

LTCC NiZnAg 이용한 DC-DC 컨버터

김 영 진*

한양대 전자전기제어계측공학과*

김 희 준**

한양대 전자·컴퓨터 공학부**

A DC-DC Converter Using LTCC NiZnAg

Young-Jin Kim*

Dept. of Electronic & Electrical
& Control & Instrumentation Engineering
Hanyang Univ.*

Hee-Jun Kim**

School of Electrical Engineering
& Computer Science
Hanyang Univ.**

Abstract - An integrated inductor using the low temperature cofiring ceramics(LTCC) NiZnAg was fabricated. The inductor has a sandwich structure, which consists of 18 turns-and-thin Ag rectangular spiral coils in 2-layers(10-turn & 8-turn in each layer). The two layers of Ag coils are among three thick Ni-Zn ferrite so the inductor has a dimension of 12.70mm × 12.70mm and 0.32mm thick. For the fabricated inductor, calculation method of inductance was given and it is confirmed that the calculated value is very close to the measured one. Finally as an application of the LTCC integrated inductor for low power electronic circuits, a LTCC boost DC-DC converter with 1W output power and 500KHz switching frequency using the inductor fabricated was developed. For the converter the maximum efficiency of about 87% was obtained.

1. 서 론

최근들어 이동통신 및 디지털 전자기기는 고성능과 아울러 소형, 경량화를 추구하고 있다. 전자기기의 소형, 경량화를 위해서는 수동소자와 반도체 소자로 구성되는 전체 시스템을 단일 칩 또는 하나의 고밀도 패키지로 구현하는 기술의 발전이 필연적이다. 특히, SOP(System On a Package)분야는, 저온 동시 소성 세라믹 기판(LTCC : Low Temperature Co-fired Ceramic)을 중심으로하는 연구가 활발히 진행중이다. 현재까지 LTCC 기술에 대한 연구는 주로 고주파, 저전력 전자장치의 수동소자 실장기술을 중심으로 해서 발전되어 왔으나 점차 그 영역이 확대되어 가고 있는 추세이다. 각종 전자장치에서 심장부라고도 할 수 있는 DC-DC 컨버터는 자성소자 및 용량성 소자의 부피로 인해 소형화에는 기대만큼 이루어지고 있지 않은 실정이다. 특히 전원회로의 소형화를 위해서는 인덕터의 소형화는 반드시 극복해야 할 문제로써 여겨지고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방법으로서 앞서 언급한 LTCC 기술을 전원회로에 적용하기 위한 필요성이 대두되고 있다. 특히 LTCC 다층 세라믹 기판은 용량성 소자와 저항소자 뿐만 아니라 자성소자까지도 기판 내부에 내장 시킬 수 있기 때문에, 이를 이용한 초소형 DC-DC 컨버터의 구현이 가능 할 것으로 주목받고 있다. 본 논문에서는 LTCC기술을 이용하여 하나의 기판내에 맵돌이 형태의 Ag 코일과 Ni-Zn 페라이트를 동시에 소성하여 구현한 마이크로 인덕터에 관하여 논의하였다. 실제 제작된 마이크로 인덕터의 특성이 시뮬레이션과 모델링을 통한 이론에 의한 특성과 거의 유사한 특성을 갖는 것을 알 수 있었으며,

그 결과를 토대로 하여 제작된 마이크로 인덕터를 LTCC DC-DC컨버터 모듈 내부에 실장하여 전원 모듈의 소형화 및 경량화를 이루었다. 또한 LTCC기술에 의한 마이크로 인덕터의 효용성을 입증하였다.

2. 본 론**2.1 LTCC NiZnAg 마이크로 인덕터**

기존의 LTCC 인덕터는 외부에 페라이트 코어를 결합하여 좀 더 큰 인더턴스를 얻을 수 있었다. 본 논문에서는 저온 동시 소성 세라믹(LTCC)기판에 Ni-Zn 페라이트를 동시에 소성하는 방법으로 인덕터를 제작함으로써 기판에 권선과 자성체가 분리되었던 것을 하나의 기판내에 결합하여 구현하였다. 페라이트 부분은 3개의 층으로 형성되어있고, 권선은 Fine-line patterning 방법을 이용하여 페라이트 층사이에 10단, 8단의 패턴으로 구성하였다. 이 때 권선의 재료는 은(Ag) 분말을 사용하였다. 인덕터 전체 두께는 320um이다. 그럼 1은 LTCC 기술을 이용해 제작된 인덕터의 단면도이다.

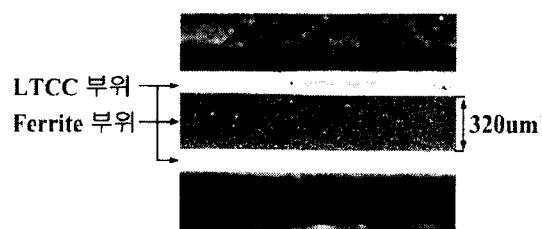


그림 1. 인덕터 단면도

그림 2는 LTCC NiZnAg 인덕터의 자계와 자속밀도의 분포 및 세기를 해석하기 위하여 CST EM-Studio를 이용하여 해석한 결과이다.

LTCC NiZnAg 인덕터의 인더턴스를 알아보기 위하여 시뮬레이션상에 나타난 자속밀도의 세기를 이용하였다. 그럼 3 및 그림 4에 x(y), z축 방향에서 본 자속 밀도의 분포 및 세기를 나타내었다.

위의 결과를 토대로 하여 LTCC NiZnAg 인덕터의 인더턴스값을 알 수 있었으며 그 결과가 Impedance Analyzer 4194A를 이용하여 측정한 측정치와 거의 일치함을 알 수 있었다. 표 1에 그 결과를 나타내었다.

2.2 LTCC 인덕터를 적용한 마이크로 DC-DC컨버터

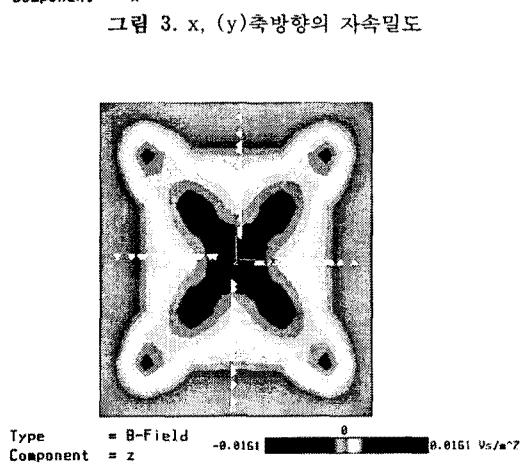
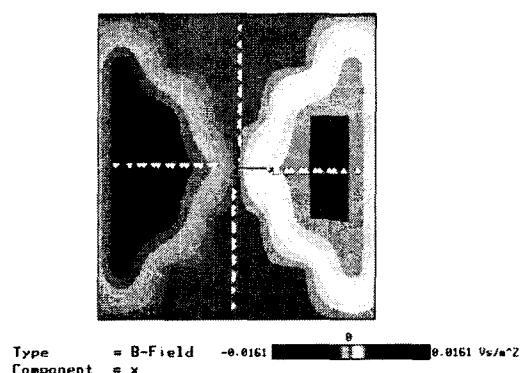
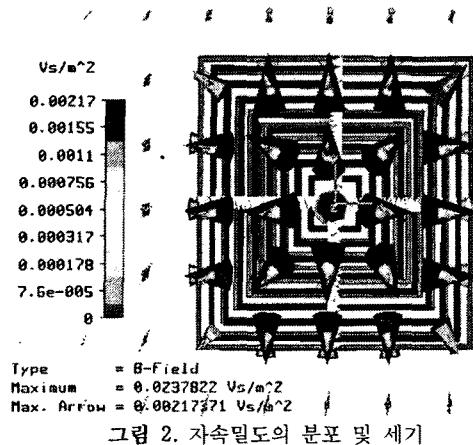


표 1. LTCC NiZnAg 인덕터의 인덕턴스값

	L _s [uH]
축정치	4.98
시뮬레이션치	5.009

그림 5는 수동소자 R과 LTCC 기판에 Ni-Zn 페라이트를 동시 소성하여 제작한 마이크로 인덕터]을 세라믹 기판 내부에 실장하고 기판 표면에는 Control IC와 입출력 커퍼시터 및 바이пас스 커퍼시터를 실장해 구현한 DC-DC 컨버터의 사진이다. 컨버터 전체는 8층으로 이루어져 있으며 위에서 3개 층 밑에서 2개 층은 유전체 층이며 밑에서 3번째 층에서 5번째 층까지가 인덕터 부분이다. 또한 컨버터의 체적은 15[mm]x15[mm]x1.5[mm]이다.

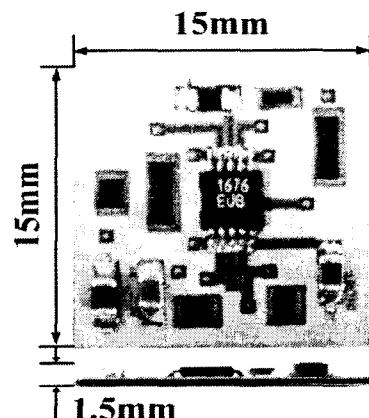


그림 5. LTCC NiZnAg 인덕터를 적용한 DC-DC 컨버터

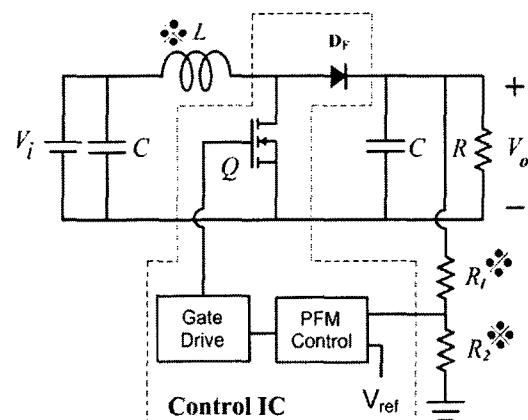


그림 6. 제작된 DC-DC 컨버터의 회로도

그림 6은 제작된 DC-DC 컨버터의 회로도를 나타낸다. 컨버터 회로의 형태로는 정보통신 단말기 및 LCD등의 전원회로로서 가장 많이 사용되고 있는 Boost(승압형) 컨버터를 선택하였고 그림에서 #로 표시된 부분은 LTCC 기술에 의해 내장된 부품을 나타낸다. 제작된 컨버터의 전기적 사양은 표 2에 나타내었다.

표 2. 설계 사양

입력전압(V_i)	2 [V]
출력전압(V_o)	3.3 [V]
출력전력(P)	1 [W]
스위칭 주파수(f_s)	500KHz

그림 7 및 그림 8은 제작된 컨버터의 실험 과정을 나타낸다. 과정 모두 최대 부하의 조건에서 측정된 결과로서 그림 7은 스위치 양단의 전압과 인덕터 전류파형을 나타낸다. 그림 8은 출력전압의 리플파형을 나타낸다. 이로써 제작된 DC-DC 컨버터의 정상 동작을 확인할 수 있었으며, 인덕터 전류의 리플의 피크 투 피크 값은 134[mA]이고 출력 전류의 최대치로 플로팅 되고 있음을 알 수 있다. 또한 Ni-Zn 페라이트에 Ag 코일을 동시 소성 시킴으로써 인덕터 전류의 리플을 줄일 수 있었다. 노이즈 성분을 고려하지 않는 출력전압의 리플값은 10.4[mV]로써 0.31%의 매우 양호한 리플들이 측정되었다.

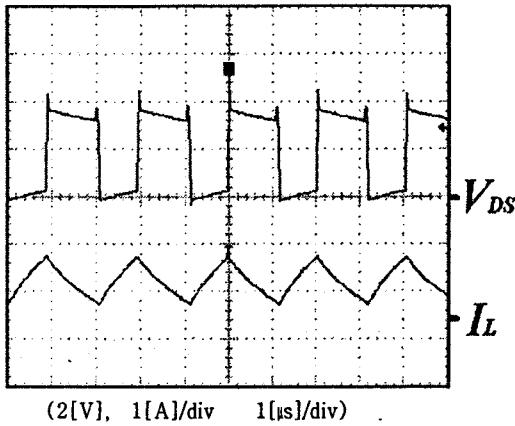


그림 7. 스위치 양단 전압과 인덕터 전류파형

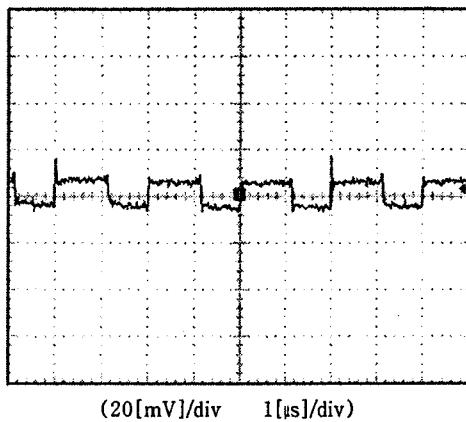


그림 8. 출력전압의 리플 전압 ΔV_o

그림 9에는 이 컨버터의 측정효율을 나타내었다. LTCC NiZnAg 인덕터와 저항을 내부에 실장하여 구현한 승압형 타입의 DC-DC 컨버터의 효율이 최대 86.8 [%]를 나타냄을 알 수 있다.

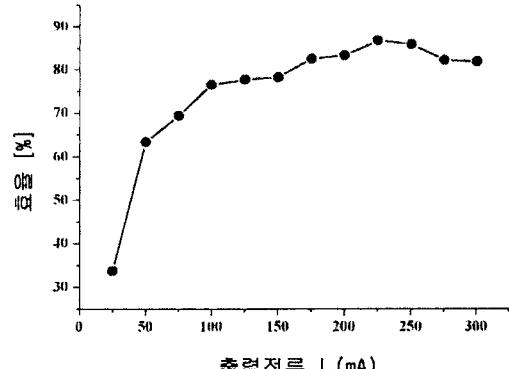


그림 9. 컨버터의 측정 효율

3. 결 론

본 논문에서는 초소형 DC-DC 컨버터 모듈의 제작에 있어서 가장 큰 어려움으로 대두되고 있는 마이크로 인덕터에 대하여 논하였다. 그리고 Ni-Zn 페라이트와 Ag 코일을 이용한 마이크로 인덕터를 저온 동시 소성 세라믹(LTCC) 기술을 이용하여 구현하였고 구현된 인덕터를 내장화 시킨 1[W], 337.5[mm³]의 초소형 DC-DC 컨버터 모듈을 제작하고 실험을 통해 정상동작을 확인함으로써 제안된 전원 모듈의 소형화 및 경량화의 가능성을 확인할 수 있었다. 향후 과제로서는 맴돌이 형태의 권선에 있어서 도체와 자성체를 동시에 소성시켜 결합할 때 투자율이 높은 자성체를 쓰거나 자성체 부분의 면적을 증가시켜서 인덕터를 제작한다면 동일한 사이즈 이면서 더 큰 인덕턴스값을 얻을 수 있는 인덕터를 구현할 수 있을것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김찬영, 김희준, "LTCC 기술을 이용한 마이크로 인덕터 및 응용", 대한전기학회 논문지, 53권 11호, pp.680-686
- [2] T. Sato, T. Inoue, H. Tomita, S. Yatabe, K. Nishijima, Y. Tokai, N. Saito and T. Mizoguchi, "5 MHz Switching Micro DC-DC Converter Using Planar Inductor", IEEE, pp485-490, 1996
- [3] Ke-Li Wu; Yong Huang, "LTCC technology and its applications in high frequency front end modules", IEEE, pp730 - 734, 2003
- [4] A. Fathy, V. Pendrick, G. Ayers, B. Geller, Y. Narayan, B. Thaler, H.D. Chen, M.J. Liberatore, J. Prokop, K.L. Choi, M. Swaminathan, "Design of embedded passive components in Low-Temperature Cofired Ceramic on Metal (LTCC-M) technology", IEEE, pp1281-1284, 1998
- [5] Robert Rodriguez, Jhon M. Dishman, "Modeling of Two-Dimensional Spiral Inductors" IEEE, No. 4, pp535-541, 1980
- [6] Sunderarajan S. Mohan, "The Design, Modeling and Optimization of On-Chip Inductor and Transformer Circuits" 1999