

도금 공정을 이용한 토로이드형 마이크로 인덕터의 제작 공정 개발

노일호, 장석원, 김창교
순천향대학교 정보기술공학부

Development of fabrication process for toroidal inductors using electroplating method

Noh Il Ho, Jang Suk Won, and Kim Chang Kyo

Abstract

최근 활발하게 연구가 진행되고 있는 마이크로 인덕터는 자기 데이터 저장을 위한 헤드, 자기장 센서, 마이크로 변압기와 휴대폰의 수동 소자와 같은 다양한 분야에 이용되고 있다. 마이크로 인덕터를 제작하기 위해 UV-LIGA 공정을 개발하였다. 도금 공정을 이용하여 마이크로 인덕터의 철심과 구리선 제작하였다. 도금 공정을 위해 필요한 마이크로 몰드는 여러 종류의 thick photoresist를 이용하여 저응력 공정으로 제작하였다. 도금 공정을 이용하여 toroid형 마이크로 인덕터를 제작하였다. 도금 공정에서 발생 할 수 있는 응력을 최소화할 수 있는 공정을 개발하였다.

Key Words : UV-LIGA, RF MEMS, Micro inductor, Thick Photoresist

1. 서 론

마이크로 머시닝(MEMS : Micro Electro Mechanical System) 기술은 여러 가지로 분류할 수 있지만 그 중 표면 미세가공 기술은 마이크로 구조물의 제작을 위한 가장 유망한 분야이다. 이 중에서 LIGA 기술은 수 μm 에서 수백 μm 크기의 금속, 세라믹 또는 플라스틱 구조물을 제작하기 위한 기술로 알려져 있다. 그러나 LIGA 기술은 x-ray를 발생하는 synchrotron source를 이용하기 때문에 그동안 보편적으로 이용하기가 매우 어려웠다. 최근에는 UV(ultraviolet) 광원을 이용한 UV-LIGA 기술을 개발하여 3차원 마이크로 구조물을 제작하고 있다. 본 논문에서는 3차원 마이크로 인덕터 제작공정 중 도금공정에서 필요한 마이크로 몰드를 UV-LIGA 기술을 이용하여 제작하였고, 제작된 마이크로 몰드를 이용하여 Cu, Ni/Fe의 도금을 하여서 3차원 마이크로 인덕터 제작 공정을 개발하였다. UV-LIGA 기술은 도금을 위한 마이크로 몰드 제작에 가장 널리 쓰이고 있는데, 도금을 위해서는 수십 μm 이상의 몰드를 제작하여

야 한다. 기존의 PR은 수 μm 이내의 박막이기 때문에 도금을 위한 몰드로 사용하기가 어렵다. 그러나 최근에 개발된 SU-8, THB 151 등과 같은 thick PR은 스피코터의 RPM 조절에 따라 수 백 μm 이상으로 코팅이 가능하고 구조물의 종횡비 (aspect ratio)가 높기 때문에 몰드 제작에 많이 쓰이고 있다. 이러한 thick PR의 사용에 있어서 선행되어야 할 공정 조건이 몇 가지 있다. 그중 가장 중요한 것은 thick PR이 스트레스에 의한 crack를 갖지 않도록 하는 것인데, crack이 발생하게 되면 마이크로 구조물의 도금이 어렵기 때문이다. 이러한 crack의 대부분은 bake 공정 시에 발생하므로 bake 시간의 적절한 단계와 bake 후의 서냉 시간을 조절하는 것이 무엇보다 중요하다. 이렇게 마이크로 몰드가 제작된 후 실제적인 마이크로 인덕터의 제작을 위한 도금이 이루어지며, Cu의 경우 상온에서 50 μm , Ni/Fe는 54 $^{\circ}\text{C}$ 에서 50 μm 의 두께로 이루어졌다. 151N을 이용한 multi layer 공정이 이루어지기 때문에 한번의 도금 공정이 끝난 후 다시 thick PR 코팅 공정이 이루어지는데, 이때 multi layer의 두께가 달라지지 않도록 제어를 하

는 것 또한 3차원 마이크로 인덕터의 제작을 하는데 있어서 중요한 요건이 된다.

2. 실험

2.1 Low stress 공정

제작된 inductor는 그림 1과 같이 bottom coil l-core, top coil-via의 파트로 나눌 수 있다.

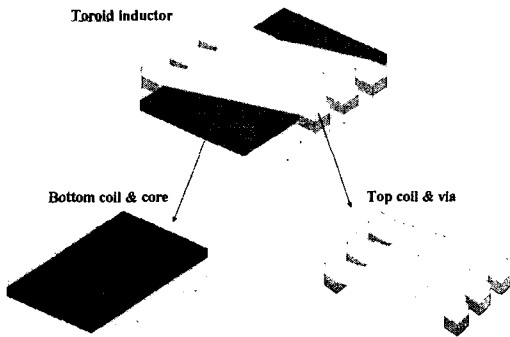


그림 1. Toroid 형 인덕터의 형상도.

THB 151N을 사용하여 multi layer를 구성하기 위하여 THB 151N 조건에 대한 실험을 먼저 하였다. THB 151N은 negative photoresist로서 빛을 받은 부분은 경화가 되어 남게되고, 빛을 받지 않은 부분은 developer에 의하여 식각이 된다. 한번에 약 150 μm 이상으로 코팅이 되며, SU-8에 비하여 remove가 잘되는 장점을 가지고 있는 반면 너무 높게 몰드를 제작하게 되면 bottom과 top의 단면이 틀리게 되어 정확한 aspect ratio를 얻기가 힘든 것이 단점이다. 이러한 단점은 multi layer를 이용하여 여러 번에 걸쳐 코팅을 함으로서 해결하였다.

THB 151N을 이용한 구조물 제작의 조건을 그림 2에서 보여주고 있다.

2.2 Electroplating 공정

2 step을 통하여 제작된 몰드에 Ni과 Cu를 이용하여 도금을 하였다. 전류밀도는 $1\text{A}/\text{dm}^2$ 으로 일정하게 주었으며, 4 step의 과정을 거쳤다. 미세 패턴의 도금을 위하여 striking을 하였다. 이는 패턴이 bubble에 의하여 막이 형성되는 것을 막아주기 때문이다. 표 1에서는 Ni과 Cu의 도금액의 조성에 대하여 설명하고 있다.

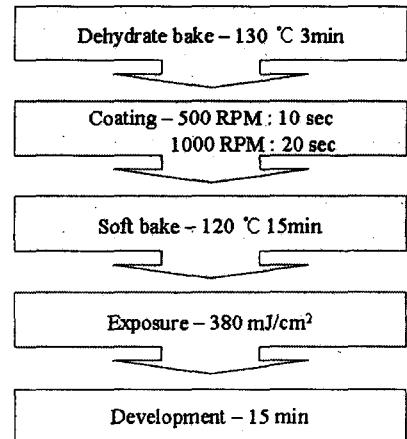


그림 2. THB 151N 구조물 제작 조건.

표 1. Ni과 Cu의 도금액 조성.

Ni	Cu
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 240g/l	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 150g/l
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ g/l	H_2SO_4 20ml/l
H_3BO_3 30g/l	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 120mg/l
Saccharine 8g/l	Leveler
Leveler	

표 2. Ni과 Cu의 도금 공정 조건.

	Ni	Cu
Anode	99.9% Ni	99.9% Cu
pH	4.5-5.5	-
J pulse	80 mA/cm ²	56 mA/cm ²
J avg	40 mA/cm ²	28 mA/cm ²
Duty ratio	50%	50%
Frequency	100 Hz	100 Hz
Growth rate	0.6 $\mu\text{m}/\text{min}$	06 $\mu\text{m}/\text{min}$
Agitation	performed	performed

표 2는 Ni과 Cu의 도금 조건을 보여주고 있다. 그림 3은 multi layer를 이용한 토로이드형 마이크로 인덕터의 공정도를 보여주고 있다. 여러 번의 multi layer 코팅을 이용하여 PR의 응력에 의한 균열을 최소화 하였다. 각 layer의 도금을 위하여 seed 층을 형성 시켰다.

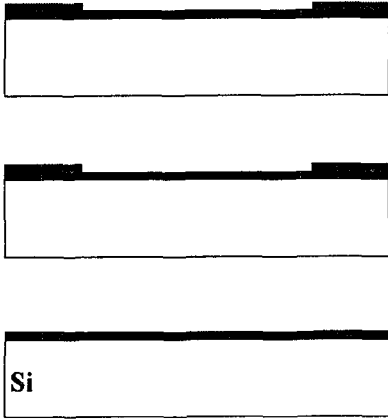


그림 3. (a) bottom conductor line 공정도.

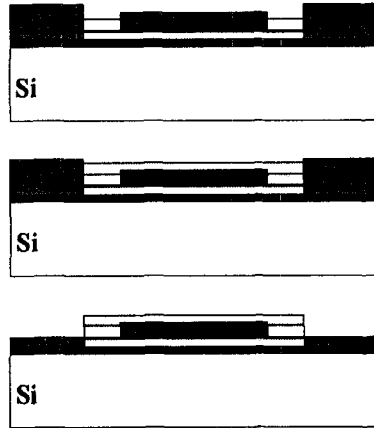


그림 3. (d) top conductor line 공정도

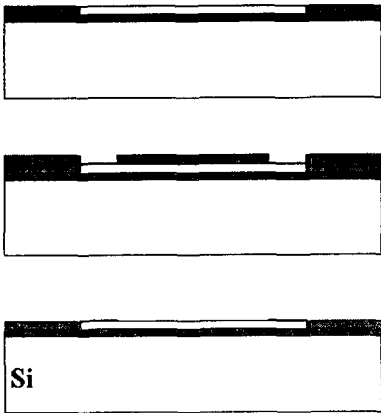


그림 3. (b) via 공정도

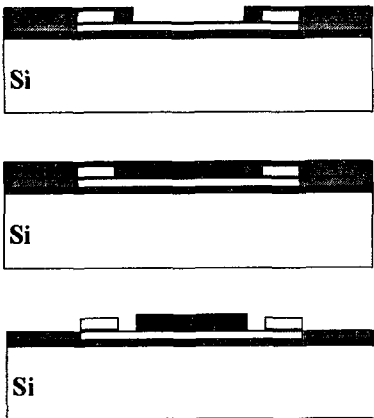


그림 3. (c) core 공정도.

3. 결과 및 고찰

Low stress 코팅과 multi layer 도금 공정을 통하여 제작된 toroid 형 micro inductor를 4에서 보여주고 있다.

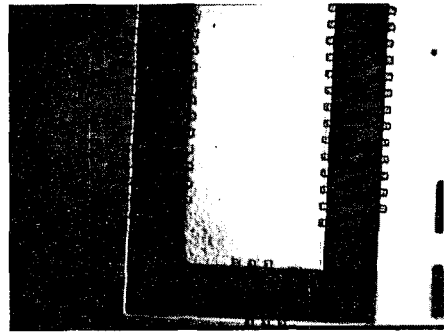


그림 4. (a) multi layer 도금전의 inductor.

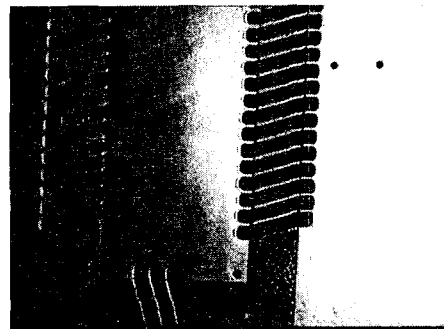


그림 4. (b) multi layer 도금 후의 inductor.

4. 결론

Stress에 의한 PR의 균열 현상 및 도금 공정에서의 용력에 의한 구조물의 휨 현상을 막기 위하여 multi layer 구조로 photoresist를 코팅하고 도금을 하였다. 이러한 공정 기술을 이용한 결과 그동안 thick PR의 공정에서 가장 문제가 되었던 마이크로 몰드의 균열을 최소화 할 수 있었으며, 도금에 의한 메탈의 적층 시 발생하는 도금 높이 조절의 문제와 균일하지 못한 도금 표면의 문제도 해결 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대BIT무선부품연구센터(R12-2002-052-04001-0)의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Daniel J. Sadler, Trifon M. Liakopoulos, and Chong H. Ahn, "A universal electromagnetic microactuator using magnetic interconnection concepts," Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 9, No. 4, 2000, pp. 460-468.
- [2] 장현기, "Opimization of Fabrication Process for High Aspect Ratio Metallic Comb Actuator Using UV LIGA Process," 1999년 2월, 서울대학교, 전기공학부, 석사학위 논문.
- [3] M. Steven Rogers and Jeffry J. Sniegowski, "5-Level Polysilicon Surface Micromachine Technology; Application to Complex Mechanical System," Proc. Solid-State Sensors and Actuators Workshop, Hilton Head Island, South Carolina, June 8-11, 1998.
- [4] H. Guckel, "High Aspect Ratio micromachining Via Deep X-Ray Lithography," Proc. the IEEE, V.86 N.8, August 1998, 1586-1593.
- [5] J. M. Shaw, J. D. Galore, N. C. Bionic, W. E. Coney, and S. J. Holmes, "Negative photoresists for optical lithography," IBM Journal of Research & Development, Vol. 41, No. 1/2-Optical lithography, 1997.
- [6] Jun-Bo Yoon, Chul-Hi Han, Euisik Yoon

and Choong-Ki Kim, "Nonolithic Fabrication of Electroplated Solenoid Inductors Using Three-Dimensional Photolithography of a Thick Photoresist", Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 37, pp. 7081-7085, 1998.