2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

고유전율 필름을 이용한 적층형 유기기판에 내장된 방향성 결합기

천성종, 박재영
광운대학교 전자공학과

Fully Embedded Directional micro-Coupler into Organic Packaging Substrate with High Dielectric Film

Seong-Jong Cheon and Jae-Yeong Park
Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University

Abstract - 본 논문에서는 800MHz와 1.9GHz 대역의 시스템에 적용할 수 있는 20dB 방향성 결합기를 8층 PCB 기판에 내장하여 소형화 및 저가화 할 수 있도록 설계하였다. 방향성 결합기는 4층과 6층에 coupled line으로 적층함으로써, 다층 PCB기판을 최대한 활용하여 공간을 최소화하였다. 또한, 고유전율을 가진 필름을 이용하여, coupled line의 끝에 내장형 고용량 커패시터를 연결하여 설계하였다. 6 x 6 x 0.7 (height) mm^3 크기로 설계된 방향성 800MHz 결합기의 경우 -20dB의 coupling 특성, -0.6dB의 transmission 특성, -25dB의 isolation 특성을 나타내었다. 패키징 기판에 내장된 방향성 결합기는 단말기 및 통신시스템의 소형화에 크게 기여할 수 있을 것이다.

1. 서 론

이동 및 정보통신 시스템이 소형화 및 고성능화됨에 따라 System On Package (SOP) 기술의 연구 개발이 주목을 받고 있다. 이를 위하여 많은 연구가 이루어지고 있는데, 주로 LTCC를 기반으로 한 SOP와 PCB를 기반으로 한 SOP가 활발히 진행 중에 있다. LTCC와 PCB 기반의 SOP는 각 층에 고정밀 패턴구현이 가능하고 부품의 소형화와 고기능화, 수동부품 내장이 가능하다는 장점이 있다. LTCC 기반은 시스템 보드와의 결합특성과 반도체 관련 packaging 특성이 떨어지고, PCB 기반에 비해 가격이 비싸다는 단점이 있으나, PCB 기반에서는 이러한 단점을 보완할 수 있다.

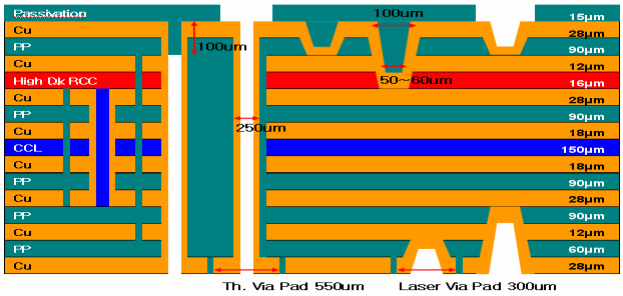
마이크로파 및 밀리미터 집적회로용 Mixer회로 소자, 이동통신 단말기 및 기지국의 이동통신 및 고정통신 시스템에 널리 사용되는 방향성 결합기 (directional coupler)는 구조적으로 2축 대칭인 특징을 가지고 있으며, 출력 단자 간에 본질적으로 90°의 위상차를 가지면서 Hybrid Ring. Branch line 등의 결합기보다 넓은 대역폭을 가진다는 장점이 있다. 이러한 방향성 결합기를 다기능성 PCB 기판을 이용하여 시스템 보드 내에 내장할 경우, 이동통신 단말기의 소형화에 기여할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 PCB 기반의 SOP 기술을 적용하여 800MHz와 1.9GHz의 이동통신 시스템에 적용할 수 있는 20dB 방향성 결합기를 설계하였다. 설계된 결합기는 패키징 기판에 내장할 수 있도록 설계되어 초소형 및 저가형의 시스템을 구현하는데 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

2. 본 론

2.1 설계

적층형 20dB 방향성 결합기를 구현하고자 8층 구조의 PCB 기판으로 설계하였다. 그림 1에서의 8층 구조로 하여, Core Layer에는 유전율 4.5, tangent loss 0.03, 두께 150um의 CCL(4, 5층)을 사용하였고, 유전율 4.1, tangent loss 0.016, 두께 90um(1, 3, 6, 7층)/60um(8층)의 Prepreg(PP)를 사용하였다. 또한, 커패시터 설계를 위해 유전율 22, tangent loss 0.025, 두께 16um인 고유전율 필름(2층)를 사용하였다.



<그림 1> 8층 PCB 기판 단면도

2.1.1 Embedded Coupled Line

그림 2 (a)는 coupled line으로 구성된 방향성 결합기의 구조로 대칭으로 구성된다. P1이 입력(Input), P2는 전송(Transmission), P3은 격리(Isolation), P4는 결합 (Coupling) 단자이다. 그림 2 (b)는 방향성 결합기의 등가회로를 나타내며 인덕터는 coupled line의 길이에 따라 결정되어지며, coupling 커패시터는 라인 간의 coupled gap에 따라 좌우되어진다. coupled line의 width와 gap은 coplanar coupled line의 계산을 통하여 결정하였고, line의 길이는 λ/4 길이로 800MHz 대역에서는 약 40mm, 1.9GHz 대역에서는 약 18mm의 길이를 갖는다.

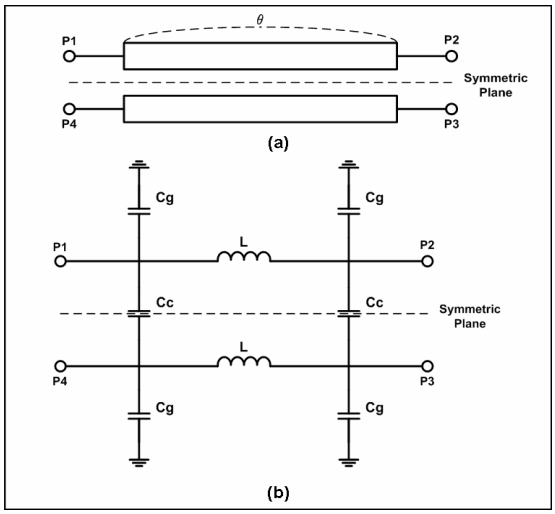
40mm나 18mm의 길이를 평면으로 할 경우 크기가 커지므로, Meander 형태로 설계하여 공간 활용을 극대화하였다. 또한 8층 PCB 기판에서 4층과 6층에 적층 내장하여 공간을 최소화할 수 있게 된다.

방향성 결합기 설계시, 6층에서의 coupled line의 width와 gap은 100um/110um임에 반해, 4층에서의 width와 gap은 140um/200um이기 때문에 4층에서의 line의 길이보다 6층의 line 길이를 길게 설계하여 공간을 최소화하였다.

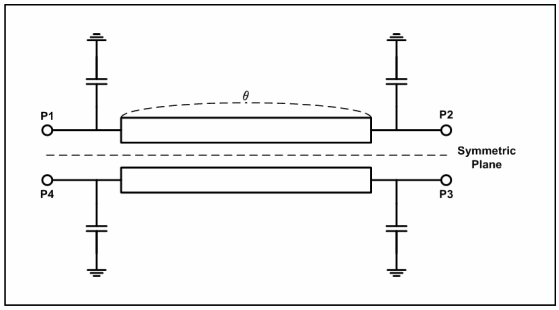
2.1.2 Embedded Capacitor

Coupled line을 이용한 방향성 결합기의 경우, coupled line과 접지면과의 커패시턴스가 중요한 요인으로 작용한다. 그러나 PCB 기판에서는 기판의 최소 두께가 LTCC나 MMIC보다는 두텁기 때문에, 접지면과의 커패시턴스가 작게 설계되어진다.

Coupled line과 접지면과의 커패시턴스를 보상해주기 위한 방법으로 coupled line의 양단에 커패시터를 연결해 줌으로서 이러한 문제를 해결할 수 있다. 그림 3에서와 같이 coupled line의 양단에 고유전율 필름을 사용하여 커패시터를 형성한다. 즉, 등가회로에서의 접지면과 연결되는 커패시터 Cg 4개를 고유전율 필름을 이용하여 4개의 고용량 커패시터를 형성한다.



<그림 2> (a) 기존 구조의 coupled line 방향성 결합기. (b) 방향성 결합기의 등가 회로



<그림 3> 제안된 구조의 방향성 결합기

2.2 결과 및 분석

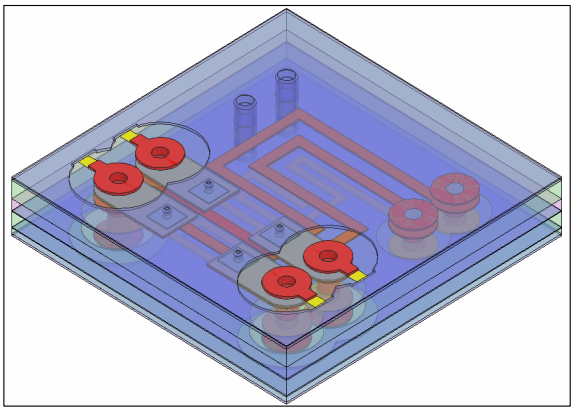
Advanced Design System (ADS) 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 방향성 결합기의 전체적인 설계를 하였다. Line calculator를 이용하여, coupled line의 width와 gap, 길이를 계산하고, 2D 시뮬레이션을 통해 최적화시켰다. 최적화된 결과를 토대로 3D EM 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 3D 모델링 설계를 하였다.

그림 4는 제안된 방향성 결합기의 3D 모델로, 800MHz 대역의 결합기는 6x6mm^{2}의 크기로, 1.9GHz 대역의 결합기는 4x4mm^{2}의 크기로 설계하였다. 향후 시스템 보드 내에 내장시키기 위해, 4층과 6층에 적층된 coupled line의 위아래에 접지면을 삽입하여 시스템 보드 위에 회로를 설계할 경우, 특성의 흔들림이 없게 설계하였다.

그림 5와 그림 6을 보면, 800MHz 대역의 방향성 결합기의 경우, -0.6dB의 전송특성, -20dB의 coupling 특성, -25dB의 isolation 특성을 나타내었다. 위상차 또한 90도를 유지하여, 비교적 안정된 특성을 나타냄을 알 수 있다.

800MHz 대역과 1.9GHz 대역의 이동통신 시스템에서의 송신단의 주파수 대역폭이 25MHz, 60MHz로 협대역임을 감안할 때에, 대역폭 내에서의 특성이 안정적임을 보였다.

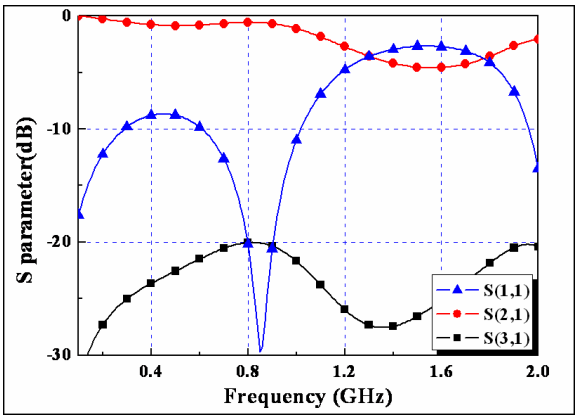
표 1로 정리해보면, 1.9GHz 대역의 방향성 결합기의 경우 -0.6dB의 전송특성, -20dB의 coupling 특성, -22dB의 isolation 특성과 88도의 위상차를 나타내었다. 크기 측면에서 볼 때에, coupling line의 길이가 800MHz 대역의 방향성 결합기에 비해 상대적으로 짧기 때문에, 4x4mm^{2}의 크기로 설계 가능하였다.



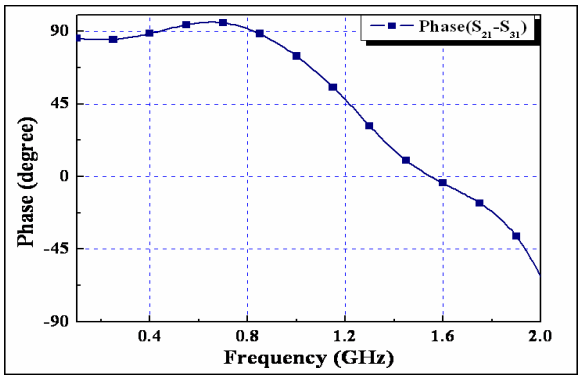
<그림 4> 방향성 결합기의 3D 모형도

<표 1> 3D EM 시뮬레이션 결과

	800MHz	1.9GHz
Size	6.0 x 6.0 mm^2	4.0 x 4.0 mm^2
Transmission	-0.66dB	-0.65dB
Coupling	-20.04dB	-19.72dB
Isolation	-25.20dB	-22.03dB
Return loss	-25.57dB	-32.44dB
Phase	90.04°	87.77°



<그림 5> 방향성 결합기의 S-parameter (800MHz 대역)



<그림 6> 방향성 결합기의 위상차 (800MHz 대역)

3. 결 론

본 논문에서는 PCB 기판에 내장 가능한 800MHz 대역과 1.9GHz 대역의 방향성 결합기를 설계하였다. ADS 시뮬레이션과 3D EM 시뮬레이션을 통해, 비교 분석하는 방법으로 특성을 최적화 하였다. 또한 방향성 결합기의 소형화 및 집적화를 위하여 고유전율을 갖는 필름을 PCB 기판에 삽입하여 커패시터를 설계하여 적용하였다. 본 논문에서 발표된 방향성 결합기는 PCB기판에 바로 내장이 가능함에 따라서 휴대용 단말기 및 통신시스템의 소형화 및 저가화에 기여할 수 있을 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 한국 과학기술부의 지능형 RF연구센터(Communication and Intelligent RF Engineering Research Center(ERC))의 지원을 받아 수행하였음.

[참 고 문 헌]

[1] 노영환, "회로다층기판 임피던스 최적 모델링 기법 연구" 우석대학교 논문집, vol.8, 2003

[2] Alexopoulos, N.G, "Integrated-Circuit Structure on Anisotropic Substrates", IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-33, No.10, 1985

[3] Taek-Young Song, Jae-Ho Kim, Sang-Hyuk Kim, Jae-Bong Kim, and Jun-Seok Park, "Design of a Novel Lumped Element Backward Directional Coupler Based on Parallel Coupled-Line Theory", Microwave Symposium Digest, 2002 IEEE MTT-S International Vol. 1, 2002