

밀리미터파 대역 전파흡수체의 설계 및 제작에 관한 연구

김대훈* · 최창묵** · 최동수*** · † 김동일

*, ***, † 한국해양대학교 전파공학과

** 해군사관학교

A Study on Design and Fabrication of mmwave EM Absorber

Dae Hun Kim · Chang Mook Choi** · Dong Soo Choi*** · † Hang-Man Han*

, *, † Department of Radio Communication Engineering, Korea Maritime University, Busan, 606-791, Korea*

*** Navy Academy, Jinhae, 645-797, Korea*

요약 : 군사적인 용도로 사용 중인 탐지레이더는 사용대역이 점점 광대역화 되고 있으며 최근에는 Millimeter-Wave 영역까지 확장되고 있다. 탐지를 목적으로 하는 군사용 레이더의 Millimeter-Wave 사용대역은 대부분이 35 GHz와 94 GHz 영역이기 때문에 탐지 회파를 위한 전파흡수체의 설계는 필수적인 문제라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 94 GHz 대역의 전파흡수체를 10 dB 이상의 흡수능을 가지도록 개발하기 위하여 연구를 진행하였으며, FDTD를 이용해 시뮬레이션 결과를 토대로 94 GHz 대역의 전파흡수체를 제작한 결과, 조성비 Binder(CPE 외 additional material) : Carbon=70 : 30 wt.%, 두께 0.7 mm에서 14 dB 이상의 흡수능을 나타내었다.

핵심용어 : Detecting radar, Millimeterwave, Military purpose, EM wave absorber, FDTD

ABSTRACT : The bandwidth of detecting radars used for military purpose is increasingly broadened, and recently, the frequency band of the detecting radars is expanding to millimeterwave bands of the millimeterwave bands of 35 GHz and 94 GHz. Since, especially, it is essential and important to fabricate and develop EM wave absorber with the absorption ability more than 10 dB in 94 GHz band, the EM wave absorber was manufactured based on the design method by FDTD simulation. As a result, the developed EM wave absorber with the composition ratio of Binder(CPE with additional materials) : Carbon = 70 : 30 wt.% has the thickness of 0.7 mm and the absorption ability more than 14 dB in the frequency range of 94 GHz.

KEY WORDS : Detecting radar, Millimeterwave, Military purpose, EM wave absorber, FDTD

1. 서 론

본 논문에서는 Carbon을 이용하여 조성비에 따른 최적의 흡수능을 보이는 두께를 FDTD 시뮬레이션에 의해 계산하고 최적 조성비를 바탕으로 전파흡수체를 실제 제작하여 Network Analyzer로 측정 후 FDTD 시뮬레이션에 의한 계산값과 비교 분석하였다.

2. 전파흡수체의 반사계수 측정

* 대표저자 : 김대훈(정회원), daehuneezzang@hanmail.net, 051)410-4932

** 정회원, navsun@naver.com, 051)410-4932

*** 정회원, iamjustok@nate.com, 051)410-4932

† 교신저자 : 김동일(정회원), dikim@hhu.ac.kr, 051)410-4314

2.1 FDTD 시뮬레이션

FDTD는 Maxwell 방정식을 유한차분법을 이용하여 시간과 공간에 이산화시켜 전자기 문제를 분석하는 수치해석법이다. FDTD를 이용하여 전파흡수체의 흡수능을 구하기 위한 시뮬레이션은 먼저 정의된 cell 공간 내에 한쪽 경계면 끝을 Metal plate로 인식시키고, 그 위에 두께와 손실매질이 정의된 전파흡수체가 Metal plate 위에 놓인 것으로 인식시킨 다음, cell 공간 내 적정 지점에서 Gaussian derivative pulse를 입사파로 인가시켜 손실매질인 전파흡수체를 통과하여 Metal plate에 반사되

는 반사파와의 비를 계산하여 수행된다(Christopher L. Holloway, Ronald R. Delyser, Robert F. German, Paul Mckenna, and Motohisa Kanda, 1997).

3차원 해석을 수행할 경우 $\tilde{E}_x, \tilde{E}_y, \tilde{E}_z, \tilde{H}_x, \tilde{H}_y, \tilde{H}_z$ 의 6개 Field를 고려해야하지만, 본 논문에서는 \tilde{E}_x 와 \tilde{H}_y Field를 고려한 TM Mode에서의 1차원 해석을 수행하였다. 정규화된 Maxwell 방정식을 시간과 공간 변화에 대한 유한차분법을 이용하여 나타내면 다음과 같다(Dennis M. Sullivan, 2000).

$$\frac{\tilde{E}_x^{n+1/2}(k) - \tilde{E}_x^{n-1/2}(k)}{\Delta t} = \frac{1}{\epsilon_r \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \mu_{eff}} \quad (20)$$

$$\frac{H_y^{n+1}(k+1/2) - H_y^n(k+1/2)}{\Delta x} = -\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\tilde{E}_x^{n+1/2}(k+1) - \tilde{E}_x^{n+1/2}(k)}{\Delta x} \quad (21)$$

FDTD의 정확한 해석을 위해 안정조건이 고려되어야 한다. 자유공간을 진행하는 전자기파의 진행속도가 빛보다 빠를 수 없기에 한 cell을 전파하기 위한 최소 시간을 다음과 같이 정의한다.

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{\sqrt{2} C_0} \quad (22)$$

FDTD 알고리즘에서 전계와 자계의 값은 갱신된다. 즉, 자계의 각 성분의 값을 계산한 뒤 컴퓨터 메모리에 저장하고 $\Delta t/2$ 시간 후에 전계의 각 성분의 값을 계산한다. 그리고 과도현상이 사라질 때까지 위 과정을 반복하여 수행하게 된다.

2.2 비교 분석

FDTD 시뮬레이션을 이용하여 설계한 두께 0.7 mm 전파흡수체의 흡수능과 실제 제작되어 측정된 흡수능을 비교하여 그림 12에 나타내었다.

시뮬레이션 결과와 측정 결과의 패턴이 비교적 일치함을 알 수 있다.

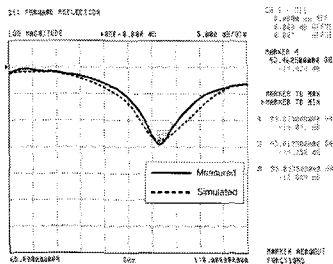


Fig. 12 Comparison of FDTD simulation results and measurement ones. easured result.

5. 결 론

본 논문에서는 특히, 94 GHz 대역에서 10 dB 이상의 흡수능을 가지는 전파흡수체 개발을 위하여 연구를 진행하였으며, FDTD를 이용한 시뮬레이션 결과를 토대로 94 GHz 대역의 전파흡수체를 제작한 결과 조성비 Binder(CPE + additional materials) : Carbon=70 : 30 wt.%, 두께 0.7 mm에서 14 dB의 흡수능을 나타내었다.

후 기

본 연구는 중소기업청과 부산광역시 지원하는 2008년도 산학협력실지원사업의 지원과 지식경제부의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음“ (ITA-2009-(C1090-0902-0034))

참 고 문 헌

- [1] 김동일(2006), 전파흡수체 공학, 대영사.
- [2] 김동일, 최창묵, 고평섭(2006), “ITS의 차량충돌방지 레이더용 전파흡수체 개발,” 전자공학회 논문지, 제43권, TC편 제9호, pp.1-5.
- [3] 문상만, 김현경, 오규창(2003), “항공기 탑재형 밀리미터파 레이더 개발 동향,” 항공우주산업기술동향, 1권, 1호, pp.52-59.
- [4] Chang-Mook Choi et al.(2006), “Development of the Electromagnetic Wave Absorber for 94 GHz Radar Sensors Using Permalloy,” Inter. J. KIMICS, vol.4, no.3, pp.114-117.
- [5] Christopher L. Holloway, Ronald R. Delyser, Robert F. German, Paul Mckenna, and Motohisa Kanda(1997), “Comparison of Electromagnetic Absorber Used in Anechoic and Semi-Anechoic Chamber for Emissions and Immunity Testing of Digital Device.” IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, vol.39, no.1, pp.33-47.
- [6] Dennis M. Sullivan(2000), “Electromagnetic Simulation Using the FDTD method”, IEEE Press series on RF and Microwave Technology.
- [7] GRAHAM M. BROOKER, DAVID BIRCH, JUSTIN SOLMS(2000), “W-Band Airborne Interrupted Frequency Modulated CW Imaging Radar,” IEEE Trans. on Aerospace and Electronic System, Vol. 41, No.3, pp. 955-972.
- [8] T. Soh, O. Hashimoto(2001), “A Study on Millimeter-Wave Absorber Coating for V Band and W Band,” Trans. IEICE, Vol.J84-B, No.8, pp. 1401-1556.