

LAM 공정 응용을 위한 나선형 인덕터의 구조에 대한 시뮬레이션

윤의중*, 김재욱**, 박형식*, 이원국*
 호서대학교 정보제어공학과*, 남서울대학교 전자공학과**

Simulation on Structure of Spiral Inductors for LAM Process Applications

Eui-Jung Yun*, Jae-Wook Kim**, Hyeong-Sik Park*, Won-Kuk Lee*
 Dept. of Information Control Eng., Hoseo Univ.*, Dept. of Electronic Eng., Namsseoul Univ.**

Abstract - 기존 반도체공정들이 갖는 리소그래피와 식각 등의 공정단계 를 배제하는 direct-write 공정을 이용하여 친환경적인 이점을 가질 수 있는 나선형 인덕터의 구조를 제안하고 주파수 특성을 확인하였다. 인덕터의 구조는 Si를 300 μ m, SiO₂를 3 μ m으로 하였으며, Cu 코일의 폭과 선간의 간격은 LAM 공정과 direct-write 공정을 이용할 수 있도록 각각 100 μ m으로 설정하여 3회 권선하였다. 인덕터는 200-500MHz 범위에서 3.5nH의 인덕턴스, 4GHz에서 최대 29 정도의 품질계수를 가지며, SRF는 2.6GHz로 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다.

검사하여 인덕터 구조의 성능을 극대화 시킨다.

1. 서 론

자성소자(박막 인덕터 및 박막 변압기)들은 노트북 컴퓨터, 핸드폰 그리고 무선 LAN(Local Area Network)과 위성통신 및 GPS(Global Positioning System) 등의 고정적 RF 회로에서 필수적인 수동 소자 중의 하나로써, 커패시터와 결합한 LC 필터, 트랜지스터를 위한 AC 초크, 회로정합과 EMI 필터 등의 응용분야에서 광범위하게 사용되고 있다[1-3].

최근 정보기술의 도래와 더불어 이러한 자성소자들의 소형 경량화 및 고 주파수화가 요구되고 있다[1,2]. 그러나 자성소자들의 제조공정 복잡성 때문에 손쉽게 제조할 수 있는 공정의 개발 또한 요구되고 있다. 한편 최근에 direct-write 기술은 저항, 커패시터, 인덕터, 안테나 등의 미소 전자 부품의 제조공정을 단순화 하는데 공헌하고 있다. 몇몇 그룹[4,5]들은 direct-write 기술을 재검토하고 그 응용에 대하여 상세히 논의해 왔다. 이러한 direct-write 기술은 리소그래피(lithography), 식각 등의 기존 반도체공정에 의해 요구되는 공정단계들을 배제함으로써 친환경적인 이점을 제공한다.

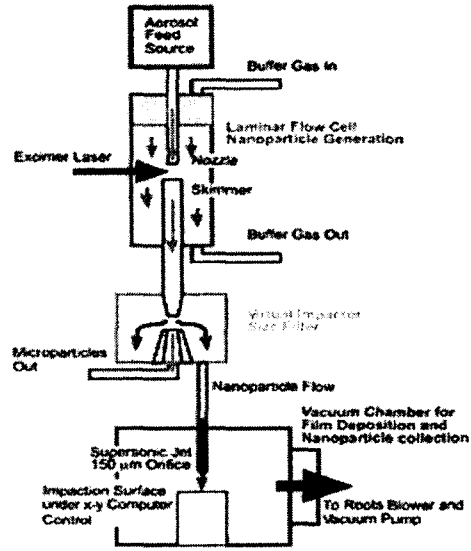
본 논문에서는 이러한 LAM(Laser Ablation of Microparticles) 공정과 direct-write 공정을 이용할 수 있는 나선형 인덕터의 구조를 제안하고 Ansoft사의 3차원 전자계 해석 도구인 HFSS를 이용하여 주파수 특성을 확인하였다.

2. 실 험

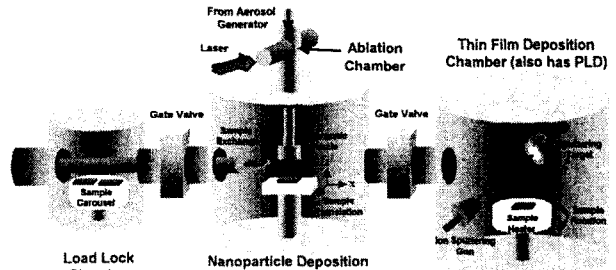
2.1 LAM 및 direct-write 공정

그림 1은 LAM 공정장치 구성도를 나타낸다. LAM 공정의 순서는 (1) Aerosol Feed 소스로부터 Permalloy MP Aerosol을 He 운반 가스의 도움을 받아 노즐을 통해 Laminar Flow Cell로 분사시킨다. (2) Laminar Flow Cell로 분사된 Permalloy MP는 고 에너지($\lambda=248$ nm; KrF)의 excimer 레이저 펄스(펄스 폭=10-15ns)에 쏘여져 NP로 변화된다. (3) 변환된 Permalloy NP(양전하를 띤)의 일부는 Laminar Flow Cell 벽면의 dc음극에 위치하고 있는 TEM grid에 포획되고 수거된다. (4) 변환된 대부분의 Permalloy NP는 skimmer를 통해 Virtual Impactor로 주입되고 주입된 NP에 섞여 있던 ablation이 되지 않은 MP나 큰 입자(직경이 500nm 이상)들은 Virtual Impactor에서 제거된다. (5) 균일한 Permalloy NP 에어로졸이 평판 노즐(supersonic 노즐; 직경=150 -200 μ m)을 통해 Virtual Impactor(1기압)에서 NP Impaction용 진공챔버로 이동할 때 압력에 의해 He 완충가스의 도움을 받아 800m/s의 속도를 갖게 된다. (6) NP Impaction용 진공챔버 내에서 충분한 운동에너지를 갖게 된 NP 입자들은 여러 가지 기판(SiO₂가 코팅된 Si, Al₂O₃, Si)위에 상온(room temperature)에서 그리고 4000eV의 bias 자기장이 기판 표면방향으로 가해진 상태에서 증착 된다. 이때 direct-write 공정기술을 이용하여 직사각형모양의 NP conductor 패턴을 기판위에 만든다.

그림 2는 LAM 공정장치에 연결된 direct-write 공정장치 구성도를 나타낸다. 고주파 자성 코어재료 박막층을 최적된 LAM 공정 조건을 이용하여 기판위에 적층하고, 패턴 형성을 위한 direct-write 공정을 수행한다. 앞에서 기술된 LAM 공정순서를 사용하여 나노입자(NP) 적층 챔버에서 Ag 나 Cu NP가 형성된다. 이때 Ag 나 Cu NP입자들은 supersonic 노즐(nozzle)을 통과하면서 팽창하게 되고 노즐로부터 2mm정도 떨어져있는 기판위에 적층되는데 이때 기판이 놓여있는 sample stage는 컴퓨터의 명령아래 x축과 y축 방향으로 움직여 정사각형이나 이중 직사각형 모양의 spiral type 코일 패턴을 형성시킨다. 그림5에서 NP 적층 챔버는 load lock을 통해서 이온빔 스퍼터링과 PLD(pulsed laser deposition) 소스를 장착하고 있는 박막 증착용 챔버와 연결되어 있다. 코어 자성박막층은 이러한 박막 증착용 챔버로 이동되어 코일과의 절연을 위하여 PLD가 사용되어 SiO₂ 절연층으로 덮여진다. 각 공정 단계별로 형성된 박막층이나 박막 패턴을 광학 현미경으로



<그림 1> LAM 공정장치 구성도

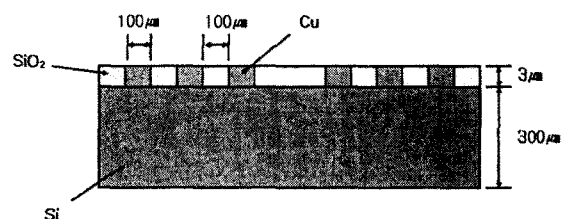


<그림 2> LAM 공정장치에 연결된 direct-write 공정장치 구성도

2.2 인덕터 설계 및 시뮬레이션

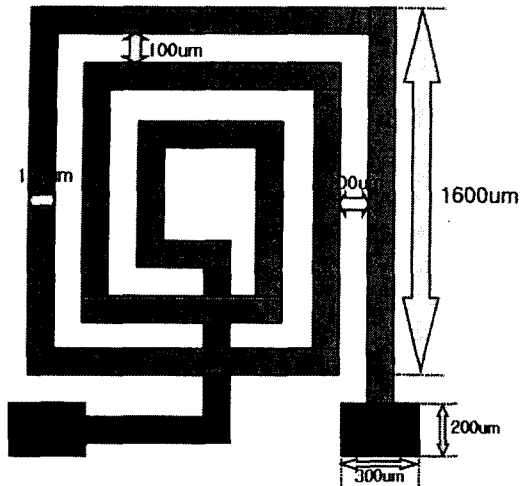
LAM 공정과 direct-write 공정에 적용하기 위한 인덕터의 구조를 설계하고 이에 따른 주파수 특성을 확인하기 위하여 Ansoft사의 해석 시뮬레이션 도구인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 이용하였다.

그림 3은 인덕터의 단면을 나타낸다. Si는 300 μ m, SiO₂는 3 μ m으로 하였으며, Cu 코일을 3회 권선하여 시뮬레이션을 수행하였다.



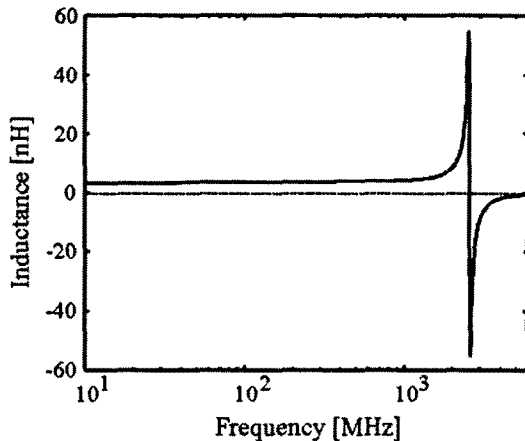
<그림 3> 인덕터의 단면

그림 4는 인덕터의 형태를 나타낸다. Cu 코일의 폭과 선간의 간격은 LAM 공정과 direct-write 공정을 이용할 수 있도록 각각 100 μ m으로 설정하였다.



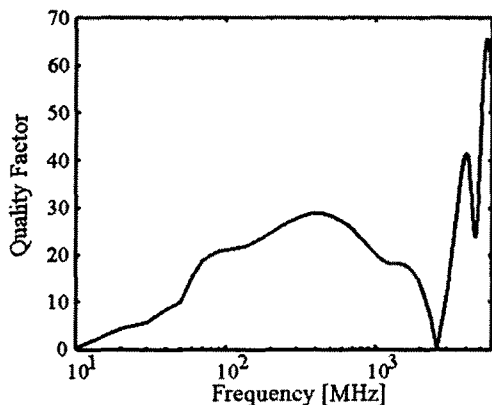
〈그림 4〉 인덕터의 형태

그림 5는 LAM 공정과 direct-write 공정을 적용하기 위한 나선형 박막 인덕터의 인덕턴스-주파수 특성을 나타낸다. 그림에서 보듯이 200-500MHz 범위에서 3.5nH의 인덕턴스를 가진다. 인덕턴스가 양의 값에서 음의 값으로 전이되며 0이 되는 지점이 SRF(자기공진주파수)를 나타낸다. 따라서 SRF가 2.6GHz에서 나타나게 된다.



〈그림 5〉 나선형 박막 인덕터의 인덕턴스-주파수 특성

그림 6는 LAM 공정과 direct-write 공정을 적용하기 위한 나선형 박막 인덕터의 품질계수-주파수 특성을 나타낸다. 그림에서 보듯이 4GHz에서 29 정도의 품질계수를 가진다. 품질계수가 0이 되는 지점이 SRF를 나타내며, 이는 앞의 인덕턴스-주파수 특성에서 나타낸 2.6GHz와 잘 일치하고 있다.



〈그림 6〉 나선형 박막 인덕터의 품질계수-주파수 특성

3. 결 론

본 논문에서는 이러한 LAM 공정과 direct-write 공정을 이용할 수 있는 나선형 인덕터의 구조를 제안하고 Ansoft사의 3차원 전자계 해석 도구인

HFSS를 이용하여 주파수 특성을 확인하였다. 인덕터의 구조는 Si를 300 μ m, SiO₂를 3 μ m으로 하였으며, Cu 코일의 폭과 선간의 간격은 LAM 공정과 direct-write 공정을 이용할 수 있도록 각각 100 μ m으로 설정하여 3회 권선 하였다.

인덕터는 200-500MHz 범위에서 3.5nH의 인덕턴스, 4GHz에서 최대 29 정도의 품질계수를 가지며, SRF는 2.6GHz로 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있었다.

향후 LAM 공정과 direct-write 공정을 이용할 수 있는 다양한 형태의 나선형 인덕터를 개발하고 주파수 특성을 향상시킬 수 있는 재료의 개발이 필요하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] R. Groves, D.L. Harnam, and D. Jadas, "Temperature dependence of Q and inductance in spiral inductors fabricated in a silicon-germanium m/BiCMOS technology" IEEE J. of Solid-State Circuits, vol 32, no. 9, p. 1455 (1997).
- [2] M.H. Jung, J.W. Kim, and Eui-Jung Yun, "Development of high-performance solenoid-type RF chip inductors utilizing low-loss Al₂O₃ core materials" Jpn. J. Appl. Phys., vol 39, part 1, no. 8, p. 4772 (2000).
- [3] Eui-Jung Yun and C.I. Cheon, "High frequency tunable LC devices with ferroelectric/ferromagnetic thin film heterostructure" Phys. Stat. So l. (b), vol 241, no. 7, p. 1625 (2004).
- [4] A. Pique and D.B. Chrisey, Direct-Write Technologies for Rapid Prototyping Applications, Academic Press, San Diego, CA, (2002)
- [5] H.C. Kenneth, F. Charlotte, and F. Terry, "Commercial Application and Review for Direct Write Technologies" Mat. Res. Soc. Symp. Proceedings, vol 624, p. 3-8 (2000).