

충돌방지레이더의 허상방지용 전파흡수체에 관한 연구

최창묵 · 임봉택 · 안용운

해군사관학교

A Study on the EM Wave Absorber for Eliminating False Images in Collision-Avoidance Radar

Chang-Mook Choi · Bong-Taek Lim · Yong-Woon Ahn

Korea Naval Academy

E-mail : nav-sun@hanmail.net

요 약

본 논문은 차량 충돌방지 레이더의 허상방지용 전파흡수체를 유전손실재료인 TiO_2 을 이용하여 개발하였다. 먼저 전파흡수체 샘플을 유전손실재료인 TiO_2 와 바인더인 CPE를 사용하여 조성비별 제작하고, 네트워크 아날라이저를 이용하여 측정된 S-parameter로부터 1-Port Method를 이용하여 복소 비유전율을 계산하였다. 그리고 계산된 복소비유전율을 이용하여 전파흡수체를 설계 및 제작한 결과 조성비 $TiO_2:CPE=70:30$ wt.%, 두께 1.85 mm, 주파수 76-77 GHz에서 20 dB 이상의 전파를 흡수하는 전파흡수체를 개발하였다.

ABSTRACT

In this paper, we developed the EM wave absorber for eliminating false images in collision-avoidance radar. First of all, we fabricated some samples in different composition ratio of TiO_2 and CPE. And the relative permittivities of samples are calculated from S-parameter of samples by using 1-port method. We designed and fabricated the EM wave absorber by using the calculated relative permittivity. As a result, the EM wave absorber with composition of $TiO_2:CPE=70:30$ wt% has thickness of 1.85 mm and absorption ability higher than 20 dB in the frequency range 76-77 GHz.

키워드

Absorption ability, EM wave absorber, Fales image, Relative Permittivity, S-parameter

1. 서 론

레이더(RADAR)는 RADio Detection And Ranging의 머리글자를 모은 약어로 그 어원에서 알 수 있는 파와 같이 좁은 빔폭을 갖는 지향성 안테나를 통하여 전자파를 방사하여 임의의 물체에서 반사되는 반사파를 수신함으로써 송수신간의 시간차를 측정하여 표적까지의 거리를 계산할 수 있다. 이와 같이 전자파를 이용하여 표적까지의 거리와 안테나의 방향을 탐지하는 전자장치를 레이더라고 한다. 레이더는 사람의 시계가 확보되지 않는 악천후시나 야간에도 움직이는 물체나 장애물을 관측할 수 있기 때문에 항공기 또

는 선박의 유도나 안전 확보 등에 중요한 역할을 하고 있다[1].

밀리미터파 레이더는 마이크로파에 비해 짧은 파장으로 인해 대기감쇠가 크지만 광대역을 사용할 수 있어 매우 정밀한 위치측정 및 도플러 속도측정이 가능하고, IR이나 광학에 비해 비, 안개, 구름 등의 영향을 적게 받는 장점으로 15년 전부터 군용과 상업용으로 연구 개발되어 활용이 확대되고 있다[2].

특히, 차량 충돌방지 레이더는 밀리미터파 레이더로써 주파수 대역은 76-77 GHz가 이용되고 있으며[3], 미래의 교통시스템으로 활발히 연구가 진행되고 있는 ITS에 정보를 제공하는 기본 센서

로 역할을 수행할 수 있어 운전에도 도움을 줄 뿐 아니라, 차량의 혼잡도 감소에 기여함으로써 에너지 효율 증가 및 물류의 원활한 이동으로 경제 생산성 향상에 크게 이바지 할 수 있다[4].

그러나 차량 충돌방지 레이더는 레이더 특성상 다중반사에 의한 허상으로 오신호가 발생할 수 있으며, 시스템간 상호간섭을 일으킬 수 있기 때문에 전파흡수체를 사용하여 대책을 수립하지 않으면 위험에 노출될 수 있다.

일반적으로 전파를 흡수하는 손실재료는 GHz 대역에서는 ferrite 같은 자성손실 재료를 이용하여 연구가 많이 수행되고 있으며, 특히 MnZn ferrite나 NiZn ferrite 같은 soft ferrites와 Sr ferrite나 Ba ferrite 같은 hard ferrites가 GHz 대역에서 자기적 손실이 증가되어 전파흡수체 재료로서 널리 이용되고 있고[5], 밀리미터파 대역에서는 카본, Permalloy, TiO₂ 등을 이용하여 연구되고 있다[6], [7].

따라서, 본 논문에서는 차량 충돌방지 레이더의 허상방지용 전파흡수체를 개발하기 위하여 유전 손실재료인 TiO₂를 이용하여 조성비에 따른 복소 비유전율을 계산하여 무반사곡선과 비교분석하고, 최적의 조성비를 설정하였으며, 그 결과를 토대로 최적의 전파흡수체를 설계 및 제작하였다.

II. 설계 이론

그림 1의 두께 d 인 전파흡수체에서 입사파와 반사파의 반향손실(Return Loss)은 식 (1)처럼 나타낼 수 있다[8], [9].

$$RL = -20 \log_{10} \left| \frac{z-1}{z+1} \right| [dB] \quad (1)$$

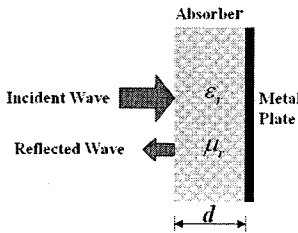
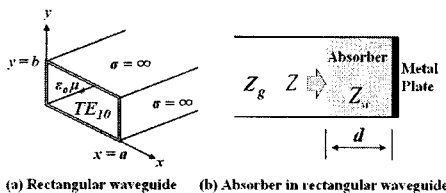


그림 1. 전파흡수체



(a) Rectangular waveguide (b) Absorber in rectangular waveguide

그림 2. 직사각형 도파관내에서의 전파흡수체

그러나, 도파관내에서 전파흡수체를 설계하면 TE₁₀ 모드를 기본모드로 계산을 하여야 하며, 그림 2처럼 나타낼 수 있다.

평면파의 수직입사에 대한 입력임피던스 z 는 도파관내 중공중의 파동임피던스 Z_g 로 정규화시킨 것으로 식 (2)처럼 주어진다[10][11].

$$z = \sqrt{\frac{1-(\lambda/2a)^2}{\epsilon_r - (\lambda/2a)^2}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r - (\lambda/2a)^2} d) \quad (2)$$

여기서, λ 는 입사한 평면파의 자유공간상의 파장이며, ϵ_r 은 복소 비유전율(ϵ/ϵ_0)이다. 또한 완벽한 전파흡수체가 되기 위해서는 z 가 1이 되는 것으로 전파흡수체의 완전정합 조건은 식 (3)과 같다.

$$\sqrt{\frac{1-(\lambda/2a)^2}{\epsilon_r - (\lambda/2a)^2}} \tanh(j \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_r - (\lambda/2a)^2} d) = 1 \quad (3)$$

III. 복소비유전율 측정

3.1 전파흡수체 샘플 제작

본 논문에서는 전파흡수체의 주재료로 유전 손실재료인 TiO₂를 사용하였으며, 바인더로서 CPE (chlorinated polyethylene)를 사용하였다. 전파흡수체 제작과정은 먼저 Mixer에서 카본과 CPE를 조성비별 혼합하고, 본 연구실에서 자체 제작한 Open Roller를 이용하여 70 °C의 일정한 온도[12]에서 두께 1 mm, 2 mm의 Sheet형 전파흡수체 샘플을 제작하였다. 그림 3은 전파흡수체 제작과정이다.

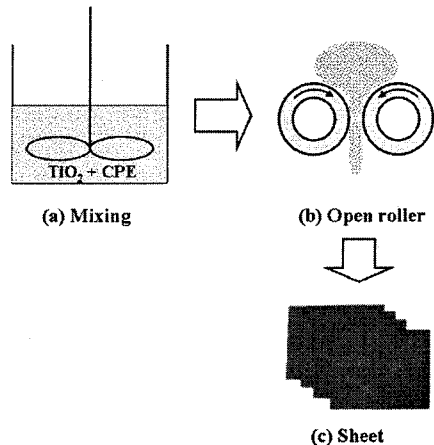


그림 3. 전파흡수체 제작과정

3.2 측정 시스템

그림 4와 같이 가로 2.54 mm, 세로 1.27 mm의 Jig에 조성비에 따라 제작된 전파흡수체 시료를 제작하여 삽입한 후 그림 5와 같이 Anritsu사의 ME7808A Vector Network Analyzer에 연결하여 S-parameter를 측정하였다. 그리고 측정 데이터를 1-port method인 ℓ -2 ℓ 법[13]을 이용하여 복소비유전율 ϵ_r 을 계산하였다.

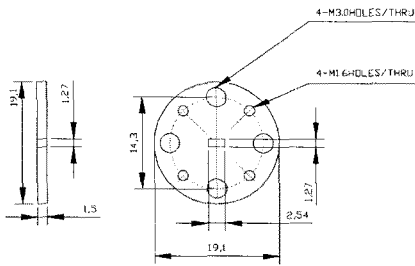


그림 4. 측정에 사용된 Sample Holder

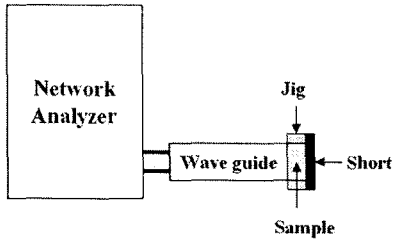


그림 5. 전파흡수능 측정 시스템

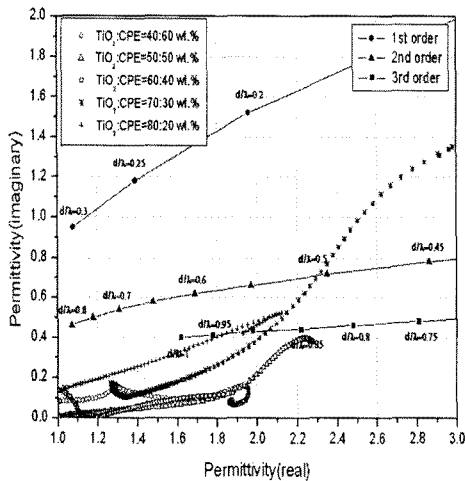


그림 6. 무반사곡선에 도시된 조성비별 샘플의 복소비유전율

3.3 측정 결과

계산된 복소비유전율 ϵ_r 을 식(3)의 무반사 조건식의 해와 그림 6에 도시하였다. 그림 6에서 보이는 바와 같이 무반사 곡선과 거의 교차하는 점에서 최적의 전파흡수체를 실현할 수 있기 때문에 최적의 조성비를 $\text{TiO}_2 : \text{CPE} = 70 : 30 \text{ wt.}\%$ 로 설정하였다.

IV. 전파흡수체의 전파흡수능 측정

무반사곡선에 도시된 조성비별 샘플의 복소비유전율로부터 설정한 최적의 조성비 $\text{TiO}_2 : \text{CPE} = 70 : 30 \text{ wt.}\%$ 를 이용하여 차량 충돌방지 레이더용 전파흡수체를 설계한 결과, 상용주파수 76-77 GHz에서 두께 1.85 mm로 20 dB 이상의 전파를 흡수하는 전파흡수체를 설계하였으며, 설계결과는 그림 7에 나타내었다.

설계결과를 토대로 전파흡수체를 실제 제작하여 측정결과 그림 7과 같이 설계 값과 일치하는 것을 볼 수 있으며, 두께 1.85 mm로 전파흡수능 20 dB 이상으로 측정되었다.

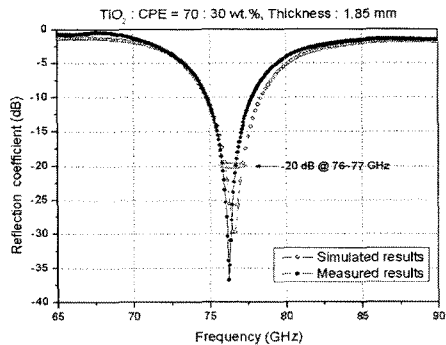


그림 7. 시뮬레이션과 실측 반사계수 비교

V. 결론

본 논문은 차량 충돌방지 레이더의 허상방지용 전파흡수체를 유전손실재료인 TiO_2 을 이용하여 개발하였다. 먼저 전파흡수체 샘플을 유전손실재료인 TiO_2 와 바인더인 CPE를 이용하여 조성비별 제작하고, 측정된 S-Parameter로부터 복소비유전율을 계산하여 무반사곡선과 함께 도시한 결과 TiO_2 을 70 wt.% 함유한 샘플이 최적의 전파흡수체 제작이 가능함을 확인하였다. 따라서 이 샘플을 이용하여 충돌방지 레이더용 전파흡수체를 설계 및 실제 제작한 결과 시뮬레이션값과 실측값이 잘 일치하는 특성을 보였으며, 결과적으로 전파흡수체를 두께 1.85 mm로 상용주파수 76-77 GHz에서 전파흡수능 20 dB 이상으로 개발하였다.

참고문헌

- [1] 문상만, 김현경, 오규창, "항공기 탑재형 밀리미터파 레이더 개발 동향," *항공우주산업 기술동향* 1권, 1호, pp. 52-59, 2003.
- [2] Graham M. Brooker, David Birch, Justin Solms, "W-band Airbone Interrupted Frequency Modulated CW Imaging Radar," *IEEE Trans. Aerospace & Electronic System*, vol.41, no.3, pp.955-972, July 2005.
- [3] Mark E. Russell, Arthur Crain, Anthony Curran, Richard A. Campbell, Clifford A. Drubin, William F. Miccioli, "Millimeter-Wave Radar Sensor for Automotive Intelligent Cruise Control(ICC)," *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech.*, vol.45, no.12, pp.2444-2453, Dec. 1997.
- [4] 이상주, 박공만, "자동차 충돌방지용 밀리미터파 레이더 기술동향," *전자공학회지*, 제26권, 제10호, pp.1016-1024, 1999.
- [5] Jae-Man Song et al., "Dependence of electromagnetic wave absorption on ferrite particle size in sheet-type absorbers," *J. Korea Phys. Soc.*, vol.42, no.5, pp.671-675, May 2003.
- [6] 김동일, 최창목, 고팡섭, "ITS의 차량 충돌방지 레이더용 전파흡수체 개발," *전자공학회 논문지*, 제43권, TC편 제9호, pp.1-5, 2006.
- [7] Dong Il Kim, Chang-Mook Choi, Rui Lie, and Dae Hee Lee, "A Study on Electromagnetic Wave Absorber for W-Band Radars Using Permalloy," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E90-B, No.8, pp. 2138-2142, Aug. 2007.
- [8] T. Soh, O. Hashimoto, "A Study on Millimeter-Wave Absorber Coating for V Band and W Band," *IEICE Trans. Commun.*, Vol.J84-B, No.8, pp. 1401-1556, Aug. 2001.
- [9] David M. Pozer, *Microwave Engineering*, 3rd ed., J. Wiley & Sons, 2005.
- [10] O. Hashimoto, *Introduction to Wave Absorber*, Morikita Shuppan, Tokyo, 1997.
- [11] 김동일, *전파흡수체 공학*, 대영사, 2006.
- [12] Sang-Hyun Moon et al., "Development of composite Ba ferrite EM wave absorbers for GHz frequency," *J. Korea Electromag. Engin. Soc.*, vol.14, no.12, pp. 1329-1334, Dec. 2003.
- [13] Y. Naito, *Electromagnetic Wave Absorbers*, New Ohm, Tokyo, 1987.