

プラズマを用いた電磁波伝搬の方向制御に関する実験的研究

Experimental study on control of propagation direction of electromagnetic waves using plasma

O^(M1) 嘉部 祐樹¹, 山口 修平¹, Alexandre Bambina¹, 岩井 亮憲², 宮城 茂幸¹, 酒井 道¹

(1. 滋賀県立大工, 2. 京都大院工)

Yuki Kabe¹, Syuhei Yamaguchi¹, Alexandre Bambina¹, Akinori Iwai², Shigeyuki Miyagi¹, Osamu

Sakai¹ (1.Univ. of Shiga Pref., 2.Kyoto Univ.) E-mail: <mailto:oh23ykabe@ec.usp.ac.jp>

1. はじめに

我々はメタマテリアルにプラズマを付加することで、誘電率の制御を可能とし、周波数フィルタを動的に制御にすることに成功している[1]. さらにプラズマを用いた電磁波伝搬の方向制御に関する実験的研究を始め、プラズマ内に位置するアンテナの受信強度を減少させる実験を行なっているが、1.6 GHz の電磁波に対して約 40%減少させるにとどまっている[2]. 同時に FDTD (Finite-Difference Time-Domain)法を用いたプラズマとガラス層からなる系周辺の電磁波の伝搬に対する数値計算[2]や、プラズマとメタマテリアルからなる系において電磁波迂回現象の数値計算[3]も同時に行なっている. 本研究では、プラズマとガラス層による系において電磁波の伝搬方向の動的制御についての実験を行っており、2.4 GHz の電磁波に対してプラズマ内のアンテナ受信強度を 80%減少させることに成功した.

2. プラズマ層内のアンテナの受信の観測

Figure 1 に現在使用している容量結合プラズマ(CCP)の系を示す. ガラス管内を真空にした後、不活性ガスである Ar ガス(10~200 Pa)で満す. そこに 13.56 MHz の RF 電力(0~250 W)を投入することでアンテナを覆うようにプラズマが生成される. 実験系に対して 2.4 GHz の電磁波を照射した時、プラズマ内に位置するアンテナの電界強度の変化を Fig. 2 に示す. この時 Ar ガスと投入する電力をパラメータとしている. 結果としてプラズマ内のアンテナが受信する信号強度は 80 %減少した.

3.FDTD (Finite-Difference Time-Domain)法による数値計算結果

Figure 3 に実験時と同様のパラメータであると想定し、FDTD 法により計算した結果を示す. また系前方において各電子密度での電界強度の変化を Fig. 4 に示す. 電子密度 $n_e = 4.0 \sim 5.0 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ のところで電界強度の変化が実験結果と同様の振る舞いをみせた. 結果としてプラズマは中に位置するアンテナには受信信号強度を減少させる様に働くことを確認した. 上記 2 の結果と数値計算結果とを比較したところ概略一致したことを報告する. また系周囲の散乱解析についても発表時に報告する.

Reference: [1] O. Sakai and K. Tachibana, Plasma Sources Sci. Technol. **21**, 013001 (2012). [2] O. Sakai, S. Yamaguchi, A. Bambina, A. Iwai, Y. Nakamura, Y. Tamayama and S. Miyagi, Plasma Phys. Control. Fusion **59**, 014042 (2017). [3] A. Bambina, S. Yamaguchi, A. Iwai, S. Miyagi, and O. Sakai, AIP Advance **8**, 05309 (2018).

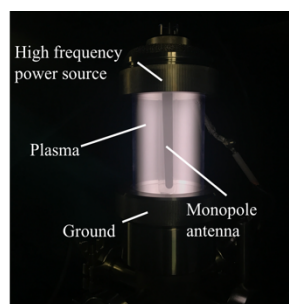


Fig.1 Experimental system.

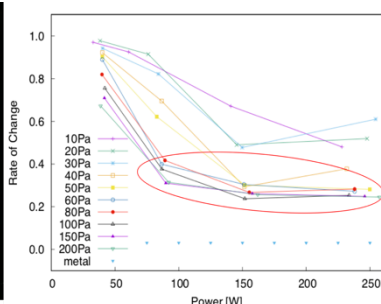


Fig.2 Experimental result.

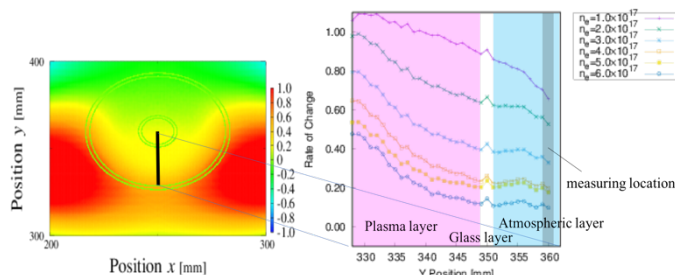


Fig.3 Numerical result when electron density $n_e = 6.0 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$.

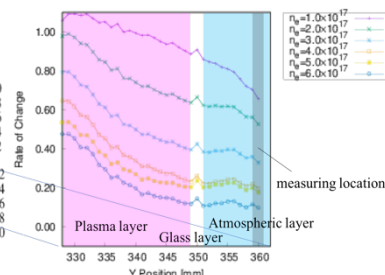


Fig.4 Rate of change of the electric field strength in front of the system in each electron density .