

衛星通信用進行波管中電子ビームの数値計算設計ツールの開発

工学府 電気電子工学専攻 博士前期課程 2年 趙研究室 08349534 永田哲規

1. 研究背景と目的

近年のブロードバンド化が進むにつれ、衛星通信の高速化・大容量化が求められている。進行波管は高出力、広帯域の真空電子デバイスであり、衛星通信の最終段の増幅器に使用される。進行波管は電子ビームの持つ運動エネルギーをマイクロ波のエネルギーに変換しながら、それを増幅する装置である。図1は進行波管の概略図であり。内部は電子ビームを発生する電子銃部分、マイクロ波を増幅する遅波回路部分、増幅に使用した電子ビームを回収するコレクタ部分からなる。本研究では増幅に使用する電子ビームに焦点を当て、電子銃や電子ビームの広がりを抑える**周期磁界発生装置(PPM)**の製造精度の問題から発生する迷走電子を数値計算シミュレーションにより模擬する。これは迷走電子が発生し誘電体支柱に衝突すると誘電体支柱が帯電し、電子ビームの軌跡を歪めるという問題が発生するためである。迷走電子は図2のように電子銃から発生する熱電子の一部と電子ビームを集束する PPM の磁界の不均一性から発生すると考えられている。これらの迷走電子の発生から誘電体支柱の帯電までの一連の循環過程を上流から下流まで一貫したモデリングを通して解析しようというものである。

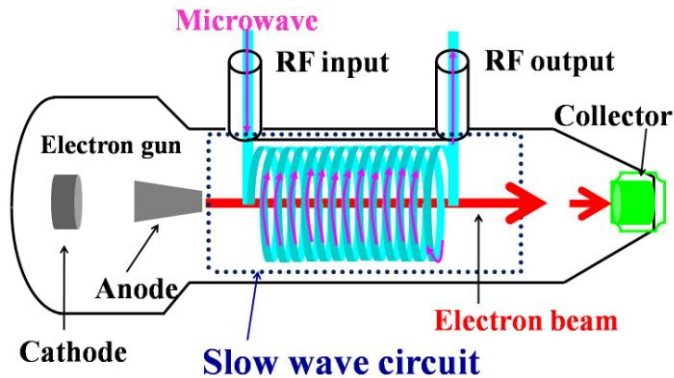


図1 進行波管の概略図

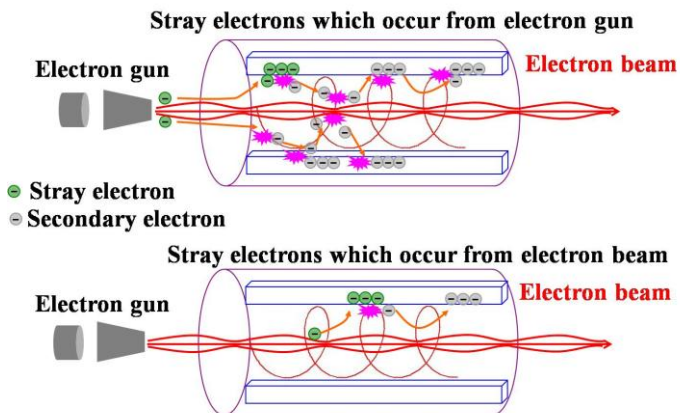


図2 迷走電子による誘電体支柱の帯電問題

2. 研究手法

数値計算シミュレーションにより遅波回路、PPM、電子銃をモデル化し電子ビームシミュレーションを行う。最終的に電子銃シ

ミュレーションで求めた電子のエネルギー分布を使用して電子ビームシミュレーションを行う。

3. 結果と今後の課題

PPM をモデル化し計算空間の磁界を求め、計算した磁界中で電子ビームシミュレーションを行い、電子ビームが集束することを確認した。また、電子銃をモデル化しシミュレーションによりカソードからアノードまでの電子の流れを解析した。その時のアノード出口部分の電子のエネルギー分布が図3である。

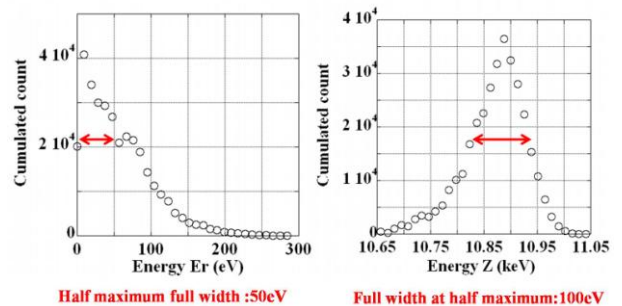


図3 アノード出口部分での電子のエネルギー分布

図3のエネルギー分布から求めたエネルギーの広がりをMaxwellの速度分布として入力し電子ビームシミュレーションを行った結果が図4,5である。

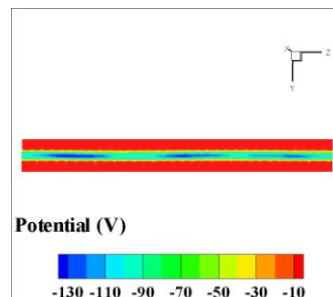


図4 電子ビームのポテンシャル

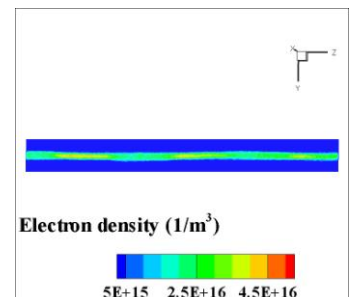


図5 電子ビームの電子密度

電子ビームは集束されたが、一部の電子が迷走電子となり誘電体支柱に衝突した。帯電量は電子ビームの空間ポテンシャルに比べて小さく、空間ポテンシャルにほとんど影響を与えないことが分かった。数値計算シミュレーションにより迷走電子の発生から誘電体支柱帯電までの一連の循環過程を上流から下流まで模擬することができた。現モデルは遅波回路の一部であり、遅波回路全体のシミュレーションを今後、行う必要がある。

発表実績

国際学会発表：1件

・ 26th International Symposium on Space Technology and Science, June, 2008

国内学会発表：2件

・ 電子情報通信学会, 2008年8月.

・ 電子情報通信学会, 2009年10月.