

LTCC Helical 인덕터의 Physics-based 모델링

허근, 임주환, 황성우
고려대학교 공과대학 전자.컴퓨터공학과

Physics-based Modeling of Low Temperature Co-fired Ceramic Helical Inductors

Keun Heo, Juhwan Lim, Sungwoo Hwang
Dept. of Electronics and Computer Engineering
Korea University
E-mail : swhwang@korea.ac.kr

Abstract

A physics-based equivalent circuit model for LTCC Helical type Inductors is presented. All of the electromagnetic couplings between conductors are included in the model and the number of optimized parameters is minimized. The model can predict the measured results upto 12 GHz.

I. 서론

이동통신 단말기 시스템에서 중요한 부분을 차지하고 있는 R, L, C, 필터, 듀플렉서 등의 수동 소자에 대한 소형화 필요성이 날로 대두되고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해 여러 층의 세라믹 Film 을 적층하여 저온에서 소성하는 Low Temperature Co-fired Ceramic (LTCC) 기술이 활발히 연구되고 있다. LTCC 로 제작되는 수동소자들의 구조를 정확하게 설계하기 위해서는 이들 소자들의 정확한 모델링이 필수적이다. 특히 인덕터처럼 다른 수동소자들과는 달리 표준적인 모델링의 개념이 정립되어있지 않은 소자에 대해서는 컴퓨터를 이용한 설계에 사용할 수 있도록 각각의 파라미터를 library 화하고 영향을 분석하여 넓은 대역에서 소자의 동작특성을 정확히 예측할 필요가 있다.

본 논문에서는 LTCC 다층기판 적층기술을 이용하여 3차원 Helical 인덕터를 제작하였다. 그리고 인덕터 내부의 각 구조간에 작용하는 전자기적인 효과를 물리적인 접근법으로 분석하여 고주파대역에서도 정확한 특성의 예측이 가능한 등가회로 모델을 설계하고, 측정 결과와 비교함으로써 모델링의 정확성을 확인해 보고자 한다.

II. 본론

수동소자의 모델링에 사용되던 기존의 인덕터등가회로는 고주파영역에서 디바이스의 특성을 예측하는데 한계가 있었다. 따라서 본 연구는 기존 등가회로의 단점을 보완하기 위하여 디바이스 구조의 물리적인 해석에 기반한 접근법을 제안한다. Fig.1 과 Fig.2 는 각각 제안된 소자의 3차원구조와 등가회로모델을 보여주고 있다.

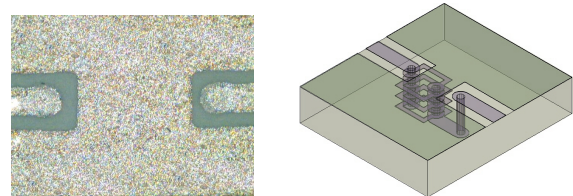


Fig.1 제안된 소자의 3차원 구조

모델링은 크게 I/O, Conductor, Via 의 3 part 로 나누어 진행하였으며 등가회로를 구성하는 주요 Component 들이 물리적으로 의미하는 바는 다음과 같다.

- C_g : 소자의 I/O part 와 Conductor 간의 커패시턴스
- C_c : Conductor 와 Conductor 의 커플링 커패시턴스
- $C_{g1} \sim C_{g7}$: Ground 와 layer 의 Conductor 사이의 커패시턴스
- C_{via} : Via 와 Conductor 간의 커패시턴스
- L_s : Conductor 의 길이에 의한 인덕턴스
- L_{via} : Via 의 인덕턴스
- L_{io} : I/O part 의 길이에 의한 인덕턴스
- R_s : 각 layer Conductor 의 저항
- R_{via} : Via 의 저항
- K: Conductor 간의 Mutual coupling coefficient

위의 변수들을 소자의 Structure 에 대입함으로써 아래 Fig.2 에서 보는 바와 같이 7 층으로 이루어진 직경 1300[μ m] 의 인덕터에 대한 등가회로를 설계하였다.

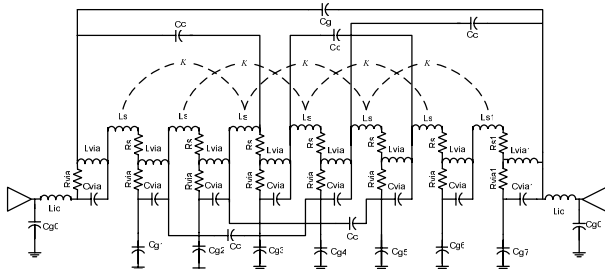


Fig. 2 제안된 등가회로모델

III. 실험

Fig.3 은 기존의 기본적인 인덕터 등가회로 모델과 제안된 Physics-based 등가회로 모델을 시뮬레이션한 결과이다. 기존의 등가회로 모델이 예측할 수 없었던 High-Frequency 대역에서 인덕터의 S_{21} (Transmission) 특성을 Magnitude 와 Phase 모두 정확하게 모델링 할 수 있음을 보여주고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 LTCC 다층기판에 적층하여 완성한 3 차원 Helical-type 인덕터를 구성하는 각 구조간의 전자 기적인 효과를 물리적으로 분석하여 Agilent ADS 를 이용한 Physics-based 등가회로를 완성하였다. 그리고 실제 측정결과와 비교하여 기존의 등가회로 모델링에서는 예측할 수 없었던 0 ~ 12 GHz 대역까지 이르는 고주파영역

에서 S-parameter 의 특성이 일치함을 확인하였다. 이러한 모델링방법과 제안된 등가회로 모델은 향후 LTCC 에 집적되는 수동 소자 및 다양한 구조의 소자를 모델링하고 회로를 설계함에 있어 효과적으로 응용될 수 있을 것이다.

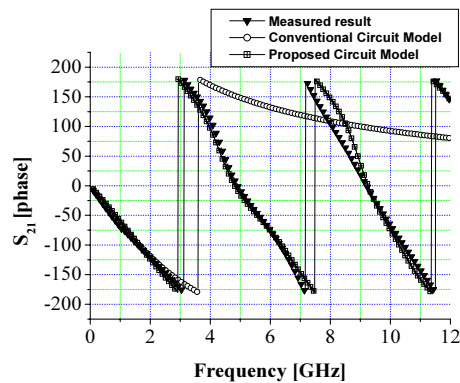
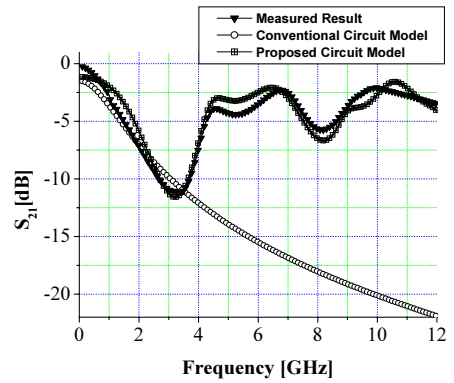


Fig. 3 시뮬레이션 결과

[참고문헌]

- [1] William Blood, et al., "Simulation, modeling, and testing embedded RF capacitors in low temperature cofired ceramic," *ECTC.*, 29 May-1 June 2001, pp. 852 - 857
- [2] C. Patrick Yue, et al., "Physical modeling of spiral inductors on silicon," *IEEE Trans. Electron Dev.*, Vol. 47, No. 3, Mar. 2000.
- [3] Daniel Melendy, et al., "A new wideband compact model for spiral inductors in RFICs" *IEEE Electron Device Lett.*, Vol. 23, No. 5, May 2002.