



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0161011
(43) 공개일자 2022년12월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 3/40 (2006.01) H01Q 1/38 (2015.01)
H01Q 3/36 (2006.01) H04B 7/0413 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 3/40 (2013.01)
H01Q 1/38 (2018.05)
(21) 출원번호 10-2021-0069363
(22) 출원일자 2021년05월28일
심사청구일자 2021년05월28일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
강승택
인천광역시 부평구 부개로 58, 102동 1001호(부개동, 푸른마을삼부한신아파트)
서예준
인천광역시 연수구 아트센터대로 131, 201동 424호(송도동)
(74) 대리인
특허법인충정

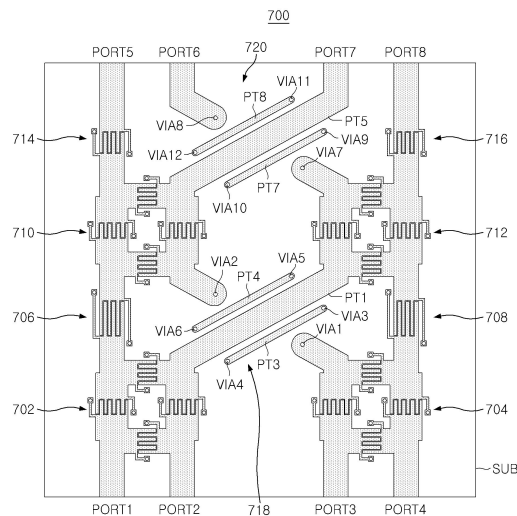
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치는, CRLH(composite right/left handed) 버틀러 매트릭스; 및 상기 CRLH 버틀러 매트릭스에 연결된 안테나 어레이를 포함하고, 상기 CRLH 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제1 및 제2 크로스오버를 포함하며, 상기 제1 및 제2 크로스오버는 각각 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성된다.

대표도 - 도7a



(52) CPC특허분류

H01Q 3/36 (2018.05)

H04B 7/0413 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

CRLH(composite right/left handed) 버틀러 매트릭스; 및

상기 CRLH 버틀러 매트릭스에 연결된 안테나 어레이를 포함하고,

상기 CRLH 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제1 및 제2 크로스오버를 포함하며,

상기 제1 및 제2 크로스오버는 각각 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 CRLH 버틀러 매트릭스는,

제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러;

입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제1 CRLH 위상 천이;

제1 입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 상기 제1 크로스오버;

입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제2 CRLH 위상 천이;

제1 입력단이 상기 제1 CRLH 위상 천이의 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제1 크로스오버의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 하이브리드 커플러;

제1 입력단이 상기 제1 크로스오버의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 CRLH 위상 천이의 출력단에 연결된 제4 CRLH 하이브리드 커플러;

입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 위상 천이;

제1 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제2 크로스오버; 및

입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제4 CRLH 위상 천이를 포함하는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1 크로스오버는,

상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 입력단을 연결하는 제1 전도성 패턴;

제1 및 제2 비아홀을 통해, 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 입력단을 연결하는 제2 전도성 패턴으로서, 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴;

상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제3 및 제4 비아홀을 통해 상기 접지에 연결되는, 제3 전도성 패턴; 및

상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 입력단과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패

턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제5 및 제6 비아홀을 통해 상기 접지에 연결되는, 제4 전도성 패턴을 포함하는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제2 크로스오버는,

상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 제3 출력 포트를 연결하는 제5 전도성 패턴;

제7 및 제8 비아홀을 통해, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 제2 출력 포트를 연결하는 제6 전도성 패턴으로서, 상기 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제6 전도성 패턴;

상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제9 및 제10 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제7 전도성 패턴; 및

상기 제2 출력 포트와 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제11 및 제12 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제8 전도성 패턴을 포함하는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 CRLH 버틀러 매트릭스는 FR-4 기판에 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제1 CRLH 위상 천이기, 상기 제2 CRLH 위상 천이기, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제3 CRLH 위상 천이기 및 상기 제4 CRLH 위상 천이기는, CRLH 전송 선로에 기반하여 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 CRLH 전송 선로는, 제1 직렬 인덕턴스, 상기 제1 직렬 인덕턴스와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 일단과 상기 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스, 상기 제1 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 타단과 상기 접지 간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스, 및 상기 제2 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스를 포함하고,

상기 제1 직렬 인덕턴스 및 상기 제2 직렬 인덕턴스는 각각 인터-디지털(inter-digital)의 양쪽 손가락 패턴들 및 상기 양쪽 손가락 패턴들과 포트 간의 연결 패턴에 의해 형성되며,

상기 직렬 커패시턴스는 상기 인터-디지털의 겹에 의해 형성되고,

상기 제1 및 제2 병렬 인덕턴스는 각각 상기 기판 상의 전도성 스텔브의 비아홀을 통한 상기 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성되며,

상기 제1 및 제2 병렬 커패시턴스는 각각 상기 접지와 상기 연결 패턴 간의 간격에 의해 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 8

완성된 버틀러 매트릭스를 절단하여 2개로 분리된, 제1 CRLH(composite right/left handed) 서브 버틀러 매트릭스 및 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스를 포함하는 폴디드 버틀러 매트릭스;

상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스에 연결된 안테나 어레이; 및

상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스의 절단 부위와 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스의 절단 부위를 전기적으로 결합시켜 하나의 폴디드 버틀러 매트릭스를 형성하는 제1 내지 제4 비아홀(VIA HOLE)을 포함하고,

상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제1 크로스오버를 포함하며,

상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제2 크로스오버를 포함하고,

상기 제1 및 제2 크로스오버는 각각 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는 제1 기관의 상부에 형성되고, 상기 제1 기관의 하부에 접지가 형성되며, 상기 접지의 하부에 제2 기관이 형성되고, 상기 제2 기관의 하부에 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스가 형성되며,

상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는,

제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러;

입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제1 CRLH 위상 천이기;

제1 입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 상기 제1 크로스오버; 및

입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제2 CRLH 위상 천이기를 포함하며,

상기 제1 CRLH 위상 천이기의 출력단은 상기 제1 비아홀에 연결되고,

상기 제2 CRLH 위상 천이기의 출력단은 상기 제4 비아홀에 연결되며,

상기 제1 크로스오버의 제1 출력단은 상기 제2 비아홀에 연결되고,

상기 제1 크로스오버의 제2 출력단은 상기 제3 비아홀에 연결되며,

상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는,

제1 입력단이 상기 제1 비아홀에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 비아홀에 연결되는 제3 CRLH 하이브리드 커플러;

제1 입력단이 상기 제3 비아홀에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 비아홀에 연결되는 제4 CRLH 하이브리드 커플러;

입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 위상 천이기;

제1 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제2 크로스오버; 및

입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제4 CRLH 위상 천이기를 포함하고,

상기 제3 CRLH 위상 천이기의 출력은 제1 출력 포트에 연결되며,

상기 제2 크로스오버의 제1 출력단은 제2 출력 포트에 연결되고,

상기 제2 크로스오버의 제2 출력단은 제3 출력 포트에 연결되며,

상기 제4 CRLH 위상 천이기의 출력단은 제4 출력 포트에 연결되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 제1 크로스오버는,

상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 상기 제3 비아를 연결하는 제1 전도성 패턴;

제5 및 제6 비아홀을 통해, 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제2 비아홀에 연결된 전도성 패턴을 연결하는 제2 전도성 패턴으로서, 상기 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴;

상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제7 및 제8 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제3 전도성 패턴; 및

상기 제2 비아홀에 연결된 전도성 패턴과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제9 및 제10 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제4 전도성 패턴을 포함하는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제2 크로스오버는,

상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제2 출력 포트를 연결하는 제5 전도성 패턴;

제11 및 제12 비아홀을 통해, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 제3 출력 포트에 연결된 전도성 패턴을 연결하는 제6 전도성 패턴으로서, 상기 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제6 전도성 패턴;

상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제13 및 제14 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제7 전도성 패턴; 및

상기 제3 출력 포트에 연결된 전도성 패턴과 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제15 및 제16 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제8 전도성 패턴을 포함하는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 제1 기판 및 상기 제2 기판은 FR-4 기판을 포함하는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 13

청구항 9에 있어서,

상기 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제1 CRLH 위상 천이기, 상기 제2 CRLH 위상 천이기, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제3 CRLH 위상 천이기 및 상기 제4 CRLH 위상 천이기는, CRLH 전송 선로에 기반하여 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 CRLH 전송 선로는, 제1 직렬 인덕턴스, 상기 제1 직렬 인덕턴스와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 일단과 상기 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스, 상기 제1 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 타단과 상기 접지 간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스, 및 상기 제2 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스를 포함하고,

상기 제1 직렬 인덕턴스 및 상기 제2 직렬 인덕턴스는 각각 인터-디지털의 양쪽 손가락 패턴들 및 상기 양쪽 손

가닥 패턴들과 포트 간의 연결 패턴에 의해 형성되며,

상기 직렬 커패시터는 상기 인터-디지털의 겹에 의해 형성되고,

상기 제1 및 제2 병렬 인덕터는 각각 상기 제1 기판 상의 전도성 스텔브의 비아홀을 통한 상기 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성되며,

상기 제1 및 제2 병렬 커패시터는 각각 상기 접지와 상기 연결 패턴 간의 간격에 의해 형성되는, 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 5G 표준은 2015년에 처음 결정되었다. 보고서에 따르면 데이터 속도는 기존의 이동통신보다 100배 더 빠르다. 5G는 크게 두 가지 범주로 분류된다. 하나는 밀리미터파(mm-wave) 대역이고 다른 하나는 6GHz 미만인 Sub-6GHz 대역이다. 대한민국에서는 밀리미터파 대역의 중심 주파수가 28GHz이고 2017년에 3개 모바일 공급 업체에 주파수 할당이 이루어졌다. 잘 알려진 밀리미터파의 일반적인 문제는 단파장이다. 이는 작은 커버리지와 많은 전파 감쇠를 유발한다.

[0003] 5G의 목표는 현재 기술보다 더 빠른 데이터 속도, 더 넓은 대역폭 및 더 낮은 지연 시간이다. 또한 5G는 4차 산업 혁명의 일환으로 사물 인터넷(IoT), M2M (Machine to Machine)을 구현하는 핵심 요소이다.

[0004] 앞서 언급했듯이 5G는 두 개의 주파수 대역으로 나뉘었지만 각 대역에는 고유한 기능이 있다. 밀리미터파 대역은 범위가 작지만 다운로드 속도가 빠르다는 것이 장점이다. Sub-6GHz 대역은 속도가 상대적으로 낮지만 유비쿼터스 네트워크와 광범위한 사용에 중요한 부분이다. Sub-6GHz 대역의 특징은 소형 기기에서 사용할 수 있는 설계와 매우 효율적인 구성 요소들을 필요로 한다.

[0005] 한편, LTE-A에 이어 5G 이동통신에서 다중통신인 MIMO(multiple-input multiple-output)는 하이퍼 커넥션을 위해 매우 중요한 이슈이다. 밀리미터파와 달리 Sub-6GHz 대역과 같은 낮은 주파수에서 MIMO 기능을 기지국이나 IoT 단말기와 같은 단말기가 갖춰야 하는 수요가 있다.

[0006] 그런데, 낮은 주파수에서는 방사체와 급전부의 크기를 축소하기 어렵고, 단말기의 크기가 작으며, 방사체 간의 원하지 않는 결합 문제로 인하여, 단말기에 개수가 많을수록 좋은 MIMO 안테나를 여러 개 넣는 것은 매우 어렵다. 게다가, 저주파에서 다중 방사체는 MIMO로만 사용되지, 빔포밍과 빔스캐닝을 사용하는 것은 상상도 할 수 없다.

[0007] 빔스캐닝을 위해서는 배열 안테나로서 동작해야 하는데, 급전부의 크기가 너무 커서, 밀리미터파에서나 단말기에 적용 가능하다.

[0008] 따라서, 전체 면적을 대폭 축소하여 초소형으로 제작할 수 있는 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치가 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) KR 10-1553159 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 전체 면적을 대폭 축소하여 초소형으로 제작할 수 있는 5G Sub-6GHz-대역

소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치는,
- [0012] CRLH(composite right/left handed) 버틀러 매트릭스; 및
- [0013] 상기 CRLH 버틀러 매트릭스에 연결된 안테나 어레이를 포함하고,
- [0014] 상기 CRLH 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제1 및 제2 크로스오버를 포함하며,
- [0015] 상기 제1 및 제2 크로스오버는 각각 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성된다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 CRLH 버틀러 매트릭스는,
- [0017] 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러;
- [0018] 입력단이 상기 제1 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제1 CRLH 위상 천이기;
- [0019] 제1 입력단이 상기 제1 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 상기 제1 크로스오버;
- [0020] 입력단이 상기 제2 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제2 CRLH 위상 천이기;
- [0021] 제1 입력단이 상기 제1 위상 천이기의 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제1 크로스오버의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 하이브리드 커플러;
- [0022] 제1 입력단이 상기 제1 크로스오버의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 위상 천이기의 출력단에 연결된 제4 CRLH 하이브리드 커플러;
- [0023] 입력단이 상기 제3 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 위상 천이기;
- [0024] 제1 입력단이 상기 제3 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제2 크로스오버; 및
- [0025] 입력단이 상기 제4 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제4 CRLH 위상 천이기를 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제1 크로스오버는,
- [0027] 상기 제1 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 상기 제4 하이브리드 커플러의 제1 입력단을 연결하는 제1 전도성 패턴;
- [0028] 제1 및 제2 비아홀을 통해, 상기 제2 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제3 하이브리드 커플러의 제2 입력단을 연결하는 제2 전도성 패턴으로서, 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴;
- [0029] 상기 제2 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제3 및 제4 비아홀을 통해 상기 접지에 연결되는, 제3 전도성 패턴; 및
- [0030] 상기 제3 하이브리드 커플러의 제2 입력단과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제5 및 제6 비아홀을 통해 상기 접지에 연결되는, 제4 전도성 패턴을 포함할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제2 크로스오버는,
- [0032] 상기 제3 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 제3 출력 포트를 연결하는 제5 전도성 패턴;
- [0033] 제7 및 제8 비아홀을 통해, 상기 제4 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 제2 출력 포트를 연결하는 제6 전도성

패턴으로서, 상기 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제6 전도성 패턴;

- [0034] 상기 제4 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제9 및 제10 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제7 전도성 패턴; 및
- [0035] 상기 제2 출력 포트와 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제11 및 제12 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제8 전도성 패턴을 포함할 수 있다.
- [0036] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 CRLH 버틀러 매트릭스는 FR-4 기판에 형성될 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제1 CRLH 위상 천이기, 상기 제2 CRLH 위상 천이기, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제3 CRLH 위상 천이기 및 상기 제4 CRLH 위상 천이기는, CRLH 전송 선로에 기반하여 형성될 수 있다.
- [0038] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 CRLH 전송 선로는, 제1 직렬 인덕턴스, 상기 제1 직렬 인덕턴스와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 일단과 상기 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스, 상기 제1 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 타단과 상기 접지 간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스, 및 상기 제2 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스를 포함하고,
- [0039] 상기 제1 직렬 인덕턴스 및 상기 제2 직렬 인덕턴스는 각각 인터-디지털(inter-digital)의 양쪽 손가락 패턴들 및 상기 양쪽 손가락 패턴들과 포트 간의 연결 패턴에 의해 형성되며,
- [0040] 상기 직렬 커패시턴스는 상기 인터-디지털의 겹에 의해 형성되고,
- [0041] 상기 제1 및 제2 병렬 인덕턴스는 각각 상기 기판 상의 전도성 스텐드의 비아홀을 통한 상기 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성되며,
- [0042] 상기 제1 및 제2 병렬 커패시턴스는 각각 상기 접지와 상기 연결 패턴 간의 간격에 의해 형성될 수 있다.
- [0043] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치는,
- [0044] 완성된 버틀러 매트릭스를 절단하여 2개로 분리된, 제1 CRLH(composite right/left handed) 서브 버틀러 매트릭스 및 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스를 포함하는 폴디드 버틀러 매트릭스;
- [0045] 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스에 연결된 안테나 어레이; 및
- [0046] 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스의 절단 부위와 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스의 절단 부위를 전기적으로 결합시켜 하나의 CRLH 버틀러 매트릭스를 형성하는 제1 내지 제4 비아홀(VIA HOLE)을 포함하고,
- [0047] 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제1 크로스오버를 포함하며,
- [0048] 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 제2 크로스오버를 포함하고,
- [0049] 상기 제1 및 제2 크로스오버는 각각 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성된다.
- [0050] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는 제1 기판의 상부에 형성되고, 상기 제1 기판의 하부에 접지가 형성되며, 상기 접지의 하부에 제2 기판이 형성되고, 상기 제2 기판의 하부에 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스가 형성되며,
- [0051] 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는,
- [0052] 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러;
- [0053] 입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제1 CRLH 위상 천이기;
- [0054] 제1 입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 상기 제1 크로스오버; 및

- [0055] 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제2 CRLH 위상 천이기를 포함하며,
- [0056] 상기 제1 CRLH 위상 천이기의 출력단은 상기 제1 비아홀에 연결되고,
- [0057] 상기 제2 CRLH 위상 천이기의 출력단은 상기 제4 비아홀에 연결되며,
- [0058] 상기 제1 크로스오버의 제1 출력단은 상기 제2 비아홀에 연결되고,
- [0059] 상기 제1 크로스오버의 제2 출력단은 상기 제3 비아홀에 연결되며,
- [0060] 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스는,
- [0061] 제1 입력단이 상기 제1 비아홀에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 비아홀에 연결되는 제3 CRLH 하이브리드 커플러;
- [0062] 제1 입력단이 상기 제3 비아홀에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 비아홀에 연결되는 제4 CRLH 하이브리드 커플러;
- [0063] 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 위상 천이기;
- [0064] 제1 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단에 연결된 제2 크로스오버; 및
- [0065] 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단에 연결된 제4 CRLH 위상 천이기를 포함하고,
- [0066] 상기 제3 CRLH 위상 천이기의 출력은 제1 출력 포트에 연결되며,
- [0067] 상기 제2 크로스오버의 제1 출력단은 제2 출력 포트에 연결되고,
- [0068] 상기 제2 크로스오버의 제2 출력단은 제3 출력 포트에 연결되며,
- [0069] 상기 제4 CRLH 위상 천이기의 출력단은 제4 출력 포트에 연결될 수 있다.
- [0070] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제1 크로스오버는,
- [0071] 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 상기 제3 비아를 연결하는 제1 전도성 패턴;
- [0072] 제5 및 제6 비아홀을 통해, 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제2 비아홀에 연결된 전도성 패턴을 연결하는 제2 전도성 패턴으로서, 상기 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴;
- [0073] 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제7 및 제8 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제3 전도성 패턴; 및
- [0074] 상기 제2 비아홀에 연결된 전도성 패턴과 상기 제1 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제9 및 제10 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제4 전도성 패턴을 포함할 수 있다.
- [0075] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제2 크로스오버는,
- [0076] 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러의 제1 출력단과 상기 제2 출력 포트를 연결하는 제5 전도성 패턴;
- [0077] 제11 및 제12 비아홀을 통해, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 제3 출력 포트에 연결된 전도성 패턴을 연결하는 제6 전도성 패턴으로서, 상기 접지가 형성된 층에 상기 접지로부터 고립되어 형성된 제6 전도성 패턴;
- [0078] 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러의 제2 출력단과 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제13 및 제14 비아홀을 통해 상기 접지에 연결된, 제7 전도성 패턴; 및
- [0079] 상기 제3 출력 포트에 연결된 전도성 패턴과 상기 제5 전도성 패턴 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제15 및 제16 비아홀을 통해

상기 접지에 연결된, 제8 전도성 패턴을 포함할 수 있다.

- [0080] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제1 기관 및 상기 제2 기관은 FR-4 기관을 포함할 수 있다.
- [0081] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제1 CRLH 위상 천이기, 상기 제2 CRLH 위상 천이기, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러, 상기 제3 CRLH 위상 천이기 및 상기 제4 CRLH 위상 천이기는, CRLH 전송 선로에 기반하여 형성될 수 있다.
- [0082] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 있어서, 상기 CRLH 전송 선로는, 제1 직렬 인덕턴스, 상기 제1 직렬 인덕턴스와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 일단과 상기 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스, 상기 제1 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스, 상기 직렬 커패시턴스의 타단과 상기 접지 간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스, 및 상기 제2 병렬 인덕턴스와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스를 포함하고,
- [0083] 상기 제1 직렬 인덕턴스 및 상기 제2 직렬 인덕턴스는 각각 인터-디지털의 양쪽 손가락 패턴들 및 상기 양쪽 손가락 패턴들과 포트 간의 연결 패턴에 의해 형성되며,
- [0084] 상기 직렬 커패시턴스는 상기 인터-디지털의 갭에 의해 형성되고,
- [0085] 상기 제1 및 제2 병렬 인덕턴스는 각각 상기 제1 기관 상의 전도성 스텐드의 비아홀을 통한 상기 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성되며,
- [0086] 상기 제1 및 제2 병렬 커패시턴스는 각각 상기 접지와 상기 연결 패턴 간의 간격에 의해 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0087] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 의하면, 메타물질 구조의 CRLH 전송 선로에 기반한 초소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치를 제공함으로써 5G 이동통신, MIMO 다중 안테나 통신, MIMO 안테나의 빔포밍 및 빔스캐닝 및 IoT 통신 시스템의 고도화에 큰 기여를 할 수 있다.
- [0088] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에 의하면, 초소형으로 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치를 제작할 수 있기 때문에, 5G 이동통신, IoT 통신, 차량 통신 및 스마트 가전에 내장하여 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0089] 도 1의 (a)는 50-옴(Ohm) CRLH 전송 선로의 등가 회로이고, (b)는 35-옴(옴) CRLH 전송 선로의 등가 회로를 도시한 도면.
- 도 2a는 50-옴(Ohm) CRLH 전송 선로의 구조를 도시한 도면이고, 도 2b는 전기장(E-field)을 도시한 도면.
- 도 3a는 35-옴(Ohm) CRLH 전송 선로의 구조를 도시한 도면이고, 도 3b는 전기장(E-field)을 도시한 도면.
- 도 4a는 CRLH 0dB 커플러의 구조, 도 4b는 전기장, 도 4c는 TMM4와 FR-4의 CRLH 0dB 커플러 간의 차이를 도시한 도면.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 크로스오버의 구조를 도시한 도면으로, 도 5a는 상면도, 도 5b는 저면도이고, 도 5c는 도 5a 및 도 5b에 도시된 크로스오버의 S 파라미터를 도시한 도면.
- 도 6a는 버틀러 매트릭스의 구조를 도시한 도면이고, 도 6b는 버틀러 매트릭스의 위상 관계를 나타낸 도면.
- 도 7a는 FR-4 기관 상에 제작된 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 CRLH 버틀러 매트릭스를 도시한 도면으로서, 상면도를 도시한 도면.
- 도 7b는 도 7a에 도시된 CRLH 버틀러 매트릭스의 저면도.
- 도 8은 실제 제작된 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사

용되는 CRLH 버틀러 매트릭스를 도시한 도면.

도 9는 여기된(excitation) 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우, 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 CRLH 버틀러 매트릭스의 전기장을 도시한 도면.

도 10a 내지 도 10d는 여기된 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우, FR-4 기판을 사용한 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용된 CRLH 버틀러 매트릭스의 S 파라미터를 도시한 도면이고, 도 10e는 각 출력 포트 간의 위상 차를 도시한 도면.

도 11은 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 레이어 구조를 도시한 도면.

도 12는 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 구조를 도시한 도면으로서, 도 12a는 제1 레이어, 도 12b는 제3 레이어, 도 12c는 제5 레이어의 구조를 도시한 도면.

도 13은 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 실제 제작된 구조를 도시한 도면으로서, 도 13a는 제1 레이어의 실제 제작된 구조, 도 13b는 제5 레이어의 실제 제작된 구조를 도시한 도면.

도 14는 실제 여기된 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우의 전기장(E-field)을 도시한 도면.

도 15a 내지 도 15d는 여기된(excitation) 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우, 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 시뮬레이션 및 측정된 결과를 도시한 도면이고, 도 15e는 출력 포트 위상 관계를 도시한 도면.

도 16a 내지 도 16d는, (a) 마이크로스트립 라인 버틀러 매트릭스, (b) TMM4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스, (c) 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스, 및 (d) 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4에 기반하여 형성된 폴디드 버틀러 매트릭스의 크기를 비교한 도면.

도 16e는 각 버틀러 매트릭스의 실제 수치를 나타낸 도면.

도 17a는 안테나 어레이와 빔포밍 버틀러 매트릭스가 결합된 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치의 상면도.

도 17b는 도 17a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치의 저면도.

도 18a 및 도 18b는 (a) 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스 및 (b) 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4에 기반하여 형성된 폴디드 버틀러 매트릭스의 성능을 비교하기 위하여 표시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0090] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 이에 앞서 본 명세서 및 청구항에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0091] 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세

서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0092] 본 발명은 5G Sub-6GHz-대역인 3.5GHz에서 동작하는 초소형 빔포밍 매트릭스를 제안한다. 수동형 빔포밍 매트릭스의 초소형화에 대한 관심이 지대하다. 하지만, 스마트폰과 소형 무선 통신 기기에서 빔포밍 매트릭스에 기반하여 안테나를 실현하는 것은 용이하지 않다. 본 발명은 메타재질에 기반하여 소형화의 한계를 극복하였다.
- [0093] 첫 번째 부분은 회로 수준에서 개념의 실현 가능성이다. 접근 방식의 타당성을 확인한 후 인터-디지털(inter-digital) 구조와 고 임피던스 선로로 장치를 구현하였다. 또한 적절한 커플러를 설계하기 위하여 이론적으로 90° 위상을 가지는 특성을 만들어 내야 했고 이를 기반으로 주요 파라미터를 정의하고 올바른 기능을 위해 트리밍하였다.
- [0094] 다음으로 메타재질인 구성 요소들을 결합하여 새로운 구조로 소형 빔포밍 네트워크를 형성하였다. 이것은 기존의 빔포밍 네트워크보다 크기가 훨씬 작은 초소형 크기의 인쇄 회로 기판 기반의 버틀러 매트릭스의 제작을 가능하게 하였다.
- [0095] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치는 메타재질 빔포밍 빔스캐닝 급전부를 이용하여 MIMO 방사체에 배열 안테나 기능을 부여할 수 있게 하였다.
- [0096] 이에 맞춰 방사체의 크기가 더 작아져야 하는데, 3.5GHz와 같은 Sub-6GHz의 파장으로서의 방사체는 물론 그 요소들 간격들이 커져야 하기 때문에, 층으로 나눈 간접 급전형 역 L형 슬릿으로 구현하여, 방사체들이 독립적으로 동작하는 MIMO 특성은 물론 이들로부터 나온 방사 패턴들이 방향을 바꿀 수 있는 설계법을 제안한다.
- [0097] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 메타재질 급전부에는 2층형 수직교차 크로스오버(crossover)를 포함하고 있고, 더 나아가 한 면 상의 급전부 전체를 두 면으로 나눈 폴딩형 패턴을 시도하여 전체 면적(Footprint)을 대폭 줄였다.
- [0098] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서는 메타재질 기반의 CRLH(composite right/left handed) 전송 선로에 기반하여 CRLH 버틀러 매트릭스를 구현한다.
- [0099] 도 1의 (a)는 50-옴(Ohm) CRLH 전송 선로의 등가 회로이고, (b)는 35-옴(옴) CRLH 전송 선로의 등가 회로를 도시한 도면이다.
- [0100] 도 1의 (a)를 참조하면, 50-옴 CRLH 전송 선로는, 제1 직렬 인덕턴스(100), 상기 제1 직렬 인덕턴스(100)와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스(102), 상기 직렬 커패시턴스(102)와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스(104), 상기 직렬 커패시턴스(102)의 일단과 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스(106), 상기 제1 병렬 인덕턴스(106)와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스(108), 상기 직렬 커패시턴스(102)의 타단과 상기 접지 간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스(112), 및 상기 제2 병렬 인덕턴스(112)와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스(110)를 포함한다.
- [0101] 도 1b의 35-옴 CRLH 전송 선로는 도 1a의 50-옴 CRLH 전송 선로와 그 구조가 동일하다. 다만, 실제 구현시 각 구성 요소 간의 치수만 상이하다..
- [0102] 도 2a는 50-옴(Ohm) CRLH 전송 선로의 구조를 도시한 도면이고, 도 2b는 전기장(E-field)을 도시한 도면이다.
- [0103] 도 1a에 도시된 50-옴 CRLH 전송 선로의 등가회로의 각 구성요소들은 도 2a에 도시된 50-옴 CRLH 전송 선로의 각 구성요소들에 의해 구현된다.
- [0104] 구체적으로, 도 2a를 참조하면, 도 1a의 제1 직렬 인덕턴스(100) 및 제2 직렬 인덕턴스(104)는 각각 인터-디지털(inter-digital)의 양쪽 손가락 패턴들(200, 202) 및 상기 양쪽 손가락 패턴들(200, 202)과 포트(PORT1, PORT2) 간의 연결 패턴(212, 214)에 의해 형성된다.
- [0105] 도 1a의 직렬 커패시턴스(102)는 상기 인터-디지털의 갭, 즉 양쪽 손가락 패턴들(200, 202) 간의 갭에 의해 형성된다.
- [0106] 도 1a의 제1 및 제2 병렬 인덕턴스(106, 112)는 각각 기판 상의 전도성 스테브(204, 206)의 비아홀(208, 210)을 통한 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성된다.
- [0107] 도 1a의 제1 및 제2 병렬 커패시턴스(108, 110)는 각각 접지와 연결 패턴(212, 214) 간의 간격에 의해

형성된다.

- [0108] 도 3a는 35-옴(Ohm) CRLH 전송 선로의 구조를 도시한 도면이고, 도 3b는 전기장(E-field)을 도시한 도면이다.
- [0109] 도 3a의 35-옴(Ohm) CRLH 전송 선로는 도 2a의 50-옴(Ohm) CRLH 전송 선로와 구조가 동일하고, 다만 각 구성요소의 치수만 상이하다.
- [0110] 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치는 빔포밍 및 빔스캐닝을 위해 버틀러 매트릭스를 포함한다.
- [0111] 버틀러 매트릭스는 입력 포트로부터 대각선 방향으로 에너지를 전달하기 위한 0dB 커플러(크로스오버 커플러)를 필요로 한다.
- [0112] 버틀러 매트릭스에서 사용되는 0dB 커플러는 도 4a에 도시된 바와 같이 CRLH 전송 선로에 기반하여 구성할 수 있다. 도 4b는 도 4a의 CRLH 0dB 커플러의 전기장을 도시한 도면이다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 0dB 커플러는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달한다. 즉 포트1(Port1)에 입력된 신호를 대각선 방향인 포트3(Port3)으로 전달하거나, 포트4(Port4)에 입력된 신호를 대각선 방향인 포트2(Port2)로 전달한다.
- [0113] 도 4a에 도시된 0dB 커플러의 삽입 손실 특성은 빔포밍 매트릭스를 위해 매우 중요하다. 삽입 손실이 큰 경우, 즉, 0dB 커플러를 통과할 때 손실되는 에너지가 큰 경우, 균등하지 않게 전력이 분배된다. 0dB 커플러는 균등한 전력 분배를 위하여 삽입 손실이 작아야 한다. 즉, 0dB 커플러를 통과할 때 손실되는 에너지가 작아야 한다.
- [0114] 도 4c는 TMM4 기판을 사용하여 구성한 CRLH 0dB 커플러와 FR-4 기판을 사용하여 구성한 CRLH 0dB 커플러 간의 성능 차이를 도시한 도면이다. 도 4c에 도시된 바와 같이, FR-4 기판을 사용하여 구성한 CRLH 0dB 커플러의 삽입 손실이 TMM4 기판을 사용하여 구성한 CRLH 0dB 커플러의 삽입 손실보다 크다. 즉, FR-4 기판을 사용하여 구성한 CRLH 0dB 커플러를 통과할 때 손실되는 에너지가 TMM4 기판을 사용하여 구성한 CRLH 0dB 커플러를 통과할 때 손실되는 에너지보다 크다. 이것은 기판의 유전 손실(dielectric loss)에 기인한다.
- [0115] 한편, 추후 설명되는 폴디드 형태로 버틀러 매트릭스를 구성하기 위해서는 멀티레이어 형태로 기판을 형성해야 하는데, TMM4 기판의 경우 멀티레이어를 형성하기 위하여 압력을 가하면 파손되기 쉽다.
- [0116] 하지만, FR-4 기판을 사용하면 멀티레이어를 형성하기 위하여 압력을 인가해도 기판이 파손되지 않기 때문에, FR-4 기판을 사용하여 폴디드 형태로 버틀러 매트릭스를 구성하는 것이 바람직하다.
- [0117] 따라서, FR-4 기판을 사용하여, 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 0dB 커플러를 구성하기 위하여, 본 발명에서는 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성된 크로스오버(500)를 사용한다.
- [0118] 도 5a 및 도 5b에 도시된 크로스오버(500)는, 제1 입력단(PORT1)과 제2 출력단(PORT4)을 연결하는 제1 전도성 패턴(502), 제1 및 제2 비아홀(VIA1, VIA2)을 통해, 제2 입력단(PORT2)과 제1 출력단(PORT3)을 연결하는 제2 전도성 패턴(도 5b의 504)으로서, 기판(SUB)의 하부에 형성된 접지(GND)로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴(도 5b의 504), 제2 입력단(PORT2)에 연결된 패턴(510)과 상기 제1 전도성 패턴(502) 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴(502)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴(502)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제3 및 제4 비아홀(VIA3, VIA4)을 통해 접지(GND)에 연결되는, 제3 전도성 패턴(506), 및 제1 출력단(PORT3)과 상기 제1 전도성 패턴(502) 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴(502)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴(502)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제5 및 제6 비아홀(VIA5, VIA6)을 통해 접지(GND)에 연결되는, 제4 전도성 패턴(508)을 포함한다.
- [0119] 본 발명의 일 실시예에서, 입력단 및 출력단 또는 입력 포트와 출력 포트는 설명의 편의를 위하여 기재한 것으로, 안테나의 경우, 입력단 또는 입력 포트는 출력단 또는 출력 포트에 사용될 수 있고, 출력단 또는 출력 포트는 입력단 또는 입력 포트에 사용될 수 있으므로, 본 발명의 일 실시예에서, 입력단과 출력단 또는 입력 포트와 출력 포트에는 신호가 입력되거나 신호가 출력될 수 있다.
- [0120] 도 5c는 도 5a 및 도 5b에 도시된 크로스오버의 S 파라미터를 도시한 도면이다.
- [0121] 도 6a는 4개의 입력 포트(PORT1 내지 PORT4) 및 4개의 출력 포트(PORT5 내지 PORT8)를 포함하는 빔포밍 및 빔스캐닝을 위한 버틀러 매트릭스의 구조를 도시한 도면이다. 도 6a에 도시된 버틀러 매트릭스는 하나의 입력단으로 입력되는 신호를 2개의 출력단으로 분배하여 전달하는 하이브리드 커플러(600, 602, 610, 612), 입력 신호의 위상을 천이하는 위상 천이기(604, 608, 614, 618), 및 하나의 입력단으로 입력되는 신호를 대각선 방향의 하나의

출력단으로 전달하는 0dB 커플러(606, 616)을 포함한다.

- [0122] 도 6b는 입력 포트와 출력 포트(입력 신호와 출력 신호) 간의 버틀러 매트릭스의 위상 관계를 나타낸 도면이다. 0dB 커플러의 경우, 입력단과 출력단 간의 위상 차(입력 신호와 출력 신호 간의 위상차)는 없는 것으로 가정한다.
- [0123] 도 7a는 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 CRLH 버틀러 매트릭스(700)를 도시한 상면도이고, 도 7b는 도 7a에 도시된 CRLH 버틀러 매트릭스(700)의 저면도이다.
- [0124] 도 7a 및 도 7b에 도시된 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 CRLH 버틀러 매트릭스(700)는, 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러(702, 704), 입력단이 제1 CRLH 하이브리드 커플러(702)의 제1 출력단에 연결된 제1 CRLH 위상 천이기(706), 제1 입력단이 제1 CRLH 하이브리드 커플러(702)의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 제2 CRLH 하이브리드 커플러(704)의 제1 출력단에 연결된 제1 크로스오버(718), 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(704)의 제2 출력단에 연결된 제2 CRLH 위상 천이기(708), 제1 입력단이 상기 제1 CRLH 위상 천이기의 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제1 크로스오버(718)의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710), 제1 입력단이 상기 제1 크로스오버(718)의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 CRLH 위상 천이기(708)의 출력단에 연결된 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712), 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710)의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 위상 천이기(714), 제1 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710)의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712)의 제1 출력단에 연결된 제2 크로스오버(720), 및 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712)의 제2 출력단에 연결된 제4 CRLH 위상 천이기(716)를 포함한다.
- [0125] 상기 제1 크로스오버(718)는, 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러(702)의 제2 출력단과 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712)의 제1 입력단을 연결하는 제1 전도성 패턴(PT1), 제1 및 제2 비아홀(VIA1, VIA2)을 통해, 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(704)의 제1 출력단과 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710)의 제2 입력단을 연결하는 제2 전도성 패턴(도 7b의 PT2)으로서, 상기 접지(도 7b의 GND)가 형성된 층에 상기 접지(GND)로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴(PT2), 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(704)의 제1 출력단과 상기 제1 전도성 패턴(PT1) 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴(PT1)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴(PT1)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제3 및 제4 비아홀(VIA3, VIA4)을 통해 상기 접지(GND)에 연결되는, 제3 전도성 패턴(PT3), 및 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710)의 제2 입력단과 상기 제1 전도성 패턴(PT1) 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴(PT1)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴(PT1)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제5 및 제6 비아홀(VIA5, VIA6)을 통해 상기 접지(GND)에 연결되는, 제4 전도성 패턴(PT4)을 포함한다.
- [0126] 상기 제2 크로스오버(720)는, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710)의 제2 출력단과 제3 출력 포트(PORT7)를 연결하는 제5 전도성 패턴(PT5), 제7 및 제8 비아홀(VIA7, VIA8)을 통해, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712)의 제1 출력단과 제2 출력 포트(PORT6)를 연결하는 제6 전도성 패턴(PT6)으로서, 상기 접지(GND)가 형성된 층에 상기 접지(GND)로부터 고립되어 형성된 제6 전도성 패턴(PT6), 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712)의 제1 출력단과 상기 제5 전도성 패턴(PT5) 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴(PT5)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴(PT5)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제9 및 제10 비아홀(VIA9, VIA10)을 통해 상기 접지(GND)에 연결된, 제7 전도성 패턴(PT7), 및 상기 제2 출력 포트(PORT6)와 상기 제5 전도성 패턴(PT5) 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴(PT5)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴(PT5)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제11 및 제12 비아홀(VIA11, VIA12)을 통해 상기 접지(GND)에 연결된, 제8 전도성 패턴(PT8)을 포함한다.
- [0127] 기판(SUB)은 FR-4 기판을 포함한다.
- [0128] 상기 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러(702, 704), 상기 제1 CRLH 위상 천이기(706), 상기 제2 CRLH 위상 천이기(708), 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(710), 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(712), 상기 제3 CRLH 위상 천이기(714) 및 상기 제4 CRLH 위상 천이기(716)는, CRLH 전송 선로에 기반하여 형성된다.
- [0129] 상기 CRLH 전송 선로는, 앞서 도 1a에 도시된 바와 같이, 제1 직렬 인덕턴스(100), 상기 제1 직렬 인덕턴스(100)와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스(102), 상기 직렬 커패시턴스(102)와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스(104), 상기 직렬 커패시턴스(102)의 일단과 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스(106), 상기 제1 병렬 인덕턴스(106)와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스(108), 상기 직렬 커패시턴스(102)의 타단과 상기 접지

간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스(112), 및 상기 제2 병렬 인덕턴스(112)와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스(110)를 포함한다.

- [0130] 또한, 도 2a에 도시된 바와 같이, 제1 직렬 인덕턴스(100) 및 제2 직렬 인덕턴스(104)는 각각 인터-디지털(inter-digital)의 양쪽 손가락 패턴들(200, 202) 및 상기 양쪽 손가락 패턴들(200, 202)과 포트(PORT1, PORT2) 간의 연결 패턴(212, 214)에 의해 형성되고, 직렬 커패시턴스(102)는 상기 인터-디지털의 갭, 즉 양쪽 손가락 패턴들(200, 202) 간의 갭에 의해 형성되며, 제1 및 제2 병렬 인덕턴스(106, 112)는 각각 기판 상의 전도성 스톱브(204, 206)의 비아홀(208, 210)을 통한 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성되고, 제1 및 제2 병렬 커패시턴스(108, 110)는 각각 접지와 연결 패턴(212, 214) 간의 간격에 의해 형성된다.
- [0131] 제1 내지 제4 CRLH 하이브리드 커플러(702, 704, 710, 712)는 제1 입력단에 입력된 신호를 제1 및 제2 출력단으로 전달하거나, 제2 입력단에 입력된 신호를 제1 및 제2 출력단으로 전달한다. 제1 출력단에서 출력된 신호와 제2 출력단에서 출력된 신호의 위상차는 90° 이다.
- [0132] 제1 및 제2 크로스오버(718, 720)는 제1 입력단에 입력된 신호를 대각선 방향인 제2 출력단으로 전달하거나, 제2 입력단에 입력된 신호를 대각선 방향인 제1 출력단으로 전달한다.
- [0133] 제1 및 제2 크로스오버(718, 720)에 포함된 제3, 제4, 제7 및 제8 전도성 패턴(PT3, PT4, PT7, PT8)은, 에너지를 끊어주기 위한 전자기 차단벽 역할을 한다.
- [0134] 도 8은 실제 제작된 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 CRLH 버틀러 매트릭스를 도시한 도면이다. 도 8을 참조하면, 버틀러 매트릭스의 전체 면적이 대폭 줄어들어, 소형화된 것을 확인할 수 있다.
- [0135] 도 9는 여기된(excitation) 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우, 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 CRLH 버틀러 매트릭스의 전기장을 도시한 도면이다.
- [0136] 도 10a 내지 도 10d는 여기된 포트 번호가 (a) 포트 1, (b) 포트 2, (c) 포트 3, (d) 포트 4인 경우, FR-4 기판을 사용한 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용된 CRLH 버틀러 매트릭스의 S 파라미터를 도시한 도면이고, 도 10e는 각 출력 포트 간의 위상 차를 도시한 도면이다.
- [0137] 도 10a 내지 도 10d의 좌측 도면은 반사 손실(return loss) 및 아이솔레이션(isolation)을 파악하기 위한 것이고, 도 10a 내지 도 10d의 우측 도면은 전력 분할(power division)을 파악하기 위한 것이다.
- [0138] 한편, 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 레이어 구조를 도시한 도면이다.
- [0139] 제1 레이어(1100)에는 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스가 형성되고, 제5 레이어(1108)에는 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스가 형성되며, 제3 레이어(1104)에는 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스의 제1 크로스오버의 일부 구성요소, 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스의 제2 크로스오버의 일부 구성요소, 및 접지(GND)가 형성된다.
- [0140] 제1 레이어(1100)로 입력된 신호는 제5 레이어(1108)를 통해 출력된다.
- [0141] 도 12는 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 구조를 도시한 도면으로서, 도 12a는 제1 레이어, 도 12b는 제3 레이어, 도 12c는 제5 레이어의 구조를 도시한 도면이다.
- [0142] 도 12a 내지 도 12c를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스(FBM)는, 완성된 버틀러 매트릭스를 절단하여 2개로 분리된, 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SMB1) 및 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SMB2)를 포함하는 폴디드 버틀러 매트릭스(FBM), 및 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SMB1)의 절단 부위와 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SMB2)의 절단 부위를 전기적으로 결합시켜 하나의 폴디드 버틀러 매트릭스(FBM)를 형성하는 제1 내지 제4 비아홀(VIA HOLE)(VIA1, VIA2, VIA3, VIA4)을 포함한다.
- [0143] 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SMB1)는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 0dB 커플러 기능을 수행하는 제1 크로스오버(1207)를 포함한다.

- [0144] 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SBM2)는 입력된 신호를 대각선 방향으로 전달하는 0dB 커플러 기능을 수행하는 제2 크로스오버(1211)를 포함한다.
- [0145] 상기 제1 및 제2 크로스오버(1207, 1211)는 앞서 도 5a 및 도 5b를 참조하여 상술한 바와 같이, 각각 2층 구조의 수직교차 크로스오버로 형성된다.
- [0146] 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SBM1)는 제1 기관(SUB1)의 상부에 형성되고, 상기 제1 기관(SUB1)의 하부에 접지(GND)가 형성되며, 상기 접지(GND)의 하부에 제2 기관(SUB2)이 형성되고, 상기 제2 기관(SUB2)의 하부에 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SBM2)가 형성된다.
- [0147] 도 12a를 참조하면, 상기 제1 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SBM1)는, 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러(1200, 1202), 입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러(1200)의 제1 출력단에 연결된 제1 CRLH 위상 천이기(1204), 제1 입력단이 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러(1200)의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(1202)의 제1 출력단에 연결된 제1 크로스오버(1207), 및 입력단이 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(1202)의 제2 출력단에 연결된 제2 CRLH 위상 천이기(1206)을 포함한다.
- [0148] 상기 제1 CRLH 위상 천이기(1204)의 출력단은 상기 제1 비아홀(VIA1)에 연결되고, 상기 제2 CRLH 위상 천이기(1206)의 출력단은 상기 제4 비아홀(VIA4)에 연결되며, 상기 제1 크로스오버(1207)의 제1 출력단은 상기 제2 비아홀(VIA2)에 연결되고, 상기 제1 크로스오버(1207)의 제2 출력단은 상기 제3 비아홀(VIA3)에 연결된다.
- [0149] 도 12c를 참조하면, 상기 제2 CRLH 서브 버틀러 매트릭스(SBM2)는, 제1 입력단이 상기 제1 비아홀(VIA1)에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제2 비아홀(VIA2)에 연결되는 제3 CRLH 하이브리드 커플러(1208), 제1 입력단이 상기 제3 비아홀(VIA3)에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 비아홀(VIA4)에 연결되는 제4 CRLH 하이브리드 커플러(1210), 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(1208)의 제1 출력단에 연결된 제3 CRLH 위상 천이기(미도시), 제1 입력단이 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(1208)의 제2 출력단에 연결되고, 제2 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(1210)의 제1 출력단에 연결된 제2 크로스오버(1211), 및 입력단이 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(1210)의 제2 출력단에 연결된 제4 CRLH 위상 천이기(미도시)를 포함한다.
- [0150] 상기 제3 CRLH 위상 천이기(미도시)의 출력은 제1 출력 포트(PORT5)에 연결되며, 상기 제2 크로스오버(1211)의 제1 출력단은 제2 출력 포트(PORT6)에 연결되고, 상기 제2 크로스오버(1211)의 제2 출력단은 제3 출력 포트(PORT7)에 연결되며, 상기 제4 CRLH 위상 천이기(미도시)의 출력단은 제4 출력 포트(PORT8)에 연결된다.
- [0151] 상기 제1 크로스오버(1207)는, 상기 제1 CRLH 하이브리드 커플러(1202)의 제2 출력단과 상기 제3 비아(VIA3)를 연결하는 제1 전도성 패턴(PT1), 제5 및 제6 비아홀(VIA5, VIA6)을 통해, 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(1202)의 제1 출력단과 상기 제2 비아홀(VIA2)에 연결된 전도성 패턴을 연결하는 제2 전도성 패턴(도 12b의 PT2)으로서, 상기 접지(GND)가 형성된 층에 상기 접지(GND)로부터 고립되어 형성된 제2 전도성 패턴(도 12b의 PT2), 상기 제2 CRLH 하이브리드 커플러(1202)의 제1 출력단과 상기 제1 전도성 패턴(PT1) 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴(PT1)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴(PT1)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제7 및 제8 비아홀(VIA7, VIA8)을 통해 상기 접지(GND)에 연결된, 제3 전도성 패턴(PT3), 및 상기 제2 비아홀(VIA2)에 연결된 전도성 패턴과 상기 제1 전도성 패턴(PT1) 사이에 형성되고, 상기 제1 전도성 패턴(PT1)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제1 전도성 패턴(PT1)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제9 및 제10 비아홀(VIA9, VIA10)을 통해 상기 접지(GND)에 연결된, 제4 전도성 패턴(PT4)를 포함한다.
- [0152] 상기 제2 크로스오버(1211)는, 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(1210)의 제1 출력단과 제2 출력 포트(PORT6)를 연결하는 제5 전도성 패턴(PT5), 제11 및 제12 비아홀(VIA11, VIA12)을 통해, 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(1208)의 제2 출력단과 제3 출력 포트(PORT7)에 연결된 전도성 패턴을 연결하는 제6 전도성 패턴(도 12b의 PT6)으로서, 상기 접지(GND)가 형성된 층에 상기 접지(GND)로부터 고립되어 형성된 제6 전도성 패턴(도 12b의 PT6), 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(1208)의 제2 출력단과 상기 제5 전도성 패턴(PT5) 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴(PT5)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴(PT5)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제13 및 제14 비아홀(VIA13, VIA14)을 통해 상기 접지(GND)에 연결된, 제7 전도성 패턴(PT7), 및 상기 제3 출력 포트(PORT7)에 연결된 전도성 패턴과 상기 제5 전도성 패턴(PT5) 사이에 형성되고, 상기 제5 전도성 패턴(PT5)으로부터 소정 거리 이격되어 상기 제5 전도성 패턴(PT5)을 따라 일정 길이만큼 형성되며, 제15 및 제16 비아홀(VIA15, VIA16)을 통해 상기 접지(GND)에 연결된, 제8 전도성 패턴(PT8)을 포함한다.
- [0153] 상기 제1 기관(SUB1) 및 상기 제2 기관(SUB2)은 FR-4 기판을 포함한다.

- [0154] 상기 제1 및 제2 CRLH 하이브리드 커플러(1200, 1202), 상기 제1 CRLH 위상 천이기(1204), 상기 제2 CRLH 위상 천이기(1206), 상기 제3 CRLH 하이브리드 커플러(1208), 상기 제4 CRLH 하이브리드 커플러(1210), 상기 제3 CRLH 위상 천이기(미도시) 및 상기 제4 CRLH 위상 천이기(미도시)는, 도 2a에 도시된 CRLH 전송 선로에 기반하여 형성된다.
- [0155] 상기 CRLH 전송 선로는, 앞서 도 1a에 도시된 바와 같이, 제1 직렬 인덕턴스(100), 상기 제1 직렬 인덕턴스(100)와 직렬로 연결되는 직렬 커패시턴스(102), 상기 직렬 커패시턴스(102)와 직렬로 연결되는 제2 직렬 인덕턴스(104), 상기 직렬 커패시턴스(102)의 일단과 접지 간에 연결되는 제1 병렬 인덕턴스(106), 상기 제1 병렬 인덕턴스(106)와 병렬로 연결되는 제1 병렬 커패시턴스(108), 상기 직렬 커패시턴스(102)의 타단과 상기 접지 간에 연결되는 제2 병렬 인덕턴스(112), 및 상기 제2 병렬 인덕턴스(112)와 병렬로 연결되는 제2 병렬 커패시턴스(110)를 포함한다.
- [0156] 또한, 도 2a에 도시된 바와 같이, 제1 직렬 인덕턴스(100) 및 제2 직렬 인덕턴스(104)는 각각 인터-디지털(inter-digital)의 양쪽 손가락 패턴들(200, 202) 및 상기 양쪽 손가락 패턴들(200, 202)과 포트(PORT1, PORT2) 간의 연결 패턴(212, 214)에 의해 형성되고, 직렬 커패시턴스(102)는 상기 인터-디지털의 갭, 즉 양쪽 손가락 패턴들(200, 202) 간의 갭에 의해 형성되며, 제1 및 제2 병렬 인덕턴스(106, 112)는 각각 기관 상의 전도성 스테브(204, 206)의 비아홀(208, 210)을 통한 접지와 연결에 의한 단락 선로에 의해 형성되고, 제1 및 제2 병렬 커패시턴스(108, 110)는 각각 접지와 연결 패턴(212, 214) 간의 간격에 의해 형성된다.
- [0157] 제1 내지 제4 CRLH 하이브리드 커플러(1200, 1202, 1208, 1210)는 제1 입력단에 입력된 신호를 제1 및 제2 출력단으로 전달하거나, 제2 입력단에 입력된 신호를 제1 및 제2 출력단으로 전달한다. 제1 출력단에서 출력된 신호와 제2 출력단에서 출력된 신호의 위상차는 90° 이다.
- [0158] 제1 및 제2 크로스오버(1207, 1211)는 제1 입력단에 입력된 신호를 대각선 방향인 제2 출력단으로 전달하거나, 제2 입력단에 입력된 신호를 대각선 방향인 제1 출력단으로 전달한다.
- [0159] 제1 및 제2 크로스오버(1207, 1211)에 포함된 제3, 제4, 제7 및 제8 전도성 패턴(PT3, PT4, PT7, PT8)은, 에너지를 끊어주기 위한 전자기 차단벽 역할을 한다.
- [0160] 도 13은 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 실제 제작된 구조를 도시한 도면으로서, 도 13a는 제1 레이어의 실제 제작된 구조, 도 13b는 제5 레이어의 실제 제작된 구조를 도시한 도면이다.
- [0161] 도 14는 실제 여기된 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우의 폴디드 버틀러 매트릭스의 전기장(E-field)을 도시한 도면이다.
- [0162] 도 15a 내지 도 15d는 여기된(excitation) 포트 번호가 (a) 제1 포트, (b) 제2 포트, (c) 제3 포트, (d) 제4 포트인 경우, 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 폴디드 버틀러 매트릭스의 물레이션 및 측정된 결과를 도시한 도면이고, 도 15e는 출력 포트 위상 관계를 도시한 도면이다.
- [0163] 도 15a 내지 도 15d의 좌측 도면은 반사 손실(return loss) 및 아이솔레이션(isolation)을 파악하기 위한 것이고, 도 15a 내지 도 15d의 우측 도면은 전력 분할(power division)을 파악하기 위한 것이다.
- [0164] 도 16a 내지 도 16d는, (a) 마이크로스트립 라인 버틀러 매트릭스, (b) TMM4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스, (c) 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스, 및 (d) 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4에 기반하여 형성된 폴디드 버틀러 매트릭스의 크기를 비교한 도면이다.
- [0165] 도 16e는 각 버틀러 매트릭스의 실제 크기를 수치로 나타낸 도면이다.
- [0166] 도 16에 도시된 바와 같이, 본 발명의 구조는 크게 2가지로서, 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스의 크기는 $40 \times 40 \text{ mm}^2$ 이고, 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4에 기반하여 형성된 폴디드 버틀러 매트릭스의 크기는 $40 \times 25 \text{ mm}^2$ 이다.

- [0167] 도 17a는 안테나 어레이와 빔포밍 버틀러 매트릭스가 결합된 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치의 상면도이고, 도 17b는 도 17a에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치의 저면도이다.
- [0168] 도 17a에서 참조번호 1700은 4개의 빔을 방사하는 방사체 역할을 하는 안테나 어레이이고, 참조번호 1702는 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스이다.
- [0169] 도 18a 및 도 18b는 (a) 본 발명의 제1 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스 및 (b) 본 발명의 제2 실시예에 의한 5G Sub-6GHz-대역 소형 MIMO 안테나와 빔스캐닝 장치에서 사용되는 FR-4에 기반하여 형성된 폴디드 버틀러 매트릭스의 성능을 비교한 도면이다.
- [0170] 안테나의 크기와 성능의 관점에서, 본 발명에서 제안하는 접근법과 결과물들은 현재 가지고 있는 통신 문제점들을 해결하기에 적합한 것으로 확인되었다.
- [0171] 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명에 따른 구성요소를 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

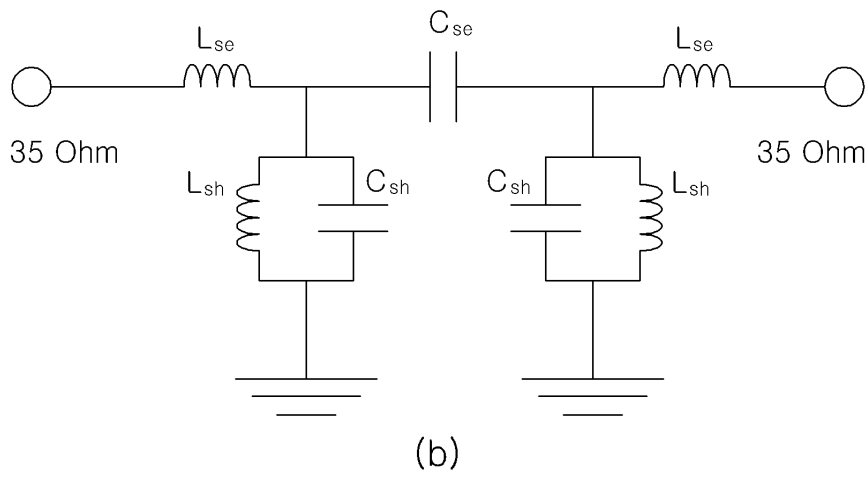
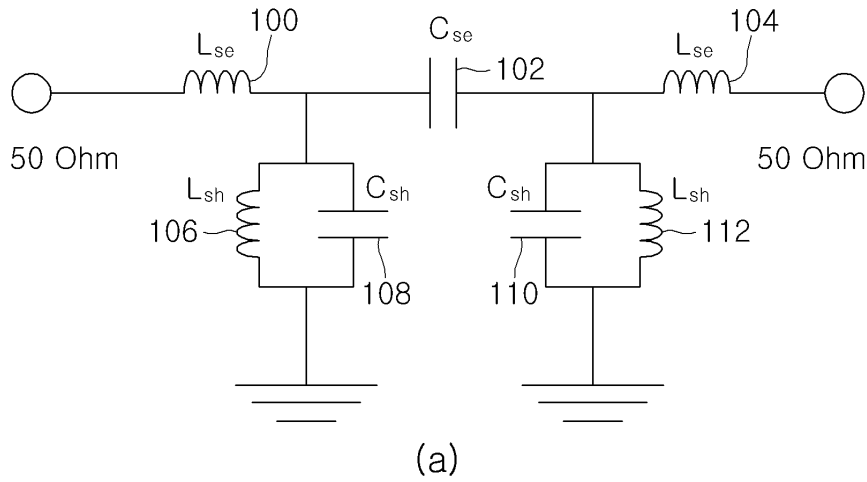
부호의 설명

- [0172] 100 : 제1 직렬 인덕턴스 102 : 직렬 커패시턴스
 104 : 제2 직렬 인덕턴스 106 : 제1 병렬 인덕턴스
 108 : 제1 병렬 커패시턴스 110 : 제2 병렬 커패시턴스
 112 : 제2 병렬 인덕턴스 200, 202 : 손가락 패턴
 204, 206 : 전도성 스텐드 208, 210 : 비아홀
 212, 214 : 연결 패턴 500 : 크로스오버
 502 : 제1 전도성 패턴 504 : 제2 전도성 패턴
 506 : 제3 전도성 패턴 508 : 제4 전도성 패턴
 510 : 제2 입력 포트에 연결된 패턴
 600, 602, 610, 612 : 하이브리드 커플러
 604, 608, 614, 618 : 위상 천이기
 606, 616 : 0dB 커플러 700 : CRLH 버틀러 매트릭스
 702, 1200 : 제1 CRLH 하이브리드 커플러
 704, 1202 : 제2 CRLH 하이브리드 커플러
 706, 1204 : 제1 CRLH 위상 천이기
 708, 1206 : 제2 CRLH 위상 천이기
 710, 1208 : 제3 CRLH 하이브리드 커플러
 712, 1210 : 제4 CRLH 하이브리드 커플러
 714 : 제3 CRLH 위상 천이기 716 : 제4 CRLH 위상 천이기
 718, 1207 : 제1 크로스오버 720, 1211 : 제2 크로스오버
 1100, 1102, 1104, 1106, 1108 : 제1 내지 제5 레이어
 1700 : 안테나 어레이

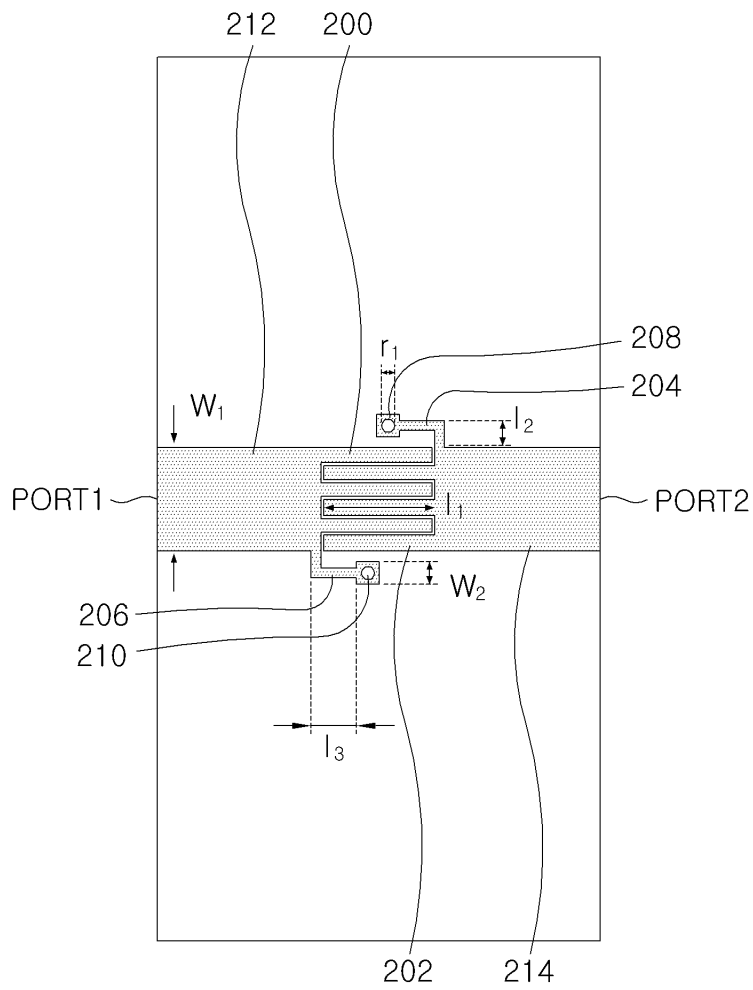
1702 : FR-4 기판에 기반하여 형성된 CRLH 버틀러 매트릭스

도면

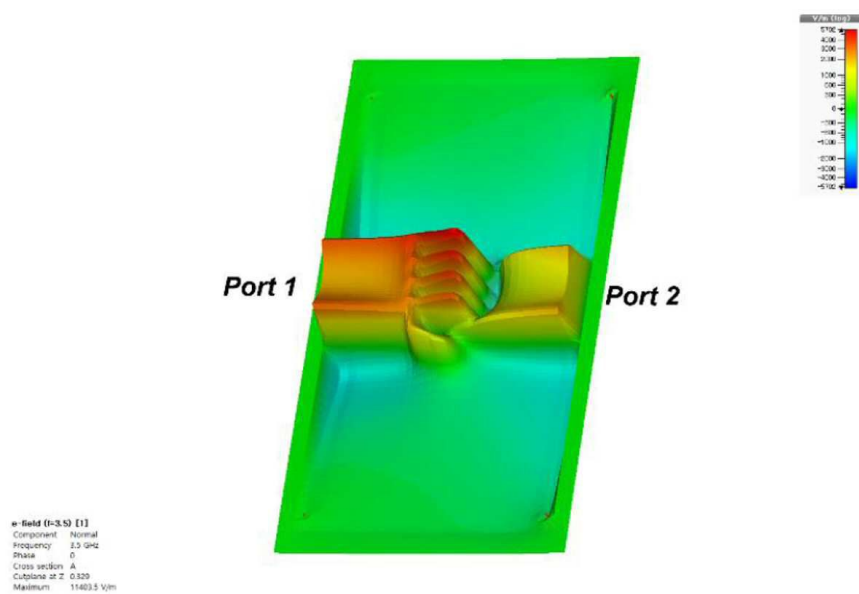
도면1



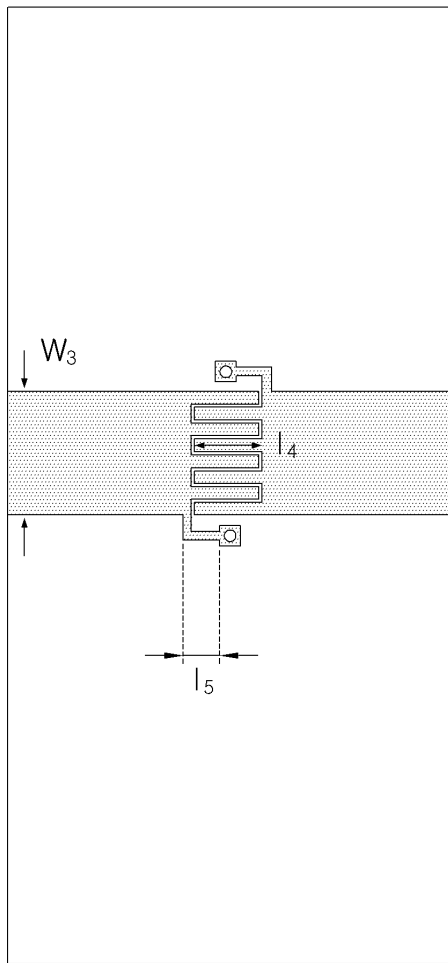
도면2a



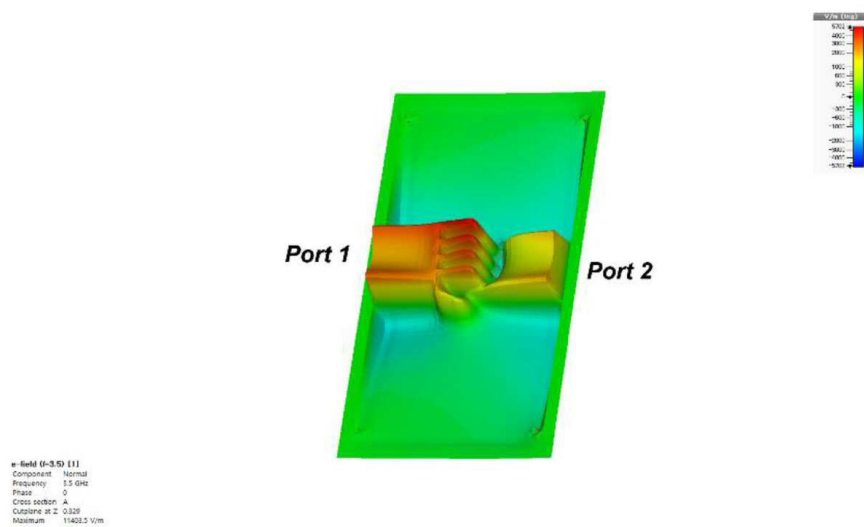
도면2b



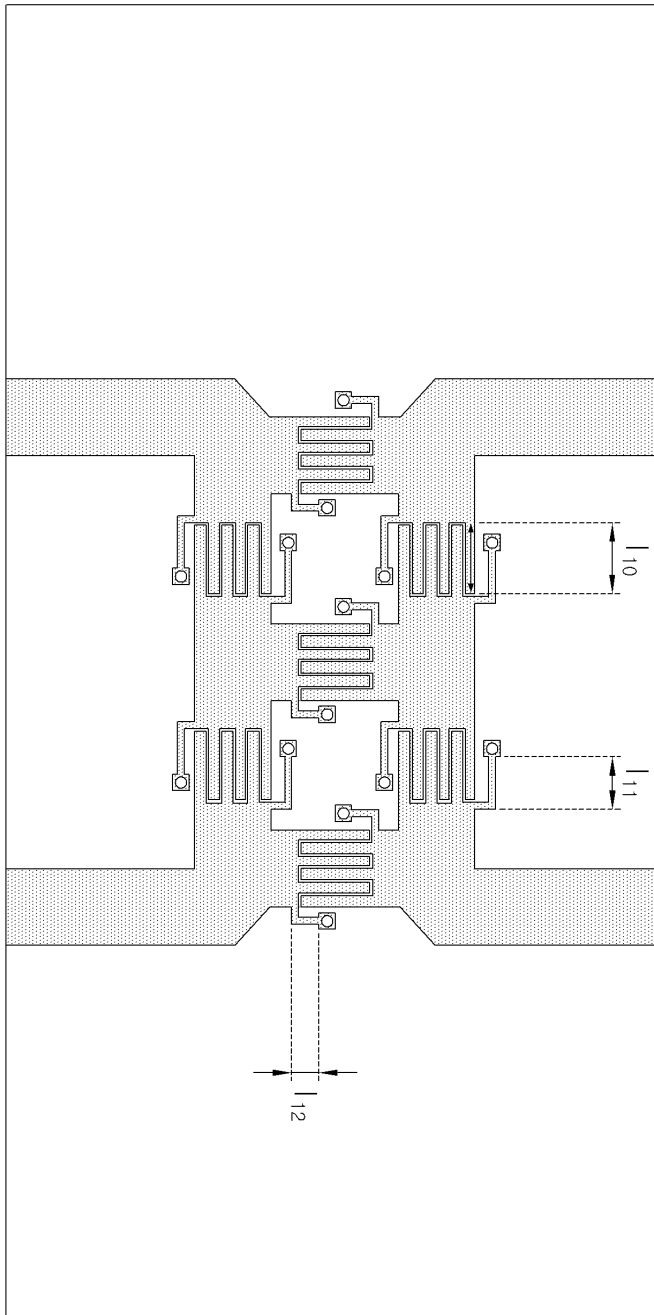
도면3a



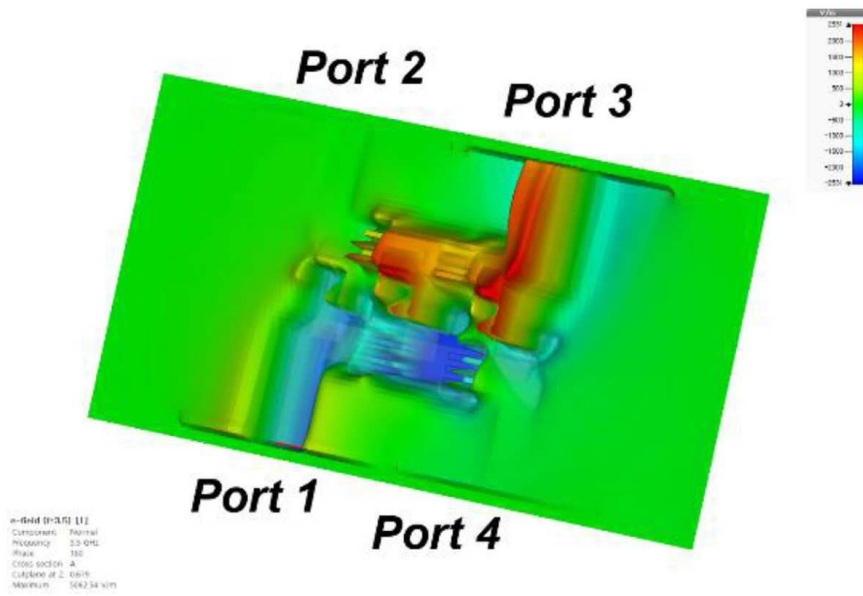
도면3b



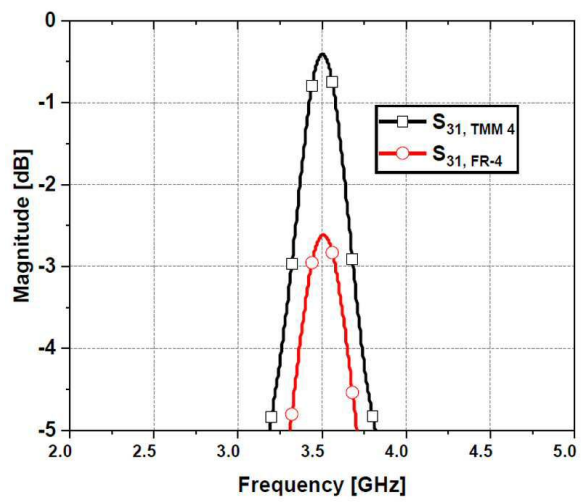
도면4a



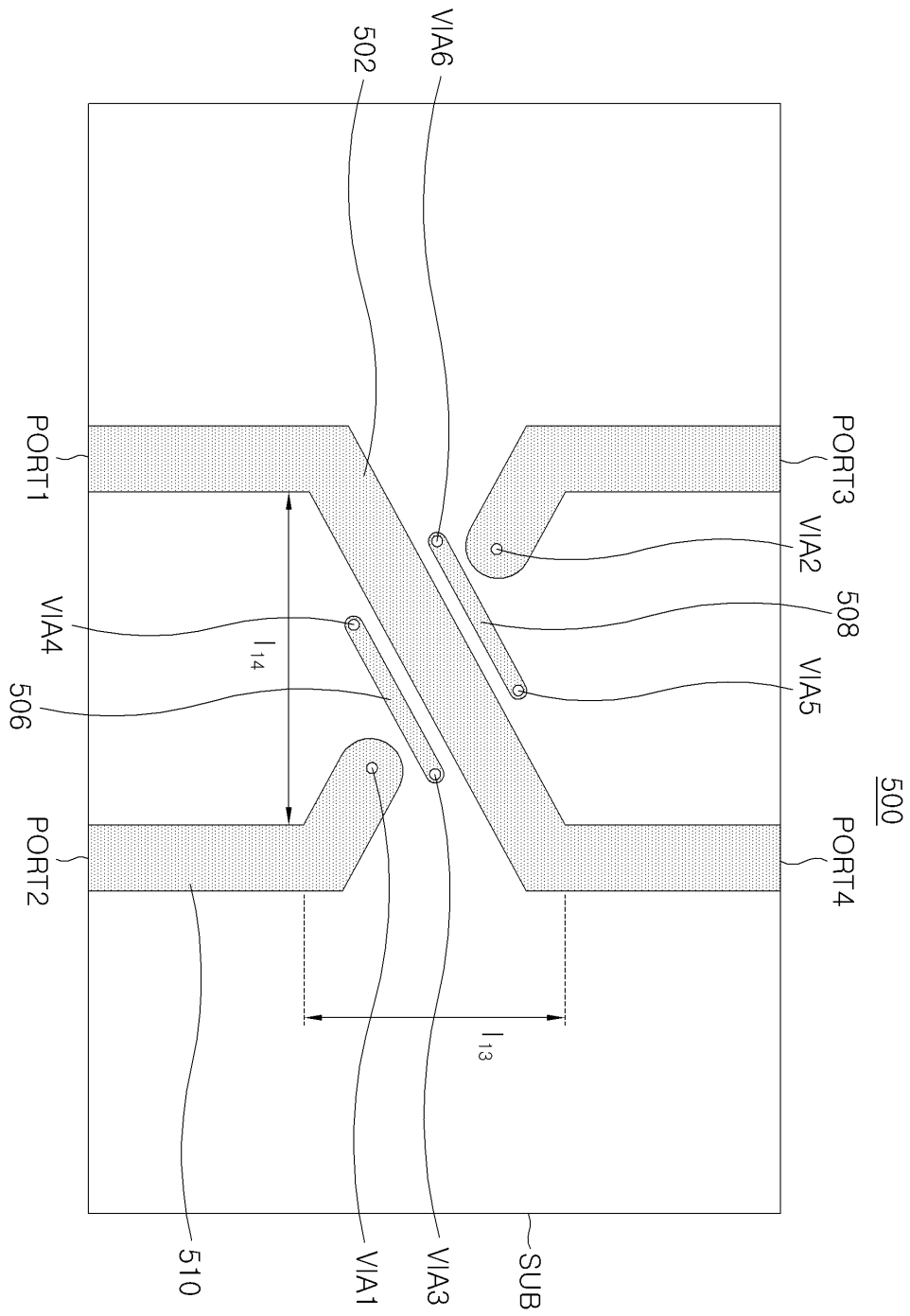
도면4b



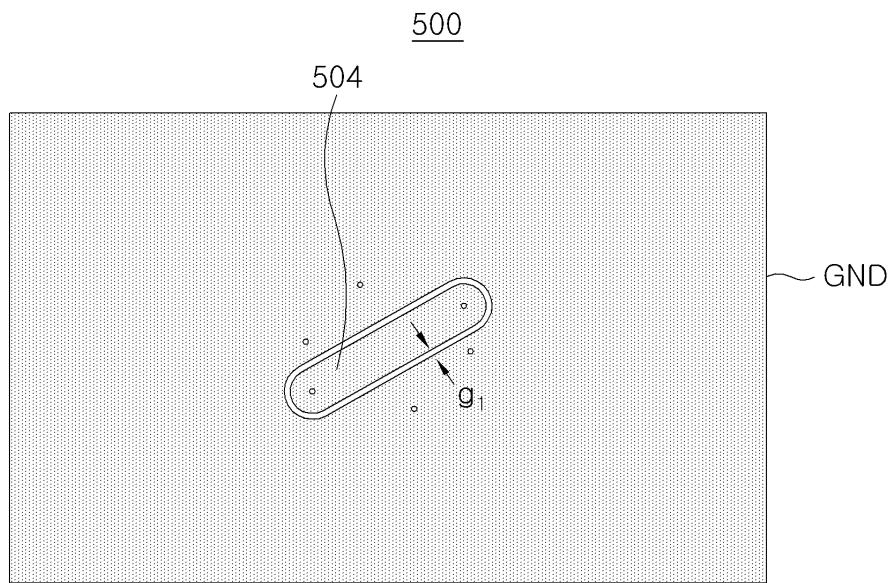
도면4c



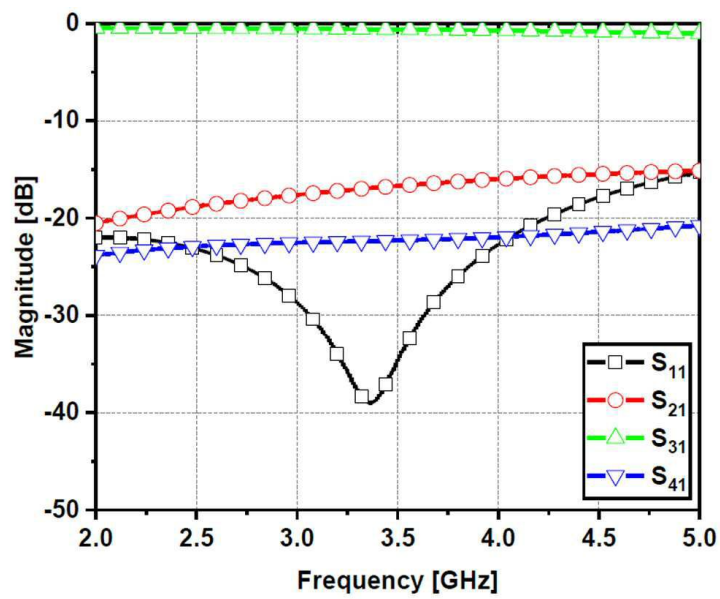
도면5a



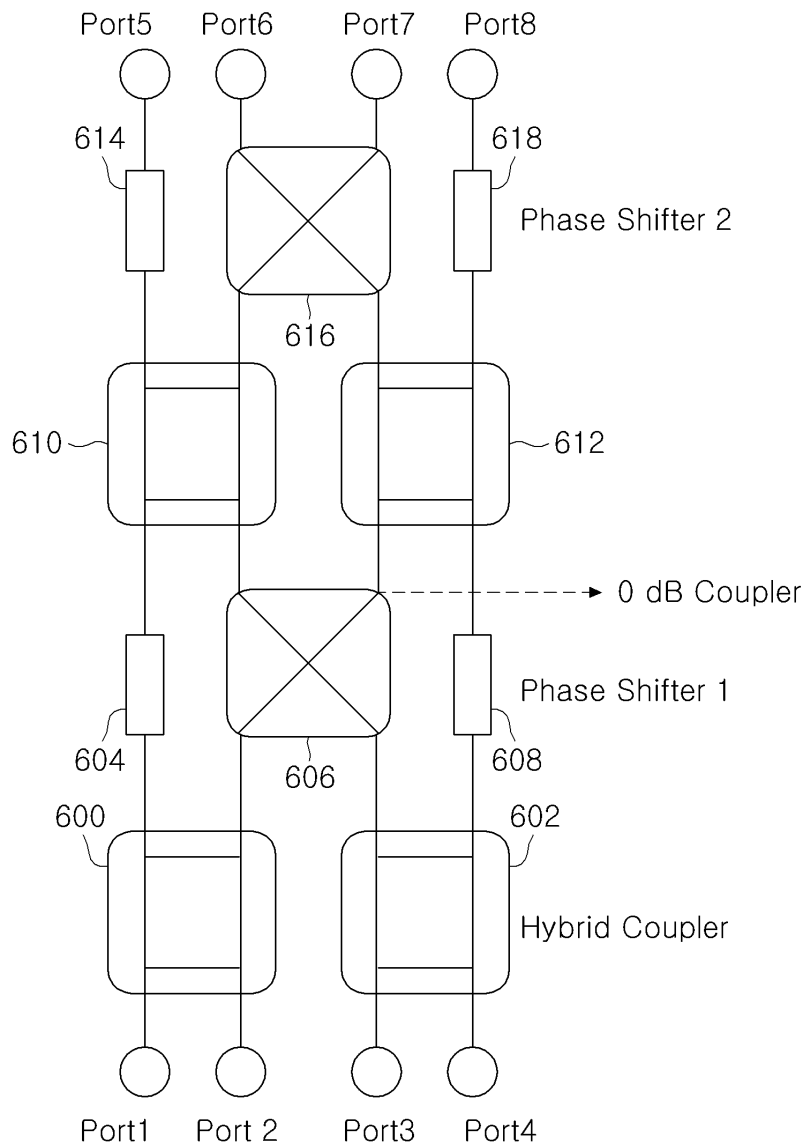
도면5b



도면5c



도면6a

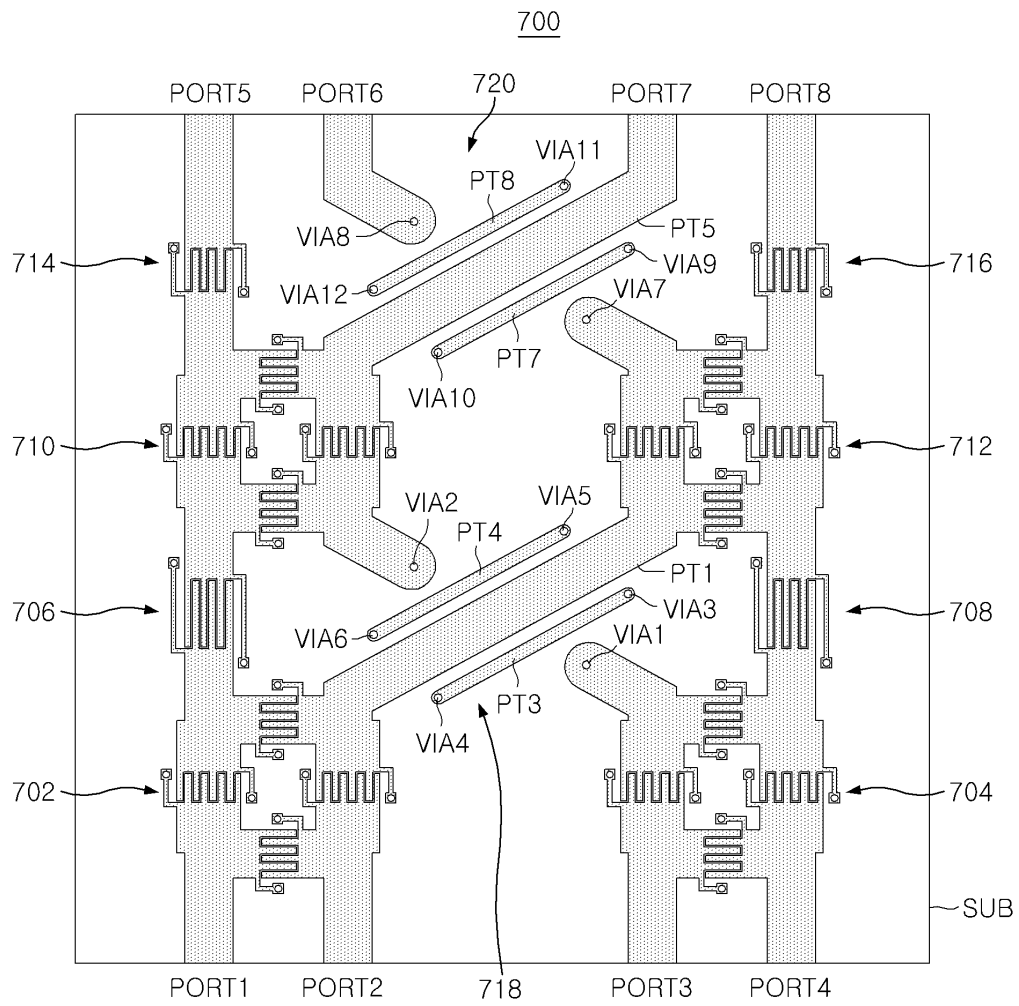


도면6b

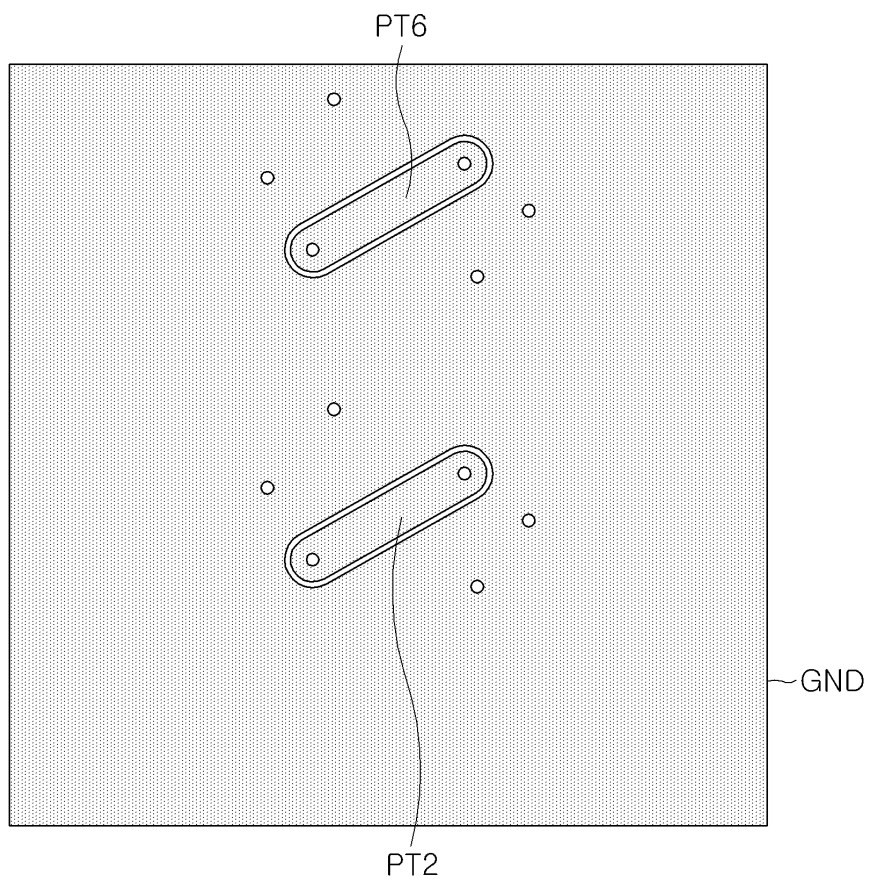
Table 4.1 Phase relationships of the Butler matrix

Output Port Input Port	5	6	7	8
1	(Phase Shifter 1 + Phase Shifter 2) [°]	90 [°]	(Phase Shifter 1) [°]	(180 + Phase Shifter 2) [°]
2	(90 + Phase Shifter 1 + Phase Shifter 2) [°]	0 [°]	(180 + Phase Shifter 1) [°]	(90 + Phase Shifter 1) [°]
3	(90 + Phase Shifter 2) [°]	(180 + Phase Shifter 1) [°]	0 [°]	(90 + Phase Shifter 1 + Phase Shifter 2) [°]
4	(180 + Phase Shifter 2) [°]	(90 + Phase Shifter 1) [°]	90 [°]	(Phase Shifter 1 + Phase Shifter 2) [°]

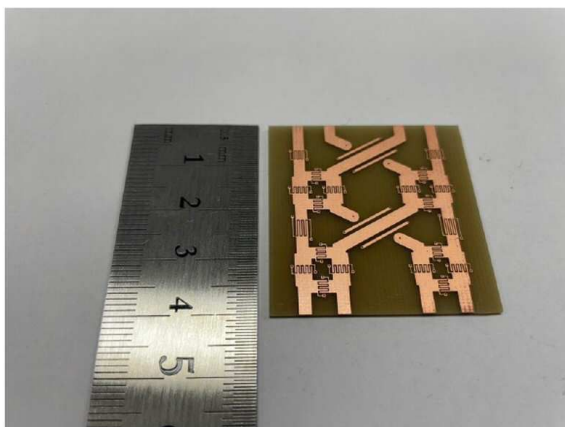
도면7a



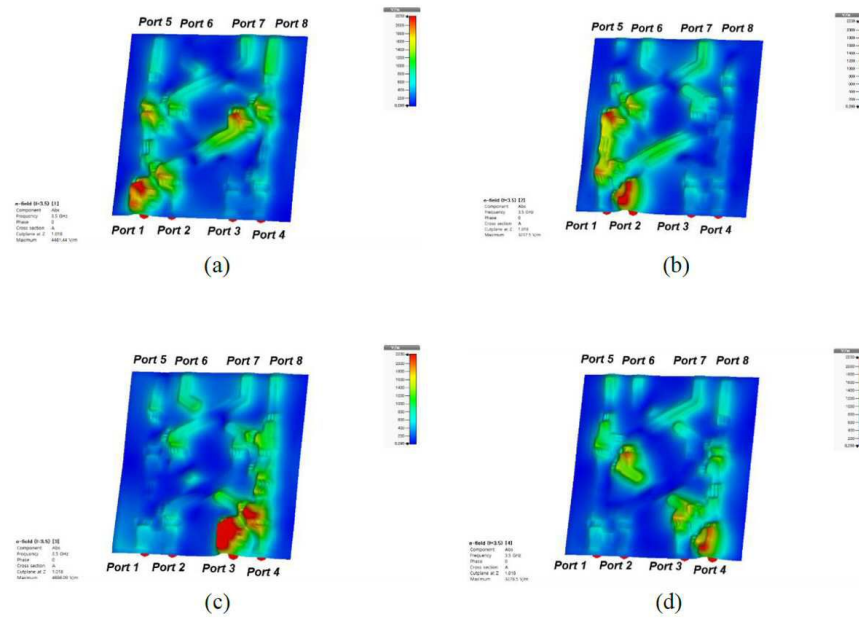
도면7b



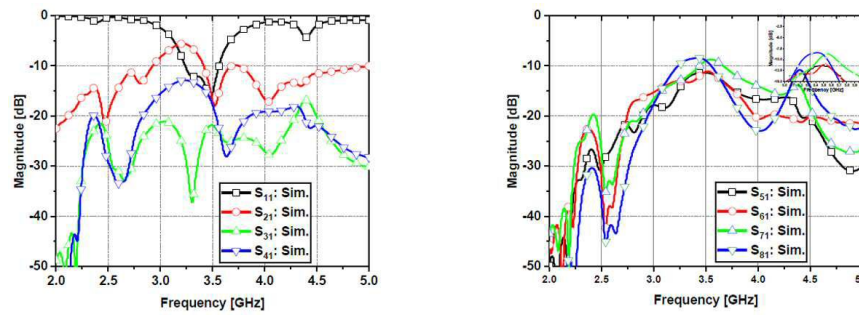
도면8



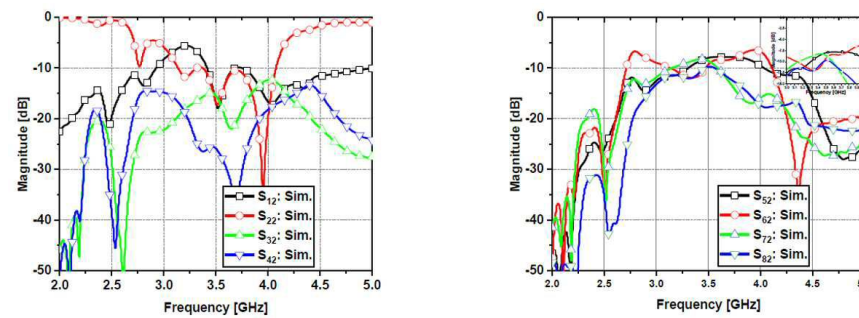
도면9



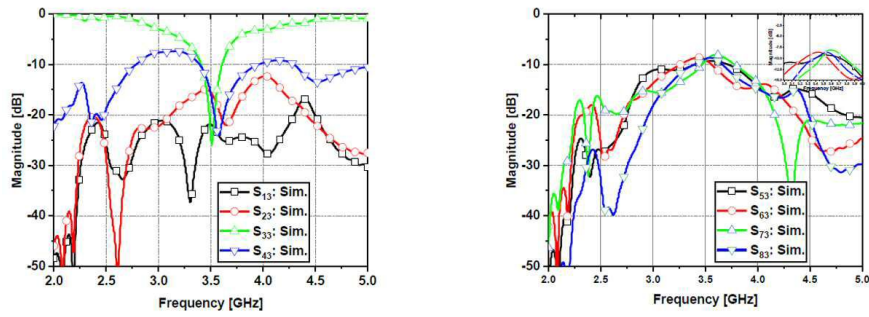
도면10a



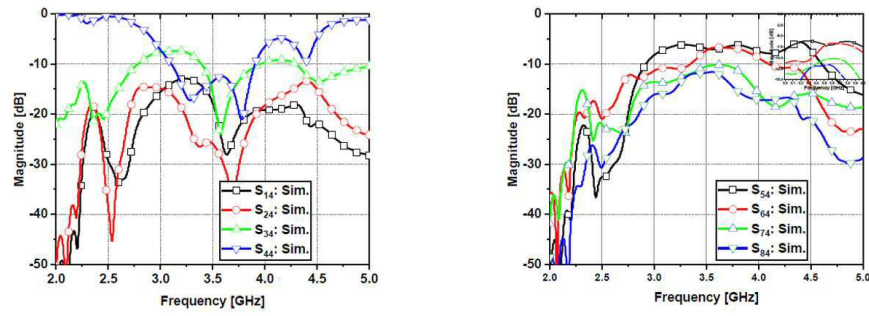
도면10b



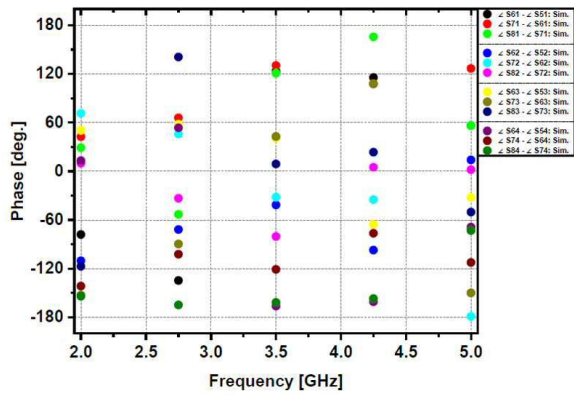
도면10c



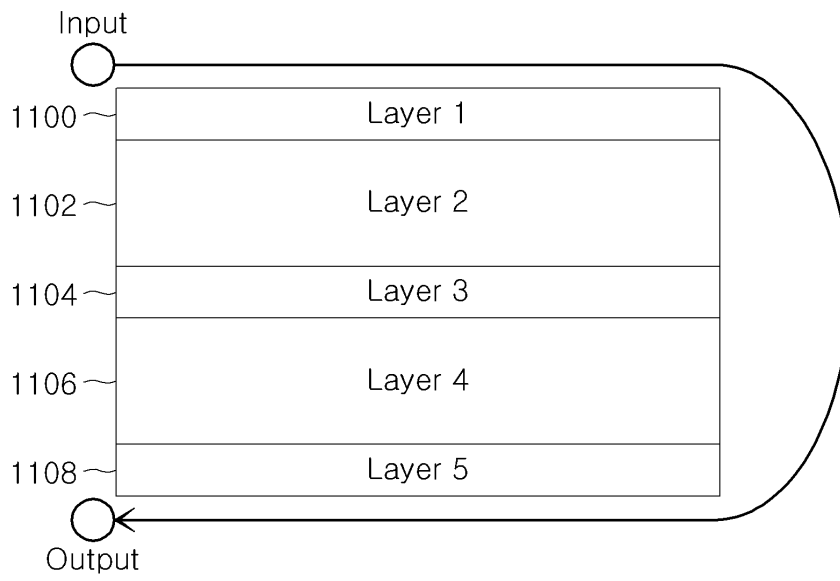
도면10d



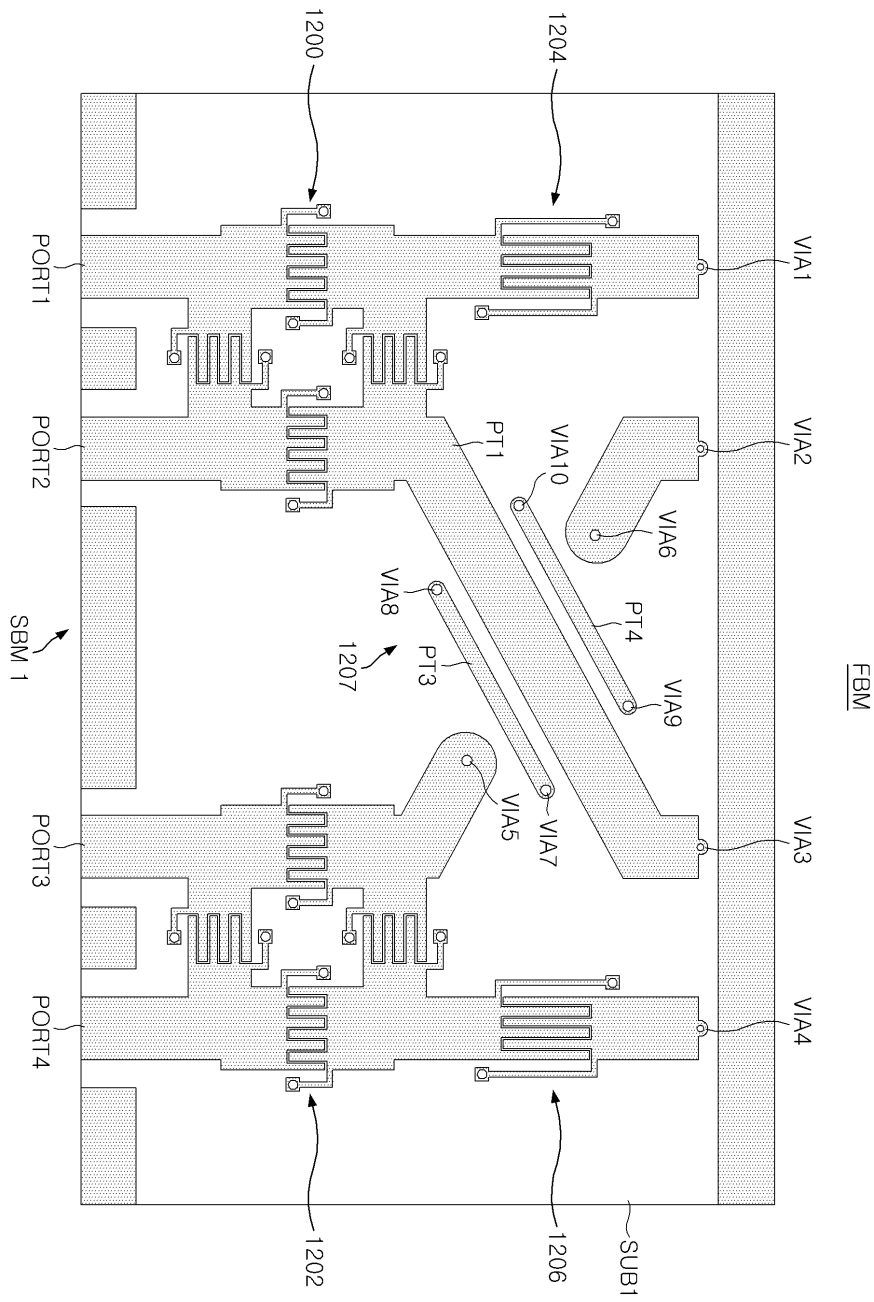
도면10e



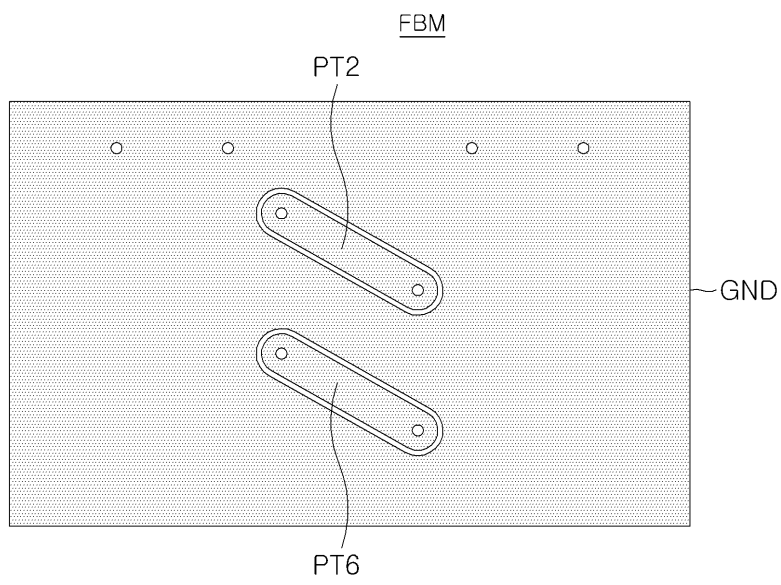
도면11



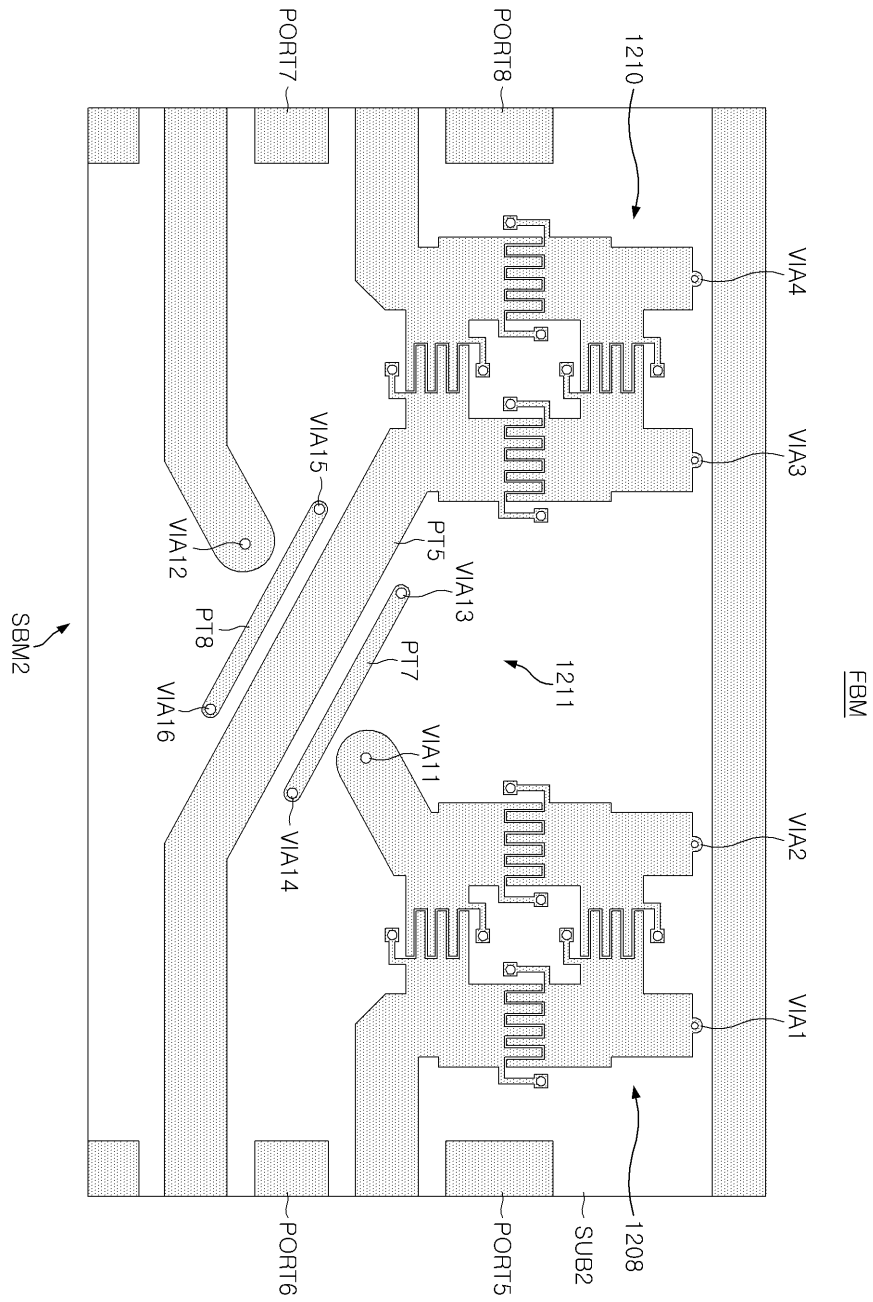
도면12a



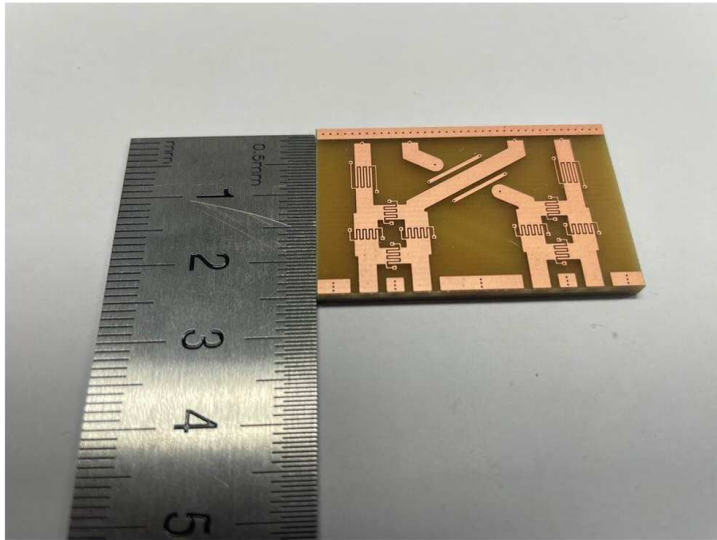
도면12b



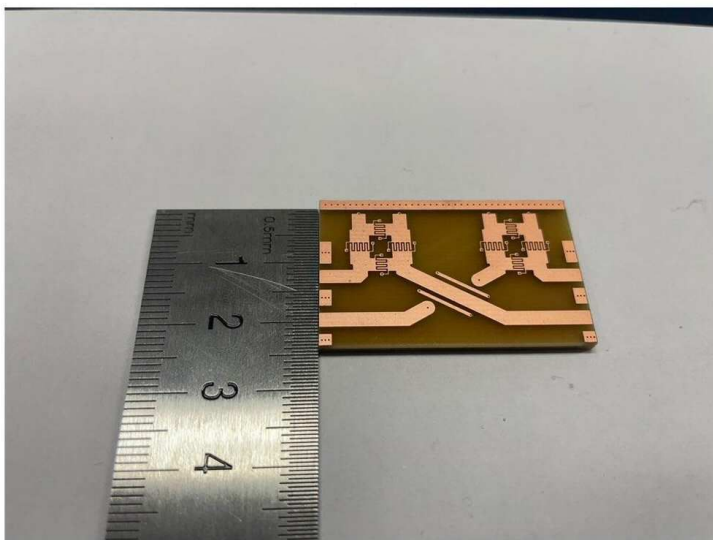
도면12c



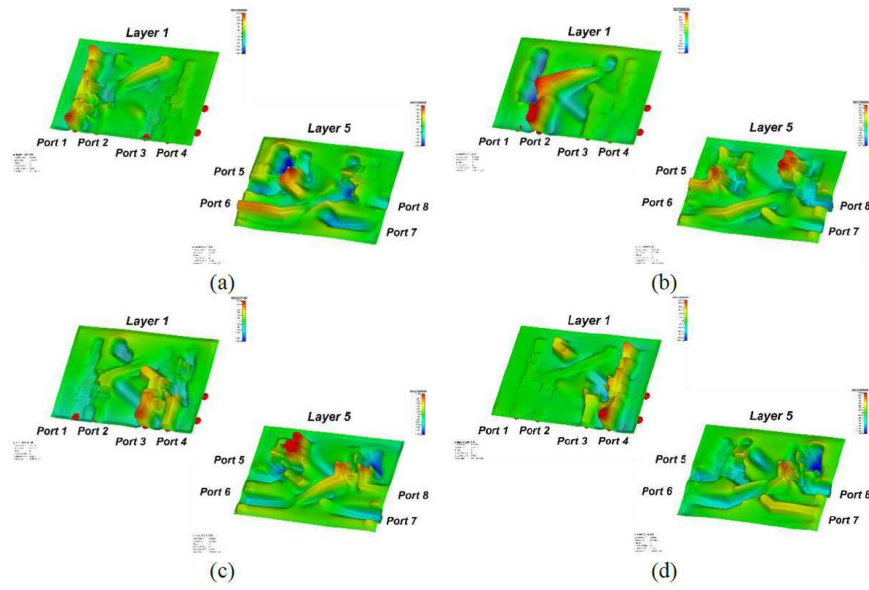
도면13a



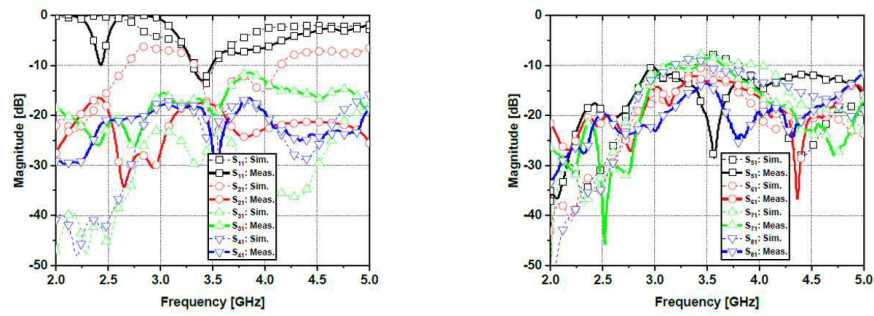
도면13b



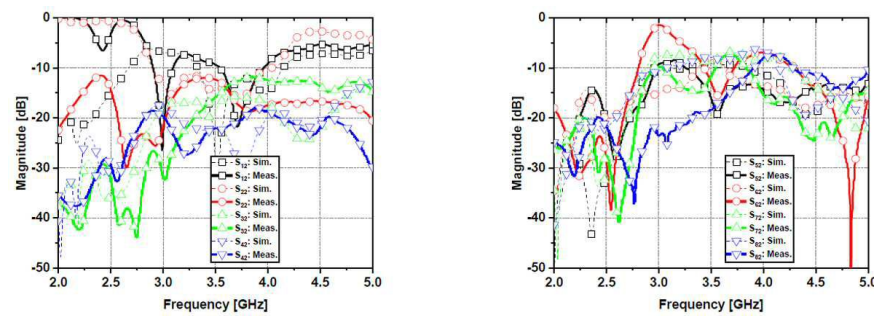
도면14



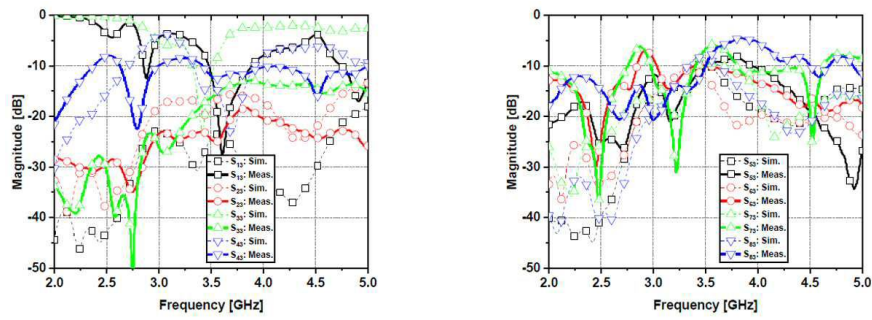
도면15a



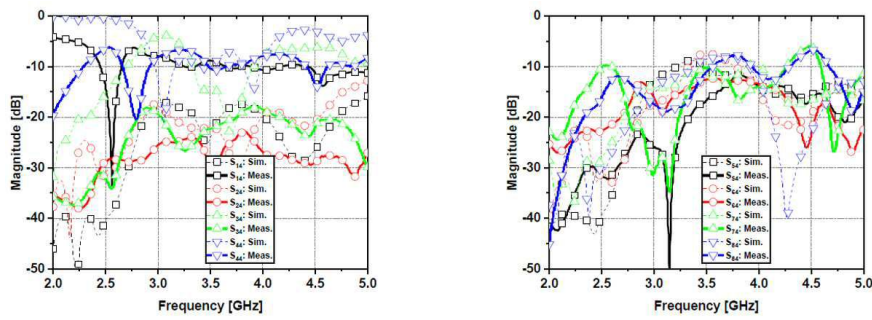
도면15b



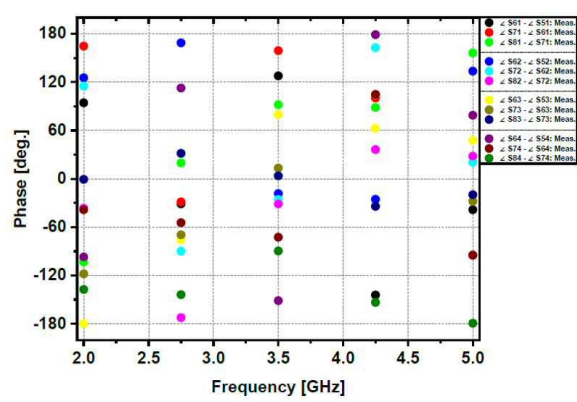
도면15c



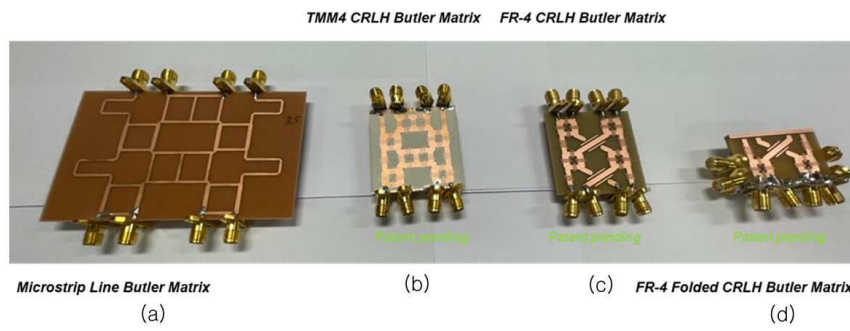
도면15d



도면15e



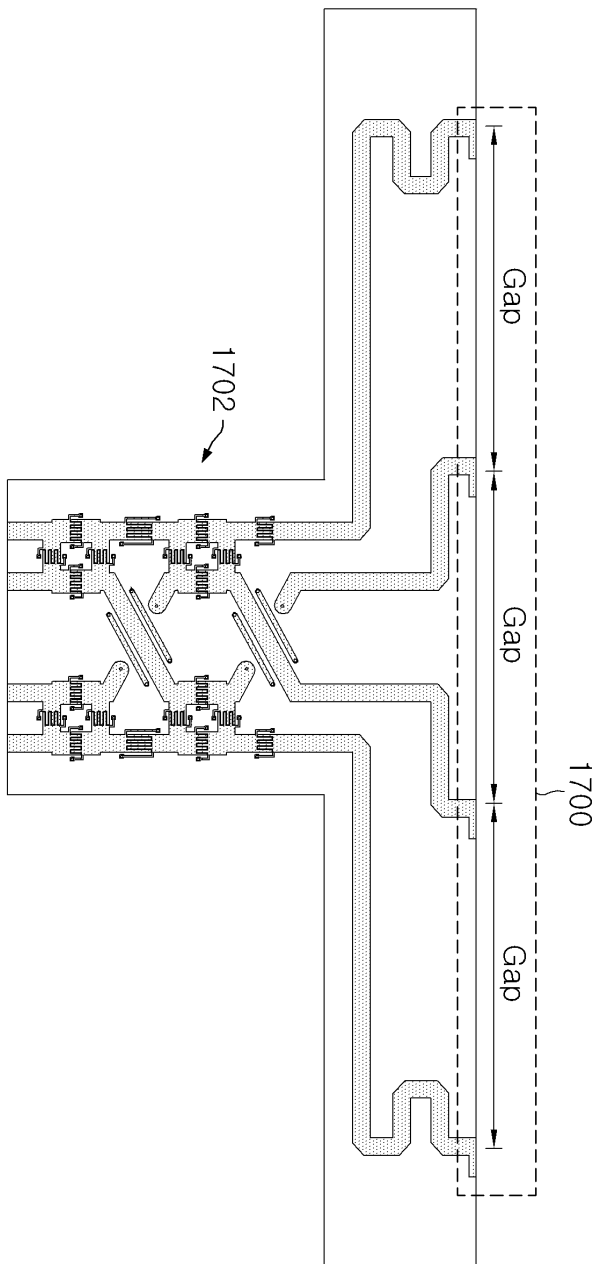
도면16



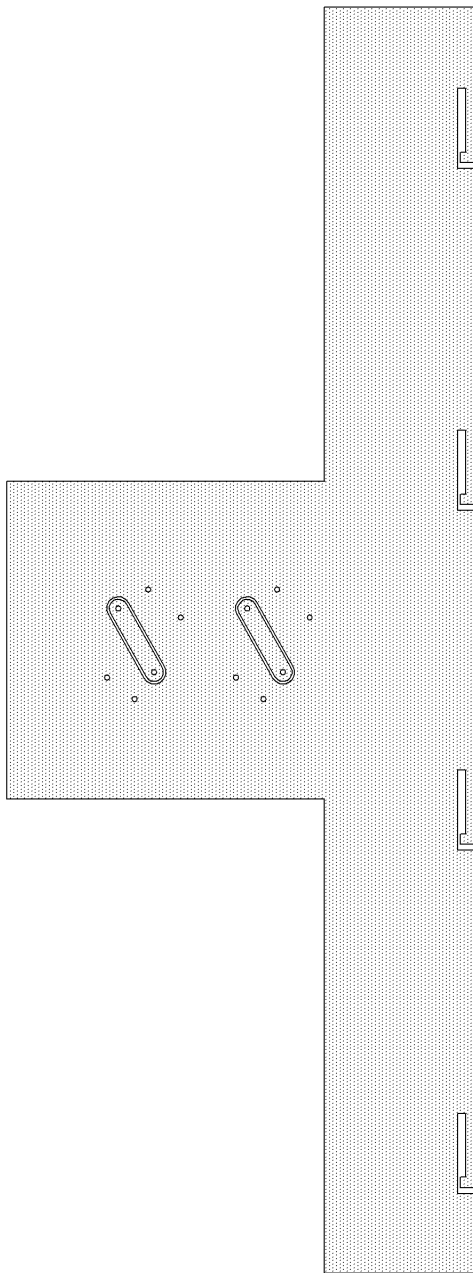
Type	Size
Butler Matrix designed with Microstrip line	$100(1.1\lambda) \times 61(0.7\lambda) \times 0.4 \text{ mm}^3$
CRLH Butler Matrix on TMM 4	$40(0.4\lambda) \times 40(0.4\lambda) \times 1.27 \text{ mm}^3$
CRLH Butler Matrix on FR-4	$40(0.4\lambda) \times 40(0.4\lambda) \times 1.2 \text{ mm}^3$
Folded CRLH Butler Matrix	$40(0.4\lambda) \times 25(0.3\lambda) \times 2.4 \text{ mm}^3$

(e)

도면17a



도면17b



도면18

	Type	Input port (n)	Return loss	Avg. power division	$\angle S_{6n} - \angle S_{5n}$	$\angle S_{6n} - \angle S_{5n}$	$\angle S_{6n} - \angle S_{5n}$	Desired phase difference
(a)	FR-4	1	-5.1 dB	-12.6 dB	172	166	120	135
		2	-4.0 dB	-12.8 dB	-20	-18	-56	-45
		3	-6.4 dB	-11.6 dB	49	58	10	45
		4	-5.3 dB	-11.5 dB	-176	-179	-118	-135
(b)	FR-4 Folded	1	-10.1 dB	-14.0 dB	126	159	81	135
		2	-9.8 dB	-15.1 dB	-24	-29	-32	-45
		3	-9.9 dB	-9.6 dB	78	12	5	45
		4	-8.8 dB	-12.6 dB	-132	-74	-88	-135