

## PCB선로의 끝단효과에 의한 특성임피던스 및 전자계분포에 관한 연구

A Study on Characteristic Impedance and Electromagnetic Distribution  
by the Edge Effect of Printed Circuit Board Line

장인범 광운대학교 공대 전기공학과  
박건호 광운대학교 공대 전기공학과  
이수길 광운대학교 공대 전기공학과  
김성렬 광운대학교 공대 전기공학과  
김용주 충주산업대학교 전기공학과  
김영천 서울산업대학교 전기공학과  
이준웅 광운대학교 공대 전기공학과

In-Bum Jang Dept. of E.E., Kwangwoon Univ.  
Geon-Ho Park Dept. of E.E., Kwangwoon Univ.  
Su-Gil Lee Dept. of E.E., Kwangwoon Univ.  
Sung-Yeol Kim Dept. of E.E., Kwangwoon Univ.  
Yong-Joo Kim Dept. of E.E., Chungju Indurstrial Univ.  
Yong-Chun Kim Dept. of E.E., Seoul Indurstrial Univ.  
Joon-Ung Lee Dept. of E.E., Kwangwoon Univ.

### Abstract

Conventionally it is assumed that the microstrip line conductor has a rectangular cross-section, but the additive and subtractive processes used to create conductors for PCBs produce a conductor of approximately Trapezoidal cross-section. For wide Strip line, the thickness and edge effect will be small since most of capacitance is parallel plate rather than fringing and we can ignore the cross-section. For narrow strip lines, the edge effect become important. So in this paper, we measure the characteristic impedance of microstripline by Vector Analyzer and simulate the electromagnetic field of microstripline using finite element method with edge angle.

### I. 서론

일반적으로 마이크로스트립선로의 단면을 직사각형으로 제조하려 하지만 PCB(Printed Circuit Board) 제조시 에칭 및 기타 제작기술의 한계성으로 실제적으로는 사다리꼴에 가까운 형태로 제조된다. 이때 접지라인과 같은 넓은 마이크로스트립선로의 경우에는 평행평판커패시턴스의 특성이 우세하므로 끝단효과(edge effect) 및 Fringing effect에 의한 영향은 거의 무시할 수 있다. 그러나 좁은 마이크로스트립선로에서는 끝단의 형상에 따라 스트립선로의 전자기적 특성에 많은 영향이 있으므로 회로에 오동작이 일어나거나 노이즈가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립선로의 끝단 각도에 따른 전계의 분포양상을 유한요소법으로 규명하고 Vector Analyzer를 이용하여 특성임피던스를 측정함으로써 마이크로스트립선로의 끝단효과를 정량적으로 계산하여 최적의 마이크로스트립선로의 구조를 추정하는데 그 목적이 있다.

### II. 실험

#### 1. 시편제작

마이크로스트립선로의 제작에 사용된 PCB는 일반적으로 컴퓨터 및 초고주파기기의 기판으로 쓰이는 FRP구조의 Glass-Epoxy이며 에칭시간을 달리하여 마이크로스트립선로의 끝단 각도를 조절하였다. 이 때 에칭시간을 각각 3분 ~ 40분 사이로 하여 에칭을 하였으며 단시간 에칭시에는 스트립선로의 상부만 에칭이 되어 그림 1과 같은 구조가 되었고 시간이 경과할수록 끝단각도가 그림 2와 같이 됨을 알 수 있다.

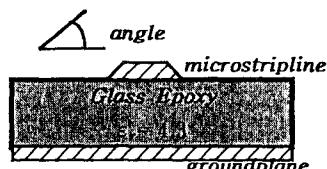


그림 1.1. 단시간 에칭시 스트립선로의 끝단구조  
Fig 1.1 Edge of stripline in short time etching

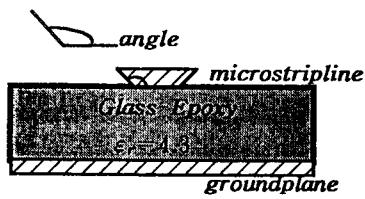


그림 1.2 장시간 에칭시 스트립선로의 끝단구조  
Fig. 1.2 Edge of stripline in long time etching

이상의 그림과 같이 끝단의 각도가 예각인 경우 2 가지와 둔각구조인 경우 2가지 및  $90^\circ$  인 경우의 마이크로스트립선로에 대하여 특성임피던스의 분포를 Vector Analyzer를 이용하여 분석하였다.

## 2. 시뮬레이션

### 2.1 해석영역

마이크로스트립선로의 특성상 해석영역의 경계면을 무한대로 하고 그림 2.1과 같은 구조에 대하여 끝단의 각도를  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  의 설정하고 끝단부근의 전계분포를 유한요소법으로 시뮬레이션 하였다.

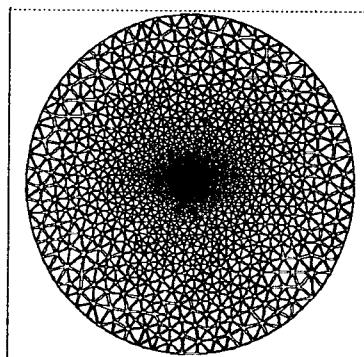


그림 2.1 전체 해석영역의 요소분할도  
Fig. 2.1 The element subdivision diagram of full analysis domain

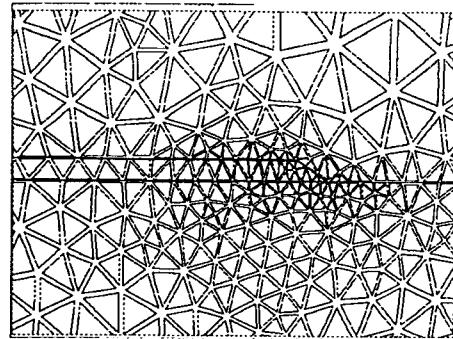


그림 2.2 마이크로스트립선로 끝단부분의 요소분할도  
Fig. 2.2 The element subdivision diagram of microstripline edge domain

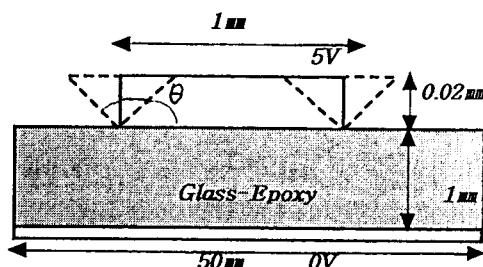


그림 2.3 마이크로스트립선로의 시뮬레이션 조건  
Fig. 2.3 The simulation conditions of microstripline

## III. 결과 및 고찰

### 1. 스트립선로의 특성임피던스

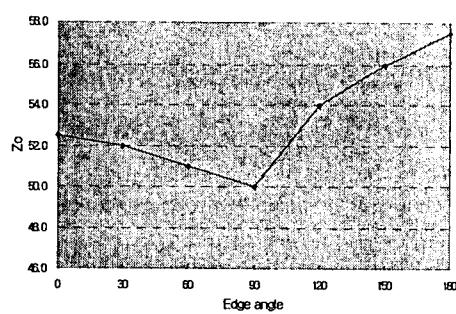


그림 3.1 마이크로스트립선로의 끝단 각도에 따른 특성임피던스  
Fig. 3.1 The characteristic Impedance of microstripline with edge angle

그림 3.1의 그래프에서 스트립선로의 끝단각도가  $0^\circ$ 에 가까울수록 특성임피던스값이 증가하였고 끝단각도가 직각일 때 특성임피던스값이 가장 작게 측정되었으며  $90^\circ \sim 180^\circ$ 에서는 각도가 증가할수록 다시 특성임피던스값이 증가하는데  $180^\circ$  일 때 특성임피던스값이 최대가 됨을 알 수 있다.

## 2. 시뮬레이션 결과

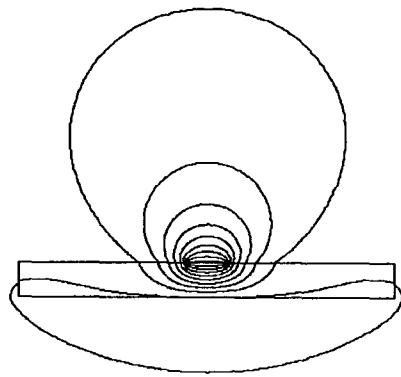


그림 3.2 무한공간내 마이크로스트립선로의 등전위 분포도

Fig. 3.2 The Equipotential Line Distribution of Microstripline in infinity region

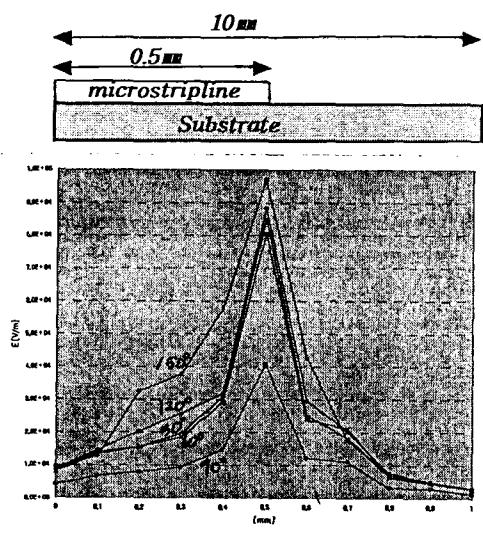


그림 3.3 끝단각도에 따른 전계분포도

Fig. 3.3 The electric field distribution with edge angle

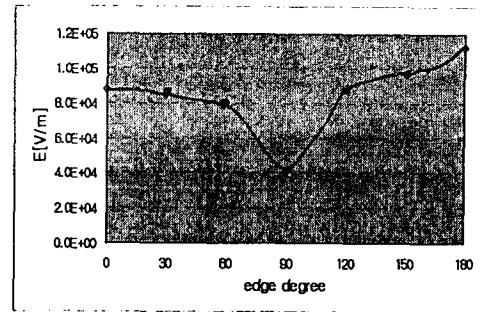


그림 3.4 끝단각도에 따른 최대전계분포

Fig. 3.4 The  $E_{\max}$  distribution with edge angle

이상의 결과로부터 마이크로스트립 선로의 끝단의 각도가  $90^\circ$ 보다 작아지거나 또는 커질 때 최대전계값이 증가함을 알 수 있는데 끝단의 각도가 예각일 때보다 둔각일 때 전계의 증가비율이 더 높았다. 또한, 스트립선로의 특성임피던스도 끝단의 구조에 따라 전계의 증감현상과 비슷한 경향을 나타내고 있다. 즉 마이크로스트립라인의 끝단 각도가 둔각구조일 때 다른 각도에 비해 전계가 더욱 집중이 되었고 또한 특성임피던스값도 가장 크게 증가하였다. 따라서 마이크로스트립선로의 끝단효과가 최대로 발생할 수 있는 구조는 파이프에 청이 된 둔각끝단구조의 마이크로스트립선로이며 끝단효과가 가장 적은 구조는 직각구조일 때임을 알 수 있다.

## IV 결론

PCB상의 마이크로스트립선로의 끝단각도에 따른 특성임피던스 및 전계분포를 관측한 결과 그 경향이 비슷하였다. 즉, 끝단의 각도가 점에 할수록 특성임피던스 및 라인의 최대전계값이 증가하는데 특히  $90^\circ$  이상의 둔각구조일 때 더욱 그러하다. 이러한 끝단효과의 영향으로 다른 선로에 전자기적간섭을 주게 되어 회로 오동작을 일으키게 되며 임피던스정합을 정확하게 계산하기가 곤란한 경우가 발생한다. 그러므로 끝단효과의 영향을 최대한 줄이기 위해서는 모든 제조공정중 마이크로스트립선로의 끝단이  $90^\circ$ 가 되도록 제작해야 한다고 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, p236~245