

大電力ミリ波帯広帯域高速スイッチの数値計算による損失評価

Loss estimation of a high-power millimeter wave fast switching by numerical calculation

滝井啓太¹⁾,山口智輝¹⁾,長嶋浩司¹⁾,関口賢治¹⁾,三枝幹雄¹⁾,小田靖久²⁾,福成雅史²⁾,坂本慶司²⁾
 K. Takii¹⁾, T. Yamaguchi¹⁾, K. Nagashima¹⁾, K. Sekiguchi¹⁾, M. Saigusa¹⁾, Y. Oda²⁾, M. Fukunari²⁾, K. Sakamoto²⁾

¹⁾茨大工, ²⁾原子力機構
¹⁾Ibaraki Univ., ²⁾JAEA

1. はじめに

トカマクプラズマの不安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 O 点への局所的な電流駆動が有効である。本研究グループは、O 点への局所的な高効率電流駆動に有効な大電力ミリ波帯広帯域高速スイッチを開発するため、リング共振器内で発生するジュール損失を評価してきた[1]。本研究では、ハーフミラーのジュール損失を詳細に解析した結果を報告する。

2. リング共振器型高速スイッチの原理

高周波入力を P₁ とすると、周波数がリング共振器の共振周波数でない時、P₂ から出力され、共振周波数の時、リング共振器内に電力が蓄積され P₄ から出力される。この原理を用いジャイロトロンが発振周波数を変調することにより高速な電磁波のスイッチングが可能になる。

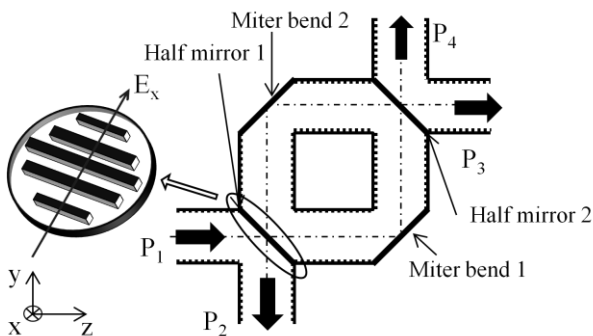


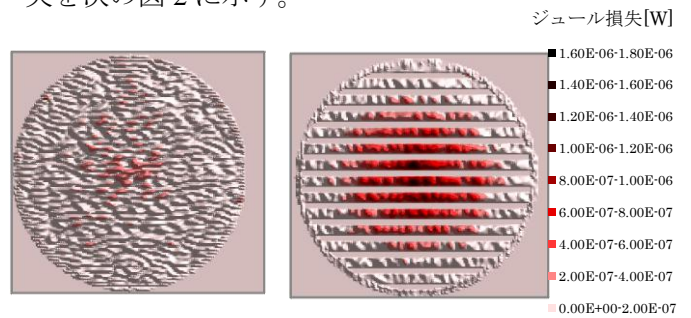
図 1. リング共振器型スイッチと金属ハーフミラーの概念図

今回はこの共振器内部で電磁波が蓄積された時のジュール損失を算出した。

3. シミュレーションモデルとジュール損失

シミュレーションは FDTD 法により行った。円形コルゲート導波管の内直径は計算機の主記憶容量(18GB)の制限から、実寸の約 1/3 である直径 21mm と仮定した。図 1 に示すような金属ハーフミラーは長いスロットが全面にあり、厚み 1.7mm、スロット周期 1.5mm、スロット幅 0.6mm 材質はアルミ合金を想定し、導電率 3.445×10^7 を用いて損失を評価した。

リング共振器内を電磁波が 9 周した場合の Miter bend 1 入射側 Half mirror 1 共振器内側のジュール損失を次の図 2 に示す。



Miter bend 1 Half mirror 1(inside)

図 2. マイターバンド及びハーフミラーのジュール損失

表 1 に入射電力に対する各部品のジュール損失の割合を示す。ハーフミラーの損失はスロット内部、共振器内外側の損失を合わせて評価した。

表 1. 各部品のジュール損失

Miter bend 1	Miter bend 2	Half mirror 1	Half mirror 2
0.192%	0.163%	1.195%	1.423%

表 2 に Half mirror 1 の各部分の入射電力に対するジュール損失の値を示す。

表 2. Half mirror1 各部分のジュール損失

共振器側	スロット内部	入射側
0.343%	0.765%	0.0867%

以上から、ハーフミラーは表面よりもスロット内部のジュール損失が大きいことが分かる。

4. まとめ

大電力ミリ波帯広帯域高速スイッチの金属ハーフミラーのジュール損失を評価した。その結果、ハーフミラーのスロット内部のジュール損失の割合が大きかった。

参考文献

[1] K. Atsumi, et al., Plasma and Fusion Res.8, 2405077(2013).