

박막 증착공정으로 Si 기판위에 구현된 RFID 태그 안테나

정태환, 김정연, 박승범, 이석진, 안상기, 우덕현, 권순용, 임동건, 박재환
충주대학교

RFID Tag Antenna on Si Substrate by Thin-film Deposition Process

Tae-Hwan Jung, Jung-Yeon Kim, Seong-Beom Park, Seok-Jin Lee, Sang-Ki Ahn, Deok-Hyun Woo, Soon-Yong Kwon,
Dong-Gun Lim, Jae-Hwan Park
Chungju National University

Abstract : Small RFID tag antenna were fabricated on Si substrate and their physical and electrical properties were evaluated. With decreasing the size of tag antenna on Si substrate, small SMD-type RFID tags could be fabricated, which is very useful for PCB tracking. Firstly, tag antenna pattern and the electromagnetic properties were simulated with HFSS. The frequency was 13.56MHz, the line-width and line-gap were modeled in the range of 50~200 μ m. S parameters, SRF, and Q value were calculated from geometry. When the line-width and line-gap were 100 μ m and the loop-turn was 10, the SRF was 80MHz and the Q value was ca. 9. When the microstrip antenna pattern of aluminum was fabricated by using DC sputtering, Vpp of ca. 1.6V was obtained when the reader-tag distance was 40mm.

Key Words : CMOS process, RFID Tag, Microstrip antenna, Silicon substrate

1. 서 론

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]. Si에 구현된 초소형 RFID 태그 개발을 위하여는 Si 기판에서의 마이크로스트립 안테나 설계, 관련 CMOS 공정, 특성 평가 등이 연구되어야 하며, 관련 선행연구는 국내외적으로 매우 드물다. 본 연구에서는 8mm×8mm 면적의 실리콘 기판위에서 RFID 마이크로스트립 안테나를 설계하고, 제조한 후 그 특성을 평가하여 초소형 RFID 태그 구현의 가능성을 확인하고자 하였다.

2. 실험

본 연구에서 적용한 RFID 주파수대역은 HF (13.56MHz)로 설정하였으며, 이 때 안테나 구조는 자기결합방식의 루프 구조가 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 1~20 턴 사이의 범위에서 안테나 루프의 S parameter, 자기공진 주파수 (SRF) 및 Q 값을 계산하였다.

안테나 제작을 위하여 먼저 다양한 형상의 마이크로스트립 안테나 패턴의 포토마스크를 제작하여 포토리소그라피 공정을 시행하였다. 전극패턴의 증착은 DC 스퍼터링 공정에 의해 구현하였다. 4" Al 타겟을 사용하였으며, Ar 3m~7m Torr 분위기 하에서 60~100W 전력으로 30~60분간 스퍼터링하여 Al 전극의 두께를 1~2 μ m 범위에서 조절하였다. 최종적인 안테나 패턴은 아세톤에 의한 lift-off 공정에 의해 얻었다.

3. 결과 및 검토

먼저 HFSS 시뮬레이션에 의하여 상용 라벨태그에 비하여 Si 기판에 구현된 소형 안테나의 이득이 얼마나 저하되는지 예측하여 보았다. 상용 라벨태그의 경우 투명필름 위에 구현되며 통상적으로 한 번이 20~50mm 정도인 사각 루프 형태이며 선폭은 0.5~2mm 정도이다. 본 연구에서 구현하고자 하는 안테나는 Si 기판위에 구현되며 한 번의 크기는 10mm 이하이다. 이러한 구조의 차이를 표 1 및 그림 2와 같은 모델로 설정하여 HFSS 시뮬레이션 하였다. 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.

리더-태그 거리가 40mm인 경우에 상용태그의 S21 값은 -40dB로 계산되었다. 커플링이 매우 약하게 된 이유는, 시뮬레이션 모델이 송신, 수신 루프 모드 1턴으로 설계되었기 때문이다. Si기판을 적용한 태그의 경우 S21 값은 -61dB로 계산되었다. 이득 값이 상용태그에 비하여 -21dB 정도로 크게 저하한 이유는 Si기판 태그의 경우 루프면적이 상용태그에 비해 작고 (~4%), 전극두께가 얇으며 (~8%), 실리콘 기판에 의한 손실이 초래되기 때문이다. Si

기판 태그와 리더 안테나와의 거리를 8mm 정도로 줄여서 계산하면 Si 기판태그의 S21 값은 -40dB 정도로 향상된다. 이를 통해 Si 기판태그의 운용거리를 짧게 하면 커플링의 부족문제는 해결가능함을 알 수 있다. 실제 시스템 운용에서는 리더-태그간 운용거리를 단축하는 것 뿐 아니라, 리더 안테나의 출력을 증강시킴으로서 Si기판 태그의 운용거리를 확보할 수도 있을 것이다.

표 1. 시뮬레이션 모델 설정 조건.

	상용태그	Si기판 태그
루프형태	사각	사각
루프크기	40mm×40mm	8mm×8mm
기판구조	Polyester 100 μ m	SiO ₂ 3 μ m
		Si 500 μ m
전극	Cu 25 μ m	Al 2 μ m

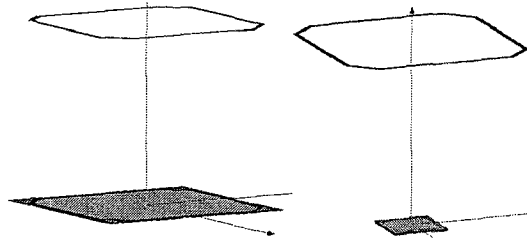


그림 1. HFSS 시뮬레이션 모델. (a) 폴리스티렌기판의 40×40mm 태그안테나, (b) Si기판의 10×10mm 태그안테나.

이상과 같이 단일루프에서의 기본적인 특성을 파악한 결과를 토대로 하여, 10턴 구조를 갖는 루프 안테나 구조에 대하여 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 4 (a)에 나타난 것과 같이 8mm×8mm 면적의 Si 기판 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 계산하였다. 모델에서 인덕티브의 양단에 50ohm으로 부하가 형성된 포트를 인가하고, S 파라미터의 크기 및 위상을 스미스차트상에 표현하였다.

주파수에 따른 S11 값을 살펴보면, 먼저 13.56MHz에서 수십 ohm의 저항 (ZR)값이 발생하고 있는데 이는 Al 도선의 저항성분, 표피효과 (skin effect), 근접효과 (proximity effect) 등에 의해 종합적으로 나타난 것이다 [6]. 초소형의 크기로 안테나를 구현하게 되면, 선폭 및 선간간격이 감소함으로 인하여 직렬저항 성분 값을 피할 수 없게 된다. 한편 주파수가 증가함에 따라 안테나 루프의 인덕턴스 성분 보다 캐패시턴스 (선간 및 선-기판간) 성분에 의한 커플링이 강화되면서 S parameter의 위상값이 0으로 수렴하는데 이 상태의 주파수가 자기공진주파수 (SRF)이다. 태그 안테나의 설계에 있어 운용주파수는 SRF의 20% 이하가 바람직하며, 그림 4에서의 SRF는 80MHz 정도로 나타나고 있어 그 조건은 만족되고 있다.

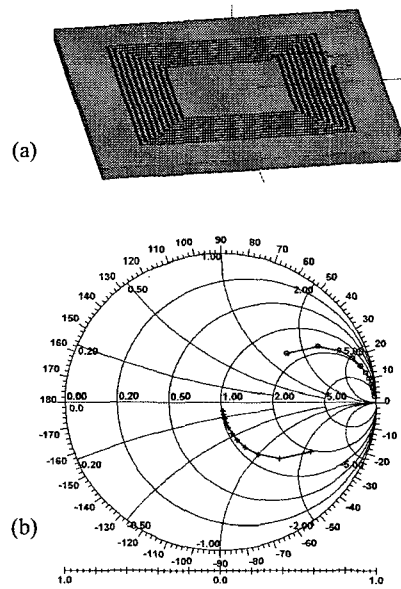


그림 2. (a) 10턴 구조 안테나 시뮬레이션 모델. (b) 주파수변화에 따른 S11(적) 및 S21(청).

그림 5에는 실제로 제작된 마이크로스트립 안테나 샘플이다. 40mm 정도의 거리에서 13.56MHz에 근접하는 주파수 특성과, Vpp=1.64V 정도의 값이 얻어졌다.

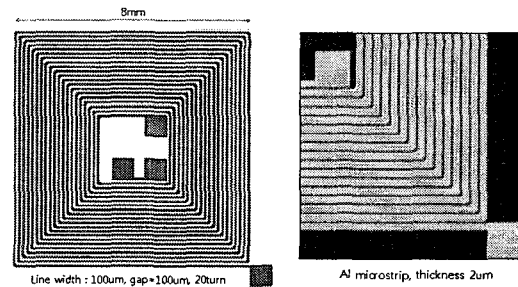


그림 3. (a) 태그 안테나 마스크 패턴. (b) Si 기판위에 구현된 마이크로스트립 안테나의 SEM 이미지.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 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.