

BaTiO₃ Thick Film Embedded Capacitor 내장 유기기판에서 capacitor용량에 따른 고주파 특성 전산 모사

나다운, 이웅선, 조일환, 정관호, 변광유
하이닉스 반도체

HFSS Simulation of High Frequency Characteristics with BaTiO₃ Thick Film Embedded Capacitor in Organic Substrate

Da-Un Nah, Woong-Sun Lee, Il-Whan Cho, Qwan-Ho Chung, and Kwang-Yoo Byun
Hynix Semiconductor

Abstract : 최근 LSI speed의 고속화에 따라, SSN (Simultaneous Switching Noise)이 매우 큰 문제가 되고 있다. 이에 PDN에 대한 많은 해결책들이 제시되고 있으나, 가장 저비용 고효율을 지향할 수 있는 방법이 현재 사용되고 있는 유기기판에 Capacitor를 내장하여 사용하는 방법이다. Decoupling capacitor를 두께가 얇은 유기기판에 구현하기 위해서는 유전율이 큰 물질을 사용하는 것이 좋는데 본 연구에서는 BaTiO₃를 epoxy에 혼합하여 10um 두께의 필름으로 제작한 후 유기기판 제조 공정에 사용하여 유기기판을 구현하였다. 이렇게 구현된 capacitor 내장 유기기판을 2 stub의 간단한 회로를 구현하여 유전율 등을 측정하였으며, 고주파 전산모사를 통하여 capacitor의 용량 변화에 따른 고주파 특성의 변화를 연구하였다.

Key Words : BaTiO, Embedded Capacitor

1. 서 론

최근 들어 전자 제품의 전기적 고성능화를 위하여 많은 수의 표면 실장형 수동소자가 쓰이고 있다.

이러한 수동소자들은 개별형 부품 형태로 실장 되어서 많은 면적을 차지할 뿐 아니라 GHz 이상의 고주파에서는 긴 접속거리와 납땀을 통한 접속수의 증가로 전기적 성능을 저하시키며 기계적 신뢰성에 문제를 일으키는 것으로 알려져 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 기판 내에 수동소자를 집적시키는 내장형 수동소자(Embedded passive)기술에 대한 요구가 증가하고 있다.

본 연구에서는 Embedded capacitor를 Organic Substrate에 구현하였다. Decoupling Capacitor로 사용되는 Capacitor는 SSN(simultaneous switching noise)를 줄여주는 역할을 하는 PDN(Power Distribution Network)의 핵심 기술이다. 특히 본 연구에서는 HFSS를 이용하여 Embedded Cap의 용량변화에 따른 Signal 특성변화를 전산모사 하여 실제 기판에서의 적용시 기초 Data로 활용하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 Material

BaTiO₃는 잘 알려진 고유전율 재료로 본 연구에서 Embedded Capacitor의 주요 재료로 쓰였다. 공정성을 고려하여 Epoxy/BaTiO₃ Thick Organic Film 타입으로 공정을 진행하였다.

제작한 커패시터 필름은 Cu foil은 물론 이형 필름(releasing film)에 도포가 가능하여 전사(transfer)가 가능하고, B-stage 상태로 상온에서는 경화가 진행되지 않고, 경

화 후 우수한 접착력을 가지며, 동시에 기존 유기 기판 공정에 적합하다.

2.2 Substrate 제작

제작한 Epoxy/BaTiO₃ Thick Film Capacitor를 사용하여 실제 Embedded Capacitor를 그림 1과 같은 순서로 구현하였다. FR-4를 코어로 갖는 Copper clad laminates 기판 위에 BaTiO₃ Film을 라미네이션 한 후 이형지 필름을 제거하고 그 위에 Cu 스퍼터링 방법으로 커패시터의 상부전극을 형성하였다.

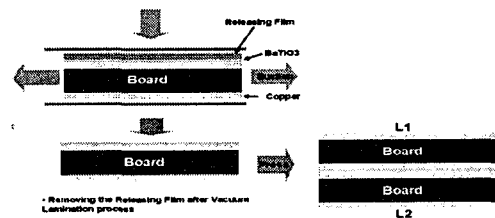


그림 1. Thick Film Embedded Capacitor Process

2.3 HFSS Simulation 방법

제작된 Embedded Capacitor의 Signal 특성을 비교하기 위하여 Ansoft Hfss를 사용하여 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션 Design은 표 1에 나타내었다. 그림 2는 시뮬레이션에 사용한 모형이다.

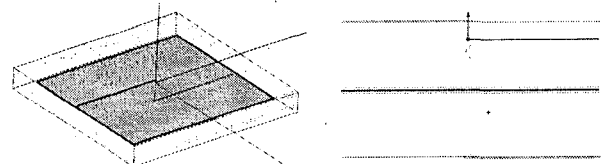


그림 2. Hfss model

표 1. Hfss Simulation Design Rule

종류	규격 (mm)
Substrate	10x10.5x1.2
Capacitor size	8x9x0.01
Pad size	0.08x0.08
Critical Dimension	0.04
Line Thickness	0.01
Line Length (with via)	10 (11.2)

3. 본 문

3.1 Substrate electric 특성 측정 결과

제작된 커패시터의 특성을 그림 3에 나타내었다. 제작된 커패시터의 SRF(self resonance frequency)는 약 250Mhz로 나타났다. SRF이상의 범위에서는 inductance의 지배를 받게 되어 더 이상 Capacitor로 작용할 수 없기 때문에 SRF는 매우 중요한 요소이다. 또한 Current 관점에서 보면, 본 연구에서 적용된 디캡의 사용전압 범위는 1.5~1.8V 이므로 이 범위에서 Leakage는 없음을 알 수 있다.

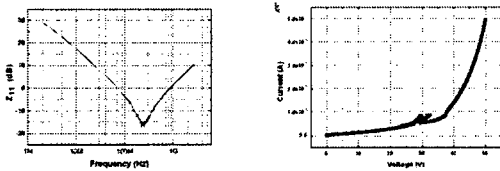


그림 3. Thick File Embedded Capacitor Characteristics

3.2 Hfss simulation 결과

위에서 구현한 Embedded Capacitor의 Capacitance, CD, Line Length, Pad Size Parameter sweep으로 Signal 특성 변화를 관찰하였다(dB(S21)). 가장 유의차가 있는 항목은 Capacitance, CD, Line Length Parameter 이었으며 결과를 그림 4에 나타내었다.

Capacitance가 44pF일 때 1GHz에서 감쇄비가 No cap 대비 1dB 개선되었으나 저주파에서는 특성이 매우 좋지 않았다. 반면 실제 제작한 Embedded Capacitor에서 측정된 2.2nF일 때는 0.6dB의 개선이 있었고 저주파 특성도 만족하였다. Signal은 Capacitance 가 커짐에 따라 충전 시간이 더 필요하기 때문에 감쇄비가 떨어지는 것으로 보인다. 그러나 Capacitance가 너무 작으면 Bandpass Filter 특성이 보여지기 때문에 Capacitance를 적절히 조절하는 것이 필요할 것이다.

CD는 10um일 때 -2.15, 40um일 때 -1.66, 100um일 때 -1.32dB로 CD가 늘어남에 따라 감쇄비 개선효과가 커졌다. Line Length 또한 10mm에서 -1.66, 8mm에서 -1.33, 6mm에서 -1.08dB로 2mm 짧아짐에 따라 0.3dB 정도의 개선이 있었다.

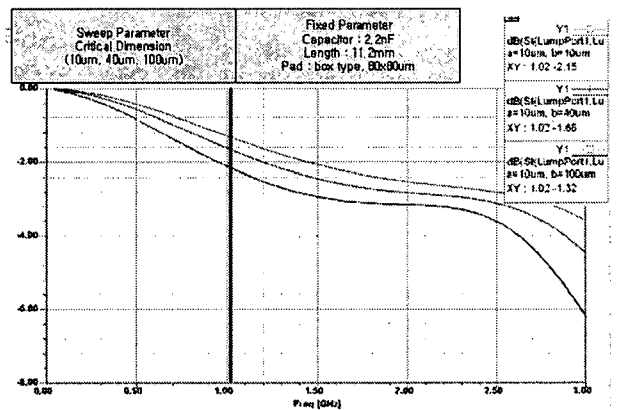
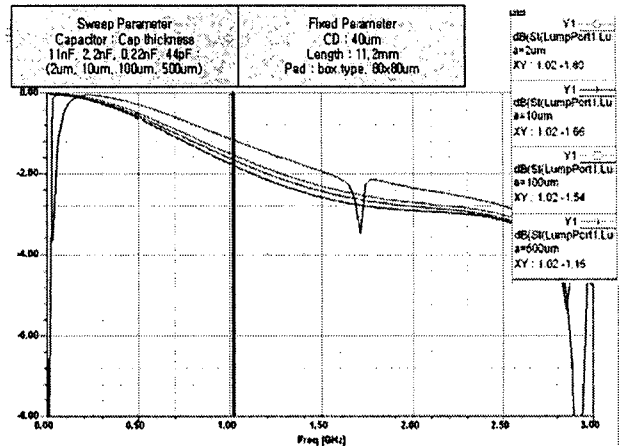


그림 4. Hfss simulation 결과

4. 결론

BaTiO3와 epoxy 혼합물을 이용하여 Organic Substrate내에 Embedded Capacitor를 구현하였으며 HFSS를 이용한 고주파 전산모사를 통하여 Signal 특성변화를 연구하였으며, Capacitance 값이 증가함에 따라 고주파에서의 Signal 감쇄비가 컸다. CD가 크고 Line Length가 짧을수록 특성이 향상되었다.

참고 문헌

- [1] The Board Authority, July, 2006 pp30-35
- [2] K.Srinivasan, P.Muthana, R.Mandrekar, E.Engin, J.Choi and M.Swaminathan, "Enhancement of Signal Integrity and Power Intergrity with Embedded Capacitors in High-Speed Packages", Proc. ISQED'06 , pp. 1-6.
- [3] Jin-Gul Hyun, and Kyung-Wook Paik, "Characteristics of Fine Patterned Epoxy/BatiO3 Composite Embedded Capacitor Films For Organic substrates", 2007 Electronic Components and Technology Conference, pp 1-6