

박막 인덕터의 구조와 임피던스 특성

한국전기연구소 송재성*, 민복기, 허정섭, 김인성
 (주)매트론 기술 연구소 김현식
 한국과학기술대학교 위상봉

Impedance properties and structures of thin-film inductors

KERI J. S. Song, B. K. Min, J. S. Heo, I. S. Kim
 R&D Center, Matron Co., LTD. H. S. Kim
 Korea Uni. of Tech. & Education S. B. Wee

I. 서론

현재 전자기기의 경박단소화가 진행되고 있으며, 저손실, 고주파 특성이 요구되고 있지만, 기기를 제어하는 중추소자를 구동시키는 전원 공급 소자는 중추소자의 개발 단계에 미치지 못하는 실정이다. 일례로 인덕터나 트랜스포머의 경우에는 아직도 벌크의 형태로 사용되고 있으며 고주파수 대역에서 사용되지 못하고 있다. 따라서 자성체를 이용하는 자기 소자의 특성을 개선하기 위한 방안으로 기존의 효율이 낮은 페라이트 자성체를 보다 고효율의 자성체로 대체하려는 노력과 소자의 경박단소화를 위한 박막형 자기소자를 제조하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

이러한 박막형 자기소자는 설계 기술, 박막제조 기술, 미세가공 기술, 특성평가 기술들로 이루어져 있으며, 지금까지는 소자설계, 자심 재료의 선정과 증착 방법, 도체막의 종류, 제조공정 등의 연구가 주로 진행되어 왔으며, 특히 박막 인덕터의 임피던스 특성과 자성막과의 상관관계에 대한 연구는 주로 모의 해석에 의한 연구만 이루어졌을 뿐 실험적인 연구는 체계적으로 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 박막 인덕터의 구조와 임피던스 특성과의 상관관계를 체계적인 고찰을 하기 위해 스파이럴형 공심 인덕터를 유사 LIGA 공정으로 제조한 후 별도로 제작된 Fe계 자성막을 이용하여 인덕터 구조를 다양하게 변화시켜 박막 인덕터의 특성 변화에 대해 고찰하였다.

II. 실험 방법

본 연구에서는 spiral형 인덕터를 기본 구조로 설정하여 유사 LIGA 공정을 이용하여 150 μm 두께의 유리위에 PR(SU-8 series) 패턴 형성 후 선택적 전기도금에 의한 방법으로 구리막을 15 μm 의 두께로 도금하여 최종 공심 인덕터를 제조하였다. 제조된 인덕터의 크기는 $7.3 \times 20.3 \text{ mm}^2$ 이고, 선폭 145 μm , 선간격 45 μm 이며, 직류 저항은 3.95 Ω 이다. 또한 별도로 제조된 박막 인덕터와 자성막을 이용하여 다양한 구조로 변화시켰으며, 인덕터의 임피던스를 Network analyzer로 측정하였다. 본 연구에서 구성한 인덕터의 구조를 그림 1에 나타내었다.

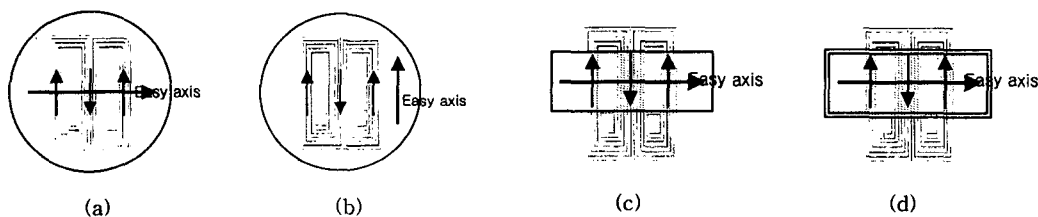


Fig. 1 Various types of thin-film inductors

III. 결과 및 고찰

그림 2는 자성막의 자기 이방성 방향에 따른 인덕터의 특성 변화를 나타낸 것으로 그림 1의 (a)와 (b)의 구조로 하여 특성을 평가하였다. 그림에서와 같이 공심 인덕터의 경우보다 자성막이 있을 경우 인덕턴스 값은 증가하였고, 전류의 방향과 자성막의 자화 용이축 방향이 수직일 경우가 가장 높은 특성을 나타낸다. 도체에 전류가 흐를 경우 자기장은 전류의 방향과 90° 방향으로 형성된다. 따라서 본 연구에서와 같이 double rectangular spiral형 인덕터의 경우 전류의 방향과 자성막의 자화 용이축이 수직인 경우 자성막의 자화 용이축 방향의 자기특성을 이용하는 것이고, 수평인 경우는 자화 공란축의 자기 특성을 이용하는 것이다. 본 연구에서와 같이 공심 인덕터에 자성막을 전류의 방향과 수직으로 배열한 경우 수평으로 배열한 경우 보다 인덕터의 인덕턴스 증가율이 높지만, 공명 주파수는 감소함을 알 수 있다. 따라서 자성막의 자기 이방성 방향에 따라 인덕터의 주파수 특성이 달라져 자성막의 자기 이방성이 인덕터의 인덕턴스 특성에 밀접한 영향을 미칠 수 있다. 또한 저항의 주파수 특성은 자화 용이축의 방향에 따라 변화가 없어 자성막의 손실은 자기 이방성과 큰 관계가 없음을 알 수 있다.

그림 3은 자성막과 도체막 사이의 절연막 유무에 따른 인덕터의 특성 변화를 나타낸 것으로 그림 1의 (c)와 (d)의 구조에서 특성을 평가하였다. 그림에서와 같이 절연막이 없는 경우 다소 높은 인덕턴스를 가지며, 이는 도체막과 자성막이 밀접할수록 자속이 보다 더 집중됨을 의미한다. 또한 절연막이 있는 경우 반대의 경우보다 저항의 증가율이 다소 낮지만, 공심 인덕터에 비해 저항의 증가율은 다소 높았다. meander형 인덕터에서는 절연막 유무에 따라 공진 주파수가 급격히 변하지만 본 연구에서와 같이 spiral형 인덕터의 경우 절연막 유무에 따라 전체 주파수 특성은 큰 변화가 없어 double rectangular spiral 구조에서는 공심 인덕터의 특성이 주파수 특성에 많은 영향을 받음을 알 수 있다.

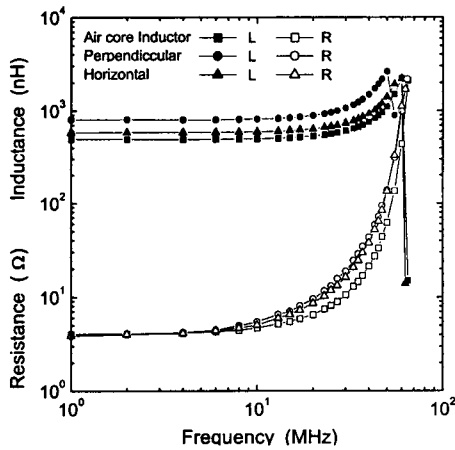


Fig. 2 Relationships between impedance of thin-film inductor and easy-direction of magnetic films

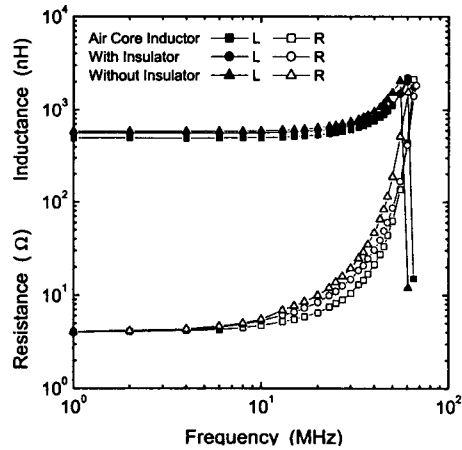


Fig. 3 Relationships between impedance of thin-film inductor and with or without insulator film

IV. 결론

본 연구에서는 double rectangular spiral형 공심 인덕터를 제조하고, 인덕터 구조와 특성과의 상관 관계에 대해 연구한 결과 인덕터의 전류의 방향과 자성 박막의 자기 이방성 방향이 수직일 경우 인덕턴스가 향상되었으며, 절연막이 없는 경우 자속의 집중 효과가 크기 때문에 인덕턴스는 높은 값을 가졌다.

참고 문헌

- [1] 田子, 柳澤, 谷内, 三野, 電氣學會マグネティックス研究會資料 **MAG-90-44**(1990)
- [2] 荒川, 山口, 荒井, 第16回日本應用磁氣學術演概要集 **9PA-18** (1992)
- [3] 三上 寛祐, 述本 浩章, 白江 公輔, 電氣學會マグネティックス研究會資料 **MAG-91-59** (1991)
- [4] 大城 : “マイクロ磁氣デバイスに関する基礎的研究”, 大阪大學學位論文(1990)
- [5] K. Yamamoto, K. Shirakawa, T. IEE Japan, **111-A(4)**, 268 (1991)
- [6] 松本, “薄膜インダクタの基礎特性に関する研究” 日本東北大學校大學院, 修士學位論文, (1991)
- [7] K. Shirakawa, H. Kurata, IEEE, trans., Japan, **8(3)**, 169(1993)
- [8] H. Fujimori, 日本應用磁氣學會紙, **21(3)**, 99(1997)
- [9] 김영학, 송재성, 한국자기학회지, **6**, 174 (1996)
- [10] 武田, 白川, 平田, 村上, 電氣學會マグネティックス研究會資料 **MAG-89-164**(1989)
- [11] 김현식, 민복기, 송재성, 한국자기학회지, **9(6)** (1999)