

24aE17P

JT-60SA 電子サイクロトロン加熱電流駆動装置用広帯域偏波器の開発の進展 Progress in Development of a Wide Band Polarizer for ECCD System in JT-60SA

堀江直之¹⁾, 佐井拓真¹⁾, 大森航平¹⁾, 三枝幹雄¹⁾, 小林貴之²⁾, 森山伸一²⁾, 安良田寛³⁾, 宇野毅³⁾

N.Horie¹⁾, T.Sai¹⁾, K.Omori¹⁾, M.Saigusa¹⁾, T.Kobayashi²⁾, S.Moriyama²⁾, H.Arata³⁾, T.Uno³⁾

¹⁾茨大工、²⁾原子力機構、金属技研³⁾

¹⁾Ibaraki Univ., ²⁾JAEA, METAL TECHNOLOGY Co. Ltd³⁾

1. はじめに

核融合プラズマの加熱電流駆動方式の一つに電子サイクロトロン加熱電流駆動方式がある。この電流駆動効率を最大にするためにはジャイロトロンで発生した直線偏波を最適な楕円偏波に変換する偏波器が必要となる。本研究ではトカマク型核融合実験装置 JT-60SA 用に使用される 2 つの周波数(110GHz,138GHz) に対応した偏波器の開発を目指している[1]。

2. 偏波器の原理

偏波器は、2 種類の溝の深さ h が異なる反射型回折格子で構成される。Twister は、溝の深さが約 $\lambda/4$ の反射型回折格子で、反射波の FP と SP の位相差は $\lambda/2$ になる。Twister に直線偏波を入射させた場合、入射波に対する回折格子を回転させることで直線偏波の振動方向を回転させることができる。Circular Polarizer は、溝の深さが約 $\lambda/8$ の反射型回折格子で、反射波の FP と SP の位相差は $\lambda/4$ になる。回折格子を回転させることによって、反射波の偏波の楕円度を調節することができる。

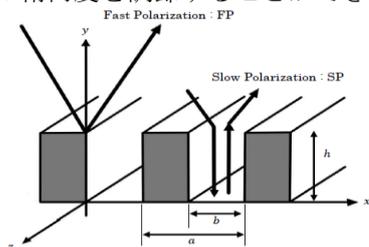


図 1 反射型回折格子

3. 広帯域構造型 Twister の解析

本研究グループで設計した偏波器を大電力(1 MW) で使用するには、耐熱性を調べるのが条件となる。それには回折格子部分の損失分布を調べる必要があり、溝が深く損失値が大きいとされる Twister の損失計算を行った。損失計算は以下の計算式を用い、解析には研究室で開発した C++言語によるプログラムを使用した。

$$P = \frac{1}{2} R_s |H_t|^2 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

R_s : 表皮効果抵抗, H_t : 表面に平行な磁界

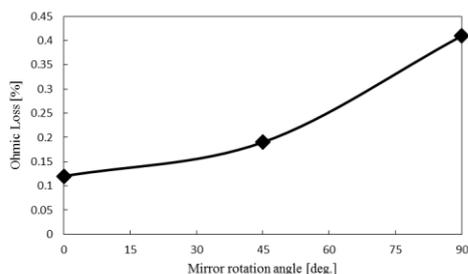


図 2 Twister における損失値 (解析値)

偏波器の回転角によって損失値が変化し、回転角 90° で損失が最大 0.41% になることを確認した。

4. 偏波状態の視覚化

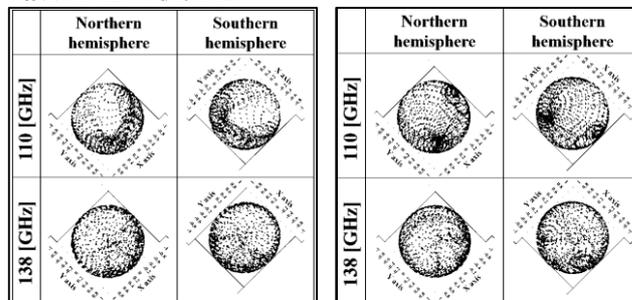


図 3 ポアンカレ球

4 種類のポアンカレ球を書いたものを図 3, 図 4 に示す。図 3(a)は溝深さ 1.07mm の sin 型 Twister と溝深さ 0.49mm の広帯域型 Circular Polarizer の組み合わせ、図 3(b)は深さ 1.07mm の Sin 型 Twister と深さ 0.7mm の Sin 型 Circular Polarizer の組み合わせで生成される偏波状態である。この結果、110GHz と 138GHz の 2 周波数ともにほとんど全域を覆うことを確認した。

5. 大電力試験の実験結果

広帯域型 Twister 及びマイターベン드의損失を以下の図 4 に示す。出力 1MW, 発振幅 10 秒, 回転角 0°, 45°, 90° で測定した。その結果、理論と傾向は等しく、理論値と試験値の違いは表面粗さによるものと考えられる。回転角 90° で生じる損失が 1.27% であることが確認できた。

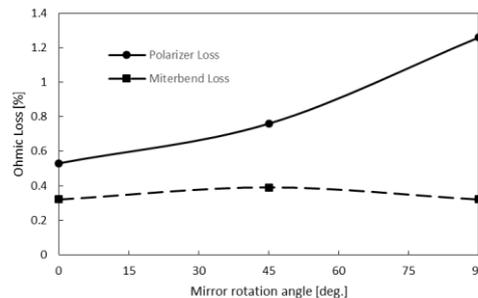


図 4 Twister とマイターベンドにおける損失値 (実験値)

6. まとめと今後の予定

広帯域型 Twister の損失計算を行い、結果として回転角 90° における損失値がもっとも大きいことを確認し、大電力試験の結果とも理論に矛盾がないことを確認した。FDTD 法による電磁界解析を行うことで Sin 型回折格子の広帯域偏波特性を求め、全域であることを確認した。今後は、損失が低くなる可能性がある Sin 型回折格子の偏波器開発も進める計画である。

7. 参考文献

[1] M. Saigusa, et al., Fusion Eng Des 05/2015; DOI:10.1016/j.fusengdes.2015.04.013