

電子サイクロトロン電流駆動用ミリ波帯広帯域高速スイッチの開発研究 Research and Development of High Power Wideband Diplexer for ECCD System

山口智輝, 渥美幸平, 長嶋浩司, 三枝幹雄, 小田靖久¹⁾, 福成雅史¹⁾, 坂本慶司¹⁾
T. Yamaguchi, K. Atsumi, K. Nagashima, M. Saigusa, Y. Oda¹⁾, M. Fukunari¹⁾, K. Sakamoto¹⁾

茨大工, 原子力機構¹⁾
College of Engineering, Ibaraki University, JAEA¹⁾

1.はじめに

トカマクプラズマの不安定性である新古典ティアリングモードの安定化には、電子サイクロトロン電流駆動方式による磁気島のO点への局所的な電流駆動が有効である。本研究では、その安定化に用いる電子サイクロトロン加熱電流駆動システムに必要な高速スイッチの開発、特に数値解析、実験により、そのキーコンポーネントである全金属ハーフミラーの最適化を行った。

2.原理

電磁波の入射位置を P_1 とし、入力周波数を変え、リング共振器の共振周波数となる時、 P_2 から出力される電磁波は弱くなり、リング共振器内に電力が蓄積され、 P_4 から出力される。一方、入力周波数が共振周波数の時、リング共振器内に電力は蓄積されず、電磁波のほとんどが P_2 から出力される。

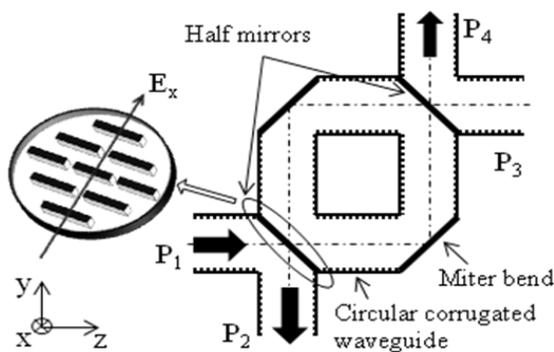


図1: 高速スイッチとハーフミラーの構造

今回、ハーフミラーには、アルミ合金のショートスロットアンテナを採用した。高次回折波を抑えるため、入射電界に平行な方向のスロット周期は入射波の波長以下にし、垂直な方向は周期構造を崩している。

3.数値解析

数値解析は、FDTD法により行った。本研究ではハーフミラーの最適化により高速スイッチの切り替え特性の向上を目指しているので高速スイッチの十字部分に限定して数値解析を行った。円形コルゲート導波管の内直径は計算機のメモリ(32GB)の制限から、 $\phi=60.15[\text{mm}]$ と仮定した。以下に解析結果を示す。

表1: ショートスロットハーフミラーの数値解析結果

Mirror	Air: Metal [mm]	Ref	Trans	Diff
A	0.6:0.9	63.4%	32.6%	4.0%
B	0.45:1.05	86.4%	12.3%	1.3%

ここで、MirrorAはスロット長12.5[mm]のスロットを入れ子状に並べた構造である。一方、MirrorBは、MirrorAの結果から、高次回折波を抑制するようにスロット長を12.5, 14, 15.5[mm]と3種類にし、反射率を上げるために、スロット周期の金属部分の割合を約60%から約70%に増やしたものである。

4.実験結果

円形コルゲート導波管（内直径=63.5[mm]）で高速スイッチを作成し実験を行った。以下に結果を示す。

表2: ショートスロットハーフミラーの実験結果

Mirror	Air: Metal [mm]	Ref	Trans	Diff
A	0.6:0.9	57%	39%	4.2%
B	0.45:1.05	75%	24%	0.53%

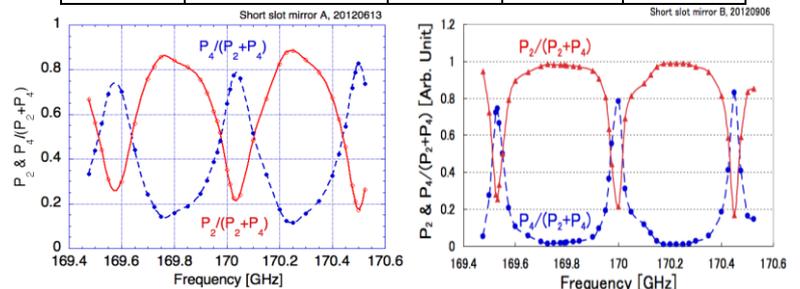


図2: 切り替え特性 (MirrorA)

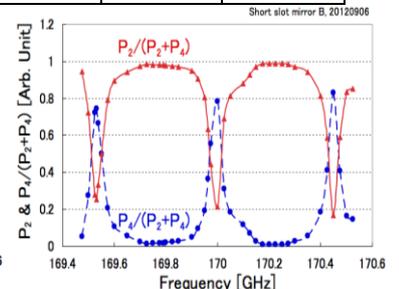


図3: 切り替え特性 (MirrorB)

5.まとめと今後の予定

数値解析より、金属の割合で反射率を変えることができ、スロットの非周期構造で高次回折波を抑制できることがわかった。また、解析に基づいた実験によりMirrorBでは反射率を上げることで高速スイッチの共振のQ値を高め、非周期スロットで高次回折波の抑制に成功した。今後は、大電力長パルス試験を視野に入れた、冷却構造を持つハーフミラーの研究、開発に取り組む予定である。

謝辞

本研究はJSPS科研費22560818の助成を受けたものである。

参考文献

M.Saigusa et al., Plasma and Fusion Research, vol.7 (2012)2405099.