

와이브로 기지국 시스템을 위한 고전력 PIN 다이오드 스위치 모듈과 고속 스위치 구동회로의 구현

Implementation of High-Power PIN Diode Switch Modules and High-Speed Switch Driver Circuits for Wibro Base Stations

김 동 욱 · 김 경 학 · 김 보 배

Dong-Wook Kim · Kyeong-Hak Kim · Bo-Bae Kim

요 약

본 논문에서는 와이브로 기지국 시스템을 위한 고전력 PIN 다이오드 스위치와 고속 스위치 구동회로에 대한 설계와 측정 결과를 제공한다. 일반적인 전력용 패키지 다이오드의 기생 인덕턴스에 의한 격리도 열화를 막고 다이오드 스위치의 전력 능력을 향상시키기 위해 칩 형태의 다이오드를 사용하였으며, 본딩 와이어에 의한 직렬 인덕턴스는 전송선로의 임피던스에 쉽게 흡수될 수 있도록 회로를 구성하였다. 구현된 스위치 모듈은 사용된 다이오드의 개수를 최대한 줄이면서 최대의 성능을 얻을 수 있도록 설계되었으며 2.35 GHz에서 써큘레이터의 손실을 포함하여 약 0.84 dB의 삽입 손실과 80 dB 이상의 격리도 특성을 보였다. 또한 TTL 신호를 통한 스위치 모듈의 제어를 위해 스위치 구동회로를 설계, 제작하였으며 스위칭 속도는 200 nsec로 측정되었다. 스위치 모듈은 디지털 변조된 고전력 신호에 의해 전력능력이 시험되었으며 70 W의 전력이 인가되는 경우에도 정상적으로 동작하는 특성을 보여주었다.

Abstract

In this paper, the design and implementation of high-power PIN diode switch modules and high-speed switch driver circuits are presented for Wibro base stations. To prevent isolation degradation due to parasitic inductances of conventional packaged PIN diodes and to improve power handling capabilities of the switch modules, bare diode chips are used and carefully placed in a PCB layout, which makes bonding wire inductances to be absorbed in the impedance of a transmission line. The switch module is designed and implemented to have a maximum performance while using a minimum number of the diodes. It shows an insertion loss of ~ 0.84 dB and isolation of 80 dB or more at 2.35 GHz. The switch driver circuit is also fabricated and measured to have a switching speed of ~ 200 nsec. The power handling capability test demonstrates that the module operates normally even under a digitally modulated 70 W RF signal stress.

Key words : Wibro, PIN Diode, High Power Switch, Switch Driver Circuit

I. 서 론

최근 휴대폰을 이용한 인터넷 사용이 급증함에

따라 무선 인터넷에 대한 필요성이 급증하였다. 2.3~2.4 GHz의 주파수 대역을 사용하는 시간 분할 방식의 와이브로(Wibro: Wireless Broadband Internet)는

「본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2006-(C1090-0603-0034)).」
충남대학교 전기정보통신공학부(Division of Electrical and Computer Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20061207-150

· 수정완료일자 : 2007년 1월 2일

이러한 사용자의 요구를 충족시켜줄 수 있는 휴대 인터넷 서비스이다. 와이브로는 인텔 주도의 와이맥스(Wimax)에 이동성을 더해 ‘mobile Wimax’라고도 불리는데, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식과 TDD(Time Division Duplexing) 방식을 혼용하여 기존의 CDMA 방식처럼 듀플렉스를 사용하여 상향 링크와 하향 링크를 구분하지 않고 시간적으로 상향과 하향 링크를 구분한다. 즉, 스위치를 사용하여 송신 동작과 수신 동작을 반복함으로써 상향과 하향을 구분하는 것이다. 최근 삼성전자 인텔, 모토로라, 스프린트넥스텔 등과 공동으로 미국 와이브로 시장에 진출한다고 발표하였다^[1]. 와이브로에 대한 시장이 2010년경에는 11조 6,000억에 이를 것이라는 장밋빛 전망이 나오는 시점에 와이브로 기지국 시스템을 위한 고전력 스위치와 이를 위한 고속 구동 회로를 연구하고 개발하는 것은 국내의 부품 산업을 활성화하고 세계 시장으로의 진출을 도모할 수 있다는 면에서 의미가 깊다.

기존의 고전력 다이오드 스위치는 충분한 열적 소모를 견딜 수 있도록 solder lug을 이용한 패키지에 실장된 PIN 다이오드를 사용하였다. 이러한 패키지는 큰 직렬 인덕턴스를 만들기 때문에 삽입 손실의 증가를 감수하며 많은 다이오드를 사용하지 않고서는 높은 격리도를 확보하기가 어려웠다^[2]. 본 논문에서는 다이오드의 사용을 최대한 억제하면서 시스템 요구사항인 60 dB 이상의 높은 격리도, 1 dB 이하의 낮은 삽입 손실, 그리고 60 W 이상의 높은 전력 능력을 가지는 와이브로 기지국 시스템용 고전력 PIN 다이오드 스위치의 설계 및 제작 결과에 대하여 기술한다. 또한 스위치를 시스템에 사용하기 위해 써큘레이터와 스위치 구동 회로가 결합된 스위치 모듈에 대한 결과를 제공한다.

II. 패키지 PIN 다이오드의 한계성 검토

그림 1은 일반적인 패키지 다이오드의 등가회로 모델을 보여주고 있다. 다이오드 등가 회로는 다이오드의 직렬 on 저항(R_s), 와이어 본딩 및 패키지의 직렬 기생 인덕턴스(L_s), 다이오드의 병렬 off 저항(R_p), 다이오드의 off 커패시턴스(C_{off}) 및 이상적인 다이오드 모델로 구성되어 있다. 스위치 소자로서 다이오

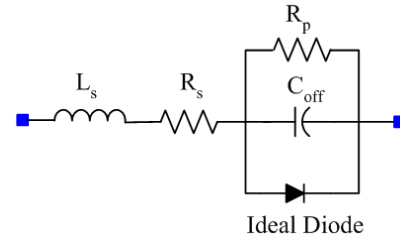


그림 1. 패키지 다이오드의 등가 회로 모델

Fig. 1. Equivalent circuit model of a packaged diode.

드를 사용할 때 삽입 손실 및 격리도를 계산하는 식에서 예측할 수 있는 것처럼 고전력 다이오드의 경우 다이오드 접합 부분의 면적이 크기 때문에 off 상태에서의 커패시턴스가 커서 다이오드를 직렬 연결할 경우 off 상태에서 좋은 격리도 특성을 얻을 수 없다^[3]. 또한 shunt 연결일 경우 다이오드의 on 상태에서의 저항, 즉 R_s 가 저전력 다이오드에 비해 작은 값을 가지므로 격리도가 충분히 확보될 수 있으나 패키지에 따른 L_s 에 의해 격리도가 급격히 악화된다.

그림 2는 직렬 스위치로 다이오드를 사용할 때 다이오드의 C_{off} 에 따라 격리도 특성이 어떻게 변하는지를 보여주고 있다. 사용된 다이오드 파라미터는 300 V의 항복전압을 가지는 고전력 다이오드의 파라미터 값($R_s=0.5 \Omega$, $L_s=1 \text{ nH}$, $R_p=300 \text{ k}\Omega$)을 사용하였다^[4]. C_{off} 값을 0.2 pF에서 2 pF까지 변화시켰을 때

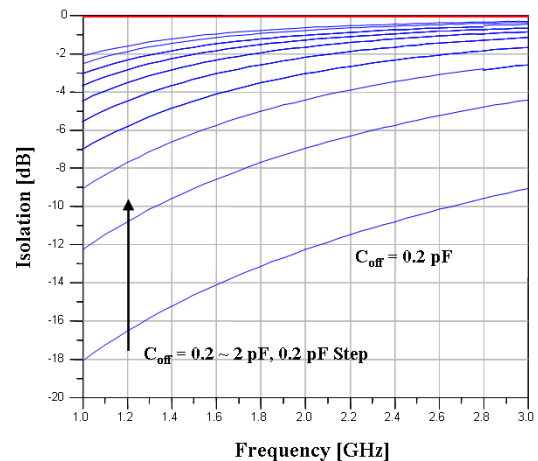


그림 2. C_{off} 변화에 따른 직렬 다이오드 스위치의 격리도 특성 변화

Fig. 2. Isolation performance of a series-connected diode switch with a C_{off} variation.

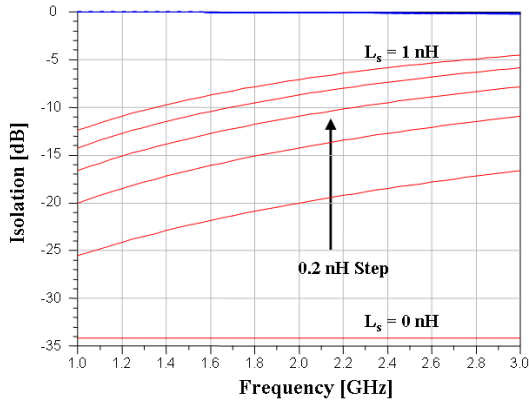


그림 3. L_s 변화에 따른 shunt 다이오드 스위치의 격리도 특성 변화

Fig. 3. Isolation performance of a shunt-connected diode switch with an L_s variation.

2.3 GHz에서 격리도는 11 dB에서 1 dB로 나빠지는 것을 알 수 있다. 그림 3은 shunt 스위치로 다이오드를 사용하는 경우 그림 2와 동일한 파라미터 값 ($R_s=0.5 \Omega$, $R_p=300 \text{ k}\Omega$, $C_{off}=0.4 \text{ pF}$)을 가지는 다이오드에 대한 L_s 에 따른 격리도 변화를 보여주고 있다. 그림 3에 나타난 바와 같이 기생 인덕턴스의 값이 0에서 1 nH까지 증가할 때 2.3 GHz에서의 격리도는 34 dB에서 6 dB로 나빠지게 된다. 따라서 1 nH 이상의 패키지 인덕턴스를 가지는 고전력 다이오드의 경우 직렬 스위치 형태이든 shunt 스위치 형태이든 한 개의 다이오드로는 2.3 GHz에서 6 dB 이상의 격리도를 확보하기가 사실상 어렵다. 높은 격리도를 요구하는 시스템을 위한 스위치의 경우 많은 다이오드를 사용하게 되어 낮은 삽입 손실을 구현하기 어려울 뿐만 아니라 가격 경쟁력 또한 확보하기가 어려워진다.

RF 전력이 다이오드 스위치에 인가될 때 다이오드에서 소모되는 전력은 동일한 R_s 를 가지고 있다 하더라도 직렬 구조 스위치와 shunt 구조 스위치에 따라 달라진다. 보통 shunt로 연결된 다이오드가 직렬로 연결된 다이오드보다 훨씬 큰 소모 전력 값을 가지게 된다. 따라서 shunt 구조의 스위치를 사용할 때에는 충분한 소모열을 견딜 수 있도록 설계된 패키지에 실장된 다이오드를 사용하든지 아니면 패키지에 실장되어 있지 않은 다이오드를 사용해야 한다. 그림 4와 그림 5는 RF 전력이 인가되었을 때 직렬 구조의 다이오드와 shunt 구조의 다이오드에서 소모되

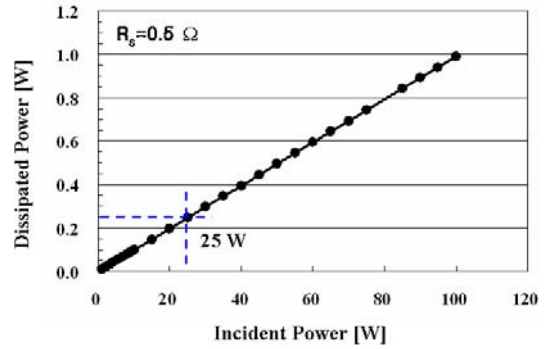


그림 4. 직렬 다이오드에서의 RF 입력 전력에 따른 소모 전력 변화

Fig. 4. Dissipated power in a series-connected diode with RF input power.

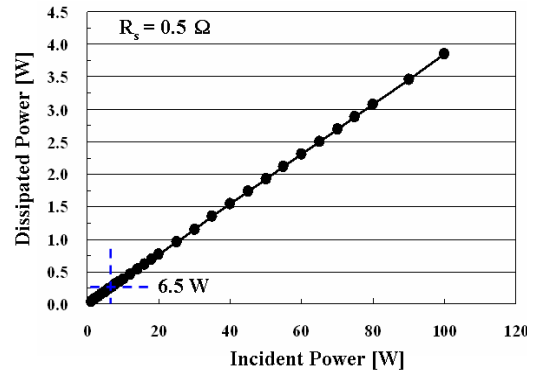


그림 5. Shunt 다이오드에서의 RF 입력 전력에 따른 소모 전력 변화

Fig. 5. Dissipated power in a shunt-connected diode with RF input power.

는 전력을 나타내고 있다. 플라스틱 패키지의 경우 패키지 특성상 250 mW의 전력 소모 정격 특성을 가지므로 플라스틱 패키지에 실장된 보통의 PIN 다이오드 소자를 사용한다면 직렬 구조의 경우 25 W의 RF 입력 전력을 견딜 수 있고 shunt 구조인 경우는 6.5 W의 RF 입력을 견딜 수 있다^[3]. 따라서 높은 격리도를 확보하고 60 W의 RF 입력 전력을 견디기 위해서는 shunt 구조를 사용하되 패키지의 소모 전력 제한을 받지 않는 칩 형태의 단위 소자를 사용하는 것이 유리하며 본 논문에서는 진성 반도체 영역이 $30 \mu\text{m}$ 이고 다이오드의 면적이 $0.635 \times 0.635 \text{ mm}^2$ 인 PIN 칩 다이오드(MPN-7330)를 사용하였으며 칩을 PCB에 접착하기 위해 Epo-tek의 H31 에폭시를 사용

하였다^[4].

III. 임피던스 인버터를 활용한 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 설계 및 제작

$\lambda/4$ 전송선로를 이용한 임피던스 인버터는 shunt 구조로 연결된 on 상태의 낮은 다이오드 임피던스를 아주 높은 임피던스로 변환해 주는 역할을 한다^[5]. 이러한 임피던스 인버터를 이용하여 다이오드의 on, off 상태 변화에 상관없이 안테나 단자에서 바라보는 반사 손실이 우수한 흡수형 PIN 다이오드 스위치를 설계하였고 이를 그림 6에 나타내었다. 보통의 다이오드 스위치는 격리 상태를 제공하는 스위치가 off 상태일 때 입력 단자에서 바라보는 반사계수가 개방 또는 단락에 가까운 특성을 보인다. 이러한 특성은 신호의 입력 단으로 많은 전력반사를 야기하여 입사 전력이 시스템으로 역으로 유입되게 한다. 따라서 여기서는 스위치의 on, off에 상관없이 입력단의 반사계수 특성을 작은 값으로 유지해 주기 위해 스위치의 off 상태에서 신호를 반사시켜 입력으로 되돌리지 않고 저항으로 종단시켜 흡수하게 하는 흡수형 스위치를 사용하였다.

Shunt 다이오드 A, B, C는 인가된 전압에 따라 on/off 동작을 하게 된다. 다이오드가 on 되었을 때 다이오드의 낮은 임피던스는 $\lambda/4$ 전송 선로를 통해 높은 임피던스로 변환되어 신호의 전달을 차단하게 된다. 다이오드를 PCB로 연결할 때 필요한 본딩 와이어는 기생 인덕턴스를 발생시키는데 레이아웃 작업시 그림 6에 보인 바와 같이 와이어 인덕터가 전송선로 사이에 놓이게 하고 전송 선로의 길이를 약간 조정해줌으로써 기생 인덕턴스에 의한 격리도 열화를 방지할 수 있다.

높은 전력의 RF 송신 전력이 누설되어 안테나 단자를 통해 스위치로 재입사될 때 shunt 다이오드 A, B를 on 시키고 C 다이오드를 off 시키면 C 다이오드를 통해 RF 입력이 100 W의 50 Ω 저항으로 종단된다. 낮은 전력의 정상적인 수신 신호가 들어올 때는 A, B 다이오드는 off 시키고 C 다이오드를 on 시킴으로써 신호가 저손실로 저잡음 증폭기로 전송된다. C 다이오드는 일반적으로 직렬구조의 다이오드를 사용하는데 고전력 다이오드를 직렬구조로 사용하면

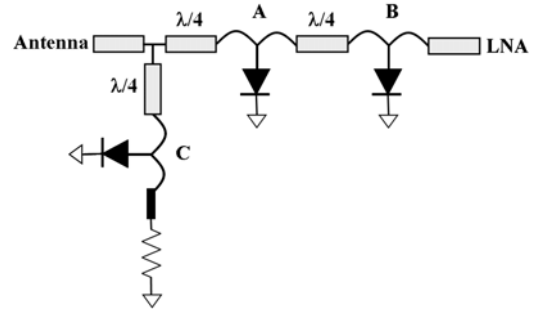


그림 6. 임피던스 인버터를 이용한 흡수형 PIN 다이오드 스위치 회로도

Fig. 6. A schematic circuit diagram of an absorptive PIN diode switch with impedance inverters.

격리도가 나빠져 다이오드 A, B 방향의 전송 선로의 삽입 손실을 악화시키게 된다. 따라서 일반적인 다이오드 스위치와 달리 고전력 다이오드 스위치의 경우에는 전력 흡수 경로에 다이오드를 shunt 구조로 연결하는 것이 성능 구현에 좋다.

그림 7은 전송 선로 임피던스 인버터를 이용하여 제작한 흡수형 다이오드 스위치의 사진을 보여주고 있다. 그림의 왼쪽에 연결된 SMA(Subminiature Assembly) 커넥터 부분은 안테나로 연결되며 오른쪽 SMA 커넥터 부분은 저잡음 증폭기로 연결된다. 칩 다이오드는 전송 선로 중간에 위치하여 본딩 와이어에 의한 기생 인덕턴스를 자연스럽게 전송 선로 특성에 흡수되게 하였다. 그림 8은 제작된 흡수형 다이오

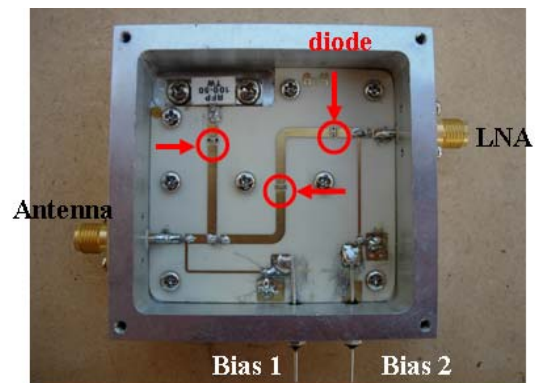


그림 7. 임피던스 인버터를 이용한 흡수형 다이오드 스위치의 제작 사진

Fig. 7. A photograph of the fabricated absorptive diode switch with impedance inverters.

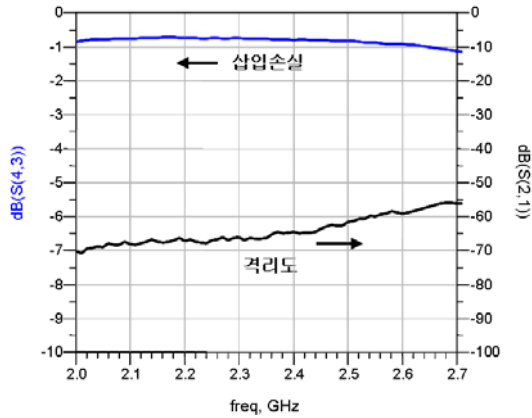


그림 8. 임피던스 인버터를 이용한 흡수형 다이오드 스위치의 측정 결과

Fig. 8. Measured results of the absorptive diode switch with impedance inverters.

드 스위치를 측정한 결과를 보여주고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 와이프로 시스템의 중심 주파수인 2.35 GHz에서 약 0.78 dB의 삽입 손실과 3개의 다이오드를 사용하였음에도 64 dB라는 아주 높은 격리도 특성을 얻을 수 있었다.

IV. 임피던스 인버터를 이용한 대칭형 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 모듈 제작

와이프로 기지국 시스템에 스위치를 사용하기 위해서는 써큘레이터와 결합된 모듈을 구성해야 한다. 이 경우 써큘레이터의 삽입 손실에 의한 추가 손실이 발생하므로 삽입 손실을 낮게 유지하기 위해서는 100 W 종단 저항으로의 경로가 차단되었을 때 이 경로의 격리도 특성에 의해 발생하는 추가적인 삽입 손실의 증가를 억제할 필요가 있다. 종단저항으로의 경로에 임피던스 인버터와 shunt 다이오드를 추가하여 향상된 격리도를 제공함으로써 삽입 손실 문제를 다소 해결할 수 있다^[6].

그림 9는 대칭형 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 모듈의 개략적인 구성도를 보여주고 있다. 앞에서 보인 스위치 회로도와 달리 종단저항 경로의 다이오드 스위치 회로는 저잡음 증폭기로 이어지는 경로의 스위치 회로와 동일하며 2개의 shunt 다이오드를 사용하여 높은 격리도를 얻음으로써 저잡음 증폭기로의 삽입 손실 저하를 방지하였다.

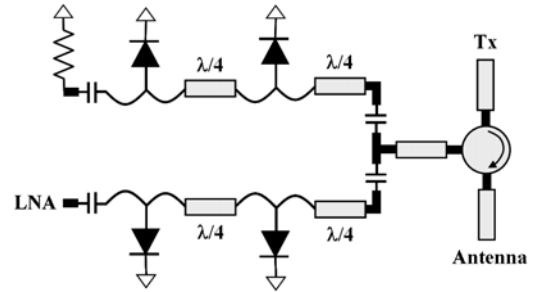


그림 9. 대칭형 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 모듈의 개략적인 구성도

Fig. 9. A brief schematic diagram of the high-power, symmetric, absorptive PIN diode switch module.

그림 10는 제작된 모듈의 사진을 보여주고 있으며, 그림 11은 모듈의 측정 결과를 보여주고 있다. 그림 10의 왼쪽 SMA 커넥터는 저잡음 증폭기로 연결되며, 오른쪽 위 SMA 커넥터는 전력 증폭기에 연결되고, 오른쪽 아래 SMA 커넥터는 안테나로 연결된다. 그림 11의 측정 결과에 따르면 2.35 GHz에서 약 0.84 dB의 삽입 손실이 얻어졌으며 송신단과 수신단간의 격리도는 80 dB 이상의 아주 높은 값이 측정되었다.

와이프로 스위치 모듈이 사용되는 환경은 최대 60 W의 전력이 사용되는 곳이다. 따라서 최악의 경우, 60 W의 RF 전력이 스위치에 역으로 유입될 수 있고 이러한 경우에도 회로는 정상적으로 동작을 할 수 있어야 한다. 스위치 회로만 별도로 제작하여 전력

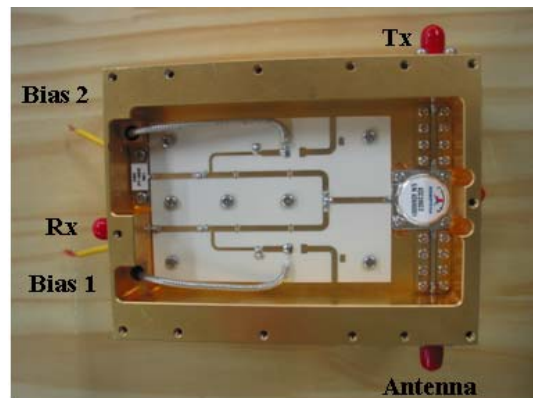


그림 10. 대칭형 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 모듈

Fig. 10. A fabricated high-power, symmetric, absorptive PIN diode switch module.

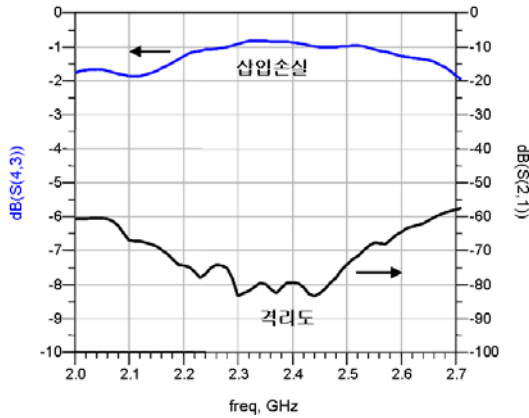


그림 11. 대칭형 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 모듈의 측정 결과

Fig. 11. Measured results of the fabricated high-power, symmetric absorptive PIN diode switch module.

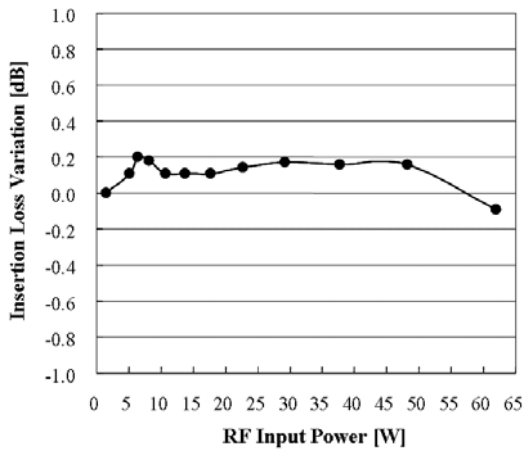


그림 12. 대칭형 고전력 다이오드 스위치의 전력 특성 측정 결과

Fig. 12. Measured power capability of the high-power, symmetric diode switch.

능력 시험이 이루어졌고 그 결과가 그림 12에 나타나 있다⁶⁾. 입력 전력에 따른 삽입 손실에 약간의 변화가 관측된 것은 측정에 사용된 선형 전력 증폭기의 전력 특성이 출력 전력에 따라 변하기 때문이다. 이는 전력 증폭기에서 발생된 열에 의해 증폭기의 이득이 변하기 때문이다. 측정된 삽입 손실의 변동은 높은 출력 전력에서 전력 증폭기의 시간에 따른 이득 변화에 비해 무시할만한 정도이므로 스위치의 성능이 변하였

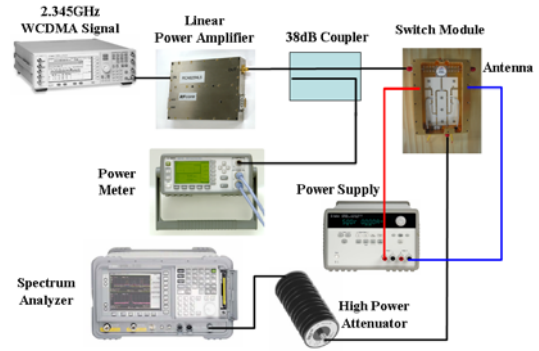


그림 13. 대칭형 고전력 흡수형 다이오드 스위치 모듈의 전력 능력 시험을 위한 구성도

Fig. 13. Test set-up for power capability measurement of the high-power, symmetric, absorptive switch module.

다고 할 수 없으며, 측정 후 수행된 회로망 분석기에 의한 삽입 손실 측정 결과에서도 재확인되었다.

스위치 모듈 전체에 대한 전력 능력은 높은 입력 전력이 오랫동안 인가된 상태에서의 정상 동작 여부를 확인하는 stress 시험 형태로 이루어졌다. 그림 13은 이러한 시험을 위해 구성한 셋업을 보여주고 있으며 입력 신호원으로 와이브로 신호와 유사한 WCDMA 신호를 발생시켜 이를 선형 전력 증폭기로 증폭을 한 후 스위치에 인가하였다. 스위치에 인가된 RF 전력은 40 W부터 조금씩(1 dB 간격) 전력을 증가시켜 최종 70 W까지 연속적으로 변화시켰다. 각 전력 레벨에서의 인가 시간은 7분으로 하여 30분 가량 시험하였다. 전체 스위치 모듈의 동작 특성은 전력이 인가되는 내내 변화가 없었으며 전력 시험이 완료된 후 측정된 S 파라미터 특성도 차이를 보이지 않았다. 따라서 제작된 스위치 모듈은 최대 70 W까지 전력을 견딜 수 있는 것으로 확인되었다.

V. 고속 스위치 구동회로의 설계 및 제작

다이오드 스위치의 on/off 동작은 보통 TTL 로직을 이용하여 제어한다. TTL 로직 신호는 저전류 동작을 하므로 많은 바이어스 전류가 필요한 고전력 다이오드를 정상적으로 on/off 시킬 수가 없다. 따라서 TTL 로직 신호를 받아들여 높은 전류를 가지는 제어 신호를 발생시키는 구동 회로가 스위치에서는

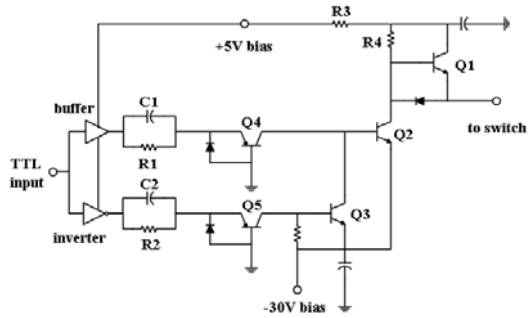


그림 14. 다이오드 스위치용 고속 구동 회로
Fig. 14. High-speed switch driver circuit for the diode switch module.

필요하다. $1 \mu s$ 이하의 높은 스위칭 속도를 가지는 와이브로 기지국 시스템용 스위치 구동 회로를 위해 그림 14와 같은 회로를 구성하였다. TTL 신호가 인가되었을 때 버퍼와 인버터를 통해 서로 상반된 2개의 신호(0 V, 5 V)가 발생한다. 이 신호는 공통 베이스 회로를 통해 공통 에미터 증폭기에 인가되며 증폭기가 포화 모드로 동작하나, 차단 모드로 동작하느냐에 따라 스위치 연결 단자에 0.9~1.0 V의 전압이 인가되느냐 아니면 -30 V의 전압이 인가되느냐가 결정된다. R1과 C1, R2와 C2는 구동회로의 스위칭 속도를 조절해 주는 역할을 수행하며, R3와 R4는 트랜지스터의 바이어스 전압과 전류를 설정할 뿐만 아니라 PIN 다이오드의 급격한 전류 증가를 억제하여 소자를 보호하는 역할도 수행한다.

그림 15는 그림 14의 구동회로 2개를 실제 제작한

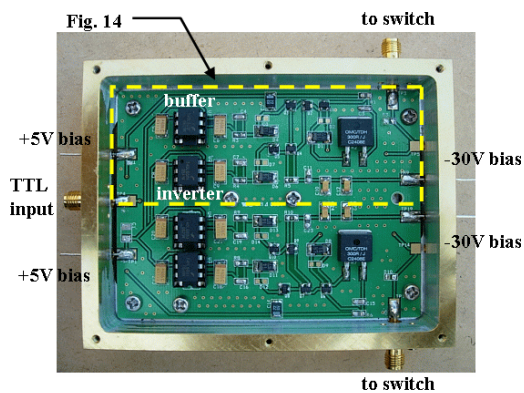


그림 15. 제작된 스위치 구동 회로 모듈의 사진
Fig. 15. A photograph of the fabricated switch driver circuit module.

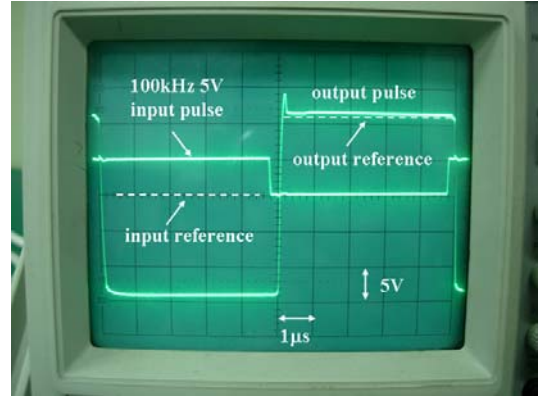


그림 16. 스위치 구동회로의 스위칭 특성 측정 결과
Fig. 16. Measured switching characteristics of the switch driver circuit module.

사진을 보여주고 있으며, 그림 16은 5 V 전압을 가지는 100 kHz의 입력 신호가 인가되었을 때 제작된 구동회로의 측정 결과를 보여주고 있다. 실제 측정은 전원 장치의 한계로 +5 V와 -25 V를 사용하여 이루어졌으며 입출력 펄스를 명확히 보이기 위해 출력 펄스의 기준선을 수직축으로 오프셋을 주어 표시하였다. 측정 결과에서 보인 바와 같이 구동 회로의 스위칭 시간은 대략 200 nsec 정도로 아주 작은 값을 얻었으며 TTL 입력 신호에 따라 0.95 V 정도의 다이오드의 on 바이어스 전압과 -25 V의 off 바이어스 전압이 정상적으로 출력되었다.

VI. 결 론

와이브로 기지국 시스템에 사용되는 고전력 흡수형 PIN 다이오드 스위치 모듈을 설계, 제작하고 측정하였다. 팩키지 다이오드 자체가 가지는 기생 인덕턴스와 소모 전력의 한계를 극복하기 위해 칩 다이오드를 임피던스 인버터 형태를 활용한 스위치 구조에 활용하였다. 또한 스위치를 안정적으로 구동하기 위해 200 nsec의 스위칭 속도를 가지는 고속 스위치 구동회로를 설계, 제작하고 특성을 확인하였다. 최종적으로 써큘레이터와 함께 구현된 스위치 모듈은 0.84 dB의 낮은 삽입 손실과 80 dB 이상의 높은 격리도를 가졌으며 70 W의 높은 전력을 견딜 수 있는 특성을 보였다. 이러한 특성을 가진 스위치 모듈은 향후 급성장이 예상되는 와이브로 시장에서 폭넓게 활

용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.mk.co.kr>
- [2] <http://www.macom.com>
- [3] Gerald Hiller, "Design with PIN diodes", *Application Note*, AG312, pp. 18-1-18-18.
- [4] <http://www.metelics.com>
- [5] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons Inc., pp. 83-87, 1998.
- [6] Dong-Wook Kim, "Small-sized high-power PIN diode switch with defected ground structure for wireless broadband internet", *ETRI Journal*, vol. 28, no. 1, pp. 84-86, Feb. 2006.

김 동 욱



1990년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학사)
 1992년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1996년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1991년 8월~2000년 5월: LG종합기

술원 선임연구원

2000년 6월~2002년 8월: 텔레포스(주) 연구소장
 2002년 9월~2004년 9월: 에스원기술연구소 응용기술팀장
 2004년 10월~현재: 충남대학교 전기정보통신공학부 교수
 [주 관심분야] 초고속 반도체 소자, 무선통신용 RFIC, 원격탐지용 초고주파 집적회로 및 모듈

김 보 배



2007년 2월: 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)
 2007년 3월~현재: 충남대학교 전기정보통신공학부 석사과정
 [주 관심분야] 초고주파 회로 및 시스템, EMI/EMC

김 경 학



2007년 2월: 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)
 2007년 3월~현재: 충남대학교 전기정보통신공학부 석사과정
 [주 관심분야] 초고주파 능동회로 설계, 전력증폭기 모듈 설계