

## 저출력 DC-DC 컨버터를 위한 7X7 mm 평면 인덕터의 제조

홍익대학교 배석\*,류성룡,남승의,김형준  
한국전기연구소 민복기,송재성

## Fabrication of the 7X7 mm planar inductor for low power DC-DC converter

Hongik Univ. Seok Bae\*,Sung-Ryong Ryu, Seoung-Eui Nam and Hyoung-June Kim  
Korea Electro-technology Research Institute Bok-Ki Min, Jae-Sung Song

## I. 서론

이미 1W미만 저출력, 소형의 DC-DC converter가 개발되어 상용화되고 있다. 이러한 컨버터들은 IGBT등의 회로구동 전원 공급용으로 사용되어지며 여기에 사용되는 Bulk형 인덕터 또한 사이즈가 매우 축소되고 있지만, 수동소자를 회로에 부착시키는 hybrid기판 type은 one-chip상에 모든 회로와 능동, 수동소자를 모두 구현하는 방향으로 기술이 발전하는 방향과는 맞지 않다. 따라서 MCM type의 소자를 구현하기 위해서는 수동소자의 박막공정화가 반드시 필요하다고 할 수 있다. 본 연구진[1]은 이전에 개발하였던 10X10mm인덕터 사이즈를 보다 축소하여(7X7mm) 인덕턴스는 종전보다( $1.2\mu\text{H}$ ) 약간 줄었지만 Coil loss를 발생시키는 저항을 개선한 성능( $1\mu\text{H}$ , DC  $0.73\Omega$ )을 갖는 박막인덕터를 개발하였다.

## II. 실험방법

기판재료로는 Si wafer 표면을 5000Å Oxidation 처리하여 사용하였으며,  $\text{Fe}_{78.81}\text{Ta}_{8.47}\text{Ni}_{12.71}/\text{Ti}$  연자성박막을 스퍼터로  $2\mu\text{m}$ 두께로 증착시킨 후 역시 스퍼터로  $\text{SiO}_2$  절연막을  $1\mu\text{m}$  두께로 증착하였다. 전기도금을 위한 seed layer로  $\text{Cu}(1000\text{Å})/\text{Cr}(200\text{Å})$ 를 증착시킨 후 SU-8-50 PR을 이용한 Photo-lithography공정을 실시하여 원하는 코일 형상의 PR패턴을  $120\mu\text{m}$ 두께로 만들었고 황산동 전기도금하여  $100\mu\text{m}$  두께의 코일부분을 제조하였다. 남아있는 PR을 stripping용액으로 제거한 후 그 위에 미리 제조한 상부자성막을 에폭시 접착제로 붙였다. B-H loop tracer를 이용하여 보자력과 포화자화값을 측정하였고 8자코일법을 이용하여 유효투자율을 측정하였다. 인덕턴스와 임피던스 측정은 impedance analyzer를 사용하였다.

## III. 실험결과 및 고찰

박막인덕터의 코일 부분은  $5.3\times 6.5\text{mm}$ 에 10turn의 double rectangular spiral type으로 설계되었으며 아래의 Fig.1을 보면 인덕터 코일부분의 형상을 이해할 수 있다. 코일의 폭은  $70\mu\text{m}$ 에 코일 간격은  $30\mu\text{m}$ 로 되어 있다. H.M.Greenhouse가[2] 제안한 공식에 의해 인덕턴스를 계산해보면 self inductance는 217 nH, mutual inductance는 194 nH가 나왔으며 air core type의 total inductance는 411

nH로 계산되었다. Cu코일의 두께를  $100\mu\text{m}$ 로 하여 종래의 인덕터보다(DC  $2\Omega$ ) 절반이하로 저항을(DC  $0.73\Omega$ ) 떨어뜨렸으며 이러한 코일 두께를 실현하기 위하여 SU-8 thick PR을 이용한 photo lithography 공정이 필요하였다. thick PR을 사용할 경우 PR의 잔류응력에 의한 박리현상이 발생할 수 있다. 이것은 PR 선폭과 두께의 aspect ratio로써 조절될 수 있는데 실험적으로 0.5 이상의 비율(선폭/두께)이 적절한 것으로 밝혀졌다.

사용된 FeTaN 자성막의 자기적 특성은  $4\pi M_s$  15 kG,  $H_c$  0.5 Oe,  $H_k$  9 Oe,  $\mu'$  2800으로 측정되었다. 자성막의 easy축과 inductor coil의 장축을 평행하게 놓아야 coil에 직각 방향으로 형성되는 자계값이 자성막의 hard axis와 일치하게 되어 고주파 특성이 좋은 인덕턴스 값을 얻을 수 있었다. 제조된 인덕터의 특성값이 Fig.2와 Fig.3에 나타나있다. Fig.2를 보면 1MHz에서 980 nH,  $1.73\Omega$ 으로 3.5이상의 Q값을 갖게 되는 것을 알 수 있다.  $f_r$ (resonance frequency)은 약 15MHz부근이었고 저항의 증가는 Cu eddy current loss에 의한 손실로 예상된다. 현재 DC-DC convertor용 회로의 제어IC의 작동주파수는 1MHz 이하의 것이 주종을 이루고 있으나 효율을(ZVS-CV buck convertor의 경우 switching loss가 전체 loss의 약 37%차지, Cu loss는 약 28%) 높이기 위해서 차츰 주파수가 올라가고 있는 실정이다.

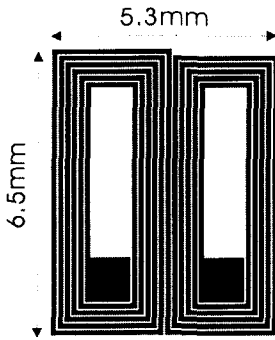


Fig.1 Inductor design

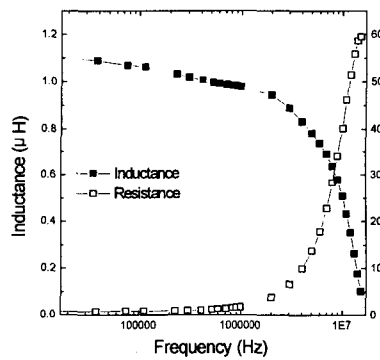


Fig.2 Measured inductances and resistances plot against frequency

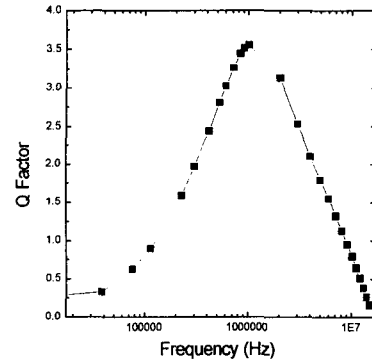


Fig.3 Quality factor plot against frequency

#### IV. 결론

7X7mm사이즈(두께 1.1mm)로 제조된 박막인덕터의 특성은 1MHz에서 980nH,  $1.73\Omega$ , Q factor 3.55으로 얻어졌고 DC저항은  $0.73\Omega$ 이었다. 저항을 충분히 떨어뜨렸으므로 동일한 사이즈에서 인덕턴스를 더 증가시키는 설계가 가능할 것으로 판단된다.

#### V. 참고문헌

- [1] C.H.Lee,D.H.Shin,D.H.Ahn,S.E.Nam,H.J.Kim, J. Appl. Phys. 85 (1999) 4898
- [2] H.M.Greenhouse, IEEE Trans. Hybrids & Packaging, vol.10 (1974) 101