

円柱表面波による大電力遅波電磁波源に関する実験的研究

◎長谷川真司, 小椋一夫, 山家清之(新潟大学)

1. はじめに

大電力マイクロ波源の一つとして後進波発振器がある。後進波発振器は遅波導波管の軸方向に電子ビームを入射することで、導波管内の電磁界と電子ビームとの間に起こる相互作用により、マイクロ波を発振させる構造となっている。本研究室では、100keV 以下の弱い相対論的エネルギー領域で動作する大口径後進波発振器に関して、高周波数領域における大電力化を目標とし、周期的な矩形構造を持つ矩形コルゲート導波管の内部に矩形コルゲート内導体を挿入した同軸導波管を用いてマイクロ波発振実験を行っている。同軸導波管は電子ビームの外側と内側に遅波構造を持つ機構であるためマイクロ波の高周波数化、大電力化が見込まれている。すなわち、内導体の構造がマイクロ波出力に影響を与えているものと考えられる。

本報告では、矩形コルゲート導波管を取り除き、矩形コルゲート内導体のみでのマイクロ波発振実験を行い、マイクロ波の発生を確認すると共に、内導体による効果を実験的に評価した結果について示す。

2. 実験装置

マルクス・ジェネレータから発生したインパルス高電圧でパルス形成線路を充電し、規定の充電電圧に達したところでエアギャップスイッチが閉じ、矩形短パルスがカソードに印加される。カソードはディスク型を用いることにより円環状電子ビームが発生する。発生した電子ビームが遅波導波管を軸方向に伝搬することでマイクロ波が発生する。そして、発生したマイクロ波を出力窓から 600mm 離れた位置に設置したホーンアンテナで受信し、受信した信号は方向性結合器と減衰器によって検波器で測定可能な範囲まで減衰されセミリジットケーブルを伝搬し、オシロスコープで測定される。

発振周波数の測定は次のように行う。ホーンアンテナで受信したマイクロ波を方向性結合器によって 2 方向に分岐させ、一方を矩形導波管遅延線路に通し、ディレイ信号を得る。プロンプト信号とディレイ信号の遅延時間により発振周波数を測定している。

本研究室で使用している内導体を図 1 に示す。本研究で用いる内導体は矩形コルゲート内導体 ($\theta=0$)、矩形コルゲート内導体 ($\theta=\pi$) の 2 種類である。 θ は位相差を示し、同軸導波管にすると、矩形コルゲート内導体 ($\theta=0$) は矩形コルゲート導波管に対して位相差がなく、矩形コルゲート内導体 ($\theta=\pi$) は矩形コルゲート導波管に対して π だけ位相差を持つ構造である。

ここで、本研究で用いた矩形コルゲート内導体のパラメータを表 1 に示す。コルゲート振幅、コルゲート波長、溝長・波長比は同軸導波管で用いている矩形コルゲート導波管と同様のパラメータである。

3. 実験結果

内導体のみでのマイクロ波の発生を調べるため、矩形コルゲート導波管を取り除き、矩形コルゲート内導体のみでマイクロ波発振実験を行った。実験結果を図 2 に示す。今回の実験で矩形コルゲート内導体 ($\theta=0$) と ($\theta=\pi$) の 2 種類の内導体でマイクロ波発振が確認された。矩形

コルゲート内導体 ($\theta=0$) と ($\theta=\pi$) の比較をすると、発振ピーク電圧に差が生じたため、内導体の構造によってわずかに影響が出る結果となった。一方、ディスク型カソードの径が $\phi 20\text{mm}$ と $\phi 23\text{mm}$ の場合において、カソード径が大きくなると出力が低下することが分かった。このことは、内導体径が $\phi 19\text{mm}$ のため、ビームが内導体から離れることで内導体との相互作用による影響が弱まるためであると考えられる。

表 1 矩形コルゲート内導体のパラメータ

| | |
|------------------|-------|
| 内導体平均半径 R_{in} | 8.4mm |
| コルゲート振幅 h | 1.1mm |
| コルゲート波長 z_0 | 3.0mm |
| 溝長・波長比 d/z_0 | 50% |

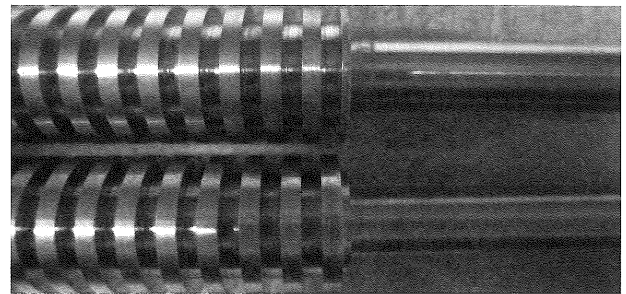


図 1 矩形コルゲート内導体(上: $\theta=0$ 下: $\theta=\pi$)

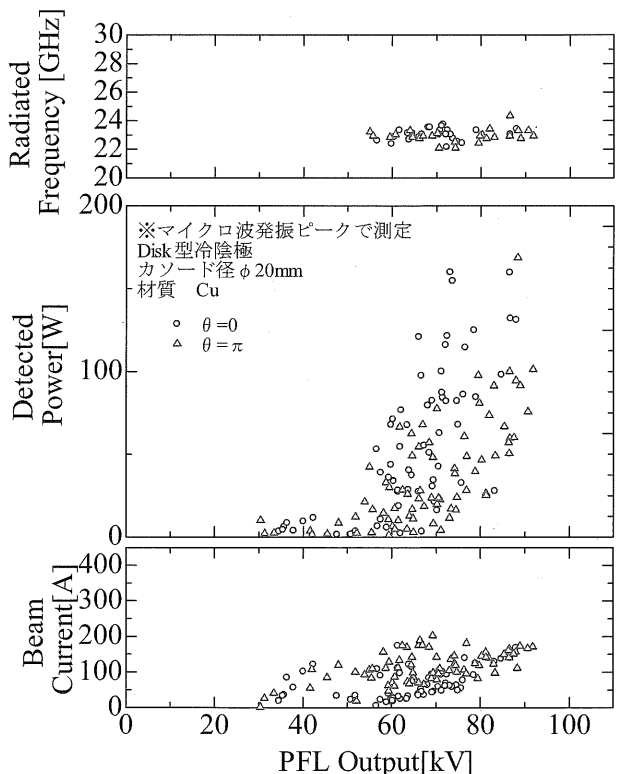


図 2 出力電圧に対する発振周波数及び発振出力、ビーム電流の依存性