

LTCC 기술을 이용한 DC-DC 컨버터

김 찬 영\*  
한양대 전자전기제어계측공학과\*

김 회 준\*\*  
한양대 전자·컴퓨터 공학부\*\*

A DC-DC Converter using LTCC Technology

Chan-Young 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) technology was fabricated. The inductor has Ag circular spiral coil with 16 turns (2-turn x 8-layer) and has a dimension of 11.52mm diameter and 0.71mm 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 integrat- ed inductor to low power electronic circuits, a LTCC buck DC/DC converter with 132W output power and 1MHz switching frequency using the inductor fabricated was developed. For the converter the maximum efficiency of about 81% was obtained.

1. 서 론

최근 이동 통신 및 디지털 전자 기기는 소형화 및 높은 신뢰성을 요구 하고 있다. 이를 위하여 수동소자 및 반도체 소자로 구현되는 전체 시스템을 칩이나 고밀도 패키지에 내장 시키는 연구가 활발히 진행 중이다. 특히, SOP(System On a Package)의 경우, 저온 동시 소성 세라믹 기판(LTCC : Low Temperature Co-fired Ceramic)을 중심으로 연구가 진행되고 있다. 이러한 LTCC 기술을 이용한 수동소자의 개발은 주로 고 주파, 저전력 에서 응용되는 전자장치 분야에 초점이 맞춰져 연구되고 있으며 사용 분야 및 빈도가 점차 증가하는 추세이다.

전자장치중 전원회로부분을 담당하고 있는 DC-DC 컨버터는 자성 소자 및 용량성 소자로 대표되는 수동소자가 중요한 구성요소중의 하나가 될 뿐만 아니라 이 수동소자가 차지하는 공간으로 인하여 전원회로의 소형화에 장애가 되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 장애를 극복할 수 있는 한 방법으로서 앞서 언급한 LTCC 기술을 전원회로에 적용함으로써 전원회로의 소형화가 가능하고 특히 LTCC의 다층 세라믹 기판의 효용성을 이용하여 자성 소자, 용량성 소자, 저항 소자등 가능한 한 많은 부분을 내장화(embedded)시킴으로써 초소형 DC-DC 컨버터의 구현이 가능할 것으로 기대되고 있다

본 논문에서는 LTCC기술을 이용한 마이크로 인덕터의 구현에 관하여 논의 하였으며, 실제 제작된 인덕터의 특성이 시뮬레이션과 모델링을 통한 이론에 의한 특성과의 유사한 특성을 갖는 것을 알 수 있었으며, 그 결과를 토대로 하여 제작된 마이크로 인덕터를 LTCC DC-DC컨버터 모듈에 적용하여 전원 모듈의 소형화를 이루었으며, LTCC기술에 의한 마이크로 인덕터의 효용성을 입증하였다.

2. 본 론

2.1 페라이트 코어를 적용한 마이크로 인덕터

인덕터의 성능향상과 인덕턴스값을 증가시키기 위하여 EI형상의 페라이트 코어를 적용하였다.

그림 1은 코어를 적용한 경우 인덕터의 자계와 자속밀도의 분포 및 세기를 해석하기 위하여 CST EM-Studio를 이용하여 해석한 결과이다,

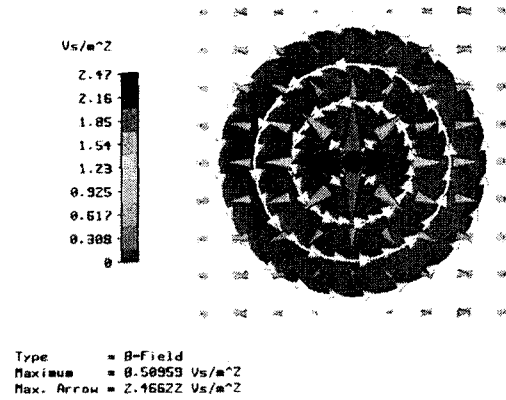


그림 1. 자속밀도의 분포 및 세기

코어를 적용한 인덕터의 인덕턴스를 알아보기 위하여 시뮬레이션상 나타난 자속밀도의 세기를 이용하였다. 그림 2 및 그림 3에 x(y), z축방향에서 본 자속 밀도의 분포 및 세기를 나타내었다.

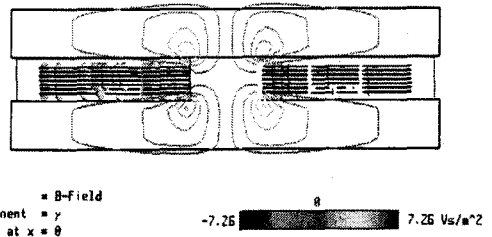
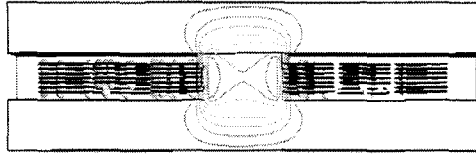


그림 2. x, (y)축방향의 자속밀도



Type = B-field  
Component = z  
Plane at x = 0

-7.26 7.26 Vs/m<sup>2</sup>

그림 3. z축방향의 자속밀도

위의 결과를 토대로 하여 코어를 적용한 경우 인덕터의 인덕턴스값을 알 수 있었으며 그 결과가 Impedance Analyzer 4194A를 이용하여 측정된 측정치와 거의 일치함을 알 수 있었다. 표 1.에 그 결과를 나타내었다.

표 1. 페라이트 코어를 적용한 인덕턴스값

	Ls[μH]	
	L <sub>A</sub>	L <sub>B</sub>
측정치	2.4	6.32
시뮬레이션치	2.35	6.38

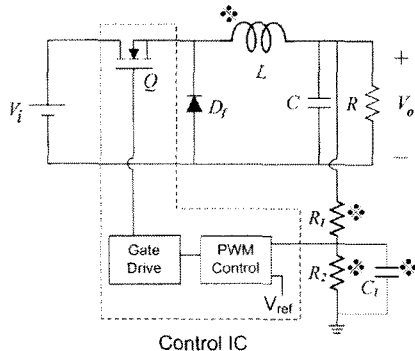
## 2.2 페라이트 코어를 적용한 마이크로 DC-DC 컨버터

그림 4는 E형상의 페라이트 코어를 적용한 DC-DC 컨버터의 사진이다. 컨버터의 체적은 21.5[mm]x13[mm]x0.71[mm]로 주어진다.



그림 4. 페라이트 코어를 적용한 DC-DC 컨버터

그림 5는 제작된 DC-DC 컨버터의 회로도를 나타낸다.



Control IC : TI TPS61040, D<sub>f</sub> : Motorola MBR0530

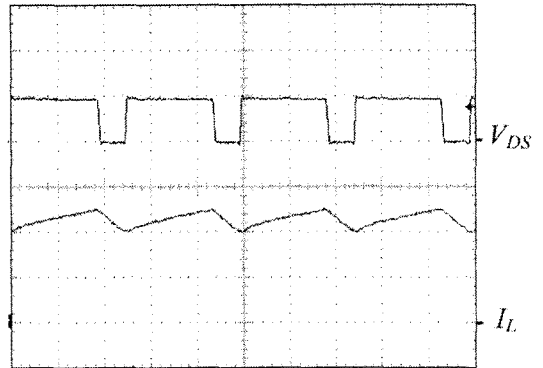
C=4.7[μF], R<sub>1</sub>=560[KΩ], R<sub>2</sub>=220[KΩ], C<sub>1</sub>=3.3[pF],

V<sub>ref</sub>=1.233[V]

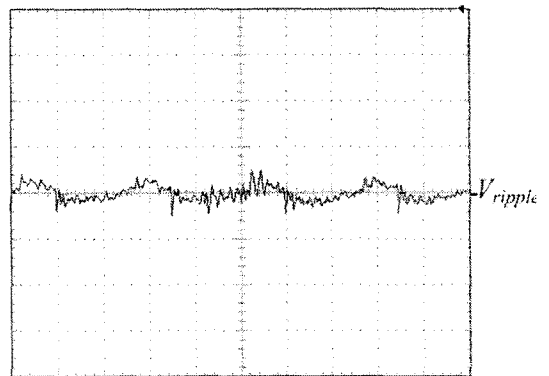
그림 5. 제작된 DC-DC 컨버터의 회로도

컨버터 회로의 형태로는 정보통신 단말기등의 전원회로로서 가장 많이 사용되고 있는 Buck(강압형) 컨버터를 선택하였으며 그림에서 \*로 표시된 부분은 LTCC 기술에 의해 내장된 부품을 나타낸다. 제작된 컨버터의 전기적 사양은 입력전압 5[V], 출력전압 3.3[V], 출력전력 1.32[W], 스위칭 주파수 1[MHz]로 하였다.

그림 6 및 그림 7는 제작된 컨버터, 그림 4의 실험 파형을 나타낸다. 공히 전부하의 조건에서 측정된 결과로서 그림 6은 스위치 양단의 전압과 인덕터 전류파형을 나타낸다. 그림 7은 출력전압의 리플파형을 나타낸다. 이로써 제작된 DC-DC 컨버터의 정상 동작을 확인할 수 있었으며, 인덕터 전류의 리플치의 경우 peak-to-peak치로서 110[mA]의 값으로 매우 양호한 값을 나타내고 있으며, 출력 전류의 최대치로 플로팅 되고 있음을 알 수 있다. 또한 코어를 적용함으로써 인덕터 전류의 리플이 크게 줄어들었음을 알 수 있다. 출력전압 리플의 경우는 노이즈를 고려하지 않은 값으로서 4.6 [mV]를 보임으로써 리플률 0.14%의 매우 합당한 값으로 주어짐을 알 수 있다.



(5[V], 0.2[A]/div 0.4[μs]/div)  
그림 6. 스위치 양단 전압과 인덕터 전류파형



(10[mV]/div 0.4[μs]/div)  
그림 7. 출력전압의 리플 파형

그림 8에는 이 컨버터의 측정효율을 나타내는데, 2um 8layer의 마이크로 인덕터를 적용한 경우 최대치로서 82.3 [%], 3um 7layer의 인덕터를 적용한 경우는 최대치로서 82.8[%]로 주어짐을 알 수 있다. 결과적으로 인덕터에 페라이트 코어를 적용한 경우 인덕터 전류 리플의 peak-to-peak치가 줄어들고, 출력전압의 리플치가 작아짐으로 효율개선의 효과가 있었으나 기대한 만큼의 효과를 얻지는 못하였다.

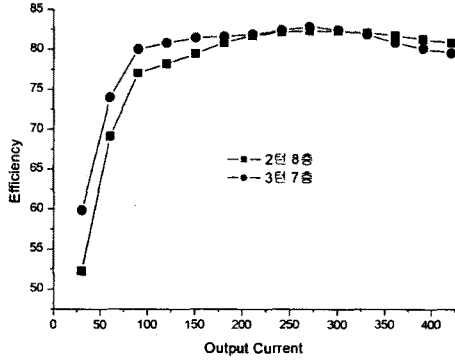


그림 8. 컨버터의 측정 효율

### 3. 결 론

초소형 DC-DC 컨버터 모듈의 제작에 있어서 가장 큰 어려움으로 대두되고 있는 마이크로 인덕터를 저온 동시 소성 세라믹(LTCC) 기술을 이용하여 구현 하였으며, 또한 구현된 인덕터를 내장화 시킨 1.32[W], 198.445[mm<sup>3</sup>]의 초소형 DC-DC 컨버터 모듈을 제작하고 실험을 통하여 정상동작을 확인함으로써 제안된 LTCC 인덕터의 효율성을 입증하였다. 향후 과제로서는 맴돌이 형태의 권선에 있어서 도체와 자성체를 동시에 소성시켜 결합시켜 줌으로써 동일한 사이즈이면서 현재보다 더 큰 인덕턴스값을 얻을 수 있는 인덕터의 구현이 될 것으로 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 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, p p485-490, 1996
- [2] Frederick W. Grover "Inductance Calculations", D. Van Nostrand Company, 1946
- [3] Robert Rodriguez, Jhon M. Dishman, "Modeling of Two-Dimensional Spiral Inductors" IEEE, No. 4, pp535-541, 1980
- [4] Sunderarajan S. Mohan, "The Design, Modeling and Optimization of On-Chip Inductor and Transformer Circuits" 1999