

# IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계

## Design of a Multilayer Ceramic Chip Antenna for IMT-2000 Handset

심성훈\*\*\*\* · 강중윤\* · 박용욱\*\* · 윤석진\* · 윤영중\*\*\* · 김현재\*

Sung-Hun Sim\*\*\*\* · Chong-Yun Kang\* · Yong-Wook Park\*\* ·  
Seok-Jin Yoon\* · Young-Joong Yoon\*\*\* · Hyun-Jai Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 종래 세라믹 칩 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선하기 위해 헬리컬 구조를 갖는 적층형 세라믹 칩 안테나의 인덕턴스가 대역폭 향상에 미치는 영향을 3D 구조 시뮬레이션 결과에 의해 고찰하였다. 적층형 세라믹 칩 안테나를 고주파 구조 시뮬레이터인 HFSS에 의해 설계하였고, LTCC-MLC 공정 기술을 이용하여 유전 특성이  $\epsilon_r=7.8$ ,  $\tan \delta=0.0043$ 인 유전체로 구현하였다. 또한, IMT-2000용 단말기에 적용 가능성을 보기 위해서 그 운용 주파수 (1,920~2,170 GHz)대에 설계된 안테나를 제작하여, 주파수 응답 특성 및 복사 특성을 측정하였다.

### Abstract

A multilayer ceramic chip antenna with helical structure is analyzed to enhance the narrow bandwidth of conventional ceramic chip antennas. The simulations are performed by HFSS to verify the effects of structural parameters on impedance bandwidth. The multilayer ceramic chip antennas consist of a rectangular-parallelepiped ceramic body( $\epsilon_r=7.8$ ,  $\tan \delta=0.0043$ ) and helical conductor patterns are embedded in the ceramic body using LTCC-MLC technology. 3D structure design of the multilayer ceramic chip antenna suitable for IMT-2000 (1,920 ~ 2,170 MHz) handset has been implemented, and experimental results are presented and discussed.

Key words: ceramic chip antenna, helical structure, LTCC-MLC, IMT-2000.

### I. 서 론

전자 산업의 급격한 발전과 정보화 시대의 고속 화로 이동 통신 기기의 사용이 급증하고 있으며, 이동 통신 수요 중에서도 특히 휴대용 단말기가 상업적인 수요와 대중적인 면에 있어서 그 비중이 매우 크다고 할 수 있다. 휴대용 단말기는 휴대·이동이 라는 특수성으로 인해 단말기의 성능 향상 이외에

도 소형화 및 경량화를 크게 요구하므로 가능한 한 모든 RF 부품을 소형화하기 위해 하나의 칩 형태로 제작하여야 한다. 특히, 시스템 마지막 단에서 신호를 송수신하는 안테나의 경우, 종래에 주로 사용되던 휘프(whip) 안테나가 휴대 전화 케이스로부터 돌출되어서 부러지기 쉽고, 불필요한 공간을 차지함에 따라 최근 내장 가능한 세라믹 칩 안테나 및 PIFA (Planar Inverted-F Antenna)에 대한 연구가 활발히

\* 한국과학기술연구원 박막기술연구센터(Thin Film Technology Research Center, KIST)

\*\* 남서울대학교 전자정보통신공학부(Division of Electronics and Information Communication Engineering, Namseoul University)

\*\*\* 연세대학교 전기·전자공학과(Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

· 논문 번호 : 20011129-169

· 수정완료일자 : 2002년 1월 4일

이루어지고 있다.<sup>[11]-[14]</sup> 특히, 세라믹 칩 안테나는 유전체 세라믹을 이용하여 그 전기적 길이를 크게 줄인 안테나로서 PIFA에 비해 그 크기가 매우 작다. 종래 세라믹 칩 안테나는 패턴형과 적층형으로 구분되며, 패턴형 안테나는 그 제작 공정이 적층형보다 복잡하고, 양산성이 낮으며, 안테나 구조 설계도 공간제약적이어서 최근에는 적층형 안테나에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

전 세계적으로 셀룰라 및 PCS 이동 통신 가입자가 폭발적인 증가 추세에 있으며, 또한 차세대 무선 통신 시스템 IMT-2000 서비스 시장도 급격히 성장될 것으로 예상된다. 일반적으로 IMT-2000의 사용 주파수 대역폭은 250 MHz (1,920~2,170 MHz)이며, 단말기용 안테나가 그 요구를 충족시키기 위해서는 임피던스 대역폭이 12.2 % (VSWR<2.0) 이상인 광대역 특성을 가져야 한다.<sup>[5]</sup>

본 논문에서는 적층형 세라믹 칩 안테나의 협대역폭 특성을 개선하기 위해 HFSS(High Frequency Structure Simulator) 시뮬레이션에 의해 헬리컬의 폭, 단위 길이당 나선수, 높이의 구조적인 변수가 안테나의 대역폭 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 적층형 세라믹 칩 안테나는 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) - MLC(Multi-Layer Ceramic) 공정 기술에 의해 표면 실장 가능한 칩(chip) 형태로 설계하였다. 적층형 세라믹 칩 안테나의 IMT-2000 단말기에 응용 가능성을 보기 위해서 그 운용 주파수(1,920~2,170 GHz)대에 맞게 설계된 안테나(2.4×19×1.4 mm<sup>3</sup>)를 제작하여 주파수 응답 특성 및 복사 특성을 측정, 분석하였다.

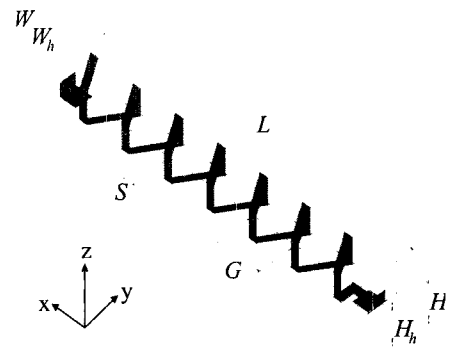
## II. 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계

### 2-1 헬리컬 구조의 적층형 세라믹 칩 안테나

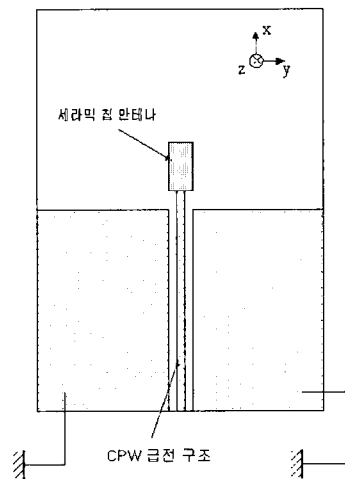
일반적으로 세라믹 칩 안테나는 그 크기가 소형이기 때문에 매우 작은 복사 저항과 그에 비해 높은 리액턴스 값을 가지며, 그로 인해 안테나의 특성 중에서도 효율, 임피던스 매칭, 그리고 주파수 대역폭 특성이 큰 제약을 받는다.<sup>[6]</sup> 이러한 특성을 개선하기 위해서 다양한 안테나 구조가 연구되고 있으며, 그 중에서 헬리컬 안테나는 그 구조가 나선 형태로

감겨져 있기 때문에, 전류가 흐르는 경로는 나선이 펼쳐진 길이에 해당하므로 그 외형상의 길이에 비하여 수십배 이상 증가한다.<sup>[7]</sup>

따라서, 헬리컬 세라믹 칩 안테나는 그 특성상 양호한 복사 저항을 나타내므로, 효율, 임피던스 매칭, 그리고 대역폭 특성을 향상시켜, IMT-2000 단말기용 안테나에 적합한 특성을 갖춘 안테나를 구현할



(a) 적층형 세라믹 칩 안테나의 내부 구조도  
(a) Internal configuration of the multilayer ceramic chip antenna.



(b) CPW 급전 구조에 실장된 적층형 세라믹 칩 안테나  
(b) Multilayer ceramic chip antenna surface-mounted on CPW feeding structure.

그림 1. 헬리컬 구조의 적층형 세라믹 칩 안테나  
Fig. 1. The proposed multilayer ceramic chip antenna with helical structure.

수 있다고 여겨진다.

그림 1(a)는 본 논문에서 분석, 제작한 적층형 세라믹 칩 안테나의 내부 구조로서 나선형 코일을 직육면체( $W \times L \times H$ )의 유전체 세라믹 내부에 구현한 헬리컬 구조를 갖는다. 나선형 코일은 밑면에 평행하게 후막 인쇄된 스트립 선과 각 선로를 연결하기 위해 밑면에 수직으로 형성된 비아 홀로 이루어져 있다. 또한, 헬리컬 도체의 한 쪽 끝단은 회로기판 상에 표면 장착 가능하도록 세라믹 칩 본체의 표면으로 돌출되어 있고, 신호를 인가하기 위한 신호 공급용 단자가 형성되어 있다. 그림 1(b)는 칩 안테나의 실제 응용 가능성을 살펴보기 위해 안테나를 CPW 급전 상에 표면 실장한 전체 안테나의 구조도이다.

### 2-2 입력 임피던스와 대역폭

안테나의 입력 임피던스  $Z_A$ 는 식 (1)과 같이 입력 저항  $R_A$ 와 입력 리액턴스  $X_A$ 로 구성되며, 앞서 2.1 절에서 언급한 것처럼 세라믹 칩 안테나는 기본적으로 입력 저항  $R_A$ 에 비해 높은 리액턴스  $X_A$ 를 가지므로 식 (2)에서처럼 높은  $Q$  값을 가지게 된다. 안테나의  $Q$ 와 대역폭은 식 (3)처럼 반비례하므로 세라믹 칩 안테나는 협대역 특성을 보인다.

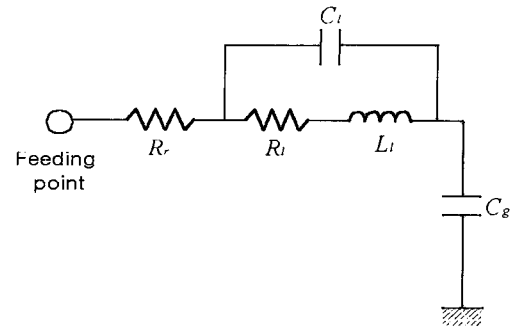
$$Z_A = R_A + j X_A \quad (1)$$

$$Q = 2\pi f \frac{\text{peak energy stored}}{\text{average power radiated}} = \frac{X_A}{R_A} \quad (2)$$

$$Q = \frac{f_r}{\Delta f} \quad (3)$$

$Z_A$ : 입력 임피던스	$Q$ : 품질계수
$R_A$ : 입력 저항	$f_r$ : 공진주파수
$X_A$ : 입력 리액턴스	$\Delta f$ : 주파수대역폭

이러한 소형 세라믹 칩 안테나의 협대역 특성을 향상시키기 위해서는 안테나의 리액턴스 값( $X_A$ )을 감소시키거나 입력 저항( $R_A$ )을 증가시켜야 한다. 본 논문에서는 세라믹 칩 안테나의 협대역폭을 향상시키기 위해서 안테나 구조를 양호한 복사 저항을 가지는 헬리컬 형태로 설계하였다. 헬리컬 안테나의 복사 저항은 안테나의 길이가 한 파장 정도까지 증가하는 동안 증가된 길이의 제곱에 비례하여 커지는 특성이 있지만, 안테나의 길이가 그 한계 이상으로 증가되면 오히려 감소되기 때문에 헬리컬 안테



- $R_r$  : 안테나의 복사 저항
- $C_i$  : 헬리컬 도체 내의 캐패시턴스
- $R_i$  : 헬리컬 도체 내의 손실 저항
- $L_i$  : 헬리컬 도체 내의 인덕턴스
- $C_g$  : 헬리컬 도체와 접지 사이의 결합량

그림 2. 적층형 세라믹 칩 안테나의 등가 회로  
Fig. 2. Equivalent circuit of the multilayer ceramic chip antenna.

나의 나선의 회전수, 회전 반경 등은 무한히 증가시킬 수는 없고 적절히 조절되어야 한다.

그림 2는 헬리컬 구조의 적층형 세라믹 안테나의 등가회로를 나타낸 것이다. 헬리컬 구조를 갖는 적층형 세라믹 칩 안테나의 리액턴스 값은 헬리컬 도체 내의 인덕턴스( $L_i$ )에 의해 크게 좌우된다. 따라서, 헬리컬 안테나의 인덕턴스를 조절함으로써 대역폭 특성을 크게 향상시킬 수 있다. 세라믹 칩 안테나의 리액턴스를 감소시키기 위해서는 그림 1에서 헬리컬 도체의 폭( $W_h$ ), 단위길이당 나선수  $n$ , 높이( $H_h$ )을 감소시키면 된다.<sup>[8]</sup> 고주파 구조 시뮬레이션에 의해 헬리컬 도체의 인덕턴스 값에 따른 대역폭 특성을 고찰하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 3-1 구조 시뮬레이션

본 논문에서는 헬리컬 도체의 인덕턴스 값에 따른 적층형 세라믹 칩 안테나의 대역폭 특성을 고찰하기 위해서 HFSS를 이용하여 헬리컬 도체의 폭( $W_h$ ), 단위 길이당 나선 수  $n$ , 높이( $H_h$ ) 등의 변화에 따라 3D 구조 시뮬레이션을 하였다.

그림 3은 헬리컬 도체의 폭( $W_h$ )에 따른 시뮬레이

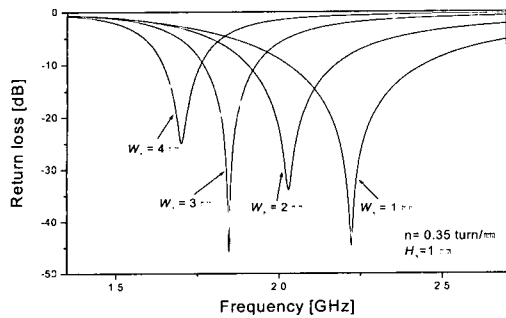


그림 3. 헬리컬 도체의 폭에 따른 시뮬레이션 결과  
Fig. 3. The simulated results according to the width of the helical conductor.

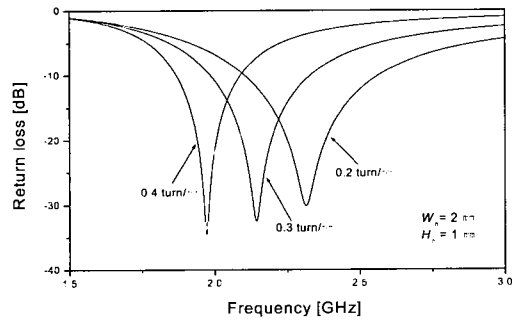


그림 4. 단위 길이당 나선 수에 따른 시뮬레이션 결과  
Fig. 4. The simulated results according to the number of helix per the unit length.

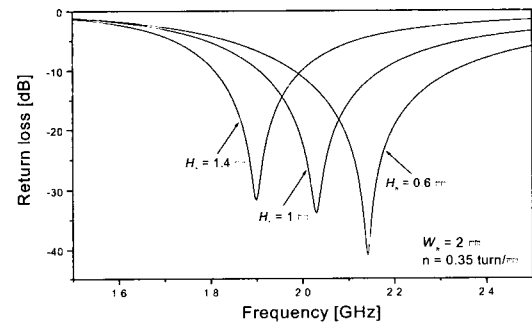


그림 5. 헬리컬 도체의 높이에 따른 시뮬레이션 결과  
Fig. 5. The simulated results according to the height of the helical conductor.

선 결과를 나타낸 것이다. 헬리컬 도체의 폭이 감소함에 따라 헬리컬 도체의 총 길이가 감소하므로 안테나의 공진 주파수는 증가하며, 헬리컬 도체의 인

표 1. IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 파라미터

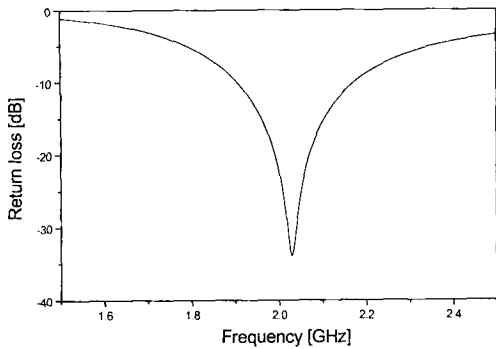
Table 1. Parameters of the multilayer ceramic chip antenna for IMT-2000 handset

Dielectric Properties	$\epsilon_r = 7.8, \tan\delta = 0.0043$ (Dupont 951 AT)	
Electrode	Ag (Internal electrode) Ag/Pd (Solderable electrode)	
Helical Structure	$G$	2.6 mm
	$S$	0.5 mm
	$W_h$	2 mm
	$H_h$	1 mm
	$n$	0.35 turn/mm
Ceramic Body	$W$	2.4 mm
	$H$	1.4 mm
	$L$	19 mm

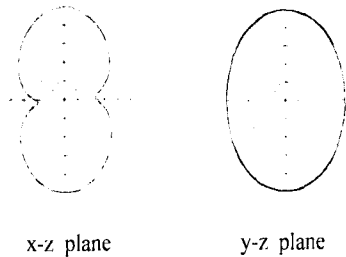
덕턴스( $L$ )는 감소한다. 따라서, 식 (2), 식 (3)에 의해 안테나의 대역폭이 증가하게 된다. 시뮬레이션 결과에서 안테나의 대역폭(VSWR<2.0)은  $W_h = 4\text{mm}$ 일 때 7.0%였으며,  $W_h = 1\text{mm}$ 일 때는 19.4%로 증가하였다. 그림 4는 단위 길이당 나선 수  $n$ 에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 안테나의 대역폭은  $n = 0.4 \text{ turn/mm}$ 일 때 11.3%였으며,  $n = 0.2 \text{ turn/mm}$ 일 때는 20.4%로 나선 수  $n$ 이 감소함에 따라 대역폭은 증가하였다. 그림 5는 헬리컬 도체의 높이( $H_h$ )에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 안테나의 대역폭은  $H_h = 1.4\text{mm}$ 일 때 10.3%였으며,  $H_h = 0.6 \text{ mm}$ 일 때는 16.9%로 높이가 감소함에 따라 증가하였다. 즉, 대역폭은 헬리컬 도체의 폭( $W_h$ ), 단위 길이당 나선 수( $n$ ), 높이( $H_h$ )가 감소함에 따라 인덕턴스 값이 감소하여 증가함을 알 수 있다.

구조 시뮬레이션 결과를 이용하여 IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나를 설계하였다. 표 1은 IMT-2000 단말기용 세라믹 칩 안테나 설계 및 제작시 이용된 유전체의 유전 특성, 전극 및 안테나의 치수를 나타낸 것이다.

그림 6은 IMT-2000 단말기용으로 설계된 적층형 세라믹 칩 안테나의 시뮬레이션 결과이다. 그림 6(a)는 주파수 응답 특성을 나타낸 것이며, 중심 주파수는 2.04 GHz, 대역폭(VSWR<2.0)은 272 MHz였



(a) 주파수 응답 특성  
(a) Frequency response characteristic.



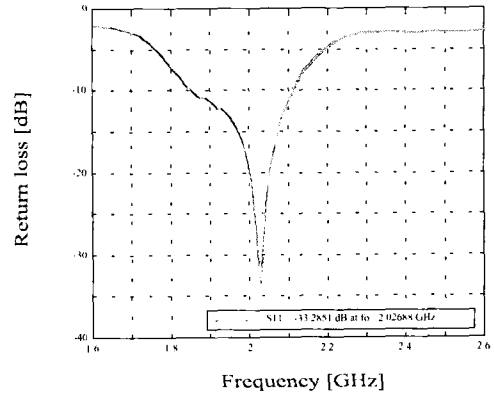
(b) 복사 특성  
(b) Radiation pattern.

그림 6. IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 시뮬레이션 결과  
Fig. 6. The simulated results of the multilayer ceramic chip antenna for IMT-2000 handset.

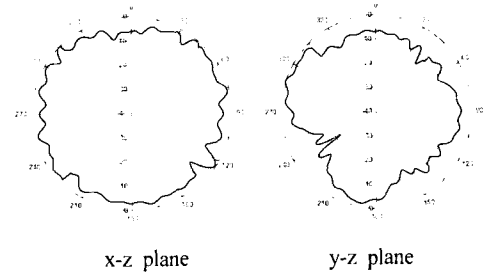
다. 그림 6 (b)는 안테나의 복사 특성이며,  $\lambda/4$  모노폴 안테나와 유사한 x-z면에서 8자형, y-z면에서 무지향성 특성을 나타내었다.

### 3-2 측정 결과

본 논문에서는 IMT-2000 단말기용으로 설계된 적층형 세라믹 칩 안테나를 구현하기 위해 LTCC-MLC 공정을 사용한다. 이때 사용된 유전체 후막은  $\epsilon_r = 7.8$ ,  $\tan \delta = 0.0043$ 의 특성을 갖는 Dupont사의 951 AT 그린 시트이다. 그림 7 (a)는 network analyzer (HP 8722D)에 의해 측정된 적층형 세라믹 칩 안테나의 주파수 응답 특성이다. 중심 주파수는 2.012 GHz, 대역폭은 256 MHz였으며, 시뮬레이션 결과와 거의 유사한 결과를 보였다. 그림 7 (b)는 안



(a) 주파수 응답 특성  
(a) Frequency response characteristic.



(b) 복사 특성  
(b) Radiation pattern.

그림 7. IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 측정 결과  
Fig. 7. The measured results of the multilayer ceramic chip antenna for IMT-2000 handset.

테나의 측정된 복사 특성을 나타낸 것이다. y-z면의 복사 패턴은 약간의 리플 현상은 있지만, 시뮬레이션 결과와 유사하게 무지향 특성을 보였다. x-z면의 복사 패턴은 시뮬레이션 결과와는 다소 차이가 있었다. y-z면의 복사 패턴에서 최대 이득은 약 3.4 dBi를 보였다.

## IV. 결 론

본 논문에서는 헬리컬 구조를 갖는 적층형 세라믹 칩 안테나의 인덕턴스가 안테나의 대역폭 향상에 미치는 영향을 3D 구조 시뮬레이션에 의해 고찰하였다. 즉, 헬리컬 도체의 폭( $W_h$ ), 단위 길이당 나선수  $n$ , 높이( $H_h$ ) 등의 변화에 따른 대역폭의 변화

를 살펴보았다. 시뮬레이션 결과, 헬리컬 도체의 폭 ( $W_h$ ), 단위 길이당 나선수  $n$ , 높이( $H_h$ ) 등이 감소함에 따라 인덕턴스가 감소하므로, 안테나의 대역폭이 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 경향을 근거로 IMT-2000 단말기용 안테나를 설계 및 제작하였다. 주파수 응답 측정 결과는 중심 주파수 2.012 GHz, 대역폭 256 MHz를 얻었다. 이는 IMT-2000 단말기용 안테나가 요구하는 사양에 만족하는 결과였으며, y-z 면의 복사 특성은 무지향성을 나타내었고, 이때 최대 이득은 3.4 dBi이었다.

### 참 고 문 헌

[1] Y. Dakeya, T. Suesada, K. Asakura, N. Nakajima, and H. Mandai, "Chip Multilayer Antenna for 2.45GHz-Band Application Using LTCC Technology", *IEEE MTT-s Digest*, pp. 1693-1696, 2000.  
 [2] 이종환, 우종명, 김현학, 김경용, "PCS용 표면실장형 칩 안테나 설계," 한국전자파학회논문지,

11권 1호, pp. 55-62, 2000.  
 [3] P. K. Panayi, M. O. Al-Nuaimi, and I. P. Ivrissimtzis, "Tuning techniques for planar inverted-F antenna", *Electron. Lett.*, vol. 37, pp. 1003-1004, 2001.  
 [4] P. Salonen and M. Keskilammi, "Novel dual-band planar inverted-F antenna", *Microwave Conference, 2000 Asia-Pacific*, pp. 706-710, 2000.  
 [5] Y. Wang and C. K. Lee, "Small Broadband Microstrip Patch Antenna for IMT-2000 Handsets", *Radio and Wireless Conference, RAWCON 2000. IEEE*, pp. 187-190, 2000.  
 [6] K. Fujimoto et al, *Small Antennas*, Research Press Ltd., 1987.  
 [7] John D. Kraus, *ANTENNAS*, pp. 173-216, McGraw Hill, 1984.  
 [8] Brian C. Wadell, *Transmission Line Design Handbook*, Artech House, Inc., 1991.

### 심 성 훈



1997년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)  
 1999년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)  
 1999년 3월~현재: 연세대학교 전기·전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] 소형 안테나, 전자 재료,

RF MEMS

### 강 종 윤



1993년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)  
 1995년 8월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)  
 2000년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)  
 2000년 4월~현재: KIST 박막기술

연구센터 연구원

[주 관심분야] 유전체 필터 및 듀플렉서, RF MEMS, 소형 안테나

박 용 욱



1989년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)  
1991년 8월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)  
1999년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)  
2000년 9월 ~ 현재: 남서울대학교

전자정보통신공학부 교수

[주 관심분야] SAW 디바이스, FBAR, RF MEMS

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1991년 2월: Georgia Institute of Technology (공학박사)  
1992년 3월 ~ 현재: 연세대학교

기계·전자공학부 교수

[주 관심분야] 마이크로파, 안테나, 전파전파, 고온 초전도, EMI/EMC

윤 석 진



1983년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)  
1985년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)  
1992년 3월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)  
1988년 3월 ~ 현재: KIST 박막기술

연구센터 책임연구원

[주 관심분야] RF MEMS, 전자 재료, 초소형 통신 부품

김 현 재



1975년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)  
1977년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)  
1985년 8월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)  
1984년 3월 ~ 현재: KIST 박막기술

연구센터 책임연구원

[주 관심분야] 이동 통신용 소재, 전자 세라믹스, RFIC