



Advanced Radiation Performance for Mobile Phone Antennas with Magneto-Dielectric Sheet

Yong-Jin Kim*

Department of Information & Communication System, Daejeon Campus, Korea Polytechnics

ABSTRACT

Due to the advanced development of wireless technologies, mobile communication systems have developed into a 4G LTE system, recently. It is important to implement the antenna with a small size and a broadband characteristic for the 4G LTE system. It has been considered to use magnetic materials for the mobile antenna implementation. However, because of the high loss of magnetic materials in the UHF band, it is in fact difficult to apply the antenna of cellular frequency bands. So, the magnetic materials are applied mainly to the low frequency antenna using several tens of MHz as like NFC antenna. To overcome the frequency limit according to the loss of the magnetic materials, it has been researched for low-loss magneto-dielectric materials available in the cellular frequency band. In this paper, the antenna structure with magneto-dielectric material sheet is proposed so as to minimize the loss of magnetic material in the cellular frequency band. The magneto-dielectric material sheet is shaped with hexa-ferrite composites which is fabricated by Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd. By applying the magneto-dielectric sheet to the mobile phone antenna of the cellular frequency band, it is demonstrated by measuring the advanced performance characteristics of the antenna resulting a compact size and wide-band characteristics.

© 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Antennas, Magnetic materials, ferrite sheets, small antennas, wideband antennas

ARTICLE INFO: Received 18 March 2016, Revised 14 April 2016, Accepted 14 April 2016.

*Corresponding author is with the Department of Information & Communication System, Daejeon Campus, Korea Polytechnics, 352-31 Uam-ro Dong-gu, Daejeon,

34503, KOREA.

E-mail address: yjin@kopo.ac.kr

1. 서 론

최근 무선 통신 기술의 지속적인 성장으로 인해 셀룰러 통신시스템은 3G WCDMA에서 4G LTE로 발전하였다. 셀룰러 통신시스템에서 주파수 대역은 800~900MHz 대역의 Low band와 1800~2100MHz의 High band가 사용된다. 4G LTE 시스템에서는 지원되는 주파수 대역이 3G에 비해 추가로 확대되었다, 특히 Low band 에서 800~900MHz에서 700~900MHz로 주파수 대역이 확장되었다[1-2]. 이는 넓은 광대역을 지원하는 안테나가 필수적이라는 의미이다. 따라서 4G LTE용 휴대단말은 소형이면서 광대역 특성을 갖는 안테나들의 설계와 제조가 가장 중요한 이슈이다[3],[9],[12],[14]. 휴대 단말 안테나는 작은 크기와 높은 성능을 가진 평판 형태의 안테나가 유리하다. 평판 안테나는 이론적으로 고 유전율 또는 고 투자율 특성을 가진 기판을 사용함으로써 크기를 소형화 할 수 있다. 지금까지는 고투자율을 갖는 자성체의 손실 특성 때문에 셀룰러 통신용 안테나에서는 고유전율을 가지는 안테나가 주로 사용되었다[4]. 그러나 이러한 고유전율 안테나는 주파수대역이 감소하고 표면파를 발생시켜 낮은 방사효율 특성을 나타내고 어레이 안테나에서는 높은 결합 특성을 가진다. 또한 안테나 급전을 위해 사용되어지는 전송선로의 높은 리액턴스 성분 때문에 임피던스 매칭이 어렵다. 이 때문에 안테나 소형화와 방사성능 개선을 위해 고유전율과 고투자율을 동시에 갖는 저손실 자성유전체에 대한 관심이 증가하였다[15].

현재 NFC(Near Field Communication) 시스템에 소형 안테나의 대표 격인 자성체 안테나가 적용되고 있다. 사용 주파수는 13.56MHz 으로서 셀룰러 통신 주파수 대비 매우 낮은 주파수를 사용한다[5]. 자성체는 주파수가 증가할 수록 손실이 증가하는 특성을 가지므로 셀룰러 통신 주파수 대역에서 사

용이 어렵다. 그러나 최근 셀룰러 통신용 단말기에 MIMO 안테나의 구현과 성능확보를 위해 자성유전체를 이용하여 안테나 소형화와 대역폭 개선을 동시에 이루기 위한 연구가 이루어지고 있다[6-8].

본 논문에서는 자성유전체 시트를 이용한 안테나의 성능개선 특성에 대해 살펴본다. 논문 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 자성체의 특성에 대해 살펴본다. 제 3장에서는 자성유전체 시트를 적용한 안테나 성능에 대해 살펴본다. 제 4장에서 결론을 기술한다.

2. 자성체 시트 특성

안테나 설계에서 안테나 기판의 비투자율(relative permeability) μ_r 이 1보다 큰 값을 가지면 안테나 소형화, 넓은 주파수 대역, 광대역 임피던스 매칭 등 많은 장점을 얻을 수 있다. 그러나 서론에서 기술하였듯이 NFC 안테나 기판으로 사용되는 자성체는 μ_r 이 100~150정도로 매우 높고 셀룰러 통신 주파수 대역에서 직접 사용하기에는 자성체 손실이 매우 크다.

따라서 UHF 대역의 셀룰러 통신 주파수 대역에서 적용을 위한 자성체는 μ_r 을 10 이내로 낮추는 대신 보다 높은 주파수까지 사용할 수 있도록 하는 헥사페라이트(hexagonal-ferrite) 계열의 자성체를 사용한다[10].

본 논문에서 사용하는 자성체의 투자율값이 상대적으로 높지 않지만 고주파수 특성이 좋은 hexa-ferrite 계열의 Hexagonal 페라이트 시트를 사용한다. 페라이트와 같은 자성체는 <그림1>과 같이 FMR(Ferri-Magnetic Resonance) 주파수 근처에서 투자율이 급격히 증가한다[11].

특히 주파수 증가에 따라 투자율의 허수부가 급격히 증가하는 메카니즘을 가지는데 이는 자성체에 의한 손실이 급격히 증가함을 나타낸다. 따라서

자성체를 고주파 대역에서 사용하기 위해서는 이 FMR 주파수 값을 높이는 게 필요하다.

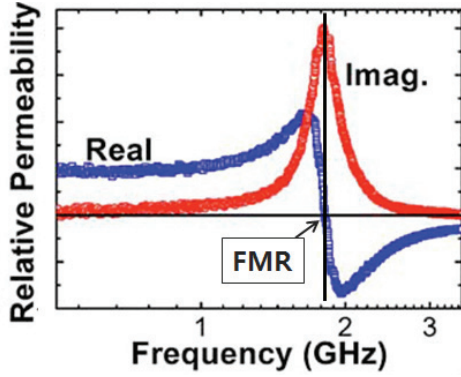


그림 1. 자성체 투자율
Figure 1. Permeability of Magnetic Materials

FMR 주파수는 Snoek Limit로부터 식 (1)과 같이 구해진다[8].

$$(\mu_r - 1)f_{FMR} = \gamma \cdot 4\pi M_s \quad (1)$$

여기서 μ_r 은 비투자율이고 γ 는 자기회전비 (gyromagnetic ratio), M_s 는 포화 자속이다.

이 자성체를 벌크 형태에서 두께가 얇은 필름 또는 시트 형태로 구현하면 FMR주파수를 식(2)와 같이 증가시킬 수 있다[8].

$$(\mu_r - 1)f_{FMR} = \gamma \cdot 4\pi M_s \sqrt{\mu_r} \quad (2)$$

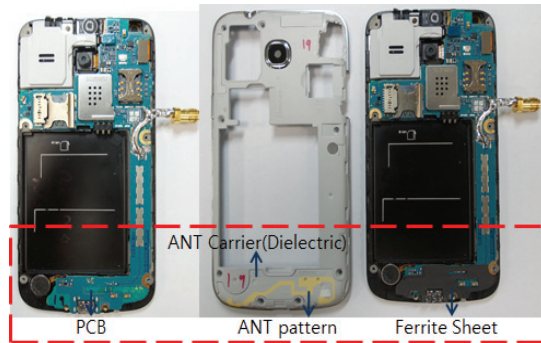
즉, FMR 주파수를 $\sqrt{\mu_r}$ 배 만큼 증가시킴으로써 손실 값이 낮은 자성체의 사용주파수 범위를 확대할 수 있다.

본 논문에서 사용된 자성체 시트는 Hexagonal 페라이트 계열 자성체로서 약 2GHz 근처에서 FMR 주파수를 가지며 삼성전기의 마그네틱 필름 제작 프로세스에 의해 제작되었다. 제작된 Hexagonal 페

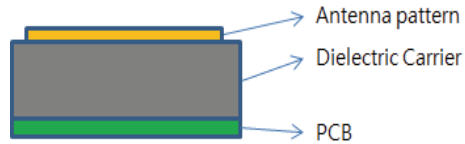
라이트 시트는 FMR주파수 기준으로 왼쪽의 주파수 안정구간에서 유전율 $\epsilon_r \approx 7$, 투자율 $\mu_r \approx 3$, $\tan\delta_m \leq 0.1$ 의 값을 가진다. 이제부터 Hexagonal 페라이트 시트는 유전율과 투자율을 동시에 갖고 있기 때문에 자성유전체라고도 칭한다.

3. 자성유전체 시트 안테나 구조 및 성능

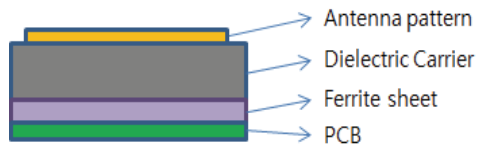
본 장에서는 제 2장에서 살펴본 자성체를 이용하여 자성유전체 시트 안테나의 성능을 비교한다.



(a) Photo



(b) Cross section of Reference Antenna



(c) Cross section of Ferrite sheet Antenna

그림 2 자성유전체 시트 안테나
Figure 2 Antenna Structure with magneto-dielectric sheet

기준 안테나는 삼성 스마트폰 SM-G350의 메인 (main) 안테나를 사용한다. SM-G350 안테나는 셀룰

러 통신시스템의 Low Band 대역과 High Band 대역을 동시에 지원하므로 자성체 시트의 주파수에 따른 손실 특성을 High Band까지 파악할 수 있다.

안테나의 형태는 <그림 2>와 같다. PCB 기판위에 안테나 캐리어 역할을 하는 후면 커버(Rear cover)가 있고 기준 안테나는 후면 커버 상에 인몰드(in-mold) 방식으로 안테나 패턴이 인쇄 된다.

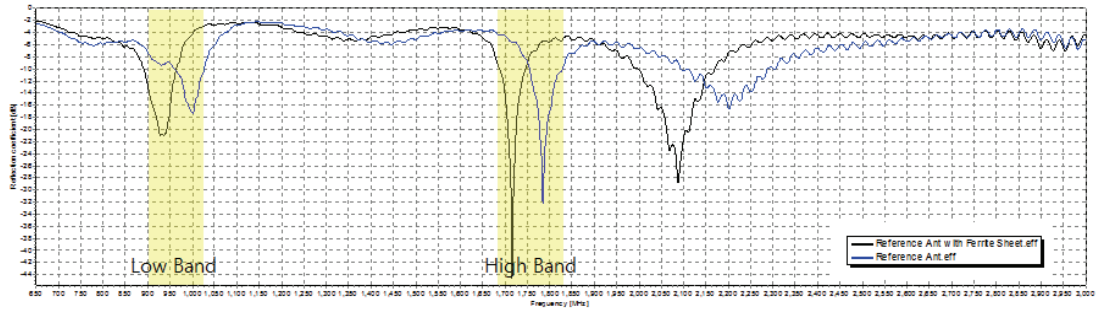
자성유전체 시트 안테나는 PCB상에 Hexagonal 페라이트 시트가 부착된다. 안테나 캐리어와 안테나 패턴은 기준 안테나와 동일하다. 자성유전체 시트의 두께는 안테나 패턴의 높이가 변하지 않도록 안테나 캐리어 내의 활용 공간을 고려하여 1mm로 제작하였다.

기준 안테나와 자성안테나의 주파수에 따른 반

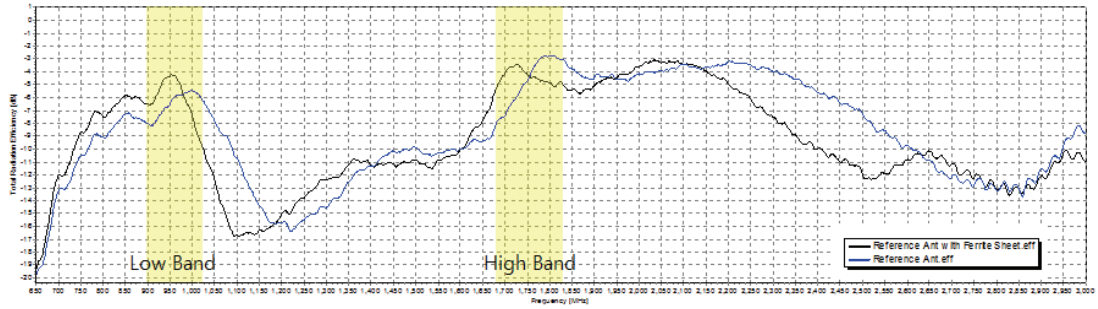
사손실(Return Loss, RL)과 안테나 이득은 그림 3과 같이 측정된다. 측정 데이터는 Blue Test사의 Reverberation chamber인 RTS-60에서 측정하였다.

그림 3(a)에서 기준 안테나의 Low band인 1차 공진주파수는 1GHz 이고, RL=-10dB 기준으로 주파수 대역폭은 65MHz이다. High band의 2차 공진주파수는 1.785GHz이고 RL=-10dB 기준으로 주파수 대역폭은 75MHz이다.

자성유전체 시트 안테나는 기준안테나 상단에 자성체시트를 부착한 구조로 Low band의 공진주파수는 930MHz로 이동하고 주파수 대역폭은 85MHz(@RL=-10dB)이다. 그리고 High band의 공진주파수는 1.716GHz이고 주파수 대역폭은 60MHz(@RL=-10dB)이다.



(a) Return Loss



(b) Antenna Gain

그림3 측정 결과
Figure 3 Measurement Results

자성유전체 시트 안테나의 공진주파수 특성은 기준안테나와 비교하여 Low band에서 70MHz의 공진주파수 이동이 나타난다. 안테나 대역폭은 공진주파수가 낮은 주파수로 이동하였음에도 대역폭은 오히려 약 20MHz의 대역폭 증가를 보인다. 이로부터 자성유전체가 일반 유전체보다 높은 투자율과 유전율을 가지면서도 Q factor가 높지 않음을 알 수 있다.

반면 High band에서 자성유전체 시트 안테나의 공진주파수 특성은 기준안테나 대비 69MHz의 공진주파수 이동이 낮은 주파수쪽으로 나타나지만 주파수 대역폭은 오히려 15MHz의 대역폭 감소를 보인다. 이는 자성체 시트가 High band에서 자성유전체 시트의 Q factor가 증가하였고 자성유전체 투자율의 손실 특성인 허수항이 증가하였음을 알 수 있다.

Low band 공진주파수에서 기준안테나와 자성유전체시트의 Return Loss는 각각 -17dB와 -21dB이다. 이로부터 자성유전체 시트에 의해 Return Loss가 4dB 개선됨을 알 수 있다. 그림 3(b)의 측정데이터로부터 Return Loss의 개선은 자성유전체의 손실에 의한 것이 아니라 안테나 이득 개선으로 인한 것임이 확인된다. 즉, 공진 주파수에서 기준 안테나는 -5.4dBi의 안테나 이득을 보이나, 자성유전체 시트 안테나는 -4.2dBi의 안테나 이득을 나타낸다. 이로부터 자성유전체 시트 안테나는 Low band에서 20MHz의 안테나 대역폭 개선과 공진주파수에서 1.2dB의 안테나 이득 증가를 가져옴을 알 수 있다.

반면 High band의 공진주파수에서도 기준안테나 대비 자성유전체 시트의 Return loss가 Low band처럼 개선되었으나 자성유전체 시트 안테나 이득은 최대 0.8dB 정도의 성능 저하가 나타난다. 이러한 이유는 High band에서 개선된 것처럼 보이는 Return Loss가 Low band에서처럼 안테나 이득 개

선에 의한 것이 아니라 자성유전체 시트의 손실이 충분히 개선되지 않았기 때문이다. 이로부터 High band에서 자성유전체 시트안테나의 이득 저하가 나타난 것은 본 논문에서 사용한 자성유전체 시트의 FMR 주파수가 High band 까지 커버할 수 있을 정도로 충분히 개선되지 못하였음을 알 수 있다.

4. 결 론

자성유전체 시트 안테나 구조는 안테나 공진주파수를 낮추면서도 주파수 대역폭과 안테나 이득을 동시에 개선한다. 즉, 안테나의 공진 주파수가 70MHz 아래로 이동하면서도 기준 안테나 대비 오히려 20MHz의 주파수 대역 증가와 함께 1.2dB의 안테나 이득 개선을 보인다. 이것은 자성유전체 시트를 적절히 사용함으로써 안테나의 공진 주파수를 낮추면서도 광대역을 확보할 수 있고 이는 안테나 소형화에 유리하다. 본 논문에서는 제작된 자성유전체 시트 안테나를 통해 자성유전체를 1GHz 근방의 셀룰러 통신 대역인 Low Band에서 성능개선 됨을 실증하였고 2GHz 이하의 High band에서도 큰 안테나 성능저하 없이 사용가능한 수준임을 보였다. 향후 2GHz 이상의 High band 대역까지 안테나 성능 개선을 할 수 있는 자성유전체 시트의 성능개선과 구조에 대한 후속 연구가 필요하다.

References

- [1] 3GPP, *Understanding 3GPP release 12 standards for HSPA+ and LTE-advanced enhancements*, Feb. 2015.
- [2] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevez, and E. C. Reyes, *The evolution to 4G cellular systems : LTE-Advanced*, Physical

- Communication 3, pp. 217-244, 2010.
- [3] C. J. Reddy, *Antenna design considerations for LTE mobile applications*, IEEE Antennas & Propagation Society on Nov. 8, 2011.
- [4] K. L. WONG, *Planar antennas for wireless communications*, Wiley, Hoboken, NJ, 2003.
- [5] A. Gupta, S. Baudha, and S. Pandey, *13.5 MHz RFID(NFC) antenna design for dedicated mobile applications with results*, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology, pp. 210-214, Vol. 1, No. 4, Jun. 2012.
- [6] J. Y. Lee, J. K. Heo, J. H. Lee, and Y. H. Han, *Design of small antennas for mobile handsets using magneto-dielectric material*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, pp. 2080-2084, Vol. 60, No. 4, 2012.
- [7] H. Mosallaei, and K. Sarabandi, *Antenna miniaturization and bandwidth enhancement using a reactive impedance substrate*, IEEE Trans. Antennas Propag., pp. 2403-2414, Vol. 52, No. 9, 2004.
- [8] G. M. Yang, X. Xing, A. Daigle, O. Obi, M. Liu, S. Stoute, K. Naishadham, and N. X. Sun, *Loading effects of self-biased magnetic films on patch antennas with substrate /superstrate sandwich structure*, IET Microwaves, Antennas & Propagation., pp. 1172-1181, 2010.
- [9] G. Breed, *Basic principles of electrically small antennas*, pp. 50-53, High Frequency Electronics, 2007.
- [10] Ü. Özgüri, Y. Alivov, and H. Morkoç, *Microwave ferrites, Part 1: Fundamental properties*, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2009.
- [11] J. Lou, R. E. Insignares, Z. Cai, K. S. Ziemer, M. Liu, and N. X. Sun, *Soft magnetism, Magnetostriction and microwave properties of FeGaB thin films*, Appl. Phys. Lett. 91, 18254, 2007.
- [12] H. Mosallaei, and K. Sarabandi, *Magneto-dielectrics in electromagnetics: Concept and applications*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 52, No. 6, Jun. 2004.
- [13] Z. N. Chen, M. Y. W. Chia, *Broadband planar antennas: Design and applications*, Wiley, Dec. 2005.
- [14] J. Y. Choi. *The analysis of characteristics and the design of the small antenna with the improved bandwidth for global location satellite signal receiving*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems(JKITS), Vol. 9, No. 2, pp. 303~308, Apr. 2014.
- [15] Y. Shirakata, N. Hidaka, M. Ishitsuka, A. Teramoto1, and T. Ohmi, *High permeability and low loss Ni-Fe composite material for high-frequency applications*, pp. 2100-2106, IEEE Transactions ON Magnetics, Vol. 44, No. 9, Sep. 2008.

자성유전체 시트를 이용한 휴대폰 안테나 방사 성능 개선

김용진

한국폴리텍대학 대전캠퍼스 정보통신시스템과

요 약

최근 무선통신 기술의 발전으로 인해 이동통신 시스템은 4G LTE로 발전하였다. 4G LTE용 휴대 단말은

소형이면서 광대역 특성을 갖는 안테나 구현이 중요하다. 그동안 안테나 구현을 위해 자성체를 이용한 안테나가 고려되었으나 UHF 대역에서의 높은 손실 때문에 셀룰러용 안테나에 적용이 어려웠다. 이로 인해 자성체 물질은 주로 NFC 안테나처럼 수십 MHz의 저주파용 안테나에 주로 적용되었다. 자성체물질의 손실에 의한 사용 주파수 제한을 극복하기 위해 셀룰러 대역에서 이용가능한 저손실 자성유전체 물질에 대한 연구가 이루어져왔다. 본 논문에서는 셀룰러 주파수 대역에서 적용 가능하도록 자성체 손실을 최소화 하는 자성유전체 시트를 가진 안테나 구조를 제안한다. 자성유전체 시트는 삼성전기에서 제조된 hexa-ferrite 복합물질로 제작되었다. 이 자성체 시트를 모바일 폰에 적용하여 자성유전체 시트 안테나가 소형화와 광대역 특성을 가지면서 동시에 개선된 방사 성능 특성을 가짐을 측정 데이터를 통해 비교 실증한다.



Yong Jin Kim received the bachelor's degree in the Department of Electronic Communication Engineering from the Dongeui University in 1994. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Electronic Communication Engineering from Hanyang University in 1996 and 2002, respectively. From 2002 to 2015, he was a principal engineer of Antenna Group at Samsung Electronics Co., Ltd. He has been a professor in the Department of Information & Communication System at Korea Polytechnics since 2015. His current research interests include antenna, RF/Microwave devices. He is a member of the KKITS.

E-mail address: yjin@jkopo.ac.kr