

스파이럴과 미앤더 구조를 이용한 이중 대역 인쇄형 모노폴 안테나

Dual Band Printed Monopole Antenna Using Spiral and Meander Structure

정세한솔 · 정진우 · 이현진* · 임영석

Saehansol Cheong · Jinwoo Jung · Hyeonjin Lee* · Yeongseog Lim

요 약

본 논문에서는 GPS(1.57~1.577 GHz)와 WiBro(2.3~2.4 GHz), WLAN(2.4~2.48 GHz)에서 동작하는 이중 대역 스파이럴 미앤더 모노폴 인쇄형 안테나를 설계 및 제작하였다. 하모닉 공진 주파수의 전류의 크기와 기본 공진 주파수의 전류의 크기가 다른 모노폴 끝단에 포지티브 커플링이 생기는 스파이럴 구조를 위치하여 기본 공진 주파수와 하모닉 공진 주파수의 주파수 비를 조절하였다. 또한, 선로의 간격을 조절해 커플링 영향 분석으로 주파수 비를 조절하였다. 측정 대역폭은 기본 공진 주파수에서 130 MHz(1.49~1.62 GHz), 3배수 하모닉 공진 주파수에서 330 MHz(2.29~2.62 GHz)로 나타났다. 최대 방사 이득은 GPS(1.575 GHz) 대역에서 2.86 dBi, WiBro (2.35 GHz) 대역에서 3.49 dBi, 그리고 WLAN(2.45 GHz) 대역에서 3.71 dBi로 측정되었다.

Abstract

In this paper, spiral meander monopole printed antenna for dual band operation in GPS(1.57~1.577 GHz) and WiBro(2.3~2.4 GHz), WLAN(2.4~2.48 GHz) is proposed. Spiral(positive coupling) mounted end of monopole(small current) and meander mounted fed of monopole(big current) for reduce frequency ratio. Bandwidth(-10 dB) of the antenna is measured 130 MHz(1.49~1.62 GHz) in basic resonance frequency and 330 MHz(2.29~2.62 GHz) in harmonic resonance frequency(3 $\lambda_H/4$). The peak antenna gains are measured 2.86 dBi in GPS(1.57 GHz), and 3.49 dBi in WiBro(2.35 GHz), and 3.71 dBi in WLAN(2.44 GHz).

Key words : Monopole Antenna, Dual Band, Spiral, Meander, GPS, WiBro, WLAN

I. 서 론

최근 스마트 폰의 보급으로 음성, 문자 서비스뿐만 아니라 Bluetooth, GPS, Wifi, WiBro, 그리고 위성 DMB 등 여러 가지 서비스가 하나의 단말기에서 지원되고 있으며, 한정된 공간 안에 점점 많은 요소가 필요하다.

공간 확보를 위해 안테나의 소형화와 다중 대역 동작의 연구가 활발히 이뤄지고 있다^{[1]~[9]}. 안테나의 대표적인 소형화 기술로는 미앤더 안테나, 스파이럴 안테나, 헬리컬 안테나, Inverted F 안테나, 그리고 최근 많은 연구가 되고 있는 메타 물질 안테나 등이 있다^{[1]~[9]}. 다중 대역 동작을 위한 기술로 기생 소자를 추가하는 방법 커플드 라인을 이용하는 방법 그리고

전남대학교 전자컴퓨터공학과(Department of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National University)

*동강대학 전기전자공학과(Department of Radio Science & Engineering, Dongkang College)

· 논문 번호 : 20110222-018

· 교신저자 : 임영석(e-mail : limys@chonnam.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 6월 3일

가지 구조(branch)를 추가하는 방법 등이 있다^{[9]~[12]}. 본 논문에서는 안테나의 소형화와 이중 공진 특성을 위해 모노폴 타입의 스파이럴과 미앤더 구조를 분석하여 원하는 주파수 비를 나타내는 스파이럴 미앤더 모노폴 안테나를 제안하였다. 스파이럴 미앤더 안테나는 단면 인쇄형 구조로 제작이 용이하고 기생 소자나 가지 구조를 추가한 안테나의 비해 단일 선로 안테나로써 소형화에 유리하다. 접지면의 크기는 개인 휴대 단말기 중 바 타입(bar type)의 크기인 45 mm×70 mm로 고정하였다. 안테나는 접지면과 같은 면에 위치하였다. 그리고 임피던스 정합을 위해 중심으로부터 16.5 mm 떨어진 곳에 안테나를 위치하였다^{[13],[14]}.

II. 제안한 스파이럴 미앤더 안테나

그림 1은 제안된 안테나의 구조이다. 단일 방사체를 갖는 인쇄형 안테나로 유전율 4.2, 두께가 1 mm 인 FR-4 유전체를 사용하였다. 스파이럴 구조와 미앤더 구조를 분석하여 기본 공진 주파수($\lambda_B/4$: λ_B 는 기본 공진 주파수 파장)와 하모닉 공진 주파수($3\lambda_H/4$: λ_H 는 하모닉 공진 주파수 파장)의 주파수 비를 조절하였다.

모노폴 안테나의 기본 공진 주파수와 하모닉 공진 주파수의 전류 분포를 보면 안테나 끝단 전류의 크기가 차이가 난다. 끝단 부분의 전류의 크기는 기본 공진이 일어날 때보다 하모닉 공진이 일어날 때 더 크다. 이를 토대로 포지티브 커플링이 일어나는 스파이럴 구조를 끝단에 위치하고 네거티브 커플링

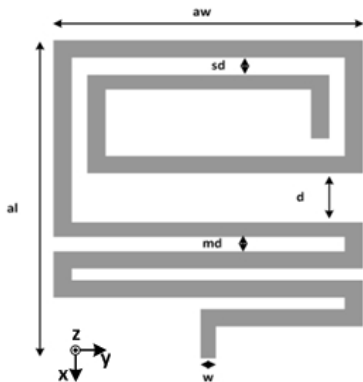


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of propose antenna.

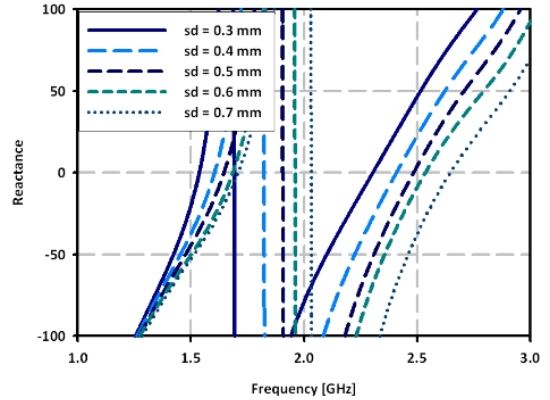


그림 2. sd에 따른 공진 주파수
Fig. 2. Reactance with various sd.

표 1. 제안된 안테나의 구조 변수

Table 1. Geometric values of proposed antenna.

al	aw	sd	md	d	w
9.7 mm	8.9mm	0.5 mm	0.4 mm	1.5 mm	0.5 mm

이 일어나는 미앤더 구조를 급전부에 위치하여 주파수 비를 조절하여 목표로 하는 GPS/WLAN, WiBro에서 이중 대역 동작을 유도하였다. 표 1은 목표 대역에서 동작하기 위한 안테나의 구조 변수 값이다. aw , al , md , d 는 안테나의 기본 공진 주파수를 결정한다. sd 의 간격을 조절해 커플링 영향을 조절할 수 있고, 이는 세밀한 주파수비 조절을 가능하게 한다. 그림 2는 sd 의 간격에 따른 공진 주파수 변화를 보여준다. sd 를 0.3 mm에서 0.7mm까지 0.1 mm 간격으로 살펴본 그래프이다. 주파수비가 1.49에서 1.55로 변화하였다. $sd=0.3$ mm일 때 커플링의 영향이 가장 크게 생기고 주파수 비가 가장 낮을 것을 볼 수 있다.

III. 이중 대역 동작

설계 목표 대역 중 기본 공진 주파수 1.57 GHz에서 동작하는 모노폴 안테나를 설계하여 안테나의 전류 분포 분석하였다. 안테나의 하모닉 공진 주파수는 4.22 GHz이고, 주파수 비는 2.69이다.

그림 3은 안테나의 기본 공진 주파수(1.57 GHz)와 3배수 하모닉 공진 주파수(4.22 GHz)의 전류 분포를 HFSS 시뮬레이션 툴을 이용하여 살펴본 것이다. 기본 공진 주파수와 3배수 하모닉 공진 주파수의 전류

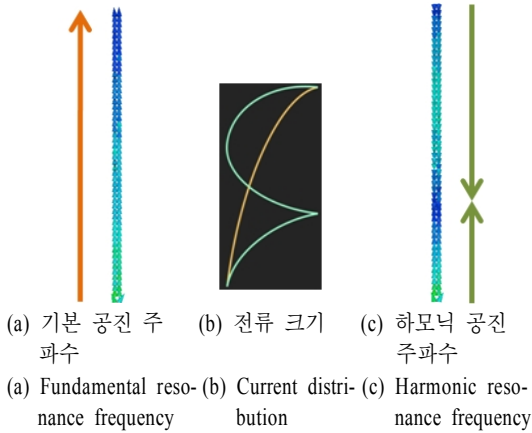


그림 3. 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수와 3배수 하모닉 공진 주파수의 전류 분포

Fig. 3. Current distribution at basic resonance frequency($\lambda_B/4$) and harmonic resonance frequency($3\lambda_H/4$) of monopole antenna.

분포가 다른 것을 볼 수 있다. 기본 공진 주파수에서 전류의 방향이 일정하지만 하모닉 공진 주파수에서는 급전부로부터 $\lambda_H/4$ 부분에서 위상이 바뀌고 $\lambda_H/2$ 에서 전류의 크기가 같은 위치의 기본 공진 주파수의 전류의 크기보다 큰 것을 볼 수 있다. 전류의 크기가 다른 끝단에 포지티브 커플링이 일어나면 전류의 크기가 작은 기본 공진 주파수에서는 커플링 영향을 작게 받고 전류의 크기가 큰 하모닉 공진 주파수에서는 커플링 영향을 크게 받는다. 이는 하모닉 공진 주파수의 전기적 길이를 길어지게 하고, 기본 공진 주파수의 전기적 길이는 거의 변화시키지 않는다.

그림 4는 미앤더 구조와 스파이럴 구조를 이용한 모노폴 안테나의 구조이다. 미앤더 안테나는 각 선로에서 전류의 방향이 달라 네거티브 커플링이 일어난다. 반면, 스파이럴 안테나에서는 전류의 방향이 같아 포지티브 커플링이 일어난다. 두 구조의 커플링 영향이 다름을 이용해 스파이럴 구조를 끝단에 위치하고, 미앤더 구조를 하단에 위치한 안테나를 제안하였다. 끝단 스파이럴 구조의 포지티브 커플링으로 인해 하모닉 주파수의 전기적 길이가 길어져 주파수 비가 작아진다. 표 2는 모노폴 안테나, 미앤더 안테나와 스파이럴 안테나, 그리고 제안된 안테나의 주파수 비이다.

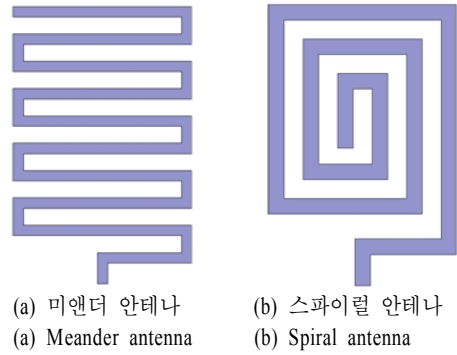


그림 4. 미앤더 안테나와 스파이럴 안테나의 구조
Fig. 4. Meander and spiral antenna.

표 2. 구조에 따른 공진 주파수와 주파수비

Table 2. Simulated resonance frequencies and frequency ratio.

구조	기본 공진 주파수	3배수 하모닉 공진 주파수	주파수 비
모노폴	1.57 GHz	4.22 GHz	2.69
미앤더	1.57 GHz	3.24 GHz	2.06
스파이럴	1.57 GHz	3.33 GHz	2.12
제안된 안테나	1.57 GHz	2.4 GHz	1.53

IV. 임피던스 정합 분석

그림 5는 45 mm×70 mm의 접지면의 구조를 갖는 개인 휴대 단말기 바 타입의 기본 크기에 안테나를 위치한 것이다. 소형 모노폴 안테나는 크기가 작아 낮은 저항으로 인한 임피던스 정합이 어렵다.

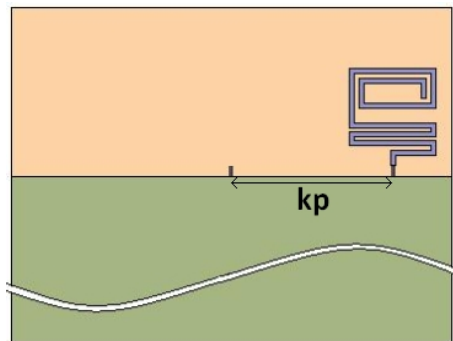


그림 5. 안테나 구조와 급전 위치

Fig. 5. Geometry of propose antenna and various feeding points.

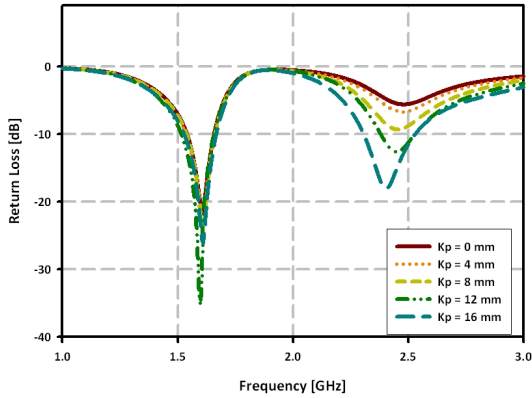


그림 6 급전 위치에 따른 반사 손실 변화
Fig. 6. Return loss with various kp .

수직 접지면에 장착된 모노폴 안테나의 특성 임피던스는 수직 접지면의 면적과 안테나의 급전 위치에 따라 변하게 된다. 안테나의 급전 위치에 따라 수직 접지면의 전류 분포가 달라진다. 그 결과, 안테나의 특성 임피던스 중 저항 성분에 영향을 준다. 이를 이용하여 방사 저항이 작은 소형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선할 수 있다^{[13],[14]}.

그림 6은 안테나의 위치에 따른 반사 손실의 변화이다. kp 는 수직 접지면의 중앙으로부터 안테나의 급전 위치까지의 거리이다. kp 가 증가할수록 안테나의 임피던스 특성이 좋아지는 것을 볼 수 있다.

V. 제작 및 측정

비 유전율 4.2 두께 1 mm인 FR-4 유전체를 이용하여 이중 대역 스파이럴 미앤더 모노폴 안테나를 제작하였다. 안테나의 구조 변수는 그림 1, 표 1과 같고, $kp=16.5$ mm이다.

그림 7은 제작된 안테나의 사진이며, 그림 8은 안테나의 시뮬레이션과 측정된 반사 손실이다. 측정은 Agilent Technology사의 E5071C를 사용하였다. 시뮬레이션 대역폭은 -10 dB 기준으로 기본 공진 주파수 대역에서 130 MHz(1.49~1.62 GHz), 3배수 하모닉 공진 주파수에서 210 MHz(2.29~2.5 GHz)이다. 측정 대역폭은 -10 dB 기준으로 기본 공진 주파수 대역에서 130 MHz(1.49~1.62 GHz), 3배수 하모닉 공진 주파수에서 330 MHz(2.29~2.62 GHz)이다. 이는 GPS(1.57~1.577 GHz)와 WiBro(2.3~2.4 GHz),



그림 7. 제작된 안테나
Fig. 7. Photograph of fabricated antenna.

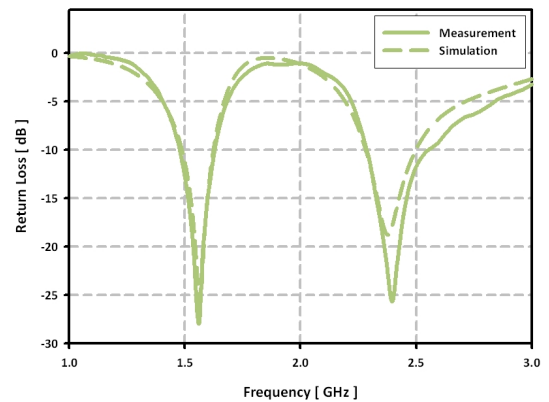


그림 8. 모의 실험과 측정된 반사 손실
Fig. 8. Simulated and measured return loss.

WLAN(2.4~2.485 GHz) 대역을 모두 만족하는 결과이다.

그림 9는 제작된 안테나의 1.575 GHz(GPS), 2.35 GHz(WiBro) 그리고 2.45 GHz(WLAN)에서 측정된 방사 패턴이다. 각 방사 패턴의 H-plane은 전방향 특성을 보여 준다. 측정된 최대 방사 이득은 GPS(1.575 GHz) 대역에서 2.86 dBi, WiBro(2.35 GHz) 대역에서 3.49 dBi, 그리고 WLAN(2.45 GHz) 대역에서 3.71dBi이다. 안테나의 측정된 효율은 GPS(1.575 GHz)에서 49.92 %, WiBro(2.35 GHz)에서 59.8 % 그리고 WLAN(2.45 GHz)에서 61.76 %이다.

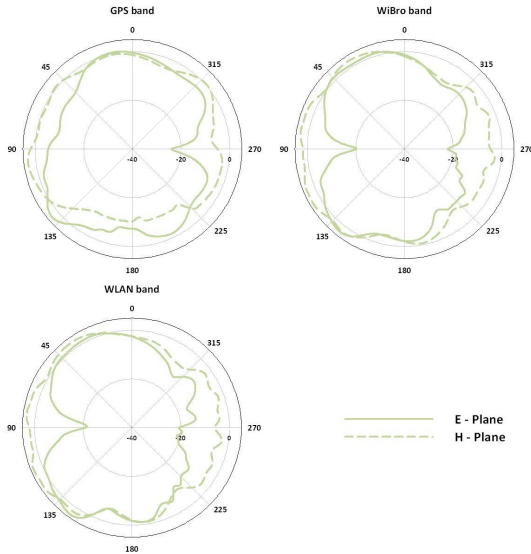


그림 9. 측정된 방사 패턴
Fig. 9. Measured radiation pattern.

VI. 결 론

본 논문에서는 스파이럴 구조와 미앤더 구조를 이용해 GPS와 WiBro, WLAN의 이중 대역에서 동작하는 인쇄형 모노폴 안테나를 제안하였다. 기본 공진 주파수와 하모닉 공진 주파수의 비를 조절하여 원하는 이중 대역 동작을 유도하였다. 스파이럴 구조와 미앤더 구조의 진류 분포에 따른 서로 다른 커플링 영향과 선로 간격을 이용하여 주파수 비를 조절하였다. 제안된 안테나는 $8.9 \text{ mm} \times 9.7 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 의 부피 갖는다. GPS에서 130 MHz와 WiBro, WLAN에서 330 MHz의 대역폭을 갖는다. 그리고 GPS 대역에서 최대 이득은 2.86 dBi, 방사 효율은 49.92 %, WiBro 대역에서 최대 이득은 3.49 dBi, 방사 효율은 59.8 %, WLAN 대역에서 최대 이득은 3.71 dBi, 방사 효율은 62.76 %를 갖는다. 본 논문에서 제안한 구조를 이용하면 임의의 이중 대역 동작 안테나를 쉽게 설계할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] H. D. Chen, "Compact CPW-fed dual-frequency monopole antenna", *Electronics Letters*, vol. 38, no. 25, pp. 1622-1624, 2002.

- [2] Y. Lin, C. Lin, and P. Hall, "A miniature dielectric loaded monopole antenna for 2.4/5 GHz WLAN applications", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 16, no. 11, pp. 591-593, Nov. 2006.
- [3] C. Y. Pan, T. S. Horng, W. S. Chen, and C. H. Huang, "Dual wideband printed monopole antenna for WLAN/WiMax applications", *IEEE Antennas Wireless Propagation Letters*, vol. 6, pp. 149-151, 2007.
- [4] G. Augustin, P. C. Bybi, V. P. Sarin, P. Mohanan, C. K. Aanandan, and K. Vasudevan, "A compact dual-band planar antenna for DCS-1900/PCS/PHS, W-CDMA/IMT-2000, and WLAN applications", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp. 108-111, 2008.
- [5] Truong Khang Nguyen, Byoungchul Kim, Hosung Choo, and Ikmo Park, "Multiband dual spiral strip-line-loaded monopole antenna", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 8, pp. 57-59, 2009.
- [6] H. Nakano, N. Ikeda, Yu-Yuan Wu, R. Suzuki, H. Mimaki, and J. Yamauchi, "Realization of dual-frequency and wide-band VSWR performances using normal-model helical and inverted-F antennas", *IEEE Antennas and Propagation*, vol. 46, no. 6, pp. 788-793, 1998.
- [7] P. Bernardi, M. Cavagnaro, S. Pisa, and E. Piuizzi, "Power absorption and temperature elevations induced in the human head by a dual-band monopole-helix antenna phone", *IEEE Microwave Theory and Techniques*, vol. 49, no. 12, pp. 2539-2546, 2001.
- [8] B. Sun, Q. Liu, and H. Xie, "Compact monopole antenna for GSM/DCS operation of mobile phone handsets", *Electronics Letters*, vol. 39, no. 22, pp. 1562-1563, Oct. 2003.
- [9] 임형준, 이흥민, "결합 미앤더 선로를 이용한 모바일 RFID / PCS / WiBro 삼중 대역 소형 칩 안테나", *한국전자과학회논문지*, 17(2), pp. 178-183, 2006년 2월.
- [10] 정진우, 김경근, 이현진, 임영석, "기생 패치를 이용한 이중 대역 적층형 헬릭스 모노폴 안테나

나 설계", 전자공학회 논문지, 44 TC(1), pp. 155-161, 2007.

- [11] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Modified helix chip antenna for WiBro and WLAN applications", *Electronics Letters*, vol. 44, no. 11, pp. 663-664, 2008.
- [12] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Compact monopole antenna for dual ISM-band (2.4 and 5.8 GHz) operation", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 51, no. 9, pp. 2227-

2229, 2009.

- [13] 정새한솔, 정진우, 임영석, "이중 대역 동작을 위한 변형 스파이럴 모노폴 인쇄형 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 21(9), pp. 933-939, 2010년 9월.
- [14] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Improving impedance characteristics for small monopole antennas", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 51, no. 3, pp. 836-842, 2009.

정 새 한 솔



2009년: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 (공학사)
 2009년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계

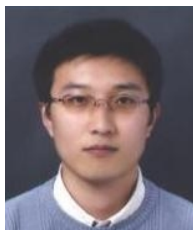
이 현 진



1982년: 조선대학교 전기공학과 (공학사)
 1990년: 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
 1996년: 전남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1997년~1998년: 펜실베이니아 주립 대학 방문교수

1991년~현재: 동강대학 전기전자공학과 교수
 [주 관심분야] 소형안테나 설계 및 해석, E/M 해석

정 진 우



2005년: 전남대학교 정보통신공학부 전자공학전공 (공학사)
 2007년: 전남대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
 2011년: 전남대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계

임 영 석



1980년: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1989년: 전북대학교 전자공학과 (공학박사)

1984년~현재: 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
 [주 관심분야] 전자파 해석, RF 소자 설계, 초고주파 회로 설계