

플라즈마 내에서 평면파의 공진형 흡수를 검증하기 위한 FDTD 시뮬레이션

임영준^{*}, 남상욱

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신공동연구소

yjlim@ael.snu.ac.kr

I. 서론

본 논문에서는 2차원 유한 차분 시간 영역(FDTD) 방법을 이용하여 선형적으로 증가하는 전자농도를 갖는 플라즈마 레이어로 비스듬히 입사하는 TM모드 평면파의 일부 에너지가 공진형 흡수의 형태로 변환되는 현상을 시뮬레이션 하였다. 공진형 흡수가 발생하는 곳의 플라즈마 내부에서는 전자농도의 기울기 방향과 일치하는 강력한 정전기장 층이 형성되며 이러한 정전기장 층은 플라즈마 사이를 통과하는 통신에 이용될 수 있다.

II. 본론

시뮬레이션 상황은 전자의 거동만을 고려하는 2차원 쿨드 플라즈마를 가정하였다. 이 때 플라즈마 내에서의 전자파의 거동을 나타내기 위해서는 Maxwell 방정식, Lorentz 방정식, 그리고 전자농도의 기울기에 의해 발생하는 비선형 벌크 속도에 대한 방정식을 풀어야한다 [1]. 시뮬레이션을 위한 Yee 셀의 구조는 기존 문헌의 구조에 비선형 벌크 속도 항을 추가하여 구현하였다 [2]. 시뮬레이션은 z-방향으로 선형 전자농도를 갖는 플라즈마 반평면에 TM모드 평면파가 수직 입사할 때와 30도의 기울기를 갖고 비스듬히 입사할 경우에 대해 수행되었다. 그 결과 그림 1과 같이 비스듬히 입사하는 평면파에 대해 플라즈마 농도 방향으로의 강력한 정전기장(Ez)이 형성되었다. 이론적으로 공진형 흡수가 일어나는 위치는 입사파의 주파수와 해당 위치에서의 플라즈마 주파수가 일치하는 위치이다. 시뮬레이션 속 플라즈마의 전자농도는 z축 방향으로 $1.0 \times 10^{18} \text{ m}^{-1}$ 의 기울기를 가지며 시뮬레이션의 결과가 이론과 일치하는 것을 확인하였다.

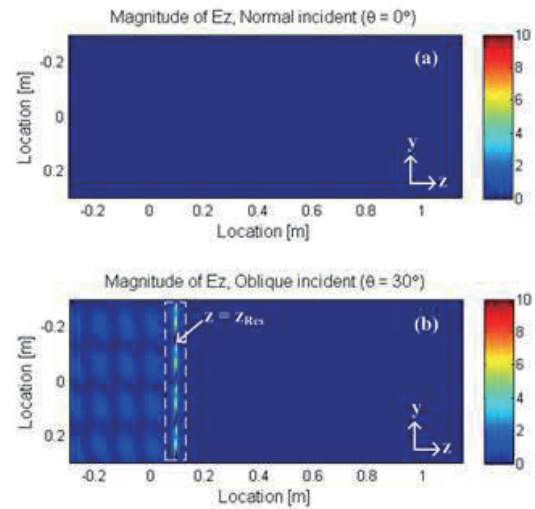


그림 1. 공진형 흡수에 의한 정전기장 (a) 수직 입사할 경우 (b) 비스듬히 입사할 경우(입사각 $\theta = 30^\circ$)

III. 결론

FDTD 방법을 이용하여 선형적으로 증가하는 전자농도를 갖는 플라즈마 내부에서의 공진형 흡수 현상을 정확히 시뮬레이션 할 수 있음을 확인하였고 이는 향후 플라즈마 레이어를 통과하는 통신에 대한 시뮬레이션으로 응용될 수 있다.

Acknowledgement

“이 논문은 2016년도 두뇌한국 21 플러스사업에 의하여 지원되었음.”

참고문헌

- [1] A. O. Korotkevich et al., “Communication through plasma sheaths,” *Journal of Applied Physics*, 2007
- [2] P. D. Cannon et al., , “A GPU-accelerated finite-difference time-domain scheme for electromagnetic wave interaction with plasma,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, pp. 3042-3054, July.2015