

PCB기판에 임베디드 된 페라이트 필름 인덕터

배석* · 마노 야스히코

경기도 수원시 영통구 매탄3동 314. 삼성전기, 중앙연구소, eMD Lab.

(2005년 1월 12일 받음, 2005년 2월 4일 최종수정본 받음)

최근 20년 동안 스펀 스프레이 방법으로 제조된 페라이트 필름이 갖는 여러가지 우수한 점들이 보고되어 왔다. 기존의 벌크 페라이트 재료와 달리 고주파 특성이 우수하며, 100 °C 이하에서 저온 공정이 가능한 점이 그것이다. 따라서 상기의 방법을 이용하여 micro DC-DC 컨버터용 Ni-Zn 페라이트 인덕터를 제조하였으며, 기판재료는 폴리이미드를 사용하였고 라미네이션과 비아 홀 가공, 도금 공정을 이용하여 임베디드 형태를 완성하였다. 또한 Ni-Zn ferrite는 절연체이므로 다른 절연층을 형성하지 않았다. 제조된 Ni-Zn ferrite는 약 0.61 T의 포화자화, 약 110의 실수 투자율을 보였고, 인덕터의 특성은 스파이럴 16 턴 디자인의 경우 5 MHz에서 1.52 μH 에 Q -factor 24.3, 정격전류 863 mA 였다.

주제어 : 임베디드 수동 소자, 인덕터, 쇼크 필터, 페라이트

I. 서 론

최근 정보화기기, 특히 휴대형 단말기에서 전원공급용 부품의 경우 PCB 보드 상에 제어 IC와 개별 수동소자의 조합으로 가능하던 DC-DC 컨버터가 초소형 모듈형태로 바뀌었고 이것이 다시 power management module (PMIC)로 진화되었으며, 현재는 모듈과 PMIC타입이 혼재되어 사용되어지고 있다. 휴대형 단말기의 부가성능 증가에 따라 필요한 전원이 매우 다양해지고 있는 것으로 보아 향후 2~3년 내로 PMIC 형태가 주를 이룰 것으로 보여지며 리플 전압의 감소를 위해 제어 IC의 동작 주파수도 계속 증가하고 있다. 2004년도에 Texas Instruments에서 3 MHz급 (TPS6230x)까지 발표되었으며 곧 5 MHz급 IC도 발표되리라고 예상된다. 동작 주파수가 높아질수록 필요한 인덕터의 용량은 낮아지는데, 3 MHz에서 약 2 μH 가 필요하고 5 MHz에서는 1 μH 정도가 필요하다. 인덕터의 사이즈는 현재 쇼크 필터라고 불리는 SMD 타입의 인덕터가 1.5~2 mm 정도의 높이를 갖고 있어서 DC-DC 컨버터 모듈에 들어가는 모든 부품 중에 가장 높이가 높아서 두께 축소에 걸림돌이 되고 있다. 이에 비해 평면 인덕터는 두께가 얇으므로 임베디드화나 모듈의 박형화에 유리하지만 인덕턴스가 1 μH 전후에 불과하기 때문에 [1] 현재까지 응용분야를 찾는데 어려움을 겪어왔다. Tohoku Univ.의 F. Sato와 NEC TOKIN의 T. Ono등이 CoFeSiB/SiO₂의 적층 자성막에 코일을 솔레노이드 형태로 감아 제조한 인덕터는 약 5 μH 의 인덕턴스를 보였다 [2]. 참고로 기존의 노트북나 휴대형 단말기에 들어가는 인버터나 컨버터의 전원용 인덕터는 최소한 10 μH 정도의 인덕턴스를 필요로 한다. 그런데 최근 두

드러지게 진행되는 DC-DC 컨버터의 동작주파수의 증가와 셋트 내에서 소용량 전압의 다변화 요구, 셋트 업체의 모듈 두께 감소 요구 등으로 평면형 인덕터의 응용가능 분야가 조금씩 열리고 있는 것이다. 장차 소형 연료전지가 보편화된다면 이에 필요한 DC-DC 컨버터에서 평면형 인덕터가 부피 축소의 중요한 대안으로서 자리매김할 가능성이 있으나, 중요한 것은 평면형 인덕터의 낮은 용량과 효율 문제이다 [3]. 효율은 배터리의 사용시간과도 직결되므로 인덕터의 높은 Q 값은 당연히 극복해야 할 필수적인 요소이다. 상용화된 SMD 인덕터의 경우 15~30정도의 Q -factor를 보이고 있다.

수동소자의 임베디드화의 경우 DC-DC컨버터를 가정한다면 L 과 R 은 용량이 설계가 가능한 수준이지만 C 의 경우 임베디드 시켰을 때 2005년 1월 현재 0.03 $\mu\text{F}/\text{inch}^2$ 를 넘지 못하는 실정이다. 참고로 1 MHz DC-DC 컨버터에는 약 4.7 μF 의 캐패시터가 탑재된다. 따라서 양산 시 예상되는 DC-DC 컨버터 모듈은 하부 기판에 L 과 R 이 임베디드 되고 그 위에 제어 IC와 캐패시터가 마운팅되는 형태가 될 것이다. 2004년 8월 태양유전이 발표한 DC-DC컨버터 모듈은 3.2×2.5 mm 면적에 1.2 mm 두께로 매우 얇은 두께를 달성하였는데, 기판 자체를 적층형 페라이트 인덕터로 제조한 후 나머지 부품들 위에 마운팅한 것이다.

페라이트를 제조하는 방법은 다양한데, 스퍼터링 등을 이용한 진공증착, 파우더를 이용한 소결 공정 등이 있으며 양산에서는 대부분 후자의 프로세스를 채택하고 있다. 하지만 소결 공정을 사용하면 800 °C 이상의 고온이 필요하며, 공정 전후의 재료 수축에 따른 크랙이나 금속코일과의 박리현상 등이 일어나기 쉬우며, 공정 시 매우 정교한 산소 분위기 컨트롤이 필요하다. 이러한 단점을 극복하고자, 페라이트 + 폴리머 바인더를 사용하여 실크 스크린 인쇄 후 100 °C 에서 curing

*Tel: (031)218-2838, E-mail: s3.bae@samsung.com

하여 제조한 ferrite 필름 인덕터도 보고된 바 있다[4, 5]. Toshiba의 Y. Fukuda 등은 소성된 Ni-Zn-Cu ferrite와 ferrite + resin composite 두가지 방법을 사용한 인덕터를 제조하였다[6].

본 연구에서는 스핀 스프레이 플레이팅을[7-13] 이용하여 90 °C에서 폴리이미드 기판 위에 절연성 Ni-Zn ferrite를 성막하였고, 일반적인 PCB의 양산 프로세스를 이용하여 폴리이미드에 임베디드 된 페라이트 필름 인덕터를 제조한 후 평가하였다.

II. 실험방법

50 μm 두께의 폴리이미드 필름 위에 리소그래피와 전기도금 공정을 이용하여 50 μm 두께의 Cu 코일을 제조하였다. 코일의 디자인은 Fig. 1과 같이 스파이럴 형태이며 선폭은 50 μm, 선간격은 30 μm이며, 코일 턴수는 14, 16, 20 턴으로 각각 설계되었다.

코일 위에는 자성 필름이 형성될 부위만 남기고 lift-off하기 위해 마스크 필름이 라미네이팅 되었다. 자성 박막으로는 Ni-Zn ferrite가 사용되었으며, 스핀 스프레이 플레이팅 방식으로 제조되었다. 준비된 반응 용액은 FeCl₂ · 4H₂O 28.7 mmol/l, NiCl₂ · 4H₂O 4 mmol/l, ZnCl₂ · 4H₂O 1 mmol/l의 혼합 수용액(반응용액)과 산화제 NaNO₂ 4.3 mmol/l, PH 버퍼 KOCOCH₃ 65 mmol/l, PH 조절용 KOH 20 mmol/l 혼합 수용액(산화용액)이며 H₂O는 순수를 24시간 이상 N₂ purge 하여 용존산소농도를 0.1 mg/l 이하로 유지하였다. 산화용액의 PH는 12.4였으며, 기판온도 90 °C, 150 r.p.m., 반응&산화용액 공급속도 70 ml/min, N₂ 분위기에서 스핀 스프레이 플레이팅을 50분간 진행하였다. 페라이트 도금은 총 2회 실시되었는데, Fig. 1의 코일 윗 부분의 페라이트가 먼저 형성되었고, 그 다음에 폴리이미드 밑에 면의 페라이트가 형성되었다.

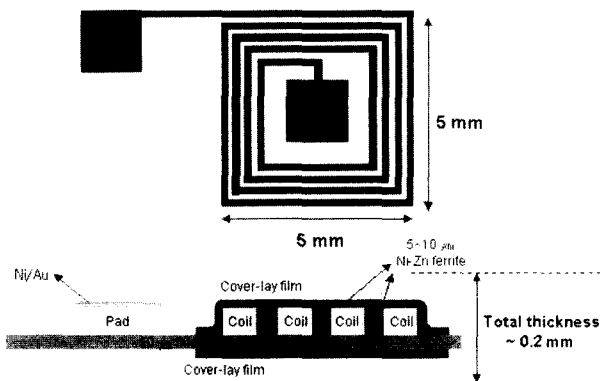


Fig. 1. Top and cross-sectional view of an inductor.

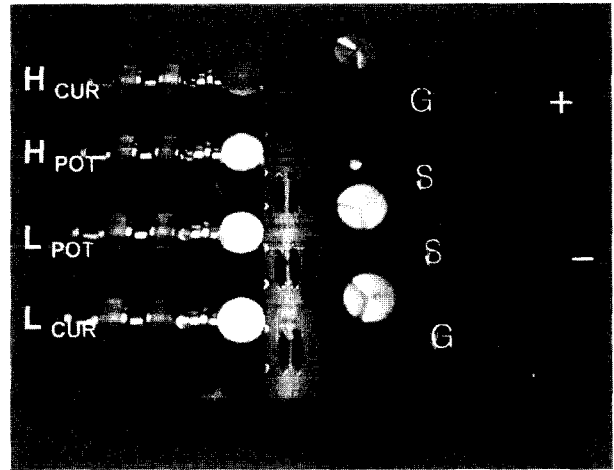


Fig. 2. External DC bias circuit for the rated current measurement.

페라이트 형성 후에는 cover-lay 필름(보호용 에폭시 수지)이 역시 라미네이팅 공정을 이용하여 부착되었으며 via hole이 pad 위치에 형성되었다. 그 후 Au/Ni layer가 Cu 표면의 산화를 방지하기 위해 도금되었다. Ni-Zn 페라이트 필름의 조성분석은 XRD, XRF, ICP등을 이용하였으며 미세구조 분석은 SEM, FIB, 자성특성은 Ryowa의 PMF3000 투자율계와 VSM을 이용하여 측정하였다. 제조된 인덕터의 전기적 특성 측정은 4194 A 임피던스 아날라이저와 마이크로 프루브 스테이션을 사용하였고, 정격전류 측정은 HP application note 346을 참고하여 Fig. 2와 같은 보호 회로를 구성하였고 외부 바이어스를 인가하면서 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

스핀 스프레이 플레이팅은 상대적으로 100 °C 저온 공정이 가능하므로 기판재료 선택에 대한 제한이 없이 거의 모든 기판 위에 페라이트 형성이 가능하며, 원료 물질의 물농도 조절에 의해 매우 다양한 조성의 페라이트를 손쉽게 제조할 수 있다. 스핀 스프레이 플레이팅 법으로 형성된 Ni-Zn 페라이트의 여러가지 물질특성과 이것을 이용하여 제작된 임베디드 인덕터의 특성은 아래와 같다.

3.1 자성 필름 재료

Ni-Zn 페라이트의 결정구조는 스피넬 구조이며 Zn의 성분 함량에 따라 포화자화 값을 최적화 할 수 있다. 우선 Ni 페라이트를 보면 역시 스피넬 구조이며 사면체 위치(A site)에 Fe³⁺이온이 한 개, 팔면체 위치(B site)에 Fe³⁺, Ni²⁺ 이온이 각각 한 개씩 들어간다. 자기모멘트량이 Fe³⁺는 5 M_B (보어자자), Ni²⁺은 2 M_B인데 결국 A와 B site의 Fe³⁺의 자기모멘트가 상쇄되어 합계 Ni²⁺의 2 M_B 밖에 남지 않게 된다. 여기에

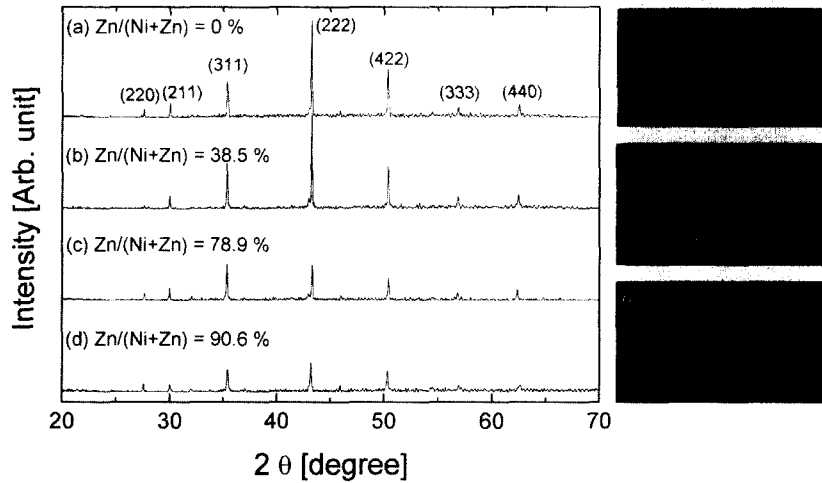


Fig. 3. XRD diffraction patterns for Ni-Zn ferrite at (a) Zn/(Ni+Zn) = 0%, (b) Zn/(Ni+Zn) = 38.5%, (c) Zn/(Ni+Zn) = 78.9%, (d) Zn/(Ni+Zn) = 90.6%.

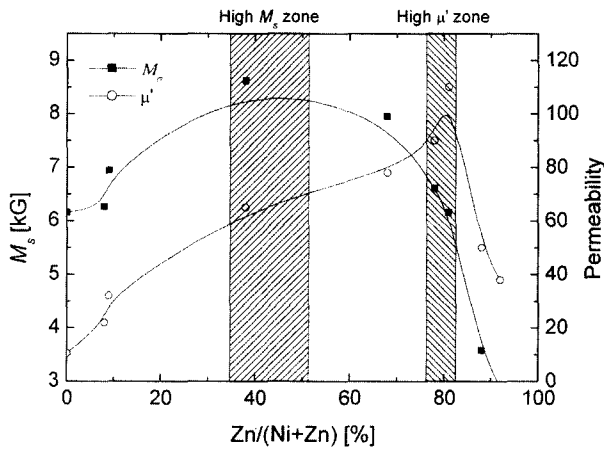
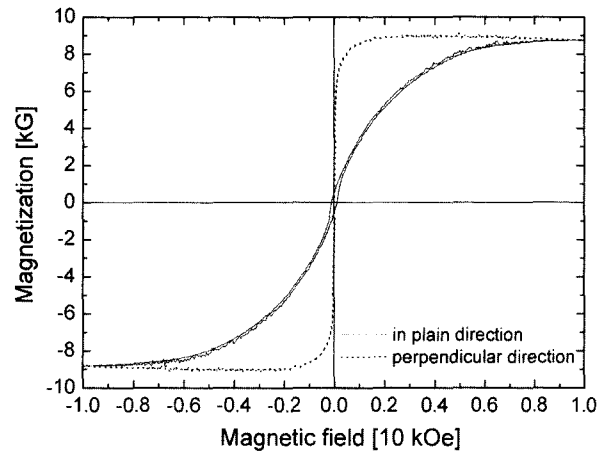


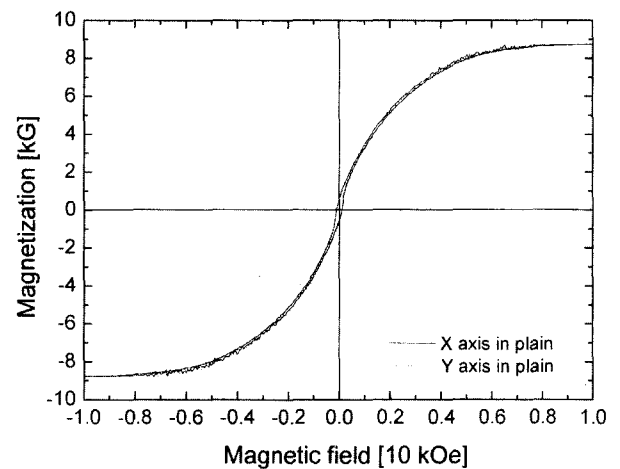
Fig. 4. Plots of saturation magnetizations and permeability as a function of Zn contents (= Zn/(Ni+Zn)) in Ni-Zn ferrite film.

비자성체인 Zn^{2+} 가 첨가되면 사면체 위치의 Fe^{3+} 이온을 팔면체 위치로 밀어내고 Zn^{2+} 이 사면체에 들어가게 된다. 따라서 자기모멘트는 증가하여 이론적으로 $12 M_B$ 가 된다[8,14].

스핀 스프레이 플레이팅 법에 의해 형성된 Ni-Zn 페라이트 자성박막의 결정구조는 Fig. 3의 XRD 패턴에 나타난 대로 스피넬 페라이트 구조이며, Zn의 함량을 조절하여 자성 막의 특성 변화를 조사하였다. Ni + Zn에 대한 Zn의 함량비 (=Zn/(Ni+Zn))가 증가할 때 38.5% 이상부터 막의 결정성이 떨어지다가 90.6%에 이르러서는 결정성이 약화된 것을 XRD 패턴의 피크가 감소하는 경향으로부터 알 수 있다. Fig. 3 우측의 SEM 단면사진을 보면 실제로 90.6%일 때 성장조직이 불규칙해지는 것을 볼 수 있다. 이러한 경향으로부터 Fig. 4의 높은 포화자화 값과 높은 투자율 값이 갖는 영역이 일치하지 않는다는 사실을 유추하여 해석할 수 있다. Zn 함량비 약 40%까지는 포화자화와 투자율이 비슷한 속도로 증가하다가



(a)



(b)

Fig. 5. Magnetization curves of Ni-Zn ferrite (Zn/(Ni+Zn) = 38.5%) for (a) in-plain and perpendicular direction (b) X and Y direction in plain.

이후부터는 비자성 이온인 Zn^{2+} 가 다량 함유하게 되어 포화

자화는 하락하는데 비해 결정성은 나빠지게 되는 쪽으로 진행된다. 즉, 유효 투자율 $\mu_{eff} = M_s / (H_k + N_d M_s)$ 관계를 보면 H_k 값과 N_d 값이 관여한 것으로 보이며 Fig.5 (b)를 보면 평면자기이방성은 영에 가까우므로 N_d 값이 크게 관여했다고 보여진다. 반자장계수 N_d 는 박막의 두께와 표면 morphology에 관계된 인자이므로 [15,16,17] 제조된 박막의 두께와 표면상태가 달라지면서 N_d 값이 감소되었다고 보여진다. Fig. 6의 SEM 단면사진을 보면 'High M_s zone'인 Zn 함량비 40% 근처에서 주상구조 형태로 성장한 것을 확인 할 수 있다. 이러한 주상 구조로부터 기인하게 되는 수직자기 이방 특성은 수직자기 기록 재료로써 [18,19] 가능성은 주목할 만하다. Zn 함량비 40% 근처의 Ni-Zn 페라이트의 히스테리시스를 보면 Fig. 5 (a)에서 2 kOe에 가까운 수직이방자계를 확인할 수 있다.

스핀 스프레이 페라이트 플레이팅에서 다른 주요한 인자인 PH와 기판 온도에 대해서는 이미 다른 논문들에서 충분히 많이 검토되었으므로 [10,12,20,21] 자세히 다루지 않겠다. 본 연구에서는 고투자율의 관점에서 90 °C, PH 12.4가 최적화되어 선택되어졌다. ICP분석에 의해 최대 투자율을 나타내는 조성은 $Ni_{0.207}Zn_{0.451}Fe_{2.342}O_4$ 으로 밝혀졌으며 인덕터 제조용 자성박막 조건으로 사용되었다.

1 MHz에서 3 GHz까지 주파수에 따라 측정된 투자율($\mu = \mu' + j\mu''$)이 Fig. 7에 plot되어 있으며, 동작주파수인 5 MHz에서 100~110 정도의 실수 투자율(μ')과 1이하의 허수 투자율(μ'')을 보였다. 또한 아래의 LLG수식(Landau-Lifshitz-Gilberts equation)으로 계산된 투자율 값도 함께 plot되어 있는데 실제 측정 값과 유사한 경향을 보였다. Damping constant α 의 경우 0.3으로 계산하였을 때 실제 측정 값과 유사했으며, 이것은 자성박막 내부의 자기적 불균일성(magnetic inhomogeneity)으로 인하여 스핀 로테이션에 필요한 시간이 크다는 것을 의미하고, 그 결과 고주파로 갈수록

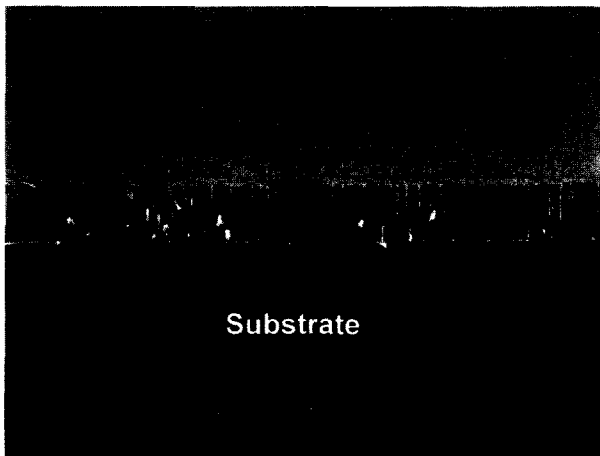


Fig. 6. Cross-sectional view of Ni-Zn ferrite layer.

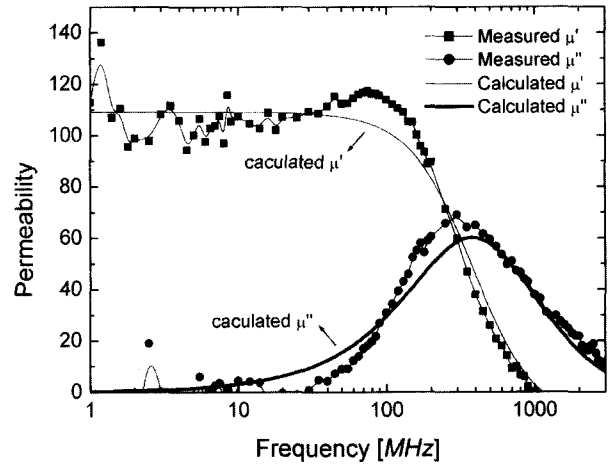


Fig. 7. The measured permeability of Ni-Zn ferrite (Zn/(Ni+Zn) = 81.0%).

손실 부의 투자율(μ'')이 빨리 증가하게 된다.

$$\mu_r = \frac{4\pi M_s}{H_K} \cdot \frac{\omega_r^2(\omega_r^2 - \omega^2)}{(\omega_r^2 - \omega^2)^2 + (4\pi\alpha\gamma M_s\omega)^2} \quad (1)$$

$$\mu_r = \frac{4\pi M_s}{H_K} \cdot \frac{\omega_r^2(4\pi\alpha\gamma M_s\omega)}{(\omega_r^2 - \omega^2)^2 + (4\pi\alpha\gamma M_s\omega)^2} \quad (2)$$

α : Damping constant

ω : Angular frequency

γ : Gyro magnetic factor = 2×10^5 m/A for Fe and Fe based alloy

α 가 증가하게 된 원인으로는 비자성체인 Zn^{2+} 이온의 다량 첨가로 인한 자기적 균형의 상실로 예상되지만 자세한 메커니즘은 아직까지 밝혀진 바 없다.

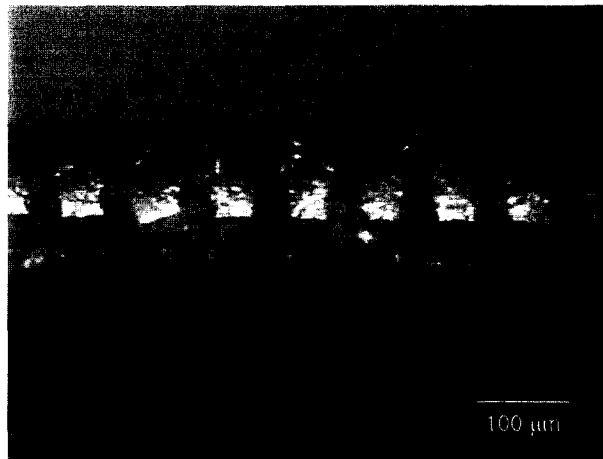
3.2 필름 인덕터

제조된 인덕터의 단면사진이 Fig. 8-(a), Fig. 8-(b)에 있다. (a)사진은 커팅 후 찍은 광학현미경 배율 100배의 사진이며, 코일 형상이 잘 나타나 있다. (b)사진은 (a)샘플을 폴리싱 후 찍은 SEM 단면 사진이다. 총 두께는 약 0.20 mm로 측정되었으며 Ni-Zn 페라이트의 층이 거칠어 보이는 것은 커팅 후 polishing 시 입자가 갈려나가면서 상대적으로 연한 재질인 에폭시계의 cover-layer resin에 박힌 것으로 보여진다. 코일의 앞뒤면에 형성된 Ni-Zn 페라이트 층의 두께는 5 μ m였다. 연성이 큰 Cu 코일 역시 갈려 나가면서 cover-layer resin에 밀려서 붙어 버린 것처럼 보이지만 실제로 인덕터 코일에서 쇼트가 발생한 것은 아니다.

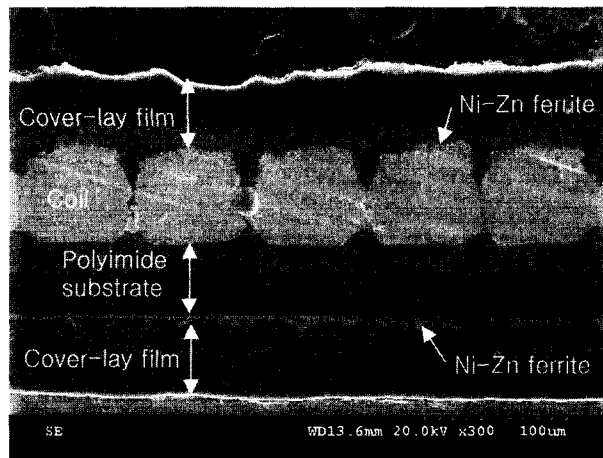
Fig. 9에 주파수에 따른 인덕터의 L, R, Q값이 plot되어 있으며, 목표 주파수인 5 MHz에서 14턴은 1.29 μ H, 16턴은 1.52 μ H, 그리고 20턴은 1.83 μ H 의 인덕턴스가 측정되었다.

Q값의 경우 역시 같은 차례대로 23.0, 24.3, 21.0이 얻어졌으며, 최대값은 8 MHz에서 16턴 디자인이 26.4로 측정되었다. DC저항의 경우 14턴 디자인이 1.1Ω 16턴 1.3Ω 20턴

1.7Ω 이었다. Q 값을 비교해 볼 때 이미 상용화되어 있는 적층형 인덕터에 비하여 유사한 값이었다. L값은 10 MHz이후로 급격히 감소하였으며 저항 값은 급격히 증가하였다. 이와 같은 공진현상은 설계된 인덕터 고유의 구조에 의한 LC 공진현상이며, 페라이트 자성박막 자체의 FMR(ferro-magnetic



(a)



(b)

Fig. 8. Cross-sectional view of fabricated inductor, (a) before polishing (b) after polishing.

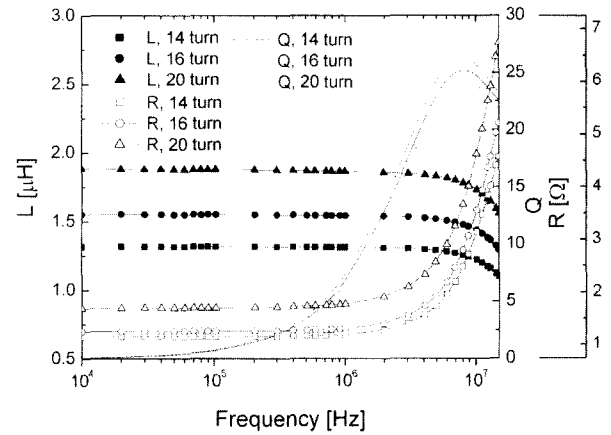


Fig. 9. Plots of inductance, resistance and quality factor as a function of frequency.

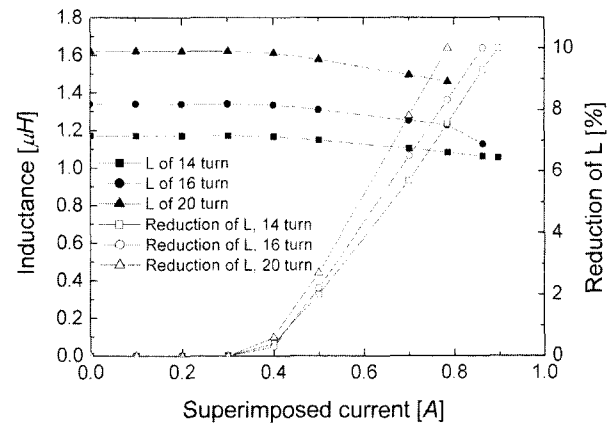


Fig. 10. Plots of inductance and its reduction ratio as a function of superimposed current.

Table 1. Comparisons of electrical properties and size between commercial inductor and fabricated inductor in this paper

	Maker	Size	L (μH)	L tolerance	Rated Current	Q	nH/mm ³
LEM2520B1R0J	Taiyo Yuden	2.5×2.0×1.8	1.0	±5 %	245 mA	30	111
LEM2520B1R2J	Taiyo Yuden	2.5×2.0×1.8	1.2	±5 %	230 mA	30	133
LEM2520B1R5J	Taiyo Yuden	2.5×2.0×1.8	1.5	±5 %	220 mA	30	167
LEM2520B1R8J	Taiyo Yuden	2.5×2.0×1.8	1.8	±5 %	210 mA	30	200
CK2125 1R0M	Taiyo Yuden	2.0×1.25×0.85	1.0	±20 %	220 mA	20	471
LB2012T1R0M	Taiyo Yuden	2.0×1.25×1.25	1.0	±20 %	300 mA	5	320
VLF3010AT-1R5N1R2	TDK	2.8×2.6×1.0	1.5	±30 %	1.2 A	-	206
VLF3010AT-2R2M1R0	TDK	2.8×2.6×1.0	2.2	±20 %	1.0 A	24	302
14 turn	삼성전기	6.0×6.0×0.20	1.29	±10 %	897 mA	23.0	179
16 turn	삼성전기	6.0×6.0×0.20	1.52	±10 %	863 mA	24.3	211
20 turn	삼성전기	6.0×6.0×0.20	1.83	±10 %	785 mA	21.0	254

resonance) 현상은 아니다. 따라서 인덕터 도선의 폭과 갭, 길이, 턴수 등을 이용하여 원하는 주파수에서 최적의 수치를 보이도록 쉽게 조절할 수 있다. 인덕턴스의 계산은 H.M. Greenhouse가 제시한[22] 수식을 이용하거나 유한요소법(Finite Element Method)을 이용한 시뮬레이션 툴을 사용하는 것이 일반적인 방법이다.

인덕터의 정격전류란 전류가 증가하게 되면 임계치로부터 인덕턴스 값이 떨어지게 되는데, 메이커에서 허용가능한 인덕턴스까지의 전류 값이다. 메이커에서는 보통 $\pm 20\sim 30\%$ 정도로 설계되는데, 본 실험에서는 10%의 인덕턴스가 감소하는 전류 값을 정격전류로 측정하였다. 그 이유는 전류를 너무 올리게 되면 코일저항에 의한 발열이 발생하면서 열에 약한 폴리머 기판에서 열변형이 발생하기 때문이다. 측정된 정격전류가 Fig. 10에 있으며, 14턴에서 897 mA, 16턴 863 mA, 20턴 785 mA가 측정되었다. 이와 같은 수치는 Table 1을 참고하여 기존의 상용화된 SMD 인덕터와 비교해 볼 때 매우 높은 값이다. 그 이유는 기존의 SMD 타입 인덕터는 권선의 적층형이며 평면 인덕터에 비해 두께가 두껍기 때문에 열이 쉽게 누적되는 구조이다. 반면 평면 인덕터는 1층 구조(혹은 2층 구조)이며, 두께가 얇아 열이 앞 뒤면으로 용이하게 빠져 나갈 수 있는 구조이다.

패키징이 완료된 시점에서 단위부피당 인덕턴스를 계산해 보면 Table 1과 같은데, SMD 인덕터에 비해서 비슷한 값을 보였다. 즉, 평면형 인덕터가 갖는 단점, 누설자속이 크기 때문에 높은 인덕턴스를 얻기 어렵다는 것이고, 게다가 대부분 SiO₂나 폴리이미드 등의 절연층을 사용하므로 코일과 금속자성박막 사이에 존재하는 갭이 효율적인 인덕턴스의 증폭을 방해한다. 본 실험에서 제작된 평면형 인덕터의 경우는 Ni-Zn 페라이트가 절연체이므로 절연층을 따로 사용하지 않아서 코일과의 갭이 없이 직접 접촉하게 되므로 평면형 인덕터 임에도 불구하고 효율적인 인덕턴스의 증폭이 가능했다고 보여진다. 현재 사용되어진 Ni-Zn 페라이트 층의 두께가 5 μm 에 불과함을 감안할 때 그 이상의 두께를 사용한다면 2.0 μH 이상의 인덕턴스도 어렵지 않게 얻어지리라고 예상된다.

IV. 결 론

Ni-Zn ferrite 필름이 사용된 절연층이 없는 PCB 임베디드 필름 인덕터가 성공적으로 제조되었으며 그 특성이 조사되었다.

Ni-Zn 페라이트 필름의 제조에는 스펀 스포레이 플레이팅 법이 사용되었으며, 90°C의 온도에서 폴리이미드 기판 위에 약 1000Å/min의 속도로 형성되었으며 자기적 특성으로는 6.1 T의 포화자화, 110의 실수 투자율이 측정되었다. 이를 이용하여 제조된 평면형 인덕터의 패키징 후 최종 사이즈는

6×6×0.20 mm (coil area : 5×5 mm) 였으며 전기적 특성치는 5 MHz에서 인덕턴스와 Q값, DC저항, 정격전류는 차례대로 14턴에서 1.29 μH , 23.0, 1.1 Ω , 897 mA, 16턴에서 1.52 μH , 24.3, 1.3 Ω , 863 mA, 그리고 20턴에서 1.83 μH , 21.0, 1.7 Ω , 785 mA 가 측정되었다. Q의 최대값은 16턴 디자인의 경우 8 MHz에서 26.4가 측정되었다. 측정된 인덕터 소자의 전기적 특성은 상용화된 SMD 인덕터와 비교해 유사한 수준이었으며, 특히 정격전류 특성은 매우 우수하게 나타났다. 평면형 인덕터는 discrete 형 수동소자로서 보다는 다층 PCB내에 임베딩 되어 DC-DC converter와 같은 모듈을 구성할 때 더 의미가 있으므로 측정되어진 두께 0.20 mm는 큰 의미를 갖지 않는다. 모듈에서는 상하부의 cover-lay film이 필요없고, 단지 코일두께, 자성막 두께만 필요하므로 사용하게 될 FR-4(PCB재질)의 1 layer 두께가 얼마인가가 두께에 결정적인 요소가 될 것이다.

평면형 인덕터의 제작공정은 코일제작 공정을 제외하고 2005년 1월 현재 일반적인 PCB업체에서 양산가능한 수준의 공정능력범위 내에서 이루어졌다. 코일제작 공정 역시 급변중으로 보편화된 공정능력 범위 내에 도달하리라고 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] T. Sato, H. Tomita, A. Sawabe, T. Inoue, T. Mizoguchi, M. Sahashi, IEEE Trans. on Mags., Vol. **30** (2), 217 (1994).
- [2] F. Sato., T. Ono, N. Wako, S. Arai, T. Ichinose, Y. Oba, S. Kanno, E. Sugawara, M. Yamaguchi, H. Matsuki, IEEE Trans. on Mags., Vol. **40** (4), 2029 (2004).
- [3] J. W. Kimball, T. L. Flowers, P. L. Chapman, IEEE Power Electronics Letters, Vol. **2** (3) 96 (2004).
- [4] J. Y. Park, L. K. Lagorce, M. G. Allen, IEEE Trans. on Mags., Vol. **33** (5), 3322 (1997).
- [5] E. J. Brandon, E. E. Wesseling, V. Chang, W. B. Kuhn, IEEE Trans. on Components and Packaging Tech., Vol. **26** (3) 517 (2003).
- [6] Y. Fukuda, T. Inoue, T. Mizoguchi, S. Yatabe, Y. Tachi, IEEE Trans. on Mags., Vol. **39** (4), 2057 (2003).
- [7] M. Abe, Y. Tamura, J. Appl. Phys. Vol. **55** (6), 2614 (1984).
- [8] C.M. Williams, M. Abe, T. Ito, P. Lubitz, IEEE Trans. on Mags., Vol. **30** (6), 4896 (1994).
- [9] P. J. van der Zaag, P. Lubitz, Y. Kitamoto, M. Abe, IEEE Trans. on Mags., Vol. **35** (5), 3436 (1999).
- [10] N. Matsushita, C. P. Chong, T. Mizutani, M. Abe, IEEE Trans. on Mags., Vol. **38** (5), 3156 (2002).
- [11] M. Abe, A. I. Shames, N. Matsushita, Y. Shimada, IEEE Trans. on Mags., Vol. **39** (5), 3142 (2003).
- [12] N. Matsushita, M. Tada, M. Shigemori, M. Abe, IEEE Trans. on Mags., Vol. **40** (4), 2817 (2004).
- [13] N. Matsushita, S. Hatanaka, M. Abe, IEEE Trans. on Mags., Vol. **40** (4), 2011 (2004).

- [14] TDK 주식회사 편. 김병호. 김경용 공역, 페라이트, 청문각, 서울 (1995) pp.14~21.
- [15] G. Zheng, M. Pardavi-Horvath, X. Huang, B. Keszei, J. Vandlik, J. Appl. Phys. Vol. **79** (8), 5742 (1996).
- [16] S. Tumanski, M. W. Stabrowski, IEEE Trans. on Mags., Vol. **24** (1), 222 (1988).
- [17] C. B. Craus, G. Palasantzas, A. R. Chezan, J. Th. M. De Hosson, D. O. Boerma, L. Niesen, J. Appl. Phys. Vol. 97, 013904 (2005).
- [18] F. Zhang, Y. Kitamoto, M. Abe, M. Naoc, J. Appl. Phys. Vol. **87** (9), 6881 (2000).
- [19] F. Zhang, S. Kantake, Y. Kitamoto, M. Abe, IEEE Trans. on Mags., Vol. **35** (5), 2751 (1999).
- [20] K. Nishimura, Y. Kitamoto, M. Abe. IEEE Trans. on Mags., Vol. **35** (5), 3043 (1999).
- [21] M. Abe, J. of the Japan Society of Powder Metallurgy, Vol. **49** (2), 87 (2001).
- [22] H.M. Greenhouse, IEEE Trans. on Parts, Hybrids, and Packaging, Vol. PHP**10** (2), 101 (1974).

Embedded Ferrite Film Inductor in PCB Substrate

Seok Bae*, and Yasuhiko Mano

*eMD Labs. Central Research Center, Samsung Electro-Mechanics
314 Maetan3-dong, Yeongtong-gu, Suwon, Gyunggi-do, Korea*

(Received January 12 2005, in final form February 4 2005)

Recently, It has been reported that the spin sprayed ferrite film shows better magnetic properties at high frequency than the ferrite by co-firing over 800 °C. Besides, there is no limitation to select the substrate materials because it can be processed with relatively low temperature below 100 °C. Therefore, we fabricated film inductor as a passive device for DC-DC converter by a use of spin sprayed Ni-Zn ferrite film on the polyimide layer without insulating layer. After cover-lay film was laminated on the top of that finally, embedded form was completed by via hole process of pad opening. Saturation magnetization of 0.61 T and real part of permeability of 110 were obtained in Ni-Zn ferrite. In addition, inductance of 1.52 μ H, quality factor of 24.3 at 5 MHz were measured with spiral 16 turn inductor. The rated current of inductor was 863 mA.

Key words : embedded passive device, inductor, choke filter, ferrite