

## 버랙터 다이오드를 이용한 가변 대역통과여파기 설계

하정현<sup>1</sup>, 신은영<sup>1</sup>, 강민우<sup>1</sup>, 권철현<sup>1</sup>, 박병훈<sup>2</sup>, 임종식<sup>1</sup>, 최흥택<sup>3</sup>, 안 달<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>순천향대학교 전기통신공학과, <sup>2</sup>(주)쏘닉스, <sup>3</sup>BcNE Global co.

### A Design of Tunable Band Pass Filter using Varactor Diode

Jung-Hyen Ha<sup>1</sup>, Eun-Young Shin<sup>1</sup>, Min-Woo Kang<sup>1</sup>, Chil-Hyeun Gwon<sup>1</sup>,  
Byung-Hoon Park<sup>2</sup>, Jong-Sik Lim<sup>1</sup>, Heung-Taek Choi<sup>3</sup> and Dal Ahn<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Electric Communication Engineering, Soonchunhyang University, <sup>2</sup>SAWNICS co.,  
<sup>3</sup>BcNE Global co.

**요 약** 본 논문에서는 통과대역을 가변하는 대역통과여파기를 제안하였다. 이 여파기의 구조는 2단 Direct Capacitive Coupled 공진기 대역통과여파기이며, 중심주파수의 가변을 위하여 여파기에 사용된 병렬 공진기의 캐패시터를 버랙터 다이오드로 대체하였다. 본 논문에서는 중심주파수 200MHz에서 최대 245MHz까지 가변되는 대역통과여파기를 제작하여 설계 이론의 타당성을 검증하였다.

**Abstract** This paper proposed a tunable band pass filter. It is two-poles direct capacitive coupled resonator band pass filter which the capacitors of parallel resonators are changed by varactor diodes. The DC bias controls to change the value of capacitance in the parallel resonator for tuning the pass band. To validate the proposed design method, we fabricated the band pass filter which has tunable center frequency from 200MHz to 245MHz.

**Key Words** : Tunable Band Pass Filter, varactor diode

#### 1. 서론

여파기는 통과대역 내 주파수에서의 통과 특성과 저지 대역에서의 감쇠특성을 갖는 2포트회로망이다. 여파기의 종류에는 저역 통과, 고역 통과, 대역 통과, 그리고 대역 저지 여파기가 있다.[1] 주파수 세분화로 인하여, 시스템 내에서의 잡음 제거가 중요해짐에 따라 대역 통과 여파기의 역할은 더욱 중요해지고 있다. 그 중에서도 가변 여파기는 휴대전화 통신, 무선 네트워크, 레이더 시스템 등의 무선 통신 시스템에서 광범위하게 사용되고 있다.[2-5]

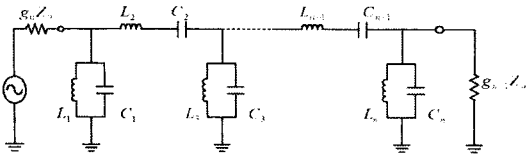
따라서 본 논문에서는 버랙터 다이오드를 사용하여 DC 바이어스를 조절함으로써, 통과대역 조절이 가능한 여파기의 설계, 제작 및 측정 결과에 대해 기술하고자 한다.

#### 2. Direct Capacitive Coupled 공진기 대역통과여파기 설계

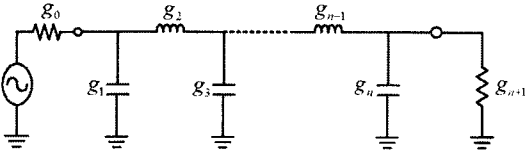
그림 1은 일반적인 대역통과여파기로서 그림 2와 같은 저역통과 원형 여파기로부터 설계된다. 이때, 캐패시터와 인덕터는 각각 병렬 공진기와 직렬 공진기로 근사화 할 수 있다.

그런데, 이와 같은 구조는 주파수의 통과대역폭에 따른 소자의 변화가 심하고 소자의 선택도에 제한을 받기 때문에 안정적인 주파수 응답특성을 얻기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하고자 인버터를 이용한, 중심주파수가 200MHz이고 20MHz의 대역폭을 갖는 2단 Direct Capacitive Coupled 공진기 대역통과여파기를 설계하였다.

\*교신저자: 안 달(dahnkr@sch.ac.kr)



[그림 1] 일반적인 대역통과여파기



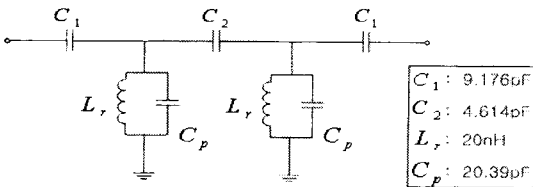
[그림 2] 저역통과 원형 여파기

설계조건은 다음과 같다.

- 여파기 타입 : 체비세프 타입
- 중심 주파수 : 200MHz
- 대역폭 : 중심주파수대비 10% 이상
- 단수 : 2
- 통과대역 리플 : 0.1dB
- 입·출력 임피던스 : 50Ω

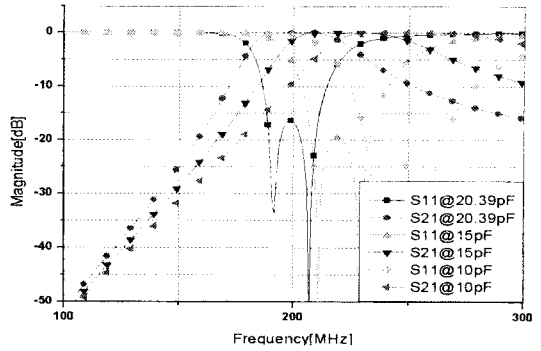
그림 3은 설계조건으로 설계된 2단 Direct Capacitive Coupled 공진기 대역통과여파기 회로이다. 병렬 공진기의 캐패시터(Cp)는 버렉터 다이오드로 대체한다. 버렉터 다이오드는 접합 캐패시턴스가 역방향 바이어스의 크기에 따라 변하기 때문에 가변 캐패시터로 동작한다.[6]-[9]

그림 4는 그림 3의 회로를 Ansoft사의 디자이너 V3.5로 회로 시뮬레이션 한 결과이다. 병렬 캐패시터 값을 20.39pF에서 15pF, 10pF로 줄임으로써 중심주파수가 200MHz에서 220MHz, 245MHz로 변하는 것을 확인하였다.

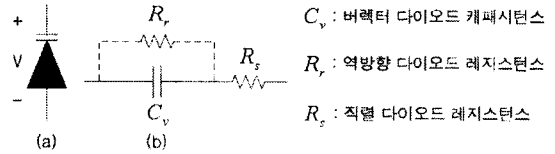


[그림 3] 2단 Direct Capacitive Coupled 공진기 대역통과여파기

그림 5는 버렉터 다이오드의 기호와 등가모델을 나타낸 것으로서 버렉터 다이오드 캐패시턴스를 갖는다는 것을 알 수 있다.

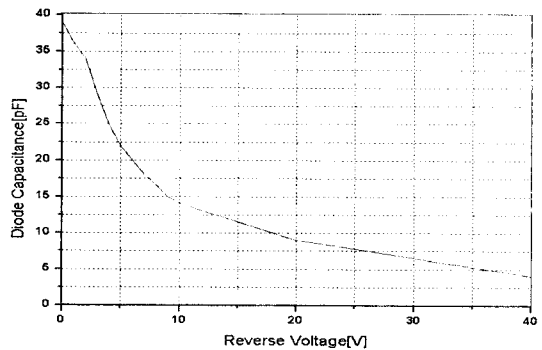


[그림 4] 회로 시뮬레이션 결과



[그림 5] (a) 버렉터 다이오드의 기호; (b) 등가 모델

그림 6는 역전압에 따른 버렉터 다이오드와 캐패시턴스의 관계를 그래프로 나타낸 것으로 역전압이 높아짐에 따라 캐패시턴스 값이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 버렉터 다이오드는 Skyworks사의 SMV1255-079LRF를 사용하였으며, 표 1은 주파수와역전압에 따른 버렉터 다이오드의 캐패시턴스 값으로서 측정에는 Agilent사의 벡터회로망 분석기 E5071B모델을 사용하였고 그림 7은 표 1을 그래프로 나타낸 것이다.



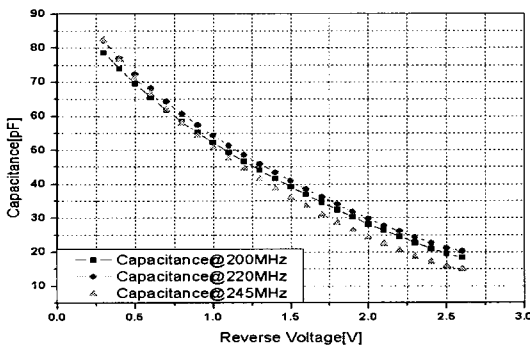
[그림 6] 역전압에 따른 버렉터 다이오드의 캐패시턴스 특성

DC 바이어스단을 구성하기 위해 RF 쇼크와 블록킹 캐패시터를 사용하였다. RF 쇼크는 RF 신호가 DC 바이어스 단으로 흘러가지 않도록 막아주는 역할을 한다. 보통 RF

에서는 1/4파장 변환기를 이용하여 바이어스단을 구성하며, 이것은 직렬로 인덕터를 연결한 효과와 같다. 그리고 블록킹 캐패시터는 DC 바이어스가 RF단으로 흘러가지 않도록 막아주는 역할을 한다. 본 논문에서는 RF 쇼크와 블록킹 캐패시터에 각각 1uH의 인덕터와 1nF의 캐패시터를 사용하였다.

**[표 1]** 주파수와 역전압에 따른 버랙터 다이오드 캐패시턴스 측정값(Skywork사의 SMV1255-079LF)

| SMV1255-079LF 버랙터 다이오드 |           |         |         |
|------------------------|-----------|---------|---------|
| DC 전압[V]               | 캐패시턴스[pF] |         |         |
|                        | @200MHz   | @220MHz | @245MHz |
| 0.3                    | 78.672    | 82.045  | 82.419  |
| 0.4                    | 73.912    | 77.042  | 76.572  |
| 0.5                    | 69.551    | 72.284  | 71.359  |
| 0.6                    | 65.512    | 68.112  | 66.621  |
| 0.7                    | 61.826    | 64.372  | 61.942  |
| 0.8                    | 58.412    | 60.710  | 58.050  |
| 0.9                    | 55.245    | 57.416  | 54.351  |
| 1.0                    | 52.237    | 54.341  | 50.812  |
| 1.1                    | 49.346    | 51.367  | 47.536  |
| 1.2                    | 46.650    | 48.564  | 44.536  |
| 1.3                    | 44.053    | 45.871  | 41.471  |
| 1.4                    | 41.564    | 43.391  | 38.681  |
| 1.5                    | 39.183    | 40.953  | 36.016  |
| 1.6                    | 36.861    | 38.451  | 33.530  |
| 1.7                    | 34.571    | 36.154  | 31.057  |
| 1.8                    | 32.375    | 34.005  | 28.667  |
| 1.9                    | 30.319    | 31.837  | 26.556  |
| 2.0                    | 28.154    | 29.812  | 24.343  |
| 2.1                    | 26.323    | 27.796  | 22.430  |
| 2.2                    | 24.525    | 26.109  | 20.558  |
| 2.3                    | 22.678    | 24.289  | 18.581  |
| 2.4                    | 20.940    | 22.548  | 17.145  |
| 2.5                    | 19.446    | 21.152  | 15.764  |
| 2.6                    | 18.371    | 20.192  | 14.934  |

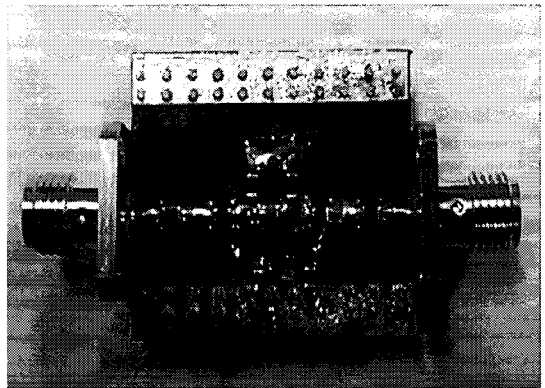


**[그림 7]** 측정된 버랙터 다이오드의 캐패시턴스

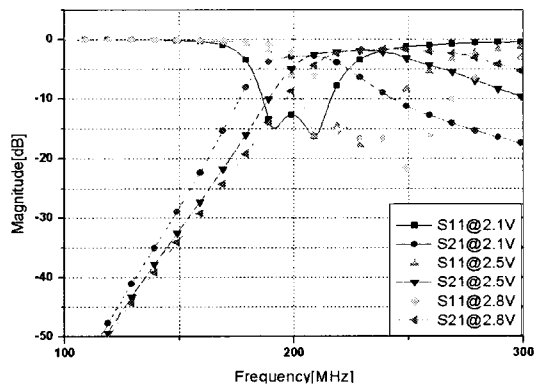
### 3. 제작 및 측정결과

본 논문에서는 설계이론을 검증하기 위해 2개의 병렬 공진회로의 캐패시터를 버랙터 다이오드로 대체하였고 제작에 사용된 기판은 비유전율 2.2, 유전체 두께 0.7874mm(31mil)인 로저스사의 Duroid 5880이다.

그림 8과 9는 제작된 회로와 측정결과를 나타내고 있다. 회로 시뮬레이션 결과와 비교해 보았을 때 통과대역에서 최대 -2.9dB 정도의 손실이 발생하였지만 세라믹 코어를 이용한 인덕터와 칩 캐패시터 그리고 기판에 의해 발생한 손실을 감안한다면 우수한 특성을 보이는 것을 확인 할 수 있다.



**[그림 8]** 실제 제작된 2단 Direct Capacitive Coupled 공진기 대역통과여파기



**[그림 9]** 실제 측정 결과

### 4. 결론

본 논문에서는 병렬 공진기의 캐패시터 대신 버랙터 다이오드를 사용한 2단 Direct Capacitive Coupled 공진기

대역통과여파기를 설계하였다. DC 바이어스를 각각 2.1V, 2.5V, 2.8V로 변경하며 측정 한 결과, 시뮬레이션 결과와 마찬가지로 200MHz, 220MHz, 245MHz의 중심 주파수를 갖는 특성을 얻어내었다.

본 논문에서 제안된 가변 대역통과여파기는 캐패시터와 인덕터 그리고 버랙터 다이오드를 이용하여 실제함으로써 마이크로스트립선로를 이용한 회로에 비해 보다 소형화 하였으며, 비교적 간단한 회로 구조 측면에서 볼 때, 무선 통신 시스템 분야에서 유용하게 이용될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Revised edition, pp. 503, Addison-Wesley, Inc., 1990.
- [2] Uber J., Hoefler W.J.R., "Tunable microwave and millimeter-wave band-pass filters," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* vol.39, Issue 4, pp. 643-653, Apr.1991.
- [3] Kawai K., Okazaki H., Narahashi S., "Center frequency and Bandwidth Tunable Filter Employing Tunable Comb-Shaped Transmission Line Resonators and J-inverters", *European Microwave Conference 2006*, pp. 649-652, Sep.2006.
- [4] Pleskachev Vladimr, Vendik Irina, "Figue of Merit of Tunable Ferroelectric Planar Filters", *European Microwave Conference 2003*, pp. 191-194, Oct. 2003.
- [5] Lee J., Sarabandi K., "An Analytic Design Method for Microstrip Tunable Filters", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* vol.56, Issue 7, pp. 1699-1706, July.2008.
- [6] Guillermo Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers", Second edition, pp. 425-427, 1997.
- [7] Thomas L. Floyd, "Electronic Devices", 7th edition, pp. 174-178, 2005.
- [8] Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, "Micro Electronic Circuits", 5th edition, pp. 210, 2004.
- [9] Richard L. Anderson, "Fundamentals of Semiconductor Devices", International edition, pp. 353-354, 2005.

#### 하 정 현(Jung-Hyen Ha)

[준회원]



- 2002년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등

#### 신 은 영(Eun-Young Shin)

[준회원]



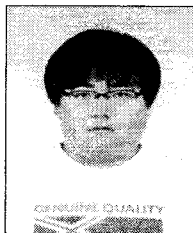
- 2005년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등

#### 강 민 우(Min-Woo Kang)

[준회원]



- 2008년 2월 : 순천향대학교 정보 기술공학부 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 (공학석사 과정)

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등

**권 칠 현(Chil-Hyeun Gwon)**

[준회원]



- 2007년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 (공학석사과정)

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등

**박 병 훈(Byung-Hoon Park)**

[정회원]



- 1994년 2월 : 아주대학교 물리학과 (이학사)
- 1996년 2월 : 아주대학교 물리학과 (이학석사)
- 1996년 2월 ~ 1999년 5월 : (주)대우전자부품 기술연구소 (대리)
- 1999년 6월 ~ 2001년 7월 : (주)청호컴넷 기술연구소 (주임연구원)

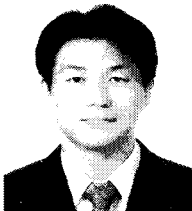
- 2001년 8월 ~ 현재 : (주)쏘닉스 (연구소장)

<관심분야>

반도체소자 및 공정, SAW Devices, MEMS 등

**임 종 식(Jong-Sik Lim)**

[종신회원]



- 1991년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 2005년 2월 한국 전자통신연구원 선임연구원

- 2005년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신공학과 재직중

<관심분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등

**최 흥 택(Heung-Taek Choi)**

[정회원]



- 1984년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 고려대학교 전자공학과(공학석사)
- 1994년 3월 : 고려대학교 전자공학과(공학박사수료)
- 1987년 9월 ~ 1994년 12월 : 한국전자통신연구원 선임연구원

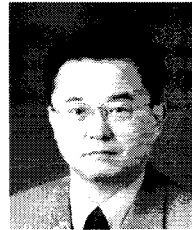
- 2000년 5월 ~ 2003년 12월 : (주)아이티모바일 대표이사
- 2004년 1월 ~ 2005년 12월 : (주)아이티모바일시스템즈 대표이사
- 2006년 11월 ~ 현재 : BcNE Global Co. 전무

<관심분야>

RF통신회로설계, 이동통신 시스템설계 등

**안 달(Dal Ahn)**

[종신회원]



- 1984년 2월 : 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1986년 2월 : 서강대학교 전자공학과(공학석사)
- 1990년 8월 : 서강대학교 전자공학과(공학박사)
- 1990년 8월 ~ 1992년 2월 : 한국 전자통신 연구원 선임연구원
- 1992년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기통신시스템공학과 교수

<관심분야>

RF, 마이크로파 수동소자 해석 및 설계 등