

폐자로형 평면 인덕터의 제조 및 고주파 특성에 관한 연구

이창호 · 신동훈 · 남승의 · 김형준

홍익대학교, 금속·재료공학과
서울특별시 마포구 상수동 72-1, 121-791

(1998년 3월 21일 받음, 1998년 6월 25일 최종수정본 받음)

본 연구에서는 micro magnetic device의 제작과 특성 분석을 위하여 고주파수 대역에서 사용가능한 자성체의 개발과 meander형 마이크로 코일의 가공 기술 확립에 그 목적을 두었다. 자성체로서는 DC magnetron reactive sputtering system에 의해 제조된 초 미세 결정구조를 갖는 FeTaC, FeTaN막을 사용하였으며, 그 자기적 특성은 다음과 같다. B_s : 13~17 kG, H_c : 0.1~0.2 Oe, μ' : 2000~4000. 전기 도금법에 의해 제작된 Cu코일은 $2 \mu\Omega\text{-cm}$ 의 비저항을 나타내었으며, 공심형 5 turn 인덕터의 경우에는 50 nH의 인덕턴스와 700 MHz의 공진 주파수 그리고 200 MHz에서 30의 성능 지수를 보였다. 또한 meander형태의 폐자로 인덕터에서 인덕턴스는 150 nH, 공진 주파수는 100 MHz, 그리고 성능지수는 10~30 MHz에서 4의 값을 나타내었다.

I. 서 론

자기 소자는 기기를 제어하는 반도체 소자와 같은 능동 소자와는 달리 능동 소자에 전원을 공급하거나 회로를 운용하는 전기 신호를 변조, 증폭시키는 수동 소자이다. 반도체 소자의 급격한 발전으로 전자 부품의 소형화, 고기능화가 진행되는데 반해, 아직까지 인덕터, 트랜스포머와 같은 자기 소자는 대부분 3차원 벌크 형태로 사용되고 있다. 따라서 미래의 magnetic IC, actuator 및 자기 센서와 같은 미소 소자 구현을 위해 고 기능화된 소형 자기 소자의 제조는 필수적이라 할 수 있다[1]. 이러한 자기 소자의 소형화는 전자 기기의 외형 축소를 가능케 하고, 반도체 소자와의 단일 칩 형성이 가능함으로 표면 실장효과 및 소자의 집적도 증가로 인한 생산비 절감 효과 등의 장점이 있다. 또한 자기 소자의 박막화는 소자의 사용 주파수 대역을 고주파화 할 수 있으므로, 고주파 통신 장비나 고집적 계측 장비 등에 필요한 고효율 및 빠른 처리속도를 갖는 소자를 제조할 수 있으며, micromachine 제조를 위한 기반 기술을 형성할 수 있다[2,4].

평면형 자기 소자는 1970년대에 이론적으로 그 가능성이 제안되었다[5,6]. 자기 소자의 대표적인 부품인 평면 인덕터를 구성하는 요소는 전기 신호를 자기 신호로 바꾸어주는 코일부와 형성된 자기신호를 증폭해주는 자성박막 및 자성박막과 코일을 절연하여 주는 절연층이 있다[7,8].

본 연구에서는 평면 인덕터를 구현하기 위해 자성막과 Cu코일 형성법에 관하여 연구하였다. 적용하고자 하는 자성막에 요구되는 특성은 고주파 특성이 우수하며, 소자에 적용시 자기 특성의 열화가 적어야 한다. 일반적으로 알려진 고주파 특성이 우수한 자성막으로는 Co계 비정질막으로서 이방성이 뚜렷하고, 비저항이 높은 장점을 가지고 있다. 하지만 인덕터의 구조를 형성하기 위해서는 여러 가지 진공 및 열처리 공정이 도입된다. 또한 소자의 구조상 코일에서 인가되는 자장의 방향과 자성막의 이방성 방향이 일치하여야 한다. 따라서 Co계 비정질막의 경우 가해지는 열적 활성화에 의해 구조가 바뀌거나 자기 특성이 열화된다. 또한 코일의 형상에 일치하는 자성막을 배치하기 위해서는 자장 열처리 공정을 거쳐야 한다. 따라서 본 연구에서는 열적으로 안정하고 이방성이 없는 Fe계 미세 결정막을 적용하고 전기 전도도가 우수한 전기도금 Cu막을 사용하여 코일만으로 구성된 공심 인덕터와 자성막/절연막/코일/절연막/자성막의 구조를 갖는 폐자로형 인덕터를 meander형으로 제작후 비교·분석하였다.

II. 실험방법

본 연구에서는 앞에서 설정한 조건을 만족하는 자성막으로서 Fe계 미세 결정막을 사용하였다. 강자성 원소인 Fe에 천이금속 Ta와 N, C 등을 첨가하여 reactive sputtering법으로 $2 \mu\text{m}$ 의 FeTaN, FeTaC막을 제조하였다

다. 제조직후 막의 구조는 비정질상으로서 후 열처리를 통하여 막의 미세구조를 조절, 고주파 특성이 우수한 연자성 박막을 제조하였으며, 그 자기적 특성으로는 B-H loop tracer와 figure-8 coil method를 이용하여 포화 자속밀도, 보자력 및 주파수에 따른 투자율의 변화를 측정하였다. 또한 제조된 자성막의 조성분석은 RBS(Rutherford Backscattering Spectroscopy)로부터 얻은 표준시편으로 보정한 AES(Auger Electron Spectroscopy)의 결과로부터 측정하였다.

Corning glass위에 DC/RF reactive magnetron sputter를 이용하여 위에서 언급한 자성막(2 μm)과 절연막(SiO₂+SOG, 1 μm)을 증착하고, 계면 접착성 향상을 위한 adhesion layer와 전기도금에 필요한 하지층(seed layer)로서 각각 Cr(200Å)과 Cu(5000Å)를 적층하였다. meander 형태의 Cu코일(5 μm)을 패터닝(patterning)하기 위한 방법으로는 사진공정(photolithography)과 선택적 전기도금법(selective electroplating method)이 사용되었다. 이때 사용된 전해액은 CuSO₄, H₂SO₄ 및 막의 구조를 치밀하게 해주는 광택제(SC(NH₂))를 첨가한 용액이며, 인가 전류 밀도는 60 mA/cm²이었다. 또한 막의 전기 전도도를 개선하고, 절연막으로 사용되는 SOG(spin on glass)의 안정화를 위하여 열처리를 행하였다. 그리고 2차 사진공정을 이용하여 PR mask를 형성한 뒤 Cu코일 선로사이의 seed layer(Cu)와 adhesion layer(Cr)를 각각 10 wt% FeCl₃용액을 이용한 습식 식각법과 Ar gas를 이용한 ion milling법으로 제거하였다. 그리고 난 뒤 sandwich방식으로 다시 절연막, 자성막을 증착함으로써 meander 5턴의 형상을 가지는 평면 자기 인덕터를 제조하였다.

제조된 인덕터의 특성 측정은 고주파 해석에 사용되는 분포정수회로 해석법(distributed parameter method)의 일종인 유한요소 해석법에 준하여 50 Ω의 특성 임피던스를 갖는 strip line을 이용하여 시편의 임피던스를 측정하였다[9]. 입력되는 전원의 주파수가 증가함에 따라 전원의 파장이 Cu선로의 총 길이보다 짧을 경우 Cu선로 내에서 반사가 발생한다. 따라서 종래에 사용되는 집중 정수 회로 해석법(lumped parameter method)으로 측정된 특성은 정확한 값을 나타내지 못한다. 분포정수회로 해석법에 의한 임피던스 측정법은 시편의 Cu 선로내에서 발생하는 입력 신호의 반사 계수를 측정하여 임피던스를 구한다. 측정된 임피던스는 실수항이 AC저항이 되고, 허수항이 인덕턴스를 포함하는 항

이 된다. 또한 인덕턴스의 성능을 가늠할 수 있는 성능지수 Q는 $L\omega/R$ (L:인덕턴스, ω:각주파수, R:AC저항)로 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 FeTa(N,C) 자성박막

일반적으로 Fe는 강자성 원소로서 진공 증착에 의해 약 2000~3000 Oe의 높은 보자력을 갖는 박막으로 제조된다. 이러한 원인은 Fe가 갖는 강한 결정 자기 이방성 에너지에 기인한 것으로서 연자기 특성을 구현하기 위해서는 결정 자기 이방성 에너지를 감소시키는 방안이 마련되어야 한다. 즉, Fe의 단일 원소로 제조된 막은 조대한 결정립을 갖고 이러한 결정립의 크기에 의존하는 총 결정 자기 이방성 에너지를 갖는다. 따라서 미세한 결정립을 형성하면 결정 자기 이방성 에너지가 감소하여 보자력이 낮은 연자성 박막을 형성할 수 있다. 본 연구에서 사용된 결정립 미세화법은 Fe에 화합물의 형성이 쉬운 Ta와 N, C 등을 첨가하여 TaN, TaC 화합물이 결정립계에 석출, 결정립의 성장을 억제하는 방법이다. 따라서 막의 미세조직은 sputter직후에 비정질상이며, 후 열처리를 통하여 미세한 결정립을 형성하여 연자기 특성을 얻을 수 있다.

Fig. 1에서 알 수 있듯이 성막 직후에는 보자력이 약 10~25 Oe의 높은 값을 나타낸다. 반면 열처리 온도가 증가함에 따라 400~500 °C의 온도에서 포화자속밀도 13~17 kG, 보자력 0.1~0.2 Oe의 우수한 연자기 특성을 나타낸다. X-선 회절 분석으로부터 측정된 막은

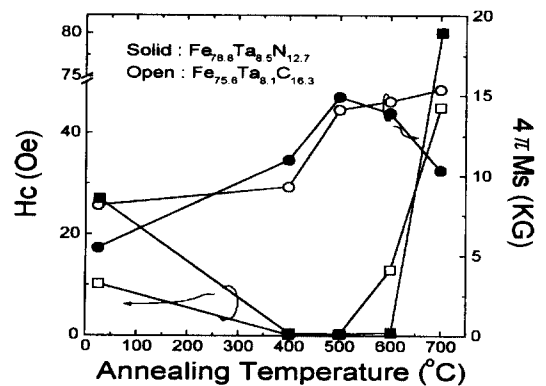


Fig. 1. Coercivity and saturation magnetization as a function of annealing temperature for Fe_{78.8}Ta_{8.5}N_{12.7} films and Fe_{75.6}Ta_{8.1}C_{16.3} films.

sputter직후에는 비정질상이며, 400~500 °C의 온도 범위에서는 반가폭의 측정에 의한 Scherrers의 공식에 의해서 60~70 Å의 결정립 크기를 가지는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 1에서 알 수 있듯이 600 °C 이상의 열처리 온도에서는 막의 결정립 크기가 급격히 증가한 이유로 보자력은 증가하고 포화자속밀도는 감소하는 것으로 판단된다.

앞에서도 언급하였듯이 자성막을 사용한 평면 인덕터를 제조하기 위해서는 우수한 자기 특성 뿐만 아니라 공정중에 발생하는 300~400 °C의 부수적인 온도 상승 요인 즉, plasma, 절연막의 열처리, ion beam에 의한 식각등에 그 특성이 열화되지 않는 내구성을 가져야 한다. 따라서 제조된 Fe_{78.8}Ta_{8.5}N_{12.7}, Fe_{75.6}Ta_{8.1}C_{16.3}막은 이러한 열적 내구성을 갖춘 자성막으로 사료된다.

Fig. 2에 1 μm 두께의 Fe_{78.8}Ta_{8.5}N_{12.7}, Fe_{75.6}Ta_{8.1}C_{16.3}막의 주파수에 따른 투자율 특성을 나타내었다.

그림에서 알 수 있듯이 두 종류의 자성막은 모두 약 2000이상의 높은 투자율을 나타내며, 50~60 MHz까지 투자율 특성이 유지된다. 그 이상의 주파수 대역에서는 투자율이 감소하는데 이는 고주파대역에서 큰 요소로 작용하는 와전류 현상에 의한 막의 손실 성분이 증가한 원인으로 판단된다. 즉, $\delta(\text{skin depth}) = [\rho_m / (\mu'_m(0) \cdot \mu_o \cdot \pi \cdot f)]^{1/2}$ (ρ_m : film resistivity, $\mu'_m(0)$: initial permeability, μ_o : $4\pi \times 10^{-7}$, f: frequency)에 의해 계산된 Fe_{78.8}Ta_{8.5}N_{12.7}, Fe_{75.6}Ta_{8.1}C_{16.3}막의 skin depth는 50~60 MHz에서 약 1 μm를 갖는다. 따라서 이 주파수 대역 이상에서는 와전류에 의한 투자율의 손실 성분이 현저히 증가하고 이에 따라 실효 투자율이 감소하는

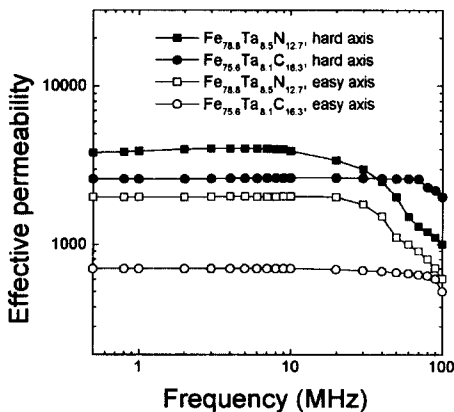


Fig. 2. Permeability variation of Fe_{78.8}Ta_{8.5}N_{12.7} and Fe_{75.6}Ta_{8.1}C_{16.3} films depend on frequency.

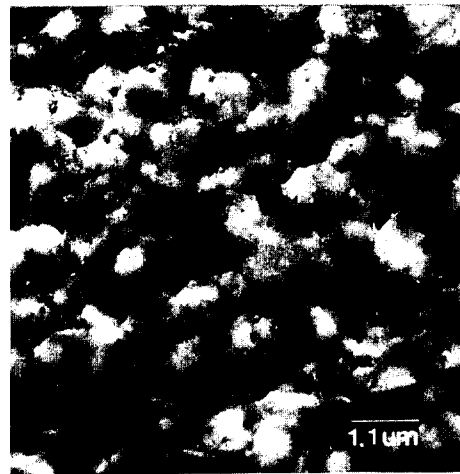
것으로 판단된다. 또한 Fe_{78.8}Ta_{8.5}N_{12.7}, Fe_{75.6}Ta_{8.1}C_{16.3}막의 이방성 자계는 약 2~3 Oe로서 Co계 비정질막보다 매우 적은 것으로 나타났다. 따라서 자성막의 적용시 코일에서 발생하는 자장의 방향과 무관하게 자성막을 배열할 수 있으며, 그에 따른 공정상의 이득을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 Cu코일의 미세구조 및 전기적 특성

자기 소자에서 코일의 역할은 원활하게 전기 신호를 전달하여 초기 자장을 형성하는 것이다. 따라서 전기적으로 낮은 비저항을 가져야 할 뿐만 아니라, 자장의



(a) after selective electroplating



(b) after 500°C annealing

Fig. 3. Surface morphology of Cu films depend on annealing temperature.

형성에 적합한 형상으로 제조가 용이해야 한다. 기존에 사용되는 코일 형성의 방법으로는 진공 증착에 의해 Cu막을 형성한 후 사진·식각공정을 통하여 코일을 형성하는 것이 일반적이다. 하지만 진공 증착에 의해 제조된 막은 제조시 막에 가해지는 손상에 의해 비저항을 낮추는데 한계가 있으며, 식각도중에 많은 손상이 막에 가해져 막의 접착성이 문제된다. 따라서 본 연구에서는 Cu코일의 형상이 patterning된 기판에 선택적 전기도금을 행함으로써 전기도금과 동시에 코일을 형성하였으며, 후 열처리를 통해 막을 치밀화 하여 전기적 특성을 개선하였다.

도금직후 막의 구조는 광택제의 영향으로 미세한 결정립을 갖는 Cu막이 형성되었다. 그러나 이러한 막의 열처리후 조직을 관찰해 볼때 결정립계에 공극이 형성됨을 확인할 수 있으며, 이러한 공극은 전기도금시 결정립내에 형성된 미세결합들이 열처리에 의해 결정립계로 확산된 것으로 판단된다. 이러한 결과는 Cu막의 전기전도도를 크게 개선시키는 것으로 판명되었으며, Fig. 4에 열처리 온도에 따른 막의 면저항을 나타내었다.

그림에서 알 수 있듯이 전기도금 직후 Cu막의 면저항은 진공증착에 의한 Cu막의 면저항 보다 높은 값을 나타낸다. 하지만 열처리 후 전기도금 Cu막의 면저항은 급격히 감소하여 500 °C의 열처리 후에는 2 $\mu\Omega$ -cm의 낮은 비저항 값을 나타내었다. 이 값은 벌크 Cu의 비저항 1.6 $\mu\Omega$ -cm에 육박하는 값으로 전기도금후 비저항이 낮은 양질의 Cu막을 형성할 수 있음과 동시에 자성막의 열처리 효과까지 얻을 수 있는 장점이 있

다. 또한 형성된 Cu코일의 단면은 식각에 의해 형성된 코일의 직각형 단면과는 달리, 사다리꼴형으로서 후속되어지는 자성막의 형성시 우수한 aspect ratio를 갖는 자성막의 형성이 가능할 것으로 판단된다.

3.3 컴퓨터 모사를 통한 최적 인덕터 형상의 구현

와전류 손실이 발생하지 않는 저주파수 대역에서의 인덕턴스 변화는 코일의 형상에 따른 전·자기적 변환을 예측할 수 있는 Maxwell방정식을 통하여 계산이 가능하며, 이러한 컴퓨터 모사시 인덕터의 구조에 따른 인덕턴스의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 설계된 인덕터는 실제 공정시와 같은 형상으로 meander 5턴의 구조이며, 자성막의 실효 투자율은 1000, 자성막, 절연막 그리고 코일의 두께는 각각 2 μm , 1 μm , 5 μm 이며 코일의 폭은 200 μm , 코일과 코일의 간격은 200 μm 로서 계산했다. meander형 인덕터는 구조상 인접 코일간에는 서로 반대 방향의 전류가 인가되며, 따라서 인접한 코일사이에 발생하는 상호 인덕턴스는 음의 값으로 작용한다. Fig. 5(a)에서 우선 코일만으로 구성된 공심형 인덕터의 경우, 자성막에 의한 기여분이 전혀 없기에 Cu코일에서 형성된 누설 자속(leakage magnetic flux)은 외부로 퍼져 나가는 형상으로 인하여 낮은 인덕턴스 값을 가짐을 알수 있었다. 반면 Fig. 5(c)에서와 같이 코일을 절연막과 자성막이 sandwich방식으로 덮고 있는 구조에서는 형성된 누설 자속이 측면으로 약하게 존재하고, Fig. 5(d)에서 코일이 자성막으로 완전히 측면까지 에워싸인 구조에서는 자성막에 의해 누설 자계가 완전히 차폐되어 코일 주위로 집중함으로써 변조된 자기신호의 효율적인 증폭에 의해 인덕턴스 값이 공심형 인덕터에 비해 상대적으로 높은 값을 나타냄을 예측할 수 있었다.

Fig. 6에는 Maxwell 방정식을 2차원적으로 해석하여 5턴의 meander 코일 중 첫 번째 코일에 있어서의, 자기 인덕턴스 값과 인접 코일과의 상호 인덕턴스 값의 변화를 인덕터의 구조에 따라 나타내었다.

공심형 인덕터에 있어서 첫 번째 코일의 자기 인덕턴스는 상호 인덕턴스와 큰 차이를 보이지 않고, 따라서 총 인덕턴스 값은 적은 값을 나타내는데, 이는 코일로부터 형성된 누설 자속이 외부로 방출됨에 따라 자기 인덕턴스가 낮고, 방출된 자속이 주위의 코일에 작용함으로 상호 인덕턴스가 상대적으로 큰 분율을 차지하는 것으로 판단된다. 반면 자성막이 적층된 폐자로 인덕터

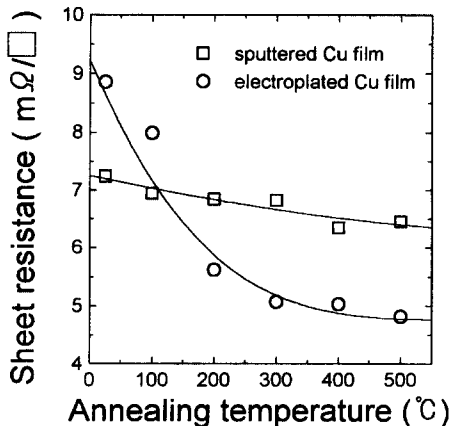


Fig. 4. Sheet resistance of sputtered Cu films and electroplated Cu films depend on annealing temperature.

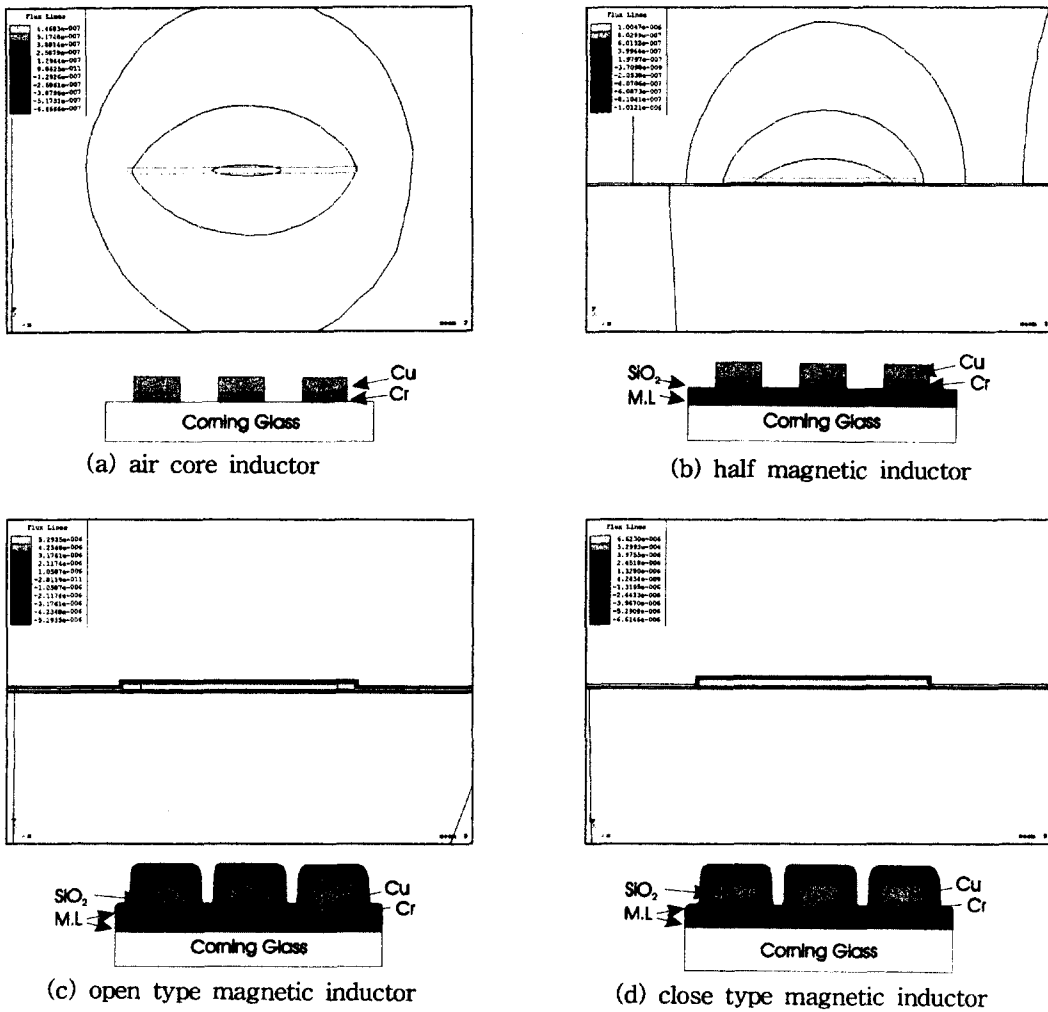


Fig. 5. Magnetic flux distribution as a function of inductor shape by computer simulation.

의 경우는 공심형 인덕터에 비해 자기 인덕턴스는 증가 하나 상호 인덕턴스는 증가하지 않는 경향을 나타낸다. 이는 누설 자속이 자성막에 의한 차폐 효과로 코일 주위에 집중하게 되어 자기 인덕턴스가 크게 증가하고 상호 인덕턴스는 상대적으로 적은 분율을 차지한다. 따라서 자성막의 적용시 인덕터의 상호 인덕턴스보다는 자기 인덕턴스를 증가시킴을 알 수 있었다. 이러한 자성막의 차폐효과는 자성막의 고주파 투자율 거동과 밀접한 관련을 갖기 때문에 고주파 대역에서 우수한 인덕터의 특성을 구현하기 위해서는 고주파 대역에서 우수한 투자율 특성을 갖는 자성막이 연구되어야 한다.

이러한 결과를 바탕으로 본 실험에 있어서는 공심형 평면 인덕터와 페자로형 평면 인덕터를 제작하여 비교

· 분석함으로써 인덕터의 구조 즉, 자성막의 배치에 따른 인덕턴스와 성능지수, 공진 주파수의 변화를 살펴 보았다.

3.4 페자로형 인덕터

Fig. 7(a)에 제조된 공심형 인덕터의 코일부와 Fig. 7(b)에 자성막/절연막/코일/절연막/자성막의 5층형 페자로 인덕터의 구조를 나타내었다. 이때 사용된 절연막은 sputter SiO₂와 SOG(spin on glass)로서 1 μm였다.

그리고 제조된 5 turn, meander형 공심 인덕터와 FeTa(N,C)막을 적용한 페자로 인덕터의 특성을 Fig. 8에 나타내었다.

제조된 인덕터는 공심형 인덕터의 경우 50 nH의 인

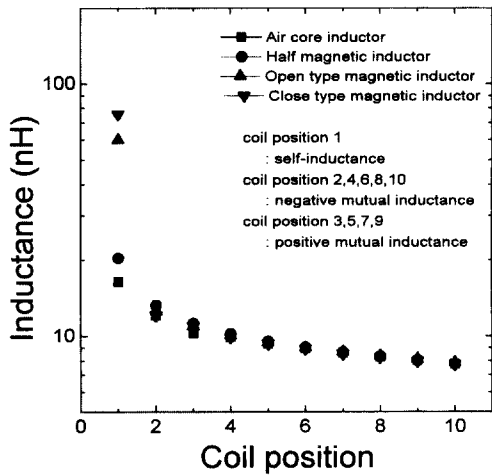
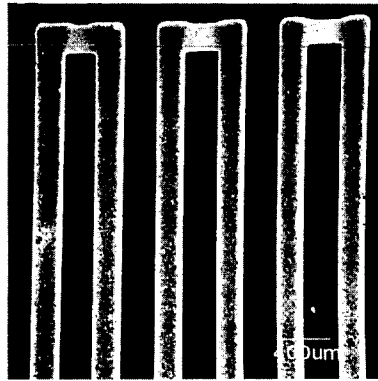


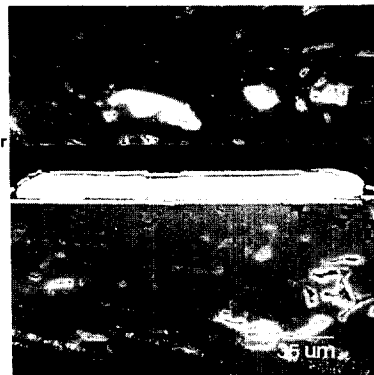
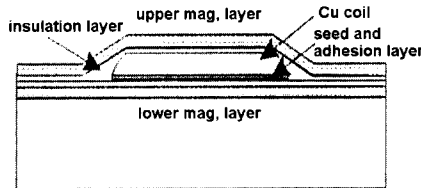
Fig. 6. Inductance variation as a function of inductor shape by computer simulation (The coil position 1 is self-inductance of coil no. 1, and the coil position 2, 4, 6, 8, 10 are negative mutual inductance between coil no. 1 and coil no. 2, 4, 6, 8, 10 and coil position 3, 5, 7, 9 are positive mutual inductance between coil no. 1 and no. 3, 5, 7, 9).

덕턴스값과 700 MHz의 공진 주파수를 보였으며 이때 계산된 성능지수 Q는 200 MHz에서 30의 값을 나타내었다. 반면 폐자로 인덕터의 경우는 공심형 인덕터에 비해 인덕턴스가 3배정도 증가한 150 nH를 나타내었으며, 계산된 성능 지수는 20~30 MHz에서 4의 값을 나타내었다. 따라서 실지 측정된 인덕턴스 값은 공심형 인덕터의 경우 컴퓨터 모사로 계산된 인덕턴스값과 거의 일치하고 있으나, 폐자로형 인덕터에서는 계산된 인덕턴스 값과는 많은 차이를 나타내고 있다. 이는 컴퓨터 모사시 경계조건으로서 자성막과 코일간에 완벽한 절연막이 형성된 것으로 가정했기 때문이며, 또한 공정상의 절연막으로 사용된 SOG를 안정화하기 위한 열처리 공정 중 수분이 방출되어 자성막의 자기 특성을 열화시킨 이유 때문이라고 판단된다. 그리고 30 MHz이상의 주파수 대역에서 인덕턴스의 급격한 감소는 Fig. 2에 나타난 주파수에 따른 자성막의 유효투자율 거동과 일치한다. 즉, 자성막에서 발생하는 와전류



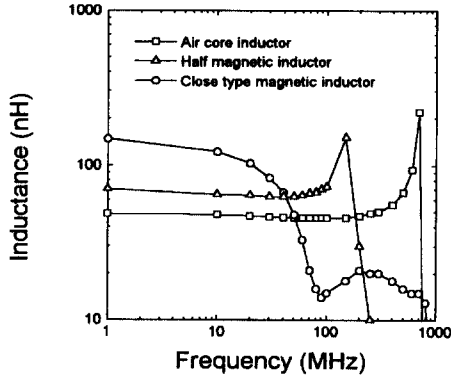
coil width : 200 μ m
 coil space : 200 μ m
 coil thickness : 10 μ m
 coil length : 100 mm

(a) meander type inductor

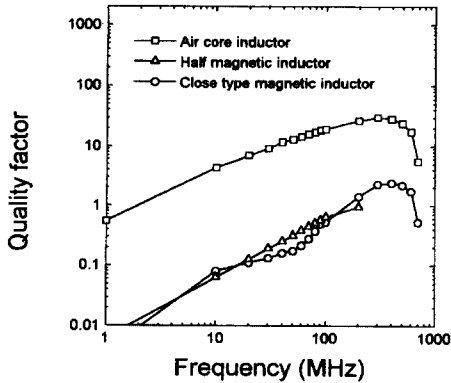


(b) closed type magnetic inductor

Fig. 7. Cross sectional view of meander type inductor.



(a) Inductance variation as a function of frequency



(b) Quality factor variation as a function of frequency

Fig. 8. Characteristics of air core inductor and close type magnetic inductor. (Coil : 5 turn, meander type, permeability of magnetic layer : 2000).

손실에 의한 자성막의 투자율 저하 때문에, 자기적 특성을 상실한 자성막과 코일 사이에 캐패시터 성분이 증가한다. 따라서 약 100 MHz 부근의 낮은 주파수 대역에서 LC공진이 발생하는 것으로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 박막 공정을 이용하여 기존의 벌크

형태로 사용되는 자기 소자인 인덕터를 평면형으로 구현하고자 하였다. 제조된 인덕터는 페자로 meander형 인덕터로서 자성막/절연막/코일/절연막/자성막의 5층 구조로 제조되었다. 적용된 자성막은 FeTa(N,C) 미세 결정막으로서 우수한 연자기 특성과 고주파 대역에서 우수한 투자율 특성을 나타내었다. 자성막에 자장을 인가하는 코일은 전기도금법에 의해 후 처리 공정 없이 코일의 형상을 제조할 수 있었으며, 우수한 전기 전도도를 갖는 Cu코일을 형성할 수 있었다. 제조된 인덕터의 인덕턴스 변화는 자성막의 주파수에 따른 투자율의 변화와 일치하는 것으로 나타났으며, 고주파 대역에서 인덕턴스의 감소는 자성막에서 발생하는 와전류 손실에 의한 것으로 나타났다. 또한 손실이 발생하기 이전 주파수 대역에서의 인덕턴스 변화는 유한요소 해석법을 통하여 예측이 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 정보통신 연구 관리단의 대학 기초연구 지원사업(접수번호: C1-98-5142-00) 지원하에 이루어졌으며 이에 감사합니다.

참 고 문 헌

- [1] 酒井 連, 日本應用磁氣學會學術會議 B-3-3-1 (1997).
- [2] M. Kazuo and Y. Kiyoto 4, 46 (1994).
- [3] J. Bryzek, Sensor and Actuators **A56**, I-9 (1996).
- [4] J. Y. Park and M. G. Allen, ISHM '96 Proceeding, 120 (1996).
- [5] R. F. Soohoo, IEEE Trans. Mag. **MAG-15**(6), 1803 (1979).
- [6] K. Kawabe, H. Koyama and K. Shiraе, IEEE Trans. Mag. **MAG-20**(6), 1805 (1984).
- [7] T. Sato, T. Mizoguchi and M. Sahashi, 日本應用磁氣學會誌 17(3), 661 (1993).
- [8] Y. Shimada, 日本應用磁氣學會誌 17(3), 667 (1993).
- [9] K. I. Arai, M. Yamaguchi and H. Ohzeki, IEEE Trans. Mag. **28**(5), 2175 (1992).

A Study on the Fabrication and High Frequency Characteristics of Close type Magnetic Planar Inductor

Chang-Ho Lee, Dong-Hoon Shin, Seung-Eui Nam and Hyoung-June Kim

*Hong-Ik Univ. Metallurgy and Material Science
72-1, Sangsudong Mapogu, Seoul 121-791, Korea*

(Received 21 March 1998, in final form 25 June 1998)

In accordance with tendency to miniaturization and high frequency operation of electronic products, extensive efforts of miniaturizing magnetic devices such as inductors, transformers and magnetic sensors are being made. In order to study on fabrication and characteristic of micro-magnetic devices, we carried out two sets of experiments. One is to develop a magnetic film that is suitable for high frequency operation, and the other is to develop the fabrication processes for realizing the micro-coil with meander shape. Magnetic films were composed of FeTa (N,C) fabricated by DC magnetron sputtering system. Their microstructures were nanocrystalline structure and magnetic properties showed B_s : 13~17 kG, H_c : 0.1~0.2 Oe and μ' : 2000~4000. Cu coil pattern fabricated by selective electroplating process showed good electrical conductivity. In the case of air core inductors, inductance (L) of 50 nH, resonance frequency (f_r) of 700 MHz, and quality factor (Q) of 30 at 200 MHz could be obtained. In the case of close type magnetic inductors, inductance (L) of 150 nH, resonance frequency (f_r) of 100 MHz, and quality factor (Q) of 4 at 10~30 MHz could be obtained.