

同軸矩形コルゲート導波管を用いた大口径後進波発振器の 磁場依存性に関する実験的研究

◎高橋尚任*, 番匠聖志*, 飯塚洋志*, 吉村浩幸*, 小椋一夫**, 白井健司**

*新潟大学大学院自然科学研究科、**新潟大学工学部

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、20~40GHz帯で研究を行っている。

現在、本研究ではK-band領域である25GHz付近におけるマイクロ波発生実験を行っている。26.5GHzより高い周波数領域はKa-band領域となり、その導波管の口径はK-bandのものより小さくなり、製作がより困難なものになってしまう。数値解析により、遅波導波管の中心軸上に内導体を挿入することで、内導体を挿入しない場合と比較して導波管モードのアップカットオフ周波数が上昇するという結果が得られた。従って、中心軸上に内導体を挿入した同軸遅波導波管を用いることで、Ka-band領域でのマイクロ波発生実験を、製作が比較的容易なK-bandの導波管を用いて実験が可能であると考えられる。

本報告では、K-band遅波導波管の中心軸上に内導体を挿入することにより、大口径後進波発振器の動作特性に与える効果を実験的に評価した結果について示す。

2. 矩形コルゲート導波管及び内導体

本研究では、これまで遅波導波管として円筒形導波管の内壁を周期的な矩形形状に加工した矩形コルゲート導波管を用いていたが、今回新たに図1に示すような同軸型の矩形コルゲート導波管を製作した。遅波導波管を同軸型にすることで、マイクロ波出力の大電力化・高周波数化及び大電流電子ビーム伝搬の安定化が見込まれる。また、従来の遅波導波管では電子ビームの外側にのみ周期構造を持つのに対して、同軸遅波導波管では電子ビームの内側にも周期構造を持たせることが可能である。

ここで、本研究で用いたアップカットオフ周波数が26GHz付近の矩形コルゲート導波管及び挿入した内導体のパラメータを表1に示す。矩形コルゲート導波管の分散特性は、導波管平均半径 R_{out} 、コルゲート振幅 h 、コルゲート波長 z_0 、溝長・波長比 d/z_0 で決まり、同軸矩形コルゲート導波管では内導体平均半径 R_{in} も分散特性に影響する。尚、 k_0 は波数周期である。

図2に矩形コルゲート導波管及び同軸矩形コルゲート導波管について、基本モードの分散関係を示す。同軸矩形コルゲート導波管の分散関係は上下2本の曲線で表され、それぞれ導波管のモードと内導体のモードに対応する。

3. マイクロ波発生実験

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。これによりカソードから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内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減衰され、検波器を通してオシロスコープで測定する。

本研究では内導体として、周期的な矩形形状に加工した矩形コルゲート内導体及び周期構造を持たない直円筒内導体を用いた。但し、矩形コルゲート内導体は内導体の周期構造と導波管の周期構造との位相差を変えるために、位相差0の内導体と位相差 π の内導体の2種類を用いる。図1の内導体は位相差 π の内導体である。

実験では上記の3種類の内導体を挿入する場合と内導体を挿入しない場合において、遅波導波管の軸方向に印加する磁場を変化させた時のマイクロ波出力の様子を観測した。

表1 矩形コルゲート導波管及び内導体のパラメータ

導波管平均半径 R_{out}	15.1mm
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%

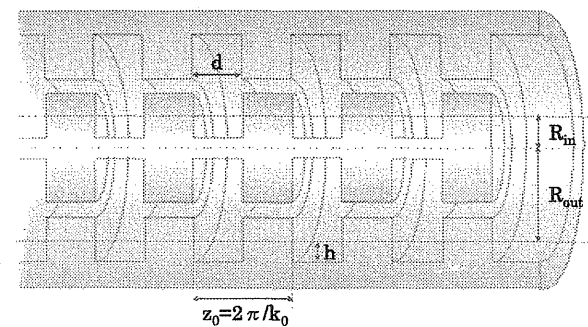


図1 同軸矩形コルゲート導波管

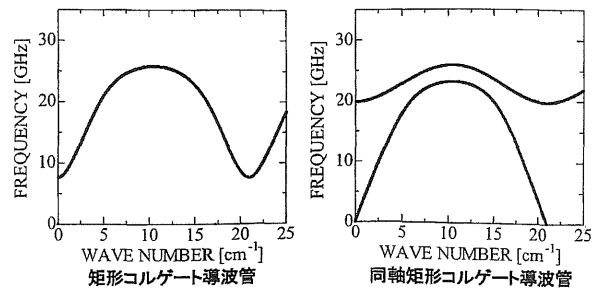


図2 分散関係