

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-146244
(P2016-146244A)

(43) 公開日 平成28年8月12日(2016.8.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 J 23/34 (2006.01)	HO 1 J 23/34 A	5 C O 2 9
HO 1 J 23/027 (2006.01)	HO 1 J 23/027	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2015-21996 (P2015-21996)	(71) 出願人	503382542 東芝電子管デバイス株式会社 栃木県大田原市下石上1385番地
(22) 出願日	平成27年2月6日(2015.2.6)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
		(74) 代理人	110001737 特許業務法人スズエ国際特許事務所
		(72) 発明者	藤井 令史 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝電子管デバイス株式会社内
		(72) 発明者	坂本 光徳 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝電子管デバイス株式会社内

最終頁に続く

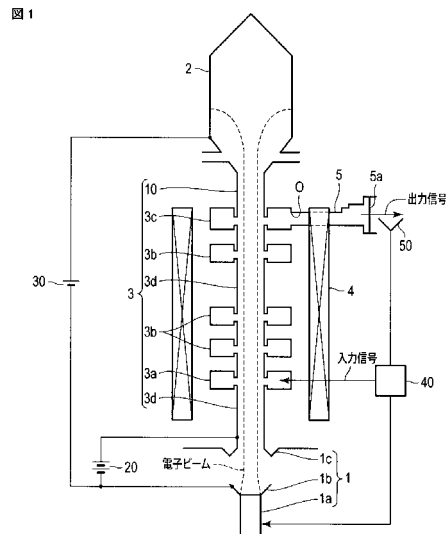
(54) 【発明の名称】 クライストロン

(57) 【要約】

【課題】 CPDによりエネルギーを回収することができ、総合効率を改善することのできるクライストロンを提供する。

【解決手段】 クライストロンは、カソード1b及びアノード1cを有し、電子ビームを放出する電子銃部1と、コレクタ2と、入力信号が増幅された高周波の出力信号を出力する高周波相互作用部3と、集束コイル4と、出力導波管5と、加速電源20と、電力供給電源30と、制御部40とを備える。加速電源20は、カソード1b及び高周波相互作用部3間に電圧を与える。電力供給電源30は、カソード1b及びコレクタ2間に電圧を与える。制御部40は、出力信号の電力が飽和領域の85%以下となるように制御する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カソード及びアノードを有し、電子ビームを放出する電子銃部と、
 前記電子ビームを捕捉するコレクタと、
 前記電子銃部及びコレクタ間に接続され、前記コレクタに対して電氣的に絶縁状態にあり、前記電子銃部及びコレクタ間に位置した入力空胴、前記入力空胴及びコレクタ間に位置した少なくとも1つの中間空胴、前記中間空胴及びコレクタ間に位置し、穴部が形成された出力空胴、並びに前記入力空胴、中間空胴及び出力空胴を連結したドリフト管を有し、前記入力空胴に入力信号を入力することにより、前記出力空胴から増幅された高周波の出力信号を出力する高周波相互作用部と、
 前記高周波相互作用部の外周を囲み、前記電子銃部から放出される前記電子ビームを集束する集束コイルと、
 前記高周波相互作用部に接合され、前記穴部に連通され、前記穴部を通して前記出力空胴から前記出力信号を取り出す出力導波管と、
 前記カソード及び高周波相互作用部間に電圧を与える加速電源と、
 前記カソード及びコレクタ間に電圧を与える電力供給電源と、
 前記出力信号の電力が飽和領域の85%以下となるように制御する制御部と、を備えることを特徴とするクライストロン。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記入力信号の電流を調整し、前記出力信号の電力を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のクライストロン。

20

【請求項 3】

前記電子銃部は、前記電子ビームを1本放出する電子銃をさらに有し、
 前記制御部は、前記電子ビーム1本あたりのパービアンスを $1.6 \mu\text{P}$ 以下となるように制御することを特徴とする請求項 1 に記載のクライストロン。

【請求項 4】

前記制御部は、前記出力信号のパルスデューティ比が10%から連続波までとなるように制御することを特徴とする請求項 1 に記載のクライストロン。

【請求項 5】

前記コレクタは、前記電子ビームの進行方向に沿って分断され、互いに電氣的に絶縁状態にある2以上の自然数であるN個の分割部で形成され、
 前記電力供給電源は、隣合う前記分割部間の電位差が5kV以下となるよう、隣合う前記分割部間に電圧を与えるN-1個の電源部を有していることを特徴とする請求項 1 に記載のクライストロン。

30

【請求項 6】

前記高周波相互作用部は、接地電位に設定され、
 前記電力供給電源は、前記コレクタに負の高電圧を与えることを特徴とする請求項 1 に記載のクライストロン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明の実施形態は、クライストロンに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、電波を増幅する真空管としてクライストロンが知られている。クライストロンは、電子ビームを放出する電子銃部と、用済みの電子ビームを捕捉するコレクタと、高周波相互作用部と、電子銃部から放出される電子ビームを集束する集束コイルと、を備えている。

【0003】

高周波相互作用部は、電子銃部から放出された電子ビームが通過するドリフト管と、ド

50

リフト管の途中に電子ビームの進行方向に沿って設けられた入力空洞、中間空洞及び出力空洞と、を有し、入力空洞に入力信号を入力することにより、出力空洞から増幅された高周波の出力信号を出力するものである。出力空洞から高周波を取り出すため、出力空洞の側面には出力導波管が接合されている。

【0004】

増幅を終えた使用済みの電子ビームは、まだある程度のエネルギーを持ってコレクタに入射される。そして、電子ビームがコレクタの内壁（金属壁）に衝突することにより、電子ビームのエネルギーは熱エネルギーに変換される。変換された熱エネルギーは、コレクタ外周の冷却機構により消費される。

【0005】

ところで、ジャイロトロンにおいて、CPD（Collector Potential Depression：コレクタ電位降下）によりエネルギーを回収する方式が知られている。この方式は、コレクタの電位を高周波相互作用部の電位より下げることにより、電子ビームの余剰エネルギーを静電的に回収し、動作効率を改善するとともに、コレクタ熱負荷を低減する方式である。ジャイロトロンや進行波管等のクライストロン以外の電子管では、このCPDにより電子のエネルギーを回収することで、総合効率の改善が図られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭57-82938号公報

【特許文献2】特開平7-37515号公報

【特許文献3】特開2002-203488号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上記エネルギーを回収する方式をクライストロンに適用した場合、次のような問題がある。クライストロンにおいては、その動作原理から、電子ビームのエネルギーの変換効率が他の電子管に比べて高い。そのためもあり使用済みの電子ビーム（スペントビーム）のエネルギー分散が大きいという特性がある。そのため、クライストロンにおいてCPDによるエネルギー回収を行った場合、ゼロに近いエネルギーをもった電子が逆行電子となり、クライストロンの安定動作に支障をきたす可能性が大きい。

【0008】

このことから、CPDによりエネルギーを回収する方式を適用したクライストロンは特殊な数例を除きほとんど無く、実用化されていない状態である。このため、CPDによりエネルギーを回収することができ、総合効率を改善することのできるクライストロンが望まれている。

この発明は以上の点に鑑みなされたもので、その目的は、CPDによりエネルギーを回収することができ、総合効率を改善することのできるクライストロンを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

一実施形態に係るクライストロンは、
カソード及びアノードを有し、電子ビームを放出する電子銃部と、
前記電子ビームを捕捉するコレクタと、
前記電子銃部及びコレクタ間に接続され、前記コレクタに対して電氣的に絶縁状態にあり、前記電子銃部及びコレクタ間に位置した入力空洞、前記入力空洞及びコレクタ間に位置した少なくとも1つの中間空洞、前記中間空洞及びコレクタ間に位置し、穴部が形成された出力空洞、並びに前記入力空洞、中間空洞及び出力空洞を連結したドリフト管を有し、前記入力空洞に入力信号を入力することにより、前記出力空洞から増幅された高周波の出力信号を出力する高周波相互作用部と、

10

20

30

40

50

前記高周波相互作用部の外周を囲み、前記電子銃部から放出される前記電子ビームを集束する集束コイルと、

前記高周波相互作用部に接合され、前記穴部に連通され、前記穴部を通して前記出力空洞から前記出力信号を取り出す出力導波管と、

前記カソード及び高周波相互作用部間に電圧を与える加速電源と、

前記カソード及びコレクタ間に電圧を与える電力供給電源と、

前記出力信号の電力が飽和領域の85%以下となるように制御する制御部と、を備えることを特徴としている。

【図面の簡単な説明】

【0010】

10

【図1】図1は、一実施形態に係るクライストロンを示す概略構成図である。

【図2】図2は、上記クライストロンの一部を拡大して示す概略断面図であり、高電圧絶縁部材により図1に示したトップドリフト部及びコレクタを電氣的に絶縁している状態を示す図である。

【図3】図3は、上記クライストロンにおける、入力電力に対する出力電力の変化をグラフで示した図である。

【図4】図4は、上記クライストロンを非飽和線形領域及び飽和領域でそれぞれ動作した場合における、入力電力に対する出力電力の変化をグラフで示した図である。

【図5】図5は、上記クライストロンを非飽和線形領域で動作した場合における、電子ビームのパービアンスに対するRF変換効率、総合効率及びCPD電圧の変化をグラフで示した図である。

20

【図6】図6は、上記クライストロンの変形例を示す概略構成図であり、コレクタ及び電力供給電源を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しながら一実施形態に係るクライストロンについて詳細に説明する。

図1に示すように、クライストロンは、電子銃部1と、コレクタ2と、高周波相互作用部3と、集束コイル4と、出力導波管5と、加速電源20と、電力供給電源30と、制御部40とを備えている。この実施の形態において、クライストロンはパルスクライストロンである。コレクタ2、高周波相互作用部3及び出力導波管5は、それぞれ金属で形成されている。

30

【0012】

電子銃部1は、電子ビームを放出する電子銃1aと、電子銃1aから放出された電子ビームを加速させ、電子の流れをコレクタ2方向に作るカソード1b及びアノード1cとを有している。電子銃1aは、電子ビームを1本放出するものである。この実施の形態において、電子銃部1は、1個の電子銃1aを有している。複数本の電子ビームを放出させたい場合、電子銃部1は、複数個の電子銃1aを有していればよい。

【0013】

コレクタ2は、高周波相互作用部3を通過した使用済みの電子ビーム(スペントビーム)を捕捉し、残ったエネルギーを熱エネルギーに変換するものである。コレクタ2は、図示しない冷却機構により冷却されている。ここでは、冷却機構の主冷却方式は水冷式である。

40

【0014】

高周波相互作用部3は、クライストロンのボディ部である。高周波相互作用部3は、電子銃部1及びコレクタ2間に気密に接続されている。高周波相互作用部3は、電子銃部1及びコレクタ2間に位置した入力空洞3aと、入力空洞3a及びコレクタ2間に位置した少なくとも1つの中間空洞3bと、中間空洞3b及びコレクタ2間に位置し、穴部Oが形成された出力空洞3cと、入力空洞3a、中間空洞3b及び出力空洞3cを気密に連結したドリフト管3dと、を有している。この実施の形態において、高周波相互作用部3は、中間空洞3bを3つ有している。また、入力空洞3a、中間空洞3b及び出力空洞3cは

50

、ドリフト管 3 d に形成された空胴により形作られている。

【 0 0 1 5 】

上記各空胴は、筒状の内周壁と、筒状の外周壁と、内周壁及び外周壁間の下端を気密に閉塞する環状の下端壁と、内周壁及び外周壁間の上端を気密に閉塞する環状の上端壁と、中心部に軸方向に開口する開口部と、を有し、同軸状に形成されている。高周波相互作用部 3 の真空側の表面は導電性に優れ、上記表面には例えば銅メッキが施されている。

【 0 0 1 6 】

ここで、上記高周波相互作用部 3 の動作原理について詳述する。入力空胴 3 a には増幅したい入力信号が導入される。入力信号は、電波（マイクロ波）である。入力空胴 3 a を電子ビームが通過するとき、電子ビームは導入された入力信号により速度変調される。その後、電子ビームが一様電界中を通過する間、電子ビームに密度変調が生じ、電子ビームは次第に集群（バンチ）される。さらに、集群された電子ビームは、中間空胴 3 b を通過する度に相互作用により空胴に高周波電界を発生する。これにより、電子ビームはその電界により再度速度変調を受ける。

10

【 0 0 1 7 】

そして最後に集群された電子ビームは、出力空胴 3 c の間隙を通過する時、大きな交流電界を誘起し、増幅された高周波（大電力マイクロ波）の出力信号として出力空胴 3 c から外部に取り出される。

すなわち、高周波相互作用部 3 は、入力空胴 3 a に入力信号を入力することにより、出力空胴 3 c から増幅された高周波の出力信号を出力するものである。

20

【 0 0 1 8 】

集束コイル 4 は、筒状に形成され、高周波相互作用部 3 の外周を囲んでいる。集束コイル 4 は、電子銃部 1 から放出される電子ビームを集束するものである。

出力導波管 5 は、高周波相互作用部 3 に接合され、穴部 O に連通されている。出力導波管 5 には、誘電体で形成された出力窓 5 a が気密に取り付けられている。出力導波管 5 の真空側の表面は導電性に優れ、出力導波管 5 の真空側の表面には例えば銅メッキが施されている。出力導波管 5 は、穴部 O を通して出力空胴 3 c から出力信号を取り出すものである。

【 0 0 1 9 】

次に、上記高周波相互作用部 3 及びコレクタ 2 についてさらに説明する。

30

図 1 及び図 2 に示すように、高周波相互作用部 3 は、トップドリフト部 1 0 をさらに含んでいる。

【 0 0 2 0 】

トップドリフト部 1 0 は、筒状に形成されている。トップドリフト部 1 0 の内周面は導電性に優れ、上記内周面には例えば銅メッキが施されている。トップドリフト部 1 0 は、コレクタ 2 と対向した側にフランジ 1 0 a を有している。フランジ 1 0 a は、円環状に形成されている。

【 0 0 2 1 】

コレクタ 2 は、コレクタ本体 2 a と、フランジ 2 b とを有している。フランジ 2 b は、コレクタ本体 2 a の外周面側に位置している。コレクタ本体 2 a 及びフランジ 2 b は一体に形成されている。フランジ 2 b は、円環状に形成されている。フランジ 2 b は、フランジ 1 0 a に十分な間隔を置いて対向している。

40

【 0 0 2 2 】

フランジ 1 0 a 及びフランジ 2 b は、高電圧絶縁部材 1 1 を介して接合されている。高電圧絶縁部材 1 1 は筒状に形成されている。高電圧絶縁部材 1 1 は、フランジ 1 0 a 及びフランジ 2 b 間の十分な絶縁距離を保持している。高電圧絶縁部材 1 1 は、フランジ 1 0 a 及びフランジ 2 b を真空気密に接続している。

上記コレクタ 2、高周波相互作用部 3 及び出力導波管 5 等は、気密な真空容器を形成している。図示しないが、電子銃部 1 は上記真空容器内に収容されている。

【 0 0 2 3 】

50

図 1 に示すように、加速電源 20 は、カソード 1 b 及び高周波相互作用部 3 間に電圧を与えるものである。詳しくは、加速電源 20 は、カソード 1 b 及びドリフト管 3 d 間に電圧を与えるものである。加速電源 20 は、カソード 1 b に負の高電圧として例えば - 90 kV の電圧を与えている。ドリフト管 3 d を含む高周波相互作用部 3 は接地電位に設定されている。なお、高周波相互作用部 3 に接続されたアノード 1 c も接地電位に設定されている。

【 0024 】

電力供給電源 30 は、カソード 1 b 及びコレクタ 2 間に電圧を与えるものである。電力供給電源 30 は、コレクタ 2 に負の高電圧を与えるものである。コレクタ 2 は、負の高電位として例えば - 50 kV の高電位に設定されている。高周波相互作用部 3 (ボディ部) 及びコレクタ 2 間に減速電界が与えられるため、クライストロンは、電子ビームのエネルギーを回収するよう構成されている。また、クライストロンは、 - 50 kV の電圧 (CPD 電圧) 分のエネルギーを回収するようにも構成されている。

10

【 0025 】

制御部 40 は、入力信号の電流を調整し、出力信号の電力を制御することができる。検出部 50 は、出力信号の少なくとも一部を検出することができる。例えば、制御部 40 は、検出部 50 で検出した出力信号の情報を取得し、取得した情報を基に入力信号の電流を調整することができる。

【 0026 】

その他、制御部 40 は、電子ビーム 1 本あたりのパービアンスを $1.6 \mu\text{P}$ 以下となるように制御することが可能である。また、制御部 40 は、出力信号のパルスデューティ比が 10 % から CW (連続波) までとなるように制御することが可能である。

20

上記のようにクライストロンが形成されている。

【 0027 】

次に、クライストロンの動作を、入力信号の電力 (以下、入力電力と称する) - 出力信号の電力 (以下、出力電力と称する) 特性の観点から説明する。

図 3 は、クライストロンにおける、入力電力に対する出力電力の変化をグラフで示した図である。図 1 及び図 3 に示すように、出力電力には、飽和領域と、非飽和線形領域とが生じていることが分かる。

【 0028 】

飽和領域は、出力電力が飽和状態となり、入力電力を変化させても出力電力の変化が小さい領域である。なお、従来のクライストロンは、飽和領域で動作されていた。

30

一方、非飽和線形領域は、入力電力の変化に対し出力電力が線形に近い形で変化する領域である。同じ電子ビーム電圧・電流とした場合の出力電力において、非飽和線形領域は、飽和領域の 85 % 以下の値となる。この実施の形態において、上記のように、制御部 40 は、出力電力が飽和領域の 85 % 以下となるように制御している。

【 0029 】

上記のように、非飽和線形領域では、入力電力に対して出力電力が線形に近い形で変化するため、非飽和線形領域は、制御部 40 が検出部 50 を使用して出力電力のフィードバックを入力電力に対してかけるよう制御する際に好適である。制御部 40 は、非飽和線形領域内で入力電力 (入力信号の電流) を調整することにより、出力電力を精度良く制御することができる。これにより、出力電力の安定化を図ることができる。

40

【 0030 】

図 4 は、クライストロンを非飽和線形領域及び飽和領域でそれぞれ動作した場合における、入力電力に対する出力電力の変化をグラフで示した図である。図 4 に示すように、RF (radio frequency : 高周波) 変換効率に注目すると、同じ出力電力を出力するため、非飽和線形領域で動作させた場合と、電子ビームの電圧若しくは電流を低下させて飽和領域で動作させた場合とでは、飽和領域での動作の方が RF 変換効率は高くなることが分かる。

【 0031 】

50

そこで、この実施形態において、クライストロンがCPDによりエネルギーを回収する方式を採ることにより、非飽和線形領域での動作において、飽和領域で動作した場合と同等程度まで出力電力（総合効率）を改善することができる。しかも、電子ビームの電圧若しくは電流を上昇させること無しに出力電力を改善することができる。

【0032】

ここで、上記CPDとは、Collector Potential Depression（コレクタ電位降下）の略であり、コレクタ2の電位を高周波相互作用部3（ボディ部）の電位より下げることにより、電子ビームの余剰エネルギーを静電的に回収し、動作効率を改善するとともに、コレクタ熱負荷を低減する方式である。

【0033】

次に、クライストロンの動作を解析するシミュレーションコードを使用し、電子ビームのエネルギー解析を行った結果について説明する。

飽和領域ではRF変換効率が高いことから、使用済みの電子ビームのエネルギー分散が大きくなり、CPDによるエネルギー回収がほとんどできない。これに対し、非飽和線形領域では飽和領域に比べてRF変換効率が低いことから、使用済みの電子ビームのエネルギー分散を小さくすることができるため、CPDによりエネルギーをより多く回収することができ、出力電力を含む総合効率を大幅に改善できることが期待できる。

【0034】

図5は、クライストロンを非飽和線形領域で動作した場合における、電子ビームのパービアンスに対するRF変換効率、総合効率及びCPD電圧の変化をグラフで示した図である。図5は、CPDによる効率改善効果の計算結果の例でもある。図5に示すように、電子ビームのパービアンスを低くする方が、より総合効率を高くできることが分かる。

【0035】

上述したように、CPDを搭載した本実施形態のクライストロンの動作条件は以下に挙げる通りである。

【0036】

・動作領域を、飽和領域の出力電力の85%以下となる非飽和線形領域とする。

【0037】

・電子ビーム1本あたりのパービアンスを1.6μP以下とする。

【0038】

・高周波の出力信号のパルスデューティ比は10%からCW（連続波）までとする。

【0039】

・CPDの段数は1段とする。

【0040】

・高周波相互作用部3（ボディ部）を接地電位とし、コレクタ2側を負電位とする。

【0041】

・コレクタ2の主冷却方式は水冷式とする。

【0042】

以上のように構成された一実施形態に係るクライストロンによれば、クライストロンは、電子銃部1と、コレクタ2と、コレクタ2に対して電氣的に絶縁状態にあり、入力される入力信号を増幅して高周波の出力信号を出力する高周波相互作用部3と、集束コイル4と、出力導波管5と、加速電源20と、電力供給電源30と、制御部40とを備えている。

【0043】

加速電源20は、カソード1b及び高周波相互作用部3間に電圧を与えることができる。電力供給電源30は、カソード1b及びコレクタ2間に電圧を与えることができる。制御部は、出力電力が飽和領域の85%以下となるように制御することができる。

【0044】

クライストロンを非飽和線形領域で動作させることができるため、CPDによりエネルギーを回収することができ、総合効率を、飽和領域で動作させた場合のRF変換効率と同等

10

20

30

40

50

程度まで改善することができる。

【 0 0 4 5 】

制御部 4 0 は、非飽和線形領域内で入力電力（入力信号の電流）を調整することにより、出力電力を精度良く制御することができるため、出力電力の安定化を図ることができる。さらに、制御部 4 0 が、電子ビーム 1 本あたりのパービアンスを $1.6 \mu\text{P}$ 以下となるように制御することにより、一層、出力電力の安定化を図ることができる。

上記のことから、CPDによりエネルギーを回収することができ、総合効率を改善することができるクライストロンを得ることができる。

【 0 0 4 6 】

なお、この発明は上記実施の形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化可能である。また、上記実施の形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。

10

【 0 0 4 7 】

上記CPDの段数は1段に限らず、複数段（多段型）としてもよい。例えば、図6に示すように、コレクタ2は、電子ビームの進行方向に沿って分断され、互いに電氣的に絶縁状態にあるN個の分割部D（D1、D2、...DN）で形成されている。

【 0 0 4 8 】

電力供給電源30は、N-1個の電源部PB（PB1、PB2、...PB(N-1)）を有している。第2電源部PBは、隣合う分割部D間の電位差が5kV以下となるよう、隣合う分割部D間に電圧を与える。

20

【 0 0 4 9 】

複数の分割部Dは、高電圧絶縁部材12を介して接合されている。高電圧絶縁部材12は環状に形成されている。高電圧絶縁部材12は、分割部D間の十分な絶縁距離を保持し、高電圧絶縁部材11ほど絶縁距離を保持しなくともよい。高電圧絶縁部材12は、複数の分割部Dを真空気密に接続している。

ここで、上記Nは、2以上の自然数であればよい。N=10であり、分割部D間の電位差が5kVである場合、上述した実施形態と同様、分割部D1は-50kVの高電位に設定されるため、多段型であっても1段型とみなすことができる。

この発明は、上記クライストロンに限らず、各種クライストロンに適用可能である。

30

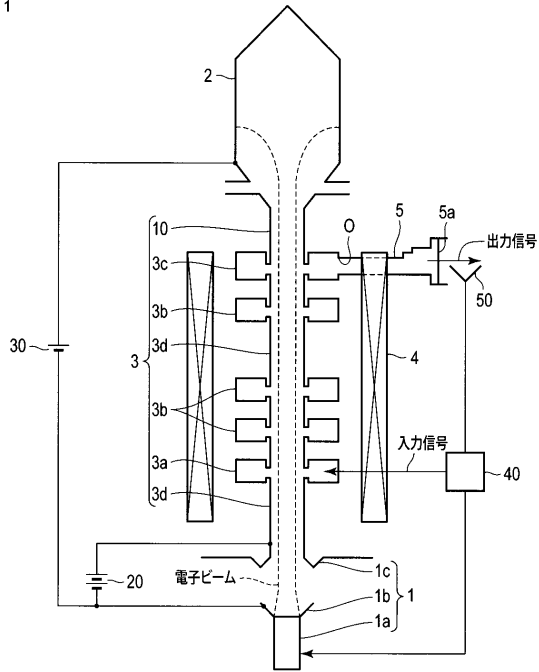
【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

1...電子銃部、1a...電子銃、1b...カソード、1c...アノード、2...コレクタ、3...高周波相互作用部、3a...入力空洞、3b...中間空洞、3c...出力空洞、3d...ドリフト管、4...集束コイル、5...出力導波管、5a...出力窓、10...トップドリフト部、11、12...高電圧絶縁部材、20...加速電源、30...電力供給電源、40...制御部、50...検出部、D（D1、D2、...DN）...分割部、PB（PB1、PB2、...PB(N-1)）...電源部。

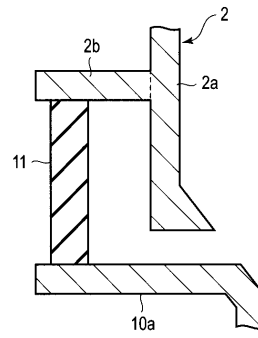
【 図 1 】

図 1



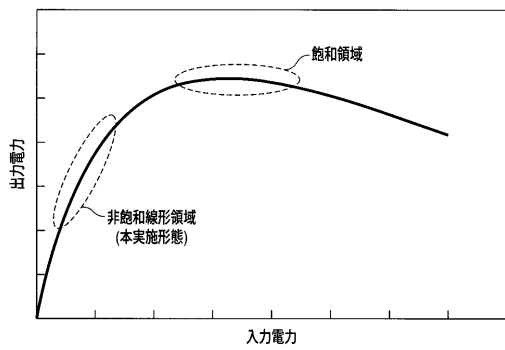
【 図 2 】

図 2



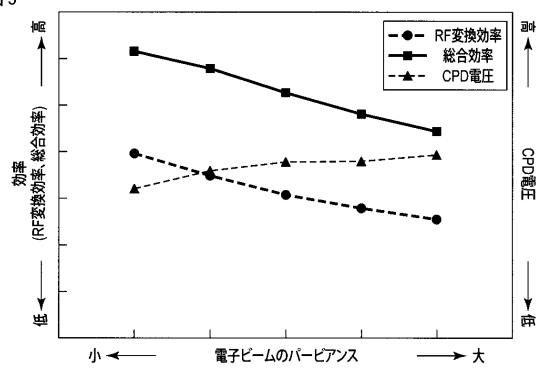
【 図 3 】

図 3



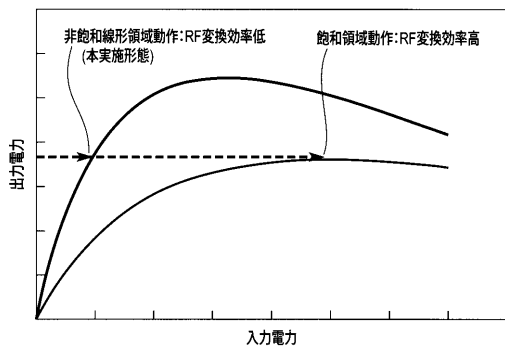
【 図 5 】

図 5



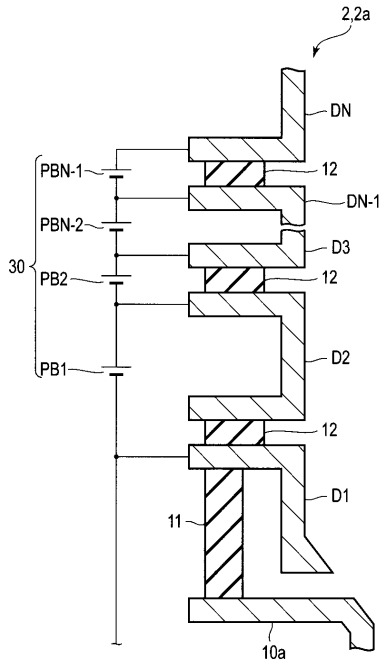
【 図 4 】

図 4



【 図 6 】

図 6



フロントページの続き

(72)発明者 三宅 節雄

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝電子管デバイス株式会社内

(72)発明者 満仲 義加

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝電子管デバイス株式会社内

(72)発明者 手塚 勝彦

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝電子管デバイス株式会社内

(72)発明者 小野 正明

茨城県つくば市大穂 1 番地 1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

Fターム(参考) 5C029 BB01 BB02 BB08 NN03