

# 다층 구조 기판에서 낮은 특성 임피던스 전송선로 간의 via transition 설계에 관한 연구

서덕진, 박윤식, 유종인

한국전자기술연구원 ICT 디바이스·패키징연구센터

usetooltip@keti.re.kr, yun7098@keti.re.kr, aceryu@keti.re.kr

## Design of Via Transition Between Low Characteristic Impedance Transmission Lines in Multi-layer Substrates

Deokjin Seo, Yunsik Park, Jongin Ryu

ICT Device and Package Research Center, Korea Electronics Technology Institute

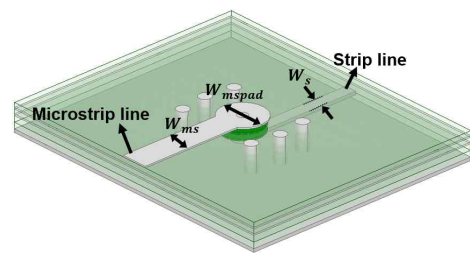
### 요약

본 논문은 28 GHz 대역에서 동작하는 다층 구조 기판의 낮은 특성 임피던스 전송선로 간 via transition 설계를 제안하고 성능을 확인하였다. 제안한 다층 구조 기판의 전송선로 간 via transition 구조에서 via에 의한 불연속점 발생은 추가적인 임피던스 매칭을 필요로 하며, via 공정 시 필요한 capture pad와 anti pad의 크기 조절을 통해 임피던스 매칭을 진행하였다. 이러한 낮은 특성 임피던스를 갖는 전송선로 간 via transition을 추후 일반적인 RF 구성요소와의 연결을 위해 transformer를 이용하여 50 Ω 임피던스 매칭을 진행하였으며 이를 대칭형 구조로 적용하여 성능을 검증하였다. 제안한 transition의 성능은 목표 주파수 대역에서 S11이 -20 dB 이하, S21이 28 GHz에서 -0.85 dB의 특성을 가진다.

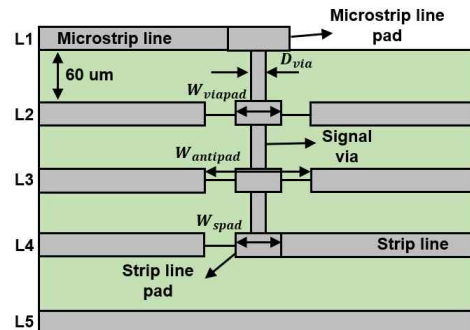
### I. 서론

최근 무선통신 기술과 공정의 발전으로 통신에 요구되는 주파수 대역은 높아지고 있으며, 다이 칩과 같은 소자의 크기는 점차 작아지고 있다. 이로 인해 통신용 부품은 집적화가 요구되고 있다. 집적화를 위한 기술 중 하나로 다층 구조의 PCB 및 유전체를 이용한 통신 부품이 많이 연구되고 있으며 다층 구조의 경우 전송선로를 표면으로 드러나는 외층뿐만 아니라 내층까지 구현할 수 있어 더 작은 면적에 많은 소자를 연결할 수 있다 [1]. 하지만, 얇은 유전체를 사용하는 경우 내층에 적용되는 전송선로의 선 폭이 줄어들어 공정 상 구현이 어려움이 발생한다. 본 논문에서는 다층 구조의 전송선로 구조에서 얇은 두께의 유전체를 사용하는 경우 일반적으로 사용하는 50 Ω 특성 임피던스 대신 낮은 특성 임피던스의 전송선로를 이용하는 구조를 제안한다. Via transition을 활용하여 다른 층의 전송선로를 연결하고, PCB 제작 과정에서 via 형성에 필요한 capture pad와 anti pad의 크기를 조절함으로써 임피던스 매칭을 통해 전송 특성을 확보하였다. 그리고 transformer를 이용하여 낮은 임피던스의 전송선로와 대칭적으로 사용되는 50 Ω 특성 임피던스의 구성요소 임피던스 매칭을 진행하였으며, 이를 대칭형 구조를 이용하여 그 성능을 검증하였다.

이러한 얇은 두께의 유전체로 인해, 사용된 전송선로는 PCB 공정 구현 가능성을 위해 microstrip line과 strip line은 각각 25 Ω 특성 임피던스를 갖는 전송선로가 사용되었다. 이때, microstrip line의 선 폭 ( $W_{ms}$ )은 320 μm, strip line의 선 폭 ( $W_s$ )은 155 μm으로 설정되었다.



<3D view>



<단면도>

### II. 본론

본 논문에서 제안하는 다층 구조의 전송선로 간 via transition 구조는 그림 (1)과 같으며, Via transition은 임피던스 매칭의 용이성 및 전송 손실 감소를 위해 stack-up via 형태가 적용되었다. 각 층에 적용된 유전체는 DS7409 (유전율 : 3.26)이고 높이는 60 μm이다.

그림 (1). 제안한 Microstrip-strip via transition

제안한 via transition은 그림 (2)와 그림 (3)과 같이 microstrip line에 형성된 capture pad ( $W_{mspad}$ )와 signal via에 형성된 anti pad ( $W_{antipad}$ )의 크기를 조절하여 25  $\Omega$  임피던스 매칭을 진행하였다. 그 결과  $W_{mspad}$ 는 550  $\mu\text{m}$ ,  $W_{antipad}$ 는 100  $\mu\text{m}$  일 때, S11이 가장 낮은 값을 가져 최적의 임피던스 매칭 성능을 가지는 것을 확인하였다. 그 외의 파라미터는 공정 조건에 따라 결정되었으며, Signal via의 직경 ( $D_{via}$ )은 120  $\mu\text{m}$ , Strip line에 적용된 capture pad의 크기 ( $W_{spad}$ )는 250  $\mu\text{m}$  으로 설정되었다.

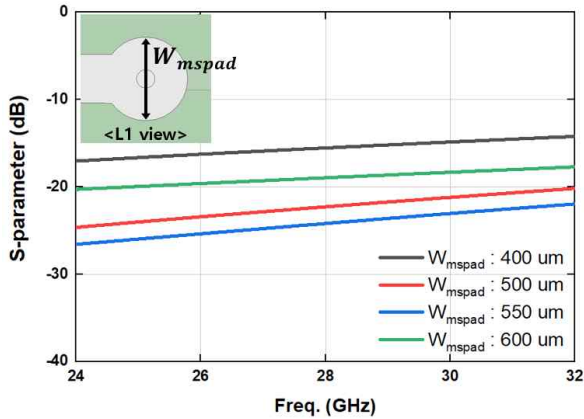


그림 (2). Microstrip line capture pad 크기에 따른 S11 시뮬레이션

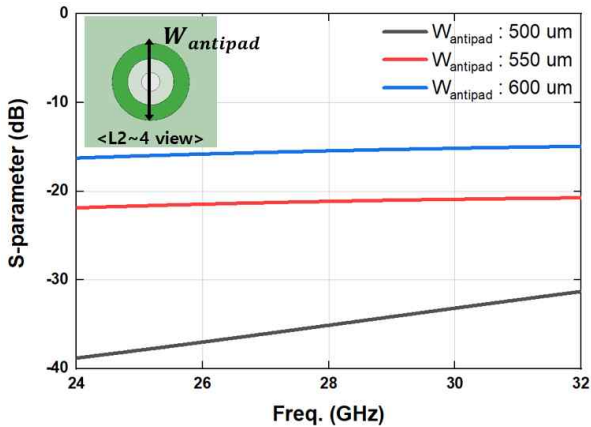


그림 (3). Anti pad 크기에 따른 S11 시뮬레이션

그림 (4)는 앞서 임피던스 매칭이 완료된 다층 구조의 전송선로 간 via transition을 일반적인 50  $\Omega$  특성 임피던스를 갖는 RF 구성요소와 연결하기 위해  $\lambda/4$  transformer를 이용하여 50  $\Omega$  임피던스 매칭을 진행한 모습이다. 적용된 transformer의 길이 ( $L_{tr}$ )는 1478  $\mu\text{m}$ 이며 폭 ( $W_{tr}$ )은 200  $\mu\text{m}$ 이다. 샘플의 구현 후 원활한 측정을 위해 입, 출력 단은 50  $\Omega$  특성 임피던스를 갖는 microstrip line으로 설정되었으며 이에 따른 선 폭 ( $W_{50}$ )은 125  $\mu\text{m}$ 이다.

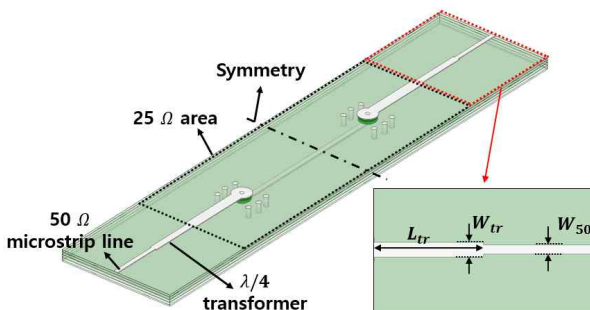


그림 (4). 다층 구조 via transition의 50  $\Omega$  임피던스 매칭 모습

그림 (5)은 그림 (4)에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. S-parameter 시뮬레이션 결과 목표 주파수 대역에서 S11이 -20 dB 이하로 형성되어 50  $\Omega$  임피던스 매칭이 완료된 것을 볼 수 있다. 또한 S21 결과는 28 GHz 대역에서 -0.85 dB의 결과를 가진다.

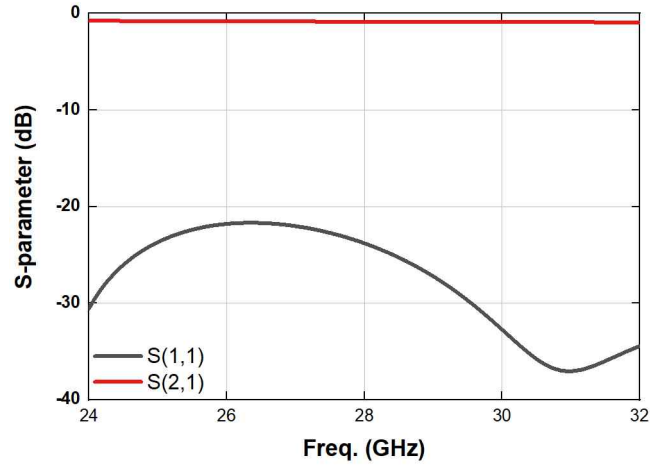


그림 (5). 다층 구조 via transition의 50  $\Omega$  임피던스 매칭 시뮬레이션

### III. 결론

본 논문에서는 다층 기판 구조에서 낮은 임피던스를 이용한 전송선로 간 via transition 구조를 제안하였다. Via transition을 통해 연결되는 microstrip line과 strip line 전송선로는 25  $\Omega$  특성 임피던스를 이용하였다. Via transition 간 임피던스 매칭은 via 형성에 필요한 capture pad와 anti pad의 크기를 조절하여 진행하였으며, 제안한 구조를 다른 일반적인 RF 구성요소와 결합을 위해 transformer를 이용하여 50  $\Omega$  특성 임피던스 매칭을 진행하였으며 그 결과 목표 주파수 대역에서 S11이 -20 dB 이하로 형성되어 양호한 신호 전달 성능을 확인하였다. 추후, 샘플을 구현하고 특성을 확인하여 성능을 추가 검증하고 제안한 설계를 활용하여 crossover와 같은 다양한 application에 적용할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2024-00354970, 차세대 통신을 위한 저손실, 고방열 소재 기반 이중 IC 내장형 패키징 공정 및 부품 기술 개발)

### 참고 문헌

[1] A. Enayati, G. A. E. Vandenbosch, and W. De Raedt, "Millimeter-Wave Horn-Type Antenna-in-Package Solution Fabricated in a Teflon-Based Multilayer PCB Technology," in IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 61, no. 4, pp. 1581-1590, April 2013