

논문 2008-45SD-6-2

# UHF RFID 응용을 위한 NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기의 설계 및 해석

( Design and Analysis of a NMOS Gate Cross-connected  
Current-mirror Type Bridge Rectifier for UHF RFID Applications )

박 광 민\*

( Kwangmin Park )

## 요 약

본 논문에서는 UHF RFID 응용을 위한 새로운 NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기를 제시하였다. 제시된 정류기의 직류 변환 특성은 고주파 등가회로를 이용하여 해석하였으며, 주파수 증가에 따른 게이트 누설전류를 회로적인 방법으로 줄일 수 있는 게이트 커패시턴스 감소 기법을 이론적으로 제시하였다. 구해진 결과, 제안한 정류기는 기존의 게이트 교차연결형 정류기와 거의 같은 직류 출력전압 특성을 보이면서도, 게이트 누설전류가 1/4 이하로 감소하고, 부하저항에서의 소비 전력도 30% 이상 감소하며, 부하저항의 변화에 대해 보다 안정적인 직류전압을 공급함을 알 수 있었다. 또한 제안한 정류기는 13.56MHz의 HF(for ISO 18000-3)부터 915MHz의 UHF(for ISO 18000-6) 및 2.45GHz의 마이크로파 대역 (for ISO 18000-4)까지의 전 주파수 범위에 대해 충분히 높고 잘 정류된 직류 변환 특성을 보여 특정 주파수 대역을 사용하는 다양한 RFID 시스템의 트랜스폰더 칩 구동을 위한 범용 정류기로 사용될 수 있다.

## Abstract

In this paper, a new NMOS gate cross-connected current-mirror type bridge rectifier for UHF RFID applications is presented. The DC converting characteristics of the proposed rectifier are analyzed with the high frequency equivalent circuit and the gate capacitance reduction technique for reducing the gate leakage current due to the increasing of operating frequency is also proposed theoretically by circuitry method. As the results, the proposed rectifier shows nearly same DC output voltages as the existing NMOS gate cross-connected rectifier, but it shows the gate leakage current reduced to less than 1/4 and the power consumption reduced more than 30% at the load resistor, and it shows more stable DC supply voltages for the variance of load resistance. In addition, the proposed rectifier shows high enough and well-rectified DC voltages for the frequency range of 13.56MHz HF(for ISO 18000-3), 915MHz UHF(for ISO 18000-6), and 2.45 GHz microwave(for ISO 18000-4). Therefore, the proposed rectifier can be used as a general purpose one to drive RFID transponder chips on various RFID systems which use specified frequencies.

**Keywords :** UHF, RFID, rectifier, gate leakage current, gate capacitance reduction technique

## I. 서 론

최근 CMOS 기술이 서브마이크론 영역을 넘어 나노 영역까지 진보됨에 따라 시스템 전체를 단일 칩 내에 집적하기 위한 SoC의 개발이 다양한 응용분야에서 활

발히 진행되고 있다. 그 중 RF에 기반을 둔 IT 응용분야에서 RF CMOS 기술은 단일 칩 RF 시스템 IC의 구현을 위해 가장 중요한 기술이 되고 있다<sup>[1~2]</sup>. 또한 CMOS 기술은 최근 보안, 물류, 재고관리, 교통카드 및 고속도로 하이패스 시스템 등 많은 제조, 유통, 의료 및 서비스 산업 분야에서 보편화되고 있는 유비쿼터스 환경의 구축을 위한 자동 인식(Auto-ID) 시스템 분야에 있어서도 핵심적인 기술이 되고 있다<sup>[3~8]</sup>.

특히, 일정한 주파수 대역을 이용하여 데이터 전송 매

\* 평생회원, 순천향대학교 전기전자공학과  
(Department of Electrical and Electronic  
Engineering, Soonchunhyang University)  
접수일자: 2008년1월14일, 수정완료일: 2008년5월19일

체와 리더 상호 간에 비접촉 방식으로 필요한 전력을 공급하고 데이터를 교환할 수 있는 RFID는 유비쿼터스 환경의 구축을 위한 자동 인식 시스템에 가장 적합한 것으로 인식되고 있다<sup>[4,9]</sup>.

RFID 시스템은 기본적으로 트랜스폰더(또는 RF 태그)와 리더 그리고 호스트 컴퓨터로 구성된다. 데이터 저장 및 운반 장치인 트랜스폰더는 안테나와 저전력 마이크로 칩으로 구성되며, 리더로부터 무선으로 공급된 전력으로 내장된 마이크로 칩을 구동시켜 비접촉 방식으로 리더와 데이터를 주고받게 된다. 트랜스폰더에 내장된 마이크로 칩은 리더가 공급한 RF 신호를 정류하여 칩 구동에 필요한 직류전압을 생성하는 정류기의 출력전압에 의해 구동된다. 직류전압 생성을 위한 정류기는 RFID 또는 비접촉식 스마트 카드의 RF 인터페이스 회로에 있어서 핵심이 되는 부분으로, 내장된 마이크로 칩의 원활한 구동을 위해 쇼트키 다이오드형, 단순 NMOS형, 단순 PMOS형, NMOS 게이트 교차연결형, PMOS 게이트 교차연결형, PMOS와 NMOS 게이트 교차연결형, CMOS 브리지형 등 다양한 형태로 개발되어 왔다<sup>[10~12]</sup>.

그 중에서 NMOS 게이트 교차연결형은 유효한 직류 출력전압을 얻기 위해 요구되는 최소 입력전압이 상당히 낮고, 변환된 직류 출력전압이 다른 구조에 비해 비교적 높다는 장점 때문에 많은 관심을 받아 왔다. 그러나 기존의 정류기들은 주파수가 증가하면 게이트 커패시턴스를 통한 누설전류가 증가하게 되어 UHF 대역 이상의 주파수 대역에서는 사용하기가 곤란하였다.

한편, RFID 시스템은 용도에 따라 13.56MHz의 HF(for ISO 18000-3), 915MHz의 UHF(for ISO 18000-6), 및 2.45 GHz의 마이크로파 대역(for ISO 18000-4) 등 특정 주파수를 사용하는 다양한 시스템으로 개발되고 있어, 트랜스폰더(또는 태그)의 저가격화를 위해서는 트랜스폰더에 내장되는 다양한 마이크로 칩의 종류에 관계없이 전 주파수 범위에 대해 잘 정류되고, 보다 안정적인 직류 전압을 공급할 수 있는 범용 정류기의 개발이 매우 중요하게 되었다<sup>[8]</sup>.

따라서 본 논문에서는 주파수 증가에 따른 게이트 누설전류를 효과적으로 감소시켜 HF부터 마이크로파까지의 전 주파수 범위에 대해 RFID 트랜스폰더에 내장된 마이크로 칩을 구동하기에 충분히 높고, 부하저항의 변화에 대해 보다 안정적인 직류전압을 공급할 수 있는 새로운 NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기를 제시한다. 또한 제시된 정류기와 기존의 NMOS

게이트 교차연결형 정류기의 특성을 각각의 고주파 등가회로를 이용하여 해석하고 비교함으로써, 주파수 증가에 따른 게이트 누설전류를 회로적으로 감소시킬 수 있는 방법을 이론적으로 제시한다.

## II. NMOS 브리지 정류기

### 1. 기존 NMOS 게이트 교차연결형 브리지 정류기

기존의 NMOS 게이트 교차연결형 브리지 정류기는 다음 그림 1에, 이에 대한 (+) 반주기 동안의 고주파 등가회로는 다음 그림 2에 각각 나타내었다.

그림 2의 고주파 등가회로에 마디해석법을 적용하여 출력전압을 구하면 다음 식(1)로 나타내어진다.

$$v_o = \frac{g_{m1} + g_{o1}}{g_L + (1 + \frac{g_L}{g_8})g_{o1}} v_s \tag{1}$$

여기서  $g_8 = sC_{gs8} + g_{m8} + g_{o8}$ ,  $C_{gs}$ 는 NMOS의 게이트-소스 커패시턴스,  $g_m$ 은 트랜스컨덕턴스,  $g_o$ 는 출력컨덕턴스,  $g_L (= sC_L + \frac{1}{R_L})$ 은 부하 컨덕턴스이며,

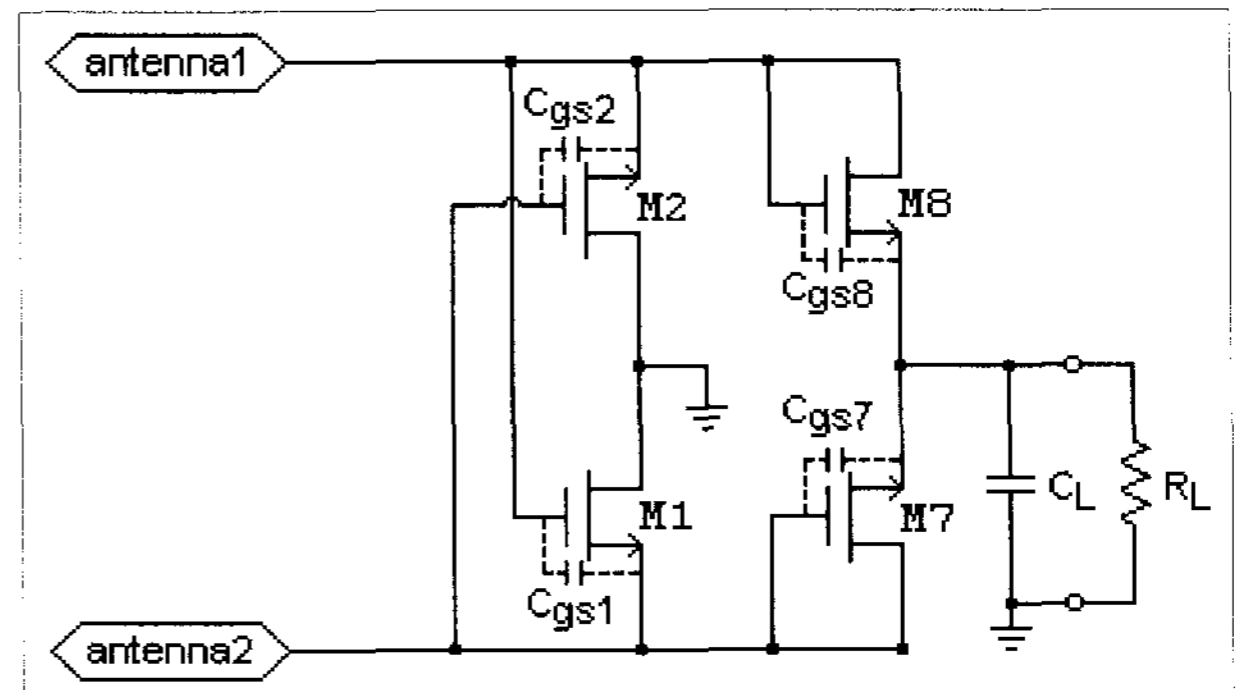


그림 1. 기존 NMOS 게이트 교차연결형 브리지 정류기  
Fig. 1. NMOS Gate cross-connected Bridge rectifier.

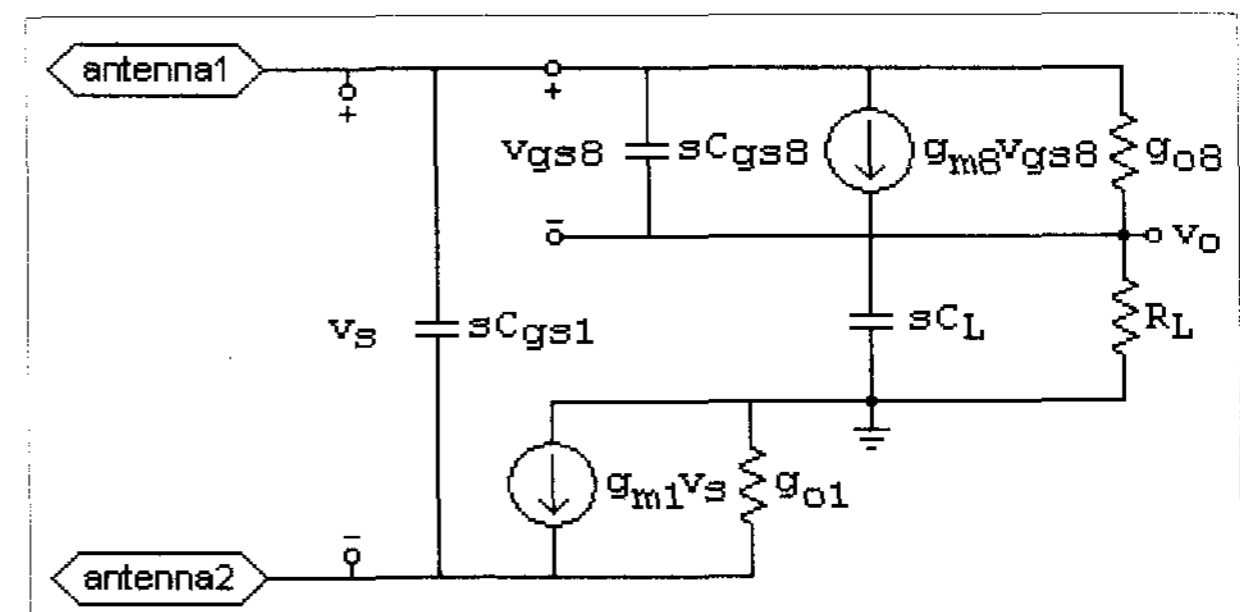


그림 2. (+) 반주기 동안의 고주파 등가회로  
Fig. 2. High frequency equivalent circuit for (+) half period.

해석을 단순화하기 위해 게이트-드레인 커패시턴스 및 기타 커패시턴스 성분은 포함하지 않았다. 식(1)에서 만약  $g_{o1} \approx 0$ 이면, 출력전압  $v_o$ 는 다음 식(2)와 같이 단순화된다.

$$v_o \approx \frac{g_{m1}}{g_L} v_s \quad (2)$$

따라서 정류기 출력전압은 입력전압에 대해 거의 선형적으로 변화함을 알 수 있다.

한편, 주파수가 증가함에 따라,  $M_1$ 의 게이트-소스 커패시턴스  $C_{gs1}$ 의 임피던스  $|Z_c| (= \frac{1}{\omega C_{gs1}})$ 는 감소하게 되며, 따라서 안테나1- $C_{gs1}$ -안테나2를 통해 게이트 누설 전류가 증가하게 된다. MOS 트랜지스터의 게이트 커패시턴스는 사이즈에 비례하므로, 게이트 누설전류를 줄이기 위해서는 게이트의 폭을 줄여야 한다. 그러나 주파수가 UHF 이상으로 높아지면, MOS의 사이즈 축소만으로는 게이트 누설전류를 줄이는 데 한계가 있다. 또한 게이트의 폭이 줄어들면  $g_m$ 이 감소하게 되어 식(1) 또는 식(2)에서 알 수 있듯이 유효한 출력전압도 줄어들게 된다.

### 2. 제안한 NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기

누설전류의 통로가 되는 MOS 트랜지스터의 게이트 커패시턴스를 회로적으로 감소시킬 수 있는 방법으로 다음 그림 3에 나타난 전류미러형 브리지 정류기를 고안하였다. 이 정류기 회로는 구조적 형태에 기반하여 'NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기'로 명명하였다. 제안한 정류기의 (+) 반주기 동안의 고주파

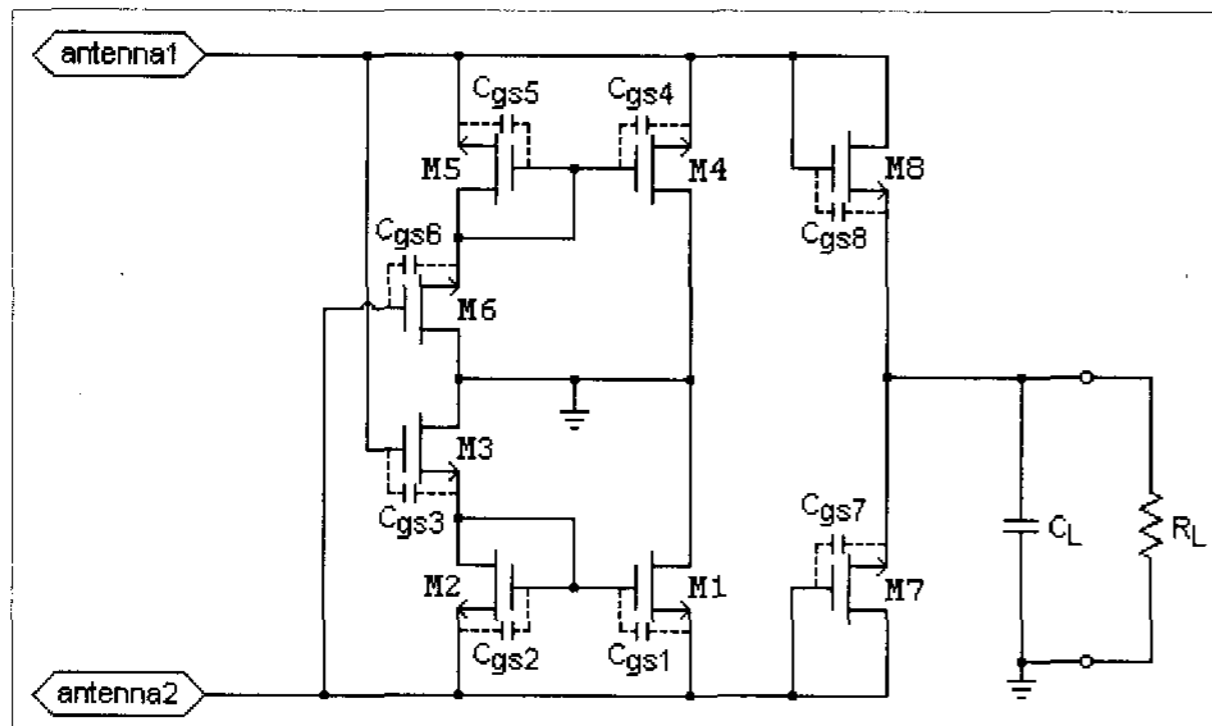


그림 3. 제안한 NMOS 게이트 교차연결 전류미러형 브리지 정류기

Fig. 3. Proposed NMOS Gate cross-connected current-mirror type bridge rectifier.

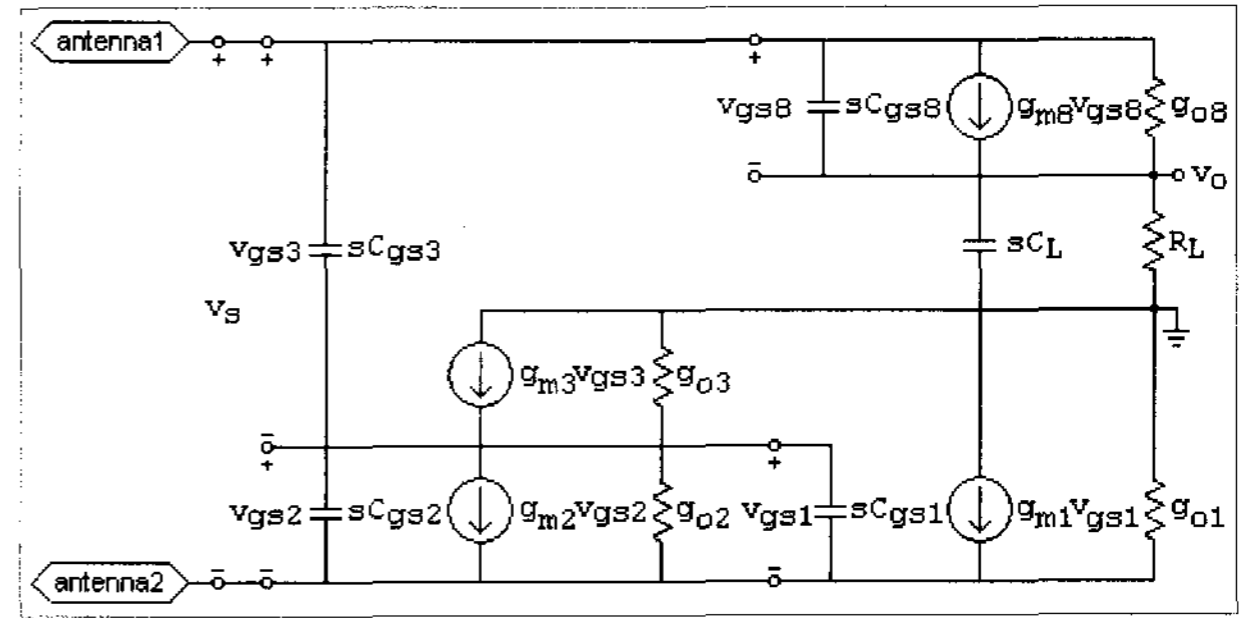


그림 4. (+) 반주기 동안의 고주파 등가회로

Fig. 4. High frequency equivalent circuit for (+) half period.

등가회로는 다음 그림 4에 나타내었다.

그림 4의 고주파 등가회로에 마디해석법을 적용하여 출력전압을 구하면 다음 식(3)으로 나타내어진다.

$$v_o = \frac{g_{m1} + g_{o1} + g_2 \left(1 - \frac{g_b}{g_a}\right)}{g_L + \left(1 + \frac{g_L}{g_8}\right) \left(g_{o1} + g_{o3} \frac{g_b}{g_a}\right)} v_s \quad (3)$$

여기서,

$$\begin{aligned} g_a &= s(C_{gs1} + C_{gs2} + C_{gs3}) + g_{m2} + g_{o2} + g_{m3} + g_{o3}, \\ g_b &= s(C_{gs1} + C_{gs2} + C_{gs3}) + g_{m2} + g_{o2} + g_{m1}, \\ g_2 &= s(C_{gs1} + C_{gs2}) + g_{m2} + g_{o2}, \\ g_8 &= sC_{gs8} + g_{m8} + g_{o8} \end{aligned} \quad (4)$$

이다. 이때 만약  $g_{m1} \approx g_{m3}$  이고  $g_{o3} \approx 0$ 이면,  $\frac{g_b}{g_a} \approx 1$

이 되어 식(3)은  $\Pi$ -1절의 식(1)로 근사화 되므로, 제안한 정류기가 기존의 게이트 교차연결형 정류기와 거의 같은 출력 특성을 보임을 알 수 있다. 따라서 제안한 정류기는 변환된 직류 출력전압이 다른 구조에 비해 비교적 높다는 기존의 게이트 교차연결형 정류기의 장점을 그대로 유지하게 된다.

한편 제안한 정류기에서 주파수 증가에 따른 게이트 누설전류의 감소 효과는 다음과 같다. MOS 트랜지스터의 게이트-소스 커패시턴스는 주파수가 증가함에 따라 두 안테나 사이의 게이트 누설 전류의 통로가 되므로, 누설전류를 줄이기 위해서는 게이트-소스 커패시턴스를 감소시켜야 한다. 그림 4의 등가회로에서  $C_{gs1}$  과  $C_{gs2}$ 는 병렬로,  $C_{gs3}$ 는 직렬로 연결되므로 두 안테나 사이의 등가 커패시턴스  $C_{eq}$ 는 다음 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{eq} = \frac{(C_{gs1} + C_{gs2})C_{gs3}}{C_{gs1} + C_{gs2} + C_{gs3}} \quad (5)$$

이 등가 커패시턴스  $C_{eq}$ 가 기존의 게이트 교차연결형 정류기의 두 안테나 사이의 커패시턴스  $C_{gs1}$ 에 비해 작게 되면, 동일한 주파수에 대해, 제안한 정류기의 두 안테나 사이의 임피던스  $|Z_{c|mirror}(= \frac{1}{\omega C_{eq}})$ 는 기존의 게이트 교차연결형 정류기의 두 안테나 사이의 임피던스  $|Z_{c|single}(= \frac{1}{\omega C_{gs1}})$ 에 비해 큰 값을 갖게 된다. 이때  $C_{eq} < C_{gs1}$ 이 되기 위한 조건은 다음 식(6)과 같다.

$$\sqrt{C_{gs2}^2 + 4C_{gs2}C_{gs3}} - C_{gs2} < 2C_{gs1} \quad (6)$$

즉, 식(6)의 조건이 만족되는 범위에서는

$$|Z_{c|mirror}(= \frac{1}{\omega C_{eq}}) > |Z_{c|single}(= \frac{1}{\omega C_{gs1}}) \quad (7)$$

이 된다. 또한 두 안테나 사이의 입력전압은 각 커패시턴스로 분배되어 인가되므로, 각각의 커패시턴스에 걸리는 전압이 작아지게 된다. 이러한 임피던스의 증가와 인가전압의 감소 효과에 의해 게이트 누설전류는 상당히 감소하게 된다.

따라서 제안한 그림 3의 NMOS 게이트 교차연결 정류미러형 정류기는 기존의 게이트 교차연결형 정류기와 거의 같은 직류 출력전압 특성을 보이면서도 고주파 영역에서 게이트 누설전류를 효과적으로 감소시켜, HF, UHF, 또는 마이크로파 주파수 대역을 사용하는 모든 RFID 시스템의 트랜스폰더 칩 구동에 필요한 직류전압을 공급할 수 있는 범용 정류기로 사용할 수 있게 된다.

### III. 실험 및 결과

제안한 정류기의 직류변환특성과 게이트 누설전류의 감소효과를 검증하기 위해 MOSIS T28M TSMC 0.18  $\mu\text{m}$  1Poly-6Metal CMOS 공정(Technology : SCN018)을 적용하여 기존의 게이트 교차연결형 정류기의 특성과 비교하였다.

사용된 소자의 사이즈 값은 표 1에 나타내었다. 트랜지스터의 사이즈는 두 정류기의 특성을 직접 비교하기 위해 동일하게 정하였으며, 부하저항  $R_L$ 의 값은 일반적인 경우를 가정하여  $45\text{k}\Omega$ 으로 설정하였다.

먼저, 제안한 정류기의 직류변환 특성을 보이기 위해

표 1. 소자 값 (W/L,  $\mu\text{m}$ )

Table 1. Component Values (W/L,  $\mu\text{m}$ ).

소자	소자값	소자	소자값
M1	1.8/0.18	M6	1.8/0.18
M2	1.8/0.18	M7	1.8/0.18
M3	1.8/0.18	M8	1.8/0.18
M4	1.8/0.18	$C_L$	1nF for 13.56MHz 100pF for 915MHz 10pF for 2.45GHz
M5	1.8/0.18	$R_L$	45k $\Omega$

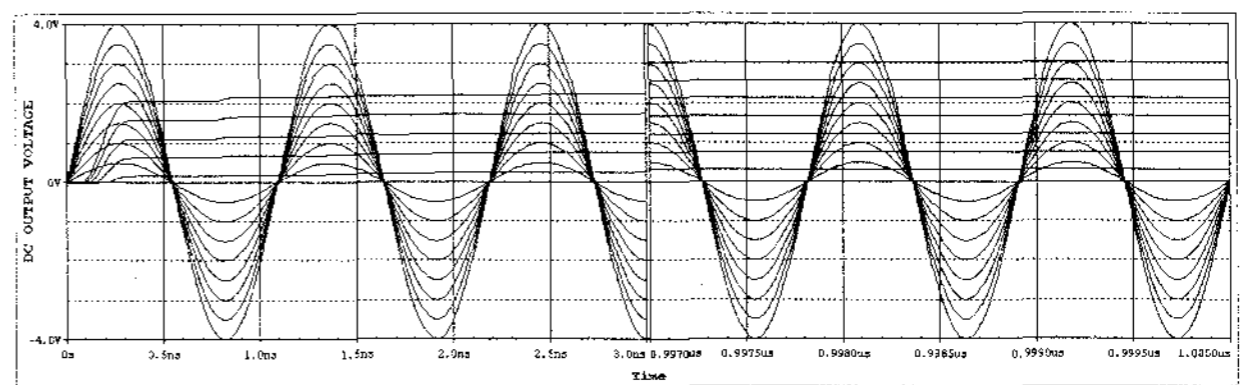


그림 5. 915MHz UHF 입력에 대한 직류출력전압  
Fig. 5. DC output voltage for 915MHz UHF input.

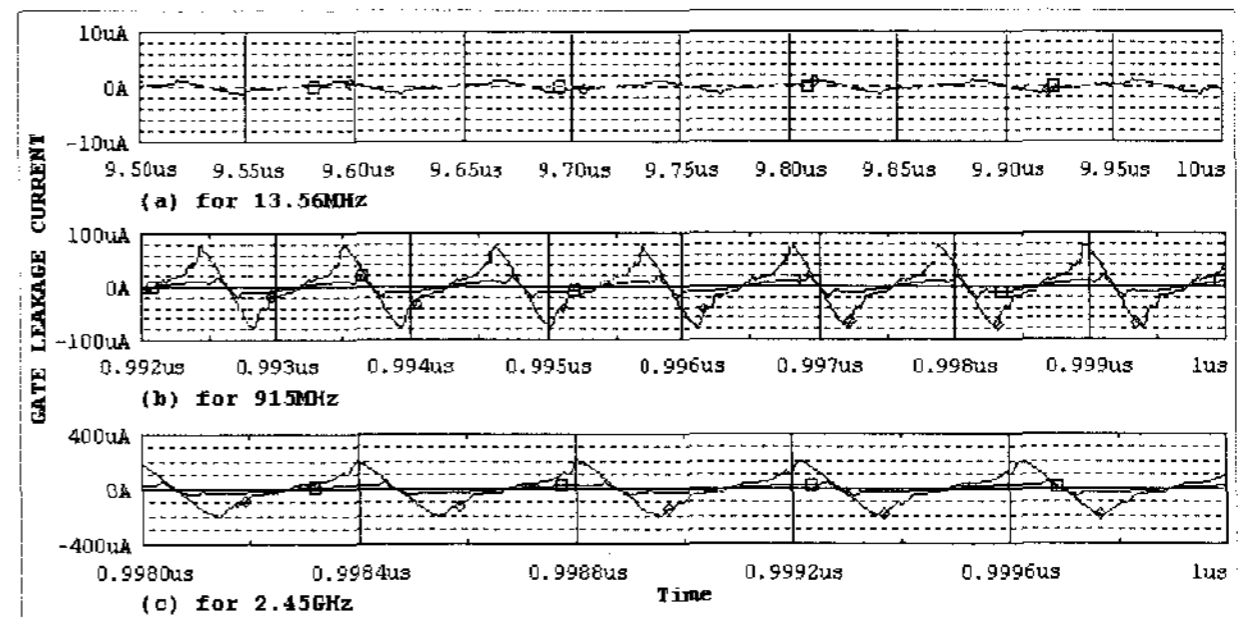


그림 6. 주파수 변화에 따른 게이트 누설전류  
◇ : 기존의 정류기<sup>[10]</sup>  
□ : 제안한 정류기  
Fig. 6. Gate leakage current for frequency variation  
◇ : Existing rectifier<sup>[10]</sup>  
□ : Proposed rectifier.

915MHz의 UHF 입력에 대한 직류출력전압 특성을 그림 5에 나타내었다. 0.5V~4V의 피크-투-피크 입력전압에 대해 제안한 정류기는 잘 정류된 직류전압을 출력하였으며, 퍼센트 리플계수는 0.009%로 구해졌다.

제안한 정류기와 기존의 정류기의 주파수에 따른 게이트 누설전류 특성은 그림 6에 나타내었다. 3V 피크-투-피크 입력전압에 대해 두 정류기의 게이트 누설전류의 크기를 비교한 결과, 13.56MHz의 HF에서는 두 정류기 모두 게이트 누설전류가 거의 없었으나, 915MHz의 UHF에서는 제안한 정류기가 최대 20 $\mu\text{A}$ 를 보인 데 비해 기존의 정류기는 최대 80 $\mu\text{A}$ 를 보였으며, 2.45GHz에서는 제안한 정류기가 최대 50 $\mu\text{A}$ 를 보인 데 비해 기존의 정류기는 최대 210 $\mu\text{A}$ 를 보여, 제안한 정류기의 게이트 누설

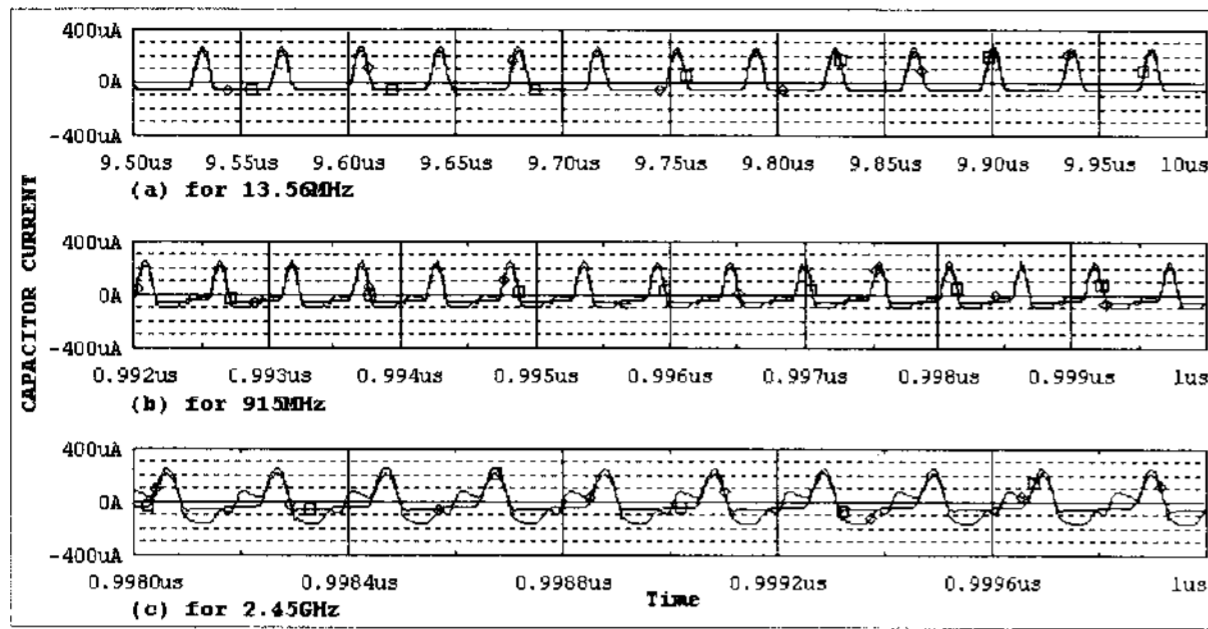


그림 7. 주파수 변화에 따른 커패시터 전류  $I(C_L)$

- ◇ : 기존의 정류기<sup>[10]</sup>
- : 제안한 정류기

Fig. 7. Capacitor current  $I(C_L)$  for frequency variation

- ◇ : Existing rectifier<sup>[10]</sup>
- : Proposed rectifier.

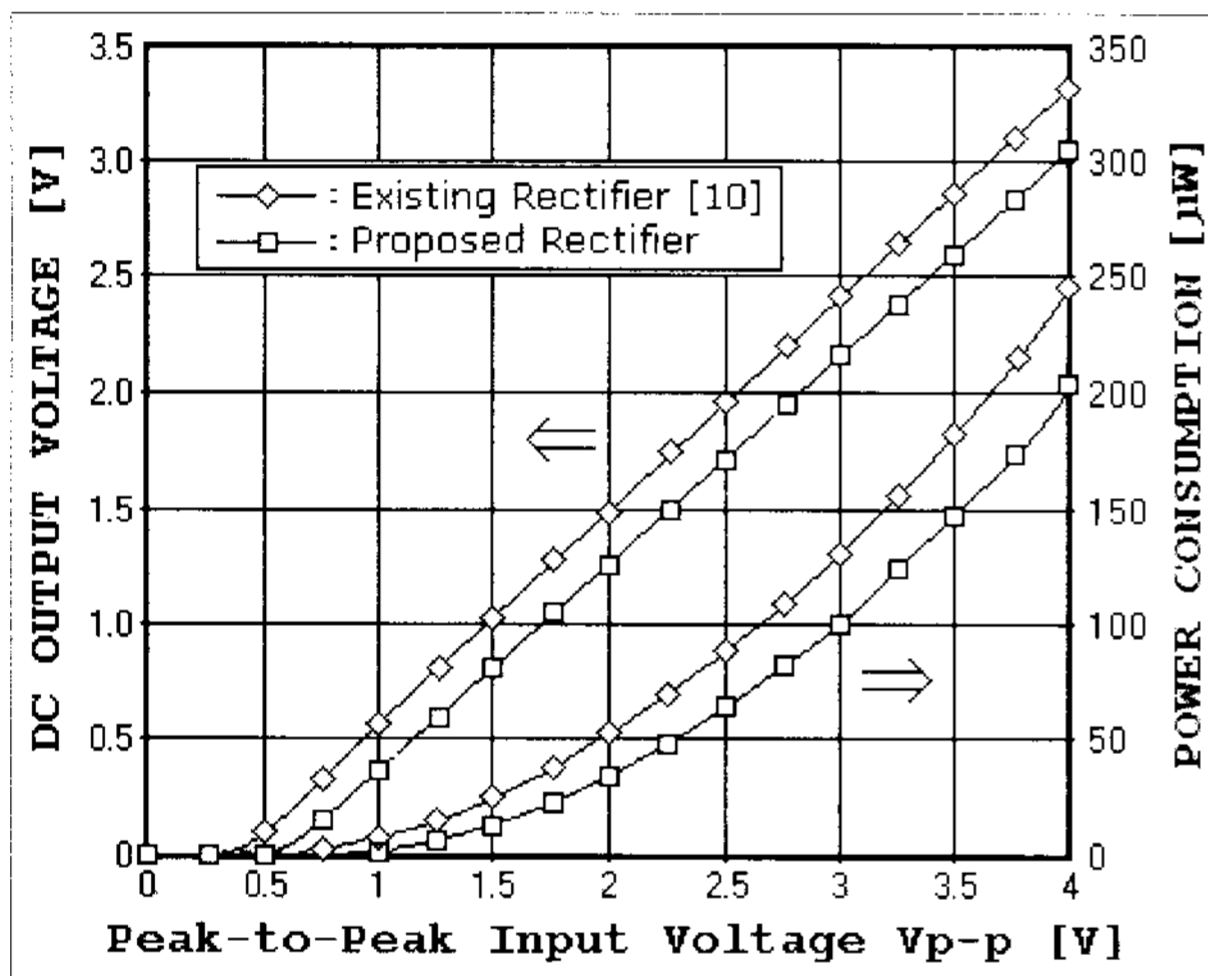


그림 8. 915MHz 입력전압에 대한 직류출력전압과 소비전력

Fig. 8. DC output voltage and Power consumption vs 915MHz input voltage.

전류는 기존의 정류기에 비해 1/4 이하로 감소함을 알 수 있다.

제안한 정류기와 기존의 정류기의 주파수에 따른 커패시터 전류  $I(C_L)$ 의 특성은 그림 7에 나타내었다. 여기서 제안한 정류기의 커패시터 방전 전류는 거의 모두 부하저항  $R_L$ 을 통해 흐르지만, 기존의 정류기에서는 주파수가 증가할수록 게이트-소스 커패시턴스  $C_{gs1}$ 을 통해 누설되는 전류가 커짐을 알 수 있다.

그림 8은 915MHz UHF 입력전압에 대한 두 정류기의 직류출력전압과 부하저항  $R_L$ 에서의 소비전력을 각각 비교한 그림이다. 3V 피크-투-피크 입력전압에 대해 기존의 정류기에서는 2.41V의 직류출력전압이 구해지는데 비해, 제안한 정류기에서는 2.13V가 구해져 0.28V 정도의 출력전압 저하가 있었다. 이는 제안한 정류기의

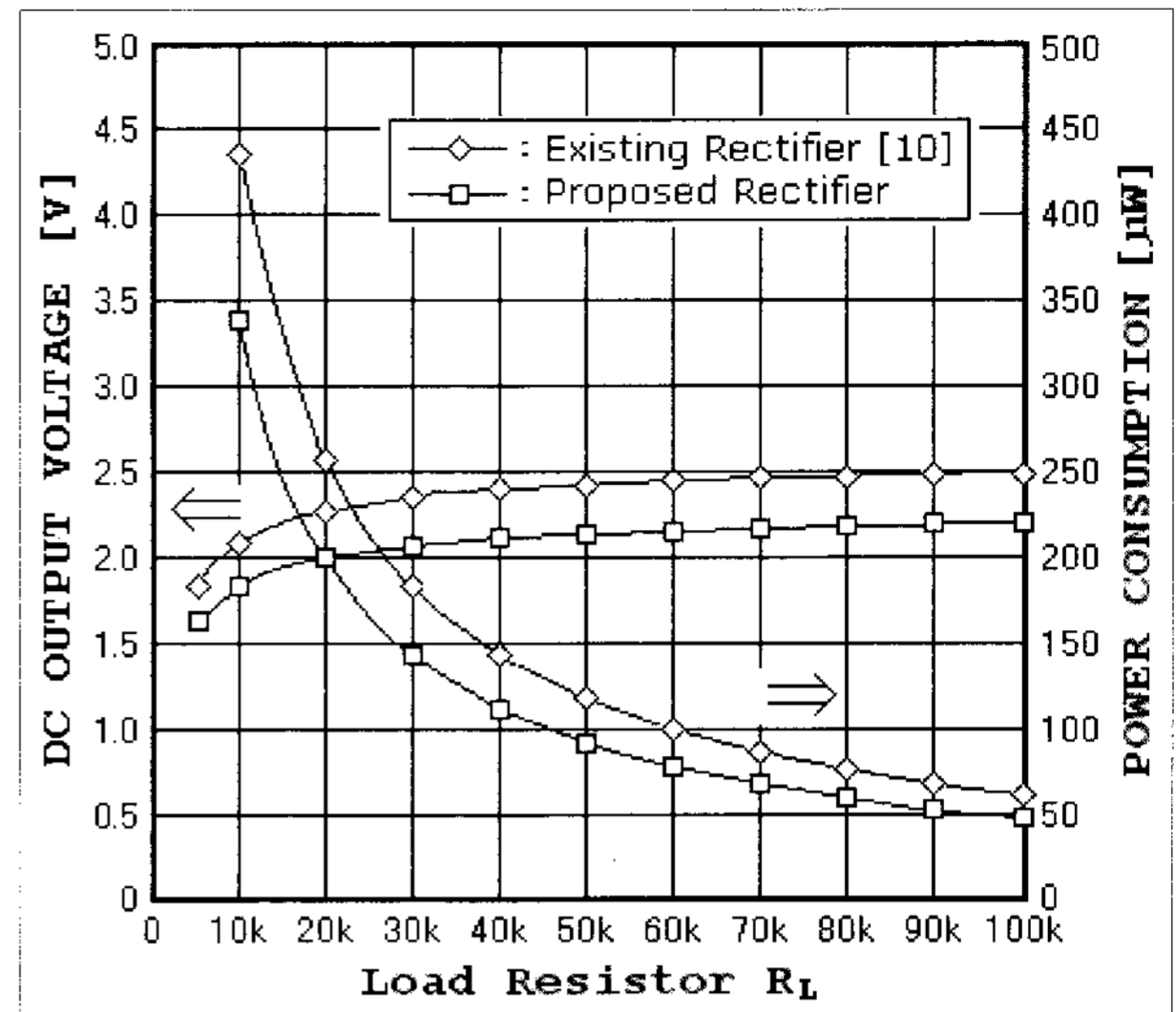


그림 9.  $R_L$ 의 변화에 대한 직류출력전압과 소비전력

Fig. 9. DC output voltage and Power consumption vs  $R_L$ .

전류미러형 구조를 이루는  $M_2$ 와  $M_3$ 의 2층 구조에 기인한다. 한편, 3V 피크-투-피크 입력전압에 대해 부하저항  $R_L$ 에서의 소비전력은 제안한 정류기가  $100\mu W$ 를 보인 데 비해 기존의 정류기는  $130\mu W$ 를 보여, 제안한 정류기의 소비전력이  $30\mu W$  더 낮음을 알 수 있다.

그림 9는 부하저항  $R_L$ 의 변화에 따른 두 정류기의 직류출력전압과 소비전력을 각각 비교한 그림이다. 10kΩ 부터 100kΩ 까지 부하저항  $R_L$ 의 값이 증가함에 따라 기존의 정류기는 0.409V의 출력전압 변화를 보인 데 비해 제안한 정류기는 0.366V의 변화를 보여 제안한 정류기가 기존의 정류기에 비해 부하저항의 변화에 대해 보다 안정적임을 알 수 있다. 또한 부하저항이 증가할수록 출력전압이 조금씩 증가함을 볼 수 있는데, 이는 식 (1)과 식(5)에서 예측한 결과와 같다. 한편 부하저항  $R_L$ 이 증가함에 따라 소비전력은 상당히 감소함을 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 게이트 교차연결형 정류기와 거의 같은 직류 출력전압 특성을 보이면서도, 고주파 영역에서 게이트 누설전류를 효과적으로 감소시켜 13.56MHz의 HF(for ISO 18000-3)와 915MHz의 UHF(for ISO 18000-6) 및 2.45GHz의 마이크로파 대역(for ISO 18000-4)을 사용하는 모든 RFID 시스템의 트랜스폰더 칩 구동을 위한 범용 정류기로 사용할 수 있고, 소비전력 면에서도 기존의 정류기 보다 우수한 특성을 보이는

새로운 NMOS 게이트 교차연결 전류머러형 브리지 정류기를 제시하였다. 제시된 정류기의 직류변환특성은 고주파 등가회로를 이용하여 해석하였으며, 주파수 증가에 따른 게이트 누설전류를 효과적으로 줄일 수 있는 게이트 커패시턴스 감소 기법을 이론적으로 제시하였다. 제안한 게이트 커패시턴스 감소 기법은 초고주파에서 동작할 때 발생하는 각종 RF IC의 게이트 누설전류를 회로 구성을 통해 효과적으로 차단시킬 수 있는 이론적 배경이 될 수 있을 것이다. 구해진 결과를 통해, 제안한 정류기는 기존의 게이트 교차연결형 정류기와 거의 같은 직류 출력전압 특성을 보이면서도, 고주파 영역에서 게이트 누설전류가 1/4 이하로 감소하고, 부하저항에서의 소비전력도 30% 이상 감소하며, 부하저항의 변화에 대해 보다 안정적인 직류전압을 공급함을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] C. S. Kim and H. K. Yu, "The present and the future of RF CMOS technology," *The magazine of the IEEK*, vol. 29, no. 9, pp. 18-30, Sep. 2002.
- [2] 박광민, "RF IC 설계를 위한 새로운 CMOS RF 모델," 전자공학회논문지, 제40권 SD편, 제8호, 13-17쪽, 2003년 8월
- [3] U. Karthaus and M. Fischer, "Fully integrated passive UHF RFID transponder IC with 16.7 $\mu$ W minimum RF input power," *IEEE J. of Solid-State Circuits*, Vol. 38, No. 10, pp. 1602-1608, 2003.
- [4] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd Ed., John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [5] G. Pope, "Advantages of HF over LF RFID technologies," *AIM International 1996 Technical Review*, pp. 42-45, 1996.
- [6] T. Scharfeld, "An analysis of the fundamental constraints on low cost passive radio-frequency identification system design." *MS Thesis*, Dept. of Mechanical Eng., MIT, Cambridge, MA02139, 2001.
- [7] P. Rakers, L. Connell, T. Collins, and D. Russell, "Secure contactless smart card ASIC with DPA protection," *IEEE J. of Solid-State Circuits*, Vol. 36, No. 3, pp. 559-565, 2001.
- [8] S. Sarma, "Towards the 5cent Tag," *Technical Report MIT-AUTOID-WH-006*, 2001.
- [9] I. Satho, "Location Based Services in Ubiquitous Computing Environments," *ICSOC 2003*, LNCS 2910, pp. 527-542, 2003.
- [10] Z. Zhu, B. Jamali, and P. H. Cole, "Brief Comparison of Different rectifier structures for HF and UHF RFID (Phase I Draft version 1.0)," <http://autoidlabs.eleceng.adelaide.edu.au/Papers/CompRect.pdf> Auto-ID Lab, University of Adelaide, 2004.
- [11] Kwangmin Park, "A CMOS bridge rectifier for HF and Microwave RFID systems," *Trans. on EEM*, Vol. 5, No. 6, pp. 237-240, 2004.
- [12] Kwangmin Park, "A CMOS complementary bridge rectifier for driving RFID transponder chips," *Trans. on EEM*, Vol. 7, No. 3, pp. 103-107, 2006.

### 저 자 소 개



박 광 민(평생회원)

1983년 한양대학교 전자공학과  
학사 졸업.

1985년 한양대학교 전자공학과  
석사 졸업.

1988년 한양대학교 전자공학과  
박사 졸업.

1988년 3월 ~ 현재 순천향대학교 전기전자공학과  
교수

<주관심분야 : 반도체 소자 및 회로설계, RFIC>