

비아 트랜지션을 갖는 마이크로스트립 선로를 이용한 링 하이브리드 결합기

Ring Hybrid Coupler using Microstrip Line with Via Transition

김 영*, 심석현*, 윤영철**

Young Kim*, Seok-Hyun Sim*, and Young-Chul Yoon**

요 약

본 논문에서는 비아 트랜지션을 이용하여 마이크로스트립 선로를 구현하고 이것을 이용하여 다층 레이어를 사용하여 링 하이브리드 결합기를 설계하였다. 여기서 사용된 트랜지션은 서로 다른 레이어에 존재하는 마이크로스트립 선로를 연결하기 위해서 비아를 사용한 샌드위치 구조이다. 컴팩트한 RF/ 마이크로웨이브 소자를 설계하기 위해서 이러한 비아를 이용한 마이크로스트립 선로의 구현은 긴 전송선로를 짧게 구현할 수 있다. 이러한 트랜지션의 유용성을 보이기 위해서 중심 주파수 2 GHz에서 링 하이브리드 결합기를 구현하였다. 그 결과 특성은 시뮬레이션과 거의 동일함을 확인하였고, 크기는 기존 것과 비교하여 50% 줄일 수 있다.

Abstract

In this paper, a microstrip line implementation using via transition and its application of multilayer compact ring hybrid coupler are presented. This transition is the sandwich structure with via hole to connect two microstrip lines in different layer. For designing a compact RF/Microwave passive circuit, the microstrip line using via-hole transition is proposed to reduce a size of microwave circuit with long transmission line. For the validation of the microstrip line with via-hole transition, the multilayer ring hybrid coupler is implemented at center frequency of 2 GHz. The measured performances are in good agreement with simulation results and about 50% size reduction compare to conventional ring hybrid coupler.

Key words : Microstrip transition, multilayer circuit, passive circuit, size reduction, via-holes

I. 서 론

현대 통신 시스템은 컴팩트한 크기와 많은 데이터량을 처리할 수 있는 송수신 회로를 필요로 하고 있다. 이러한 요구 사항을 만족시키기 위한 무선 부품은 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic)를 사용

하거나 웨이퍼 레벨에서 집적화된 칩 기술을 사용하고 있다 [1],[2].

이러한 집적화한 부품을 개발하기 위해서는 서로 다른 레이어에 존재하는 전송선로를 연결하는 구조가 필요한데 먼저, 서로 다른 레이어 선로를 연결하기 위해서 수직으로 연결된 비아 구조가 가장 많이 사용되고 있다 [3],[4]. 이러한 비아 홀은 저주파 특성

* 금오공과대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

** 관동대학교 전자정보통신공학부(Department of Electronics & Information Communication Eng., Kwandong University)

· 제1저자 (First Author) : 김 영(Young Kim, tel : +82-54-478-7506, email : youngk@kumoh.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 9월 5일 · 심사(수정)일자 : 2013년 9월 6일 (수정일자 : 2013년 12월 21일) · 게재일자 : 2013년 12월 30일
<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.6.658>

을 나타내기 때문에 높은 주파수 신호의 처리에 제한적으로 사용된다. 두 번째로는 캐비티(Cavity) 커플링을 이용한 신호 전달은 다른 레이어로 신호를 전달할 수 있지만 상대적으로 협대역의 특성이 나타난다 [5],[6]. 마지막으로 어퍼취 커플링 트랜지션은 어퍼취(Aperture) 또는 마이크로스트립 종단의 모양에 의해서 변화를 줄 수 있으며 넓은 대역폭을 확보할 수 있으나 이것을 설계할 수 있는 식들이 존재하지 않는다 [7],[8].

본 논문에서는 다른 레이어에 신호를 전달하기 위한 방법으로 비아 홀을 이용한 트랜지션을 사용하여 그 특성을 확인하고, 그 타당성을 보이기 위해서 링 하이브리드 결합기를 설계하였다. 대부분의 결합기들은 $\lambda/4$ 마이크로스트립 전송선로를 이용하여 구현되기 때문에 그 크기를 줄이는데 제한이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 다층 레이어를 사용하고, 다른 레이어에 존재하는 전송선로의 연결을 비아 홀을 이용한 샌드위치 구조를 사용하여 전송선로 길이를 반으로 줄이고, 이것을 이용하여 부품의 크기를 줄였다. 이러한 접근 방법의 배경과 그것을 통해서 중심주파수 2 GHz에서 동작하는 링 하이브리드 결합기를 설계, 구현 그리고 측정하였다.

II. 이론 및 설계

2-1 비아 홀 트랜지션(Via-hole transition)

그림 1은 서로 다른 레이어에 존재하는 마이크로스트립 전송선로를 비아 홀 트랜지션을 이용한 샌드위치 구조로 연결시킨 것을 나타낸 것이다. 이것은 같은 폭의 전송선로가 맨 위와 아래에 존재하고 중간 레이어에는 그라운드, 비아 홀 그리고 비아 홀과 그라운드를 분리시키는 슬롯이 존재한다. 이러한 샌드위치 구조 트랜지션의 반사계수와 전달특성이 우수한 성능을 얻기 위해서 슬롯의

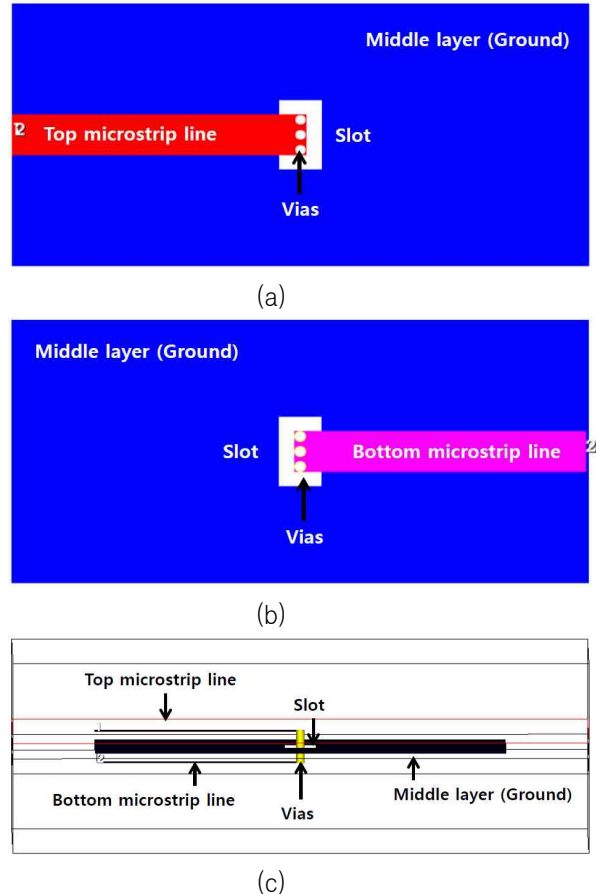


그림 1. 비아 홀 트랜지션을 이용한 샌드위치 구조의 마이크로스트립 전송선로 (a) 윗면 (b) 아랫면 (c) 측면
 Fig. 1. Microstrip transmission line of sandwich structure using via-hole transition (a) top layer (b) bottom layer (c) side view.

크기등을 조절하였다.

그림 1과 같이 비아 홀을 이용한 트랜지션을 사용한 50 Ω 전송선로의 특성이 전통적인 전송선로와 동일한 특성을 얻기 위해서 슬롯의 크기를 변화시켜가면서 반사계수와 삽입손실의 전기적 특성을 확인하였다. 이것은 비아 홀의 크기와 슬롯의 크기를 변수로 설정하여 확인을 하였는데, 먼저 비아 홀의 크기 $d = 0.4 \text{ mm}$ 로 고정하고 슬롯의 간격을 0.2 mm에서 0.5 mm로 변경시켜가면서 그 특성을 확인한 것을 그림 2에 나타내었다. 이때 사용된 PCB는 유전율 $\epsilon_r = 4.3$, 유전체 두께 $h = 0.787 \text{ mm}$ 인 에폭시 기판을 사용하였고, 사용된 전송선로의 임피던스는 50 Ω 이다.

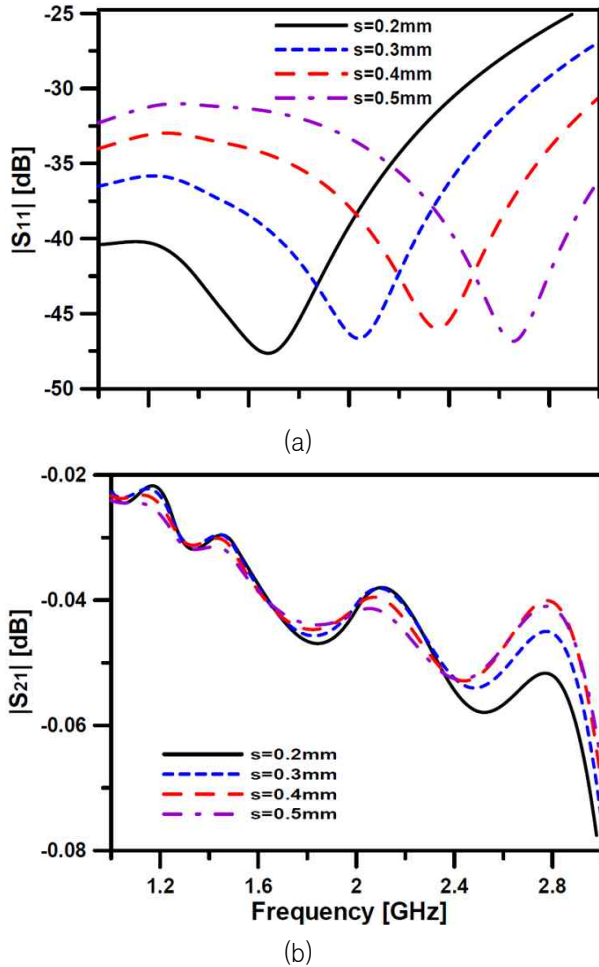


그림 2. 슬롯 간격에 변화에 따른 S-파라미터 특성 (a) 반사계수 (b) 삽입 손실

Fig. 2. S-parameter characteristics of slot size variation (a) return loss (b) insertion loss.

그림 2에 나타난 특성은 슬롯의 크기를 나타내는 비아 홀과 그라운드 사이의 간격 s 를 변화시키면서 관찰한 S-파라미터 특성을 나타낸 것이다. 그림 2에서 2 GHz에서 가장 좋은 특성을 나타낸 것은 슬롯의 간격이 0.3 mm 일 때임을 알 수 있다.

이러한 결과를 바탕으로 비아 홀을 이용한 샌드위치 구조의 트랜지션을 사용하여 50과 70.7 Ω 전송선로를 구현하도록 설계하였다. 시뮬레이션을 위해서 사용된 소프트웨어는 AWR사 Microwave Office를 사용하여 비아 홀을 이용한 샌드위치 구조의 트랜지션을 이용하여 전송선로를 설계하였다. 이러한 트랜지션을 이용하여 설계한 링 하이브리드 결합기는 그림 3에 나타내었다.

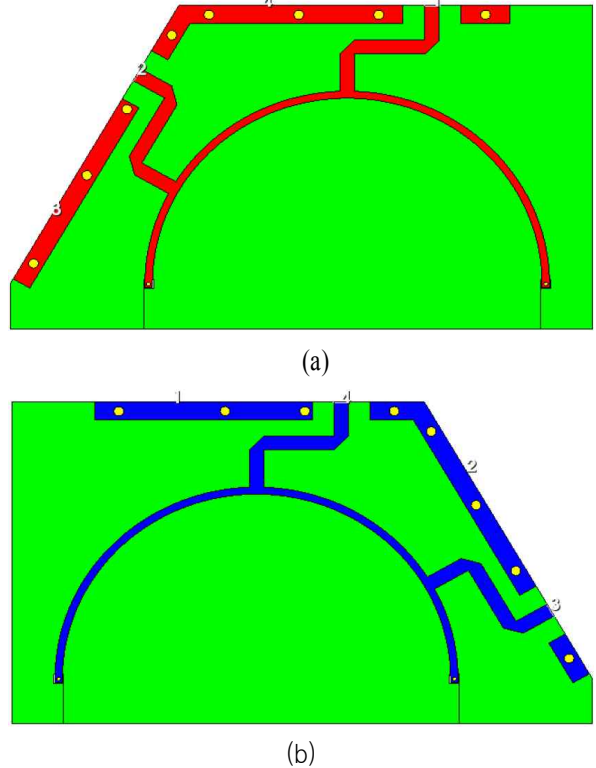


그림 3. 샌드위치 구조의 비아 홀 트랜지션을 이용한 링 하이브리드 결합기 PCB 레이아웃 (a) 앞면 (b) 뒷면
Fig. 3. PCB layout of ring hybrid coupler using via hole transition with sandwich structure (a) front (b) rear.

III. 시뮬레이션 및 실험결과

샌드위치 구조의 비아 홀 트랜지션을 이용한 전송선로의 구현은 비아 홀 지름 $d = 0.4$ mm 그리고 슬롯 $s = 0.3$ mm 일 때가 가장 좋은 특성을 얻었으므로 이것을 이용하여 중심주파수가 2 GHz인 링 하이브리드 결합기를 구현하였다. 여기서는 70.7 Ω 의 $\lambda/4$ 와 $3\lambda/4$ 전송선로를 서로 다른 레이어에 존재하는 $\lambda/8$ 와 $3\lambda/8$ 전송선로 두 개로 구현하였다. 이렇게 구현을 하면 전송선로의 길이를 반으로 줄이는 효과가 있기 때문에 기존 결합기 부품의 크기를 반으로 줄일 수 있는 효과가 있다.

비아 홀 트랜지션을 가진 다층 기판 링 하이브리드 결합기를 구현하기 위해서 중심주파수가 2 GHz에서 시뮬레이션과 제작을 하였다.

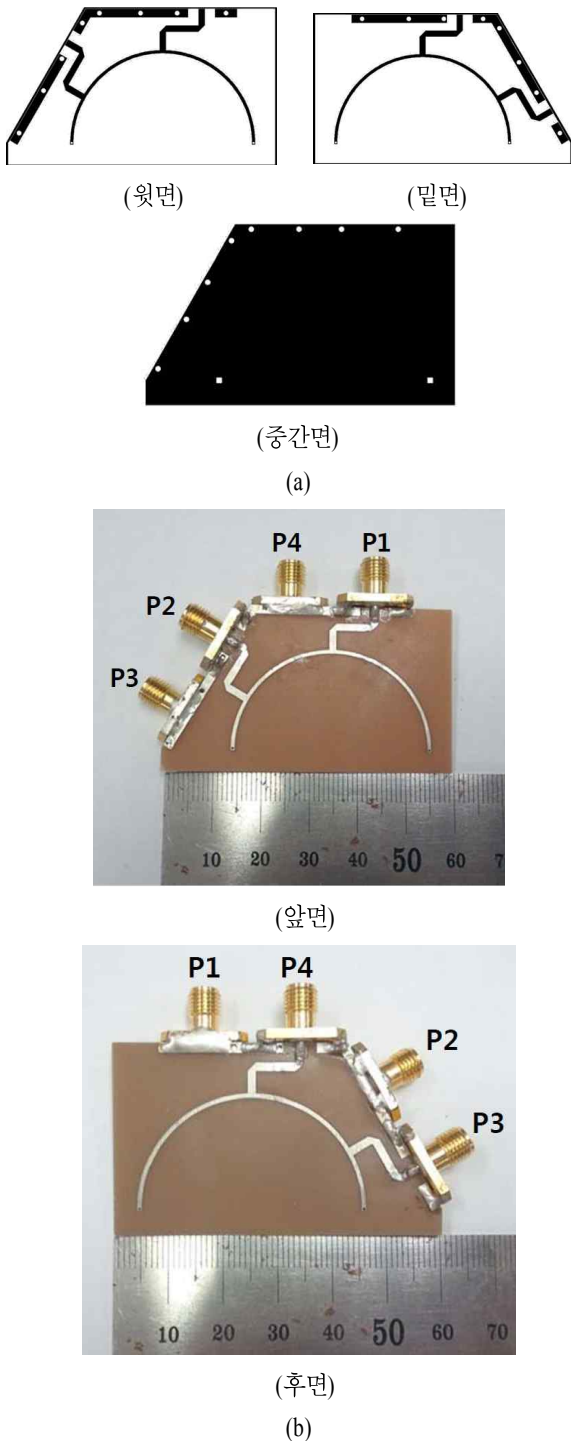


그림 4. 비아 홀을 이용한 다층 레이어 링 하이브리드 결합기 PCB 사진 (a) 윗면, 중간 그리고 밑면 패턴 (b) 제작된 PCB 사진

Fig. 4. Photograph of implemented multi-layer ring hybrid coupler using via hole transition (a) top, middle, and bottom (b) fabricated PCB (front and rear).

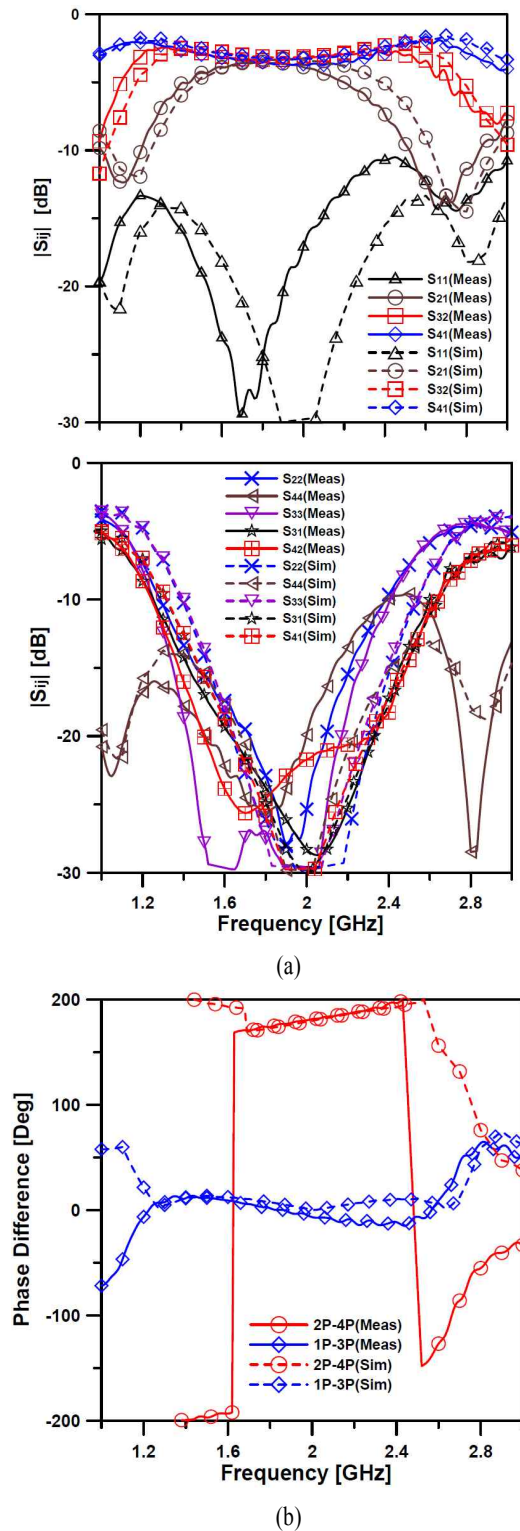


그림 5. 제안한 다층 기판 링 하이브리드 결합기의 시뮬레이션과 측정 결과 (a) S-파라미터 (b) 출력포트 사이의 위상 차이

Fig. 5. Measured and simulated results of proposed multilayer ring hybrid coupler (a) S-parameters (b) phase difference characteristics of output ports.

이때 사용한 PCB는 에폭시이고 유전율 $\epsilon_r = 4.3$, 유전체 두께 $h = 0.787$ mm인 PCB 두 장을 붙여서 구현하였다.

그림 4 (a)는 PCB 제작시 사용된 패턴을 나타낸 것이고, 그림 4(b)는 제작된 다층 기판 링 하이브리드 결합기 사진이다.

이렇게 제작한 PCB를 측정된 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타낸 그래프는 그림 5에 나타내었다. 그림 5(a)로부터 $|S_{21}|$ 은 -3.9 dB, $|S_{41}|$ 은 -3.7 dB 그리고 $|S_{32}|$ 은 -3.3 dB를 나타내고 있으며, 그 값이 일치하지 않은 것은 PCB 손실 또는 제작상의 손실에 의한 것으로 판단된다. 또한 입력포트 1과 포트 3과의 고립도 $|S_{31}|$ 은 -28 dB, 입력포트 2와 포트 4와의 고립도 $|S_{42}|$ 은 -21 dB 그리고 모든 포트의 반사계수 $|S_{ii}|$ 는 -17 dB 이하를 나타내고 있다. 여기서 $i=1,2,3$ 이다. 또한 그림 5(b)는 출력 포트사이의 위상 차이를 나타낸 것인데 포트 2와 포트 4사이에는 180도 위상 차이를 갖고 중심주파수에서 2도 이내의 차이를 나타내고 있으며, 포트 1과 포트 3사이에는 동 위상을 나타내며 중심주파수에서 4도 이내가 됨을 보여주고 있다. 측정된 결과는 비아 트랜지션을 이용하지 않고 구현한 링 하이브리드 결합기와 동일한 특성을 나타내고 있다.

그림 5에서 나타낸 것처럼 측정된 결과와 시뮬레이션 결과가 거의 일치함을 알 수 있으며, 이러한 방법으로 구현하면 크기를 50% 줄일 수 있음을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문은 비아 홀 트랜지션을 이용한 샌드위치 구조의 전송선로를 이용하여 다층 레이어의 컴팩트한 링 하이브리드 결합기를 설계하였다. 여기서 사용한 샌드위치 구조는 긴 전송선로의 길이를 반으로 줄이도록 이용하였으며, 이것을 이용하여 링 하이브리드 결합기의 크기를 약 50% 줄일 수 있음을 확인하였다. 제작된 결합기의 중심주파수 2 GHz에서 삽입 손실은 $|S_{21}|$ 은 -3.9 dB, $|S_{41}|$ 은 -3.7 dB 그리고 $|S_{42}|$ 은 -3.3 dB를 얻었고, 고립도는 -20dB 이상 그리고 반사

계수는 17 dB 이상을 얻었으며, 출력 포트 사이의 위상차이는 4도 이내가 됨을 확인하였다.

이러한 방법을 이용하면 RF 수동소자의 크기를 컴팩트하게 줄여 시스템의 크기를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

Reference

- [1] S. M. Hu, L. Wang, Y.-Z. Xiong, T.G. Lim, B. Zhang, L. J. Shi, and X.J. Yuan, "TSV technology for millimeter-wave and terahertz design and applications," *IEEE Trans. Compon., Packag., Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 12-21, Feb. 2011.
- [2] J.-H. Lee, G. Dejean, S. Sarkar, S. Pinel, K. Lim, J. Papapolymerou, J. Laskar, and M.M. Tentzeris, "Highly integrated millimeter-wave passive components using 3-D LTCC system-on-package (SOP) technology," *IEEE Microw. Theory Tech.*, vol. 53, no. 6, pp. 2012-2021, Jun. 2005.
- [3] M. Abbosh, "Ultra wideband vertical microstrip-microstrip transition," *IEEE Microw. Antenna Propag.*, vol. 1, no. 5, pp. 968-972, Oct. 2007.
- [4] L. Zhu and K. Wu, "Ultra broadband vertical transition for multilayer integrated circuits," *IEEE Micro. Guided Wave Lett.*, vol. 9, no. 11, pp. 453-455, Nov. 1999.
- [5] R. Valois, D. Baillargeat, S. Verdyme, M. Lahti, and T. Jaakola, "High performances of shielded LTCC vertical transitions from DC up to 50 GHz," *IEEE Microw. Theory Tech.*, vol. 53, no. 6, pp. 2026-2032, Jun. 2005.
- [6] F. Casares-Miranda, C. Viereck, C. Camacho-Penaloza, and C. Caloz, "Vertical microstrip transition for multilayer microwave circuits with decoupled passive and active layers," *IEEE Micro. Wireless Compon. Lett.*, vol. 16, no. 7, pp. 401-403, Jul. 2006.
- [7] T. Swierezynski, D. McNamara, and M. Clenet, "Via-walled cavities as vertical transitions in multilayer millimeter-wave circuits," *Electron. Lett.*, vol. 39, no. 25, pp. 1829-1831, Dec. 2003.
- [8] Lafond, M. Himdi, J. Daniel, and N. HaeseRolland, "Microstrip/thick-slot/microstrip transition in millimeter waves," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 34, no. 2, pp. 100-103, Dec. 2003.

김 영 (Young Kim)



1988년 2월: 서강대학교 전자
공학과 (공학석사)
2002년 8월: 서강대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)
1988년 1월 ~ 1993년 5월 :
이즈텔시스템즈(주) 연구소
선임연구원
1993년 6월 ~ 1998년 2월:

삼성전자(주) 정보통신사업본부 선임연구원
1998년 3월 ~ 2003년 2월 : 두원공과대학 정보통신과 조교수
2003년 3월 ~ 현재: 금오공과대학교 전자공학부 부교수
관심분야 : RF 및 Microwave 회로해석 및 설계,
전력 증폭기 및 선형화기 설계

심 석 현 (Seok-Hyun Sim)



2013년 3월 : 금오공과대학교
전자공학부 재학 중
관심분야 : RF 및 Microwave
회로 설계, Metamaterial

윤 영 철 (Young-Chul Yoon)



1978년 2월: 서강대학교 전자공학과
(공학사)
1982년 2월: 서강대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1989년 2월: 서강대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)
1987년 9월 ~ 현재 관동대학교

전자정보통신공학부 교수
관심분야 : RF 및 Microwave 회로설계