

EMI 수치해석을 위한 주파수에 따른 마이크로파 인쇄회로기판의 비유전율의 측정에 관한 연구

장인범^①, 김영천^②, 김충혁^{*}, 이준웅^{*}

* : 광운대학교 전기공학과

** : 서울산업대 전기공학과

A study on the measuring of relative permittivity of microwave PCB
with frequency for the numerical analysis of EMI

In-Bum Jang^①, Yong-Chun Kim^②, Chung-Heok Kim^{*}, Joon-Ung Lee^{*}

* : Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon Univ.

** : Dept. of Electrical Eng., Seoul National Polytechnic Univ.

Abstract - In this paper, to analyze electromagnetic distribution, measure the variation of relative permittivity of Glass-epoxy substrate for Computer-main-board and Teflon substrate for handphone or PCS in the frequency range 100[MHz] ~ 1[GHz], in room temperature.

To measure relative permittivity, suggested the Microstripline method

As the frequency increase, the variation of relative permittivity of Glass-epoxy is bigger than Teflon's.

And simulate the electromagnetic distribution on the PCBs in the infinite region applying the open boundary condition with these results by Finite Element Method

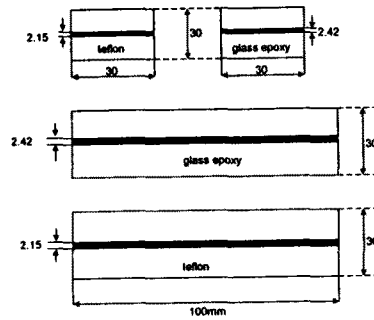


그림 2.1 Teflon과 glass epoxy 기판위의
마이크로스트립라인 설계

1. 서론

본 논문은 초고주파 인쇄회로기판의 전자파 분포를 해석하기 위해 주파수에 따른 인쇄회로기판의 비유전율의 측정방법에 관하여 연구한 것이다. 인쇄회로기판의 전자파 분포는 주변의 온도, 습도 및 주파수에 따라 큰 영향을 받기 때문에 정확한 해석을 위해서는 이러한 조건들을 고려하여 해석을 해야 하는데 본 논문에서는 컴퓨터의 Main-board로 쓰이는 Glass-Epoxy와 휴대폰 및 PCS기기의 기판으로 쓰이는 Teflon기판을 상온에서 100[MHz] ~ 1[GHz]사이의 주파수 변화에 따른 비유전율의 변화를 관측하여 이를 초고주파 인쇄회로기판의 전자파 해석에 이용하도록 하였다.

본 논문에서는 마이크로스트립라인법을 이용하여 비유전율을 측정하였는데 두 가지 기판 모두 주파수가 증가함에 따라 비유전율이 감소하다 증가하는 경향을 보였으며 Glass-epoxy 기판이 Teflon기판보다 변화폭이 더 큼을 알 수 있었다.

또한, 이를 유한요소법을 통해 주파수에 따른 비유전율의 변화에 의한 전계 분포를 계산하여 그 결과를 나타내었다.

2. PCB의 비유전율 측정

2-1 스트립선로제작 및 측정방법

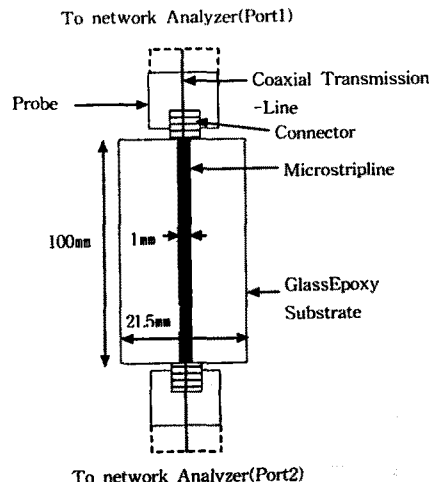


그림 2.2 마이크로스트립라인과 Network Analyzer의 연결

제작한 microstrip line을 갖고 network analyzer를 이용하여 S_{21} 과 S_{12} 의 phase을 측정한다. 측정하기전에 network analyzer를 초기화하여 모든 계기를 0점에 맞추며 주의 할 점은 Reflection에서 각 cable에 open, short 및 load 단자의 연결시 위상의 변화를 주시해야한다.

또한, open단자의 Marker 위치와 Short단자의 Marker의 위치는 180도의 위상차가 나야 하며, Load의 Marker 위치는 임피던스 매칭점에 있어야 한다.

$$S_{21} = |S_{21}| e^{j\theta} \quad \text{식 2-1}$$

S_{21} 으로부터 위상차(phase shift)와 감쇠(attenuation)를 구할 수 있다. 감쇠는 S_{21} 의 크기로부터 얻을 수 있고, 위상차는 S_{21} 의 phase로부터 얻을 수 있다. 여기서 S_{21} 는 port1에서 port2으로의 전송계수(transmission coefficient)를 나타내며, S_{12} 는 port2에서 port1으로의 전송계수를 나타낸다. 즉 S_{21} 는 순방향전송계수이며, S_{12} 는 역방향전송계수이다. 이와 같이 한 시료에 대하여 순방향과 역방향 전송계수 두가지 측정값의 평균을 구한다. 이렇게 순방향전송계수와 역방향전송계수를 측정하는 이유는 연결 cable에서 발생하는 오차와 microstrip line 제작시 폭이 일정치 않는 구조적인 문제점을 해결하여 측정값에 있어서 오차를 최대한 줄이기 위해서이다.

2-2 측정결과

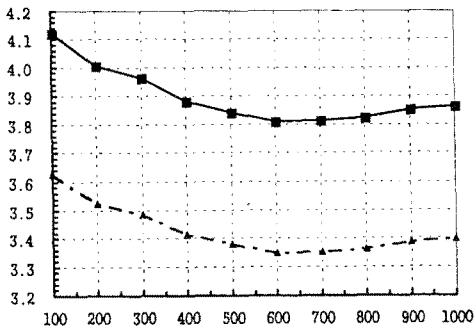


그림 2.3 주파수에 따른 Glass-Epoxy의 비유전율 ϵ_r 및 실효율전율 ϵ_{eff}

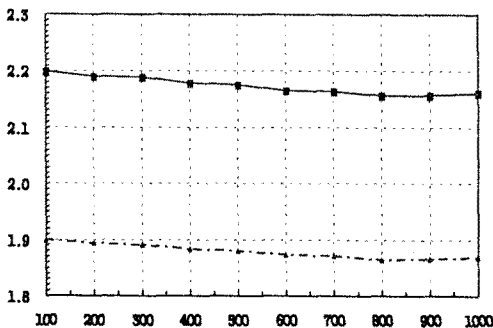


그림 2.4 주파수에 따른 Teflon의 비유전율 ϵ_r 및 실효율전율 ϵ_{eff}

이상의 그래프를 보면 Glass-Epoxy기판은 100[MHz]에서 비유전율이 4.121로 가장 높았으며 주파수가 증가함에 따라 점점 감소하여 600[MHz]에서 3.811로 최소값이 되었으며 700[MHz]부터 주파수가 증가함에 따라 조금씩 증가하는 형태를 나타내고 있으며 실효율전율도 같은 양상을 보이며 100[MHz]에서 3.629로 최대값을 갖고 600[MHz]에서 3.35로 최소값을 나타내고 있다. Teflon 기판의 경우도 Glass-Epoxy기판과 비슷한 특성을 나타내지만 그 변화량이 Glass-Epoxy기판에 비해 매우 작은 값을 나타낸다. 100[MHz]에서 비유전율이 2.199로 최대값을 나타내고 주파수가 증가함에 따라 비유전율이 점점 감소하다가 800[MHz]에서 비유전율값이 2.156으로 최소가 되었다가 900[MHz]부터 약간씩 비유전율이 증가하는 모습을 볼 수 있다.

3. 유효요소법을 이용한 주파수 변화에 따른 스트립라인의 전계분포 해석

3-1 해석모델 및 요소분할

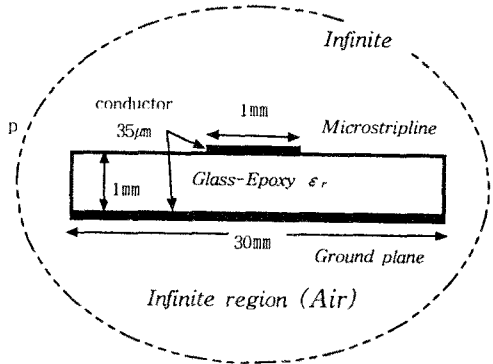


그림 3.1 무한영역내의 스트립라인의 형상

그림 3.1은 무한영역내 비유전율이 4.3인 양면 Glass-Epoxy의 마이크로스트립라인에서 전계분포를 관측하기 위한 모델이다. 이때 상하면의 도체두께는 35 μ m이고 유전체의 두께는 1mm이며 마이크로스트립라인 폭은 1mm, 기판의 폭은 30mm로 하였으며 마이크로스트립라인의 전위는 5V를 인가하였다.

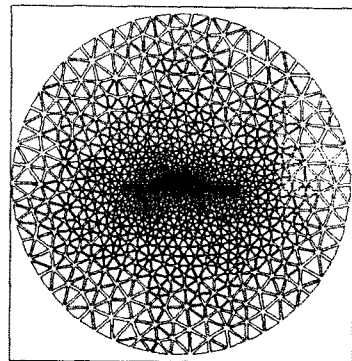


그림 3.2 무한영역내 마이크로스트립라인의 요소분할도

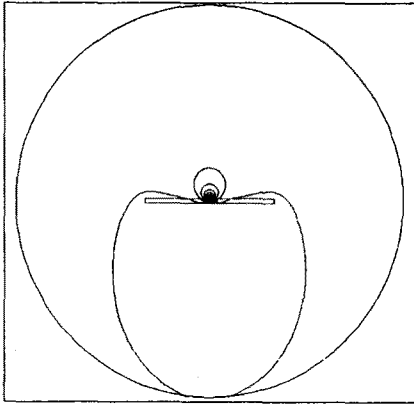


그림 3.3 무한영역내 마이크로스트립라인의 등전위 분포

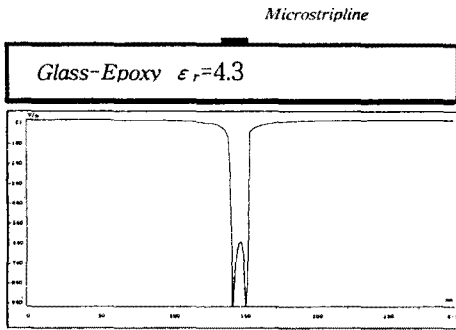


그림 3.4 마이크로스트립라인 하면의 Field 분포

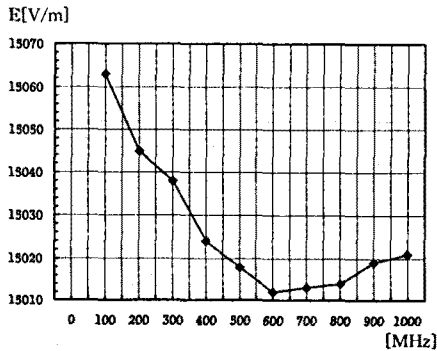


그림 3.5 주파수변화에 따른 스트립라인 하부 끝단의 전기 분포의 변화

PCB 비유전율 측정에서 마이크로스트립선로법을 이용한 결과 실제 마이크로스트립선로가 실장된 PCB의 비유전율은 선로의 구조 및 PCB의 재질에 따라 크게 영향을 받는데 주파수의 영향은 Glass-Epoxy기판이 Teflon기판보다 크게 나타났다.

Glass-Epoxy와 Teflon의 비유전율 최대값과 최소값의 차를 비교해보면 Glass-Epoxy는 100[MHz] ~ 600[MHz] 사이에서 비유전율이 0.31이 감소하였고 Teflon의 경우 100[MHz] ~ 800[MHz] 사이에서 비유전율이 0.036이 감소하여 Glass-Epoxy가 Teflon보다 비유전율이 9배 이상이 변화하였음을 알 수 있다. 따라서, 초고주파회로기판을 사용시 비유전율의 변화가 최소 동작에 많은 영향을 줄때에는 Glass-Epoxy기판보다 주파수에 따른 비유전율의 변화가 적은 Teflon기판을 사용해야 한다고 사료된다.

이상에서 연구한 PCB기판의 비유전율 측정방법 연구 및 유한요소법에 의한 전자파해석을 이용한다면 점차 집적화 및 고주파수화가 되는 PCB의 전자파장해에 대한 대책을 세울수 있으며, 이로서 국내 전자 기기의 전자파 해석기술에 크게 기여할 수 있다고 사료된다.

참고문헌

1. Numerical Techniques for Microwave and Millimeterwave Passive Structures p449~460
2. Transmission Lines And Waveguides P50~60
3. Microwave Materials and Fabrication Techniques P2~7
4. Microwave Circuits Analysis And CAD p71~75
5. Transmission Line Design Handbook p45~161 Brain C. Wadell
6. Waveguide Components For Antenna Feed Systems Theory And Cad p51~71 Uher, J Bornemann
7. Numerical Methods for Microwave & Milimeterwave Structures p163~229
8. Practical Simulation of Printed Circuit Boards and related structures K. J. Scott