

3차원 마이크로 인덕터의 제작기술에 관한 연구

이 의 식*, 이 주 헌, 이 병 옥, 김 창 교
 순천향대학교 정보기술공학부

A study on the fabrication technology of 3 dimensional micro inductor

Eui-Sik Lee*, Joo-Hun Lee, Byoung-Wook Lee, Chang-Kyo Kim
 School of Information Technology Engineering, Soochunhyang University

요약 - UV-LIGA 공정을 이용하여 3차원 마이크로 인덕터 제작 기술에 관하여 연구하였다. 마이크로 인덕터의 코일, 비아(via), 코어(core)의 Multi-layer 제작을 위해 UV-LIGA 공정을 이용하였으며, 전해도금(electro plating)을 위한 씨을기(seed layer)로서는 e-beam evaporator를 이용하여 금속을 증착하였다. 3차원 마이크로 인덕터의 도금 방법으로는 전해도금을 사용하였으며, 코일과 비아 부분은 구리(Cu) 전해도금, 코어 부분은 니켈(Ni)과 철(Fe)의 합금인 퍼멀로이(Ni/Fe) 전해도금을 하였다. 3차원 마이크로 인덕터의 샘플크기로는 코어의 폭은 300 μ m, 전체 길이는 9.2 μ m, 두께는 20 μ m의 구조로 제작되었으며, 코일 부분은 폭이 40 μ m, 두께는 30 μ m이며, 코일 턴 수는 70회의 구조로 제작하였다.

- Core**
- Total magnetic core length : 9.2 mm
 - Total core size : 1.5 mm 4.2 mm
 - Core width : 300 μ m
 - Core thickness : 21 μ m
 - Material of core : Permalloy (Ni/Fe)
- Coil**
- Coil width : 50 μ m
 - Each coil space : 50 μ m
 - Coil turns : 70 turns
 - Coil thickness : 30 μ m
 - Material of core : copper

1. 서 론

정보통신기술의 발전에 따라서 휴대폰을 포함한 대부분의 전자 제품들의 극소형화가 급속도로 진행되고 있다. 이에 따라서 각종 전기·전자부품의 소형화가 요구되고 있다. 또한 소형화의 조건을 만족하면서 높은 전자기 성능을 갖는 마이크로 인덕터의 개발 필요성이 매우 크다. 한편 기존의 반도체 공정을 이용한 MEMS 기술이 1990년도 이후에 활발하게 연구되고 있고 여러 분야에서 많은 성과를 내게 되었다. 이러한 MEMS 기술을 이용함으로써 마이크로 인덕터의 개발이 용이하게 되었다. MEMS 기술을 이용한 마이크로 인덕터는 전력전자 회로와 동일 칩상에서 제조가 가능하고 다중칩 모듈과의 통합이 용이하게 되었다. 또한 MEMS 공정을 이용함으로써 낮은 가격에 대량생산이 가능한 장점을 갖고 있다. 기존의 MEMS 기술을 이용하여 제작하는 마이크로 인덕터는 다음과 같이 정리할 수 있다. 스파이럴 구조를 갖는 코일을 이용한 마이크로 인덕터는 높은 코일의 저항이 매우 크고 전자기 flux를 가두기가(confined) 어려운 단점을 갖고 있다. 두 번째로 박막을 이용한 마이크로 인덕터는 발생하는 flux의 크기가 제한되어 있고 자기 성질이 좋지 않다. 세번째로 LIGA 공정을 이용한 마이크로 인덕터는 공정이 매우 고가이기 때문에 경제성의 문제가 있다. 본 연구에서는 Thick PR 공정을 이용하고 UV-LIGA 공정을 이용하여 마스크의 수가 기존의 방법보다 적은 공정을 개발하여 높은 인덕턴스를 갖는 마이크로 인덕터를 개발하였다.

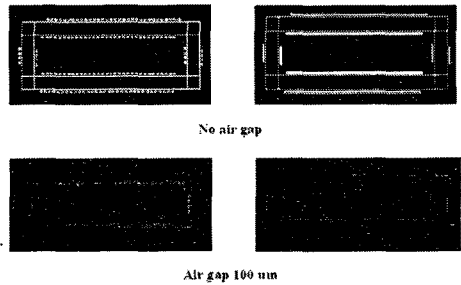


그림1. 마이크로 인덕터 2D 모델링

Coil은 magnetic flux leakage를 줄이기 위해 core에 견고하게 권선을 감았으며, 인덕터를 2D로 모델링한 솔루션은 코어의 마그네틱 필드 평균값이 250mT이고, 전류는 0.03A, 저항은 0.1×10^{-3} 값을 얻었다.

그림 2는 갭이 없는 조건에서의 플럭스 2D의 시뮬레이션 결과의 다음과 같다.

- 100Hz : 3.214 μ H
- 1000Hz : 3.096 μ H
- 10000Hz : 1.1 μ H
- 1GHz : 0.1302 μ H

계산에 의한 1000Hz 에서의 값은 3.4 μ H 이다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션

그림 1은 공극의 유무에 따른 마이크로 인덕터를 2D로 모델링한 것을 보여주고 있으며, 코어와 코일의 조건은 다음과 같다.

풀겍과 노겍은 같은 값을 보이고 풀겍100과 겍100 역시 같은 값을 갖는다. 고주파에서는 결과적으로 겍의 유무에 상관없이 같은 인덕턴스를 보였다. 그림 3은 플럭스 3D 해석 형상에 있어서 코어의 부분을 플러스 3D를 이용하여 해석 하였다. 재질은 Ni/Fe의 합금이며 실제 제작하고자 하는 Toroidal 형태와 같은 사각형 구조이다.

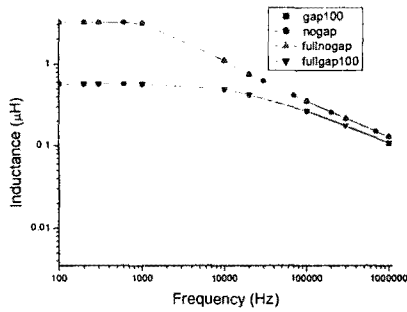
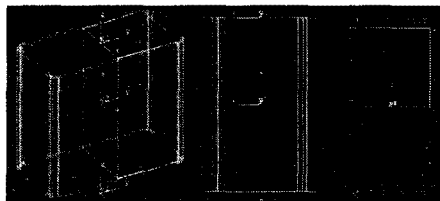
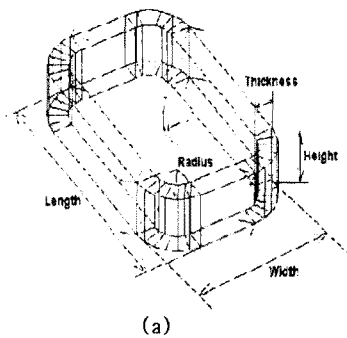


그림 2. 플럭스 2D 모델링의 결과 그래프



(a)

그림 3. 플럭스 3D로 rectangle coil 해석

누설에 의한 플럭스의 손실을 줄이기 위해 코어의 형태는 직사각형 보다는 radius를 주어 둥근 형태를 유지하였다.

2.2 제작 과정

3차원 마이크로 인덕터의 기판 재료로는 4인치 실리콘 기판을 이용하였다. 실리콘 웨이퍼의 양면에 1 μ m 두께의 산화막(SiO₂)을 열산화 방법에 의해 형성하였다. 전해도금을 위한 씨울기로서 전극과 히터의 패턴위에 Au층을 E-beam evaporator 방법을 이용하여 증착하였다. 전극과 코일, 코어 비어부분의 Multi-layer 형성을 위한 패턴은 UV-LIGA 공정에 의해 형성되었다. 구리(Cu) 및 permalloy(Fe/Ni)층을 전해도금으로 형성하고 Au층을 식각하였다.

그림 4는 3차원 마이크로 인덕터의 제작 공정을 보여 주고 있다. 3차원 마이크로 인덕터는 2개의 전극과 70턴의 코일, 비아, 코어의 구조로 되어있고, 코일과 비아 부분은 구리로 코어부분은 permalloy로 도금되어 있다.

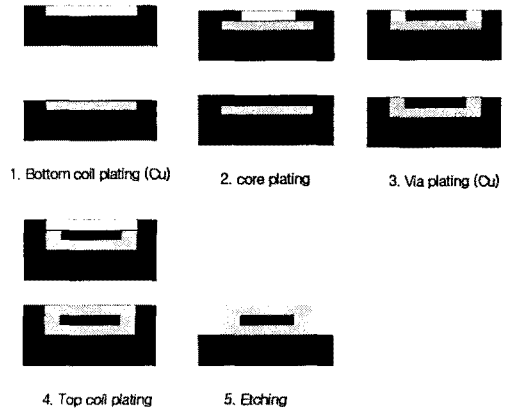


그림 4. 3차원 마이크로 인덕터의 제작 순서도

그림 5는 3차원 마이크로 인덕터 제작을 위한 몰드를 FE-SEM 사진이며, 하판 코일 부분과 비아 부분을 나타내고 있다.

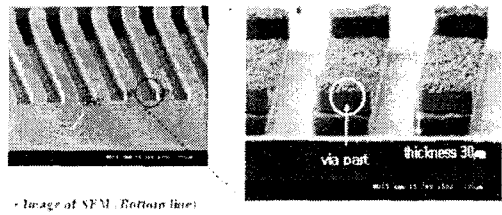


그림 5. 3차원 마이크로 인덕터 하판 코일과 비아 부분

2.2 결과 및 고찰

그림 6는 공극이 없는 3차원 마이크로 인덕터의 완성된 모습을 FE-SEM으로 촬영한 사진을 나타내 주고 있으며,

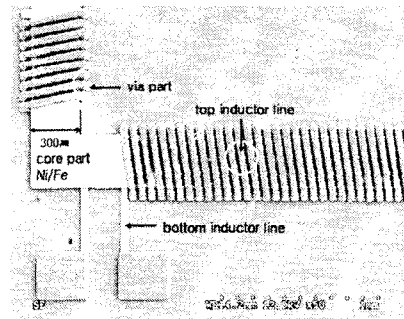


그림 6. 완성된 마이크로 인덕터의 FE-SEM 사진

그림 7은 공극이 있는 3차원 마이크로 인덕터의 모습을 나타내 주고 있다. 공극 유무에 관계없이 3차원 인덕터의 샘플크기로는 코어의 폭이 300 μ m, 전체 길이는 9.2cm, 두께는 20 μ m의 구조로 제작 되었으며, 코일 부분은 폭이 40 μ m, 두께는 30 μ m이며, 코일 턴 수는 70회의 구조로 제작하였다.

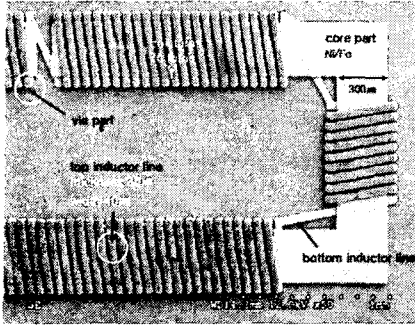


그림 7. 3차원 마이크로 인덕터의 공부부분의 FE-SEM 사진

그림 8, 9는 3차원 마이크로 인덕터의 주파수 변화에 따른 저항값과 인덕턴스의 값을 나타내고 있다. 마이크로 인덕터의 인덕턴스는 3000Hz에서 공극이 없는 인덕터는 0.6μH, 공극이 있는 인덕터는 0.9μH를 결과를 보였다. 마이크로 인덕터의 저항 값으로는 10Hz에서 공극이 있는 인덕터는 1.6Ω(Ohm), 공극이 없는 인덕터는 1.3Ω의 결과 값을 보였다.

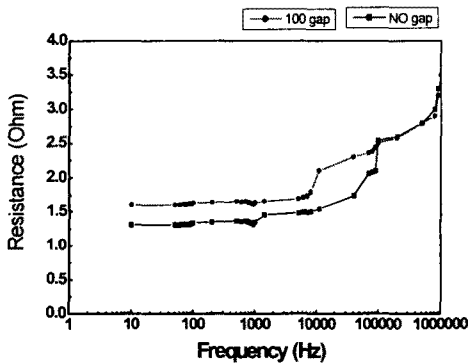


그림 8. 3차원 마이크로 인덕터의 주파수 변화에 따른 저항값의 그래프

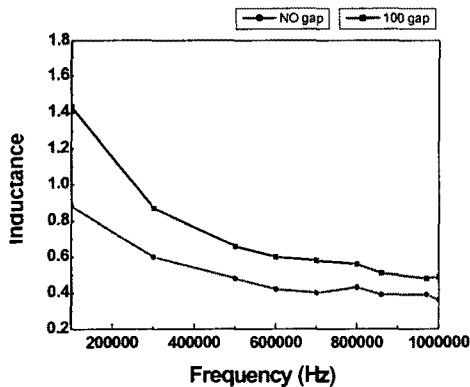


그림 9. 3차원 마이크로 인덕터의 주파수 변화에 따른 인덕턴스 값의 그래프

3. 결 론

UV-LIGA 공정을 이용하여 3차원 마이크로 인덕터를 제작하였다. 3차원 마이크로 인덕터의 샘플크기로는 코어의 폭은 300μm, 전체 길이는 9.2cm, 두께는 20μm의 구조로 제작 되었으며, 코일 부분은 폭이 40μm, 두께는 30μm이며, 코일 턴 수는 70회의 구조로 제작하였다. 공극이 있을 때 3000Hz에서 0.9μH 인덕턴스와 1.6Ω(Ohm)의 저항값을 얻을 수 있었다. 3차원 마이크로 인덕터 제작을 통해 UV-LIGA 공정기술과 도금기술을 확립할 수 있었다.

감사의 글

도본 연구는 산업자원부 지정 순천대학교 BIT 무선 부품연구센터의 연구비 지원에 의해 수행되었음을 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Danial J. Sadler, Trifon M. Liakopoulos, and Chong IL Ahn, "A universal electromagnetic microactuator using magnetic interconnection concept," *Journal of Microelectromechanical System*, Vol. 9, No. 4, 2000, pp. 460-468.
- [2] M. Steven Rogers and Jeffrey J. Sniogowski, "5-Level Polysilicon Surface Micromachine Technology: Application to complex Mechanical System," *Proceedings of Solid-State Sensors and Actuators Workshop*, Hilton Head Island, South Carolina, June 8-11, 1998.
- [3] IL Guckel, "High Aspect Ratio micromachining Via Deep X-RAY Lithography," *Proc. the IEEE*, V.86 N.8, August 1998, 1586-1593
- [4] J. M Shaw, J. D. Galore, N. C. Bionic, W. E. Coney, and S. J. Holmes, "Negative Photoresistors for optical lithography," *IBM Journal of Research & Development*, Vol. 41, No. 1/2-Optical lithography, 1997.
- [5] Jun-Bo Yoon, Chul-Hi Han, Euisik Yoon and Choong-Ki Kim, "Nonlithic Fabrication of Electroplated Solenoid Inductors Using Three-Dimensional Photolithography of a Thick Photoresist," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 37, pp. 7081-7085, 1998.