

RF 대역에서의 반도체 package 특성 측정에 관한 연구

박 현 일, 김 기 혁, 황 성 우
고려대학교 전자공학과 Nano-Electronics Lab.
전화 : 02-927-6114 / 핸드폰 : 011-890-7266

A Study on Measurement of Semiconductor Package in RF Regime

Hyunil Park, Ki Hyuk Kim, Sung Woo Hwang
Dept. of Electronics Engineering, Korea University
E-mail : portege@mail.korea.ac.kr

Abstract

The electrical characteristics of MQFP packages have been measured in RF regime. The s-parameter of the lead frame has been measured using the test fixture on which the de-capped package was mounted. A simple lumped equivalent circuit modeling of the lead frame and the test fixture can provide reasonable model parameters up to the frequency of 200 MHz.

보호하며, 그 chip의 기능이 최대한 발휘될 수 있도록 설계되어야함은 물론 저가이어야 하므로, 본 논문에서는 현재 기능과 가격 면에서 반도체 제조회사들이 가장 많이 사용하는 QFP-type중 그 RF 특성이 가장 좋지 않은 것으로 알려진 MQFP100 package에 대해서 연구하였다. Package의 모양에 적합한 RF test fixture를 제작하고 각각의 lead frame을 vector network analyzer (VNA)를 사용하여 scattering parameter (S-파라미터)를 측정된 후, 측정된 S-파라미터를 사용하여 SPICE 시뮬레이션에 사용할 수 있는 각 lead frame의 self-capacitance, coupling capacitance, self-inductance, mutual inductance를 추출하였다.

I. 서론

최근의 silicon 반도체 chip들은 digital과 analog를 막론하고 그 동작속도가 수백 MHz에서 수 GHz의 RF대역에 다다르고 있다. 이러한 RF대역에서는 package의 inductance 및 capacitance의 기생성분을 정확히 분석하여 회로 시뮬레이션 (SPICE)에 포함시켜야 할 필요성이 대두되고 있다.

Package는 반도체 공정에서 제작된 chip을

II. Test fixture 제작 및 측정 방법

2.1 Test fixture 제작

Package 내부의 lead frame을 RF적으로 측정 set-up에 연결시키기 위하여 RF test fixture

를 제작하고 de-capping된 package를 제작된 test fixture에 mount하였다. 그림 1은 측정에 사용된 chip이 mount된 후의 test fixture의 사진이고 그림 2의 (a)와 (b)는 각각 de-capping한 package의 확대사진과 test fixture에 연결된 package의 모식도이다.

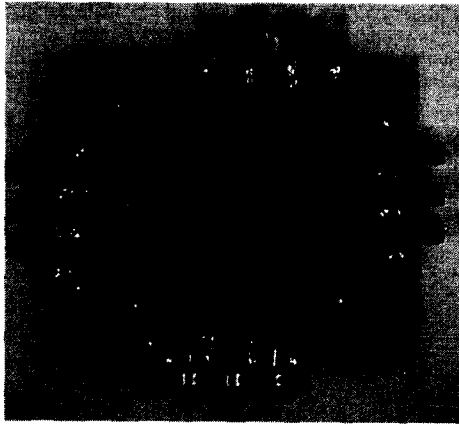


그림 1 측정을 위한 test fixture 사진



그림 2(a) de-capping된 package의 확대사진

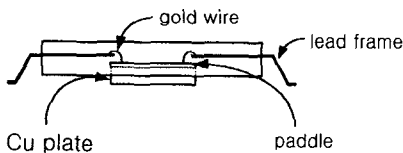


그림 2(b) de-capping된 package의 schematic

Test fixture는 3개의 인접한 lead frame들을 4쌍 측정할 수 있는 구조이다. 각 쌍에서 양쪽

의 lead frame에 연결된 line들을 50 Ω으로 termination시키고 가운데 lead frame의 S-파라미터를 측정함으로써 서로 인접한 lead frame들의 coupling capacitance와 inductance의 효과가 데이터에 반영될 수 있도록 하였다. 또한 두 개의 인접한 lead frame간의 two-port 측정도 가능하다. 측정 configuration은 paddle이 paddle 밑의 ground plane에 납땜된 short 구조와 paddle과 ground plane이 capacitive couple된 open 구조의 두 가지이다. Package의 외부로 돌출된 lead frame들은 RF 기판의 50 Ω line에 직접 납땜으로 연결되고, de-capping된 package의 안쪽에 있는 lead frame의 반대편 끝은 gold wire를 통하여 paddle (package 가운데의 금속판)에 In bonding을 통하여 연결된다.

RF 기판은 고주파 감쇄가 적은 Teflon 기판을 사용하였다. Rogers Corporation의 RT/Duroid 6010LM을 사용하였고, 이 제품의 상대 유전율은 10.2, 두께는 10 mil (0.254 mm)이고, cladding layer는 0.5 Oz (0.018 mm)이다. 이 기판을 사용할 때의 50 Ω transmission line의 폭은 다음의 식으로 계산할 때 약 0.219 mm이다 [1]. 그림 3은 Teflon 기판의 단면도이다.

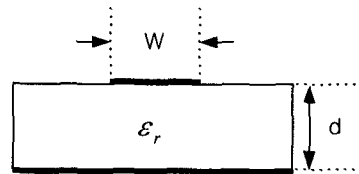


그림 3 Teflon 기판의 단면도

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A}-2} & \text{for } \frac{W}{d} < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B-1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] & \text{for } \frac{W}{d} > 2 \end{cases}$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)}$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

식에서 W와 d는 각각 위 그림 3에 따른다.

III. Modeling

그림 4의 (a)와 (b)는 open 및 short 구조의 one-port 측정시의 test fixture와 package lead frame을 가장 간단한 lumped 등가회로로 표시한 그림이다.

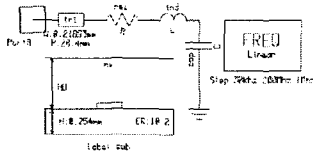


그림 4(a) Open 구조의 lumped 등가회로 (30KHz~200MHz)

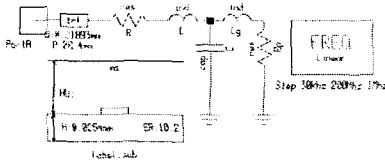


그림 4(b) Short 구조의 lumped 등가회로 (30KHz~200MHz)

Port A는 S-파라미터를 측정하는 lead frame 이 연결된 port이다. 여기서 R, L, C, Lg, TL은 각각 lead frame의 resistance, self-inductance, self-capacitance, paddle의 gold-wire inductance, 50 Ω transmission line을 표시한다.

IV. 실험결과와 해석

그림 5의 (a)와 (b)는 open과 short구조의 S-파라미터를 200 MHz까지 측정한 실험결과를 보여주고 있다 (solid line). 그림 3의 등가회로에서 그림 4의 실험결과를 가장 정확하게 재생할

수 있는 파라미터 값들을 수치 해석적으로 찾은 결과가 표 1에 정리되어 있고 이들 파라미터를 이용하여 구한 S-파라미터가 그림 5의 (a)와 (b)에 점선으로 그려져 있다. 계산결과는 실험결과를 잘 재생하고 있으며, 여기서 구한 파라미터 값들은 (표 1) 비슷한 package의 3D field 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인할 수 있다 [2].

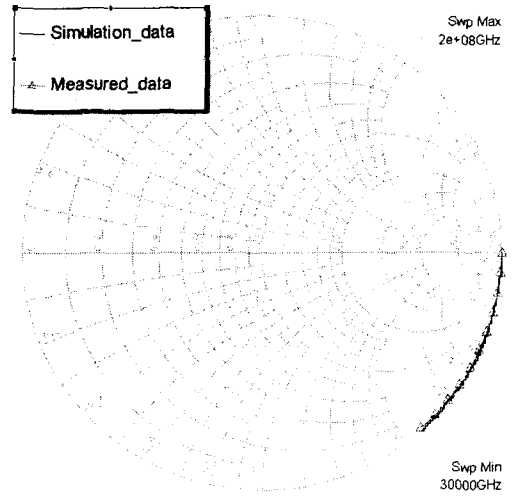


그림 5(a) Open 구조 측정결과

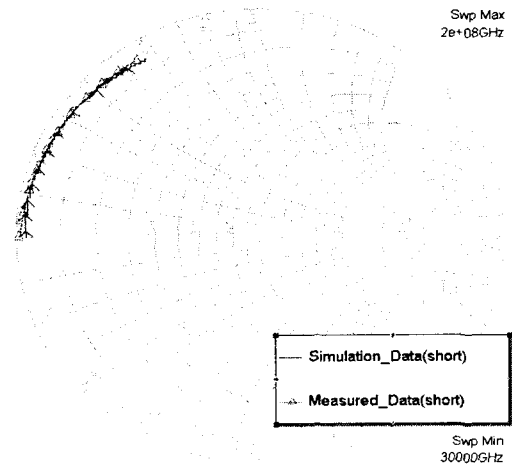


그림 5(b) Short 구조 측정결과

모델 파라미터	추출 값
R	0.256[Ω]
L	3.11[nH]
C	2.02[pF]
Lg	7.193[nH]

표 1. 각 모델 파라미터의 추출 값

V. 결론 및 향후 연구계획

MQFP package의 lead frame 특성을 RF 영역에서 측정하였다. 측정된 S-파라미터 값들은 200 MHz까지의 주파수 영역에서 가장 간단한 lumped 모델로 설명이 가능하였으며, 실험 데이터로부터 추출된 모델 파라미터 값들도 3D 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인할 수 있었다. 본 연구의 MQFP package는 2 GHz까지 측정이 되었는데 그림 4의 간단한 등가모델로는 높은 주파수에서 해석이 불가능하였다. 앞으로의 연구 과제는 고주파의 측정결과를 좀 더 refine된 모델링을 하는 것이라 하겠다. 본 연구에서는 MQFP를 측정하였지만 좀 더 고성능 package인 TQFP등에도 같은 방법이 적용될 수 있다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] David M. Pozar, Microwave Engineering. 2nd ed., New York U.S.A., John Wiley & Sons.
- [2] Ki Hyuk Kim et al., "Full Software Analysis and Impedance Matching of Radio Frequency CMOS Integrated Circuits," IEEE Trans. Comp., Packaging Technol. vol, 23, NO. 1, Mar 2000.
- [3] Luc Martens, High-Frequency Characteriz-

ation of Electronic Packaging., Dept. of Information Technology, Univ. of Gent.

- [4] Brian Young, "Return Path Inductance in Measurements of Package Inductance Matrixes." IEEE Trans. Comp., Packaging Technol., vol. 20, NO. 1. Feb 1997.
- [5] B. Young and A. Sparkman., "Measurement of package inductance and capacitance matrices." IEEE Trans. Comp., Packag., Manufact. Technol., vol. 19, Feb 1996.
- [6] C. T. Tsai, and Wai-Yeung Yip, "An Experimental Technique for Full Package Inductance Matrix Characterization." IEEE Trans. Comp., Packag., Manufact., Technol., vol. 19, No. 2, May 1996.