

평면형 마이크로인덕터의 시작에 관한 연구

김종오 · 강희우* · 김영학** · 김동연*** · 오호영***

충남대학교 공과대학 재료공학과

*주성전문대학 전자통신과

**부산수산대학교 공과대학 전기공학과

***한국코아주식회사 연구소

(1996년 10월 22일 받음, 1997년 1월 30일 최종수정본 받음)

자기소자중 가장 기본이 되는 박막인덕터의 제작에 관한 연구를 수행하기 위하여, photolitho-graphy와 에칭공정을 도입하고, 도체간격 및 도체폭이 수십 μm , 도체코일 턴수가 각각 13회와 20회, 크기가 4 mm × 4 mm인 공심형 박막인덕터를 제작하였다. 이것을 마이크로스트림선로에 장착하고, network analyzer로 주파수 1 MHz ~ 1 GHz에서 신호의 반사계수법을 이용하여 간편하고 비교적 정확한 측정을 하였다. 특히, 공정이 간단한 습식 에칭공정을 도입하여, 안정된 에칭기술을 통해 양호한 미세패턴구조를 얻었다. 박막인덕터의 특성은, 크기가 같을때, L 및 Q값은 spiral형이 meander형 보다 큰 값을 갖는 반면, 공진주파수는 인덕턴스의 증가에 의한 영향으로 spiral형이 meander형보다 감소하였다.

I. 서 론

전자, 통신기기의 소형화에 대한 요구에 부응하여, 소자의 집적화기술이 급격히 진전되고 있으나, 인덕터나 변압기를 비롯한 자기소자에 관하여는 반도체분야에 비하여, 소형화, 고주파화가 크게 뒤져있는 실정이다. 이러한 상황에서 인덕터나 변압기를 미세가공기술 등을 사용하여 소형화를 도모하고, 고주파에서 사용하는 것을 목표로한 마이크로 자기소자(micro magnetic devices)에 관한 연구가 시작되었다. 마이크로 자기소자에 관한 역사를 살펴보면, 1960년 ~ 1970년에 걸쳐서 A. Olivei[1], N. Saleh[2], R. F. Soofoo[3] 등에 의해서 자기소자의 소형화에 첫걸음을 내디디는 연구가 이루어졌지만, 고주파특성에 우수한 자성체가 없었던 것과 미세가공기술이 그다지 발달하지 않았던 이유들로부터 제작된 소자는 소형화의 요구를 충분히 만족시키지 못했다. 그러나, 1980년대에 들어서, 미세한 소자를 형성하는데 적당한 박막제작법 및 미세가공기술의 발전과 고주파특성이 좋은 자성체의 출현[4 ~ 6] 등에 힘입어, 高谷[7], 松木[8] 등에 의해서 여러가지 방법에 의한 자기소자의 소형화에 관한 연구가 활발히 이루어지게 되었다. 그 중에서도 박막을 이용하는 소자는 1 MHz이상의 고주파에서의 사용을 목적으로 한 것으로, 1982년 白江에 의하여 제안된 이래[9 ~ 10], 활발히 연구가 이루어지고 있다[12 ~ 21]. 소자의 성능을 향상시키기 위해서는 코일을 형성하는 도체상호간의 간격을 수 μm 까지 감소시켜 그 주변에 배치된 자성층과의 자기적인 결합을 강화할 필요가 많다고 일컬어지

고 있지만[22], 지금까지 행하여진 연구에 있어서, 미세한 가공이 충분치않고, 특히 국내에서는 최근부터 관심을 갖고 연구를 시작한 상태이다[23]. 마이크로 자기소자의 고성능화를 위해서는, 소자를 구성하는 각부분의 재료, 미세한 패턴에 대한 고정밀 가공방법, 우수한 성능을 갖는 구조의 설계 등 3가지 문제에 대하여 종합적인 검토가 필요하다. 또한, 여기에 부가하여 고주파측정에 대한 기술의 확립도 시급하다.

본 논문에서는, 박막을 사용한 평면형 박막인덕터에 대한 시작품의 제작을 위하여, 소자설계, 박막제작 및 에칭공정과 측정 등의 기술개발을 통하여, 공심형 박막인덕터의 시작품을 제작하였다. 그리고, 인덕터로서의 특성을 평가하기 위하여 저항 R, 인덕턴스 L 및 성능지수 Q에 대하여 검토하였다.

II. 소자의 제작

1. 박막의 제작

마이크로 자기소자는 평면코일, 자성층, 그리고 절연층으로 구성되고, 이들은 박막을 이용하여 제작되는 경우가 대부분이다. 이 경우 가능한 작은 면적에 고성능의 소자를 형성하는 것이 요구되기 때문에, 소자의 배선에 필요한 면적을 감소시킬 필요가 있다. 그러나, 배선면적이 과도하게 작아지면, 그 부분에 장력이 집중함으로써 박막이 박리되는 일이 있다. 더우기 여러 종류의 박막을 적층시키면, 박막이 중첩되는 부분에 단차에 의한 단선이 발생하지 않는 박막제작 방법을 선정해야 한다. 스퍼터링법으

로 제작한 박막은, 진공증착에 의한 방법과 비교할 때 스퍼터링시 원자가 갖는 에너지가 훨씬 크기 때문에, 기판에서 박막의 부착력이 크다. 여기서는 제작방법으로서 스퍼터링법을 선택하였다.

박막도체코일의 제작을 위하여 사용한 Cu 타겟트는 순도가 99.99 %이고, Table I에 RF 스퍼터링 조건을 나타내었다. Cu 박막의 두께는 약 1 μm 정도이었다.

Table I. Cu sputtering conditions.

sputtering power	Ar gas pressure	Ar gas flow	sputtering time
90 (W)	3 (mTorr)	40 (sccm)	24 (min.)

2. 박막의 미세패턴가공

수 μm 단위의 도체폭 및 간격을 갖는 패턴을 형성하기 위해서는, 박막의 미세가공기술이 필요하다. 여기서는 반도체의 가공시 많이 사용하는 photolithography와 습식에칭공정을 도입하여 코일의 미세패턴을 형성하였다. 순서로서, ① 기판에 박막형성, ② photoresist의 도포, ③ soft baking, ④ Cr 마스크를 사용한 밀착노광, ⑤ 현상, ⑥ hard baking, ⑦ 에칭, ⑧ photoresist의 제거 등의 공정을 거쳐 1층의 박막가공을 완료한다. 다음에 가공공정을 상세히 설명한다.

(1) 기판에 박막형성

두께 1 μm 의 Cu박막(직경 10 mm ϕ 의 원)을 slide glass(두께 0.1 mm)기판 위에 형성한다.

(2) Cr 마스크의 제작

모눈종이에 도체코일의 패턴(spiral type meander type, 선폭(wc) : 50 μm , 선간격(dc) : 50 μm , 소자의 크기 : 4 mm \times 4 mm의 80 배 확대도면)을 설계하고, 루비리스지에 설계한 패턴을 복사커팅 한다. 이 확대패턴을 실물크기(1/80)로 축소 촬영한다.

여러 개의 패턴을 동시에 제작할 수 있도록, spiral형과 meander형을 각각 8개씩 교대로 배치하여 미세패턴을 갖는 마스크를 완성한다. (Fig. 1 참조)

(3) photoresist coating

포토테지스트(AZ-5214E)를 spinner(일본 MIKASA사의 1 H-10 model)를 사용, 회전속도 5,000 rpm에서 coating하였다.

(4) soft baking

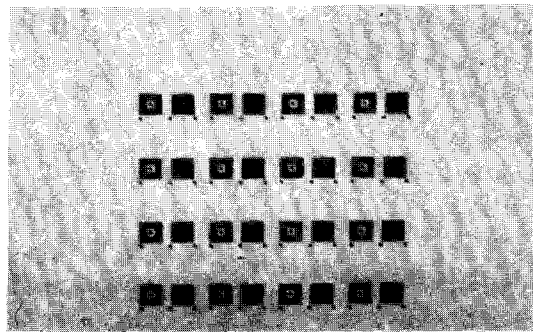


Fig. 1. Photograph of Cr Mask prepared for samples.

약 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 4분동안 실시하였다.

(5) 노광

마스크 aligner(일본 MIKASA사의 MA-10 model)로 4초동안 밀착노광하였다.

(6) 현상

증류수와 현상액(AZ-340)을 5 : 1의 비율로 혼합하여 실온에서 실시하였다.

(7) hard baking

온도 120 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10분동안 실시하였다.

(8) 습식 에칭공정

에칭액을 증류수 50 ml와 FeCl_3 10 g 및 15 g을 혼합하여 만든 후, 실온에서 1분 이내의 시간 동안 담그어 Cu를 제거하였다.

(9) photoresist의 제거

아세톤 용액중에서 45초 동안 실시하였다.

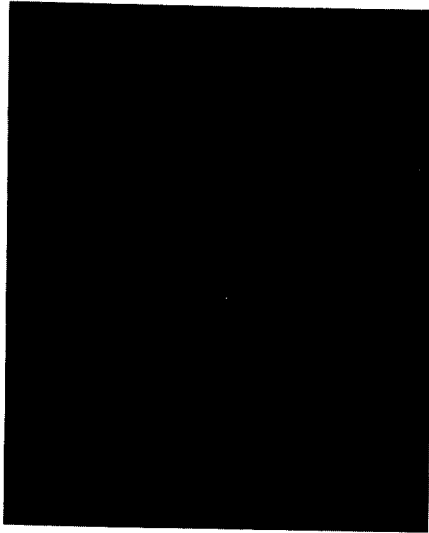
(10) 검사

에칭상태를 먼저 육안으로 확인하고 이상이 없는 시료에 대하여, 최대확대배율이 1,000배이고, 카메라가 장착되어있는 금속광학 현미경으로 전체적인 패턴과 부분적인 에칭상태를 점검하였다. 그리고 전자현미경(SEM)에 의한 소자의 표면, 단면의 에칭상태를 조사하여 미세패턴의 이상 유무를 검사하였다. 제작된 두 종류의 소자(spiral형, meander형)의 미세패턴의 광학현미경 사진을 Fig. 2에, 그리고 Fig. 3에 전자현미경 사진을 나타내었다.

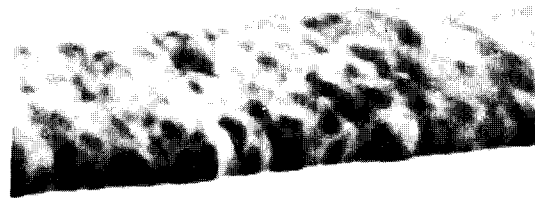
사진에서 알 수 있는 바와같이, spiral형이나 meander형에서 코너부분 및 단면부 등의 가공상태는 양호하다. 특히 1 μm 두께에 대한 에칭단면은, 습식에칭의 문제점으로 지적되고 있는 등방성에칭에 의한 under cutting이 일어나지 않는다. 따라서 향후 필요하다면 두께를 어느

정도까지는 증가시킬 수 있는 가능성이 있다.

이렇게 하여 제작된 인덕터의 코일패턴은, 확인결과, 도체코일 선폭(w_c)이 약 42 μm , 선간격(d_c)이 58 μm 정도로, 당초의 설계치($w_c : d_c = 50 : 50$)에 거의 접근하였다.



(a)

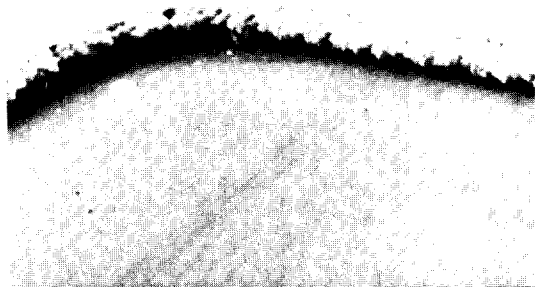


x20k 0002 25kV 2 μm

(a)



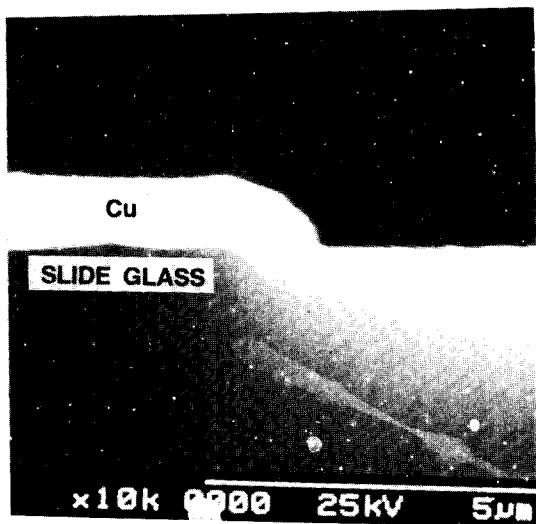
(b)



x4.0k 0004 25kV 10 μm

(b)

Fig. 2. Microscope photographs of manufactured planar micro pattern coils. (a) meander type, (b) spiral type



(c)

Fig. 3. SEM photographs of wet etched cross-sections for micro planar pattern coils. (a) linear part of pattern (b) pattern part bended at a right angle (c) cross section of pattern

3. 인덕터의 구조

본 연구에서 제작한 공심형인덕터는, 유리기판 위에 Cu의 도체코일만으로 패턴을 spiral형과 meander형으로 형성한 가장 간단한 구조이다. 형상에 따른 크기를 Table II에 나타내었다.

Table II. Types and demensions of inductors.

samples	core	type	wc : dc	t _c	turns	remarks
AM1L	air	meander	43 μm : 57 μm	1 μm	20	coreless
AM4L	"	"	41 μm : 59 μm	1 μm	"	"
AS1L	"	spiral	"	1 μm	13	"

III. 소자의 측정

1. 임피던스 측정

박막인덕터의 특성을 측정하고 해석하기 위하여, 임피던스 측정법을 도입하여, 신호의 반사계수를 이용함으로 임피던스를 구했다. Fig. 4에 표시한 것처럼, 특성임피던스 Z₀를 갖는 선로에 부하임피던스 Z_r을 접속하면, 접속

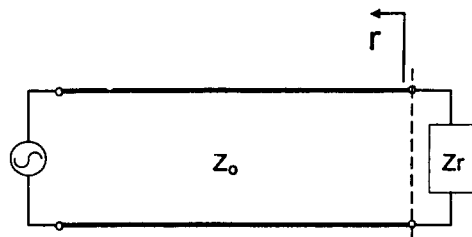


Fig. 4. Measuring principle of impedance at high frequency.

점에 있어서 신호의 반사가 생긴다. 이때 반사계수 Γ는 부하에 입력된 신호중 어느 만큼 반사되어 송신측으로 되 돌아 오는가를 나타내는 것이다. 부하임피던스 Z_r은 반사계수 Γ 및 선로의 특성임피던스 Z₀를 이용하여 (1)식으로 나타낸다.

$$Z_r = Z_0 (1 + \Gamma) / (1 - \Gamma) \quad (1)$$

여기서, 특성임피던스 Z₀는 50 Ω이다.

2. 전용 zig를 사용한 인덕턴스의 측정

(1)식의 측정원리에 의하여, 실제로 제작된 인덕터의 임피던스를 구하기 위하여는 측정주파수에 대한 반사계수를 알아야 한다. 측정기로서 network analyzer(HP-8753D)를 사용하였으며, 주파수 1 MHz ~ 1 GHz의 범위에서 반사계수를 측정하였다. 이때 network analyzer에 접속하여 측정함에 있어, 인덕터의 크기가 기판을 포함하여 5 mm × 5 mm전후로 작기 때문에, Fig. 5와 같

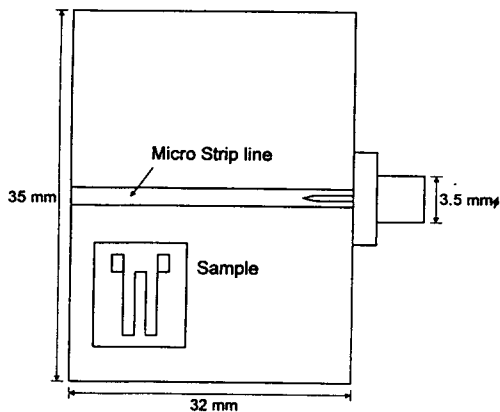


Fig. 5. Fabrication of zig used for measuring system.

이 별도의 전용 접속 zig를 제작하였다. 이 zig는 PCB기판 위에 폭 1 mm인 동박의 마이크로스트립선로를 화학반응 에칭하여 제작하고, 동축선로의 3.5 mm 변환접속기의 중심 tip 부분과 납땜 접속시킨다. 그리고 이 마이크로스트립선로의 앞부분의 접지도체면 상에 소자의 한쪽 전극을 bonding wire로 set시켜 접지하고, 소자의 다른 한쪽의 전극은 zig 후면에 있는 동박기판과 접속된다. 이렇게 하여, 마이크로스트립선로의 한끝은 변환접속기에 의하여 동축선로로 연결되어 network analyzer에 접속된다. 측정된 반사계수로부터 (1)식으로 반사계수를 구하고, (2)식에 표시한 것처럼 실수부를 저항으로 할 때, 허수부를 각주파수 ω 로 나눈 값을 인덕턴스 L로 정의 하였다.

$$Z_r = R_m + j \cdot \omega \cdot L_m \quad (2)$$

IV. 측정결과 및 고찰

인덕터에 있어서 등가회로는 Fig. 6과 같이, R, L이 직렬로, 여기에 병렬로 표유용량 C를 삽입한 형태로 나타낸다. 이때 회로의 임피던스 Z는,

$$Z = (j\omega L + R) / (1 + j\omega C(R + j\omega L)) \quad (3)$$

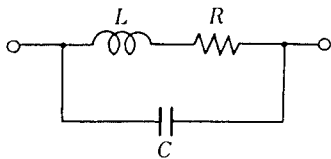


Fig. 6. Equivalent circuit of inductor

로 쓸 수 있으며, 여기서, ω 는 각주파수이다. 소자가 인덕터로서 동작하려면, (3)식에서 $\omega L \gg R$ 의 조건을 만족시켜야 한다. 그 지표를 성능지수 (quality factor) Q 라하면, $Q = \omega L / R$ 로 표현되고, 이값은 가능한 클수록 바람직하다. 종래의 벌크인덕터와 평면인덕터에서의 Q는 다음과 같이 표시된다.

$$Q_B \propto K, Q_p = K \text{에 관계없이 일정.} \quad (4)$$

즉, 벌크인덕터의 Q_B 는 크기 K가 클수록 증가하는 반면, 평면인덕터의 Q_p 는 크기에 관계없이 일정하다. 이러한 성질은, 박막을 사용한 평면형 인덕터에서는 단점이 될 우려가 있기 때문에, 도체막의 두께, 자성막의 손실을 경

감하는 등의 방법으로, Q를 증가시키는 대책이 필요하다. (3)식의 분모중 제 2항은 $j\omega C(R + j\omega L)$ 인데, 이항을 무시할 정도로 작게 할 필요가 있다. R을 무시하면, $\omega^2 LC \ll 1$ 이 만족되는 주파수 범위에서만 인덕터로 작용하게 된다. 결국 인덕터의 사용한계 주파수인 공진주파수 f_R 은 다음과 같이 정하여진다.

$$f_R = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad (5)$$

벌크인덕터나 평면인덕터에서 $f_R \propto 1/K$ 이므로, 크기를 작게 할수록, 사용주파수의 범위는 넓어지는데, 소형화를 목표로 하는 평면인덕터의 장점을 살릴 수 있다. 인덕터의 성능을 평가하기 위한 기본적인 파라미터는, 소자의 크기, 저항 R, 인덕턴스 L 및 성능지수 Q 등이 있다.

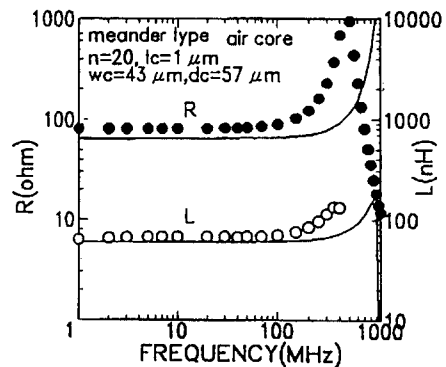


Fig. 7. Dependence of resistance R and inductance L on the variation of frequency for sample AM1L.

Fig. 7은 도체코일의 turn수 20회, 두께 1 μm , 선폭 43 μm , 선간간격이 57 μm 인 meander형의 공심구조의 시료에 대한 주파수특성의 측정결과를 나타낸 것이다. 그림에서 실선은 松本 등[24]이 고려한 계산방법을 이용하여 얻어진 계산치를 나타낸다. 인덕터는 주파수의 증가에 따라 기생하는 표유용량과, 인덕턴스간의 회로적인 공진 현상으로, 인덕터의 주파수 사용범위가 결정되기 때문에, 이 두가지성분에 기인하는 임피던스의 주파수특성이 측정되게 된다. 저항 및 인덕턴스의 계산치와 측정치는, 저주파수영역에서 각각 70 Ω , 70 nH 정도로 비교적 잘 일치하고 있다. 반면에, 고주파수영역에서 코일상호간 및 코일과 접지기판간의 표유용량의 증가가 예상되어, 이들과 인덕턴스에 의해 일으키는 공진주파수는 계산치와 다소 벗어나는 경향이 있다. 제작된 meander형 인덕터의 공진주파수는 300 MHz 정도를 나타낸다. Fig. 8은, Fig. 7

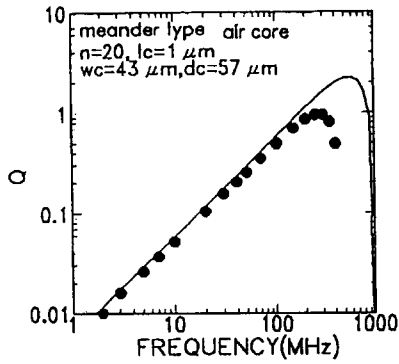


Fig. 8. Relationship between quality factor Q and frequency for sample AM1L.

과 동일한 인덕터의 성능지수와 주파수관계를 측정할 결과이다. 역시 이 경우도 저주파영역과 고주파영역에서 측정치와 계산치는 Fig. 7과 같은 경향을 나타낸다. 공진주파수가 300 MHz일때 Q값은 1을 갖는다. 도체코일의 직류저항 R_{dc} 는 코일의 길이를 l , 저항율을 ρ_c 로하면, 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R_{dc} = l / \rho_c \cdot t_c \cdot w_c \quad (6)$$

여기서, 직류저항은 코일폭 w_c 에 반비례한다. 코일폭이 증가하면 인덕턴스는 감소하지만, 위식에서 직류저항이 감소하기 때문에, Q값은 상승한다. 코일두께 t_c 에 있어서는 인덕턴스와 Q_{max} 의 주파수는 막두께에 의존하지 않고 거의 일정한 반면, 직류저항의 감소로 저항은 도체막두께의 증가에 따라 감소한다. 이와같이, 인덕턴스 L과 성능지수 Q는 도체코일의 선폭과 두께에 대하여 상반하여 변화한다. 제작된 코일의 단면적(가로 × 세로)이 $43 \times 1 \mu m^2$ 인 경우, 70Ω 으로 무시할 수 없는 정도의 큰 저항값을 나타내는 것은, 폭에 비하여 단면적이 너무 작은 것에 기인한다고 생각된다. 또한 도체코일의 저항이 너무 커지면, 소자전체의 임피던스를 용량성으로 작용하는 일도 있다. 따라서 지금의 두께 $1 \mu m$ 에서 수 μm 이상으로 증가시킬 때, 저항의 감소효과로 Q값의 증가에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 9와 10은, Fig. 7과 8의 인덕터에 비하여 도체코일의 선폭과 선간격이 약간 다른 경우로, 인덕턴스 및 Q값은 거의 변화가 없다. meander형 인덕터에서 공진주파수이하의 영역에서의 측정치는, 계산치와의 관계에서 타당성이 있음을 알 수 있다. 다만, 중심형이기때문에, 자성막의 기여가 전혀없어 L 및 Q값은 작은 값을 갖는다. 이

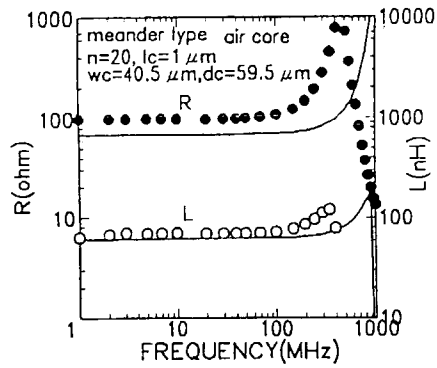


Fig. 9. Dependence of resistance R and inductance L on the variation of frequency for sample AM2L.

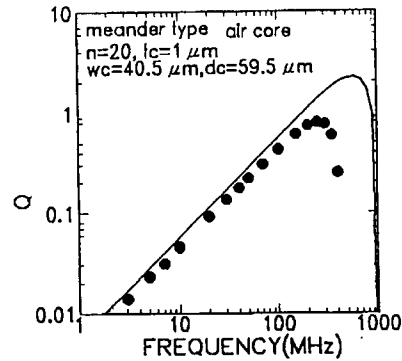


Fig. 10. Relationship between quality factor Q and frequency for sample AM2L.

인덕터의 경우도 300 MHz의 주파수에서 공진현상이 발생하고 있다.

meander형은 도체코일의 구조상 가장 인접하는 도체를 흐르는 전류의 방향이 서로 반대이고 이로인해 서로 상쇄되는 부(-)의 상호인덕턴스를 갖게 되므로, 인덕턴스를 크게 감소시키게 된다.

이러한 meander형 인덕터와는 달리, 상호인덕턴스가 정(+)으로 되도록 하는 spiral 구조를 검토하였다. 즉, 전류가 흐르는 도체 가까이에는 같은 방향의 전류가 흐르는 도체가 많이 존재할 필요가 있다. spiral형 코일은 임의의 도체부분에 대해 생각할때, 가까운 근방의 도체에는 어느것이나 같은 방향으로 전류가 흐르고, 반대방향으로 흐르는 전류는 이들 도체보다도 떨어진 위치에 있다. 그러므로, spiral형 코일은 상호인덕턴스의 증가에 기인한 인덕턴스의 증가가 기대된다.

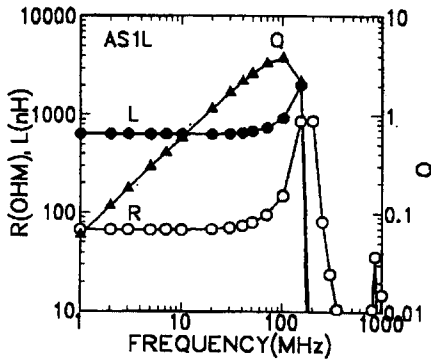


Fig. 11. Dependence of resistance R, inductance L and quality factor Q on the variation of frequency for sample AS1L.

Fig. 11은, spiral형 인덕터의 크기를 앞에서 설명한 meander형과 같은 4 mm × 4 mm로 하고, 선폭과 선간격이 각각 41 μm, 59 μm인 경우에 측정한 결과이다. 이때 코일 turn수는 13회로 meander형의 20회에 비해 작다. 이것을 meander형과 비교하면, 저항 R은 60 Ω으로 약간 감소하였다. 인덕턴스 L은 600 nH로 8배이상, 그리고 Q값은 4로써 4배나 증가하였다. 이에 비하여, 공진주파수는 100 MHz로 meander형의 1/3에 불과한데, 이것은 (5)식에서 L의 증가로, 그만큼 인덕터의 공진주파수 f_R 를 감소시키기 때문이다.

지금까지 검토한 평면형 인덕터의 특성은, 목표치에는 미흡하다. 즉, 이것은 코일의 패턴을 형성하는 습식 에칭 공정과 기초적인 설계기술을 확보하기 위한 인덕터의 시작품이고, 구조에도 개선의 여지가 많다. 우선, 자성박막을 사용하지 않은 공심형으로, 자성체의 사용에 따른 인덕턴스 L 및 성능지수 Q의 증가효과가 무시되었다. 또한 인덕터의 설계에서, 최적상태의 코일배치와 형상을 갖는 조건이 존재한다고 볼때, 앞으로 자성박막의 도입, 도체 간격과 폭, 특히 에칭 공정이 가능한 범위에서의 막두께의 증가 등, 세밀한 검토가 필요하다. 그러나, 1 MHz ~ 수백 MHz의 넓은 범위의 고주파영역에서 신뢰성있는 고주파특성의 측정방법을 확립한 것은 큰 성과이다. 또한 이 연구를 통하여, 인덕터의 특성을 개선할 수 있는 know-how를 축적할 수 있게 되었다. 마지막으로, 평면형 박막인덕터의 실제응용을 전제로 한 목표치를 荒川 [25]가 검토한 자료를 통해 예측해 본다. 인덕터의 크기가 5 mm 각형인 경우, 손실감소를 위한 적절한 자성박막의 채용과 적층구조를 가질때, 공진주파수 100 MHz에서의 인덕턴스와 성능지수를 각각 1 μH 및 수십정도의

값을 실현할 수 있다면, 향후 그의 응용에 대한 전망은 상당히 밝을 것으로 생각된다.

VI. 결 론

지금까지 마이크로 자기소자중 가장 기본적인 소자인 박막인덕터 제작에 관한 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 photolithography와 습식 에칭공정을 조합하여, 도체 간격 및 도체폭이 수십 μm, 도체코일 turn수가 각각 13회와 20회, 소자의 크기가 4 mm × 4 mm인 공심형의 박막인덕터를 제작하고, 기본적인 특성에 대하여 검토하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 마이크로스트립선로에 인덕턴스 소자를 장착하고, network analyzer를 사용하여 주파수 1 MHz ~ 1 GHz의 범위에서, 반사계수와 전송 zig를 이용하여 비교적 정확한 측정방법을 확립하였다.
- (2) 간단한 공정의 습식 에칭공정을 도입하여, 두께 1 μm, 폭 수십 μm 정도의 코일제작을 위한 안정된 에칭기술을 확립하고, 양호한 미세패턴 구조를 얻었다.
- (3) 제작된 공심형 인덕터의 경우, 같은 크기에서 인덕턴스 L 및 성능지수 Q값은 spiral형이 meander형보다 큰 값이 얻어졌으나, 공진주파수는 spiral형에서 L의 증가로 meander형보다 감소하였다.

앞으로, 적절한 도체코일 배치 및 단면적을 유지하여, 저항값의 감소로 인한 인덕터의 고주파특성 향상과, 자성막의 효과를 최대한 활용할 수 있는 페자로 구조에 대한 검토가 필요하다.

감사의 글

본 연구에 많은 도움을 주신 일본동북대학 전기통신연구소 荒井賢一교수님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] A. Olivei, IEEE Trans. Parts, Materials and Packaging, PMP-5, 71(1969).
- [2] N. Saleh, A. H. Qureshi, ELECTRONIC LETTERS 31st December, 6, 850(1970).
- [3] R. F. Soohoo, IEEE Trans. Magn., MAG-15, 1803(1979).
- [4] A. Hosono, Y. Shimada, J. Appl. Phys., 67, 1 June, 6981(1990).

- [5] R. Sakai, Y. Shimada, J. Appl. Phys. **68**, 1 November, 4760 (1990).
- [6] M. Takahashi, T. Shimatsu, IEEE Trans. Magn., **MAG-26**, 1485 (1990).
- [7] 高谷, 日本電氣學會마그네틱스硏究會, MAG-86-192 (1986).
- [8] H. Matsuki, K. Murakami, IEEE Trans. Magn., **MAG-21**, 1738 (1985).
- [9] 白江, 森田, 若林, 특정연구아몰퍼스재료·물성, 昭和57년도 제5회연구회논문집, 126 (1982).
- [10] 白江, 川邊, 村田, 제7회 일본응용자기학회 학술강연개요집, 9aD-1, 277 (1983).
- [11] K. Kawabe, H. Koyama, K. Shirae, IEEE Trans. Magn., **MAG-20**, 1804 (1984).
- [12] 白江, 일본전기학회 마그네틱스연구회, MAG-89-164 (1989).
- [13] 三野, 谷内, 田子, 柳澤, 일본전기학회 마그네틱스연구회, MAG-90-114, 61 (1990).
- [14] 平田, 白川, 鳥羽, 村上, 제14회 일본응용자기학회 학술강연개요집, 11aG-6, 518 (1990).
- [15] 松木, 藤井, 白川, 鳥羽, 村上, 제14회 일본응용자기학회 학술강연개요집, 11pG-4, 525 (1990).
- [16] 宮腰의 3인, 제14회 일본응용자기학회 학술강연개요집, 11pG-8, 529 (1990).
- [17] 松本の 3인, 제13회 일본응용자기학회 학술강연개요집, 25aB-5 (1989).
- [18] 山口, 일본전기학회전국대회 심포지움, S. 18-5-4 (1990).
- [19] M. Ymaguchi의 3인, IEEE Trans. Magn., **MAG-26**, 2014 (1990).
- [20] 松本の 3인, 일본전기학회 마그네틱스연구회 MAG-90-116, 77 (1990).
- [21] 大關의 3인, 제14회 일본응용자기학회 학술강연개요집, 11aG-5, 517 (1990).
- [22] 白江의 2인, 일본전기학회 마그네틱스연구회, MAG-88-228, 87 (1988).
- [23] 김영학, 송재성, 한국자기학회지, **6**, 174 (1996).
- [24] 松本, 일본동북대학 대학원, 석사학위논문 (1991).
- [25] 荒川, 일본동북대학 대학원, 석사학위논문 (1992).

Trial Manufacture of Planar Type Micro Inductors

Jong-Oh Kim, *Hee-Woo Kang, **Young-Hak Kim,

***Dong-Hyun Kim and ***Ho-Young Oh

Dept. of Materials Engineering, Chungnam National University

**Dept. of Electronic Communication, Juseong College*

***Dept. of Electrical Engineering, National Fisheries University of Pusan*

****Hankook Core Co., Ltd.*

(Received 22 October 1996, in final form 30 January 1997)

The development of electronic machine industries requires miniature of size as well as increasement of driving frequency in electronic parts, recently. To realize micro-structure of magnetic devices, in this study, we fabricated thin film inductors by using thin film manufacturing techniques such as photolithography and wet etching process, and these devices are measured at high frequency range of 1 MHz ~ 1 GHz. The results are as follows. The accurate measuring technique by using network analyzer system having microstrip line was established. The manufactured inductors are fabricated with several ten micrometers by means of wet etching process known as easier and more economic than dry etching process. When the device size of two types (spiral, meander) is the same, inductance value L and quality factor Q of spiral type devices are larger than those of meander type, but driving frequency of spiral type is lower than that of meander type due to increasement of inductance L. It is necessary to decrease resistance value R by increasing cross section of the conductor film coil. Thus high frequency measuring method would be a very useful for another measuring fields of the range over several hundreds MHz.