



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0094225
(43) 공개일자 2012년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01P 1/203 (2006.01) H01P 1/205 (2006.01)

H01P 1/28 (2006.01) H01P 5/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0013579

(22) 출원일자 2011년02월16일

심사청구일자 2011년02월16일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)

(72) 발명자

강승택

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 내 (송도동, 인천대학교)

장건호

인천광역시 부평구 안남로 231, 한양7차 101동 607호 (산곡동)

(74) 대리인

김태원

전체 청구항 수 : 총 9 항

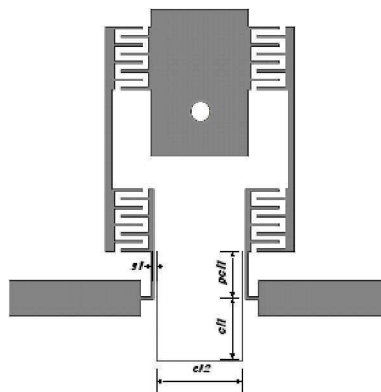
(54) 발명의 명칭 소형 G b p s 무선신호 송수신기용 다중 극점 대역통과 여파기용 신형 메타재질 C R L H 기본구조와 그의 교차결합에 의한 채널 선택도 향상법

(57) 요약

본 발명은 다중 극점을 가지는 초소형 메타재질 CRLH 구조 공진기 기반의 대역 통과 여파기와 교차결합 구조를 부여하여 채널선택도가 향상된 대역통과 여파기에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 의한 CRLH 구조 공진기 기반의 대역 통과 여파기는 2개 이상의 CRLH 구조 공진기들이 용량성 결합된 공진기에서 직렬 인덕턴스가 강화된 결합 선로 및 공진기 결합 선로와 병렬 연결되는 분기 선로를 포함하고, 분기 선로는 통과 대역 주변에 전송 영점을 발생시키는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 교차결합 전송 영점을 발생시키는 분기 선로를 통해 우수한 스킵트 특성을 가지는 CRLH 구조 공진기 기반의 대역 통과 여파기를 구현할 수 있는 장점이 있다.

대 표 도 - 도17



특허청구의 범위

청구항 1

입력 포트와 출력 포트 사이에 연결된 마이크로스트립 선로를 구성하고,

상기 마이크로스트립 선로는 상기 입력 포트에 직렬 연결된 제 1 인터디지탈 선로와 상기 출력 포트에 직렬 연결된 제 2 인터디지탈 선로를 포함하며,

상기 제 1 인터디지탈 선로와 상기 제 2 인터디지탈 선로를 연결하여 설계에 필요한 직렬 인덕턴스를 구현하기 위해 길어진 연결 선로 및 상기 연결 선로에 병렬 연결되고, 상기 선로 끝단이 접지된 인덕터 선로를 포함하는 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 CRLH 구조 공진기는 메타재질 CRLH 특성을 보이면서 통과대역 내에 다중 극점 형성을 하기 위한 병렬 공진기와 양쪽에 위치한 직렬 공진기를 갖는 T형으로 구성되는 것을 특징으로 하는 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1 인터디지탈 선로 및 상기 제 2 인터디지탈 선로는 커패시터 기능을 하는 한 쌍의 평행 선로로 구성되는 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 연결 선로는 직렬 인덕터와 병렬 커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 5

다중 극점 형성을 하기 위한 CRLH 구조 공진기 들이 용량성 결합된 공진기 결합 선로; 및

상기 공진기 결합 선로와 병렬 연결되는 분기 선로를 포함하고,

상기 분기 선로는 통과 대역 주변에 전송 영점을 발생시키기 위한 교차결합을 이용하여 채널선택도가 향상되는 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 통과 대역은 초광대역(UWB) 및 다른 RF 무선통신 대역인 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 분기 선로는 상기 통과 대역의 상측 대역 이후에 전송 영점을 발생시키는 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 공진기 결합 선로와 상기 분기 선로 간에 임피던스 매칭을 위한 제어부를 더 포함하는 것을 특징으로 하

는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 제어부는 상기 공진기 결합 선로를 통과한 신호와 상기 분기 선로를 통과한 신호 간 위상 차가 180도가 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 대역 통과 여파기.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 새로운 우수한 성능을 가진 초소형 대역통과 여파기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 통과 대역에 다중 극점을 만들 수 있는 신형의 메타 재질 CRLH 구조 공진기 기반의 대역 통과 여파기와 상기 여파기에 교차결합을 부여하여 채널 선택도가 향상된 다중 극점 대역통과 여파기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 무선 통신 및 이동 통신 기술이 발전함에 따라 통신용 장비 부품들도 소형화, 고성능화되고, 통신 장비 가격이 낮아져야 할 필요성이 있다. 상기 통신 장비 중에서, 특히 무선 통신과 이동 통신에 많이 사용하는 대역 통과 여파기(Band Pass Filter: BPF)는 낮은 삽입/반사 손실과 높은 주파수 선택성을 가져야 한다. 상기 낮은 삽입/반사 손실과 높은 주파수 선택성을 가지면서 장비를 소형화하기 위해서는 복합 오른손 및 왼손 전파 법칙(CRLH; Composite Right/Left-Handed) 구조의 여파기 제작 기술이 요구된다.

[0003] 도 1(a) 내지 도 1(b)는 종래 기술에 의한 대역 통과 여파기를 나타낸다. 도 1(a)는 널리 알려진 일반적인 버섯구조의 메타 재질 대역통과 여파기 구조이고, 도 1(b)는 갭이 있는 전송선로와 상보형 분할 링 공진기(Complementary Split Ring Resonator(CSRR))를 이용한 대역통과 여파기의 구조이다. 도 1(a)에서와 같이 버섯구조를 사용하면 소형화가 가능하지만 설계 변수가 한정되어 있는 공진기를 주기적으로 연결하기 때문에, 대역통과 여파기의 설계 자유도가 제한되며, 낮은 주파수(<5GHz)의 응용에 한계가 있기 때문에 적합하지 않다. 또한, 도 1(b)의 경우에는 하나의 갭이 있는 전송 선로와 CSRR을 하나의 공진기로 사용하여 주기적으로 연결되므로 설계에 한계가 있고, 대역을 형성하기 위해서는 물리적 크기가 커진다는 단점이 있다.

[0004] 따라서 상업용 통신 주파수로 사용 가능한 초 광대역(UWB) 저 반대역 등의 RF, 마이크로파 대역에 대한 대역 통과 여파기의 구현에 있어, 공정 비용을 절감하고 제품의 소형화를 가능하게 하며, 무엇보다도 초소형 구조로 우수한 스커트 특성(주파수 선택성)과 격리도를 얻을 수 있는 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 다중 극점 형성용 새로운 초소형 CRLH 구조를 이용하여 장비의 초소형화를 달성할 수 있으며, 교차결합을 통해 더욱 향상된 채널선택도의 복합 오른손 및 왼손 전파 법칙(CRLH) 구조 공진기 기반의 대역 통과 여파기를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은 CRLH 구조 공진기 기반의 초소형 다중 극점 대역통과 여파기에 있어서, CRLH 구조 공진기를 다중 극점의 구성요소 공진에 해당하는 직렬, 병렬 공진기 들을 조합한다.

[0007] 또한, 두 공진기의 소자 값들은 관련된 수식들에 의하여 정확하게 구해질 수 있으며 위에서 제안된 물리적 구조로 구현이 가능하다. 또한, 분기 경로의 위상상쇄 현상에 기반을 둔 교차결합을 이용하여 통과 대역 상/하측에 전송 영점을 두어 채널 선택도를 향상시킬 수 있다.

[0008] 이에 따라서 본 발명의 여파기는 입력 포트와 출력 포트를 구비한 마이크로스트립 선로로 구성되고, 상기 마이크로스트립 선로는 상기 입력 포트에 직렬 연결된 제 1 인터디지틀 선로, 상기 출력 포트에 직렬 연결된 제 2 인터디지틀 선로, 상기 제 1 인터디지틀 선로와 상기 제 2 인터디지틀 선로를 연결하면서 설계에 필요한 직렬 인덕턴스를 구현하기 위해 길어진 연결 선로 및 상기 연결 선로에 병렬 연결되고, 끝단이 접지된 인덕터

선로를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0009] 또한, 본 발명의 상기 CRLH 구조 공진기는 메타 재질 CRLH 특성을 보이면서 통과 대역 내에 다중 극점 형성을 하기 위한 병렬 공진기와 양쪽에 위치한 직렬 공진기를 갖는 T형으로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 또한, 본 발명의 상기 제 1 인터디지탈 선로 및 상기 제 2 인터디지탈 선로는 커패시터 기능을 하는 한 쌍의 평행 선로로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 또한, 본 발명의 상기 연결 선로는 직렬 인덕터와 병렬 커패시터를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 다중 극점 형성을 하기 위한 CRLH 구조 공진기 들이 용량성 결합한 공진기 결합 선로; 및 상기 공진기 결합 선로와 병렬 연결되는 분기 선로를 포함하고, 상기 분기 선로는 통과 대역 주변에 전송 영점을 발생시키기 위한 교차결합 이용한 채널선택도가 향상되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 상기 통과 대역은 UWB 및 다른 RF 무선통신 대역인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 상기 분기 선로는 상기 통과 대역의 상측 대역 이후에 전송 영점을 발생시키는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 상기 공진기 결합 선로와 상기 분기 선로 간에 임피던스 매칭을 위한 제어부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 상기 제어부는 상기 공진기 결합 선로를 통과한 신호와 상기 분기 선로를 통과한 신호 간 위상 차가 180도가 되도록 제어하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0017] 전술한 바와 같이 본 발명에 의하면, CRLH 구조를 이용하여 통과 대역 내에 다중극점이 필요한 대역통과 여파기의 초소형화를 달성할 수 있고, 전체 크기를 유지하는 전송 영점 형성을 교차결합을 이용하므로 대역통과 여파기로서의 특성을 최대한 유지하면서도 우수한 스킵트 특성과 높은 격리도를 가지는 대역통과 여파기를 구현할 수 있기 때문에 전력 분배기, 멀티플렉서(채널 결합기 및 채널 분리기), 커플러 등 수동소자의 적용에 가능할 것으로 예상된다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1(a) 는 종래의 버섯구조의 주기적 연결을 통한 메타재질 대역통과 여파기의 구조를 도시하는 도면이다.
- 도 1(b) 는 종래의 갭이 있는 전송선로와 CSRR을 이용한 공진기의 주기적 연결을 통한 메타재질 대역통과 여파기의 구조를 도시하는 도면이다.
- 도 2(a) 는 메타재질 CRLH 전송선로의 균형조건(Balanced condition)의 분산 다이어그램이다.
- 도 2(b) 는 메타재질 CRLH 전송선로의 불균형조건(Unbalanced condition)의 분산 다이어그램이다.
- 도 3은 전형적인 메타재질 CRLH 전송선로의 등가 회로도를 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 T형 CRLH 전송선로의 등가 회로도이다.
- 도 5(a)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 T형 CRLH 전송선로 등가 회로의 주파수 응답을 도시하는 도면이다.
- 도 5(b)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 T형 CRLH 전송선로 등가 회로의 위상 응답을 도시하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 T형 CRLH 전송선로의 분산 다이어그램이다.
- 도 7(a)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 직렬 공진기의 물리구조를 나타내는 도면이다.
- 도 7(b)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 직렬 공진기의 물리구조의 주파수 응답과 회로 주파수 응답의 비교도 이다.
- 도 7(c)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 직렬 공진기의 물리구조의 주파수 응답과 회로 위상 응답의 비교도 이다.

도 8(a)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 병렬 공진기 물리구조를 나타내는 도면이다.

도 8(b)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 병렬 공진기 물리구조의 주파수 응답과 회로 주파수 응답의 비교도 이다.

도 8(c)는 본 발명에서 제안하는 다중 극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 병렬 공진기의 물리구조의 주파수 응답과 회로 위상 응답의 비교도 이다.

도 9는 본 발명에서 제안하는 새로운 다중 극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 물리구조를 나타내는 도면이다.

도 10(a)는 본 발명에서 제안하는 새로운 다중 극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 물리구조의 주파수응답과 회로 주파수 응답의 비교도 이다.

도 10(b)는 본 발명에서 제안하는 새로운 다중 극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 물리구조의 위상응답과 회로 위상 응답의 비교도 이다.

도 11은 본 발명에서 제안하는 새로운 다중 극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 메타재질 0차 공진의 전계 분포도를 도시하는 도면이다.

도 12(a)는 본 발명에서 제안하는 새로운 다중 극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기와 교차결합용 평행 결합선로 대역통과 여파기의 크기 비교도 이다.

도 12(b)는 본 발명에서 제안하는 새로운 다중 극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기와 교차결합용 평행 결합선로 대역통과 여파기의 주파수 응답 비교도 이다.

도 13(a)는 도 9의 대역통과 여파기가 제작된 모습을 보여주는 도면이다.

도 13(b)는 본 발명에서 제안하는 새로운 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 모의실험과 제작 및 측정 주파수 응답 비교도 이다.

도 14는 채널 선택도를 향상하기 위한 교차결합용 분기경로 및 커플링 관계도를 나타내는 도면이다.

도 15는 채널 선택도를 향상하기 위한 교차결합용 분기 경로 및 커플링 관계를 고려한 등가 회로이다.

도 16(a)는 두 개의 분기 경로에 따른 어드미턴스 계수를 나타내는 도면이다.

도 16(b)는 교차결합용 분기 경로의 위상상쇄에 의한 전송 영점이 있는 도 15에 대한 주파수 응답도 이다.

도 17은 채널 선택도를 향상하기 위한 교차결합용 분기 경로가 있는 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 물리구조를 나타내는 도면이다.

도 18은 도 17에 대한 모의실험 주파수 응답 결과도 이다.

도 19(a)는 도 17의 제안된 대역통과 여파기가 제작된 모습을 보여주는 도면이다.

도 19(b)는 본 발명에서 제안하는 채널 선택도를 향상하기 위한 교차결합용 분기 경로가 있는 메타재질 CRLH 대역통과 여파기의 모의실험과 제작 및 측정 주파수 응답 비교도 이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명되며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 생략한다.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0021] 먼저, 본 발명은 다중 극점을 가지는 초소형 CRLH 구조 공진기 기반의 대역통과 여파기 및 교차결합을 통한 채널 선택도 향상에 관한 것으로, 다음 두 가지의 핵심 아이디어를 제안한다.

[0022] 첫 번째로, 전체 구조의 부피를 줄이기 위해 기존의 반파장 공진기 기반이 아닌 0.25*파장 이하의 CRLH 구조 공진기 기반의 대역통과 여파기를 통신용 마이크로파 대역의 한 예인 초 광대역(UWB) 저 반대역의 채널 (3.2GHz~3.7GHz)용으로 사용한다. 두 번째로, 분기 경로의 위상상쇄에 의한 교차결합형 전송 영점을 통하여

채널 선택도가 향상된 CRLH 구조 공진기 기반 대역통과 여파기의 개발이다.

[0023] 따라서 여파기의 초 소형화를 위한 CRLH 구조 공진기에 대해 설명하기로 한다.

[0024] 도 2(a)는 메타물질 CRLH 전송선로의 균형조건의 분산을 나타내는 도면이고 도 2(b)는 메타물질 CRLH 전송선로의 불균형조건의 분산을 나타내는 도면이다.

[0025] 도 3는 오른쪽 전파 법칙(RH)과 왼손 전파 법칙(LH) 요소들이 결합한 CRLH 구조 공진기 회로의 등가 회로이다. 상기 공진기 등가 회로에서 직렬 인덕터와 병렬 커패시터는 위상 지연(delay)을 만드는 RH의 요소이며, 직렬 커패시터와 병렬 인덕터는 위상 앞섬(Lead) 현상을 만드는 LH의 요소이다.

[0026] 통상 마이크로스트립 선로 상에서 RH의 요소는 오른손 전파 현상을 따른다.

[0027] 이는 자연계에서 흔히 관찰되는 현상이며, 전파의 에너지와 위상의 이동 방향이 동위상인 경우로서 대역 통과 여파기의 저역 통과 특성이 이에 해당된다.

[0028] 한편, 본 발명은 자연계에는 없는 왼손 전파 현상을 이용한 것으로서, 구현 가능한 직렬 커패시터와 병렬 인덕터의 쌍을 이용한다. 이들이 전파의 에너지와 위상의 이동 방향을 역 위상으로 만들고, 이를 마이크로스트립 선로 상에 부착하면 오른손 전파 법칙의 전송 선로에서 생기는 위상 지연이 왼손 전파 법칙에 의한 위상 선도에 의해 서로 상쇄될 수 있다.

[0029] 즉, 오른손 전파법칙(RH) 요소들의 공진 주파수 및 왼손 전파법칙(LH) 요소들의 공진 주파수를 동일하게 초광대역(UWB) 저 반대역의 두 채널 중심에 맞추는 균형 조건(Balanced condition)을 만족시키는 경우, 주파수는 존재하나 위상과 전파 상수가 0이 되어 파장과 무관한 공진이 발생하는 무한 파장 현상이 일어난다 (0차 공진; Zeroth Order Resonance, ZOR).

[0030] 이 경우, 공진 조건은 공진기의 길이로부터 독립하는 상황이 만들어지기 때문에 대역 통과 여파기의 크기가 0.25λ 이하가 된다. 이와 동시에 인접 공진 단들이 결합할 수 있도록 긴 평행 선로를 두어 대역폭을 유지할 수 있다. 따라서 종래의 대역 통과 여파기가 0.5λ 의 정수배를 기본 공진 길이로 가지게 되고 다단의 경우 길이가 2λ 를 초과하게 됨에 비해, 본 발명에 의한 대역 통과 여파기는 위와 같이 CRLH 구조를 이용함으로써 그 길이를 $1/8$ 수준으로 축소할 수 있게 된다.

[0031] 전형적인 비대칭형 공진기의 경우 본 발명에서 제안되는 다중 극점 대역통과 여파기의 임피던스 매칭 및 대역 형성을 위해 도 4의 도시처럼 대칭으로 된 T형 CRLH 구조 공진기 회로로 변형될 수 있다.

[0032] 도시된 바와 같이 직렬 인덕터와 직렬 커패시터의 결합으로 구성된 두 개의 직렬 공진기(401, 402)와 병렬 인덕터와 병렬 커패시터로 결합한 한 개의 병렬 공진기(403)에 의하여 단일 구조로서 3중 극점(3차) CRLH 대역 통과 특성을 나타낼 수 있으며, 균형조건의 CRLH의 전송선의 특성은 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega_L = \frac{1}{\sqrt{L_L C_L}} \quad (1) \quad \omega_R = \frac{1}{\sqrt{L_R C_R}} \quad (2) \quad Z_L = \sqrt{\frac{L_L}{C_L}} \quad (3) \quad Z_R = \sqrt{\frac{L_R}{C_R}} \quad (4)$$

$$\omega_{cl} = \omega_R \left| 1 - \sqrt{1 + \frac{\omega_L}{\omega_R}} \right| \quad (5) \quad \omega_{cr} = \omega_R \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\omega_L}{\omega_R}} \right) \quad (6)$$

[0033]

[0034] 위의 식에서 Z_L 과 Z_R 은 각각 LH, RH전송선로에서의 특성 임피던스이며 ω_{cl} 과 ω_{cr} 은 LH, RH 전송선의 차단 주파수이다. 균형 조건에서는 Z_L 과 Z_R 이 같으며, 여파기를 설계하기 위해서는 기본적으로 여파기의 설계 목표인 중심주파수, 대역폭, 특성 임피던스를 결정한 후 그 목표치에 맞게 C_R , C_L , L_R , L_L 의 값을 결정할 수 있다.

[0035] 도 5(a)는 본 발명의 일 실시예에 의해 제안되는 다중 극점 CRLH 구조 T형 공진기의 회로의 주파수 응답도를 나타내는 도면이고, 도 5(b)는 본 발명의 일 실시예에 의한 다중 극점 CRLH 구조 T형 공진기의 회로 위상 응답도를 나타내는 도면이다. 두 개의 직렬 공진기와 한 개의 병렬 공진기에 의하여 극점이 3개 있는 3차 대역 통과 여파기 특성을 나타낸다. 또한, 위상 응답결과를 볼 경우 통과특성인 S21의 위상응답을 결과 중심주파수에서 위상 값이 0을 갖게 되어 앞서 설명한 바와 같이 파장과 무관한 공진이 발생하는 것을 알 수 있다.

- [0036] 상기 CRLH 구조의 메타 재질(Metamaterial)특성을 공진기에 부여하고, 이러한 공진기들을 결합시키면 원래 각 공진기의 CRLH 공진 특성이 바뀌게 된다. 그러나 본 발명에서는 이러한 결합을 이용하면서도 공진기 각각의 메타재질 특성을 유지하면서 통과 대역 및 차단 대역을 형성한 것이 특징이다.
- [0037] 도 6도 또한 T형 공진기의 분산 도(Dispersion curve)를 나타내는 도면으로서, 상기 분산도를 확인해보면 중심주파수에서 전파상수(Phase constant: β)의 값이 역시 0의 값을 갖게 된다. 따라서 설계된 채널 대역통과 여파기는 0차 공진특성이 나타나게 된다. 상기 채널 여파기의 통과 대역 이외에 베타(beta) 값이 급격하게 변하는 주파수는 차단주파수가 된다.
- [0038] 도 7(a)는 본 발명의 일 실시예에 의한 제안되는 다중 극점 CRLH 구조의 직렬 공진기 구성도이다.
- [0039] 도 7(a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 CRLH 구조 공진기는 입력 포트와 출력 포트를 구비한 마이크로스트립 선로로 구성되고, 상기 마이크로스트립 선로 상에, 입력 포트에 직렬 연결된 제 1 인터디지틀 선로(702), 출력 포트에 직렬 연결된 제 2 인터디지틀 선로(702), 제 1 인터디지틀 선로와 제 2 인터디지틀 선로를 연결하는 연결선로(701)로 구성되는 2쌍의 직렬공진기로 구성되어 있다.
- [0040] 제 1 인터디지틀 선로와 제 2 인터디지틀 선로는 CRLH 공진기의 구성요소 중 직렬 커패시턴스 기능을 담당하고 제 1 인터디지틀 선로와 제 2 인터디지틀 선로를 연결하는 사이의 전송선로는 직렬 인덕턴스 기능을 담당한다. 이 직렬 커패시턴스와 인덕턴스로 인해 직렬 공진기를 구성할 수 있다.
- [0041] 상기 직렬 공진기의 물리구조를 모의 실험한 결과는 도 7(b), 도 7(c)에 도시된 바와 같다. 이는 도 4의 직렬 공진기(401, 402)를 모의 실험한 주파수 응답과 위상응답을 비교함으로써 설계가 가능하다. 도 7(b)는 다중극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 공진기의 물리구조의 주파수 응답과 회로 주파수 응답을 비교하는 도면이고, 도 7(c) 다중극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 공진기의 물리구조의 주파수 응답과 위상 응답과을 비교하는 도면이다.
- [0042] 도 8(a)는 본 발명의 일 실시예에 의한 제안되는 다중 극점 CRLH구조의 병렬 공진기 구성도이다. 도 8(a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 CRLH 구조 공진기를 구성하는 병렬 공진기는 버섯구조로서 직각 패치(801)와 접지 핀(802)으로 구성된다. 직각 패치와 접지 사이의 간격에 의해 병렬 커패시턴스를 형성하고 접지 핀을 통하여 병렬 인덕턴스를 형성한다.
- [0043] 직렬로 연결된 연결선로와 병렬로 형성되는 직각 패치와 접지의 간격이 위상 지연 현상을 일으키는 RH(Right-Handed)의 요소라면, 제 1 인터디지틀 선로와 제 2 인터디지틀 선로 및 병렬로 연결된 접지핀이 위상 선도(Lead) 현상을 일으키는 LH(Left-Handed)의 요소이다. 이러한 RH와 LH 요소가 합쳐지면서 위상 지연과 위상 선도 현상이 총 위상 0을 만들게 되면, 파장과 무관한 공진이 발생하며 상기와 같이 공진기의 크기를 소형화할 수 있는 것이다.
- [0044] 상기 병렬 공진기의 물리구조를 모의 실험한 결과는 다음과 같다. 도 8(b)는 다중극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 병렬 공진기의 주파수 응답과 회로 주파수 응답을 비교하는 도면이고, 도 8(c)는 다중극점 발생용 CRLH 대역통과 여파기를 구성하는 병렬 공진기의 주파수 응답과 회로 위상 응답을 비교하는 도면이다.
- [0045] 도 9는 도 4의 등가 회로를 바탕으로 설계한 다중 극점 CRLH 채널 대역통과 여파기의 물리적 구조이다. 도 10(a)는 도 9의 도시된 여파기의 물리구조의 주파수 응답과 회로 주파수응답을 비교하는 도면이고, 도 10(b)는 도 9의 여파기 물리구조의 위상응답과 회로 위상응답을 비교하는 도면이다. 도시된 바와 같이, 도 10(a), 도 10(b)는 도 5(a), 도 5(b)의 회로응답과 비교하여 일치하는 형태인 것을 알 수 있다. 전술한 바와 같이, 중심 주파수에서 메타 재질 특성인 0차 공진이 발생하는 것은 도 11에 도시된 바와 같이 0차 공진의 전계 분포의 전계 강도를 확인함으로써 증명된다. 도 11에 나타난 바와 같이 무 위상변화가 발생하여 공진기 전체에 걸쳐 동일한 전계 분포가 확인됨을 알 수 있다.
- [0046] 본 발명에서는 CRLH 구조를 이용하여 초소형화 가능성을 가진 대역 통과 여파기를 구현하였다.
- [0047] 도 12(a)는 기존의 평행결합선로 대역통과 여파기와 비교한 도면으로서, 도 12(a)는 본 발명의 다중극점 발생용 메타재질 CRLH 대역 통과 여파기와 교차 결합용 평행 결합선로 대역 통과 여파기의 크기를 비교하는 도면이며, 도12(b)는 본 발명의 다중극점 발생용 메타재질 CRLH 대역통과 여파기와 교차 결합용 평행 결합선로 대역 통과 여파기의 주파수 응답을 비교하는 도면이다. 도 12(b)의 도시처럼 동일한 주파수 응답특성을 보임에도 도 12(a) 처럼 기존의 평행 결합선로 대역통과 여파기보다 약 0.3배(약 33% 정도) 소형화됨을 알 수 있다.

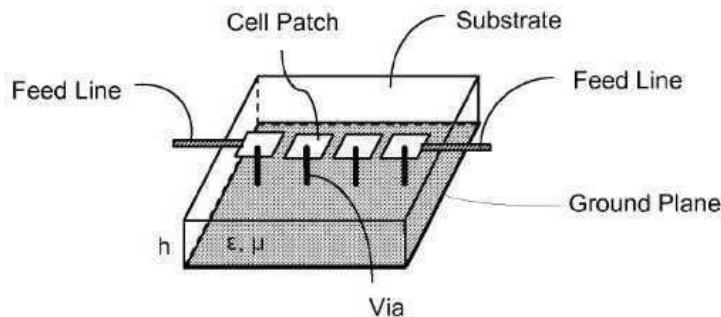
- [0048] 도 13(a)은 도 9의 여파기의 실제 제작된 모습이고, 도 13 (b)와 같이 본 발명에 의해 제작된 다중 극점 메타 재질 CRLH 대역통과 여파기의 모의실험 결과와 측정 결과를 비교해보면 매우 일치하는 모습을 볼 수 있다.
- [0049] 상기 여파기 채널간의 간섭을 최소화하기 위해서는 채널 여파기의 격리도 및 차단 특성이 우수해야 한다. 앞서 제안된 CRLH 메타재질 대역통과 여파기의 대역 주변에 교차결합 전송 영점을 두어 인접 주파수 선택도를 향상시키고자 한다.
- [0050] 도 14와 같이 제안한 CRLH 채널 여파기가 전송 영점을 가질 수 있게 한 결합도이다. 공진 간의 결합을 형성하는 인터 공진기 결합(inter resonator coupling)의 통로(path) 1과 포트간의 결합을 이루는 인터 포트 결합(inter port coupling)의 통로(path) 2로 전달되는 신호들이 합쳐질 때 위상차이가 180도가 되는 지점에 전송 영점이 발생하게 된다. 도 15는 CRLH 여파기 공진기 들을 기반으로 도 14를 구현하는 등가 회로로서 입력과 출력 사이에 교차결합 결합 선로(1501)을 두어 신호를 분기시키도록 한다.
- [0051] 여기서 통로(Path) 1은 제안되는 다중 극점 T형 CRLH 여파기가 되며, 통로(path) 2는 포트간 다양한 형태의 결합량이 된다. 본 명세서에서는 도 15와 같이 통로(path) 2를 위해 결합선로를 사용하였으며, 0차 공진 결합 경로인 통로(path) 1의 0의 위상에 대해 180도를 유도해야 한다. 즉 도 15의 제안되는 다중 극점 대역통과 여파기의 어드미턴스와 결합선로의 어드미턴스의 합이 전송 영점 지점에서 0이 되도록 설계된다. 도 16(a)는 두 경로의 어드미턴스 계수를 나타내며, 도 16(b) 는 교차하는 지점에서 교차 결합 전송 영점이 있는 도 15에 대한 주파수 응답도 이다.
- [0052] 도 15를 바탕으로 물리적으로 구현된 교차 결합을 통해 채널 선택도가 향상된 제안되는 다중 극점 메타 재질 CRLH 대역통과 여파기의 구조는 도 17과 같으며, 도 17에 도시된 대역 통과 여파기의 3차원 전자장 모의실험 한 결과는 도 18과 같다. 도 19(a)는 실제 제작한 여파기를 도시하는데 그 특성을 확인한 결과와 일치하는 결과를 도 19(b)에 도시한다.
- [0053] 이상과 같이 본 발명은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 변형 및 변경이 가능하고, 발명의 목적 및 장점들은 아래의 특허청구범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있는 것이 자명하다.

산업상 이용가능성

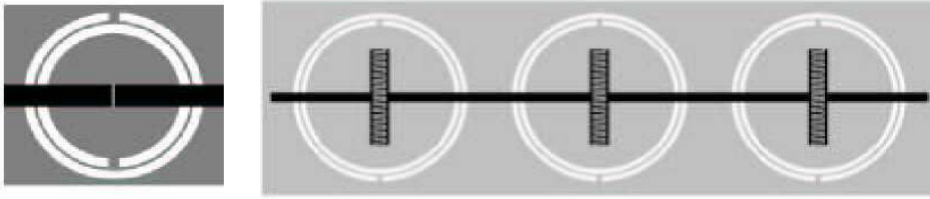
- [0054] 본 발명은 RF/밀리미터파 통신 시스템의 소형화 분야에 이용될 수 있다.

도면

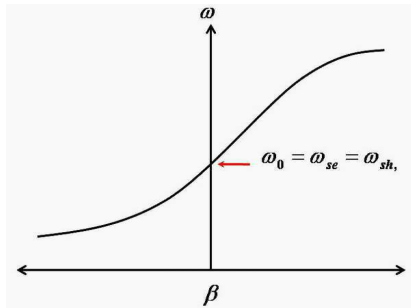
도면1a



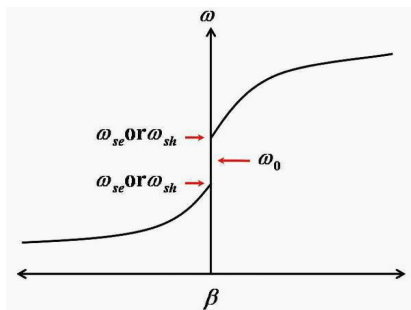
도면1b



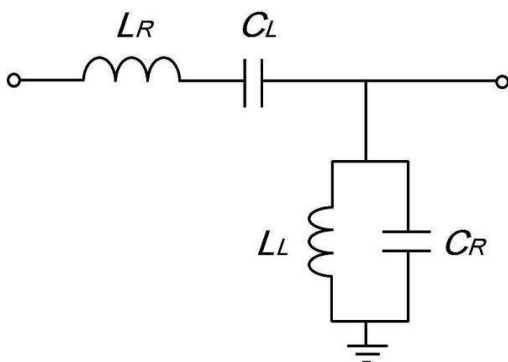
도면2a



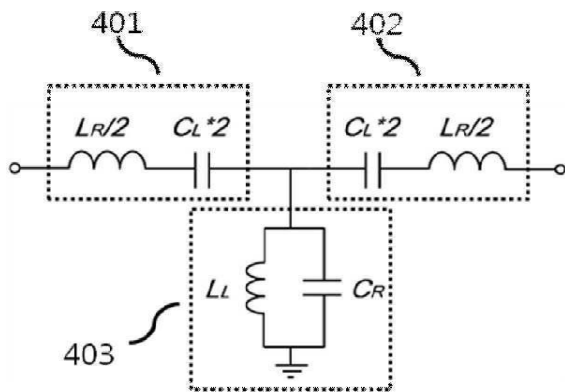
도면2b



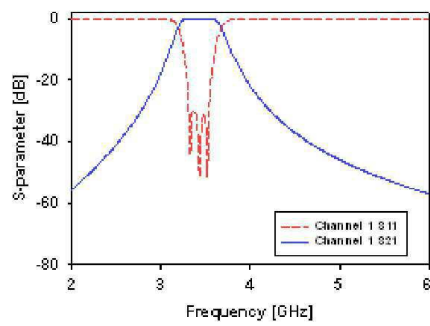
도면3



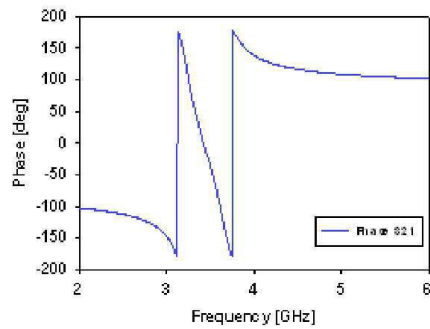
도면4



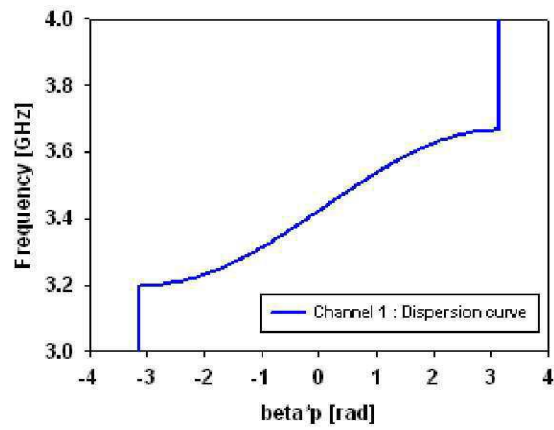
도면5a



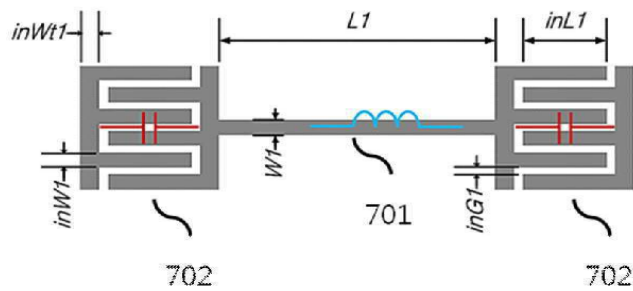
도면5b



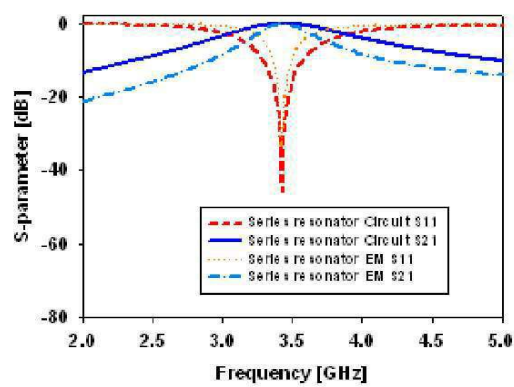
도면6



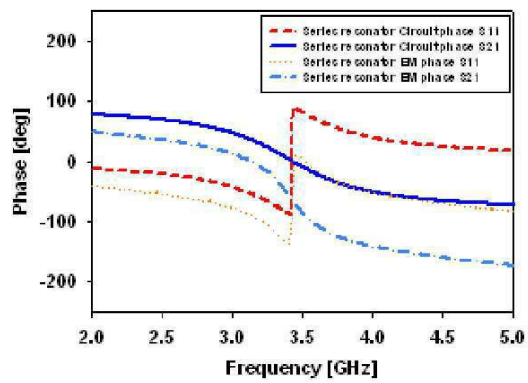
도면7a



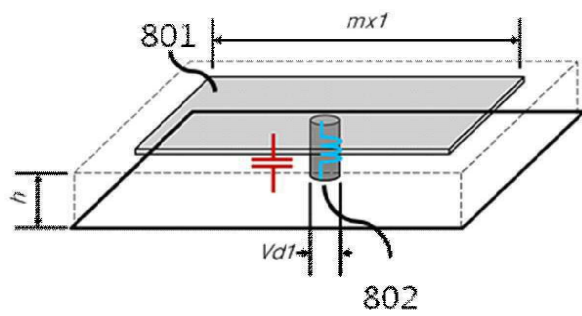
도면7b



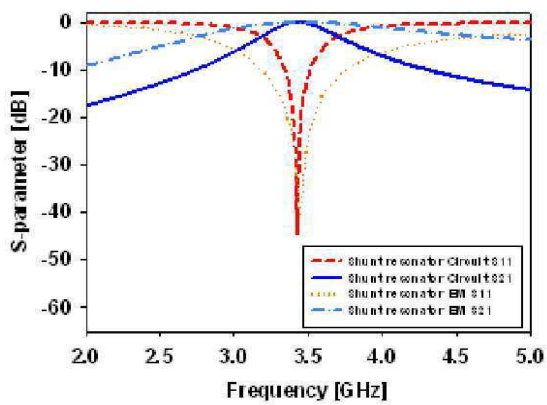
도면7c



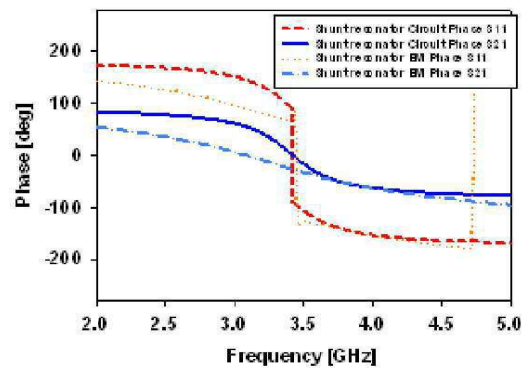
도면8a



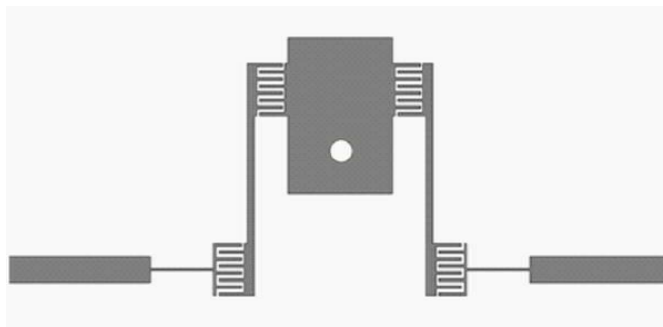
도면8b



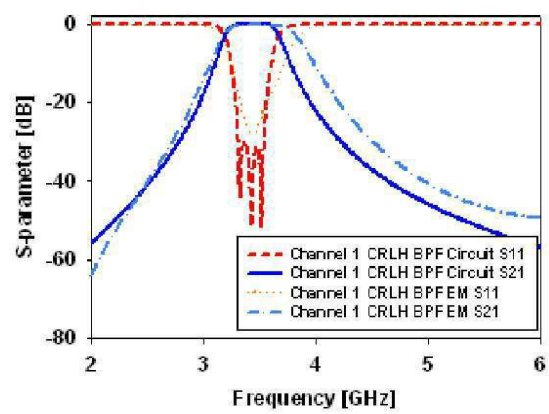
도면8c



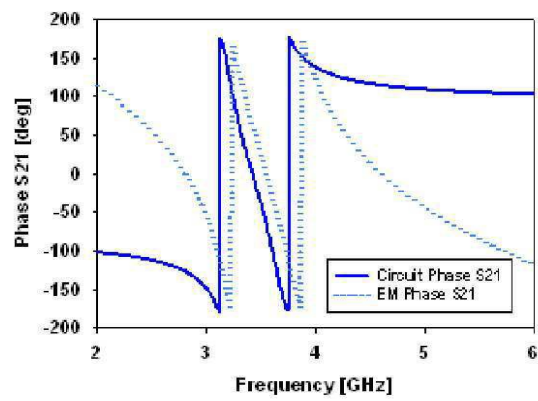
도면9



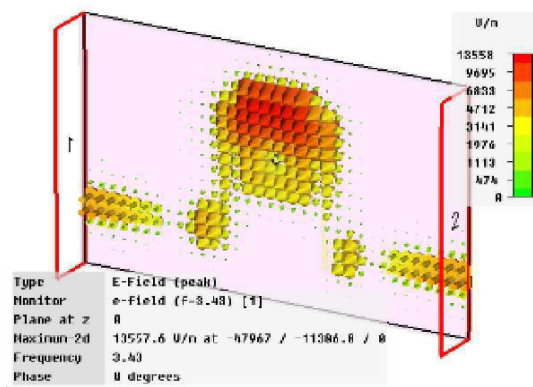
도면10a



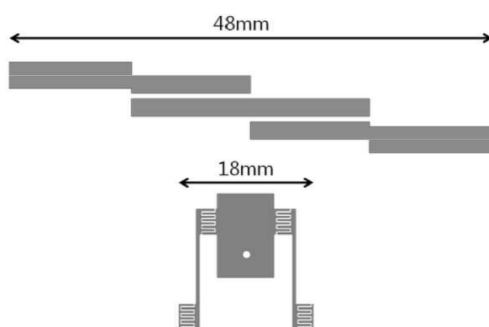
도면10b



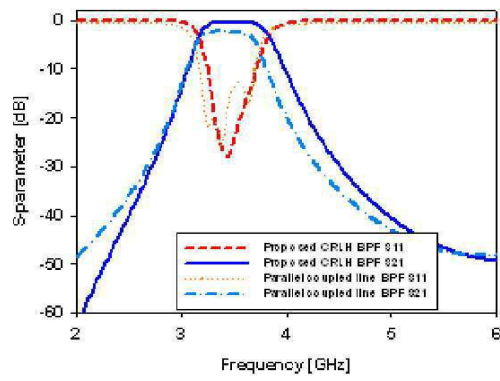
도면11



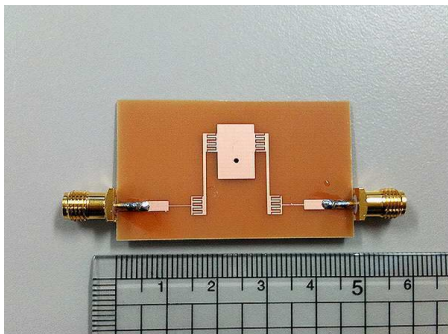
도면12a



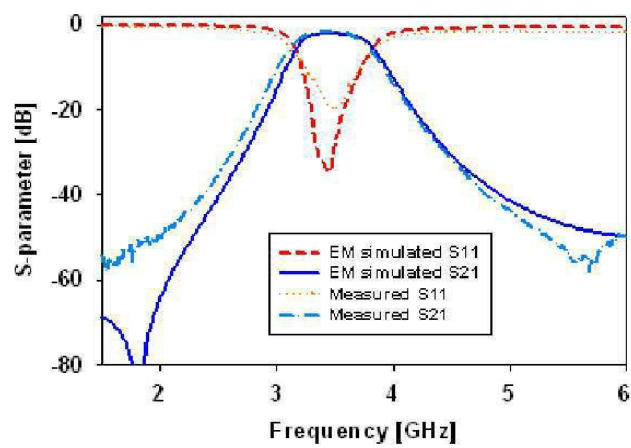
도면12b



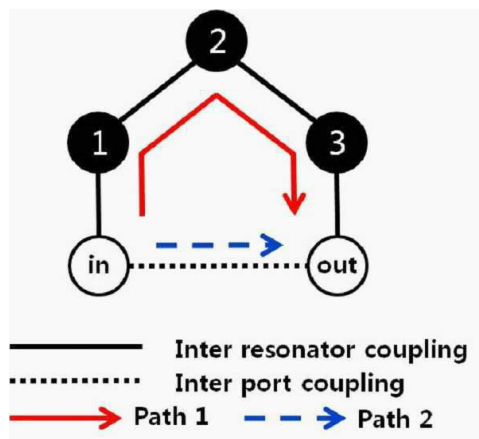
도면13a



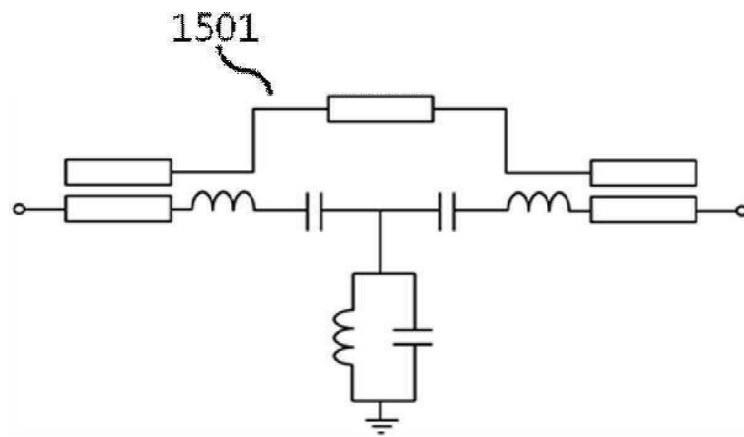
도면13b



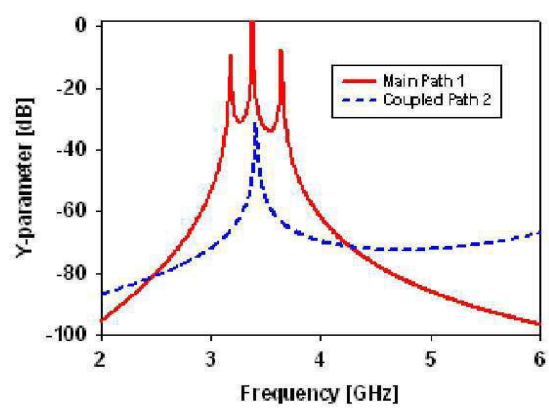
도면14



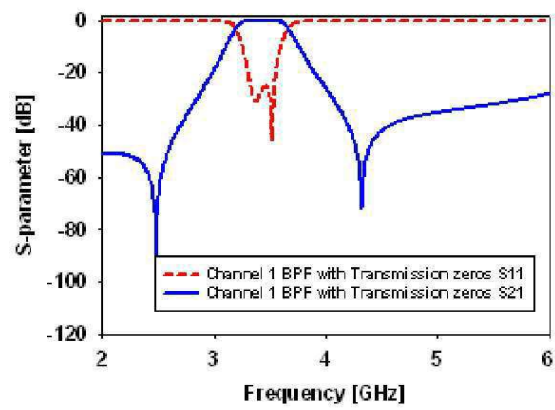
도면15



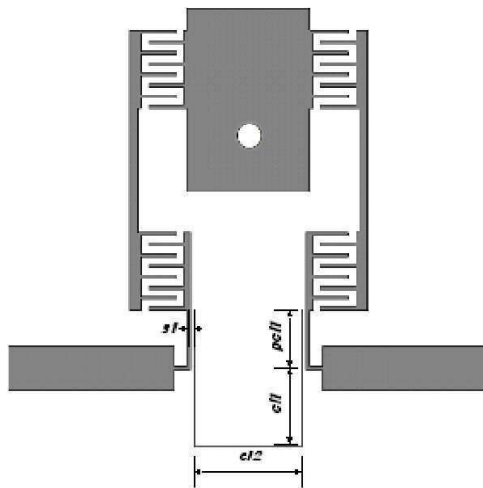
도면16a



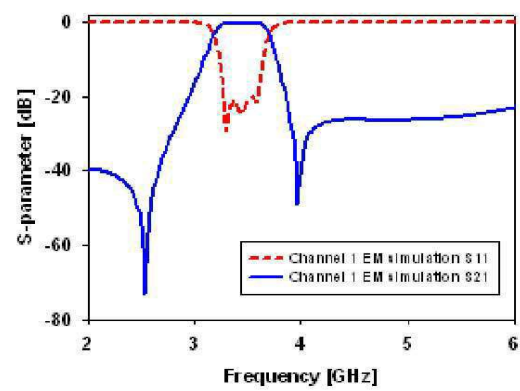
도면16b



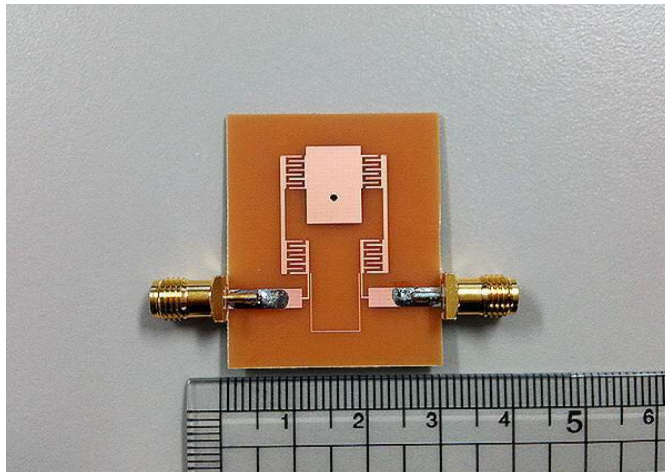
도면17



도면18



도면19a



도면19b

