

공심인덕터의 제조 및 특성평가

정순중*, 송재성*^o, 김현식**

* 한국전기연구소 전기재료연구부 비정질재료연구팀, ** 경남대학교 무기재료공학과

The Fabrication and Measurement of Air Core Inductor

S.J. Jeong*, Y.S. Song*^o, H.S. Kim**

* Div. of electric materials, Korea Electrotechnology Research Institute,

** Kyungnam University, Inorganic Materials Department

Abstract

The Purpose of this paper is to produce air core inductor and measure its electrical properties for high frequency. Especially we focused attention on the effect of geometrical parameters such as coil width, distance between coils, turn number. In addition, the influence of film morphology at inductor was investigated. Increase of coil width and decrease of turn number resulted in promotion of electric properties.

1. 서 론

전자기기의 소형화에 대한 요구가 높아지는 가운데 전자 부품의 소형화, 집적화에 대한 노력이 다방면으로 연구되고 있다. 지금까지는 주로 동적 신호처리분야에 소형화가 중점적으로 연구되었으나 최근에는 전원의 분산화 및 기판 탑재 가능한 전원개발에 관심이 집중되고 있다. 이와 관련하여 가장 문제되는 부품중의 하나는 인덕터, 변압기 등의 자기소자이다. 종래에 사용하던 토로이달 소자는 크기를 줄일수록 성능이 감소되어서 MHz대역 이상의 주파수에서는 사용하기 어렵다. 따라서 최근 선진국에서는 이에 대한 문제점을 해결하고자 평면화된 박막형 소자를 개발하고 고주파에서도 손실을 낮출 수 있다는 것을 보여주었다. 현재 소자의 기술 방향은 고주파화, 소형화, 하이브리드화로 가고 있으며 1990년대 이후 많은 외국 기업들도 응용연구를 하고 있다.

그러나 지나친 소형화를 목적으로 한 인덕터는 허용 전류 및 인덕턴스에 한계를 나타내며 전원 등에 탑재하기에는 부족하다. 그리하여 본 연구에서는 적당한 소형화와 자신채와 코일을 평면으로 조합시킨 박막 인덕터를 제작하기 위한 기초 단계로써 구리막으로 이루어진 공심 인덕터를 제작하고 전기 특성을 조사하였다. 변수로 코일폭, 코일 간격, 권선수를 변화

시켰다.

2. 실험 방법

공심 인덕터의 패턴으로 가능한 형태는 루프형, 미연터형, 스페럴형으로 나눌 수 있다.

그러나, 이전 연구자들에 의해 연구된 결과 스페럴 형이 다른 형태 보다 인덕턴스가 수배 이상으로 우수한 것으로 보고되고 있어서 본 연구에서는 스페럴형에 대해서만 조사하였다.

전체 크기는 1cm × 1cm이며 코일폭은 200-300 μ m 코일간 간격은 50-100 μ m 권선수는 5-14 이다. 해석변수로는 작동 주파수, 코일폭, 코일 간격, 권선수이다. 인덕터의 제조는 다음과 같이 하였다.

먼저 RF 마그네트론 스파터링 장비를 이용하여 실리콘 웨이퍼 위에 6 μ m 구리막을 성막시켰다. 이때 조건은 20mtorr Ar 압력, 200W RF power 이다. 제작된 구리막을 습식식각법으로 미세가공하여 공심 인덕터를 제작하였다. 전기특성은 LCR meter를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 공심 인덕터 제작

실리콘 웨이퍼 위에 구리박막을 6 μ m를 증착시켰다. 이때 조건은 20mtorr Ar 압력, 200W RF power 이며 주상조직이 나타났다(표1). 주상조직이 아닌 평탄한 조직의 다른 조건에서는 기판과의 접착력이 나빠서 사용할 수 없었다. 증착된 구리막을 미세가공하기 위하여 습식식각을 하였다. 그림 1은 식각공정중에 발생하는 공정의 여유도를 조사한 결과이다. 이때 식각 용액 비율은 20%의 묽은 질산용액이었으며 식각속도는 925Å/sec였다. 식각경향을 보면 식각시간이 90초이상부터 식각시간 증가에 따라 급속히 언더컷이 발생하였다.

Table 1 Basic Properties of Cu film

스파터링 조건	박막의 두께 편차	비저항
RF Power : 200W Ar 압력 : 20mtorr Time : 40 min. (thickness : 6 μ m)	$\pm 10\%$	10 μ Ω cm

(2) 특성 측정

(a) 코일간격에 따른 영향

공심인덕터의 권선수 10, 막두께 6 μ m, 코일폭 300 μ m로 고정시킨후 코일간격을 32로부터 76 μ m까지 변화시켰다. 그 결과 평균 200nH의 인덕턴스가 얻어졌으며 이 계산치의 약 1/5 배에 해당한다. 이러한 결과는 구리막의 조적에 기인되는 것으로 생각된다. 또한 코일의 불균일한 구조 때문에 유효 단면적이 감소되며 인덕턴스가 감소되는 것으로 사료된다. 측정값을 코일간격이 감소할수록 양부호의 상호작용이 증가하게 되므로 인덕턴스는 증가하게된다(그림3). 그러나 1MHz이하에서는 코일간격이 50 μ m정도에서 가장 높은 인덕턴스를 나타냈으며 주파수가 증가할수록 작은 코일 간격을 가진 인덕터에서 보다 우수한 인덕턴스 값을 얻었다. 또한 5MHz에서의 특성이 가장 우수하였으며 이로부터 제작된 인덕터는 5MHz영역에서 가장 적합하다는 것을 알 수 있다. 그림 4는 코일간격에 따른 인덕터의 전기저항을 나타낸 것이다. 코일폭이 증가함에 따라 전기저항은 감소한다. 그 차이는 10 Ω 이상의 차이가 나타났으며 이러한 차이는 코일간 근접효과의 증가에 기인되는 것으로 생각된다. 주파수 500kHz 1MHz에서는 거의 비슷한 저항을 나타냈으며 5MHz에서는 약간 증가하였다. 10MHz 15MHz의 주파수에서는 저항이 50 Ω 이상까지 증가하였다.

(b) 권선수에 따른 영향

고정조건을 코일폭(Wc) 300 μ m, 코일간격(Dc) 50 μ m 으로 정하고 권선수를 10, 15로 변화시켰다. 그림 5에서 보듯이 권선수가 증가할수록 인덕턴스는 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이러한 원인은 인덕턴스가 권선수의 제곱($L \propto n^2$)에 비례하기 때문이다. 그림 6은 권선수에 따른 전기저항의 변화를 나타내었다. 주파수가 500kHz 1MHz 5MHz에서는 권선수가 증가함에 따라 저항이 감소하지만 10MHz 15MHz에서는 저항이 증가하였다. 권선수가 증가하면 전체 path 길이가 증가하므로 저항이 커져야 한다. 이러한 예상은 10MHz 15MHz에서만 유효했다.

(c) 코일폭에 따른 영향

권선수를 10, 전체크기를 1cm \times 1cm로 고정시킨후 코일폭을 287, 304 μ m로 변화시켰을 경우 인덕턴스와 저항을 조사하였다(그림 7, 8). 인덕턴스의 변화에 있어서는 500kHz 1MHz 5MHz의 주파수에서는 코일폭이 증가할수록 인덕턴스는 감소하였으나 10MHz 15MHz에서는 증가하였다. 계산치나 다른 문헌을 살펴보면 코일폭이 증가할수록 인덕턴스는 감소하게 된다. 그러나 실험값에서는 10MHz 15MHz에서만 이러한 설명이 적합하다. 이러한 이유는 코일폭이 작은 인덕터는 5MHz에서 최적값을 나타내고

그이상의 주파수에서는 인덕턴스가 감소한다. 그러나 코일폭이 큰 인덕터에서는 최적 주파수 대역이 5MHz이상이기 때문에 코일폭에 따른 영향이 역전되어 나타나는 것으로 생각된다. 저항의 변화는 전체적으로 폭이 증가할수록 저항은 증가하였다.

그림 9, 10은 인덕터의 전체 크기를 1cm \times 1cm로 고정후 코일폭 287 μ m 코일간격 49 μ m 권선수 10 (A)과 코일폭 373 μ m 코일간격 98 μ m 권선수 8(B)인 인덕터에서의 인덕턴스와 저항을 비교한 것이다. 그림에서 보듯이 (A)의 경우가 (B)의 경우보다 인덕턴스와 저항이 커졌다. 그러나 인덕턴스의 증가율은 최대 12%정도이었으나 저항의 증가율은 3배이상 증가된 것을 알 수 있다. 그러므로 권선수를 10이하에서는 코일폭을 증가시키고 코일간격을 감소시키며 권선수를 작게하면서 적당한 인덕턴스와 최소의 저항을 갖도록 하는 것이 유리하다.

4. 결론

공심 인덕터를 제작하고 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

가. 코일 간격이 증가할수록 인덕턴스는 감소하였고 저항은 증가하였다.

나. 권선수의 증가는 인덕터의 특성을 향상시켰다.

다. 코일폭의 증가 및 권선수의 감소에 따른 저항의 변화는 매우 컸다.

5. 참고문헌

가. 日本應用磁氣學會誌, vol.17, No.3, 1993, pp.642

나. 電學論A, vol.111, No.4, pp.259

다. 日本應用磁氣學會誌, vol.16, No.2, 1992, pp.431.

라. IEEE TRANSLATIONAL ON MAGNETICS IN JAPAN, vol.5, no.7, 1990, pp.604.

마. IEEE TRANSLATIONS ON MAGNETICS, vol. MAG.-23, no.5, 1987, pp3759.

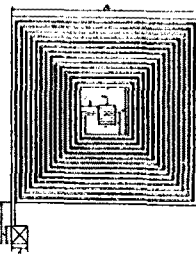


Figure 1. Type of spiral coil

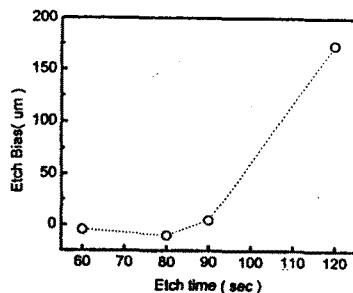


Figure 2. The relation of etch time with etch bias

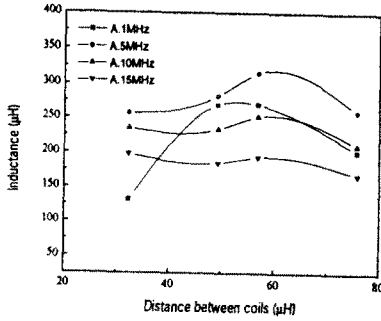


Fig. 3 Dependence of inductance on distance between coils in inductor

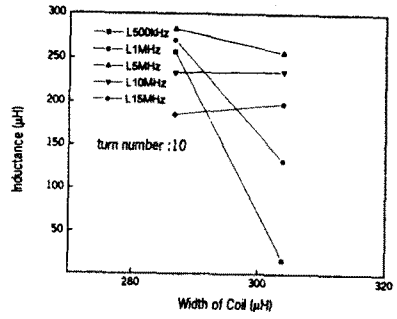


Fig. 7 Dependence of inductance on coil width in inductor

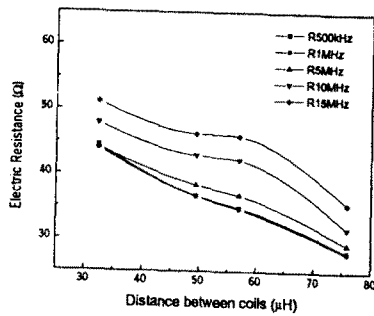


Fig. 4 Dependence of electric resistance on distance between coils in inductor

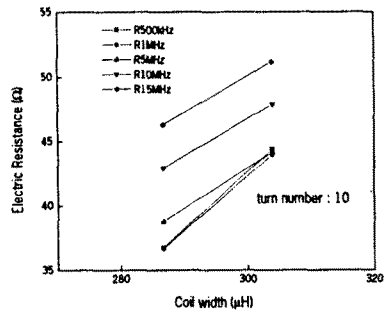


Fig. 8 Dependence of electric resistance on coil width in inductor

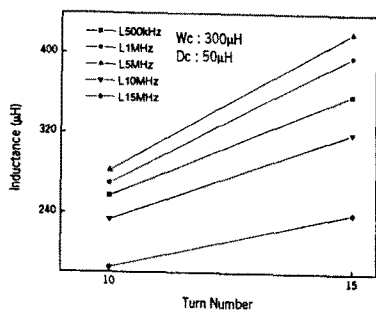


Fig. 5 Dependence of inductance on turn number in inductor

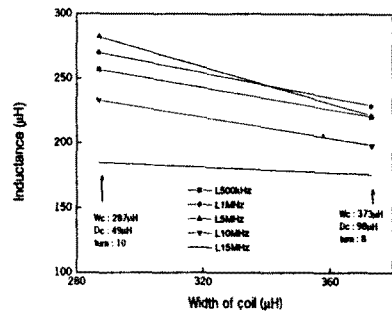


Fig. 9 Comparison of inductance in two inductor with different coil width

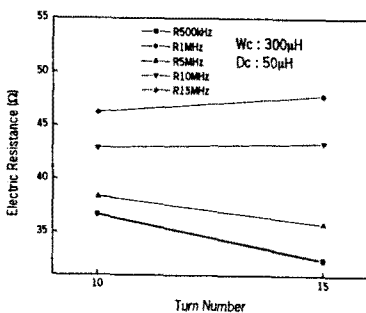


Fig. 6 Dependence of electric resistance on turn number in inductor

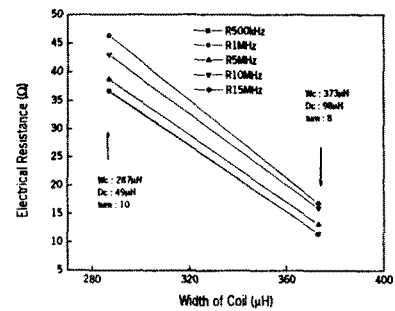


Fig. 10 Comparison of electric resistance in two inductor with different coil width