

Ga-doped ZnO 투명전도막의 RFID 안테나 응용

한재성, 이석진, 정대환, 김정연, 박재환, 임동건, 임승우*

충주대학교

RFID Antenna Based on Ga-doped ZnO Transparent Conducting Oxide

Jae-Sung Han, Seok-Jin Lee, Tae-Hwan Jung, Jeong-Yeon Kim, Jae-Hwan Park, Dong-Gun Lim, Seong-Woo Lim*
Chungju National University

Abstract : 본 연구에서는 ZnO계 투명전극 소재를 이용하여 RFID 태그 안테나에 적용 가능성 여부를 확인하였다. Si 기판위에 RF 스퍼터링 공정에 의해 Ga-doped ZnO 투명 마이크로스트립 스파이럴 안테나를 2 μ m를 증착하여 구현하고 그 전기적 특성을 측정하였다. HFSS 전자계 시뮬레이터를 사용하여 13.56MHz HF 주파수 대역에서 태그 안테나로서의 가능성을 검증한 후 Ga-doped ZnO 타겟을 사용한 RF 스퍼터링 공정에 의하여 스파이럴 안테나 패턴을 구현하였다. 마이크로스트립 선폭 및 선 간격을 50~200 μ m 영역에서 조절하면서 안테나 패턴을 설계하였다. S 파라미터, 자기공진주파수 및 Q 값을 시뮬레이션으로부터 도출하였다. Al 2 μ m 증착한 시편에 비하여 약 -10dB 정도의 이득저하가 발생하였으나 리더-태그를 밀착시킨 조건에서 1.7V (13.56MHz) 전압검출이 가능하였다.

Key Words : Ga-doped ZnO, 투명전도막, 마이크로스트립, 안테나, RFID.

1. 서론

최근 정보통신기술의 발전은 유비쿼터스화, 컨버전스화, 융복합화의 경향을 강하게 나타내고 있다. 이러한 측면에서 투명전자소자의 경우 기본적인 능동 수동적인 전자적 기능 이외에 종래에 구현하기 어려웠던 투명성을 확보할 수 있어 혁신적인 다기능성을 구현할 수 있어 많은 관심을 끌고 있다. 투명전자소자 중에서 특히 많이 연구되었던 것은 투명트랜지스터와 투명전도막이었으나 향후 투명 집적회로, 투명안테나 등 더욱 다양한 투명전자소자가 개발된다면 투명전자시스템의 발전을 가속화할 수 있을 것이다. 이러한 차원에서 본 연구에서는 투명전도막의 대표적 소재인 ZnO계 반도체를 사용하여 투명한 RFID 루프 안테나를 제작하고 그 특성을 평가하고자 하였다.

RFID(Radio Frequency Identification)는 통신 IC칩과 무선을 통해 제품, 식품, 동물 등 다양한 개체의 정보를 관리할 수 있는 인식 기술이다. RFID의 경우 현재까지 제품식별 및 품질관리에 주로 사용되어 왔던 바코드 시스템에 비해 월등한 장점(무선링크, 다중검지, 고속동작 등)이 있어 향후 물류, 제품관리, 품질관리 등에 급속히 보급될 것으로 전망된다 [1]. RFID 시스템은 리더와 태그시스템으로 구성되며, 태그의 경우 라벨형태의 태그가 대부분 사용되고 있다. 라벨형 태그의 경우 저가격으로 제조가 가능하지만, 태그의 크기와 넓이로 인해 사용용도의 제한이 따르는 문제점을 안고 있다. 따라서 세계적으로 태그를 소형화하려는 움직임이 일어나고 있다 [2-3]. 한편 투명한 RFID 시스템이 개발된다면 유리 등 투명소재에 적용이 가능하므로 다양한 신기능성을 창출할 수 있을 것이다.

2. 실험

본 연구에서 적용한 RFID 주파수대역은 HF (13.56MHz)로 설정하였으며, 이 때 안테나 구조는 자기결합방식의 루프구조가 된다. 태그 안테나의 전기적 특성 예측을 위하여 유한요소법 (FEM) 기반의 3차원 전자계 시뮬레이터인 HFSS (v6.0, Ansoft)를 사용하였다. 마이크로스트립 안테나의 구조는 선폭 50~200 μ m, 선간 간격 50~100 μ m, 턴수 1~20턴 사이의 범위에서 안테나 루프의 S parameter, 자기공진주파수 (SRF) 및 Q 값을 계산하였다.

본 연구에서는 Ga-doped ZnO를 투명전극으로 사용하였으며 4 인치의 GZO (ZnO 95 wt% : Ga₂O₃ 5 wt%) 타겟으로 유리 기판(corning glass 1737) 위에 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 GZO 박막을 증착하였다. 공정은 모두 상온에서 실시하였다. 최적의 공정조건은 표 1에 정리된 바와 같다.

표 1. GZO 박막증착 공정조건.

Parameters	conditions
Target	ZnO:Ga (ZnO: 95 wt%, Ga ₂ O ₃ : 5 wt%)
Target - Substrate distance	50 mm
Substrate temperature	RT
Ar gas	20 sccm
RF power	90W
Process pressure	5 mTorr

마이크로스트립 라인의 구현은 표준적인 포토리소그라피 및 리프트오프 공정을 적용하여 시행하였다.

3. 결과 및 토의

먼저 HFSS 시뮬레이션에 의하여 GZO가 적용된 RFID

안테나의 특성을 예측해 보았다. 특히 반도체공정에서 전극용으로 표준적으로 사용되는 Al 전극과 본 연구에서 적용하고자 하는 GZO 전극간의 차이점을 비교해 보았다. 해석시간의 단축을 위하여 단일 루프구조를 가지고 비교해 보았다. 리더 안테나의 경우 양 쪽 모두 동일한 구조로 하여 Port 1으로 설정하였으며, 태그 안테나를 Port 2로 설정하여 S21 값을 계산하였다. 리더 안테나와 태그 안테나 사이 거리는 5~50mm 범위에서 설정하였다.

그림 1에 HFSS 모델 셋업을 나타내었다. 리더-태그간 거리를 40mm로 동일하게 하고 1턴 구조의 Al 전극 안테나와 GZO 전극 안테나의 특성을 비교하였다. Al 전극 안테나의 경우 리더안테나와의 커플링 S21 값은 -40dB 정도로 계산되며, GZO 안테나의 경우는 -50dB로 나타난다. GZO 루프 안테나의 경우 Al 재질에 비해 15dB의 감쇄가 예측된다. 이는 그림 1에 나타내었듯이 GZO의 전도도가 250,000(S/m)로서 Al의 전도도 38,000,000(S/m)에 비해 크게 떨어지기 때문이다. 커플링이 매우 약하게 된 이유는, 시뮬레이션 모델이 송신, 수신 루프 모드 1턴으로 설계되었기 때문이다.

마이크로스트립 라인의 저항성분은 도선의 저항성분에 가장 크게 영향을 받으며 그 외에도 표피효과 (skin effect), 근접효과 (proximity effect) 등에 의해 종합적으로 나타나게 된다. 한편 시뮬레이션 모델 셋업에서 리더-태그간 운용거리를 40mm에서 10mm 정도로 줄여서 계산하면 S21 값은 +10dB 정도가 향상된다. 이를 통해 GZO 안테나를 적용하는 경우 운용거리를 짧게 하면 Al 재질의 안테나 대비 커플링이 부족해 지는 문제는 해결가능함을 알 수 있다. 실제 시스템 운용에서는 리더-태그간 운용거리를 단축하는 것 뿐 아니라, 리더 안테나의 출력을 증강시킴으로서 GZO 안테나가 적용된 태그의 운용거리를 확보할 수도 있을 것이다.

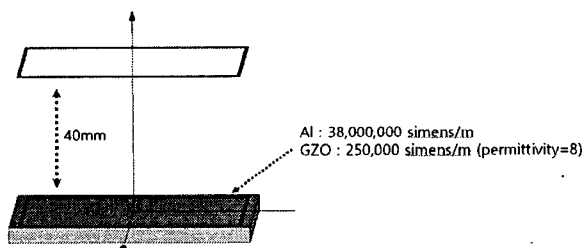


그림 1. GZO 마이크로스트립 안테나의 전기적 특성 해석을 위한 HFSS 시뮬레이션 모델.

이상과 같이 단일루프에서의 기본적인 특성을 파악한 결과를 토대로 하여, 10턴 구조를 갖는 루프 안테나 구조에 대하여 시뮬레이션을 진행하였다. 8mm×8mm 면적의 유리기판 위에 선폭 100 μ m, 선간간격 100 μ m으로 10회전의 사각루프를 갖는 시뮬레이션 모델을 형성하고 주파수 13.56~113.56MHz 범위에서 S 파라미터 및 Q 값을 계산하

였다. 그 결과 SRF는 80MHz 정도로 나타났으며, Q 값은 4 정도로 다소 낮은 값이 예측되고 있다. 이는 GZO의 다소 낮은 전도도에 기인한다.

그림 2에는 실제 제작된 GZO 마이크로스트립의 표면구조를 나타내었으며 그림 3에는 10턴 구조로 실제 제작된 GZO 마이크로스트립 루프 안테나의 광학현미경 사진을 나타내었다. 리프트오프 공정이 비교적 정확하고 안정적으로 이루어져 마이크로스트립의 치수정밀도가 5 μ m 이내로 잘 유지되고 있다. 실제로 제작된 GZO 마이크로스트립의 비저항은 8.3×10⁻⁴으로 측정되었고, 광투과도는 90% 이상으로 나타났다. 한편 실제로 제작된 마이크로스트립 안테나를 리더안테나로부터 10mm 정도의 거리에서 운용할 때 13.56MHz, Vpp=1.7V 정도의 출력전압이 얻어졌다.

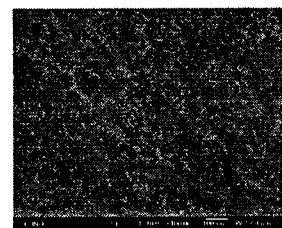


그림 2. 제작된 GZO 마이크로스트립 안테나의 표면 구조.

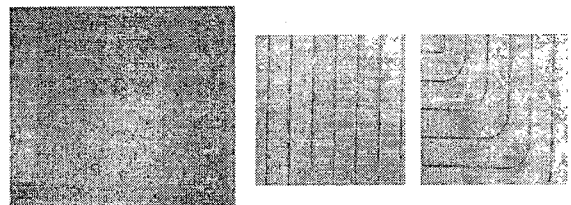


그림 3. (a) 유리기판에 구현된 GZO 마이크로스트립 루프 안테나의 형상. (b) 마이크로스트립 선로의 상세한 형상.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고 문헌

- [1] K. Domdouzis, B. Kumar, C. Anumba, "RFID applications: A brief introduction", Adv. Engineering Informatics, p.350, 2007.
- [2] M. Usami, "An ultra small RFID chip: μ -chip", Proc. RFIC, p.241, 2004.
- [3] J. Burghartz, B. Rejaei, "On the design of RF spiral inductors on silicon", IEEE trans. on Electron Devices, V.50, p.718, 2003.