

## Electrical Characteristics of Buried Type Inductor for MCM-C

W.Lim, C.S.Yoo, H.M.Cho, W.S.Lee, N.K.Kang, J.C.Park

Telecommunication Component Research Center,

Korea Electronics Technology Institute(KETI)

451-860, PyungTaek, Korea

### 초 록

기판과의 동시소성에 의한 고주파 MCM-C(Multi-Chip-Module-Cofired)용 저항을 제작하고 6 GHz 까지의 RF 특성을 측정하였다. 기판은 저온 소성용 기판으로서 총 8층으로 구성하였으며, 7층에 저항체 및 전극을 인쇄하고 Via를 통하여 기판의 최상부까지 연결되도록 하였다. 저항체 Pastes, 저항체의 크기, Via의 길이 변화에 따라서 저항의 RF 특성은 고주파일수록 더욱 DC 저항값에서부터 변화되는 양상을 보였다. 내부저항의 등가회로를 구현한 결과, 저항은 전송선로, Capacitance 성분이 혼재되어 있는 것으로 나타났으며 전극의 형태에 따라 Capacitance 성분이 많은 차이를 나타내었다.

### Abstract

#### 1. 서론

세라믹 적층기술을 이용한 소자의 집적기술은 PCB상에서의 평면에만 의존하던 회로를 내부에 실장하여 그 부피 및 면적을 크게 줄였다는 것으로 많은 주목을 받고 있다. 특히 MCM-C (Multi-Chip-Module-Cofired)는 저온동시소성(Low Temperature Co-fired Ceramics, LTCC) 기판의 적층공정 기술과 미세패턴 인쇄기술을 통해 다층 세라믹 기판 내부 및 상부에 수동소자 및 능동소자를 3차원적으로 배열하는 기술로서 많은 연구 및 실용화가 진행되고 있다. 그러나 수동소자 중 인덕터는 구조해석과 소형화의 어려움으로 인하여 구현에 많은 어려움이 있었다. 이 중 특히 구조해석상의 어려움은 응용 주파수가 증가함에 따라 전기적 특성중 주파수가 차지하는 비중이 커진다는 점과 이에 따른 기생 성분이 많고 그 해석이 어렵다는 것을 의미한다. 또한 인덕터의 경우는 선로의 길이뿐만 아니라 기하학적 형태에 의해서도 많은 영향을 받는데 앞서 기술한 기생성분의 경우는 주로 선로의 기하학적 형태에 의해 결정된다. 따라서 본 연구에서는 인덕터의 형태를 변수로 하여 전기적 특성을 확인하고, 이에 따른 등가회로를 구성하여 기생성분의 영향을 관찰하고자 하였다.

#### 2. 실험 방법

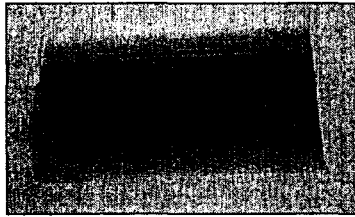
Main body로 사용될 세라믹 층은 Dupont사의 9599분말을 이용하여 Tape Casting 공정을 이용하여 제작하였다. 코일을 형성하는 내부 전극은 세라믹 Body와의 Matching성을 고려하여 Dupont사의 6142D silver paste를 사용하였다. Buried 인덕터는 세라믹 적층 공정을 이용하여 제작하였고, 850°C에서 20분간 유지하여 소성하

였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. Buried 인덕터의 제작

PCB 기판 위에 실장되기 위하여 생산되는 칩 인덕터의 경우에는 세라믹 내부에 전극으로 코일을 형성하고 그 끝을 단자처리하여 실장이 용이하도록 제작되었다. 그러나 Buried 인덕터의 경우는 단자의 기생성분이 고주파에서 많은 영향을 줄 수 있고, 실제 Module 형태로 제작될 경우 필요없는 부분이기 때문에 코일 외의 부분을 최소화하여 제작하고 이에 대한 영향이 가장 적은 디자인이 되도록 하였다. 그러나 내부에만 코일이 존재할 경우 측정을 할 수 없으므로 내부의 인덕터를 최소 길이의 viahole로 칩 상단까지 연결하고 칩 상단에는 50Ω 라인을 형성하여 측정이 용이하도록 하였다. 이에 대한 그림을 그림 1에 나타내었다.



(a)spiral type



(b)multilayer type

Fig. 1. X-ray scope photographs of Buried Inductor

#### 3-2. Buried 인덕터의 고주파 특성

그림 2는 Buried 인덕터의 RF 거동을 측정하기 위한 Zig를 간단히 나타낸 것이다. (c)의 경우는 SMA connector를 사용하여 칩에 접한 영역까지 calibration을 할 수 있다는 장점이 있으나 connector의 특성상 칩의 다양한 형태와 크기에 적용할 수 없고, 칩의 형태에 따라서 50Ω 선로의 길이가 달라질 수 있다는 단점이 있다. (a)의 경우는 PCB 가공을 통하여 (c)의 단점을 해결하였으나 1-포트 측정시 Ground로 연결되는 viahole의 영향으로 인하여 기생성분이 생성되는 단점이 있고, (b)의 경우는 (a)의 Ground를 Metal Housing으로 제작하여 viahole의 영향을 제거하였고, 이 곳이 Air로 형성되어 기생성분의 영향도 최소화할 수 있었다. 이에 따라 (a)와 (c)의 단점을 해결한 (b) Zig를 이용하여 고주파 특성을 측정하였다.

고주파 특성의 경우는 전극의 형태에 따른 기생성분의 영향을 확인하기 위하여 Spiral, Multilayer 형태의 경우에 대하여 측정하였으며 측정된 data중 가장 근접한 4개의 특성값 들을 비교하여 나타내었다. 전기적 특성은 Frequency vs. Inductance 특성을 0.1 - 5GHz까지 측정하였다. 이에 대한 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림을 통하여 확인할 수 있는 바와 같이 Multilayer의 경우보다 Spiral의 경우가 기생성분을 많이 포함하고 있는 것을 알 수 있다. 동일한 Sample에 대하여 음의 인덕턴스 성분까지 함께 나타낸 것이 그림 4인데, 인덕턴스가 zero가 되는 SRF(Self Resonance Frequency)의 경우 Multilayer가 더 높은 주파수에서 형성되고 있음을 알 수 있다.

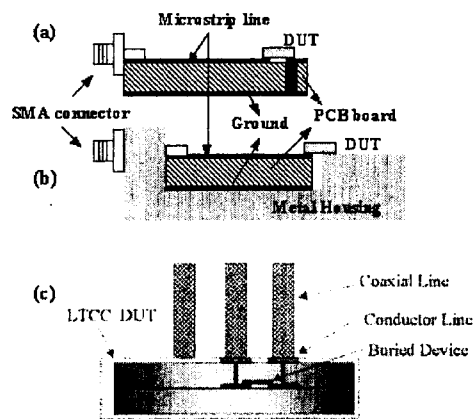


Fig. 2. Test zigs of RF characterizations.

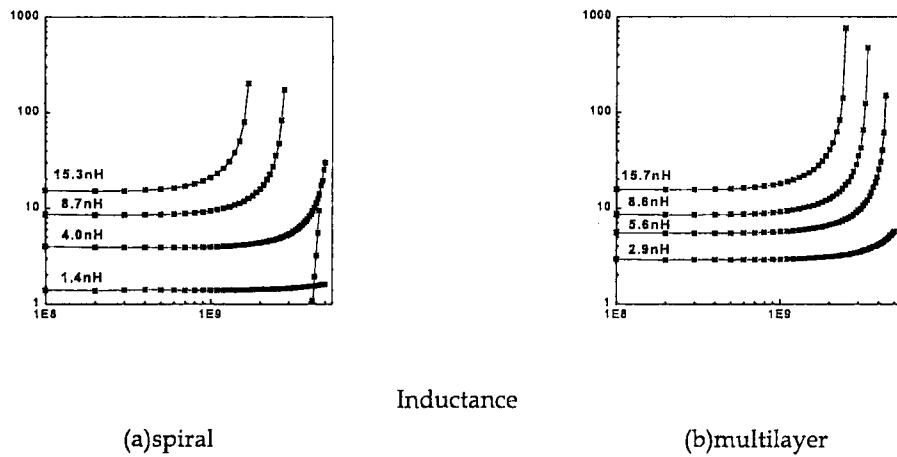


Fig. 3. Inductance characteristics of Buried chip inductors.

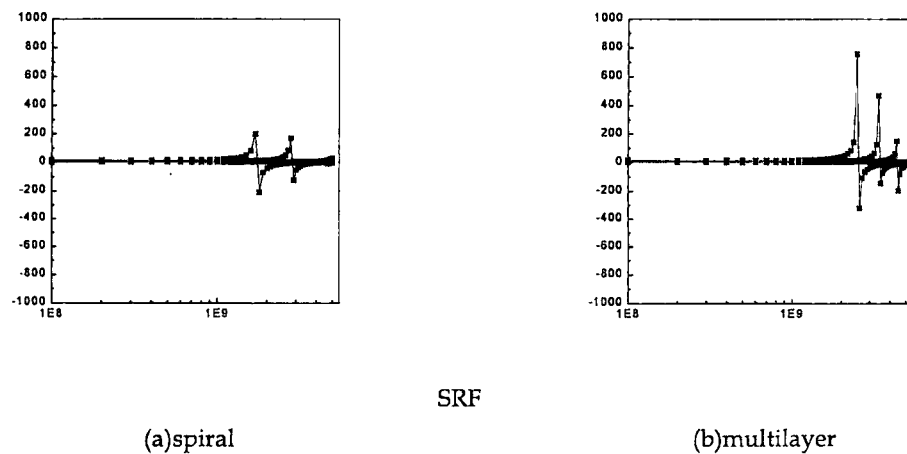


Fig. 4. Inductance & SRF characteristics of Buried chip inductors.

#### 4. 결론

LTCC 기판을 이용한 고주파 MCM-C 용 Buried 인덕터를 제작하고 그 특성을 측정한 결과는 아래와 같다.

1. 측정 Zig에서 나타날 수 있는 viahole과 PCB 기판상의 기생성분을 극소화하고, 다양한 형태의 칩에 대응할 수 있는 디자인을 얻을 수 있었다.
2. 전극 코일의 기하학적 형태에 따른 인덕턴스의 변화를 확인할 수 있었으며 Spiral 형태의 코일이 Multilayer 형태보다 많은 기생성분을 갖는 것을 확인하였다..
3. 코일의 형태에 따른 SRF의 변화에서도 Spiral 형태의 경우가 높은 기생성분에 따른 낮은 SRF를 갖는 것을 확인할 수 있었다.

#### Reference

1. A 2.4GHz CMOS VCO with MCM-inductor, Proceedings of the 24th European Solid-State Circuit Conference, 1998-09-22.
2. Development of Three Dimensional Ceramic-Based MCM Inductors for Hybrid RF/Microwave Applications, Proceedings of the IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium, 1999-06-13.
3. IMPROVEMENT OF THE QUALITY FACTOR OF RF INTEGRATED INDUCTORS BY LAYOUT OPTIMIZATION, Proceedings of the IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium, 1998-06-07.
4. PACKAGING-COMPATIBLE MICROINDUCTORS AND MICROTRANSFORMERS WITH SCREEN-PRINTED FERRITE USING LOW TEMPERATURE PROCESS, IEEE Transactions on Magnetics, v.34 n.4p.1,1998-07-01.