】

一世代前には、ヘリックス後進波発振器 (backward wave oscillator: BWO) がマイクロ波掃引周波数発振器の最適な信号源であった。しかし、今日、この用途は固体装置によって取って代わられている。ヘリックス遅波回路は、45 GHz で200ワット程度の連続波 (CW) を生成する高出力ミリメートル波進行波管 (t

10

20

30

40

50

raveling wave tube : TWT) 増幅器として現在も使用されているが、従来の製造法、熱管理、および電子ビームの伝送に関連した基本的な問題は、より高い周波数用途にとっての障害となっている。ヘリックスを製造する従来の方法では、何十年もの間、丸い導線または長方形のテープを円筒形のマンドレルの周りに巻きつける必要があった。所望の動作周波数が高まるにつれて前記マンドレルの直径を減少させる必要があり、前記導線の厚みが前記マンドレルの半径のかなりの割合となると前記ヘリックスの内半径と外半径間の応力が大きくなっていった。電子ビームの遮蔽、またはRF電流の抵抗損により前記ヘリックス上に発生する熱は、誘電性の支持棒を伝導して発散させる必要があるが、この支持棒は熱伝導性に劣り、また頻りに前記ヘリックスと幾分不確実に熱的に接触する。前記ヘリックスの内径は周波数が高くなるにつれて減少し、それにより従来の電子ビーム伝送のための空間が減少するため、達成可能な出力電力は減少する。

10

【0006】

本発明は、上記で考察した難点およびその他の難点を解決する新しく改良された真空電子装置を意図する。

【発明の概要】**【課題を解決するための手段】****【0007】**

本発明の1観点において、電子装置の遅波回路を提供する。前記遅波回路は、らせん状導電性構造であって、当該らせん状導電性構造の外周を電子ビームが流れ、当該電子ビームは当該らせん状導電性構造を囲む環状パターンに配置され、且つ一連のビームレットの形状になっているものである、前記らせん状導電性構造と、前記らせん状導電性構造を収容する、円筒形の、一般的に空洞であるダイヤモンド製パレルと、前記らせん状導電性構造および前記空洞のパレルに接合された1対のダイヤモンド製の誘電性支持構造とを有する。

20

【0008】

本発明の別の観点において、陰極とコレクターとを有する電子装置の遅波回路を提供する。前記遅波回路は、前記陰極と前記コレクターとの間のらせん状導電性構造であって、当該らせん状導電性構造の外周りを電子ビームが流れ、当該電子ビームは、当該らせん状導電性構造を囲む環状パターンに配置され、且つ一連のビームレットの形状になっているものである、前記らせん状導電性構造と、前記らせん状導電性構造を収容する、正方形の、一般的に空洞であるダイヤモンド製パレルと、前記らせん状導電性構造および前記空洞のパレルに接合された1対の連続したダイヤモンド製の誘電性支持構造とを有する。

30

【0009】

本発明のさらに別の観点において、ヘリックス進行波管の遅波回路を提供する。前記進行波管からの出力電力は、前記遅波回路の延長であるヘリカルアンテナから自由空間内へ直接放出される。

【0010】

本発明の適用性のさらなる範囲は、以下に提供する詳細な説明から明白となるであろう。しかしながら、当業者であれば、本発明の趣旨および範囲内において種々の変更および修正は自明であるので、詳細な説明および特定の実施例は本発明の好適な実施形態を示しているが、これらは例示としてのみ提供されていることを理解すべきである。

40

【図面の簡単な説明】**【0011】**

本発明は、本装置の種々の部品の構成、配置、および組み合わせ、およびその方法の工程において存在し、その検討される目的は、以下により完全に規定され、その請求項に具体的に指摘され、添付の図面に図示される通りに達成される。

【図1A】図1Aおよび1Bは、本発明の観点による、ダイヤモンドによって支持された小型のヘリックス遅波回路を図示する。

【図1B】図1Aおよび1Bは、本発明の観点による、ダイヤモンドによって支持された小型のヘリックス遅波回路を図示する。

50

- 【図 2】図 2 は、ヘリックスの動作の分散図である。
- 【図 3】図 3 は、陰極における（左）、および強磁界内における伝搬後（右）の、不完全なホロー電子ビームの変形を示すグラフである。
- 【図 4】図 4 は、強磁界内のビームレットの環状アレイの安定した伝搬を図示する。
- 【図 5 A】図 5 A および 5 B は、例示的な磁気回路設計の立面図（5 A）および断面図（5 B）を示す。
- 【図 5 B】図 5 A および 5 B は、例示的な磁気回路設計の立面図（5 A）および断面図（5 B）を示す。
- 【図 6】図 6 は、図 5 に示す回路によって生成された軸磁界を図示する。
- 【図 7】図 7 は、650 GHz の BWO としての動作の分散図の一部を表す。 10
- 【図 8】図 8 は、不要なモードの抑制のための切込みを入れたパレルを有する BWO を図示する。
- 【図 9】図 9 は、導波管結合器内のプローブの断面図である。
- 【図 10】図 10 は、導波管構成内のプローブの反射減衰量を示すグラフである。
- 【図 11】図 11 は、コレクター近傍の裾引き磁界を示すグラフである。
- 【図 12】図 12 は、コレクターの外形の断面（左）および側面（右）を図示する。
- 【図 13】図 13 は、BWO コレクター内の電子軌道の側面図である。
- 【図 14】図 14 は、BWO の半体のレイアウトおよび組み立てられた BWO 構造の端面図である。
- 【図 14 A】図 14 は、BWO の半体のレイアウトおよび組み立てられた BWO 構造の端面図である。 20
- 【図 15】図 15 は、両端を取り外した電子銃のコンピューターシミュレーションである。
- 【図 16】図 16 は、透明な箱としてのダイヤモンド製ハウジングを有する組み立てられた TWT の図である。
- 【図 17】図 17 は、TWT ダイヤモンド製支持シート上に蒸着した共振損失構造を示す図である。
- 【図 18】図 18 は、ヘリカルアンテナの出力の断面である。
- 【図 19 A】図 19 A ~ C は、ダイヤモンドで支持されたヘリックスの 1 製造方法を図示する。 30
- 【図 19 B】図 19 A ~ C は、ダイヤモンドで支持されたヘリックスの 1 製造方法を図示する。
- 【図 19 C】図 19 A ~ C は、ダイヤモンドで支持されたヘリックスの 1 製造方法を図示する。
- 【図 20】図 20 は、製造法によって生じる可能性のある、理想的なヘリックス外形の現実的な変形を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0012】
- 本明細書は小型ヘリックス低速波構造を開示するものであり、この小型ヘリックス低速波構造におけるヘリックスは、シリコンウェハの反応性イオンエッチングによるリソグラフィでパターン化された円形溝部内に金属を選択的にメッキすることによって製造されるものである。前記ヘリックスは、ダイヤモンドの誘電性支持棒によって支持されている。ダイヤモンドは最良の熱伝導体であり、前記ヘリックスに接合することができる。前記電子ビームは、前記ヘリックスの中心を通して伝送されるのではなく、その外周から伝送される。例えば C バンドでは現実的ではないが、mm およびサブ mm 波長範囲における動作のためにこのような構造を製造することは実施可能である。TWT および BWO に共に適用される概念として、この概念を説明する。
- 【0013】
- ここで図面を参照するが、当該図面における提示の目的は、例示的な実施形態の図示とのみにあり、請求事項を限定するものではない。図 1 A および 1 B は、小型ヘリックス 40
- 50

遅波回路の図を提供する。図1Aに示すように、ヘリックス10の1ターンは、半ターン毎に取り付けられたダイヤモンド製スタッド14によって円形のダイヤモンド製バレル12内に支持できる。前記ダイヤモンド製スタッド14は、一般に、化学気相蒸着(chemical vapor deposition: CVD)によって形成される。

【0014】

CVDによるダイヤモンド合成は、十分に実証された技術である。独立した物体を合成できるだけでなく、種々の物体上にダイヤモンド被覆を合成できることは既知である。一般に、前記独立した物体は平面の基板、またはその中に形成された比較的単純なキャビティを有する基板上にダイヤモンドを蒸着することによって製造されてきた。例えば、米国特許第6,132,278号明細書には、ダイヤモンドを成長させて前記シリコン基板内に形成されたキャビティを埋めることによってプラズマ促進CVDによる固体の、一般的にはピラミッド形の、または円錐形のダイヤモンド製マイクロチップエミッターを形成する工程が開示されており、米国特許第7,037,370号明細書には、独立した、内部で支持された、複数の交わる小面(平面または非平面)を含む外面を有する3次元の物体であって、この物体は、前記交わる小面の少なくとも部分集合がダイヤモンド層を有するものである、前記物体を作る別の方法が開示されており、各々の開示は、この参照により、本明細書内に組み込まれている。

【0015】

前記バレル12の内面16は、金属被覆されている。図1Bは、CVDダイヤモンド製連続シート24によって正方形のダイヤモンド製バレル22内に支持されたヘリックス20の複数のターンを示す。前述の場合と同じく、前記バレルは、前記バレル22の内面26が選択的に金属被覆されたCVDダイヤモンドから製造できる。従来とは異なる前記正方形のバレル22は、微細加工処理を容易にするため、および不要なモードの抑制効果のために導入されている。これらの構造の寸法は、動作の周波数、および前記装置が増幅器であるか発振器であるかなどの幾つかの要因によって異なり、本発明の発明者らによって以前に紹介された周知の計算手法を使用して決定される。C.L.KoryおよびJ.A.Dayton, Jr.による、IEEE Trans. ED, Vol. 45, No. 4, 966~971ページ(1998年4月刊)の「Accurate Cold-Test Model of Helical TWT Slow-Wave Circuits」、C.L.KoryおよびJ.A.Dayton, Jr.による、IEEE Trans. ED, Vol. 45, No. 4, 972~976ページ(1998年4月刊)の「Effect of Helical Slow-Wave Circuit Variations on TWT Cold-Test Characteristics」、C.L.KoryおよびJ.A.Dayton, Jr.による、IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 45, No. 9, 2063ページ、1998年9月刊の「Computational Investigation of Experimental Interaction Impedance Obtained by Perturbation for Helical Traveling-Wave Tube Structures」、および、R.T.Benton、C.K.Chong、W.L.Menninger、C.B.Thorington、X.Zhai、D.S.Komm、およびJ.A.Dayton, Jr.による、IEEE Trans. ED, Vol. 48, No. 1, 176~178ページ(2001年1月刊)の「First Pass TWT Design Success」を参照されたい。

【0016】

前記従来の動作モードにおいて、前記ヘリックスの中心を通る軸に沿って電子ビームが方向づけられる。有意な電流を通すにはヘリックスの内径が小さくなり過ぎるので、これが今まで前記ヘリックス装置の非常に高い周波数での動作を阻害してきた要因の1つである。ここでの革新の1つは、前記電流を、前記ヘリックスの外側の比較的大きな空間を通して流すことを可能とすることである。ここでは、前記電磁界は大きく異なる。図2に示

10

20

30

40

50

すような95GHzのTWTの場合の前記ヘリックスの分散相関は、3つのモードの存在を示す。本明細書内で説明する全てのヘリックス構造は、図2と同様のモード図を有する。図1に示した構成は、製造される前記実際の回路の理想化である。実際に製造される前記構造が幾つかの詳細において僅かに異なるかもしれないが、これらは前記小型ヘリックス装置の性能を正確にシミュレートするのに有用である。図2を作成するために使用する前記計算手法は容易に適用可能であり、製造される前記構造の厳密な詳細をシミュレーションする。

【0017】

図2の原点30から引かれた直線の傾きは、その電子の速度に比例する。前記モード線の傾きは、それら電波の群速度に比例する。前記電子速度線とモード線との交点は、前記電波および電子の速度がほぼ同期する潜在的な動作点を示す。図2には、2つの電子速度線が引かれている。その上側の線32は95GHzにおいてモード1と、270GHzにおいてモード2と、480GHzにおいてモード3と交差する。モード1の動作点における傾きは正であり、正の群速度を示し、従って進行波増幅(TWT)を示す。しかし、モード2およびモード3の動作点においては、前記傾きは負であり、有害な後進波発振を招きかねない潜在的に不要な交点を示す。モード1との交点が第1の動作点であり、従って基本モードである。しばしば、前記基本モード以外のモードにおける動作を抑制する必要がある。

10

【0018】

より低速の電子速度線34は、より低い電圧における動作では、前記基本動作点が、前記装置が発振する(TWTではなくBWOとして動作する)であろう170GHzにおけるモード2との交点にあることを示す。また、この位相速度線は、250GHzにおいてモード1と、270GHzにおいてモード3とも交差する。これら両方の動作点は、それらを抑制しなければ前記基本モードと干渉しかねない潜在的な発振源である。

20

【0019】

その寸法および動作電圧の選択次第で、これらヘリックス装置は、増幅器(TWT)として、または発振器(BWO)として構成できる。不要な動作モードを抑制するための幾つかの方法を説明する。前記BWO回路から前記パレルに不可欠な部品である導波管内に出力電力が結合されている。前記出力導波管の端部にあるホーンアンテナは、擬似光学的動作のために前記BWOから直接放射することができ、または閉鎖系による動作のために、前記導波管を縁部において終端してもよい。前記TWTへの入力電力は、擬似光学的結合を使用して、または前記パレルの不可欠な部品である導波管によって達成できる。前記TWTからの出力電力は、前記ヘリックス遅波回路の不可欠な部品として製造されたヘリカルアンテナから直接放射してもよく、または、前記パレルの不可欠な部品である導波管内に結合してもよい。前記TWTおよび前記BWOの両方の電子ビームは、それら相互間の静電反発力およびそれらの軸方向の収束磁界との相互作用に起因する力の均衡によって保持されるビームレットの環状アレイによって構成できる。前記BWOおよびTWTの両方の効率、前記収束磁界の裾引きを利用して、消費された電子ビームを新奇の電位低減コレクター内で捕捉することによって著しく向上させることができる。

30

【0020】

環状マルチビームアレイ

前記ヘリックスを取り囲む電子ビームは、一般的には環状アレイに配置された幾つかのビームレットで構成される。ビームレットの数およびその各々の電流は、前記ヘリックスの外径および前記装置の要求電流に依存する。前記ビームレットは、リソグラフパターン化した電界放出アレイ、または格子付き熱陰極、または小型の熱陰極のアレイから発することができる。前記電子ビームは、軸方向の収束磁界内にある。連続したホロービームは、前記ダイヤモンド製支持構造によって遮蔽される。しかし、不連続のホロービームは図3(右)に見られるように不安定となる。ビームレットの環状アレイは、安定的な電子流を生成するための1つの解である。等間隔のビームレット間の静電力は、相互に、およびそれらが囲むヘリックスに対して反発しようとする。これらは、前記軸磁界によって保持

40

50

される。従来のヘリックス装置において、前記ビームの静電気力は、前記電子を前記ヘリックスの方へ押すことで、好ましくない遮蔽電流を生じさせる。

【0021】

図4に示すこのマルチビーム伝播の例は、前記陰極から徐々に離れていく、強磁界内のビームレットの環状アレイの安定的な伝播を示す。数mm進行後、前記アレイ全体が前記軸の周りを数度回転するが、この影響は前記電子ビームをオフセット角から発射することによって補正できる。個別のビームレットもまた、それぞれ自己の軸周りに回転する。やはり、この例は650GHzのBWOに関するものである。各ビームレットは0.75mAを含み、総ビーム電流は4.5mAである。その他の周波数におけるその他の適用については、ビームレットの数およびビームレット毎の電流が必要に応じて設計される。

10

【0022】

図4に示す計算は、0.85テスラの軸磁界内にある電界放出陰極から発射されたビームレットのアレイに基づく。図5Aおよび5Bに図示された磁気回路40は、図6にプロットされた必要な磁界の生成の実現性を実際に示す。図6の縦軸の目盛りはテスラであり、横軸の目盛りはmmである。前記磁気回路40は、一般に、中心磁石42と、1対の端部磁石44と、1対の磁極46とを含む。この例において、永久磁石42、44はNdFeB55であり、前記磁極46はパーメンジュールである。さらに、前記磁石42、44は、外径70mm、内径6mmである。前記中心磁石42の長さは30mm、前記側部磁石44の長さは12mmである。前記磁極46は、外径60mm、長さ4mmである。

20

【0023】

サブmmBWO

図2に、基本発振モードおよび2つの競合する高次モードを有するBWOとして、前記小型ヘリックス遅波回路の動作を図示する。650GHzにおけるBWO動作に図2を修正した分散図の一部を図7に示す。図7において、便宜上、前記基本発振モードをモード1とした。このような分散図は、厳密な回路寸法を使用してコンピューターシミュレーションから制作される。この場合、図7でシミュレーションされた構成は、円形バレルおよびダイヤモンド製スタッド支持材を有するBWOに関する。前記電子速度線は、12kV電子ビームについて引かれている。2つの好ましくない高次モードを、前記基本モードに比較的ほとんど影響を与えずに抑制する3つの方法が知られている。前記バレルの内壁部を高抵抗材料で被覆することができる。前記バレルは、図1Bに示すように正方形にしてもよい。

30

【0024】

図8は、切込みを入れたダイヤモンド製バレル52内に半ターン毎に取り付けられたダイヤモンド製スタッド54によって支持されたヘリックス50の単一ターンを示す。前述の場合と同様に、前記バレルは、前記バレル52の内面56を選択的に金属被覆したCVDダイヤモンドから製造できる。高次モードを分裂させるために、スロット58が組み込まれている。図1Aおよび図8に示すように、前記ヘリックスは、ダイヤモンド製スタッドによって支持されており、これが最も効率的な構造である。しかし、場合によっては、前記ダイヤモンド製スタッドを図1Bに示すような連続したダイヤモンド製シートで置き換えることにより、許容可能な効率低下と引き換えに、より強固な構造を提供することができる。前記コンピューターシミュレーションを最適化することにより、最終設計を得ることができる。

40

【0025】

例として、正方形のバレルを利用し、6kVで動作する、連続したダイヤモンド製シートによって支持された一般的なBWO回路の寸法を下記の表1に示す。この設計から予測される出力電力は、その電子ビーム内の電流および電流密度、および前記ビームの前記回路との近接度に依存する。これらの要因の選択は、技術的なトレードオフを必要とする。電流および電流密度の増加はその電子源およびその磁気収束装置により大きなストレスを与える一方、前記電子ビームを前記ヘリックスに近づけることは電子ビームの遮蔽の可能性を高める。表1に述べた、図4に示した4.5mAの電子ビームによって650GHz

50

で動作するBWOについて、コンピューター予測は70mWの出力電力を示す。前記電流を10mAまで増加させることができる場合、前記出力電力は270mWとなるであろう。より高い電圧で動作することによって、電力をさらに増加させることができる。

【0026】

表1：正方形のパレルを有するヘリックスBWOの回路寸法（ミクロン）

ヘリックスのピッチ、 p 44.76

支持棒の厚み、 t_h 10

ヘリックスの外径、 $d_{i a m o}$ 62.5

ヘリックスの内径、 $d_{i a m i}$ 42.5

ヘリックスのテープ幅、 $t a p e w$ 26

パレル幅、 $b a r r e l d$ 200

ヘリックスの厚み、 $r t h$ 10

10

【0027】

ヘリックス/導波管結合器

ヘリックス/導波管結合器は、前記BWOによって生成された電力のための出力路を提供するために不可欠である。この結合器の1形態を図9に示す。同様のスキームを前記TWTへの入力に使用することができ、前記TWTの代替の出力結合器として使用できる。前記ヘリックス60の端部が延伸して、前記チューブ本体に作られた矩形の導波管64の広い壁部を通過することのできるプローブ62が作られている。また、図には、連続したダイヤモンド製支持材66と整合用短絡68が示されている。このような650GHzのBWO用に設計された結合器の反射減衰量を図10に示す。

20

【0028】

BWOコレクター設計

前記ヘリックス遅波回路は、前記電子ビーム内の微量の電力のみを抽出する。前記遅波回路を通過後、前記電子ビームは前記電位低減コレクター内で減速し、比較的低いエネルギーで捕捉される。図11は、図6で最初に見られた磁界の裾引きを示す。図12に示したコレクター68、69によって形成された横方向の静電界と結合したこの磁界が、前記消費された電子ビーム内の電子をそれらのエネルギーの約5%にまで減速させ、前記遅波回路から熱的に絶縁された支持構造上で捕捉する。我々の要求を満たすコレクターの1外形は、その上部半体がその陰極電圧に設定され、その下部半体が、一般的には前記陰極電圧よりも300V高くバイアスされたコレクター電圧に設定された分割円筒である。前記650GHzのBWOでの動作について、シミュレーションによる前記コレクター内の電子軌道を図13に示す。

30

【0029】

BWO本体の配置

前記遅波回路および前記電子銃をハウジングする前記BWO本体は、深掘り反応性イオンエッチングによってパターン化されたシリコンモールド上の畝部のアレイ上にダイヤモンドを蒸着することによって形成できる。前記シリコンを除去したとき、後に残ったダイヤモンドが箱半体のアレイの形態となる。例示的なBWOハウジング70の詳細な見取図を図14に示す。図の左側は、絶縁ダイヤモンドの長さ76によって分離された前記陰極台72と第1の陽極74との位置を示す。前記ハッチングされた部分は第2の陽極78の位置を示す。前記電子銃内の陽極のスロットの詳細をその左に示し、前記遅波回路の出力結合器80とパレル82とをその右に示す。また、ホーンアンテナ84と出力導波管86とを示す。前記パレル82は、100ミクロンの深さを有し、残りの要素は一般に前記650GHzのBWOに要求されるように190ミクロンの深さを有する。また、前記ダイヤモンド製ハウジング88と、前記パレルの開口部90と、前記ヘリックス92と、前記ホーンアンテナの開口部94とを備える断面図をも示す。前記パレル82、導波管86、ホーンアンテナ84、陽極のスロット74、78、および前記陰極台72の部分は、全て選択的に金属被覆されている。

40

【0030】

50

前記電子銃のより詳細な説明を、図15に側面を取り外して示す。参照番号96および97は、それぞれ、前記遅波回路の銃およびパレル内で前記BWOをハウジングし、電気的絶縁を提供する前記ダイヤモンド製の箱98の上部および底部を参照する。図14に示すような遅波回路は、長さ6mmである。前記配置は、より長い遅波回路のために必要に応じて長さを延伸することができる。前記ハウジングの不可欠な部品として形成された前記出力導波管は、その端部において広がっておりホーンアンテナを形成している。前記陽極およびヘリックス遅波回路のアレイが本体のアレイの下部半体の中に挿入された後、前記上部半体を加えられ、前記構造全体が接合される。レーザーダイシングによって個々のBWOが前記接合されたアレイから取り除かれる。図14には、組み立てられた前記BWOの出力端の図もまた示す。前記遅波回路は、前記磁界の軸上に配置されている。前記RF出力は軸から外れており、前記コレクターを通して前記真空外囲器の端部の窓に向けられている。650GHzのBWOの場合、前記パレル82の深さは100ミクロンである一方、前記配置の残りの部分の深さは190ミクロンである。当然、前記2つの半体が組み立てられたとき、これらの寸法は倍となるので、前記遅波回路のパレル82の深さは200ミクロンであり、前記導波管および電子銃の寸法は380ミクロンである。

10

【0031】

小型ヘリックスTWT

前記BWOについて述べたことの多くは前記TWTにも適用される。しかし、幾つかの違いもある。前記TWTは増幅器なので入力結合器を必要とし、その出力が中央部ではなくそのチューブの端部にあるので、導波管を経ずに前記遅波回路から直接出力電力を放射することが可能である。前記非常に高い周波数故に、アンテナ並びに前記導波管を通して擬似光学的に前記TWTの入力に結合することが可能であるかもしれない。図16は、前記TWT100を囲む透明な箱としてのダイヤモンド製ハウジングを示す前記TWT100の図である。前記TWT100は、導波管102と、プローブ104と、電界放出陰極106と、第1の陽極108と、第2の陽極110と、ヘリックス112とを含む。前記BWOの見取図は、入力導波管がないことを除けば、非常に類似して見えるであろう。

20

【0032】

図2について述べたように、前記TWTの所望の増幅モードに加えて、好ましくない2つの後進波モードがある。前記BWOにおいて好ましくない高次モードを抑制するために使用された方法は、前記TWTには適用できない。前記高次モードが問題である場合、図17に示すような前記ダイヤモンド製支持構造122上の共振損失パターン120を挿入することによって除去しなければならない。1978年、International Electron Devices Meeting刊、C.E.Hobrechtによる「Resonant Loss for Helix Traveling Wave Tubes」を参照されたい。

30

【0033】

前記TWTからの出力は、前記ヘリックス遅波回路の不可欠な部品として製造されたヘリカルアンテナを通して前記遅波回路から直接放射される。これによって、高出力mm波管の主な故障点の1つである、前記遅波回路から前記出力導波管への接続点が省かれるであろう。図18に示したような前記コンピューターシミュレーションでは、前記構造の半体が切り取られており、前記ヘリカルアンテナ130の詳細を示している。また、前記連続したダイヤモンド製支持シート132と前記ヘリックス遅波回路134とが示されている。このアンテナは線形的に分極した電波を生成する。角錐ホーンへの入力としてこれを使用することによって、前記アンテナの指向性を向上させることができる。前記アンテナは、前記真空外囲器の窓の方向に向けられている。

40

【0034】

ヘリックス遅波回路の製造

本明細書内で述べた全てのTWTおよびBWOは前記小型ヘリックス遅波回路に基づいており、前記ヘリックスは、リソグラフィ、反応性イオンエッチング、深掘り反応性イオンエッチング、および選択的金属被覆などの微細加工技術を使用して製造される。釣り

50

合いとしては、650GHzのBWOについて、前記ヘリックスの外径は62.5ミクロンに過ぎない。前記ヘリックスは、CVDダイヤモンド製のシートまたはCVDダイヤモンド製スタッドによって支持されている。

【0035】

前記ヘリックス遅波回路の1製造法を図19A~Cに図示する。図19Aでは、ダイヤモンドで被覆されたシリコンウェハ144内にエッチングされた円筒状の溝部142の中に、金属製のヘリックス半体140が蒸着されている。前記溝部142の両側には、ダイヤモンド製シート146もまた示されている。図19Bでは、背面からシリコンで支持された2つのヘリックス半体140が位置合わせされ、接合されてヘリックス148を形成している。図19Cでは、前記ダイヤモンドで支持されたヘリックス148の製造を完了するために、前記シリコン144が除去されている。

10

【0036】

ダイヤモンド製薄膜でシリコンウェハを被覆し、次にリソグラフィーによってエッチングして、前記電子銃およびヘリックスのための開口部のアレイを製造する。前記ダイヤモンドで被覆されたシリコンウェハ内に円形の溝部をエッチングして前記ヘリックス外径の所望の形状を形成する。前記円形の溝部が、リソグラフパターン化され、選択的に金属被覆されて、ヘリックス半体のアレイが製造される。これらを接合し、前記シリコンが除去されると、ダイヤモンドで支持されたヘリックスのアレイが残る。

【0037】

前記ヘリックスのパレルもまた、微細加工技術を使用して製造できる。シリコンウェハ内に敵部のアレイをエッチングすることによってモールドが生成される。次に、前記ウェハ上にダイヤモンドを成長させ、シリコンを除去する。その結果、ダイヤモンド製箱半体が前記チューブ本体として供される。前記チューブ本体には、前記ヘリックス遅波回路のパレルと、前記電子銃の誘電性絶縁体と、入力導波管および出力導波管とが必要に応じて組み込まれる。これらの部品は同一の作業で製造され、ダイヤモンドの1つの固体片となるので、これらの位置合わせが保証される。より低周波のmm波装置用の前記本体を製造するためには、より従来の機械製造技術で十分かもしれない。前記底部の箱半体上に前記ヘリックスのアレイが配置され、前記上部の箱が加えられて、前記アSEMBリー全体が互いに接合される。

20

【0038】

図19に示す図は、前記ヘリックス構造の理想化である。図20の見取図は、その結果として得られる構造を幾分より現実的に示し、前記製造技術によって前記ヘリックスの外形に齎されるであろう現実的な変形を示す。ダイヤモンド製支持棒150が前記金属製ヘリックス152の接合パッドの上に重なる。前記接合材料は、一般に半田ボール154を有する。前記シリコン内にエッチングされた前記溝部の形状によっては、その結果として得られるヘリックス156の実際の外面が、完全な円形となる可能性は低い。前記ヘリックス156の前記電子ビームとの位置合わせは、前記パレルの壁部160と位置合わせして前記遅波回路を前記パレルの中心に導く、前記ダイヤモンド製支持シート150内のデテント158によって制御されるであろう。また、前記パレルの内部162が金属被覆されていることにも注目されたい。

30

40

【0039】

前記ヘリックスと前記ダイヤモンド間、および前記2つの回路半体間の接合を達成するためには、前記構造の各側面に金属製のタブが必要であり、前記接合材料自体が前記構造をさらに変形させる。これら前記理想の場合からの逸脱の程度は、前記製造技術に依存し、また作業の頻度にも依存する。しかし、これら一切は、上記に提示された分析を無効にするものではない。前記ヘリックスの実際の寸法および形状は、ここに採用されたコンピュータシミュレーション技術によって対応することができ、所望の性能を得るために調節できる。

【0040】

従来の真空電子工学において、装置は熟練工によって数百の構成部品から1つずつ製造

50

される。これらの装置は、量産に適したウェハースケール上で製造されるであろう。ヘリックスのレイを作るためには2つのウェハーが必要であり、さらに2つのウェハーによって本体のレイが作られるであろう。前記4つのウェハーが互いに接合され、前記シリコンが取り除かれ、その最終工程において、個々の装置がレーザーダイシングによって分離される。やはり前記650GHzのBWOを例として使用し、4つの直径100mmのシリコンウェハーから約50個の装置を製造でき、前記装置の1個当たりのコストを大幅に低減できる。

【0041】

前記一般的なヘリックス遅波回路は、動作が60GHz未満の周波数に限られ、一般的にはそれよりもかなり低い周波数に限られる。本明細書内に説明したヘリックス回路は、

10

【0042】

前記ヘリックスは、マンドレルの周りに金属の導線またはテープを巻きつけることによる従来の方法では製造されない。これらヘリックスは、反応性イオンエッチング、リソグラフィ、選択的金属被覆、およびダイボンディングを含むかもしれない微細製造技術を使用して製造される。

【0043】

従来の高周波ヘリックスにとって、前記導線またはテープの厚みは前記マンドレルの半径のかなりの割合となり、前記ヘリックスの外側に著しい応力を生じさせ、変形および構造的故障を招く。これらヘリックスにはこのような影響はない。

20

【0044】

前記ヘリックスは、従来のヘリックスの適切な円形形状を継承するであろう。前記ヘリックスの形状の実際の詳細は、コンピュータ的にモデル化されてその最終設計に至るであろう。

【0045】

効率向上のために前記電磁波の前記電子ビームとの同期を維持するテーパ状の回路を製造するために、前記ヘリックスのピッチは、リソグラフィ的に制御される。

【0046】

前記従来のヘリックスは、一般的には3つの誘電体の棒によって円形のバレル内に高圧縮力の下に保持される。このヘリックスは大きな圧縮応力の下になく、前記ヘリックスの半ターン毎に取り付けられた、連続したシートまたはスタッドであってよい化学気相蒸着(CVD)されたダイヤモンド製支持材に180度間隔で接合されている。

30

【0047】

従来のヘリックス回路の製造に使用される誘電体の棒は、熱伝導性に比較的劣っている。ここで使用されるCVDダイヤモンド製支持材は、既知の限り最も高い熱伝導性を有する。

【0048】

前記従来のヘリックスと前記誘電体の棒との間の熱伝導性は、両者間の圧縮力の非常に非線形な関数である。この力は温度の関数であるので、高出力動作中に前記バレルが加熱されると、前記チューブの熱容量が低下する。ここで、前記CVDダイヤモンド製支持材は前記ヘリックスに接合されている。この接合全体に亘る熱伝導性は温度の関数ではない。

40

【0049】

前記従来のヘリックス真空電子装置において、前記電子ビームは前記ヘリックスの中心を通過する。高周波において、前記ヘリックスの直径は、有意の電流が通過できない点にまで低下する。これらの装置において、前記電子ビームは前記ヘリックスの外側の比較的大きな空間の辺りに向けられている。

【0050】

前記従来のホロー電子ビームは、不安定になりやすい。ここで使用される電子ビームは、安定した環状レイに配置された複数のビームレットから成る。

50

【 0 0 5 1 】

前記マルチビームアレイは、格子付き熱陰極、複数の熱陰極、またはパターン化された電界放出アレイから形成できる。

【 0 0 5 2 】

従来のヘリックス真空電子装置においては、空間電荷力が前記電子を前記ヘリックスに向けて押し、効率を低下させ故障を引き起こすビーム遮蔽が生じる。これらの装置においては、前記ビームレット間の空間電荷力が相互に反発し、従って前記ヘリックスに対して反発する。

【 0 0 5 3 】

前記従来のヘリックス真空電子装置においては、前記ヘリックスを囲むバレルは円形である。この装置においては、製造の容易さおよび不要な動作モードを排除するために、用途によっては前記バレルが正方形であってもよい。

10

【 0 0 5 4 】

従来の真空電子装置において、前記電子銃および前記遅波回路は別個に製造され、次に互いに溶接される。前記装置の性能にとって重要なこれら2つの部品の位置合わせの精度が、前記溶接作業の公差によって低下する。これらの装置においては、前記低速波のバレルおよび前記電子銃の壁部が単体として製造されるので、精密に位置合わせされる。

【 0 0 5 5 】

前記電子銃の壁部には、陽極の挿入を受け、前記陽極との電気的接続を提供するために、選択的に金属被覆されるときにスロットが設けられる。

20

【 0 0 5 6 】

前記陽極は、放電加工を使用して形成された金属箔から製造してもよく、またはリソグラフィおよび深掘り反応性イオンエッチング、またはその他の微細加工処理によって形成された高伝導シリコンから製造してもよい。

【 0 0 5 7 】

従来のヘリックス真空電子装置において、前記バレルは金属から製造されている。この装置においては、前記バレルは選択的に金属被覆されたCVDダイヤモンドから製造できる。

【 0 0 5 8 】

従来の真空電子装置において、前記電子銃、遅波回路、および入力/出力結合器は別個の要素として製造され、互いに溶接される。この装置においては、精密な位置合わせを達成するために、これらは前記CVDダイヤモンド製のハウジング内に単体として製造される。

30

【 0 0 5 9 】

従来の真空電子装置は、熟練工によって、数百の部品から1つずつ組み立てられる。この装置は、4つの100mmシリコンウェハーを使用した単一作業から50個もの装置が製造されるであろうウェハースケールの量産で製造され、結果として1個当たりの著しいコスト削減がなされるであろう。

【 0 0 6 0 】

従来のTWTにおいて、前記出力電力は前記遅波回路から導波管または伝送路まで結合している。そのスキームはこの装置にも適合できる。しかし、このTWTは、前記ヘリックス遅波回路の不可欠な部品として製造されたヘリカルアンテナを通して前記遅波回路から直接前記RF出力電力を放射するように設計されるであろう。

40

【 0 0 6 1 】

従来のTWTにおいて、前記入力電力は導波管または同軸線を経由して前記装置内に取り込まれる。本装置においては、非常に高い周波数故に、前記入力電力はアンテナまたは擬似光学的結合器を経由して取り込まれる。

【 0 0 6 2 】

前記ヘリカルアンテナの出力は、前記アンテナの志向性を向上させるために、小型のホーンアンテナ内に供給してもよい。

50

【0063】

導波管は、前記TWTの入力または出力伝送路として、および前記BWOの出力伝送路として供するために、前記装置のパレルの不可欠な要素として形成される。

【0064】

前記ヘリカル遅波回路の延長として製造されるプローブは、前記導波管の広い壁部内の開口部を通して前記入力または出力導波管に結合する。

【0065】

前記プローブを前記導波管に整合させるために、前記導波管内に短絡回路が製造される。

【0066】

前記BWOについて、前記パレルに周期的な切れ込みを入れることによって、または前記パレルを円形構造ではなく正方形として製造することによって、前記パレルの内部を低導電率材料で被覆することにより、不要な高次モードが抑制される。

10

【0067】

前記TWTに関して、前記ダイヤモンド製支持シートに共振損失を加えることによって、不要な高次モードが抑制される。

【0068】

交差した磁界と電界間で前記電子を捕捉する2段からなるコレクター内で、前記BWOから出てくる消費されたビームが低エネルギーで捕捉される。前記TWTから出てくる消費されたビームは、複数段の電位低減コレクター内で捕捉される。

20

【0069】

前記BWOからの出力電力は、前記出力導波管の端部に製造されたホーンアンテナを通して前記BWOのハウジングから放射される。

【0070】

上述の説明はただ単に本発明の特定の実施形態の開示を提供するのであって、本発明をこれに限定する目的のものではない。従って、本発明は上述の実施形態のみに限定されるものではない。むしろ、当業者が本発明の範囲内である代替の実施形態を考案できることが分かる。

【図 1 A】

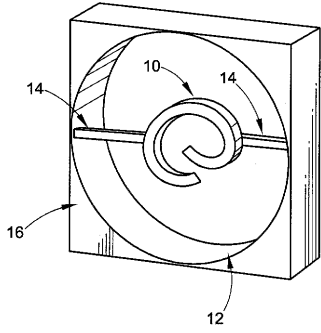


FIG. 1A

【図 1 B】

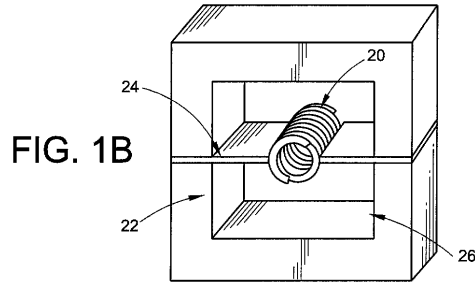


FIG. 1B

【図 2】

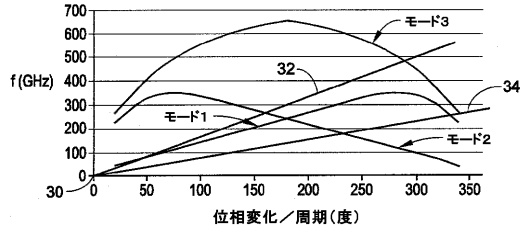


FIG. 2

【図 3】

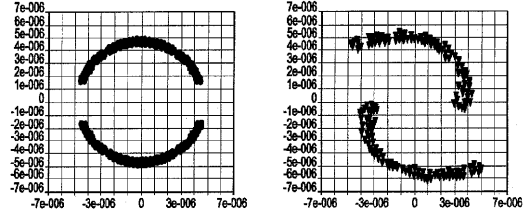


FIG. 3

【図 4】

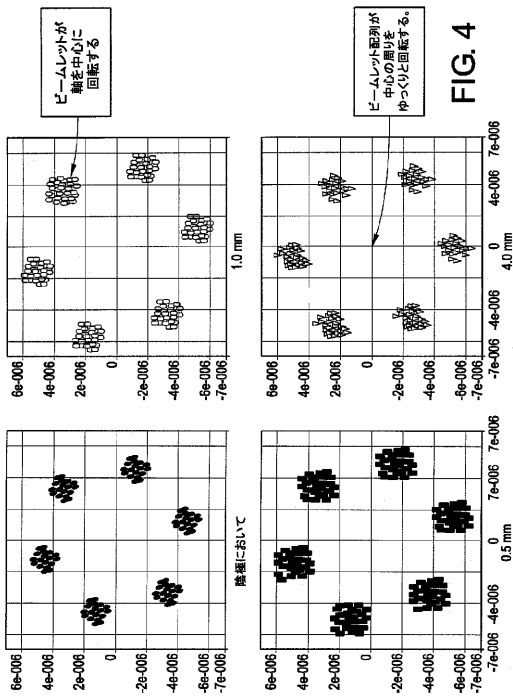


FIG. 4

【図 5 A】

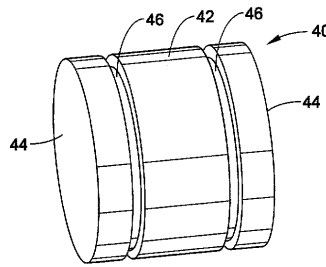


FIG. 5A

【図 5 B】

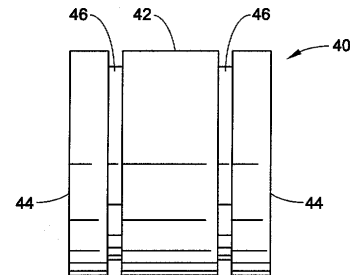


FIG. 5B

【 図 6 】

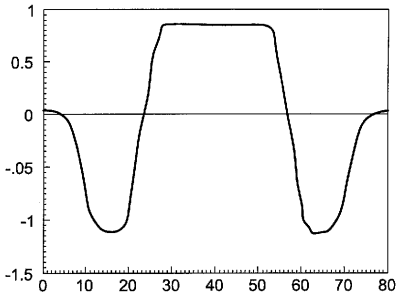


FIG. 6

【 図 8 】

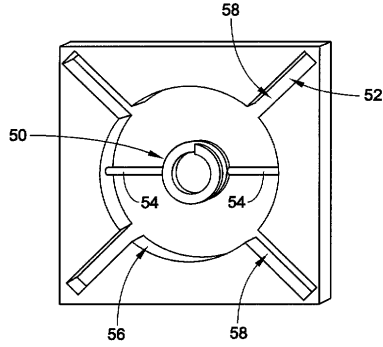


FIG. 8

【 図 7 】

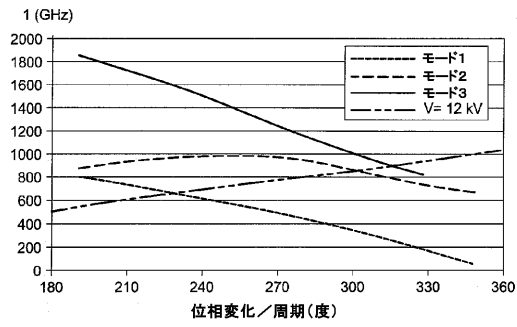


FIG. 7

【 図 9 】

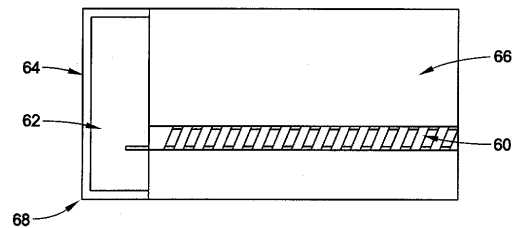


FIG. 9

【 図 10 】

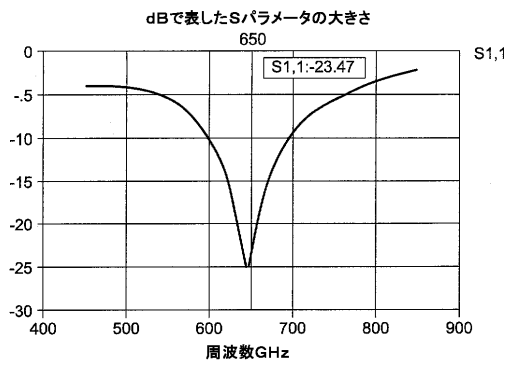


FIG. 10

【 図 12 】

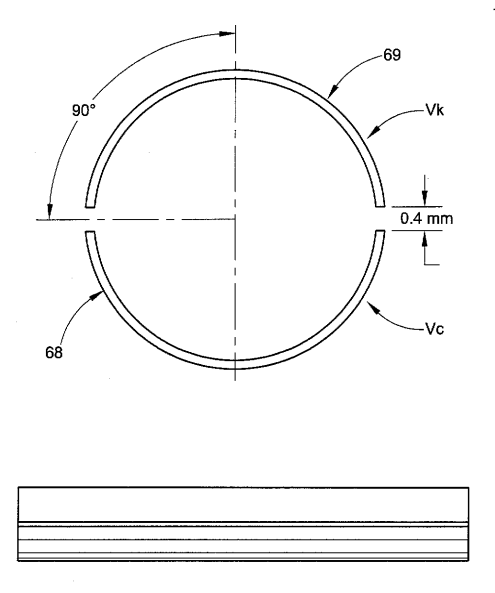


FIG. 12

【 図 11 】

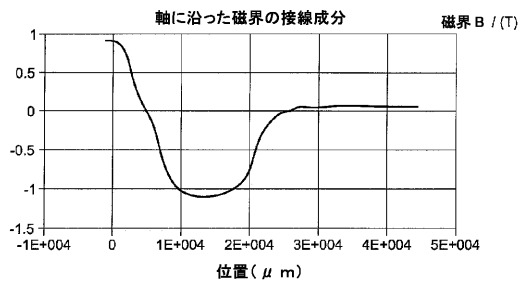


FIG. 11

【 図 1 3 】

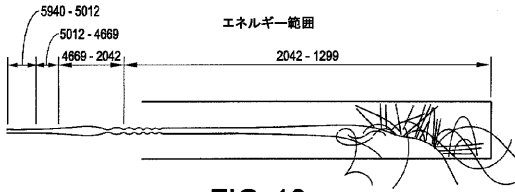


FIG. 13

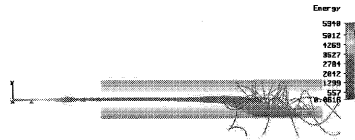


Figure 13

【 図 1 4 】

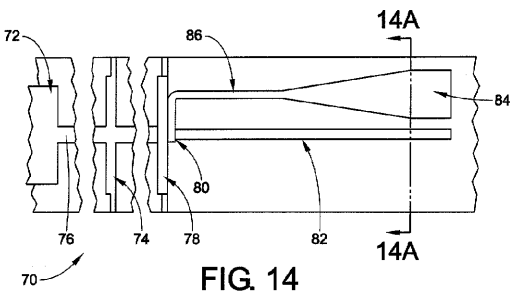


FIG. 14

【 図 1 4 A 】

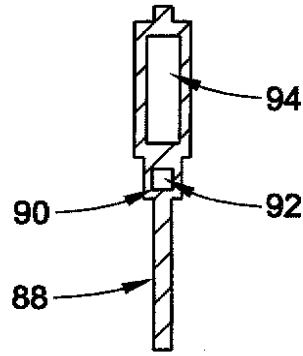


FIG. 14A

【 図 1 5 】

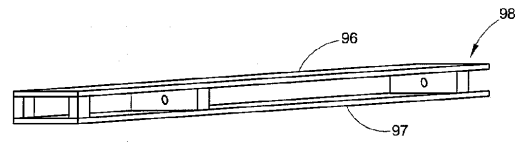


FIG. 15

【 図 1 6 】

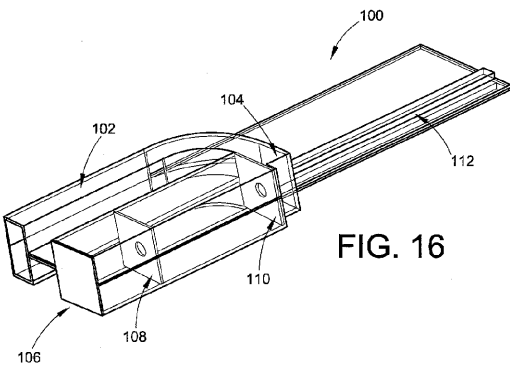


FIG. 16

【 図 1 8 】

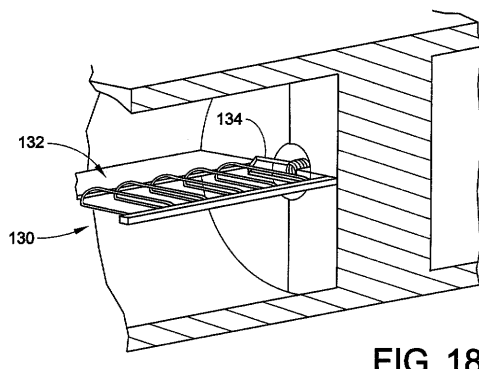


FIG. 18

【 図 1 7 】

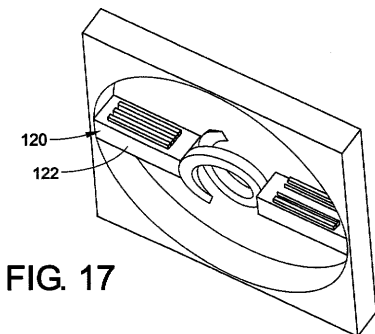


FIG. 17

【 図 1 9 A 】

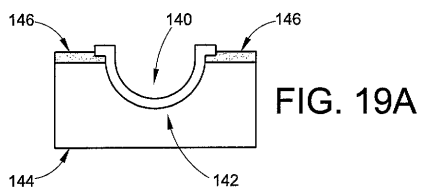
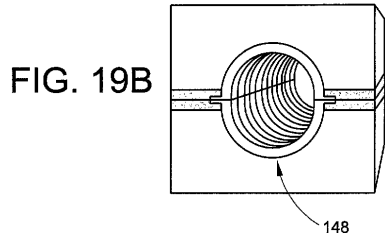
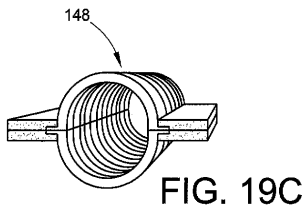


FIG. 19A

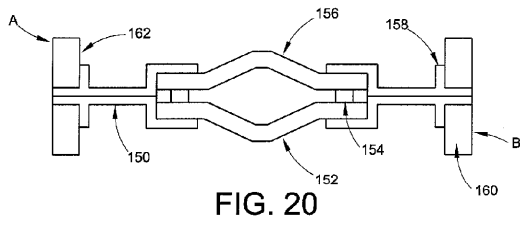
【 図 1 9 B 】



【 図 1 9 C 】



【 図 2 0 】



【 国際調査報告 】

61000040004



PCT/US2008/054555

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US 08/54555

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H01J 25/00 (2008.04) USPC - 315/5 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) USPC: 315/5 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched 315/3,5,4,5,5,29,5,31; 330/44; 335/210,213 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST (PGPB, USPT, USOC, EPAB, JPAB); Google (incl. Patents, Scholar) - heli(cal)x, beam, dielectric, wave, collector, "traveling wave tube", "backward wave oscillator"		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X -- Y	US 5,668,442 A (GOEBEL, D. M., et al.) 16 September 1997 (16.09.1997), Abstract; Col. 1, ln. 38-42; Col. 2, ln. 6-25, 49, 61; Col. 3, ln. 32-41; Col. 4, ln. 34-38, 59; Col. 6, ln. 18-19, 66-67; Col. 7, ln. 18-32	1-5, 18 ----- 6-17
Y	US 6,917,162 B2 (DAYTON, JR., J. A.) 12 July 2005 (12.07.2005), Abstract; Col. 1, ln. 26-30, 40, 47, Col. 2, ln. 6-9, 15-18, 30, 34, 50-51; Col. 3, ln. 53-55; Col. 3, ln. 66 to Col. 4, ln. 23; Col. 4, ln. 26, 55-56; Col. 6, ln. 25-32, 49, 63; FIG. 2A-B, 8C-D	6-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* 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 application or patent 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 "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 September 2008 (15.09.2008)		Date of mailing of the international search report 22 SEP 2008
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT helpdesk: 571-272-4500 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/Z10 (second sheet) (April 2007)

29.1.2010

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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 デイトン、ジェームス、エー .

アメリカ合衆国、 4 4 1 0 2 オハイオ州、クリーブランド、 1 0 4 2 3 レイク アベニュー

(72)発明者 コーリー、キャロル、エル .

アメリカ合衆国、 4 4 1 4 5 オハイオ州、ウエストレイク、 1 8 9 2 バンプリー コート

Fターム(参考) 5C029 BB02 MM08 MM11 MM14 PP03