

논문 19-9-7

## 전도체 형성 방법에 따른 유무기 복합재료 안테나의 고주파 특성

### Microwave Properties of Organic-inorganic Composite Material Antenna with Various Fabrication Method of Conduction Material

박상훈<sup>1,a</sup>, 성원모<sup>1</sup>

(Sang-Hoon Park<sup>1,a</sup> and Won-Mo Seong<sup>1</sup>)

#### Abstract

Antennas were fabricated by physical(adhesive) and chemical(deposition+plating) method on organic-inorganic composite material. And antennas were measured dielectric constant and gain. Dielectric constant of antennas were fabricated by physical method was decreased with increase of adhesive tape thickness and number of conduction material composition. But antennas were fabricated by chemical method was reached to 90 % of dielectric material. Gain of antennas were fabricated by physical method was decreased with increase of adhesive tape thickness. But they were unrelated with conduction material composition. The other side antennas were fabricated by chemical method excelled more 0.8 dBic than antennas were fabricated by physical method in gain of antenna. Finally, chemical method can expect excellent product process because it can produce smaller size, higher gain and elimination of many handworks.

**Key Words** : Antenna, Microwave property, Sputtering, Plating, Organic-inorganic composite material

#### 1. 서 론

현대인들은 다양한 전자기기를 사용하며 생활한다. 최근 이러한 전자기기들은 소비자들의 다양한 욕구에 의해 복합화 되면서 하나의 전자기기가 다양한 기능을 발휘할 수 있도록 개발되고 있다[1,2]. 또한 휴대성이 강조되면서 소형화 되고 있다. 이러한 발전은 점점 줄어드는 공간에 점점 더 많은 부품이 들어가야 하는 상황을 초래하게 되어 부품간의 간섭 가능성을 높이게 된다[3]. 이와 같은 문제를 방지하기 위해서는 다양한 부품들의 소형화를 통한 독립화가 필요하다. 이러한 소형화 추세에는 주변 환경에 민감한 안테나도 예외일 수 없다. 안테나의 소형화 방법으로는 높은 유전율(high dielectric constant)의 소재를 사용하는 것을 들 수

있다[4,5]. 현재 이러한 소재로 높은 유전율과 낮은 유전손실을 가지는 무기물과 기계적 강도가 높고, 치수 안정성이 우수하여 낮은 단가의 생산이 용이한 유기물을 복합화한 유무기 복합재료가 활용되고 있다[6-9]. 그러나 안테나는 소형화가 이루어지게 되면 그에 따른 안테나의 특성 저하가 초래된다. 따라서 이러한 소재의 유전율을 효과적으로 활용하여 소형화 시키고, 그 한정된 공간에서 안테나 특성을 최대화할 수 있는 전도체 형성 기술이 요구된다.

이에 본 논문에서는 유무기 복합재료를 유전체로 이용하여 동일 공간에 다양한 방법으로 전도체를 형성하여 안테나를 제작하고 고주파 대역에서의 특성을 비교하였다.

#### 2. 실험

본 논문에서는 그림 1과 같이 유무기 복합재료를 유전체로 사용하여 휴대용 RFID 리더기용 안테나를 제작하였다.

1. (주)E.M.W. 안테나

(서울시 금천구 가산동 459-24)

a. Corresponding Author : shpark@emwantenna.com

접수일자 : 2006. 5. 12

1차 심사 : 2006. 7. 18

심사완료 : 2006. 8. 7

2.1 유무기 복합재료 안테나 제작

유전체로 사용한 유무기 복합재료의 유전율은 가로 100 mm, 세로 100 mm, 높이 9 mm의 사각 판넬 시편을 사출하여 측정하였고, 안테나는 같은 크기에 높이 3 mm로 사출하여 제작하였다. 유전체의 크기는 휴대 가능하면서 안테나 특성 비교에 가장 적절한 크기를 선택하였다. 유전율의 측정 주파수 범위는 200 MHz에서 3 GHz로 8753D Network Analyzer (Hewlett-Packard)와 85070C Dielectric Probe Kit(Agilent) 을 사용하여 측정하였다.

측정된 유전율 결과를 바탕으로 회로 패치 크기를 계산하고, 표 1과 같은 조건으로 사각 유전체 위에 물리적인 방법(3M, 접착테이프)과 화학적인 방법(화학증착+도금)으로 전도체를 형성하였다. 제작한 안테나는 RHCP(right handed circularly polarization) 특성을 보이도록 하였고, 전도체 면적을 조절하여 906 ~ 918 MHz 대역에서 공진이 일어나도록 하였다. 제작한 안테나의 단면은 그림 2와 같다.

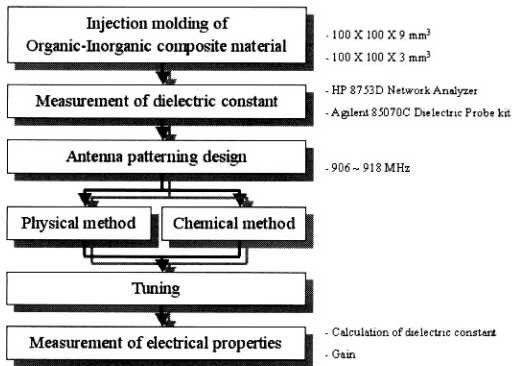


그림 1. 안테나 제작 순서.  
Fig. 1. Fabrication procedure of antenna.

표 1. 안테나 제작 조건.

Table 1. Fabrication conditions of antenna.

Method	Composition	Thickness	
Physical	Adhesive Tape	50, 130 $\mu\text{m}$	
	Conduction material	FR4 ( $\epsilon_r \approx 4$ )	Cu 30 $\mu\text{m}$ + Ni 3 $\mu\text{m}$ + Au 0.05 $\mu\text{m}$
		Metal	Cu plate 100 $\mu\text{m}$
Chemical	Sputtering / Plating	Cu 0.05 $\mu\text{m}$ / 25 $\mu\text{m}$	
Dielectric material	Dielectric constant (at 906 ~ 918 MHz)	8.28, 11.27, 17.43	

2.2 유무기 복합재료 안테나의 고주파 특성 분석

제작한 안테나의 전기적 특성을 비교하기 위하여 906 ~ 918 MHz 대역에서 측정하였고 가장 높은 이득을 취하였다. 측정은 무반사실(MTG)에서 8753D Network Analyzer(Hewlett-Packard)를 사용하였다. 그 측정 환경은 그림 3과 같다.

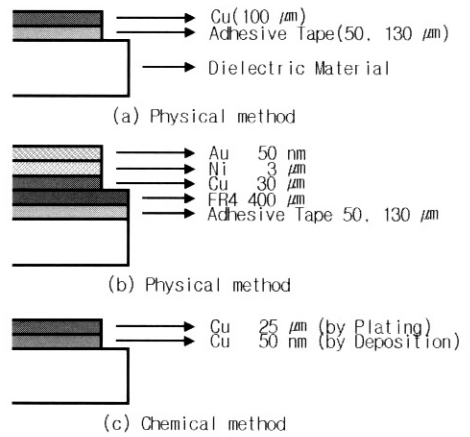


그림 2. 제작한 안테나 단면.  
Fig. 2. Cross section of fabricated antenna.

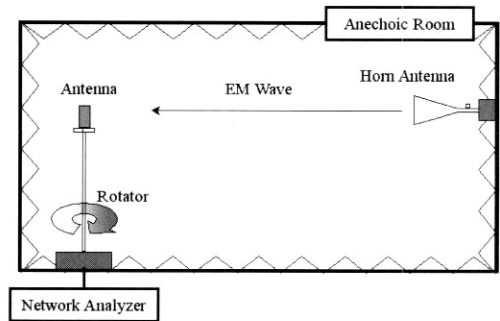


그림 3. 안테나 측정 환경.  
Fig. 3. Measurement environment of antenna.

3. 결과 및 고찰

3.1 안테나 제작 조건에 따른 실험 유전율의 변화

그림 4는 본 논문에서 유전체로 사용한 유무기 복합재료의 유전율 측정결과이다. 200 MHz에서 3 GHz 대역에서 각 유전체의 평균 유전율은 8.27, 11.29, 17.34로 측정되었고 이를 각각 A, B, C로 명명하였다. 본 논문에서 공진이 일어나도록 설계한

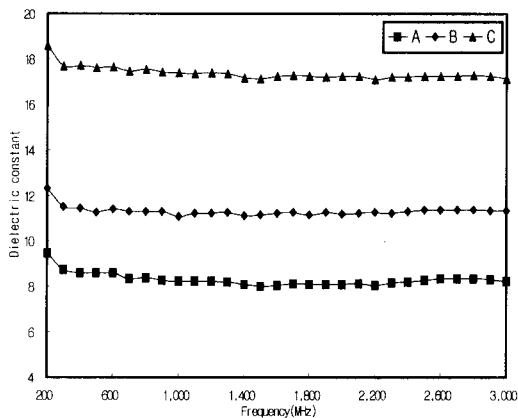


그림 4. 유무기 복합재료의 주파수에 따른 유전율.  
 Fig. 4. Dielectric constant of organic-inorganic composite material at various frequencies.

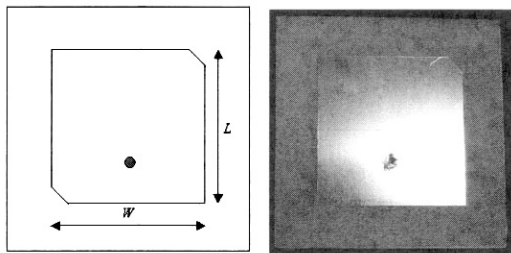


그림 5. 제작한 안테나.  
 Fig. 5. Implemented antenna.

906 ~ 918 MHz 대역에서는 A가 8.28, B가 11.27, C가 17.43으로 측정되었다.

유전율 킷을 이용하여 측정된 유전체 자체의 유전율을 참조하여 A, B, C 유전체 위에 그림 5와 같이 사각형의 전도체를 표 1과 같은 조건으로 형성하여 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나에서 전도체 길이 L 값을 측정하고 식 (1)을 이용하여 계산함으로써 안테나 제작에 따른 각 유전체의 실효 유전율 변화를 확인하였다.

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \times \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (1)$$

식 (1)에서  $\lambda$ 는 파장(Wavelength),  $c$ 는 진공에서의 빛의 속도(Speed of light in vacuum,  $3 \times 10^8$  m/s),  $f$ 는 주파수(Frequency, Hz),  $\epsilon_{re}$ 는 실효유전율(Reflective dielectric constant, 이하  $\epsilon_r$  또는

Dielectric constant로 통일하여 표시)이다[10].

유전체 A에 두께가 다른 접착 재료와 다른 종류의 전도체로 제작된 안테나의 L값을 측정하였다. L값을 식 1을 이용하여 실효 유전율을 계산하였고 그 변화를 그림 6에 나타내었다. 중간 매질인 접착 재료의 두께가 두꺼워짐에 따라 L값이 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 전도체와 유전체간 중간 매질이 실효유전율 변화에 영향을 미치는 것을 말한다. 그리고 이종의 전도체에 따라서는 FR4 기판을 사용하였을 때 더 낮은 실효 유전율을 보였다. 이는 전도체에 부가된 FR4의 유전율이 반영되어 전체 실효 유전율을 낮추었기 때문이다.

그림 7은 본 논문에서 사용한 유전체의 유전율과 다양한 제작 조건에 따른 안테나들의 실효 유전율 계산값 및 그 변화율을 나타낸 것이다. 실효 유전율은 유전율에 무관하게 중간 매질의 두께가 증가할수록 그리고 유전체에 비해 상대적으로 낮은 유전율의 매질이 추가될수록 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 특히 유전율이 높은 유전체를 사용하였을 때 그 실효 유전율의 변화 폭이 큰 것을 알 수 있다. 시료들 중 가장 유전체의 유전율에 가까운 것은 화학적인 방법으로 전도체를 형성한 안테나로 유전체 대비 약 91 %의 실효 유전율을 보였다. 이는 실시한 화학적인 방법이 유전체와 도전체 사이 중간 매질 없이 상호 직접적인 접촉으로 형성된 것이기 때문에 가장 유전체의 유전율에 가까운 값을 나타낸 것이다. 따라서 유전체의 유전율을 가장 효율적으로 활용하기 위해서는 유전체와 전도체 간의 중간 매질을 최소화해야 함을 알 수 있었다.

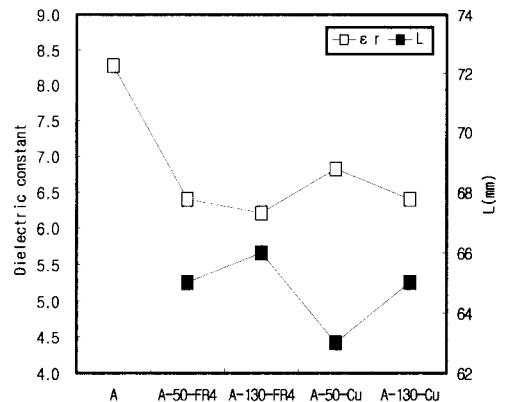


그림 6. 유전체 A의 유전율 측정값과 안테나 제작에 따른 실효 유전율.  
 Fig. 6. Dielectric constant of pure material A and fabricated antenna.

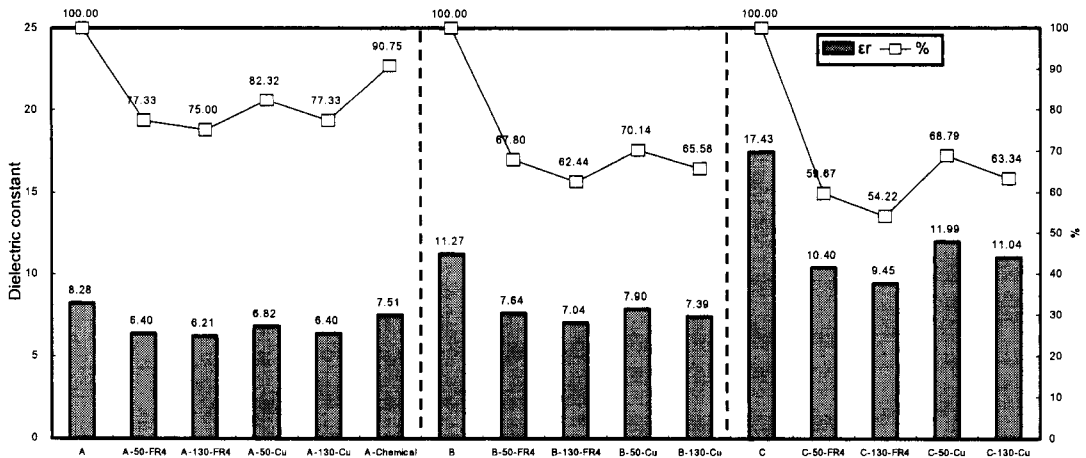


그림 7. 유전체의 유전율과 안테나 제작 후의 유전율 비교 및 그 변화율.

Fig. 7. Dielectric constant and change percentage of dielectric materials and fabricated antennas.

3.2 안테나 제작 조건에 따른 이득의 변화

다양한 방법으로 제작한 안테나를 906 ~ 918 MHz 주파수 대역에서 이득을 측정하여 비교함으로써 동일 공간에서 가장 유리한 제작 방법을 확인하였다.

그림 8은 접착 재료의 두께에 따른 안테나의 이득 변화이다. 전도체가 동일한 경우 중간 매질인 접착 재료의 두께가 얇아수록 안테나 이득이 좋은 것을 확인할 수 있다. 이는 유전율 감소 효과와 같이 유전체의 전기적 특성을 활용하는데 있어 중간 매질의 두께 감소가 그 영향을 최소화할 수 있음을 말한다. 그러나 전도체의 형성 재질에 따라서는 그 차이가 측정 오차 범위 내에서 나타나 안테나 이득의 우수성을 명확하게 판단하기 어려웠다.

그림 9는 유전체의 유전율 별로 전도체를 형성한 재료에 따른 안테나의 이득 변화를 확인한 것이다. 동일한 접착 재료 두께에서 유전체의 유전율에 무관하게 FR4 기판을 사용한 전도체 형성 방식의 안테나 이득이 오차 범위 내에서 약간 높은 것으로 확인되었다. 그러나 그 차이는 미미하여 명확히 판단하기 어려웠다.

물리적인 제작 방법은 접착 매질의 최소화를 통해 안테나 이득이 향상되는 것을 확인할 수 있었으나 전도체 형성 조건에 따라서는 그 차이가 뚜렷하지 않아 유리한 방법을 판단하기 어려웠다. 이에 안테나 제작 후 실효 유전율이 유전체에 가장 가까웠던 화학적인 전도체 형성방법과 비교함으로써 안테나 제작에 유리한 방법을 확인해보았다.

그림 10은 본 논문에서 실시한 물리적인 방법으로 제작한 안테나 중 가장 높은 이득을 나타냈던

시료 A-50-FR4와 A-50-Cu를 화학적인 방법으로 전도체를 형성한 A-Chemical과 이득을 비교한 것이다. 그 결과는 물리적 방법으로 제작한 안테나 중 가장 높은 이득을 가진 A-50-FR4에 비해 A-Chemical이 0.8 dBic 우수한 것으로 확인되었다. 이는 화학적인 방법으로 안테나를 제작하였을 때 불연속면과 간격이 최소화되고 패치 크기가 작아짐으로써 상대적으로 그라운드의 크기가 커지는 효과가 동시에 이루어졌기 때문이다.

화학적인 안테나 제작 방법은 사용하는 유전체의 유전율을 효과적으로 활용할 수 있고 안테나의 성능인 이득도 함께 높일 수 있는 가장 유리한 방법임을 확인할 수 있었다.

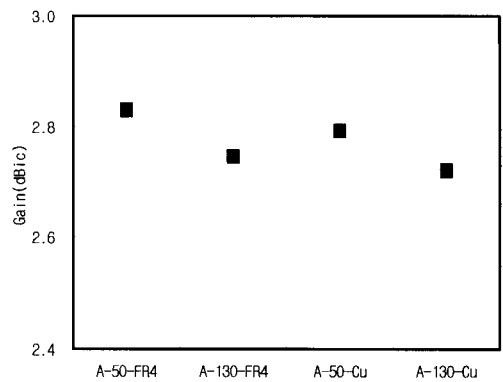


그림 8. 접착 재료의 두께에 따른 이득의 변화.

Fig. 8. Gain of fabricated antenna with thickness of adhesive.

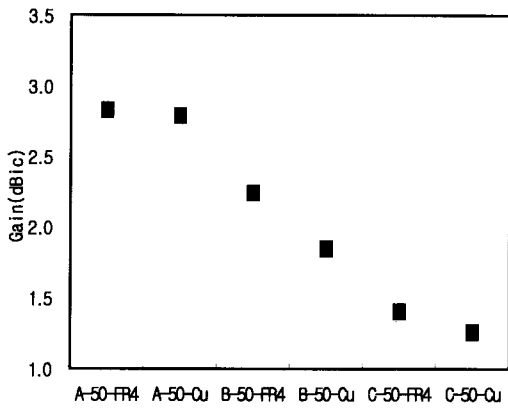


그림 9. 유전체의 유전율에 따른 안테나의 이득의 변화.

Fig. 9. Gain of fabricated antenna with dielectric constant.

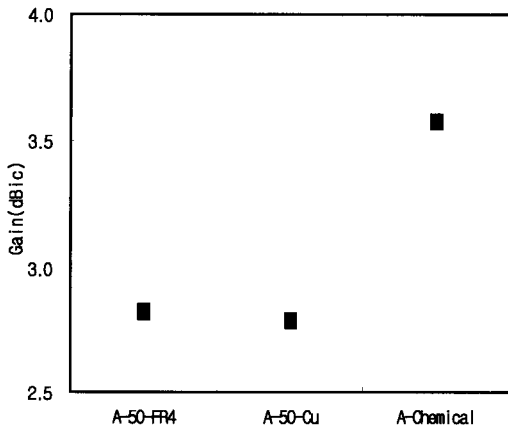


그림 10. 물리적인 방법과 화학적인 방법에 따른 안테나의 이득의 변화.

Fig. 10. Gain of fabricated antenna by physical and chemical method.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 다양한 유전율의 유무기 복합재료를 유전체로 사용하여 동일 공간에서 안테나의 전도체를 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 형성함으로써 그 특성을 비교하고 안테나 제작에 유리한 방법을 판단하였다.

실험 결과 유전체의 실효 유전율과 안테나의 이득은 유전체와 전도체간 간격, 중간 매질의 종류와

그 구성에 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 실효 유전율의 변화는 제작에 사용한 유전체의 유전율이 높을수록 다양한 전도체 형성 조건들에 의해 소재가 가지고 있는 유전율 대비 감소하는 폭이 큰 것을 확인할 수 있었다. 그리고 전도체 형성 방법에 따라서는 화학적인 방법이 원소재의 유전율에 90 % 이상의 실효 유전율로 확인되어 안테나 소형화를 위한 유전율 활용에 가장 효과적인 것으로 확인되었다. 또한 제작된 안테나의 이득 비교에서도 화학적인 방법은 물리적인 방법으로 전도체를 형성한 안테나 중 가장 우수한 것보다 0.8 dBic 높은 결과를 나타냈다.

본 논문에서 실시한 화학적인 전도체 형성 방법은 물리적인 방법에 비해 동일 공간에서 유전체와 전도체간의 간격과 전도체의 불연속면을 최소화할 수 있었다. 이는 물리적인 방법과 비교하여 안테나의 소형화와 이득을 함께 향상시킬 수 있고, 그 제조 공정을 감소시킬 수 있는 이점이 있어 안테나 제작에 더 효율적인 방법임을 확인할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 선도기반기술개발사업 지원으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] 방재철, "B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 첨가된 (Zn<sub>0.8</sub>Mg<sub>0.2</sub>)TiO<sub>3</sub> 마이크로파 유전체 세라믹스의 저온 소결", 전기전자재료학회논문지, 19권, 1호, p. 29, 2006.
- [2] 지경용, 김문구, 김택식, 강지은, "휴대인터넷 서비스 수요 및 사업 전망", 대한전자공학회지, 30권, 8호, p. 803, 2003.
- [3] 김창제, 최형도, 서광석, 윤호규, "분쇄형 탄소 섬유/나일론 복합재료의 전기적 성질과 전자파 차폐 효율", 한국고분자학회, 27권, 3호, p. 201, 2003.
- [4] M. P. Seabra, A. N. Salaka, V. M. Ferreira, J. L. Ribeiro, and L. G. Vieirab, "Dielectric properties of (1-x)La(Mg<sub>1/2</sub>Ti<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>.xSrTiO<sub>3</sub> ceramics", Journal of the European Ceramic Society, Vol. 24, p. 2995, 2004.
- [5] R. J. Cava, "Dielectric materials for applications in microwave communications", Journal of Materials Chemistry, Vol. 11, p. 54, 2001.

- [6] G. K. Prasad, T. Takei, Y. Yonesaki, N. Kumada, and N. Kinomura, "Nanocomposite based on poly(*N*-octadecyl-2-ethynyl pyridinium bromide) and  $Mg_{0.04}Nb_{1.66}O_5$  nano sheets", *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 24, p. 2995, 2004.
- [7] G. C. Vezzoli, M. F. Chen, and J. Caslavsky, "New high dielectric strength materials: micro/nanocomposites of suspended Au clusters in  $SiO_2 / SiO_2Al_2O_3-Li_2O$  gels", *Ceramics International*, Vol. 23, p. 105, 1997.
- [8] C. Cui, R. H. Baughman, Z. Iqbal, T. R. Kazmar, and D. K. Dahlstromb, "Improved piezoelectric ceramic/polymer composites for hydrophonic applications", *Synthetic Metals*, Vol. 85, p. 1391, 1997.
- [9] 박수진, 서민강, "고분자 복합재료의 계면 특성", *한국고분자학회*, 29권, 3호, p. 221, 2005.
- [10] J. S. Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip filters for RF/microwave applications", *Wiley Series in Microwave and Optical Engineering*, p. 80, 2001.