

나선형 박막 인덕터와 솔레노이드 칩 인덕터의 주파수 특성 비교 연구

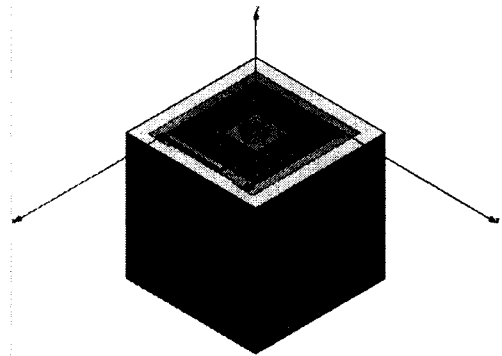
윤의중\*, 김재욱\*\*, 박형식\*, 권오민\*\*\*  
 호서대학교 정보제어공학과\*, 남서울대학교 전자공학과\*\*, 호서대학교 전자공학과\*\*\*

Comparison Study on Frequency Characteristics for Spiral Planar and Solenoid Chip Inductors

Eui-Jung Yun\*, Jae-Wook Kim\*\*, Hyeong-Sik Park\*, Oh-Min Kwon\*\*\*  
 Dept. of Information Control Eng., Hoseo Univ.\*, Dept. of Electronic Eng., Namseoul Univ.\*\*,  
 Dept. of Electronic Eng., Hoseo Univ.\*\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 솔레노이드 형태의 칩 인덕터와 나선형태의 박막 인덕터에 대하여 주파수 특성을 비교·분석하여 장·단점을 정의하고자 한다. 솔레노이드형 RF 칩 인덕터는 1.0mm×0.5mm×0.5mm의 크기에 11nH의 인덕턴스를 가질 수 있도록 6회 권선하였다. 나선형 박막 인덕터는 213μm×250μm×304μm의 크기에 11nH의 인덕턴스를 가질 수 있도록 7회 권선하였다. 시뮬레이션을 위하여 AnSoft사의 HFSS를 이용하였으며, 이 결과 솔레노이드형 RF 칩 인덕터는 2GHz에서 77 정도의 품질계수와 5.6GHz의 SRF를 가진다. 반면 나선형 박막 인덕터는 2GHz에서 14 정도의 품질계수와 4.5GHz의 SRF를 가진다. 성능면에서는 솔레노이드형 RF 칩 인덕터가 우수한 특성을 나타내었으나 크기를 감소시키는데 제한을 받으므로, 향후 소형·경량화를 위하여 박막 인덕터의 개발은 필수적이며, 성능을 더욱 향상시키기 위하여 나선형태와 재료의 개발이 필수적이라 하겠다.

도움을 준다[9].



<그림 2> 나선형 박막 인덕터의 시뮬레이션 구조

1. 서 론

인덕터는 고집적 RF 회로에서 필수적인 수동 소자 중의 하나로써, 커패시터와 결합한 LC 필터, 트랜지스터를 위한 AC 초크, 회로정합과 EMI 필터 등에 적용하여 개인통신서비스, 무선 LAN, 위성통신과 GPS에 등에 사용된다[1-5].

솔레노이드 형태의 칩 인덕터는 substrate로부터 인덕터를 분리하여 전체적인 성능을 향상시킬 수 있다[6,7]. 하지만, 솔레노이드 칩 인덕터는 크기를 줄이는데 있어서 한계점을 지니고 있다.

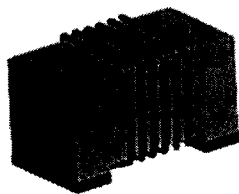
이러한 한계를 극복하기 위하여 실리콘 공정을 기반으로 한 RF 집적회로가 고주파대역(GHz)에서 점점 더 경쟁력을 갖추어 가고 있다. 공정 기술이 개선됨에 따라 실리콘 공정은 RF 주파수대역(0.3-3GHz)에서 고 성능의 능동 소자를 제공하고 있다. 하지만 대부분의 수동 소자의 경우 낮은 품질계수를 가지며 이러한 한계는 능동 소자의 기술적인 진보에도 불구하고, 저가격, 저전압, 저전력, 저잡음 RF 집적회로 구현에 있어 주요 장애 요인으로 작용하고 있다[8].

본 논문에서는 솔레노이드 형태의 칩 인덕터와 나선형태의 박막 인덕터에 대하여 주파수 특성을 비교·분석하여 장·단점을 정의하고자 한다. 본 연구를 위하여 AnSoft의 HFSS를 이용하여 인덕턴스와 품질계수를 시뮬레이션하였다.

2. 실험

2.1 인덕터의 설계

그림 1은 RF 칩 인덕터의 시뮬레이션 구조를 나타낸다. 코어는 1.0×0.5×0.5mm 크기의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 구조에 Metalization 부분은 W-Ni-Au를 이용하였고 40 μm 직경의 Cu 코일을 6회 권선하여 10nH 정도의 인덕턴스를 가질 수 있도록 하였다.

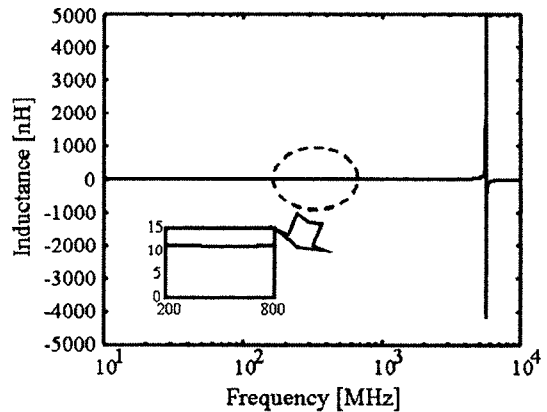


<그림 1> RF 칩 인덕터의 시뮬레이션 구조

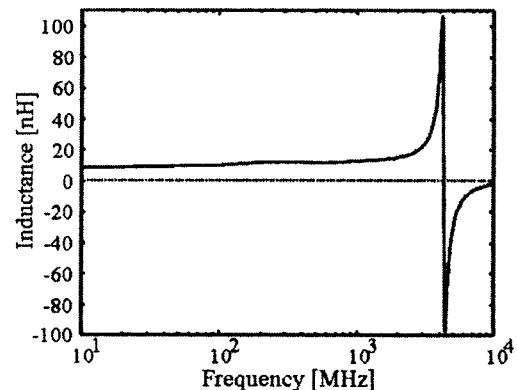
그림 2는 나선형 박막 인덕터의 시뮬레이션 구조를 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 권선수 7인 인덕터의 레이아웃은 간단하며, 2층 금속 공정을 기반으로 하고 있다. 인덕터의 구조는 300μm 두께의 Si에 3μm 두께의 SiO<sub>2</sub>를 적층하였다. 인덕터는 품질계수의 개선을 위하여 금속선 간의 간격은 공정에서 허용하는 최소간격인 4μm으로, 금속선 폭은 6μm으로 채택하였다. 대개 RF 주파수에서는 금속층의 두께가 품질계수를 결정짓는 주요 요소 중의 하나이며, 인덕터 중심의 공간은 품질계수를 향상시키는데 있어

2.2 시뮬레이션 결과

솔레노이드 형태의 RF 칩 인덕터와 나선 형태의 박막 인덕터에 대한 주파수 특성을 확인하기 위하여 Ansoft사의 해석 시뮬레이션 도구인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하였다.



<그림 3> 솔레노이드 형태 RF 칩 인덕터의 인덕턴스-주파수 특성

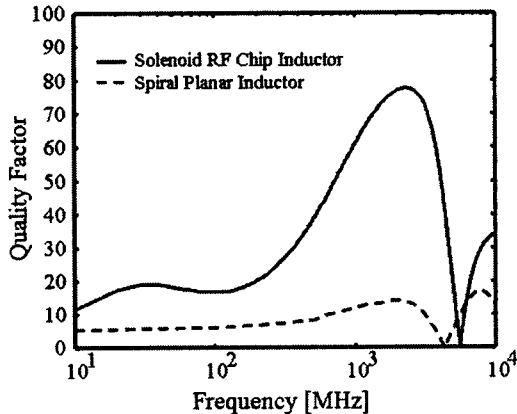


<그림 4> 나선 형태 박막 인덕터의 인덕턴스-주파수 특성

그림 3은 솔레노이드 형태의 RF 칩 인덕터의 인덕턴스-주파수 특성을 나타낸다. 200-800MHz 주파수에서 11nH 정도의 인덕턴스를 가짐을 알 수 있다. 인덕턴스가 양의 값으로부터 음의 값으로 전위되며 0인 지점을 지나 는 주파수가 SRF(자기공진주파수)로써, 5.6GHz 정도에서 SRF가 발생함을 알 수 있다.

그림 4는 나선 형태의 박막 인덕터의 인덕턴스-주파수 특성을 나타낸다. 200-800MHz 주파수에서 12nH 정도의 인덕턴스를 가짐을 알 수 있다. 그림으로부터 양의 값에서 음의 값으로 전위되는 SRF가 4.5GHz 정도에서 나타남을 알 수 있다. 이는 솔레노이드 형태의 RF 칩 인덕터보다 약 1GHz 정도 낮음을 나타내는데, 인덕턴스가 SRF에 반비례하기 때문이다.

그림 5는 솔레노이드형 RF 칩 인덕터와 나선형 박막 인덕터의 품질계수-주파수 특성을 나타낸다. 솔레노이드형 RF 칩 인덕터는 2GHz에서 77 정도의 값을 가지며, 나선형 박막 인덕터는 2GHz에서 14 정도의 값을 가진다. SRF 는 품질계수가 0이 되는 지점으로, 그림 3, 4와 잘 일치하고 있다.



〈그림 5〉 솔레노이드형 RF 칩 인덕터와 나선형 박막 인덕터의 품질계수-주파수 특성

### 3. 결 론

그림 3-5의 결과로부터 품질계수와 SRF는 솔레노이드형 RF 칩 인덕터가 2GHz에서 77 정도의 품질계수와 5.6GHz 정도의 SRF를 가지며 우수한 특성을 나타내었다. 이에 반해 나선형 박막 인덕터는 2GHz에서 14 정도의 품질계수와 4.5 GHz 정도의 SRF를 나타내었다.

하지만, 나선형 박막 인덕터는 솔레노이드형 RF 칩 인덕터와 비슷한 11nH 정도의 인덕턴스를 가진다. 또한 크기면에서 솔레노이드형 RF 칩 인덕터가 1.0mm×0.5mm×0.5mm인 반면, 나선형 박막 인덕터는 213 $\mu$ m×250 $\mu$ m×304 $\mu$ m으로 상당히 소형·경량화가 됨을 알 수 있다.

솔레노이드형 RF 칩 인덕터의 경우는 주파수 특성은 우수하나 크기를 줄이는데 있어 제한을 받으나, 나선형 박막 인덕터는 크기를 더욱 감소시킬 수 있는 장점을 가진다.

향후 솔레노이드형 RF 칩 인덕터의 품질계수와 SRF 주파수 특성만큼의 성능을 가질 수 있도록 나선형 박막 인덕터의 형태와 재료 연구가 필수적 이리라 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Minda Denesh, John R. Long, "Differentially Driven Symmetric Micro strip Inductors", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. 50, no. 1, pp. 332-341, Jan. 2002.
- [2] Rob Groves, David L. Harame, Dale Judus, "Temperature Dependence of Q and Inductance in Spiral Inductors Fabricated in a Silicon-Germ anium/BiCMOS Technology", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vo l. 32, no. 9, pp. 1455-1459, Sep. 1997.
- [3] I. Wolff and H. Kapusta, "Modeling of Circular Spiral Inductors for MMICs", IEEE MTT-s Digest, pp. 123-126, 1987.
- [4] Chong H. Ahn, Mark G. Allen, "Micromachined Planar Inductors on Silicon Wafers for MEMS Applications", IEEE Trans. on Industrial El ectronics, vol. 45, no. 6, pp. 866-876, Dec. 1998.
- [5] Myung-Hee Jung, Jae-Wook Kim, Eui-Jung Yun, "Development of H igh- Performance Solenoid-Type RF Chip Inductors", Jpn. J. Appl. P hys, vol. 39 (2000), pp. 4772-4776, Part 1, No. 8, August 2000.
- [6] C. Patrick Yue, S. Simon Wong, "On-Chip Spiral Inductors with Patt erneted Ground Shields for Si-Based RF IC's", IEEE Journal of Solid- State Circuits, vol. 33, no. 5, pp. 743-752, May 1998.
- [7] Jun-Bo Yoon, Chul-Hi Han, Eui-Sik Yoon and Choong-Ki Kim, "Mo nolithic Fabrication of Electroplated Solenoid Inductors Using Three- Dimension Photolithography of a Thick Photoresist", Jpn. J. Appl. Ph ys, Vol. 37, pp. 7081-7085, Part1, No. 12B, Dec. 1998.

- [8] 임국주, 신소봉, 이상국, "RF집적회로용 이중층 나선형 대칭구조 인덕터 의 설계 및 비교분석", 전자공학회는문지, 제37권 SD편 제10호, pp. 769 -776, 2000년 10월.
- [9] J. Craninckx and K. S. J. Steyaert, "A 18-GHz low-phase-noise CK OS VCO using optimized hollow spiral inductors", IEEE J. Solid-Stat e Circuits, vol. 32, no. 5, pp. 736-744, Kay 1997.