



비대칭 개구면 결합 급전을 이용한 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나 설계

홍민철*¹, 이주흔*², 오정택*³, 윤원상**

Design of a Circularly Polarized Aperture Coupled Microstrip Patch Antenna with an Asymmetric Aperture

Min-Cheol Hong*¹, Ju-Heun Lee*², Jeong-Taek Oh*³, and Won-Sang Yoon**

본 연구는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
 (No. NRF-2016R1C1B1013862)

요 약

본 논문에서는 비대칭 구조의 개구면을 적용한 개구면 결합 급전회로를 통하여 원형편파를 생성하는 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 급전선과 개구면이 포함된 접지면을 갖는 하부 기판과 마이크로스트립 패치를 포함하는 상부 기판으로 구성되며, 접지면에 포함된 개구면의 형태를 비대칭 구조를 갖도록 하여 발생하는 축퇴모드에 의해 원형편파가 발생하게 된다. 또한, 상부 기판과 하부 기판 사이에 공기층을 삽입하여 동작 대역폭을 증가시켰다. 제안된 원형 편파 안테나 구조의 검증을 위하여 2.45GHz 대역에서 동작하는 우회전 원형편파 안테나를 설계 및 제작하였으며, 측정 결과 -10dB 임피던스 대역폭 2.41 ~ 2.57GHz, 3dB 축비 대역폭은 2.45 ~ 2.49GHz로 나타났으며, 최대 안테나 이득은 2.47GHz에서 8.37dBi로 나타났다.

Abstract

A circularly polarized(CP) aperture coupled microstrip antenna with an asymmetric aperture is introduced in this paper. The proposed antenna consists of a lower substrate including a feeder line and a ground plane with an aperture and an upper substrate with a patch. Two orthogonal degenerated mode is induced on the patch due to the asymmetric aperture on the ground and air gap between ground plane and upper substrate is utilized to enhance the bandwidth for the proposed antenna. For validation of proposed CP antenna, we design and fabricate the prototype with right handed circular polarization over 2.45GHz band. From the experimental results, the proposed antenna has impedance bandwidth of 160MHz(2.41 ~ 2.57GHz), the CP bandwidths of 40MHz(2.45 ~ 2.49GHz), and the peak gain of 8.37dBi.

Keywords

microstrip patch antenna, circular polarization, aperture coupling, asymmetric aperturing

* 호서대학교 전자디스플레이공학부

- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0002-2351-8967>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0002-2868-6564>

- ORCID³: <https://orcid.org/0000-0003-1829-3174>

** 호서대학교 전자디스플레이공학부(교신저자)

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1125-384X>

· Received: Apr. 06, 2018, Revised: May 03, 2018, Accepted: May 06, 2018

· Corresponding Author: Won-Sang Yoon

Division of Electronics and Display Engineering, Hoseo University

20, Hoseo-ro 79beon-gil, Baebang-eup, Asan-si, Chungcheongnam-do, Korea,

Tel.: +82-41-560-5661, Email: wsoon@hoseo.edu

1. 서 론

최근의 무선 통신 환경은 사물 인터넷 등의 발달로 인해 무선 환경에서 동작하는 센서용 단말의 수가 급증하면서 좁은 주파수 대역이 포화되기 시작하였다. 또한, 센서용 단말들은 그 형상과 용도에 따라 각각의 위치와 자세가 다양한 형태로 놓이게 된다[1]. 따라서 다양한 환경에서 단말의 자세에 구애받지 않으며 통신의 안정성과 주파수 사용효율을 높이기 위한 방안이 요구되고 있다. 무선 통신에 있어 원형 편파는 선형 편파와 다르게 건물 투과성이 좋고 송수신 단말의 방위에 구애받지 않으며 일정한 링크 이득을 유지시킬 수 있다는 장점이 있어 무선 주파수 인식 시스템(RFID)이나 위성 통신 시스템 등의 다양한 무선 통신 시스템에서 이용되고 있다[2]-[4].

한편, 개구면 결합 급전 안테나는 급전선과 안테나 방사체 부분이 공통의 접지면을 사용하여 분리되며, 접지면에 위치한 개구면을 통해 급전이 이루어지게 된다. 따라서, 방사 소자에서 발생하는 누설 방사 전력이 회로에 미치는 영향이 줄어들어 시스템 구현에 있어 장점이 된다. 또한, 가볍고, 제작이 용이하여 프론트-엔드 회로 장치와의 통합이 가능하다는 점과 제작 비용이 적게 든다는 장점을 가지고 있어 무선통신용 안테나로 널리 사용되고 있다 [5][6]. 그러나 일반적인 개구면 결합 급전 안테나는 개구면의 형태가 대칭적인 구조를 가지므로, 선형 편파를 발생시키는 특성을 갖는다[7]-[10].

본 논문에서는 비대칭 개구면을 이용한 급전회로를 적용하여 원형편파 특성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 상부 기판과 하부 기판 사이에 공기층을 삽입시켜 유효 유전율을 낮추어 넓은 대역폭에서 공진이 일어나도록 설계하였다. 본 논문의 2장에서는 원형편파 안테나의 설계를 위한 개구면 구조와 설계 파라미터에 대한 시뮬레이션 결과를 기술하였으며, 3장에서는 제안된 안테나의 프로토타입 제작과 측정 결과를 나타내고, 4장에서 결론을 제시하였다.

II. 안테나 구조 및 설계

제안된 개구면 결합 급전 안테나는 그림 1과 같이 2개의 유전체 기판으로 구성되어 있다. 상부 기판의 상단에는 직사각형 형태의 마이크로스트립 패치가 위치해 있으며, 하부 기판의 상단에는 급전을 위한 개구면을 포함하는 접지면이 위치해 있고 하단에는 마이크로스트립 라인을 이용한 급전 선로로 구성하였다. 일반적으로 급전을 위한 개구면을 대칭적인 형태로 구성하면 상부 기판의 패치에서 선형 편파가 발생하게 된다. 본 논문에서는 개구면의 형태를 비대칭적으로 만들어 패치에 전달되는 전류가 교란되어 degenerate 모드를 형성하였다. 이를 통해 두 개의 수직하는 선형 편파 성분 간의 위상 차이가 90°가 되도록 하여 원형 편파가 발생하게 된다. 또한, 마이크로스트립 안테나에서 기판의 유효 유전율이 낮을수록 동작 대역폭이 넓어지므로, 상부 기판과 하부 기판 사이에 공기층을 추가하여

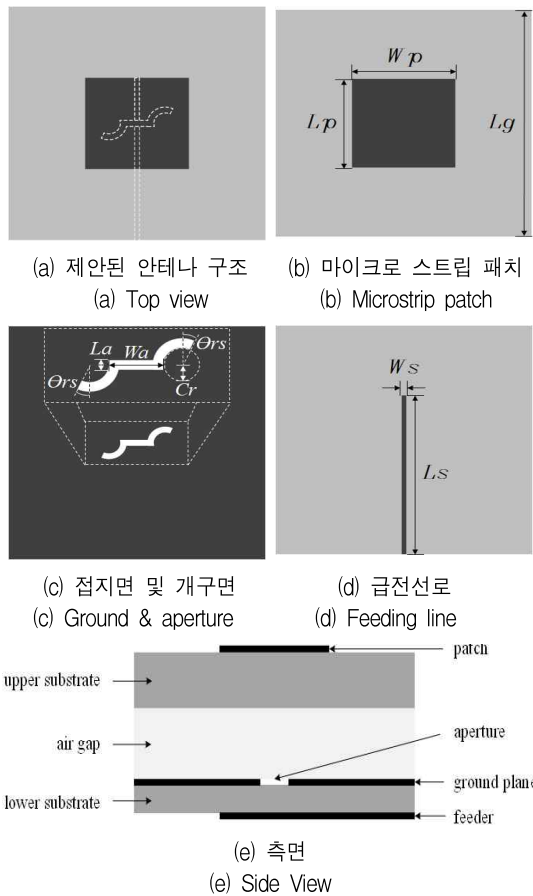
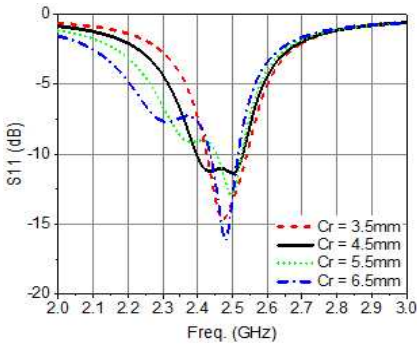


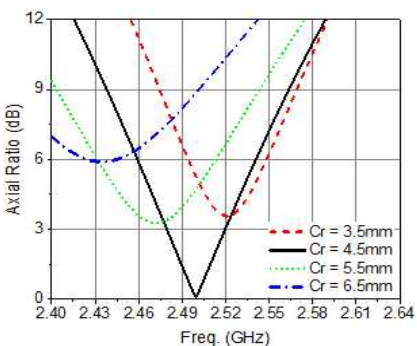
그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. Configuration of the proposed antenna

유효 유전율을 낮추도록 하였다. 제안된 원형 편파 안테나 구조를 ISM 대역인 2.4GHz에 적용하여 설계하였다. 안테나 기판은 유전율 3.5인 Taconic사의 RF-35를 사용하였으며 패치가 놓이는 상부 기판의 두께는 1.6mm이고 개구면과 급전 선로가 놓이는 하부 기판의 두께는 0.8mm를 사용하였으며, 공기층의 두께는 2mm로 설정하였다. 2.4GHz 대역에서 원형 편파의 생성을 원활하게 하기 위하여 패치의 폭 (W_p)과 높이(L_p)를 거의 같은 크기인 $W_p = 40\text{mm}$, $L_p = 39.5\text{mm}$ 로 설정하였다. 급전을 위해 접지면에 개구면을 삽입하였다. 개구면의 중심부의 가로, 세로 길이는 각각 $L_a = 2.5\text{mm}$, $W_a = 13\text{mm}$ 로 설정하였다. 2.4GHz 대역에서 공진이 발생하도록 중심에 놓인 선형 개구면의 측면에 반원 형태의 개구면을 추가하였으며, 추가된 개구면을 비대칭 형태로 구성하여 원형 편파가 생성되도록 하였다.

원형 편파의 생성시 축비 및 반사 손실 대역폭이 추가된 반원형 개구면의 크기에 따라 변화하게 되는데, ANSYS 사의 EM 시뮬레이터인 HFSS를 이용하여 개구면 파라미터의 변화에 따른 반사 손실과 축비의 변화를 확인하여 최적의 파라미터를 도출하였다. 반원형 개구면의 반지름 C_r 의 변화에 따른 반사 손실과 축비를 확인한 결과 그림 2에 나타난 것과 같이 직교하는 선형 편파간의 공진 주파수가 변화하며 $C_r = 4.5\text{mm}$ 일 때 2.5GHz에서 축비가 0.14dB로 최소가 되었으며, 축비가 3dB 이하로 나타나는 축비 대역폭과 임피던스 대역폭이 일치하는 것을 확인할 수 있다. 그림 3은 추가된 반원형 개구면의 중심축으로부터 개구면이 끝나는 지점까지의 각도 θ_{rs} 를 30° 에서 60° 로 변경하여 개구면 형태의 비대칭성을 조정하였을 때의 반사 손실과 축비를 확인한 결과이다.

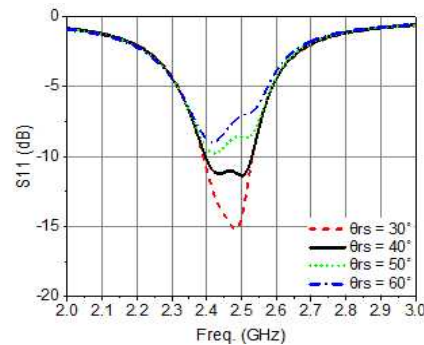


(a) 반사 손실 특성
(a) Return losses

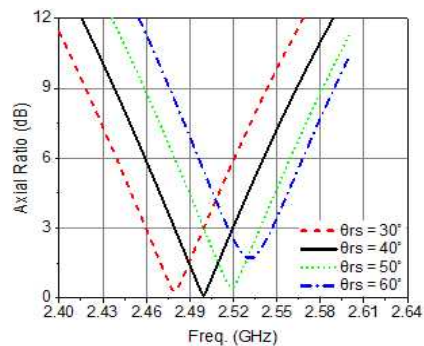


(b) 축비 특성
(b) Axial ratio

그림 2. C_r 값에 따른 안테나 특성 변화
Fig. 2. Effect of C_r on antenna properties



(a) 반사 손실 특성
(a) Return losses



(b) 축비 특성
(b) Axial ratio

그림 3. θ_{rs} 값에 따른 안테나 특성 변화
Fig. 3. Effect of θ_{rs} on antenna properties

임피던스 대역폭은 큰 변화가 없으나 축비의 경우 θ_{rs} 가 40° 일 때 2.5GHz에서 최소 축비 0.14dB를 얻었다. 이를 바탕으로 정리한 안테나 설계 파라미터를 표 1에 나타내었으며, 그 값을 이용하여 설계된 안테나의 패치면에서의 전류 분포 변화를 시뮬레이션하여 그림 4에 나타내었다. 패치로 인가되는 신호의 위상 변화에 따라 패치면에서의 전류의 방향이 반시계 방향으로 회전하여 우회전 원형 편파가 발생한다.

표 1. 제안된 안테나의 설계 변수
Table 1. Design parameters of the proposed antenna

설계 변수	설계 값
L_g	100 mm
W_p	40.4 mm
L_p	39.1 mm
W_s	1.8 mm
L_s	69.5 mm
W_a	13 mm
L_a	2.5 mm
C_r	4.5 mm
C_{rs}	40°

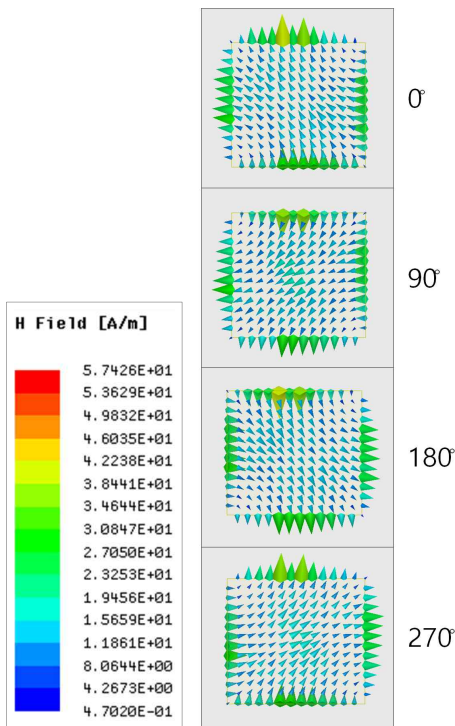
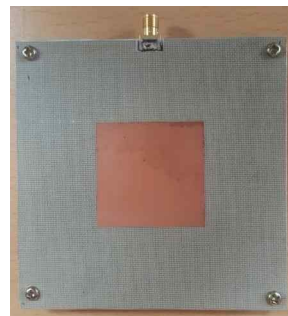


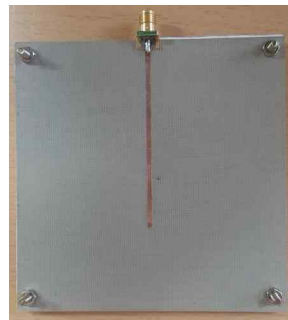
그림 4. 편파 변환에 따른 전류 분포도
Fig. 4. Current distributions of the proposed antenna

III. 안테나 제작 및 측정

설계한 안테나의 제작 결과를 그림 5에 나타내었다. 제작된 안테나는 네트워크 분석기를 이용하여 반사 손실을 측정하였으며, 무반사실을 사용하여 안테나 이득과 방사 패턴을 측정하였다. 그림 6에 제작된 안테나의 임피던스 대역폭, 축비 대역폭, 안테나 이득에 대한 측정 결과를 나타내었다.



(a) 윗면
(a) Top view

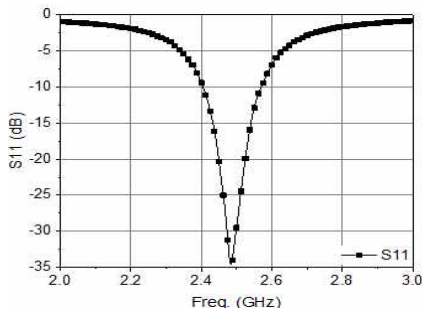


(b) 아랫면
(b) Bottom view

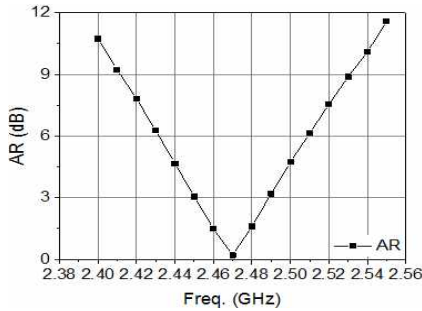


(c) 접지면
(c) Ground

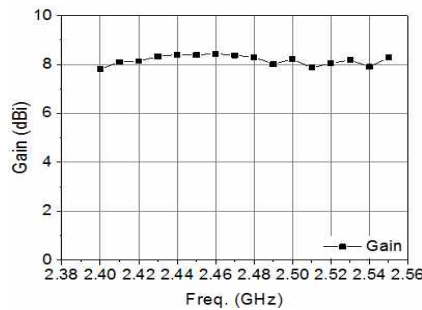
그림 5. 제작된 안테나 사진
Fig. 5. Photo of the proposed antenna



(a) 반사 손실
(a) Return losses



(b) 축비
(b) Axial ratio



(c) 안테나 이득
(c) Gain

그림 6. 제안된 안테나 측정 결과

Fig. 6. Measured results of the proposed antenna

2.41 ~ 2.57GHz에서 10dB 이하의 반사 손실이 측정되어, 임피던스 대역폭은 160MHz로 나타났으며, 3dB 이하의 축비를 갖는 축비 대역폭은 2.45 ~ 2.49GHz로써 40MHz를 가지는 것으로 나타났다. 2.47GHz에서 최소 축비인 0.21dB를 얻었으며, 이때 안테나 이득은 8.37dBi를 나타내었다.

또한, 2.47GHz에서 측정된 선형 회전 방사 패턴을 그림 7에 나타내었으며, 결과와 같이 안테나 주빔 방향에서 축비가 3dB 이하로 원형 편파가 잘 형성되는 것을 확인할 수 있다.

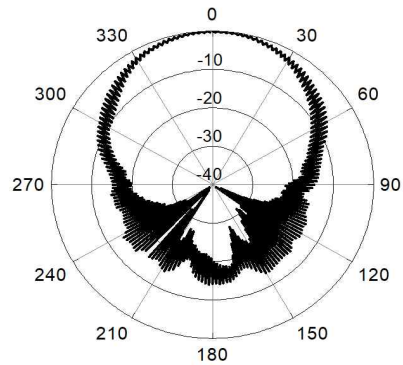


그림 7. 선형 회전 방사 특성 측정 결과

Fig. 7. Measured linearly spinning patterns of the proposed reconfigurable antenna

IV. 결론 및 향후 과제

본 논문을 통해 비대칭 개구면을 이용하여 원형 편파 특성을 갖는 개구면 결합 급전 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나의 경우 급전을 위해 접지면에 위치하는 개구면의 구조를 비대칭적으로 형성시켜 축퇴모드를 형성시켰으며, 직교하는 선형 편파간 위상 차이를 90°로 만들어 원형 편파가 발생하도록 하였다. 또한, 상부기판과 하부기판 사이에 공기층을 삽입하여 동작 대역폭을 증가시켰다. 제안된 구조를 적용하여 2.4GHz 대역에서 사용 가능한 안테나를 설계 및 제작을 하여 우회전 원형 편파가 생성되는 것을 확인하였다. 또한, 비대칭 개구면의 구조를 반대로 구현할 경우 좌회전 원형 편파가 생성할 수 있으며, 이를 바탕으로 편 다이오드 등을 활용하여 안테나 패치의 전류흐름을 재구성하여 원형 편파 변환이 가능할 것으로 판단된다. 제안된 안테나는 IoT용 센서, RFID 리더 시스템 또는 WLAN 소형 기지국 시스템 등의 어플리케이션에 적용 가능할 것으로 판단된다.

References

- [1] G. Linden, B. Smith, and J. York, "Amazon.com recommendations: item-to-item collaborative filtering", IEEE Internet Computing, Vol. 7, No. 1, pp. 76-80, Jan. 2003.
- [2] W. S. Yoon, S. M. Han, J. W. Baik, S. Pyo, J.

Lee, and Y. S. Kim, "Crossed dipole antenna with switchable circular polarisation sense", Electronics Letters, Vol. 45, No. 14, pp. 717-718, Jul. 2009.

[3] M. Boti, L. Dussopt, and J. M. Laheurte, "Circularly polarised antenna with switchable polarisation sense", Electronics Letters, Vol. 36, No. 18, pp. 1518-1519, Aug. 2000.

[4] W. S. Yoon, J. W. Baik, H. S. Lee, S. Pyo, S. M. Han, and Y. S. Kim, "A reconfigurable circularly polarized microstrip antenna with a slotted ground plane", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 9, pp. 1161-1164, Dec. 2010.

[5] H. L. Bak, H. M. Koo, and B. G. Kim, "Effects of the dielectric constant and thickness of a feed substrate on the characteristics of an aperture coupled microstrip patch antenna", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 51, No. 7, pp. 49-59, Jul. 2014.

[6] M. P. Singh, R. Priyadarshi, P. Sharma, and A. Thakur, "Small size rectangular microstrip patch antenna with a cross slot using SIW", 2017 Fourth International Conference on Image Information Processing (ICIIP), pp. 1-4, Dec. 2017.

[5] J. H. KIM, H. M. Koo, and B. G. Kim, "The bandwidth enhancement of an aperture coupled microstrip patch antenna using variation of an aperture width", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 52, No. 1, pp. 48-58, Jan. 2015.

[8] W. S. Yoon, M. C. Hong, and J. H. Lee, "An aperture coupled microstrip array antenna design for X-Band radar applications", Journal of the Korean Institute of Information Technology, Vol. 15, No. 4, pp. 23-29, Apr. 2017.

[9] D. M. Pozar, "Microstrip antenna aperture-coupled to a microstripline", Electronics Letters, Vol. 21, No. 2, pp. 49-50, Jan. 1985.

[10] C. H. Chiu and S. Y. Chen, "A novel broadband aperture-coupled microstrip patch antenna", Proceedings of Asia-Pacific Microwave Conference 2011, pp. 709-712, Dec. 2011.

저자소개

홍민철 (Min-Cheol Hong)



시스템 등

2017년 2월 : 호서대 전자공학과 (공학사)
 2017년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 전자디스플레이공학부(석사과정)
 관심분야 : 초고주파 능동/수동회로, 재구성 안테나 시스템, 초고주파 센서 네트워크

이주흔 (Ju-Heun Lee)



시스템 등

2017년 2월 : 호서대 전자공학과 (공학사)
 2017년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 전자디스플레이공학부(석사과정)
 관심분야 : 초고주파 능동/수동회로, 재구성 안테나 시스템, 초고주파 센서 네트워크

오정택 (Jeong-Taek Oh)



시스템 등

2018년 2월 : 호서대 전자공학과 (공학사)
 2018년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 전자디스플레이공학부(석사과정)
 관심분야 : 초고주파 능동/수동회로, 재구성 안테나 시스템, 초고주파 센서 네트워크

윤원상 (Won-Sang Yoon)



1997년 2월 : 고려대 전파공학과 (공학사)
 1999년 2월 : 고려대 대학원 통신시스템공학과(공학석사)
 2010년 8월 : 고려대 대학원 컴퓨터·전파통신공학과(공학박사)
 1999년 3월 ~ 2015년 8월 : 한화탈레스(現 한화시스템) 통신연구소 전문연구원
 2015년 9월 ~ 현재 : 호서대학교 전자공학과 조교수
 관심분야 : RF/Microwave transceivers, Reconfigurable antenna systems, Wireless sensor systems, RF/Microwave components 등