



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월29일
(11) 등록번호 10-1842627
(24) 등록일자 2018년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 9/28 (2018.01) H01Q 9/04 (2018.01)
H01Q 9/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 9/285 (2013.01)
H01Q 9/0407 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0024049
(22) 출원일자 2017년02월23일
심사청구일자 2017년02월23일
(30) 우선권주장
1020160166120 2016년12월07일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2012256999 A*
KR1020130131620 A*
KR1020080047874 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김동호
서울특별시 송파구 문정로 83, 105동 1502호 (문정동, 문정래미안아파트)
고준봉
경기도 남양주시 경춘로1256번길 20, 1411동 1001호 (평내동)
(74) 대리인
두호특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 변종길

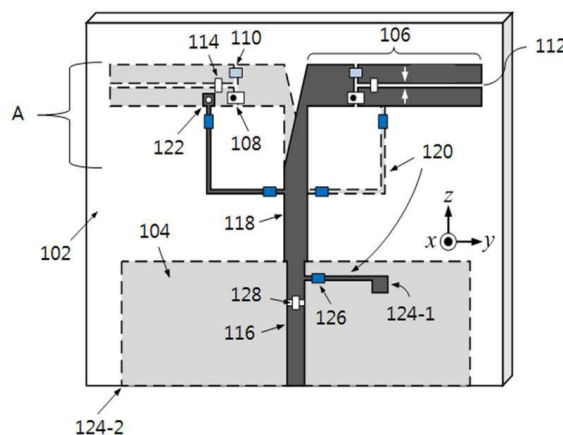
(54) 발명의 명칭 주파수 가변형 디바이스와 이를 포함하는 안테나, 전파 흡수체 및 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법

(57) 요약

주파수 가변형 디바이스와 이를 포함하는 안테나, 전파 흡수체 및 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법이 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스는, 유전체 상에서 일 방향으로 연장 형성되는 도전성 패턴; 상기 도전성 패턴 상에 형성되며, 상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알레프(RF : Radio Frequency) 소자; 및 상기 알레프 소자와 전기적으로 연결되어 상기 동작 주파수 대역을 확장시키는 리액턴스 소자를 포함한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

H01Q 9/065 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711036753

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인연구지원

연구과제명 광대역 빔 스캔이 가능한 중저가형 고이득 reflectarray 안테나 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2016.05.01 ~ 2017.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

주파수 가변형 디바이스로서,

유전체 상에서 일 방향으로 연장 형성되며, 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 배치되는 제1 패턴부 및 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측에 배치되어 상기 제1 패턴부와 소정 간격(g_1) 이격되는 제2 패턴부를 포함하는 도전성 패턴;

상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이의 간격(g_1)에 형성되며, 상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알에프(RF : Radio Frequency) 소자; 및

상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이의 간격(g_1)에 형성되며, 상기 알에프 소자와 전기적으로 연결되어 상기 동작 주파수 대역을 확장시키는 리액턴스 소자를 포함하며,

상기 주파수 가변형 디바이스의 공진을 위한 상기 주파수 가변형 디바이스의 필요 리액턴스(required reactance)는, 주파수 변화에 따라 음의 기울기를 갖는 함수로 나타나며,

상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이에 형성된 소자들은, 상기 필요 리액턴스가 음의 기울기를 갖도록 하기 위해 음의 값을 갖는 인덕터와 음의 값을 갖는 커패시터가 직렬 연결된 것과 동일하게 구성되며,

상기 필요 리액턴스의 구성을 위한 상기 인덕터의 인덕턴스와 상기 커패시터의 커패시턴스는, 아래의 수학적 식 1 및 2로부터 도출되는, 주파수 가변형 디바이스.

[수학적 식 1]

$$2\pi f_1 L_{neg} - \frac{1}{2\pi f_1 C_{neg}} = X_{v1}$$

[수학적 식 2]

$$2\pi f_2 L_{neg} - \frac{1}{2\pi f_2 C_{neg}} = X_{v2}$$

(여기서, f_1 및 f_2 는 설정된 범위 내에 속하는 서로 다른 주파수를 각각 나타내며, X_{v1} 및 X_{v2} 는 상기 주파수 f_1 및 f_2 에서 상기 소자들의 리액턴스를 각각 나타내며, L_{neg} 및 C_{neg} 는 상기 인덕터의 인덕턴스 및 상기 커패시터의 커패시턴스를 각각 나타냄)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 알에프 소자 및 상기 리액턴스 소자가 형성되는 위치는, 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측보다 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 더 가까운, 주파수 가변형 디바이스.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제2 패턴부에는, 상기 도전성 패턴의 길이 방향으로 슬릿(slit)이 연장 형성되는, 주파수 가변형 디바이스.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 슬릿에는, DC 절연 커패시터가 형성되어 상기 슬릿에 의해 분리된 상기 제2 패턴부에 각각 연결되는, 주파수 가변형 디바이스.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 알에프 소자는, 버랙터 다이오드(varactor diode), 핀 다이오드(pin diode) 및 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 스위치 중 하나 이상을 포함하는, 주파수 가변형 디바이스.

청구항 8

청구항 1 및 4 내지 7 중 어느 한 항에 기재된 주파수 가변형 디바이스를 포함하는, 안테나.

청구항 9

청구항 1 및 4 내지 7 중 어느 한 항에 기재된 주파수 가변형 디바이스를 포함하는, 전파 흡수체.

청구항 10

주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법으로서,

도전성 패턴이 유전체 상에서 일 방향으로 연장 형성되는 단계;

상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알에프(RF : Radio Frequency) 소자가 상기 도전성 패턴 상에 형성되는 단계; 및

리액턴스 소자가 상기 알에프 소자와 전기적으로 연결되어 상기 동작 주파수 대역을 확장시키는 단계를 포함하며,

상기 도전성 패턴은, 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 배치되는 제1 패턴부 및 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측에 배치되어 상기 제1 패턴부와 소정 간격(g_1) 이격되는 제2 패턴부를 포함하며,

상기 알에프 소자 및 상기 리액턴스 소자는, 상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이의 간격(g_1)에 형성되며,

상기 주파수 가변형 디바이스의 공진을 위한 상기 주파수 가변형 디바이스의 필요 리액턴스(required reactance)는, 주파수 변화에 따라 음의 기울기를 갖는 함수로 나타나며,

상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이에 형성된 소자들은, 상기 필요 리액턴스가 음의 기울기를 갖도록 하기 위해 음의 값을 갖는 인덕터와 음의 값을 갖는 커패시터가 직렬 연결된 것과 동일하게 구성되며,

상기 필요 리액턴스의 구성을 위한 상기 인덕터의 인덕턴스와 상기 커패시터의 커패시턴스는, 아래의 수학적 1

및 2로부터 도출되는, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법.

[수학식 1]

$$2\pi f_1 L_{neg} - \frac{1}{2\pi f_1 C_{neg}} = X_{v1}$$

[수학식 2]

$$2\pi f_2 L_{neg} - \frac{1}{2\pi f_2 C_{neg}} = X_{v2}$$

(여기서, f_1 및 f_2 는 설정된 범위 내에 속하는 서로 다른 주파수를 각각 나타내며, X_{v1} 및 X_{v2} 는 상기 주파수 f_1 및 f_2 에서 상기 소자들의 리액턴스를 각각 나타내며, L_{neg} 및 C_{neg} 는 상기 인덕터의 인덕턴스 및 상기 커패시터의 커패시턴스를 각각 나타냄)

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 알레프 소자 및 상기 리액턴스 소자가 형성되는 위치는, 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측보다 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 더 가까운, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법.

청구항 14

청구항 10에 있어서,

상기 제2 패턴부에 상기 도전성 패턴의 길이 방향으로 슬릿(slit)이 연장 형성되는 단계를 더 포함하는, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

DC 절연 커패시터가 상기 슬릿에 형성되어 상기 슬릿에 의해 분리된 상기 제2 패턴부에 각각 연결되는 단계를 더 포함하는, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법.

청구항 16

청구항 10에 있어서,

상기 알레프 소자는, 버랙터 다이오드(varactor diode), 핀 다이오드(pin diode) 및 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 스위치 중 하나 이상을 포함하는, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 확장시키기 위한 기술과 관련된다.

배경 기술

[0003] 최근 들어, 무선 통신 애플리케이션의 사용이 급증함에 따라 인접 주파수 대역 간의 원치 않는 전자기적 간섭이 야기되고 있다. 이에 따라, 동작 주파수 대역을 변환할 수 있는 주파수 가변형 디바이스에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 주파수 가변형 안테나(frequency tunable antenna)는 주파수 가변형 디바이스의 대표적인 응용 분야 중 하나이다.

[0004] 최근의 주파수 가변형 안테나들은 핀 (PIN) 다이오드, 벡터 다이오드와 같은 RF 능동 소자를 활용하여 안테나의 전기적 길이를 변환하는 방법을 주로 사용하고 있다.

[0005] 일반적으로, 핀 다이오드를 사용한 주파수 가변형 안테나의 경우 동작 주파수 선택 범위가 넓은 장점이 있으나, ON/OFF의 두 가지 상태만을 선택 가능하므로 불연속한 주파수 가변 특성(즉, 주파수 선택도가 낮은 특성)을 갖는 단점이 있다. 또한, 벡터 다이오드를 사용한 주파수 가변형 안테나의 경우 벡터의 커패시턴스를 연속적으로 변화시킬 수 있으므로 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수를 연속적으로 가변할 수 있는 장점이 있으나, 상용 벡터 다이오드가 갖는 커패시턴스가 매우 크기 때문에 주파수 가변 범위의 상한 주파수(upper limit frequency)를 올리는 데 필요한 큰 리액턴스를 갖지 못해 전체 주파수 가변 범위를 넓히는 데 제한이 있다.

[0006] 이에, 벡터 다이오드와 핀 다이오드를 동시에 사용하여 연속적인 주파수 변환과 넓은 주파수 가변 범위를 동시에 달성하는 새로운 타입의 안테나가 소개되었다. 그러나, 이 경우 다수의 다이오드 및 이들을 급전하기 위한 복잡한 바이어스 라인이 요구되며 이에 따라 안테나의 구조가 매우 복잡해지는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-0778120호(2007.11.14)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 실시예들은 동작 주파수 대역이 대폭 확장된 주파수 가변형 디바이스와 이를 포함하는 안테나, 전파 흡수체 및 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 예시적인 실시예에 따르면, 주파수 가변형 디바이스로서, 유전체 상에서 일 방향으로 연장 형성되는 도전성 패턴; 상기 도전성 패턴 상에 형성되며, 상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알에프(RF : Radio Frequency) 소자; 및 상기 알에프 소자와 전기적으로 연결되어 상기 동작 주파수 대역을 확장시키는 리액턴스 소자를 포함하는, 주파수 가변형 디바이스가 제공된다.

[0012] 상기 리액턴스 소자는, 상기 알에프 소자와 직렬 또는 병렬 연결될 수 있다.

[0013] 상기 주파수 가변형 디바이스의 공진을 위한 상기 주파수 가변형 디바이스의 필요 리액턴스(required reactance)는, 주파수 변화에 따라 음의 기울기를 갖는 함수로 나타낼 수 있다.

[0014] 상기 도전성 패턴은, 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 배치되는 제1 패턴부 및 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측에 배치되어 상기 제1 패턴부와 소정 간격(g_1) 이격되는 제2 패턴부를 포함하며, 상기 알에프 소자 및 상기 리액턴스 소자는, 상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이의 간격(g_1)에 형성될 수 있다.

- [0015] 상기 알에프 소자 및 상기 리액턴스 소자가 형성되는 위치는, 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측보다 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 더 가까울 수 있다.
- [0016] 상기 제2 패턴부에는, 상기 도전성 패턴의 길이 방향으로 슬릿(slit)이 연장 형성될 수 있다.
- [0017] 상기 슬릿에는, DC 절연 커패시터가 형성되어 상기 슬릿에 의해 분리된 상기 제2 패턴부에 각각 연결될 수 있다.
- [0018] 상기 알에프 소자는, 버랙터 다이오드(varactor diode), 핀 다이오드(pin diode) 및 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 스위치 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 상술한 주파수 가변형 디바이스를 포함하는, 안테나가 제공된다.
- [0020] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 상술한 주파수 가변형 디바이스를 포함하는, 전파 흡수체가 제공된다.
- [0021] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법으로서, 도전성 패턴이 유전체 상에서 일 방향으로 연장 형성되는 단계; 상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알에프(RF : Radio Frequency) 소자가 상기 도전성 패턴 상에 형성되는 단계.; 및 리액턴스 소자가 상기 알에프 소자와 전기적으로 연결되어 상기 동작 주파수 대역을 확장시키는 단계를 포함하는, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법이 제공된다.
- [0022] 상기 리액턴스 소자는, 상기 알에프 소자와 직렬 또는 병렬 연결될 수 있다.
- [0023] 상기 주파수 가변형 디바이스의 공진을 위한 상기 주파수 가변형 디바이스의 필요 리액턴스(required reactance)는, 주파수 변화에 따라 음의 기울기를 갖는 함수로 나타낼 수 있다.
- [0024] 상기 도전성 패턴은, 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 배치되는 제1 패턴부 및 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측에 배치되어 상기 제1 패턴부와 소정 간격(g_1) 이격되는 제2 패턴부를 포함하며, 상기 알에프 소자 및 상기 리액턴스 소자는, 상기 제1 패턴부와 상기 제2 패턴부 사이의 간격(g_1)에 형성될 수 있다.
- [0025] 상기 알에프 소자 및 상기 리액턴스 소자가 형성되는 위치는, 상기 주파수 가변형 디바이스의 외측보다 상기 주파수 가변형 디바이스의 중심 측에 더 가까울 수 있다.
- [0026] 상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법은, 상기 제2 패턴부에 상기 도전성 패턴의 길이 방향으로 슬릿(slit)이 연장 형성되는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법은, DC 절연 커패시터가 상기 슬릿에 형성되어 상기 슬릿에 의해 분리된 상기 제2 패턴부에 각각 연결되는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 알에프 소자는, 버랙터 다이오드(varactor diode), 핀 다이오드(pin diode) 및 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 스위치 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명의 실시예들에 따르면, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알에프 소자와 리액턴스 소자를 전기적으로 연결시킴으로써, 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 확장할 수 있다. 특히, 본 발명의 실시예들에 따르면, 핀 다이오드를 사용한 주파수 가변형 디바이스가 갖는 주파수 선택 폭이 넓은 장점과 버랙터를 사용한 주파수 가변형 디바이스가 갖는 주파수 가변이 연속적인 장점을 동시에 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 상세 구성을 나타낸 구조도
- 도 2는 도 1의 A 부분을 확대한 도면
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 가변 원리를 설명하기 위한 예시도
- 도 4는 버랙터 다이오드를 포함하는 주파수 가변형 디바이스의 S11 파라미터의 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프

도 5는 버랙터 다이오드를 포함하는 주파수 가변형 디바이스의 공진을 위한 필요 리액턴스를 나타낸 그래프

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역이 확장된 결과를 나타낸 그래프

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 S11 파라미터의 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 S11 파라미터의 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 최대 실현 이득(maximum realized gain)을 나타낸 그래프

도 10은 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 확장 방법을 설명하기 위한 흐름도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0034] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스(100)의 상세 구성을 나타낸 구조도이며, 도 2는 도 1의 A 부분을 확대한 도면이다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스(100)는 동작 주파수 대역이 가변될 수 있는 기기로서, 예를 들어 주파수 가변형 안테나, 주파수 가변형 전파 흡수체 등을 포함할 수 있다. 여기서, 안테나는 예를 들어, 다이폴 안테나, 패치 안테나 등이 될 수 있으나 안테나의 종류가 이에 한정되는 것은 아니다. 이하에서는, 설명의 편의상 주파수 가변형 디바이스(100)가 안테나를 포함하며, 상기 안테나는 다이폴 안테나인 것으로 가정한다.
- [0038] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스(100)는 유전체(102), 접지면(104), 도전성 패턴(106), 알에프 소자(108), 리액턴스 소자(110), 슬릿(112), DC 절연 커패시터(114), 마이크로스트립 라인(116), 병렬 스트립 라인(118), 바이어스 라인(120), 비아홀(122), 바이어스 포인트(124), 초크 인덕터(126) 및 블록킹 커패시터(128)를 포함한다.
- [0039] 유전체(Dielectric Substance, 102)는 도전성 패턴(106), 마이크로스트립 라인(116), 병렬 스트립 라인(118), 바이어스 라인(120) 등이 형성되는 판으로서, 유전 물질로 이루어질 수 있다. 유전체(102)는 예를 들어, 인쇄 회로 기판(PCB : Printed Circuit Board)일 수 있다. 또한, 도전성 패턴(106)은 상기 유전체(102) 상에 에칭(Etching)될 수 있다. 여기서, 도 1에서 실선으로 표시된 부분은 유전체(102)의 상면에 형성되며, 점선으로 표시된 부분은 유전체(102)의 하면에 형성될 수 있다.
- [0040] 접지면(104)은 주파수 가변형 디바이스(100) 복사 패턴 또는 반사 패턴이 +z 방향으로 지향성(directionality)을 갖도록 하는 반사면 역할을 한다.
- [0041] 도전성 패턴(106)은 전파를 방사, 복사, 반사 또는 흡수하기 위한 패턴으로서, 구리, 은 등과 같은 도전성 재료로 이루어질 수 있다. 주파수 가변형 디바이스(100)가 다이폴 안테나를 포함하는 경우, 도전성 패턴(106)은 예를 들어, 다이폴 암일 수 있다. 이때, 상기 다이폴 암의 길이는 $\lambda_g/4$ (λ_g : 관내 파장)일 수 있다. 도 1에 도시

된 바와 같이, 도전성 패턴(106)은 유전체(102) 상에서 일 방향으로 연장 형성될 수 있다.

[0042] 또한, 도 1 및 도 2를 참조하면, 도전성 패턴(106)은 주파수 가변형 디바이스(100)의 중심 측에 배치되는 제1 패턴부(106-1) 및 주파수 가변형 디바이스(100)의 외측에 배치되어 제1 패턴부(106-1)와 소정 간격(g_1) 이격되는 제2 패턴부(106-2)를 포함할 수 있다. 상기 간격(g_1)은 예를 들어, 1mm일 수 있다. 이때, 제1 패턴부(106-1)는 병렬 스트립 라인(118)과 연결될 수 있으며, 제2 패턴부(106-2)는 바이어스 라인(120)과 연결될 수 있다.

[0043] 또한, 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 사이의 간격(g_1)에는 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)가 형성될 수 있다. 이때, 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)는 전기적으로 연결될 수 있다. 일 예시로서, 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)는 상호 병렬 연결될 수 있다. 다만, 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)의 전기적 연결 방식이 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)는 실시예들에 따라 직렬로 연결될 수도 있다. 또한, 상기 간격(g_1)에는 하나 이상의 알에프 소자(108)와 하나 이상의 리액턴스 소자(110)가 존재할 수 있으며, 이 경우 상기 하나 이상의 알에프 소자(108)와 하나 이상의 리액턴스 소자(110) 중 일부는 직렬 연결되고 다른 일부는 병렬 연결되는 등 상기 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)의 전기적 연결 방식이 특별히 한정되는 것은 아니다. 다만, 이하에서는 설명의 편의상 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)가 병렬 연결되는 것으로 가정하기로 한다.

[0044] 알에프(RF : Radio Frequency) 소자(108)는 RF 전력을 소모 또는 발생시키는 소자로서, 칩 저항, 칩 커패시터, 칩 인덕터 등과 같은 수동 소자, 또는 다이오드, 스위치 등과 같은 능동 소자가 이에 해당할 수 있다. 본 실시예들에 있어서, 상기 알에프 소자(108)는 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역을 가변시키는 소자 또는 상기 소자들의 조합으로서, 예를 들어 버랙터 다이오드(varactor diode), 핀 다이오드(pin diode), MEMS(Micro Electro Mechanical System) 스위치, 가변 인덕터 등을 포함할 수 있다. 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역은 알에프 소자(108) 내부의 커패시턴스와 인덕턴스에 의해 결정되며, 상기 동작 주파수 대역을 초과하는 주파수 대역에서는 알에프 소자(108)가 본래의 기능을 상실하기 때문에 주파수 가변형 디바이스(100)의 사용 주파수 대역이 제한될 수 있다.

[0045] 일반적으로, 핀 다이오드를 사용한 주파수 가변형 디바이스의 경우 동작 주파수 선택 범위가 넓은 장점이 있으나, ON/OFF의 두 가지 상태만을 선택 가능하므로 불연속한 주파수 가변 특성(즉, 주파수 선택도가 낮은 특성)을 갖는 단점이 있다. 또한, 버랙터 다이오드를 사용한 주파수 가변형 디바이스의 경우 버랙터의 커패시턴스를 연속적으로 변화시킬 수 있으므로 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수를 연속적으로 가변할 수 있는 장점이 있으나, 상용 버랙터 다이오드가 갖는 커패시턴스가 매우 크기 때문에 주파수 가변 범위의 상한 주파수(upper limit frequency)를 올리는 데 필요한 큰 레액턴스를 갖지 못해 전체 주파수 가변 범위를 넓히는 데 제한이 있다.

[0046] 이에 따라, 본 발명의 실시예들에서는 알에프 소자(108)에 리액턴스 소자(110)를 전기적으로 연결함으로써 나타나는 반 공진(anti-resonance) 현상을 이용하여 주파수 가변형 디바이스(100)의 전체 리액턴스를 낮추고 이를 통해 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 가변 범위를 대폭 확장시켰다.

[0047] 리액턴스 소자(110)는 알에프 소자(108)와 전기적으로 연결(예를 들어, 병렬 연결)되어 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역을 확장시킨다. 여기서, 리액턴스 소자(110)는 예를 들어, 인덕터 및 커패시터 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 알에프 소자(108)에 리액턴스 소자(110)가 병렬 연결되는 경우 주파수 가변형 디바이스(100)의 전체 리액턴스가 변하게 되며, 알에프 소자(108)에 바이어스를 인가하는 경우 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역이 넓은 범위에서 가변될 수 있다. 이에 대해서는 도 3 내지 도 9를 참조하여 구체적으로 후술하기로 한다.

[0048] 상술한 바와 같이, 알에프 소자(108) 및 리액턴스 소자(110)는 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 사이의 간격(g_1)에 형성될 수 있다. 이때, 알에프 소자(108) 및 리액턴스 소자(110)가 형성되는 위치는 주파수 가변형 디바이스(100)의 외측보다 주파수 가변형 디바이스(100)의 중심 측에 더 가까울 수 있다. 제1 패턴부(106-1)의 연장 길이(d)는 주파수 가변형 디바이스(100)의 주파수 가변성(frequency tunability)에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 도전성 패턴(106)의 전기적 길이는 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 사이의 간격(g_1)에서의 용량성 커플링 강도에 따라 달라질 수 있다. 상기 용량성 커플링은 상기 간격(g_1)을 통해 흐르는 변위 전류(displacement current)와 물리적으로 동일할 수 있다. 만약, 상기 변위 전류의 크기를 증가시키는 경우, 도전성 패턴(106)의 전기적 길이를 조정할 수 있다. 이때, 표면 전류(surface current)가 주파수 가변형 디바이스

(100)의 중심에서 가장 강하므로, 상기 간격(g_1)을 주파수 가변형 디바이스(100)의 중심에 최대한 가깝게 위치시키는 것이 중요하다. 이 경우, 변위 전류의 조정 범위가 넓어지게 되며, 이에 따라 주파수 가변 범위를 최대한 확장시킬 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들에서는 제1 패턴부(106-1)의 연장 길이(d)를 최대한 작게 설계하는 것이 바람직하며, 이에 따라 알에프 소자(108) 및 리액턴스 소자(110)가 형성되는 위치는 주파수 가변형 디바이스(100)의 외측보다 주파수 가변형 디바이스(100)의 중심 측에 더 가깝게 된다.

[0049] 또한, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 제2 패턴부(106-2)에는 슬릿(slit, 112)이 형성될 수 있다. 이때, 슬릿(112)은 도전성 패턴(106), 예를 들어 제2 패턴부(106-2)의 길이 방향(또는 연장 방향)으로 연장 형성될 수 있다. 또한, 슬릿(112)의 간격(g_2)은 예를 들어, 0.5mm일 수 있다. 상기 슬릿(112)은 리액턴스 소자(110)에 의해 알에프 소자(108)가 단락되는 것을 방지하기 위한 것으로, 제2 패턴부(106-2)에서 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110)의 사이에 위치하도록 형성될 수 있다. 만약, 리액턴스 소자(110)가 인덕터(예를 들어, 5nH의 인덕턴스를 갖는 인덕터)일 때 알에프 소자(108)의 양단에 DC 전압(즉, 바이어스 전압)을 인가하는 경우 상기 인덕터에 의해 알에프 소자(108)가 단락(short)되어 알에프 소자(108)의 양단에 원하는 DC 전압차를 가할 수 없게 된다. 따라서, 본 발명의 실시예들에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 제2 패턴부(106-2)에 슬릿(112)이 형성되도록 구성하였으며, 이 경우 알에프 소자(108)의 양단에 원하는 DC 전압차를 가할 수 있게 된다. 한편, 상기 슬릿(112)은 예를 들어, 일자 형상으로 이루어질 수 있으나 상기 슬릿(112)의 형상이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050] 또한, RF 관점에서 알에프 소자(108)와 리액턴스 소자(110) 간의 전기적 연결(예를 들어, 병렬 연결)이 유지되어야 하므로, 본 발명의 실시예들에서는 DC 절연 커패시터(114)가 슬릿(112)에 형성되어 상기 슬릿(112)에 의해 분리된 제2 패턴부(106-2)에 각각 연결되도록 하였다. 상기 DC 절연 커패시터(114)는 상기 슬릿(112)을 가로지르는 방향으로 위치할 수 있으며, 예를 들어, 30pF의 커패시턴스를 가질 수 있다.

[0051] 마이크로스트립 라인(116) 및 병렬 스트립 라인(118)은 주파수 가변형 디바이스(100)를 급전하는 급전 라인이다. 마이크로스트립 라인(116) 및 병렬 스트립 라인(118)은 예를 들어, 50Ω의 특성을 가질 수 있다. 이때, 병렬 스트립 라인(118)의 적어도 일부는 도전성 패턴(106)을 향하도록 연장 형성될 수 있으며, 예를 들어 선형 테이퍼(linear tapered) 형상으로 이루어질 수 있다. 이 경우, 상기 선형 테이퍼 형상 부분은 병렬 스트립 라인(118)의 임피던스 특성을 점진적으로 변화시키는 광대역 발룬(wideband balun)으로서 기능하게 된다.

[0052] 바이어스 라인(120), 비아홀(122) 및 바이어스 포인트(124)는 알에프 소자(108)를 제어하기 위한 바이어스 회로망을 구성한다. 예를 들어, 제1 바이어스 포인트(124-1)와 제2 바이어스 포인트(124-2) 간의 DC 전압이 바이어스 전압으로서 바이어스 라인(120) 및 비아홀(122)을 따라 알에프 소자(108)에 인가될 수 있다. 이때, 마이크로스트립 라인(116) 및 병렬 스트립 라인(118) 또한 바이어스 라인으로 기능할 수 있다. 바이어스 라인(120)은 병렬 스트립 라인(118)과 도전성 패턴(106)에 각각 연결될 수 있다. 여기서, 알에프 소자(108)는 예를 들어, 버랙터 다이오드인 것으로 가정한다. 상기 버랙터 다이오드는 예를 들어, 바이어스 라인(120) 및 비아홀(122)을 따라 인가되는 DC 전압이 0 ~ 20V로 가변됨에 따라 0.4pF ~ 2.2 pF의 커패시턴스를 가지도록 가변될 수 있다.

[0053] 초크 인덕터(126)는 바이어스 라인(120)에 흐르는 RF 전류에 의해 원치 않게 전파가 복사되는 것을 방지한다. DC 전류는 초크 인덕터(126)를 그대로 통과하게 되지만, RF 전류는 초크 인덕터(126)를 통과하지 못하게 된다. 초크 인덕터(126)는 예를 들어, 51nH의 인덕턴스를 가질 수 있다.

[0054] 블록킹 커패시터(128)는 마이크로스트립 라인(116)에 형성되어 RF 소스 내로 흐르는 DC 전류를 차단한다. RF 전류는 블록킹 커패시터(128)를 그대로 통과하게 되지만, DC 전류는 블록킹 커패시터(128)를 통과하지 못하게 된다. 블록킹 커패시터(128)는 예를 들어, 30 pF의 커패시턴스를 가질 수 있다.

[0056] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 가변 원리를 설명하기 위한 예시도이다.

[0057] 도 3에 도시된 바와 같이, 도전성 패턴(106)의 전기적 길이는 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 사이에 삽입된 소자들의 리액턴스(X_L)에 따라 달라질 수 있다. 상기 리액턴스(X_L)가 커지면 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 간의 용량성 커플링이 약하게 형성되어 도전성 패턴(106)의 전기적 길이가 줄어들게 되며, 상기 리액턴스(X_L)가 작아지면 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 간의 용량성 커플링이 강하게 형성되어 도전성 패턴(106)의 전기적 길이가 도전성 패턴(106)의 물리적 길이(1)에 가까워지게 된다. 이로부터 도전성 패턴(106)의 전기적 길이, 즉 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수를 상기 리액턴스(X_L)의 함수로 표현할 수 있

다. 이는 주파수에 따라 주파수 가변형 디바이스(100)가 공진할 수 있는 필요 리액턴스(required reactance)가 반드시 존재한다는 것을 의미한다.

[0059] 도 4는 버랙터 다이오드를 포함하는 주파수 가변형 디바이스의 S11 파라미터의 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프이며, 도 5는 버랙터 다이오드를 포함하는 주파수 가변형 디바이스의 공진을 위한 필요 리액턴스를 나타낸 그래프이다. 여기서는, 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 사이에 버랙터 다이오드만이 존재하는 것으로 가정한다.

[0060] 먼저, 도 4를 참조하면, 버랙터 다이오드의 커패시턴스가 2.2 pF ~ 0.4 pF 로 가변됨에 따라 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역이 1.27 GHz ~ 1.52 GHz 범위를 갖는 것을 확인할 수 있다. 이 경우, 버랙터 다이오드의 높은 커패시턴스로 인하여 주파수 가변 범위가 매우 좁은 것을 알 수 있다. 주파수 가변형 디바이스의 동작 주파수 대역을 올리기 위해서는 버랙터 다이오드가 매우 큰 리액턴스(즉, 매우 작은 커패시턴스)를 가져야 하나, 0.4 pF 이하의 커패시턴스를 갖는 상용 버랙터 다이오드를 찾기는 어렵다.

[0061] 또한, 도 5에서 X로 표시된 부분은 주파수 가변형 디바이스가 원하는 주파수에서 공진하기 위한 필요 리액턴스의 값을 나타낸다. 여기서, 필요 리액턴스는 주파수 변화에 따라 음의 기울기를 갖는 함수로 나타남을 확인할 수 있다. 주파수에 대한 리액턴스의 곡선(curve)이 음의 기울기를 갖기 위해서는 음의 값을 갖는 인덕터와 음의 값을 갖는 커패시터가 직렬로 연결될 수 있다. 또한, 도 5에서 X로 표시된 부분과 상술한 특성을 활용하여 주파수에 대한 필요 리액턴스의 함수를 구할 수 있다. 즉, 상기 필요 리액턴스에 관한 함수는 X로 표시된 부분에 대응되는 필요 리액턴스 값을 포함하므로, 상기 필요 리액턴스를 구성하는 인덕터와 커패시터의 값은 아래의 수학적 식 1 및 2로부터 도출될 수 있다.

[0063] [수학적 식 1]

$$2\pi f_1 L_{neg} - \frac{1}{2\pi f_1 C_{neg}} = X_{v1}$$

[0064]

[0066] [수학적 식 2]

$$2\pi f_2 L_{neg} - \frac{1}{2\pi f_2 C_{neg}} = X_{v2}$$

[0067]

[0069] 여기서, f_1 및 f_2 는 1.27 GHz ~ 1.52 GHz 범위 내의 임의의 주파수로서, 예를 들어 $f_1 = 1.27$ GHz, $f_2 = 1.52$ GHz로 가정한다. 또한, X_{v1} 및 X_{v2} 는 상기 주파수 f_1 및 f_2 에서의 리액턴스를 나타낸다. 또한, L_{neg} 및 C_{neg} 는 구하고자 하는 인덕터의 인덕턴스 및 커패시터의 커패시턴스를 각각 나타낸다.

[0070] 상기 수학적 식 1 및 수학적 식 2를 이용하여 L_{neg} 및 C_{neg} 를 계산하면,

$$L_{neg} = -65\text{nH}$$

$$C_{neg} = -0.269\text{pF}$$

[0073] 인 것으로 확인할 수 있다. L_{neg} 및 C_{neg} 이 정해지면, 수학적 식 1과 수학적 식 2를 이용하여 주파수에 대한 필요 리액턴스의 함수를 구할 수 있다.

[0074] 이와 같이 구한 주파수에 대한 필요 리액턴스의 함수(또는 곡선)는 도 5의 녹색 실선과 같다. 도 5를 참조하면, 주파수에 대한 상기 필요 리액턴스에 관한 함수는 음의 경사(negative slope)를 가지게 되며, 비 포스터(non-foster) 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

[0075] 본 발명의 실시예들에서는 이와 같은 점에 특성에 기초하여 알레프 소자(108)에 리액턴스 소자(110)를 전기적으로 연결(예를 들어, 병렬 연결)하였으며, 이 경우 도 6에 도시된 바와 같이 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역이 크게 확장되는 것을 확인할 수 있다.

[0077] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역이 확장된 결과를 나타낸 그래프이다. 여기서는, 제1 패턴부(106-1)와 제2 패턴부(106-2) 사이에 버랙터 다이오드(108), 및 상기 버랙터

다이오드(108)와 병렬 연결되는 인덕터(110)가 존재하는 것으로 가정한다. 이 경우, 버랙터 다이오드(108)와 인덕터(110)의 병렬 연결에 의한 리액턴스(X_L)는 아래의 수학적 식 3과 같이 계산될 수 있다.

[수학적 식 3]

$$X_L = \operatorname{Im} \left\{ \left(\frac{1}{R_s + j\omega L_s + (j\omega C_v)^{-1}} + \frac{1}{j\omega L_0} \right)^{-1} \right\}$$

여기서, C_v 는 버랙터 다이오드(108)의 커패시턴스, R_s 및 L_s 는 내부 회로 소자, L_0 는 인덕터(110)의 인덕턴스를 각각 의미한다. 이때, $L_0 = 5\text{nH}$ 일 수 있다.

버랙터 다이오드(108)와 인덕터(110)의 병렬 연결은 병렬 LC 회로와 유사하게 기능한다. 이에 따라, 도 6에 도시된 바와 같이, 큰 반 공진(anti-resonance) 함수가 도출되며, 상기 함수 내 특정 주파수, 즉 반 공진 주파수(anti-resonance frequency)에서 리액턴스(X_L)가 급격히 변하게 된다.

도 6을 참조하면, 이러한 병렬 연결은 주파수 가변형 디바이스(100)의 주파수 가변 범위를 확장시키는 데 적합하다. 구체적으로, 버랙터 다이오드(108)의 커패시턴스가 감소함에 따라, 반 공진 주파수가 고주파수 영역으로 이동하게 되며 필요 리액턴스 함수(required reactance curve)와 만나는 리액턴스(X_L)의 음의 부분(negative part)이 증가하게 된다. 이 경우, 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역이 확장하게 된다. 도 6에서, 버랙터 다이오드(108)의 커패시턴스가 2.2 pF, 0.6 pF, 0.4 pF 일 때, 약 1.3 GHz, 2 GHz, 2.5 GHz 에서 버랙터 다이오드(108) 및 인덕터(110)의 병렬 연결이 필요 리액턴스를 만족함을 알 수 있다. 즉, 이 경우 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역이 1.3 GHz ~ 2.5 GHz 범위로 확장된 것을 확인할 수 있다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스의 S11 파라미터의 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

도 7 및 도 8을 참조하면, 버랙터 다이오드(108)의 커패시턴스가 2.2 pF 에서 0.4 pF 로 감소함에 따라 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역이 1.3 GHz 에서 2.5 GHz 까지 연속적으로 가변됨을 확인할 수 있다. 이때, 주파수 가변 대역(frequency tunable bandwidth)(S11 = -10dB)는 1.2 GHz 에서 2.7 GHz 까지 약 77% 로 높은 값을 갖는 것을 알 수 있다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 주파수 가변형 디바이스(100)의 최대 실현 이득(maximum realized gain)을 나타낸 그래프이다.

도 9에 도시된 바와 같이, 주파수 가변형 디바이스는 1.3 GHz ~ 2.5 GHz 의 넓은 주파수 가변 범위에도 불구하고 양호한 이득 특성을 유지하게 된다.

이상과 같은 주파수 가변형 디바이스(100)는 안테나뿐 아니라 전파 흡수체(미도시)에도 적용 가능하다. 전파 흡수체는 전파의 에너지를 흡수하여 이의 반사를 억제하는 물질로서, 예를 들어, 선박, 비행체 등에 부착될 수 있다. 한편, 앞에서 설명한 주파수 가변형 디바이스(100)의 적용 분야는 일 예시에 불과하며, 주파수 가변형 디바이스(100)은 동작 주파수 대역을 확장시킬 필요가 있는 다양한 분야에서 광범위하게 활용될 수 있다.

도 10은 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 확장 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도시된 흐름도에서는 상기 방법을 복수 개의 단계로 나누어 기재하였으나, 적어도 일부의 단계들은 순서를 바꾸어 수행되거나, 다른 단계와 결합되어 함께 수행되거나, 생략되거나, 세부 단계들로 나뉘어 수행되거나, 또는 도시되지 않은 하나 이상의 단계가 부가되어 수행될 수 있다.

먼저, 도전성 패턴(106)이 유전체(102) 상에서 일 방향으로 연장 형성된다(S102).

다음으로, 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역을 가변시키는 알에프 소자(108)가 도전성 패턴(106) 상에 형성된다(S104).

마지막으로, 리액턴스 소자(110)가 알에프 소자(108)와 전기적으로 연결(예를 들어, 병렬 연결)되어 주파수 가변형 디바이스(100)의 동작 주파수 대역을 확장시킨다.

[0098] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 전술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

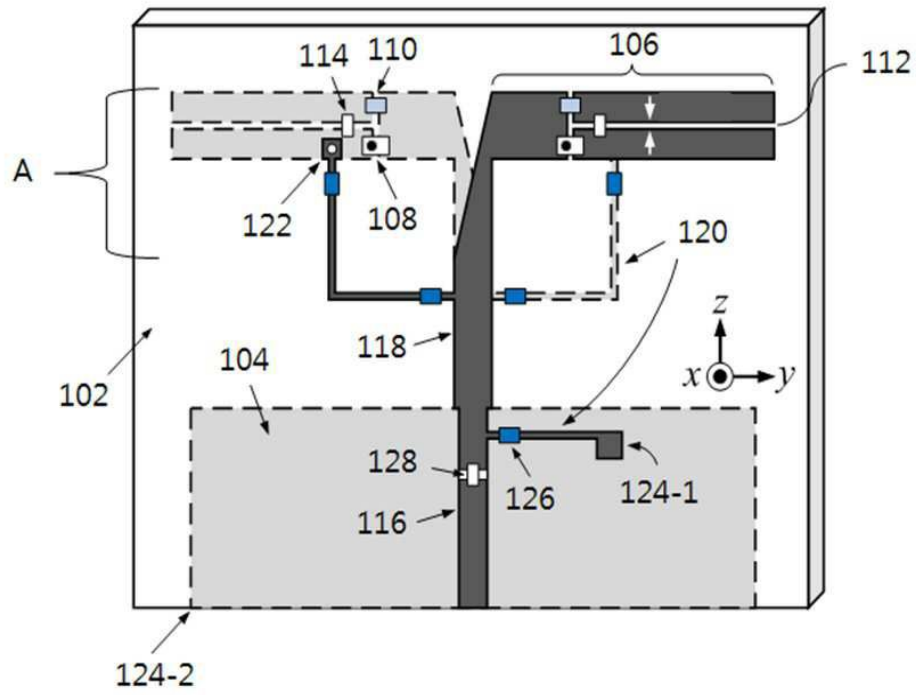
부호의 설명

[0100] 100 : 주파수 가변형 디바이스
 102 : 유전체
 104 : 접지면
 106 : 도전성 패턴
 108 : 알에프 소자
 110 : 리액턴스 소자
 112 : 슬릿
 114 : DC 절연 커패시터
 116 : 마이크로스트립 라인
 118 : 병렬 스트립 라인
 120 : 바이어스 라인
 122 : 비아홀
 124 : 바이어스 포인트
 126 : 초크 인덕터
 128 : 블록킹 커패시터

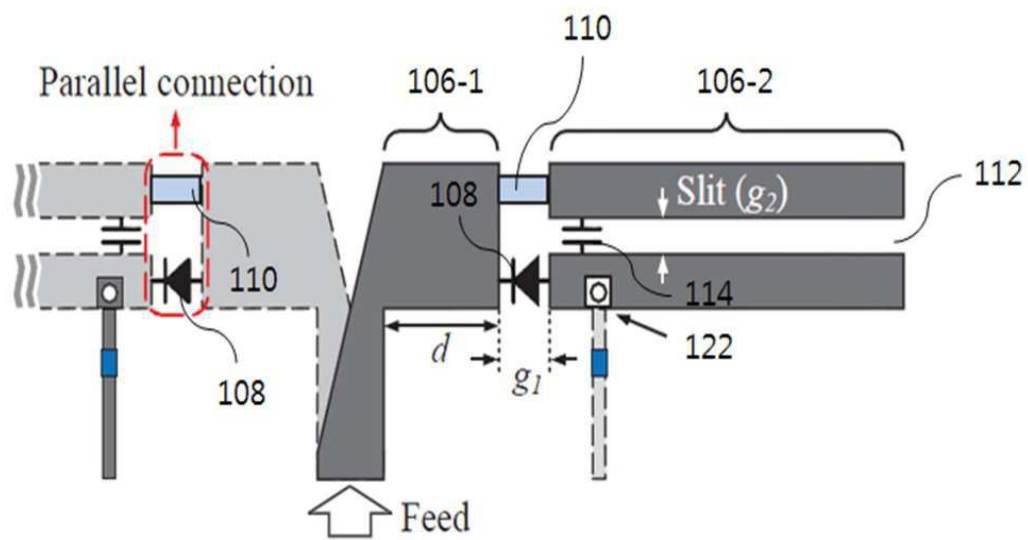
도면

도면1

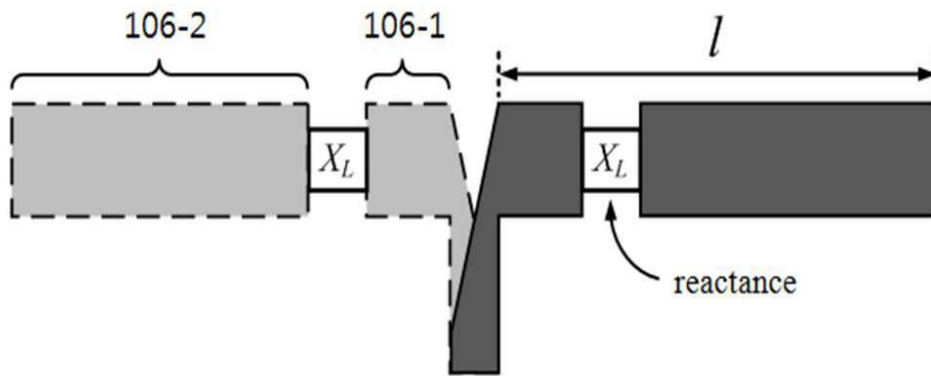
100



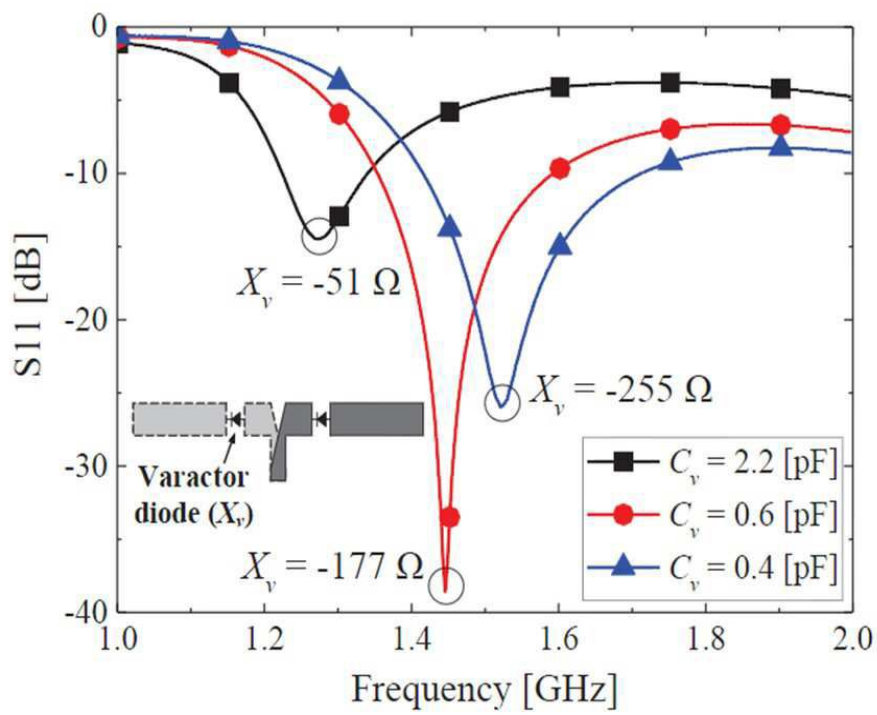
도면2



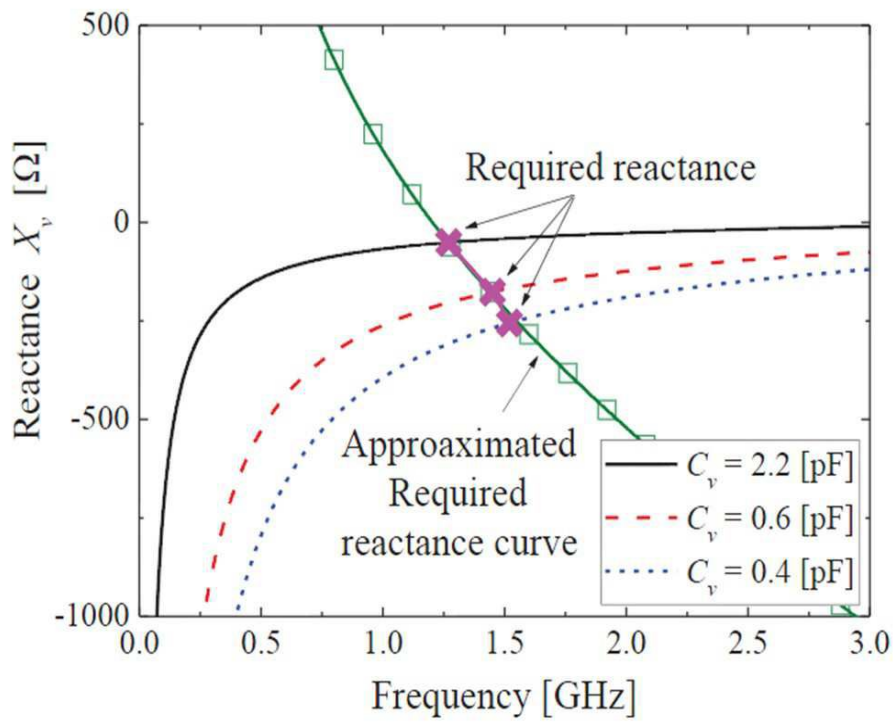
도면3



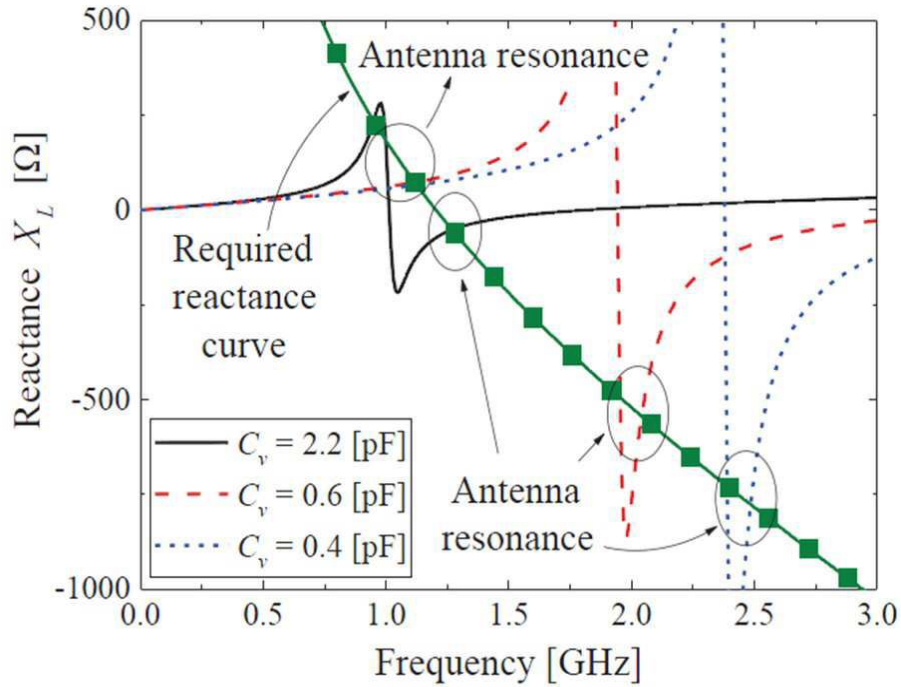
도면4



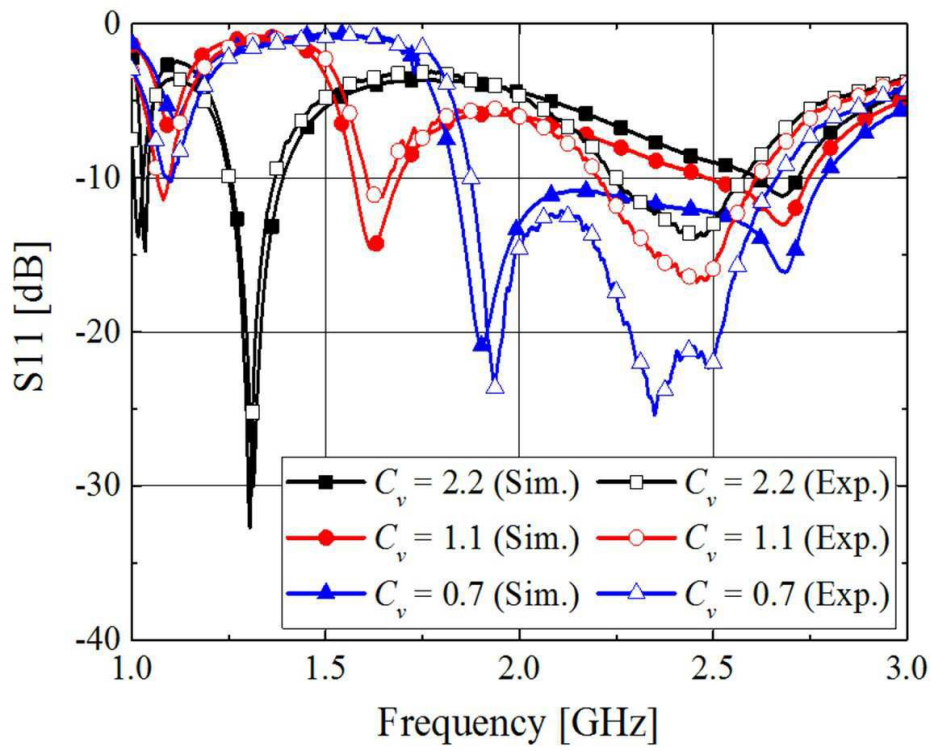
도면5



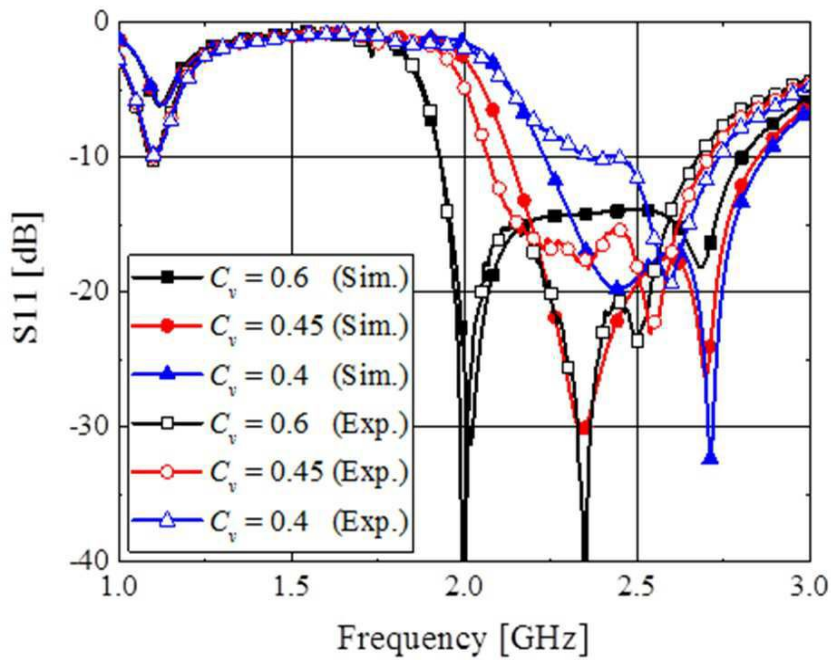
도면6



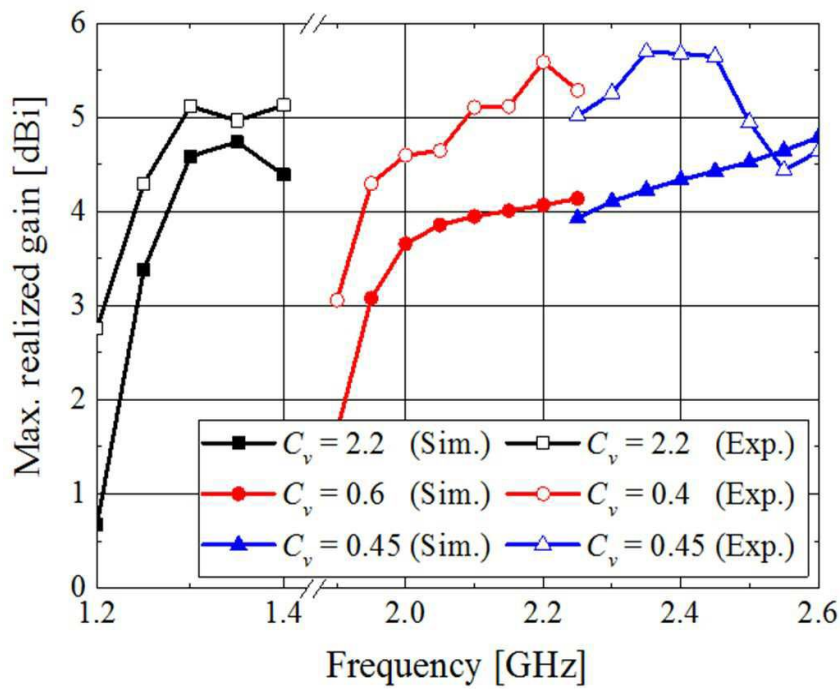
도면7



도면8



도면9



도면10

