

Research and Development of a High Power Millimeter Fast Switching Device for ECCD System

本圖理彦¹⁾,関口賢治¹⁾,森純哉¹⁾,三枝幹雄¹⁾,小田靖久²⁾,高橋幸司²⁾
 T.Honzu¹⁾,K.Sekiguchi¹⁾,J.Mori¹⁾,M.Saigusa¹⁾,Y.Oda²⁾,K.Takahashi²⁾
¹⁾茨大工,²⁾原子力機構
¹⁾Ibaraki Univ.,²⁾JAEA.

1. はじめに

閉じ込め劣化の原因となる新古典ティアリングモード (NTM) の抑制には、磁気島内部に局所的な電子サイクロトロン電流駆動が有効である。本研究グループではNTM抑制の高効率化のために、磁気島の回転周期に合わせて電磁ビーム経路を高速に切り替えるデバイスの開発を行っている[1]。今回は高速スイッチのリング共振器部の精密温度制御による共振周波数調整を試みた。また、サファイア板をハーフミラーとする高速スイッチにて、低電力実験及び170GHz帯ジャイロトロンの大電力実験を行った結果を報告する。

2. リング共振器型高速スイッチの原理

図1に示すように、Port1から入射されるHE₁₁モードの高周波をP₁とする。P₁の周波数がリング共振器の周長に依存して定まる共振周波数であるとき、Port2から出力される電力P₂は弱められリング共振器内に電力が蓄積し、Port4から電力P₄が出力される。一方で、P₁が共振しない周波数であるとき、リング共振器内に電力は蓄積せずほとんどがPort2から出力される。理想的なスイッチ動作を図2に示す。

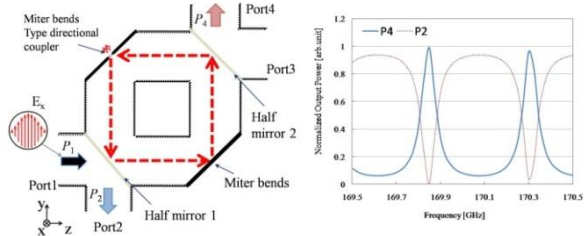


図1. 原理図 図2. 理想的なスイッチ動作

3. リング共振器の冷却水配管加工

リング共振器内に循環水を流し、温度変化によって共振器本体を膨張・収縮させ、周長を変える機能を付加した。1[K]あたりの温度変化による共振周波数の変化はスイッチ本体の材質であるアルミ合金 (A6061) の線膨張率 (23.6×10^{-6} [1/K]) × 共振周波数 (170×10^9 [Hz]) から 4.0 [MHz/K] と推定した。温度制御に使用するチラーを 5~75 [°C] の範囲で制御すれば共振周波数を 280 [MHz] 調整が可能であると仮定した。また、固定に用いたステンレス (SUS304) ボルト



図3. 冷却水配管加工

の線膨張率 (17.3×10^{-6} [1/K]) とマイターバンド (無酸素銅) の線膨張率 (17.0×10^{-6} [1/K]) なので、温度依存性はそれぞれ 2.94 [MHz/K], 2.89 [MHz/K] と推定できる。

4. 実験結果

2枚のサファイア製ハーフミラー (厚さ 0.95 [mm]) を用いて循環水を 5, 25, 50, 75 [°C] に設定し、各々の設定温度について P4 の周波数特性の測定を行った。図4に結果を示す。

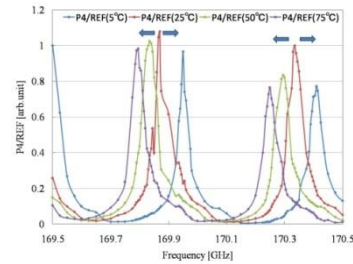


図4. P4の周波数特性 (5~75 [°C])

表1. 共振周波数の温度依存性

循環水温度 [°C]	スイッチ表面温度 [°C]	共振周波数_1 [GHz]	共振周波数_2 [GHz]
5.0	6.9	169.950	170.410
25.0	24.3	169.870	170.335
50.0	47.3	169.835	170.295
75.0	71.0	169.795	170.250

表1に示すように、5-75 [°C] の範囲で 155 [MHz] または 160 [MHz] しか調整できなかった。25 [°C] の共振周波数 (169.870, 170.335 [GHz]) を基準とすると、共振周波数を上げる方向には 4.31~4.59 [MHz/K] 程度調整が可能であったが、共振周波数を下げる方向には 1.60~1.82 [MHz/K] 程度しか調整できなかった。要因として、ボルト締め固定により予想以上に膨張しなかったこと、スイッチ本体の温度分布が均一に設定温度まで変化しなかったことが考えられる。

また、5 [°C] の実験の際にハーフミラー及びスイッチ本体に結露が確認された。

5. まとめと今後の予定

実験結果から温度制御による共振周波数調整の有効性を明らかにした。また、サファイアハーフミラーの使用によって従来以上の挿入損失の低減を実証した。今後はジャイロトロン の周波数変調が必要なリング共振器型高速スイッチの開発を目指す。

参考文献

[1] M.Saigusa, et al., Fusion Eng. Des. 88 (2013) 964-969.