

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2025-0018714
(43) 공개일자 2025년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01Q 3/44 (2006.01) G01S 7/00 (2006.01)
H01Q 15/02 (2006.01) H01Q 3/24 (2006.01)
H01Q 9/04 (2018.01) H04B 7/06 (2017.01)

(52) CPC특허분류

H01Q 3/44 (2013.01)
G01S 7/006 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0099668

(22) 출원일자 2023년07월31일

심사청구일자 2023년07월31일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

(72) 발명자

강승택

인천광역시 부평구 부개로 58, 102동 1001호 (부개동, 푸른마을삼부한신아파트)

서예준

인천광역시 연수구 함박외로 100, 106동 107호 (연수동, 문남마을아파트)

장지연

경기도 안양시 만안구 연현로79번길 57, 302동 701호 (석수동, 석수 엘지 빌리지)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 20 항

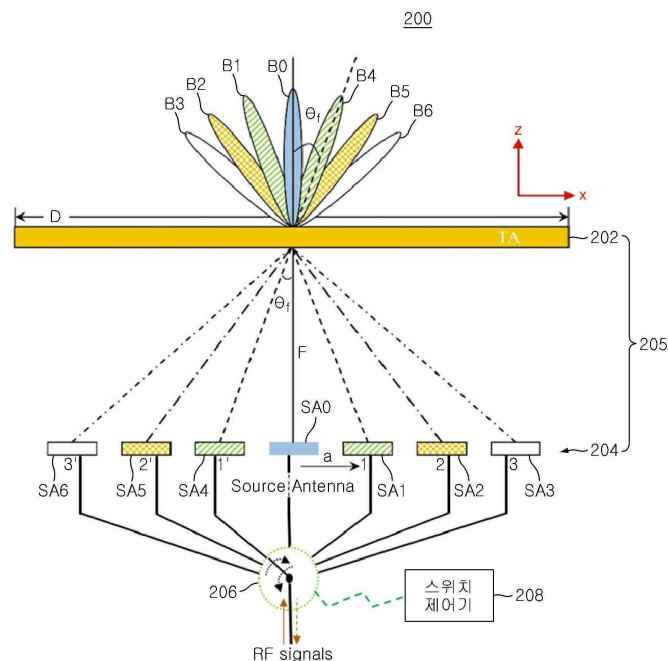
(54) 발명의 명칭 레이더 및 통신을 위한 칩 타입 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 빔포밍 안테나

(57) 요약

대부분의 빔포밍 안테나들은 반도체 칩 형태(칩?V)로 고가의 능동 위상 변위기를 방사소자마다 결합하고, 전자파 방사 이득과 빔 폭에 대한 요구규격이 높아질 때, 배열의 크기와 방사소자들 수가 급증하는 만큼 능동 위상변위기의 개수가 증가하여, 막대한 비용이 투입되어야 한다. 또한 소자가 능동(Active)인 만큼 구동을 위해 큰 전력

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



의 소모를 피할 수 없다. 위상 천이기가 반도체 공정의 능동소자인 것 뿐만 아니라, 방사소자들 수만큼 필요하므로 이것을 해결하기 위해, 그 동안의 수동 방식으로는 불가능한 것을 새로운 수동 방식으로써 위상 변화를 이끌어낸다. 본 발명은 빔 각도별 입력단자를 저전력 소모의 RF스위치를 통해 2차원으로 배열된 전자파 소-스들 중 지향각에 맞는 방사원 하나를 선택하고 그 전자파가 상층에 위치한 빔 지향에 적합한 메타재질렌즈를 통과하여 원거리를 향해 선택된 방향으로 고이득의 무선 에너지 형태로 전파하게 하는 장치이다. 방사소자마다 반드시 필요하지 않은 증폭기가 동반되어 비싸지는 능동 위상 변위기를 쓰지 않고, 위상 변위기능을 메타재질렌즈 및 선택된 방사 소-스와의 기하관계만으로 전력소모를 최소화하고, 스위치와 수동소자만을 시스템 동작에 사용하여 저전력을 소모하며 3차원 공간상에서 빔조향이 되는 빔포밍 안테나 장치의 새로운 탄생이라는 의미를 가진다.

(52) CPC특허분류

H01Q 15/02 (2013.01)

H01Q 3/247 (2013.01)

H01Q 9/0407 (2013.01)

H04B 7/0617 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415186358
과제번호	20016491
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	eVTOL자율비행핵심기술및비행안정성,운용성시험평가기술개발사업(R&D)
연구과제명	eVTOL용 충돌탐지 레이더 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주) 아이엠티
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

각각 소정 거리 이격되어 2차원으로 배열된 복수의 방사 패치를 포함하는 방사부; 및

상기 방사부로부터 소정 거리 이격되어 배치되고, 상기 복수의 방사 패치 중 하나의 방사 패치로부터 방사되어 입사되는 입사파의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하는 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들이 위상 보상 분포에 맞게 배치된 메타재질 평면렌즈를 포함하는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 방사부는,

하나의 행에 배치된 복수의 방사 패치를 포함하는 제1 방사부; 및

하나의 열에 배치된 복수의 방사 패치를 포함하는 제2 방사부를 포함하는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 방사부는,

복수의 행 및 복수의 열에 배치된 2차원 배열의 복수의 방사 패치를 포함하는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 단위 셀 구조는,

금속 링; 및

상기 금속 링 내부에 상기 금속 링으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치를 포함하는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 변형된 원형 패치는,

상기 원형 패치의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부; 및

상기 원형 패치의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부를 포함하고,

상기 원형 패치는 점 대칭적으로 형성되는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 금속 링의 인덕턴스와 상기 원형 패치의 커패시턴스의 결합으로 입사되는 전자파의 위상이 보상되고,

입사되는 전자파가 다층형 단위 셀 구조를 한층 한층 통과하면서 하나의 단위 셀 구조에 요구되는 위상값이 보상되는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 원형 패치의 직경 및 상기 금속 링과 원형 패치 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는 위상값이 결정되는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

입력되는 전자파를 상기 복수의 방사 패치 중 하나의 방사 패치에 제공하기 위한 스위치를 더 포함하는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 스위치의 동작을 제어하기 위한 스위치 제어기를 더 포함하는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 다층형 단위 셀 구조는,

동일한 구조의 복수의 단층 단위 셀이 다층으로 적층되어 형성되는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나.

청구항 11

입사되는 입사파의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하는 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들을 포함하고,

상기 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들은 위상 보상 분포에 맞게 배치된, 메타재질 평면렌즈.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 단위 셀 구조는,

금속 링; 및

상기 금속 링 내부에 상기 금속 링으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치를 포함하는, 메타재질 평면렌즈.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 변형된 원형 패치는,
 상기 원형 패치의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부; 및
 상기 원형 패치의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부를 포함하고,
 상기 원형 패치는 점 대칭적으로 형성되는, 메타재질 평면렌즈.

청구항 14

청구항 12에 있어서,
 상기 금속 링의 인덕턴스와 상기 원형 패치의 커패시턴스의 결합으로 입사되는 전자파의 위상이 보상되고,
 입사되는 전자파가 다층형 단위 셀 구조를 한층 한층 통과하면서 하나의 단위 셀 구조에 요구되는 위상값이 보상되는, 메타재질 평면렌즈.

청구항 15

청구항 12에 있어서,
 상기 원형 패치의 직경 및 상기 금속 링과 원형 패치 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는 위상값이 결정되는, 메타재질 평면렌즈.

청구항 16

청구항 11에 있어서,
 상기 다층형 단위 셀 구조는,
 동일한 구조의 복수의 단층 단위 셀이 다층으로 적층되어 형성되는, 메타재질 평면렌즈.

청구항 17

입사파의 고이득화 및 조향을 위한 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조로서,
 상기 단위 셀 구조는 단층 또는 다층으로 형성되어 있고, 입사되는 입사파의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하는, 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조.

청구항 18

청구항 17에 있어서,
 상기 단위 셀 구조는,
 금속 링; 및
 상기 금속 링 내부에 상기 금속 링으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치를 포함하는, 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조.

청구항 19

청구항 18에 있어서,
 상기 변형된 원형 패치는,
 상기 원형 패치의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부; 및
 상기 원형 패치의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부를 포함하고,
 상기 원형 패치는 점 대칭적으로 형성되는, 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조.

청구항 20

청구항 18에 있어서,
 상기 원형 패치의 직경 및 상기 금속 링과 원형 패치 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는

위상값이 결정되는, 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이더 시스템용 배열 안테나 기술, 위성용 배열 안테나 기술, 5G 이동통신 중계기용 밀리미터파 대역 배열 안테나 기술, 6G 이동통신 중계기용 서브-테라헤르츠 대역 배열 안테나 기술, 자율주행차량용 고주파 송수신기용 배열 안테나 기술, V2X용 고주파 송수신기 배열 안테나 기술 및 고주파 무선전력전송 배열 안테나 기술에 관한 것으로, 특히, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 정지하지 않고 이동하는 수신기를 따라가며 무선통신 기기 상호간 연결이 되고, 차량충돌 방지 및 UAV, UAM 공중 이동체의 주행경로에서의 물체와의 충돌방지를 위해 필수품인 레이더의 핵심이 되는 것이 빔포밍과 빔조향 안테나 기술이다.

[0003] 5G 통신 서비스 선진과 함께 많이 회자되는 빔포밍 기술은, 빔을 형성하고 빔을 조절하는 기능으로서, 안테나의 전파방사와 원거리 보강간섭, RF소자와 디지털 신호처리 제어블록의 결합을 통한 전자파 주 빔(Main beam)의 각도조절과 같은 말이다. 빔포밍 배열 안테나에서 주 빔 방향의 변경은 방사소자(배열요소)들에 공급되는 위상들의 차이에 의해 발생하며, 방사소자마다의 RF 위상 변위기의 출력이 결정한다.

[0004] 전투기의 AESA 레이더, 5G 빔포밍 송수신기를 포함한 대부분의 빔포밍 안테나들은 반도체 칩 형태(칩?V)로 고가의 능동 위상 변위기를 방사소자마다 결합하고, 전자파 방사 이득과 빔 폭에 대한 요구규격이 높아질 때, 배열의 크기와 방사소자들 수가 급증하는 만큼 능동 위상변위기의 개수가 증가하여, 막대한 비용이 투입되어야 하는 경제성에 의문이 많이 제기된다. 또한 소자가 능동(Active)인 만큼 구동을 위해 큰 전력의 소모를 피할 수 없다. 위상 천이기가 반도체 공정의 능동소자인 것 뿐만 아니라, 방사소자들 수만큼 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) KR 10-2021-0067469 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 기존의 빔포밍 안테나나 빔 조향 안테나가 능동 위상 변위기를 방사소자별로 연결하여 개발 및 운용비가 높고, 전력소모가 크며, 무겁고, 방사소자별로 능동 위상 변위기를 붙일 때는 방사소자 개수제곱의 위상 변위기들이 필요한데 반해, 공정비의 현격한 절감과 구동 전력소모량을 괄목상대하게 줄이면서도 레이더와 5G 및 6G 이동통신에서 필요한 고지향성의 전자파 에너지를 이동체를 따라가는 조향이 가능하고, 이러한 실용적 가치 외에도, 다수 방사 소-스들의 위상차를 동시에 공급하는 기존의 방식이 아닌 방사 소-스 배열 중 하나만 선택하여 그 파면에 적합한 메타재질구조 렌즈를 겹비하고 그에 입사시키는 신기술을 제공할 수 있는, 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나를 제공하는 것이다.

[0007] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 상기한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나에서 사용되는, 메타재질 평면렌즈를 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 상기한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나에

서 사용되는, 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나는,
- [0010] 각각 소정 거리 이격되어 2차원으로 배열된 복수의 방사 패치를 포함하는 방사부; 및
- [0011] 상기 방사부로부터 소정 거리 이격되어 배치되고, 상기 복수의 방사 패치 중 하나의 방사 패치로부터 방사되어 입사되는 입사파의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하는 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들이 위상 보상 분포에 맞게 배치된 메타재질 평면렌즈를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서, 상기 방사부는,
- [0013] 하나의 행에 배치된 복수의 방사 패치를 포함하는 제1 방사부; 및
- [0014] 하나의 열에 배치된 복수의 방사 패치를 포함하는 제2 방사부를 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서, 상기 방사부는,
- [0016] 복수의 행 및 복수의 열에 배치된 2차원 배열의 복수의 방사 패치를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서, 상기 단위 셀 구조는,
- [0018] 금속 링; 및
- [0019] 상기 금속 링 내부에 상기 금속 링으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치를 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서, 상기 변형된 원형 패치는,
- [0021] 상기 원형 패치의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부; 및
- [0022] 상기 원형 패치의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부를 포함하고,
- [0023] 상기 원형 패치는 점 대칭적으로 형성될 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서,
- [0025] 상기 금속 링의 인덕턴스와 상기 원형 패치의 커패시턴스의 결합으로 입사되는 전자파의 위상이 보상되고,
- [0026] 입사되는 전자파가 다층형 단위 셀 구조를 한층 한층 통과하면서 하나의 단위 셀 구조에 요구되는 위상값이 보상될 수 있다.
- [0027] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서, 상기 원형 패치의 직경 및 상기 금속 링과 원형 패치 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는 위상값이 결정될 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나는, 입력되는 전자파를 상기 복수의 방사 패치 중 하나의 방사 패치에 제공하기 위한 스위치를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3

차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나는, 상기 스위치의 동작을 제어하기 위한 스위치 제어기를 더 포함할 수 있다.

- [0030] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나에 있어서, 상기 다층형 단위 셀 구조는, 동일한 구조의 복수의 단층 단위 셀이 다층으로 적층되어 형성될 수 있다.
- [0031] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈는,
- [0032] 입사되는 입사파의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하는 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들을 포함하고,
- [0033] 상기 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들은 위상 보상 분포에 맞게 배치될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈에 있어서, 상기 단위 셀 구조는,
- [0035] 금속 링; 및
- [0036] 상기 금속 링 내부에 상기 금속 링으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치를 포함할 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈에 있어서, 상기 변형된 원형 패치는,
- [0038] 상기 원형 패치의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부; 및
- [0039] 상기 원형 패치의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부를 포함하고,
- [0040] 상기 원형 패치는 점 대칭적으로 형성될 수 있다.
- [0041] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈에 있어서,
- [0042] 상기 금속 링의 인덕턴스와 상기 원형 패치의 커패시턴스의 결합으로 입사되는 전자파의 위상이 보상되고,
- [0043] 입사되는 전자파가 다층형 단위 셀 구조를 한층 한층 통과하면서 하나의 단위 셀 구조에 요구되는 위상값이 보상될 수 있다.
- [0044] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈에 있어서,
- [0045] 상기 원형 패치의 직경 및 상기 금속 링과 원형 패치 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는 위상값이 결정될 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈에 있어서, 상기 다층형 단위 셀 구조는,
- [0047] 동일한 구조의 복수의 단층 단위 셀이 다층으로 적층되어 형성될 수 있다.
- [0048] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조는,
- [0049] 입사파의 고이득화 및 조향을 위한 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조로서,
- [0050] 상기 단위 셀 구조는 단층 또는 다층으로 형성되어 있고, 입사되는 입사파의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조에 있어서, 상기 단위 셀 구조는,
- [0052] 금속 링; 및
- [0053] 상기 금속 링 내부에 상기 금속 링으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치를 포함할 수 있다.
- [0054] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조에 있어서, 상기 변형된 원형 패치는,
- [0055] 상기 원형 패치의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부; 및
- [0056] 상기 원형 패치의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부를 포함하고,
- [0057] 상기 원형 패치는 점 대칭적으로 형성될 수 있다.
- [0058] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 메타재질 평면렌즈를 위한 단위 셀 구조에 있어서,
- [0059] 상기 원형 패치의 직경 및 상기 금속 링과 원형 패치 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는

위상값이 결정될 수 있다.

발명의 효과

[0060]

기존의 빔포밍 안테나나 빔 조향 안테나가 능동 위상 변위기를 방사소자별로 연결하여 개발 및 운용비가 높고, 전력소모가 크며, 무거운 것과 달리, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나의 경우 기술적인 혁신은 물론 경제성에서도 확연한 장점을 지닌다. 방사소자별로 능동 위상 변위기를 붙일 때는 방사소자 개수제곱의 위상 변위기들이 필요한데 반해, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔의 3차원 공간 상 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나에 의하면, 공정비의 현격한 절감과 구동 전력소모량을 괄목상대하게 줄이면서도 레이더와 5G 및 6G 이동통신에서 필요한 고지향성의 전자파 에너지를 이동체를 따라가는 조향이 가능하다. 이러한 실용적 가치 외에도, 다수 방사 소-스들의 위상차를 동시에 공급하는 기존의 방식이 아닌 방사 소-스 1D 배열은 물론 방사 소-스 2D 배열 중 하나만 선택하여 RF신호를 공급하면 거기에서 나오는 전자파 파면에 적합하게 검미된 메타재질 평면렌즈에 입사되고, 그것을 통과한 전자파는 선택된 방사 소-스에 상응하는 방향으로 전자파를 보내는 3D 전자파 빔조향이 되는 신기술을 확보함을 의미한다.

도면의 간단한 설명

[0061]

도 1a 내지 도 1d는 전력소모량 발열, 비용의 문제를 가진 기존의 빔포밍 배열 안테나의 구조와 운용에 대한 개념도이다.

도 2는 모든 배열 안테나 요소들에 동시에 급전하는 기존의 방식과 달리, 조향각별로 방사 소-스로 동작할 패치들을 1차원 배열로 나열한 뒤, 목표 조향각에 해당하는 번호의 패치를 RF 스위치로 선택하여 그 위에 존재하는 메타재질 평면렌즈에 입사시키고, 이득을 증가시킨 뒤, 수신기 방향으로 전파시키는, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나의 개념도이다.

도 3은 도 2의 발명 구조에서 한 개의 소자만 선택하여 RF 신호를 인가하는 구조에서 메타재질 평면의 전체 크기와 패치 소자와의 간격을 결정하기 위해 메타재질 표면 통과 후의 전자파가 특정 방향으로 고이득이 되도록 광학렌즈에서의 초점거리를 결정하는 개념도이다.

도 4a 및 도 4b는 메타재질 렌즈를 설명하는 가장 기초적인 도면으로서, 방사원으로 일반적으로 많이 선택되는 혼 안테나가 전자파를 발생시켜 위로 보내면, 메타재질 구조가 광선(Ray)이 들어오는 각각의 지점의 위상을 조정해 주어, 마치 배열 안테나의 소자들에 위상차이를 입력하여 빔을 형성하고 빔의 방향을 조절하는 것 같은 효과가 생긴다는 것이다.

도 4c는, 도 4a 및 도 4b의 3차원 구조 개념도와 함께, 방사 소-스가 발생시켜 메타재질 표면 아랫면까지 보낸 전자파의 표면상 위상 분포를 빔 조향과 이득증가를 위해 필요한 위상으로 변화시키는 위상 차이 분포 또는 위상 보상 분포를 도시한 것이다. 이는 방사 소-스의 종류, 전자파의 파면이 방사 소-스의 개구면으로부터 전파되어 관찰면까지의 거리와 방향, 메타재질 표면을 통과하고 난 뒤의 최종 방사패턴의 모습, 즉 기대되는 조향각과 이득 증가량에 따라 위상 보상 분포는 달라질 수 있다. 물리적 구현을 위해서 PCB 기판에 금속패턴을 입히는데, 위상 보상 분포가 연속적이지만, PCB 에칭 공정의 정밀도 한계상 이산화한 격자 모습인 픽셀(Pixels)로 구성되어 단위구간마다 요구되는 위상값을 구현해 내는 것이다..

도 5는 제안된 장치의 설계절차를 도시한 흐름도이다.

도 6a는 본 발명이 제시하는 새로운 개념의 방사 소-스들의 배열에서 하나를 선택하여 트랜스미트 어레이 안테나의 빔 조향각을 결정하는 장치의 방사원 요소의 대표적인 모습을 담고있다. 도 6b는 반사 손실을 도시한 것이고, 도 6c는 위상에 따른 이득을 도시한 것이다.

도 7a 및 도 7b는 도 6a의 한 개의 방사 소-스가 1차원(1D)으로 배열화된 것이다. 눈여겨볼 것은 이 배열은 기존의 배열 안테나가 아닌 즉 패치들과 같은 평면이든 아랫면에 전력 분배기가 들어가는 일반적인 배열 안테나가 아닌, 조향각 입력에 따라 선택될 위상차 관계를 가질 배열 안테나의 요소들이 아닌 독립적으로 동작할 방사원들이다. 도 7c는 반사 손실을 도시한 것이다.

도 8a는 방사 소-스의 넓은 빔 폭의 방사파가 메타재질구조 아랫면에서 관찰되는 위상을 고이득화 및 빔 조향을

위해 보상해주는 위상 보상 분포를 이산화한 것이다. 도 8b는 단위 셀 구조 중 한 층의 구조를 도시한 것이고, 도 8c는 3층으로 형성된 다층 단위 셀 구조를 도시한 것으로, 메타재질구조의 각 단위 셀, 즉 픽셀별로 필요한 위상값을 정할 수 있고, 금속 링 내부에 변형된 원형 패치를 결합하고 이를 3개의 층에 복제한 새로운 구조로서, 설계변수 개수의 증가를 통한 설계 자유도를 높이고, 링의 인덕턴스와 원형 패치의 커패시턴스의 결합으로 L과 C의 동시 운용으로 픽셀 당 원하는 위상값을 적은 층들로써, 밀리미터파 신호의 감쇠와 대역폭의 좁아짐을 막는데 유리하다. 또한, 단위 셀 구조는 송신파와 수신파 전파에서 둘 다 편파에 덜 민감하면서 잘 주고 받을 수 있는 대칭형 구조이다. 변형 원형 패치의 직경과 링의 크기, 원형 패치와 링 간의 간격인 갭, 그리고 링 면적 대비 원형 패치 면적 비율인 채움 비율(Filling ratio)와 같은 기하변수들을 조정하면서 전달계수(픽셀의 아래를 입력포트로 하고 픽셀 위를 출력 포트인 상태로 투과계수 즉 S21)의 크기를 최대화하면서 위상을 1차적으로 끌어 올리고 다층의 한층 한층 지나면서 올라가는 위상값을 한 픽셀의 요구 위상값에 다룬다. 도 8d는 전송 손실을 나타낸 것이고, 도 8e는 전송 위상을 나타낸 것이다. 도 8f는 기하변수인 원형 패치의 직경(R1) 대 픽셀 투과계수 즉 전달계수 위상 프로파일을 도시한 것이다. 이 그래프를 통해 치수를 결정한다. 도 8g는 이러한 픽셀들의 구조들이 모여 바둑판이나 잠자리 겹눈과 같은 특수한 패턴으로 구현된, 메타재질 평면렌즈를 도시한 것이다.

도 9a 및 도 9b는 도 8g의 홀로그래픽 표면(Holographic surface)과 같은 메타재질구조 렌즈를 방사 소-스 1차원 배열층과 결합한 모습이다.

도 10은 메타재질 평면렌즈(1004)를 방사 소-스 1차원 배열층(1002)과 결합한 구조(1000)를 도시한 것으로서, 메타재질 평면렌즈(1004)를 통해 왼쪽과 오른쪽 사이의 각도에서 빔이 방사되는 2D 빔조향을 도시한 것이다.

도 11a 내지 도 11i는 도 9a, 도 9b 및 도 10에 도시된 메타재질구조 렌즈와 방사 소-스 1차원 배열층이 결합된 구조의 전자파 특성과 본 발명의 장점을 보여주는 도면들이다. 포트 1번은 패치 1번, 포트 2번은 패치 2번, ..., 포트 9번은 패치 9번을 선택함을 의미한다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 본 행 벡터 방사 소-스의 포트 1번을 선택하면 방사 빔이 오른쪽을 가리키는 것을 3차원 방사패턴과 2차원 직사각형 틀 방사패턴 플롯을 통해 알 수 있다. 나아가 도 11b 내지 도 11i에 도시된 바와 같이, 포트 2번으로부터 포트 9번으로 선택 방사 소-스를 옮겨가면, 고이득 특성을 지키면서 빔의 방향을 왼쪽과 오른쪽 사이의 각도에서 뿌리는 2D 빔조향이 가능하 다. 도 11j는 1차원 방사 패턴을 도시한 도면이다.

도 12a 내지 도 12c는 도 9 및 도 10의 한 단계 확장형식이다. 즉, 도 9와 도 10이 전자파 빔을 왼쪽과 오른쪽 사이에서 조향하는데 이것은 방사 소-스를 왼쪽으로부터 오른쪽으로 둔 1차원 형태 또는 평면 상 수평 벡터(Vector)또는 행 벡터로부터 기인하는데, 전자파 빔을 위쪽과 아래쪽 사이에서 조향하려면, 도 12b 및 도 12c에 도시된 바와 같이, 행에 배치된 방사 패치들(1206)에 이외에 수직이 되는 열에 방사 패치들(1208)을 배치하는 것이 필요하니, 평면 상 수직 벡터인 열 벡터를 단독으로 두거나 행 벡터와 열 벡터를 혼합하는 것이다.

도 13a 내지 도 13f는 도 12의 구조로부터 발생하는 전자파 빔이 좌우 뿐만 아니라 상하로 조향되는 것을 도시한 것이다. 열 벡터인 1차원 방사 소-스들의 패치(또는 포트)의 선택에 따라 빔이 위쪽과 아래쪽 사이에서 조향된다.

도 14는 메타재질 평면렌즈(1404)를 도 12b 및 도 12c와 같이 방사 패치들이 배치된 방사 소-스 배열층(1402)과 결합한 구조(1400)를 도시한 것으로서, 메타재질 평면렌즈(1404)를 통해 전자파 빔이 좌우 뿐만 아니라 위쪽과 아래쪽 사이의 각도에서 방사되는 2D 빔조향을 도시한 것이다.

도 15a 및 도 15b는 도 12 및 도 14에서 한 단계 더 나아간 것이다. 방사 소-스의 행 벡터와 방사 소-스의 열 벡터를 확장하여 방사 소-스인 방사 패치들(1502)을 행렬(Matrix) 형태인 2D로 구조화하고, 그 2차원 구조 중 하나의 방사 패치를 방사 소-스로서 선택하여 고도각(Elevation angle)과 방위각(Azimuth angle)의 조합 방향으로 무선전력을 송신하거나 수신하게 된다. 동시 급전하며 위상차이들을 두는 기존의 기법과 분명히 다르다.

도 16은 2차원 방사 소-스의 행렬의 포트 선택에 따라 메타재질렌즈를 통과한 전자파 빔이 3차원 공간 곳곳으로 전파되고 조향을 할 수 있음을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0062] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.

[0063] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 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.

- [0064] 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.
- [0065] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0066] 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 명세서에 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.
- [0067] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0068] 본 발명은, 배열 안테나가 아닌 방사소자들의 배열로서 한 순간 한 소자만 선택하여 전자파를 공급하는 기술, 메타재질구조, 메타재질 렌즈, 빔포밍 안테나, 빔조향 안테나, 표면 위상분포 및 위상보상 구조를 제공할 수 있다.
- [0069] 본 발명은, 그 동안의 수동 방식으로는 불가능한 것을 새로운 수동 방식으로써 위상 변화를 이끌어낸다. 빔 각도별 입력단자를 저전력 소모의 RF스위치를 통해 2차원으로 배열된 전자파 소-스들 중 지향각에 페어링된 방사원 하나를 선택하고 그 전자파가 상층에 위치한 빔 지향에 적합한 메타재질 평면렌즈를 통과하여 원거리를 향해 선택된 방향으로 고이득의 무선 에너지 형태로 전파하게 하는 장치이다.
- [0070] 본 발명은, 방사소자마다 반드시 필요하지 않은 증폭기가 동반되어 비싸지는 능동 위상 변위기를 쓰지 않고, 위상 변위기능을 메타재질렌즈 및 선택된 방사 소-스와의 기하관계만으로 전력소모를 최소화하여, 스위치와 수동 소자만을 시스템 동작에 사용하여 저전력을 소모하고 3차원 공간상에서 빔조향이 되는 빔포밍 안테나 장치의 새로운 탄생이라는 의미를 가진다.
- [0071] 도 1a는 일반적인 레이더 시스템을 도시한 것으로, 안테나로부터 전자파가 방사되어 비행기와 같은 금속 물체에 입사하면 산란되는 것 중 반사파를 수신한다. 입력전력이 매우 높은 고출력, 벽면과 같지 않은 전자파 손실이 적은 자유공간 상, 부피가 큰 안테나를 쓴다.
- [0072] 그리고, 도 1b 내지 도 1d와 같이 기존의 빔포밍 배열 안테나의 개발과 운용에서의 문제점은, 모든 방사소자 각각에 반도체 칩 형태(칩?V)로 고가인 능동 위상 변위기가 결합되면서, 시작된다. 능동 위상 변위기 내부에는 가변 증폭기와 가변 위상 변위기가 함께 들어가고 반도체 공정의 산물로서 가변 기능을 위해 제어용 DC전력과 RF신호를 증폭하므로 RF전력의 사용이 높아, 하나의 소자만으로도 고가에다 최소한의 전력소모량이 높은 편이다.
- [0073] 그런데, 전자파 방사 이득과 빔 폭에 대한 요구수준이 올라갈 때, 배열의 크기와 방사소자들 수가 급증하는 만큼 능동 위상 천이기들의 개수가 증가하여, 배열 안테나 전체적으로 소모전력, 무게와 비용이 단점으로 작용한다. 문제점임을 아는데도 불구하고, 빔포밍과 빔 조향을 해야만 할 경우, 기계식 회전의 고속화, 수신기 다채널화, 주파수 스캐닝 방식의 누설과 안테나의 다중화 사용의 대안이 제시되었으나, 속도와 정확도의 저하 및 결국 능동 위상 변위기 칩?V의 사용과 유사한 규모의 비용 투입으로 귀결되었다. 문제의 해결을 위해 무게, 열, 비용을 줄일 수 있는 수동 방식을 써야 하지만, 기존의 수동 방식으로는 이것이 불가하여, 새로운 방안이 필요하다.
- [0074] 또한, 5G 밀리미터파 대역통신 장치와 이동체 탐지 레이더의 핵심인, 빔포밍 배열 안테나에서 주 빔 방향의 변경은 방사소자(배열요소)들에 공급되는 위상들의 차이에 의해 이뤄지며, 방사소자마다의 RF 위상 변위기의 출력이 결정한다. 여기에서 가장 큰 문제점은, AESA 레이더, 5G 빔포밍 송수신기 내부를 나타내는 도 1b 내지 도 1d에서 드러나듯이 빔포밍 안테나들은 반도체 칩 형태(칩?V)로 고가의 능동 위상 변위기를 방사소자마다 결합하고, 전자파 방사 이득과 빔 폭에 대한 요구규격이 까다로울 때, 배열의 크기와 방사소자들 수가 급증하는 만큼 능동 위상 변위기들의 개수가 증가하여, 막대한 비용이 투입되는 것이다.
- [0075] 게다가, 방사소자들 모두에게 굳이 필요없는 증폭기, 큰 값의 위상변화가 필요하지 않은데 큰 값의 위상변화를 주는 능동 위상 변위기들이 결합되니, 무게증가는 필연적이다. 고비용 뿐만 아니라, 소자가 능동계열인 만큼 구동을 위해 RF전력소모와 (증폭기 바이어스와 제어용) DC전력소모가 크다. 고비용, 전력소모, 무게증가 및 하이

엔드 리소스의 불필요한 투입을 줄이고, 빔 조향의 목적을 달성하는 것이 본 발명의 과제이다.

- [0076] 상기 문제를 해결하는 목적하의 본 발명은, 새로운 개념의, 3차원 공간 상의 지향각별로 정해진 전자파 방사 소-스 패치들의 2차원 배열화 및 원하는 지향각용 소-스만 RF스위치로 선택하여 전자파를 위로 보내면 입사각도들을 고려하여 설계된 메타재질 평면렌즈가 입사파의 위상을 보상하여 전자파의 집속에 의한 이득이 증가된 상태로 원하는 지향각으로 전자파를 보내는 방식이다.
- [0077] 배열 안테나와 일견 유사해 보이지만, 배열 안테나들에서는 패치와 같은 소자들에 동시에 전원을 가하는 것과 달리, 배열 안테나와 달리 평면에 2차원으로 배열되어 있는 소자들 중 한 개만을 선택한다는 근본적인 차이를 부각하면서, 위에서 언급된 문제점을 순서대로, 그것의 상응하는 해결책을 기술하자면 다음과 같다.
- [0078] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나를 도시한 도면이다.
- [0079] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나(200)는, 각각 소정 거리 이격되어 1차원으로 배열된 복수의 방사 패치(SA0 내지 SA6)를 포함하는 방사부(204) 및 상기 방사부(204)로부터 소정 거리 이격되어 배치되고, 상기 복수의 방사 패치(SA0 내지 SA6) 중 하나의 방사 패치로부터 방사되어 입사되는 입사파의 각도와 입사파 파면 위상 분포의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하는 단층 또는 다층형 단위 셀 구조들이 위상 보상 분포에 맞게 배치된 메타재질 평면렌즈(202)를 포함할 수 있다.
- [0080] 도 8b에 도시된 바와 같이, 단위 셀 구조(800)는, 금속 링(802) 및 상기 금속 링(802) 내부에 상기 금속 링(802)으로부터 소정 거리 이격되어 배치된 변형된 원형 패치(804)를 포함할 수 있다.
- [0081] 도 8b를 참조하면, 상기 변형된 원형 패치(804)는, 상기 원형 패치(804)의 의 중앙부의 금속이 원형으로 제거된 제1 커패시턴스 조절부(807) 및 상기 원형 패치(804)의 외주 부분 중 상하 및 좌우의 금속이 점 대칭적으로 동일한 양만큼 일부 제거된 제2 커패시턴스 조절부(808)를 포함할 수 있다.
- [0082] 상기 금속 링(802)의 인덕턴스와 상기 원형 패치(804)의 커패시턴스의 결합으로 입사되는 전자파의 위상이 보상되고, 도 8c에 도시된 바와 같이, 입사되는 전자파가 3개의 층(810, 812, 814)으로 형성된 다층형 단위 셀 구조(803)를 한층 한층 통과하면서 하나의 단위 셀 구조(803)에 요구되는 위상값이 보상될 수 있다. 상기 다층으로 형성된 다층형 단위 셀 구조(803)는, 동일한 구조의 복수의 단층 단위 셀(810, 812, 814)이 다층으로 적층되어 형성될 수 있다.
- [0083] 상기 원형 패치(804)의 직경(R1) 및 상기 금속 링(802)과 원형 패치(804) 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는 위상값이 결정될 수 있다.
- [0084] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나(200)는, 입력되는 전자파인 RF 신호를 상기 복수의 방사 패치(SA0 내지 SA6) 중 하나의 방사 패치에 제공하기 위한 RF 스위치(206) 및 상기 RF 스위치(206)의 동작을 제어하기 위한 스위치 제어기(208)를 더 포함할 수 있다.
- [0085] 상기과 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나(200)의 동작을 도 2 내지 도 10을 참조하여, 하기에 상세히 설명하기로 한다.
- [0086] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나(200)를 도시한 것으로, 배열 안테나의 방사소자들에 고가의 칩?V 능동 위상 천이기를 달지 않고, 조향각별로 방사 소-스로 동작할 방사 패치들(SA0 내지 SA6)을 1차원 배열로 나열한 뒤, 목표 조향각에 해당하는 번호의 방사 패치를 스위치 제어기(208)의 제어에 의해 RF 스위치(206)로 선택함으로써, 입력되는 RF 신호가 선택된 방사 패치로부터 방사되고, 선택된 방사 패치로부터 방사된 전자파는 그 위에 존재하는 메타재질 평면렌즈(202)에 입사되며, 메타재질 평면렌즈(202)는 입사된 입사파의 이득을 증가시킨 뒤, 수신기 방향으로 전파시키는 개념이다. 제1차 방사파 소-스인 방사 패치(SA0 내지 SA6)의 위치와 그에 맞춰 원하는 조향각으로 전자파를 집중시키는 제2차 소-스인 메타재질 평면렌즈(202)를 동시에 준비시켜 봐야 한다.
- [0087] 예를 들어, 입사되는 RF 신호를 목표 조향각(θ_f)에 해당하는 빔(B4) 형태로 방사하고자 하는 경우, 스위치 제

어기(208)가 RF 스위치(206)를 제어하여, RF 신호가 방사 패치들(SA0 내지 SA6) 중 하나의 방사 패치(SA4)에 제공되도록 방사 패치(SA4)를 선택할 수 있다. RF 스위치(206)가 방사 패치(SA4)를 선택하는 경우, RF 신호가 RF 스위치(206)에 의해 선택된 방사 패치(SA4)에 인가되고, 선택된 방사 패치(SA4)에서 방사된 전자파는 메타재질 평면렌즈(202)로 입사된다. 메타재질 평면렌즈(202)는 방사 패치(SA4)로부터 방사되어 입사되는 입사파의 각도와 입사파 파면 위상 분포의 고이득화 및 조향을 위해 위상을 보상하여, 빔(B4)을 출력할 수 있다.

[0088] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이더 및 통신용 빔포밍 안테나(200)는, 스위치 제어기(208)가 RF 스위치(206)를 제어하여, RF 신호가 방사 패치들(SA0 내지 SA6) 중 하나의 방사 패치(SA4)에만 제공되도록 방사 패치(SA4)를 선택하고, RF 신호가 RF 스위치(206)에 의해 선택된 방사 패치(SA4)에 인가되어, 선택된 방사 패치(SA4)에서 방사된 전자파가 메타재질 평면렌즈(202)로 입사되고, 메타재질 평면렌즈(202)는 입사된 전자파의 이득을 증가시키고 필요한 위상으로 변화시켜 전자파를 출력하기 때문에, 전력 분배기를 연결하지 않아도 되어 전력 분배기가 필요 없으며, 또한 방사 소-스인 방사 패치들 중 하나의 방사 패치에만 RF 신호가 인가되어 방사 패치들이 가까이 있어도 불요 간섭이 발생하지 않기 때문에 방사 패치들을 가까이 배치할 수 있다.

[0089] 도 3은 도 2의 배열 안테나와 달리 방사소자들의 배열에서 한 개의 소자(302)만 선택하여 RF 신호를 인가하는 구조에서 메타재질 평면렌즈(300)의 전체 크기와 패치 소자(302)와의 간격을 결정하기 위해 메타재질 표면 통과 후의 전자파가 특정 방향으로 고이득이 되도록 광학렌즈에서의 초점거리를 구하는 방법이 활용됨을 말해준다.

[0090] 도 4a 및 도 4b는 메타재질 평면렌즈(400)를 설명하는 가장 기초적인 도면으로서, 방사원으로 일반적으로 많이 선택되는 혼 안테나(402)가 제1차 소스로서 전자파를 발생시켜 위로 보내면, 메타재질 구조(400)가 광선(Ray)이 들어오는 각각의 지점의 위상을 조정해 주어, 마치 배열 안테나의 소자들에 위상차이를 입력하여 빔을 형성하고 빔의 방향을 조절하는 것 같은 효과가 생긴다는 것이다.

[0091] 광선이 들어오는 지점의 위상을 조절하는 것은 입사되는 전자파의 입사각과 위상값을 입력이라고 하고, 메타재질구조(400)로부터 나오는 전자파를 출력이라고 하면, 출력의 이득이 커지고 원하는 각으로 기울어질 수 있게 하는 위상 보상 표면이 되어야 함을 의미한다. 현재, 개념을 위해 혼 안테나(402)가 그려져 있지만, 본 발명에서는 제1차 소자로 패치 안테나가 쓰이며, 이들은 PCB 공정으로 쉽게 만들어져 혼 안테나의 경우보다 저가로 그리고 효과적으로 제작될 수 있다.

[0092] 도 4c는, 도 4a 및 도 4b의 3차원 구조 개념도와 함께, 방사 소-스가 발생시켜 메타재질 표면 아랫면까지 보낸 전자파의 표면상 위상 분포를 빔 조향과 이득증가를 위해 필요한 위상으로 변화시키는 위상 차이 분포 또는 위상 보상 분포를 도시한 것이다. 이는 방사 소-스의 종류, 전자파의 파면이 방사 소-스의 개구면으로부터 전파되어 관찰면까지의 거리와 방향, 메타재질 표면을 통과하고 난 뒤의 최종 방사패턴의 모습, 즉 기대되는 조향각과 이득 증가량에 따라 위상 보상 분포는 달라질 수 있다. 물리적 구현을 위해서 PCB 기판에 금속패턴을 입히는데, 위상 보상 분포가 연속적이지만, PCB 에칭 공정의 정밀도 한계상 이산화한 격자 모습인 픽셀(Pixels)로 구성되어 단위구간마다 요구되는 위상값을 구현해 내는 것이다..

[0093] 도 5는 제안된 장치의 설계절차로 다음과 같다. 첫째, 단계 S500에서, 방사 소-스의 종류를 선택한다. 둘째, 단계 S502에서, 메타재질 표면의 개구면 크기, 단위 구조(픽셀)의 형상 등의 최초 설계변수를 정한다. 셋째, 단계 S504에서, 메타재질 평면렌즈의 단위 구조를 설계하면서 기하변수 vs. 전달계수와 위상 프로파일을 만든다. 넷째, 단계 S506에서, 방사 소-스로부터의 관찰면상의 파면의 위상분포를 알고, 목표인 메타재질구조 표면의 출력인 방사 빔 패턴을 만들기 위한 메타표면 렌즈의 위상 보상 분포를 계산한다.

[0094] 다섯째, 단계 S508에서, 안테나 이득의 극대화를 위한 구경 당 촛점거리(f/D)를 최적화하면서, 단계 S510에서, 수학계산에 의한 연속적인 위상 보상 분포를 이산화(픽셀을 가진 격자)하여, 구간별로 필요한 위상값을 얻기 위해 단위 셀 별 기하변수를 최적화하고, 단계 S512에서는 최적화가 되었는지를 판단한다.

[0095] 여섯째, 단계 S514에서, 트랜스미터레이 안테나의 빔 조향용 위상에 기반한 빔의 각도를 변화시킨다. 일곱째, 단계 S516에서, 방사 소-스 배열의 각 소자의 위치에 해당되는 조향각별 패치를 선택하여 그 패치와의 표면과의 전자파 위상 보상 정도를 확인한다. 여덟째, 단계 S518에서, 선택된 방사 소-스는 물론 메타재질구조 표면의 자세한 전기자기학 해석을 담은 구조 전체 EM 모의시뮬을 통해 메타렌즈의 출력인 방사파 빔 패턴을 얻어 빔 조향 특성과 이득을 확인한다.

[0096] 본 발명의 일 실시예에서, 메타재질 평면렌즈(202) 및/또는 방사부(204)는, PCB 에칭가공 공정, Film 공정, LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 공정 또는 반도체 공정 중 적어도 하나에 기반하여 구현될 수 있다.

- [0097] 도 6a는 본 발명이 제시하는 새로운 개념의 방사 소-스들의 배열에서 하나의 패치(600)를 선택하여 트랜스미팅 어레이 안테나의 빔 조향각을 결정하는 장치의 방사원 요소의 대표적인 모습을 담고있다. 도 6b는 방사 손실을 도시한 것이고, 도 6c는 위상에 따른 이득을 도시한 것이다. 혼 안테나를 써도 되지만, 부피가 커지고 무거우며 메타재질구조 렌즈까지 먼 거리가 선결조건으로 안테나 구조 전체를 무겁게 만들게 되므로, 저비용, 실용성을 고려해, 패치 안테나를 방사 요소로 쓴다.
- [0098] 도 6b 및 도 6c를 참조하면, 패치 안테나의 입력포트 반사계수(S11)를 보면 골짜기(Dip)에 해당하는 지점이 목표 주파수를 가리키는데, 이것이 공진현상이며, 이 때 2D Rectangular plot에 보이는 넓은 폭의 5dBi 이득인 빔을 발생한다. 이 넓은 폭의 빔은 이득이 낮으나. 메타재질 평면렌즈(202)를 지나고 나면 고이득으로 조향각을 가리키게 된다.
- [0099] 도 7a 및 도 7b는 도 6a의 한 개의 방사 소-스가 1차원(1D)으로 배열화된 것이다. 눈여겨볼 것은 이 배열(700)은 기존의 배열 안테나가 아닌 즉 패치들과 같은 평면이든 아랫면에 전력 분배기가 들어가는 일반적인 배열 안테나가 아닌, 조향각 입력에 따라 선택될 위상차 관계를 가질 배열 안테나의 요소들이 아닌 독립적으로 동작할 방사원들인 방사 패치들(700_1 내지 700_9)이다. 도 7c는 방사 손실을 도시한 것이다. 방사 패치들(700_1 내지 700_9)은 유전체 기판 손실과 금속 전송선로 손실이 커지는 밀리미터파 전력 분배기가 아닌 단순한 RF 스위치 연결 급전부일 뿐이다. 방사 소-스 패치의 위치에 따라, 최종적인 방사 빔의 조향각이 달라진다. 도 7c에 도시된 바와 같이, 배열 요소들 각각의 포트에서 공히 원하는 주파수에서 공진이 일어남을 입력 포트 반사계수로써 알 수 있다.
- [0100] 도 8a는 방사 소-스의 넓은 빔 폭의 방사파가 메타재질구조 아랫면에서 관찰되는 위상을 고이득화 및 빔 조향을 위해 보상해주는 위상 보상 분포를 이산화한 것이다.
- [0101] 도 8b는 다층형 단위 셀 구조(803) 중 한 층의 구조를 도시한 것이고, 도 8c는 3개의 층(810, 812, 814)으로 형성된 다층형 단위 셀 구조(803)를 도시한 것으로, 메타재질구조의 각 단위 셀, 즉 각 픽셀별로 필요한 위상값을 정할 수 있고, 금속 링(802) 내부에 변형된 원형 패치(804)를 결합하고 금속 링(802) 내부에 변형된 원형 패치(804)가 결합된 구조(811, 813, 815)를 3개의 층(810, 812, 814)에 복제한 새로운 구조로서, 설계변수 개수의 증가를 통한 설계 자유도를 높이고, 링(802)의 인덕턴스와 원형 패치(804)의 커패시턴스의 결합으로 L과 C의 동시 운용으로 픽셀 당 원하는 위상값을 적은 층들로써, 밀리미터파 신호의 감쇠와 대역폭의 좁아짐을 막는데 유리하다. 본 발명의 일 실시예에서, 다층형 단위 셀 구조(803)는 3개의 층으로 형성되어 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 더 적거나 더 많은 수의 층들로 형성될 수 있다.
- [0102] 또한, 도 8b 및 도 8c를 참조하면, 단층 단위 셀 구조(800) 및 다층형 단위 셀 구조(803)는 송신파와 수신파 전파에서 둘 다 편파에 덜 민감하면서 잘 주고 받을 수 있는 점 대칭형 구조이다. 변형 원형 패치(804)의 직경(R1)과 링(802)의 크기, 원형 패치(804)와 링(802) 간의 간격인 갭, 그리고 링(802)의 면적 대비 원형 패치(804)의 면적 비율인 채움 비율(Filling ratio)와 같은 기하변수들을 조정하면서 전달계수(픽셀의 아래를 입력 포트라고 하고 픽셀 위를 출력 포트라고 둔 상태에서 투과계수 즉 S21)의 크기를 최대화하면서 위상을 1차적으로 끌어 올리고 다층의 한층 한층 지나면서 올라가는 위상값을 한 픽셀의 요구 위상값에 다다른다. 도 8d는 전송 손실을 나타낸 것이고, 도 8e는 전송 위상을 나타낸 것이다. 도 8f는 기하변수인 원형 패치의 직경(R1) 대 픽셀 투과계수 즉 전달계수 위상 프로파일을 도시한 것이다. 이 그래프를 통해 치수를 결정한다. 즉, 원형 패치(804)의 직경(R1) 및 상기 금속 링(802)과 원형 패치(804) 간의 이격된 거리인 갭 중 적어도 하나에 따라 보상되는 위상값이 결정될 수 있다. 도 8g는 이러한 픽셀들의 구조(803)들이 모여 바둑판이나 잠자리 겹눈과 같은 특수한 패턴으로 구현된, 메타재질 평면렌즈(820)를 도시한 것이다.
- [0103] 도 9a 및 도 9b는 도 8g의 홀로그래픽 표면(Holographic surface)과 같은 메타재질 평면렌즈(902)를 방사 소-스 배열층(901)과 결합한 구조(900)를 도시한 것이다. 본 발명의 일 실시예에서, 메타재질 평면렌즈(902)는 3개의 층(904_1, 904_2, 904_3)으로 형성될 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 더 적거나 더 많은 수의 층들로 형성될 수 있다.
- [0104] 도 9a 및 도 9b에 도시된 메타재질 평면렌즈(902)와 방사 소-스 배열층(901)이 결합된 구조(900)를 참조하면, 같은 구경의 배열 안테나보다 급전부가 매우 간단하며, 전력 분배기의 전자파 진행 시 손실 문제를 그리고 칩?V 능동 위상 천이기 배열 안테나의 문제를 극복하는 구조이다.
- [0105] 도 10은 메타재질 평면렌즈(1004)를 방사 소-스 배열층(1002)과 결합한 구조(1000)를 도시한 것이다. 본 발명의 일 실시예에서, 메타재질 평면렌즈(1004)는 3개의 층으로 형성될 수 있으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 더

적거나 더 많은 수의 층들로 형성될 수 있다. 또한, 방사 소-스 배열층(1002)은 도 7a에 도시된 바와 같이 하나의 행에 복수의 방사 패치가 배치되어 있을 수 있다. 도 10을 참조하면, 하나의 행에 복수의 방사 패치가 배치되어 있기 때문에, 하나의 행에 배치된 복수의 방사 패치 중 어느 하나의 방사 패치가 선택되면, 선택된 방사 패치에서 전자파가 방사되어 메타재질 평면렌즈(1004)로 입사되고, 메타재질 평면렌즈(1004)로 입사된 전자파는 메타재질 평면렌즈(1004)를 통해 왼쪽과 오른쪽 사이의 각도에서 빔이 방사될 수 있다. 따라서, 2D 빔 조향이 가능하다.

[0106] 도 11a 내지 도 11i는 도 9a 및 도 9b에 도시된 메타재질 평면렌즈(902)와 방사 소-스 배열층(901)이 결합된 구조(900)의 전자파 특성과 본 발명의 장점을 보여주는 도면들이다. 포트 1번은 패치 1번, 포트 2번은 패치 2번, ..., 포트 9번은 패치 9번을 1차원 방사 소-스들 중에서 선택함을 의미한다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 포트 1번을 선택하면 방사 빔이 오른쪽을 가리키는 것을 3차원 방사패턴과 2차원 직사각형 틀 방사패턴 플롯을 통해 알 수 있다. 나아가 도 11b 내지 도 11i에 도시된 바와 같이, 포트 2번으로부터 포트 9번으로 선택 방사 소-스를 옮겨가면, 고이득 특성을 지키면서 빔의 방향을 왼쪽으로부터 오른쪽으로 또는 오른쪽으로부터 왼쪽으로 움직일 수 있다. 즉 3차원 공간에서 2D 빔 스캐닝이 가능하다. 도 11j는 1차원 방사 패턴을 도시한 도면이다. 본 발명의 특성은 기존 기계식 조향 안테나나 능동 위상배열 안테나의 단점을 극복할 수 있다.

[0107] 도 12a 내지 도 12c는 도 9와 도 10의 한 단계 확장형식으로서, 2D 빔조향이 3D 빔조향화되는 중간 과정인 다중 소스 평면으로, 본 발명의 다른 실시예에 의한 빔포밍 안테나(1200)를 도시한 것이다. 두 개의 수직한 1D 소스 벡터들(1206, 1208)의 조합으로 구성된다. 참조번호 1206은 하나의 행에 배치된 복수의 방사 패치를 포함하는 제1 방사부를 나타내고, 참조번호 1208은 하나의 열에 배치된 복수의 방사 패치를 포함하는 제2 방사부를 나타낸다. 즉, 도 9와 도 10이 전자파 빔을 왼쪽과 오른쪽 사이에서 조향하는데 이것은 방사 소-스를 왼쪽으로부터 오른쪽으로 둔 1차원 형태 또는 평면 상 수평 벡터(Vector) 또는 행 벡터로부터 기인하는데, 전자파 빔을 위쪽과 아래쪽 사이에서 조향하려면, 도 12b 및 도 12c에 도시된 바와 같이, 행에 배치된 방사 패치들(1206)에 이외에 수직이 되는 열에 방사 패치들(1208)을 배치하는 것이 필요하니, 평면 상 수직 벡터인 열 벡터를 단독으로 두거나 행 벡터와 열 벡터를 혼합하는 것이다. 참조번호 1201을 방사부를 나타내고, 1203은 기판을 나타낸다. 참조번호 1202는 3개의 층(1204_1 내지 1204_3)을 포함하는 메타재질 평면렌즈를 나타낸다.

[0108] 도 13a 내지 도 13f는 도 12의 구조로부터 발생하는 전자파 빔이 좌우 뿐만 아니라 상하로 조향되는 것을 도시한 것이다. 열 벡터인 1차원 방사 소-스들의 패치(또는 포트)의 선택에 따라 빔이 위쪽과 아래쪽 사이에서 조향된다.

[0109] 도 14는 메타재질 평면렌즈(1404)를 도 12b 및 도 12c와 같이 방사 패치들이 배치된 방사 소-스 배열층(1402)과 결합한 구조(1400)를 도시한 것으로서, 메타재질 평면렌즈(1404)를 통해 전자파 빔이 좌우 뿐만 아니라 위쪽과 아래쪽 사이의 각도에서 방사되는 2D 빔조향을 도시한 것이다.

[0110] 도 15a 및 도 15b는 도 12 및 도 14에서 한 단계 더 나아간 것이다. 방사 소-스의 행 벡터와 방사 소-스의 열 벡터를 확장하여 방사 소-스인 방사 패치들(1502)을 행렬(Matrix) 형태인 2D로 구조화하고, 그 2차원 구조 중 하나의 방사 패치를 방사 소-스로서 선택하여 고도각(Elevation angle)과 방위각(Azimuth angle)의 조합 방향으로 무선전력을 송신하거나 수신하게 된다. 동시 급전하며 위상차이들을 두는 기존의 기법과 분명히 다르다. 참조번호 1501은 기판을 나타내고, 참조번호 1502는 복수의 행 및 복수의 열에 배치된 2차원 배열의 복수의 방사 패치를 포함하는 방사부를 나타낸다. 참조번호 1500은 방사 소-스 배열층을 나타낸다.

[0111] 도 16은 2차원 방사 소-스의 행렬의 포트 선택에 따라 메타재질렌즈를 통과한 전자파 빔이 3차원 공간 곳곳으로 전파되고 조향을 할 수 있음을 도시한 것이다. 참조번호 1602는 방사 소-스 배열층을 나타내고, 참조번호 1604는 메타재질 평면렌즈를 나타내며, 참조번호 1600은 메타재질 평면렌즈(1604)와 방사 소-스 배열층(1602)이 결합된 구조로서 본 발명의 다른 실시예에 의한 빔포밍 안테나를 나타낸다.

[0112] 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.

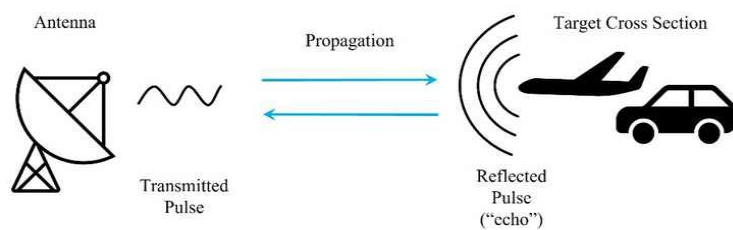
부호의 설명

[0113] 200 : 칩?V 능동 위상 천이기가 불필요한 전자파 소-스 선택에 의해 전자파 빔 지향각 조절이 가능한 메타표면 평면렌즈형 레이다 및 통신용 빔포밍 안테나

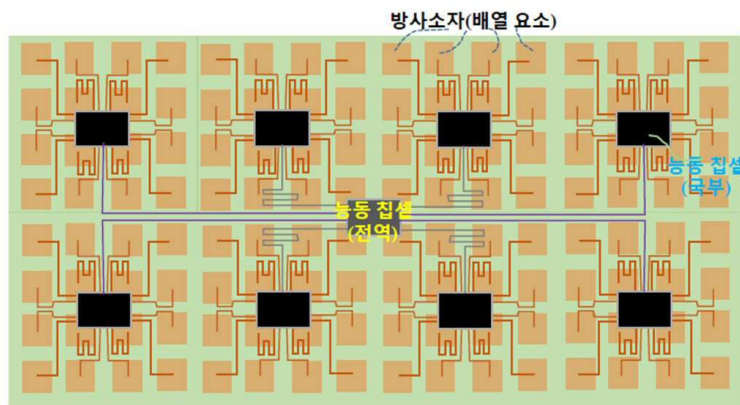
202, 300, 400 : 메타재질 평면렌즈 204 : 방사부
 206 : RF 스위치 208 : 스위치 제어기
 302, 600, 700_1 내지 700_9 : 방사 패치
 402 : 혼 안테나 700 : 방사 패치 배열
 800 : 단위 셀 구조 801 : 유전체 기판
 802 : 금속 링 803 : 다층형 단위 셀 구조
 804 : 변형된 원형 패치 807 : 제1 커패시턴스 조절부
 808 : 제2 커패시턴스 조절부 810, 812, 814 : 단층 단위 셀
 811, 813, 815 : 금속 링 내부에 변형된 원형 패치가 결합된 구조
 900 : 메타재질 평면렌즈와 방사 소-스 배열층이 결합된 구조
 901 : 방사 소-스 배열층 902 : 메타재질 평면렌즈
 903 : 기판
 904_1 내지 904_3 : 메타재질 평면렌즈를 구성하는 3개의 층
 1000 : 메타재질 평면렌즈를 방사 소-스 배열층과 결합한 구조
 1002 : 방사 소-스 배열층 1004 : 메타재질 평면렌즈
 1200 : 빔포밍 안테나 1201 : 방사부
 1202 : 메타재질 평면렌즈 1203 : 기판
 1206 : 제1 방사부 1208 : 제2 방사부
 1400 : 메타재질 평면렌즈를 방사 소-스 배열층과 결합한 구조
 1402 : 방사 소-스 배열층 1404 : 메타재질 평면렌즈
 1500 : 방사 소-스 배열층 1501 : 기판
 1502 : 방사부 1600 : 빔포밍 안테나
 1602 : 방사 소-스 배열층 1604 : 메타재질 평면렌즈

도면

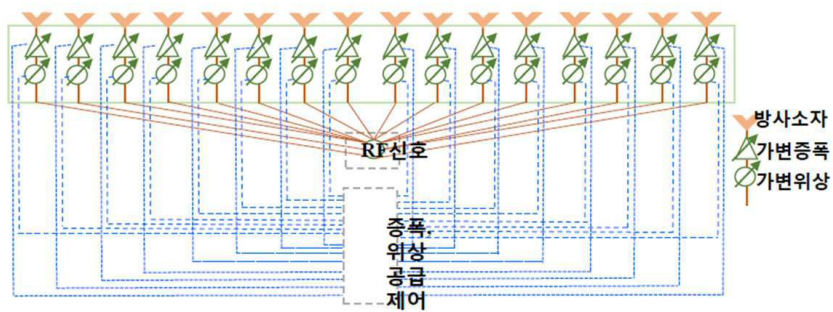
도면1a



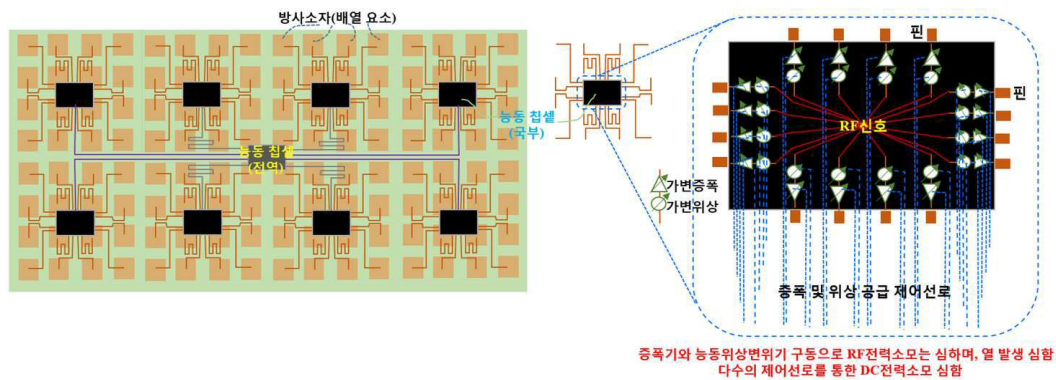
도면 1b



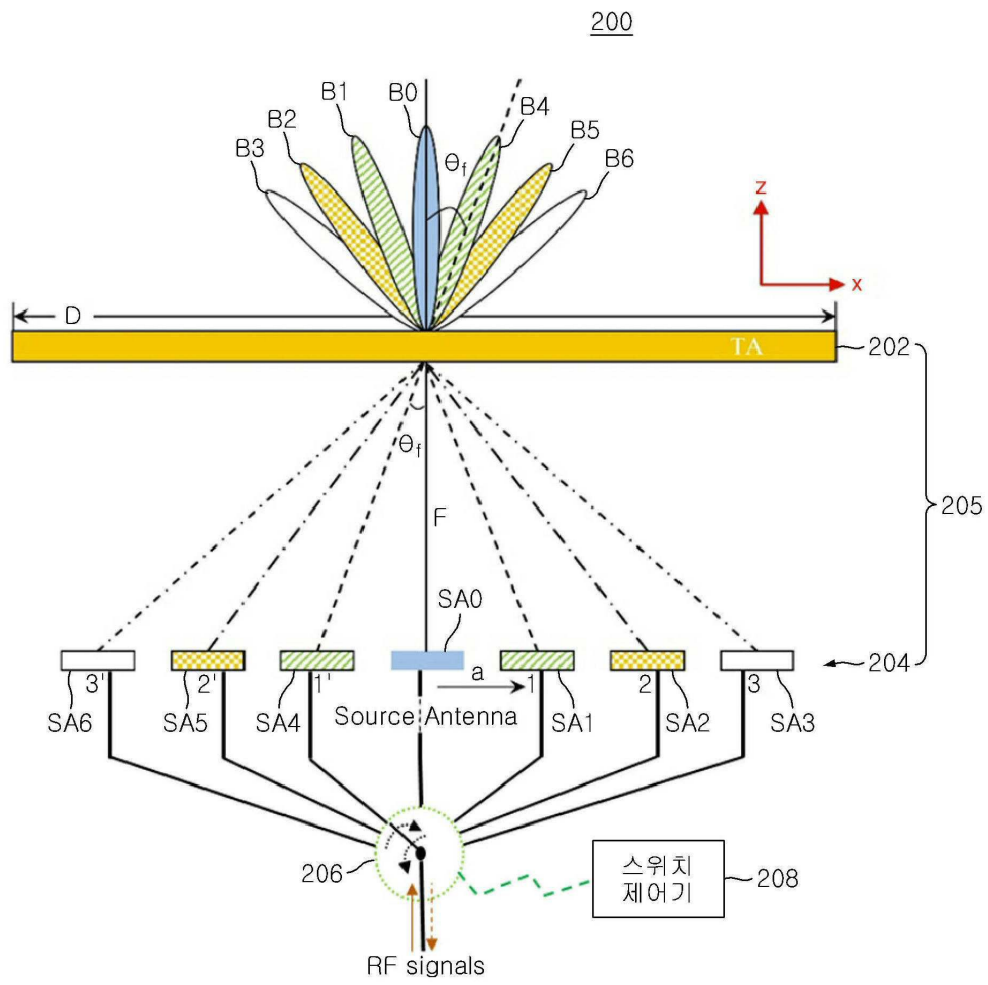
도면 1c



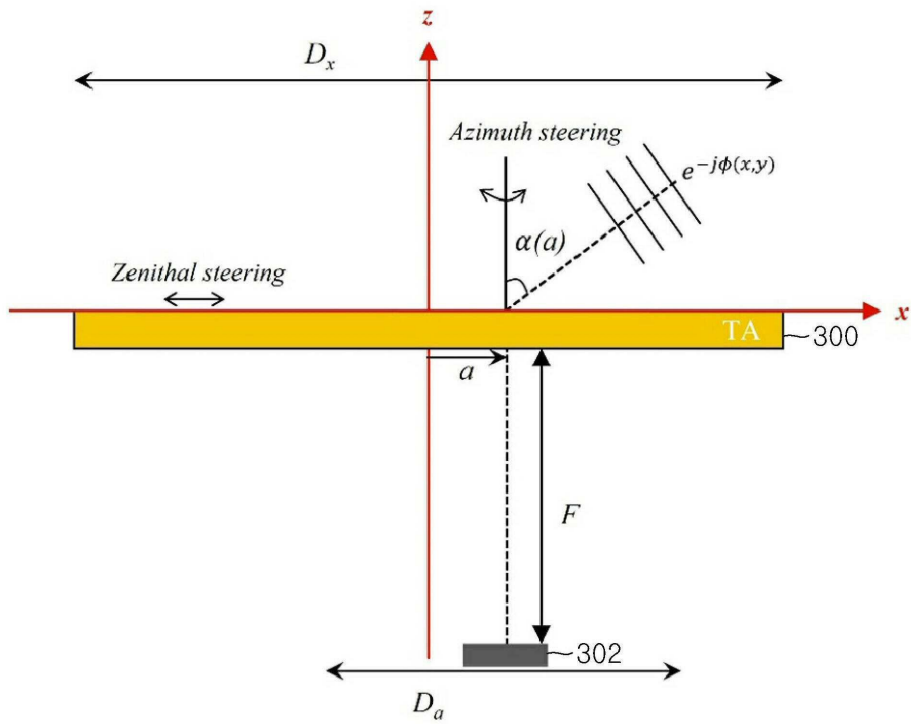
도면 1d



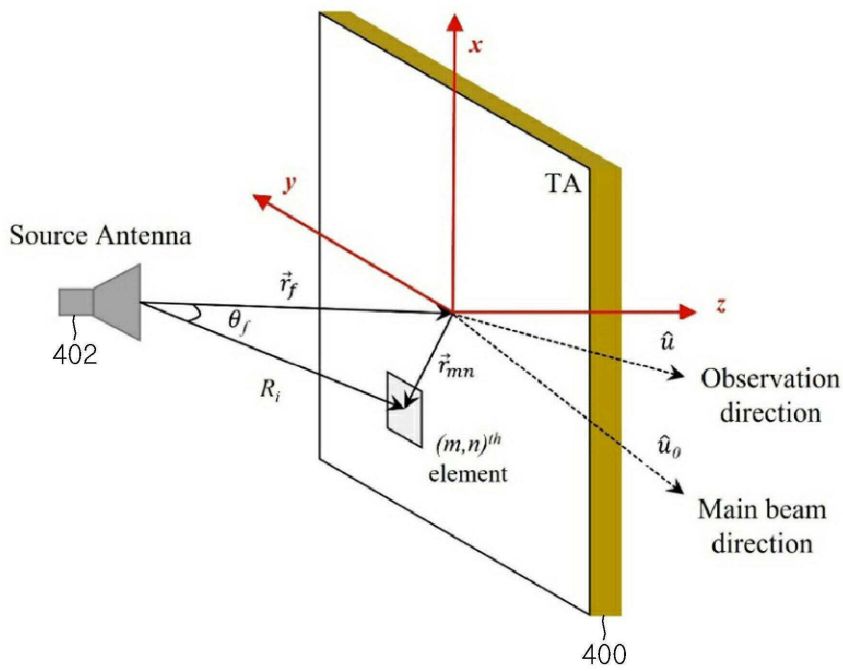
도면2



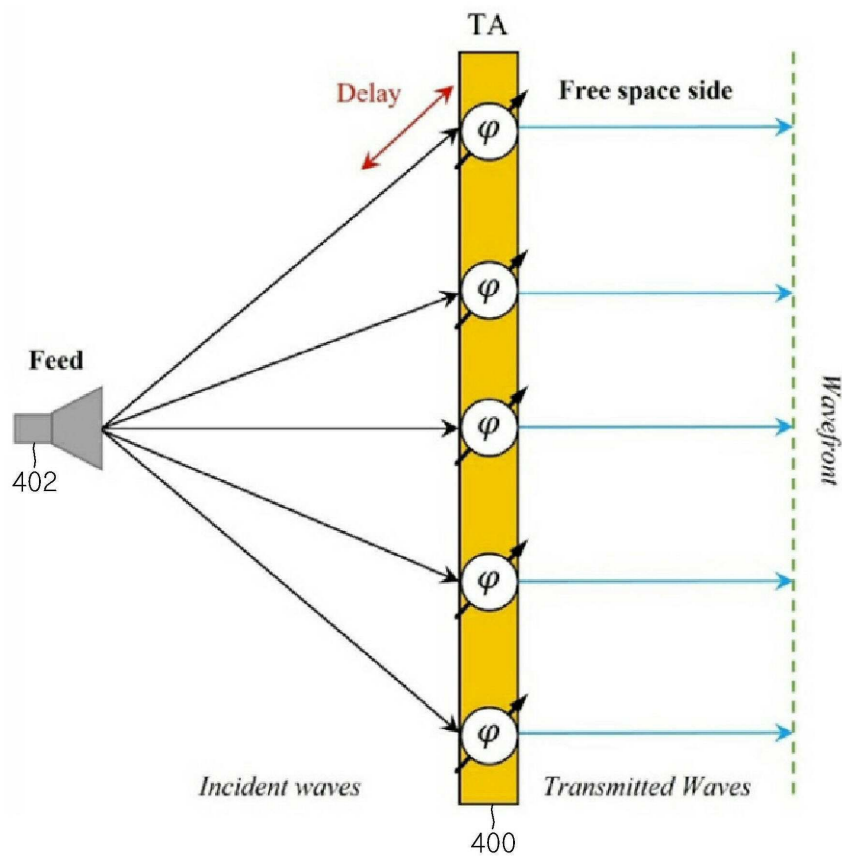
도면3



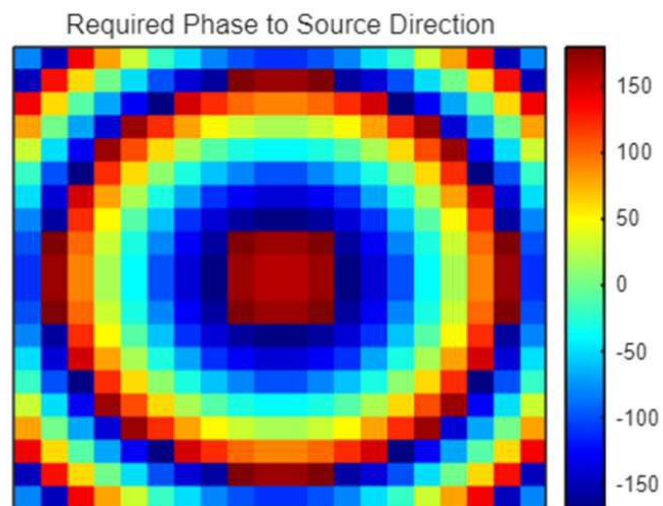
도면4a



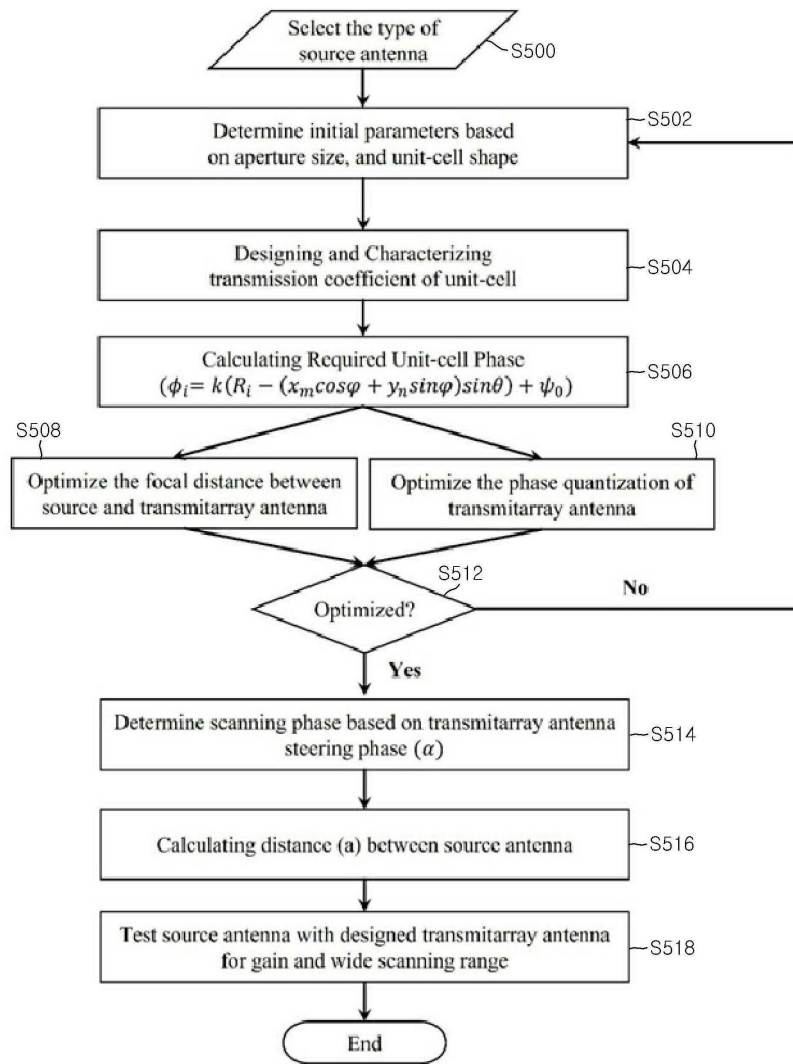
도면4b



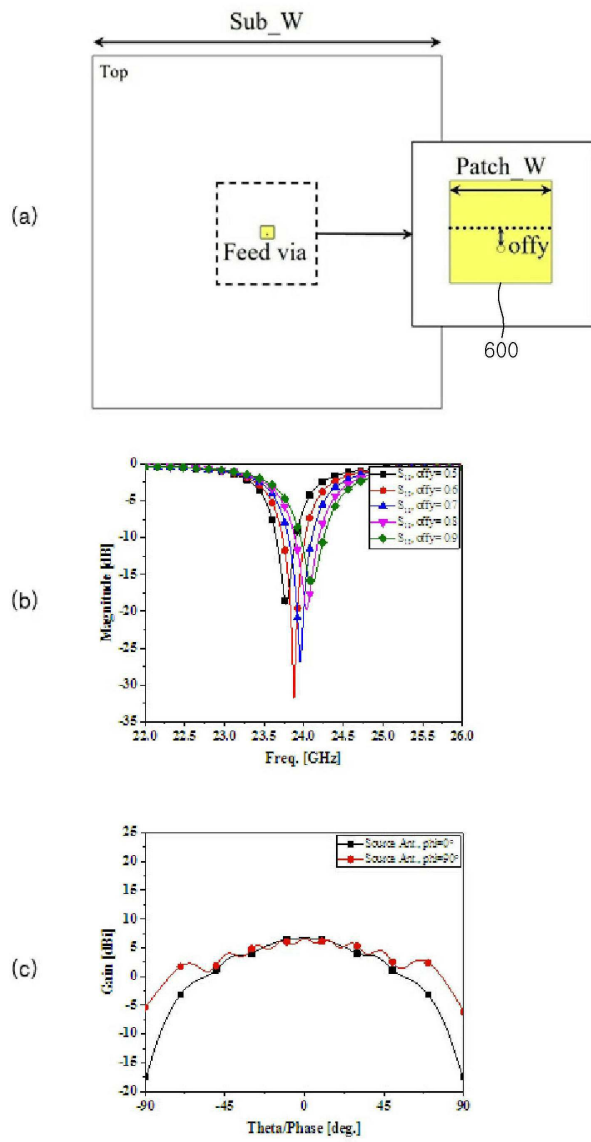
도면4c



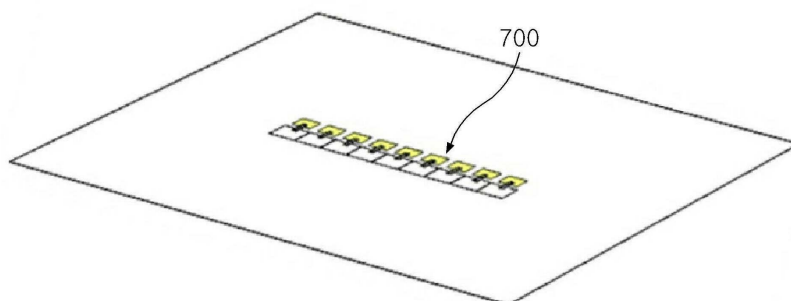
도면5



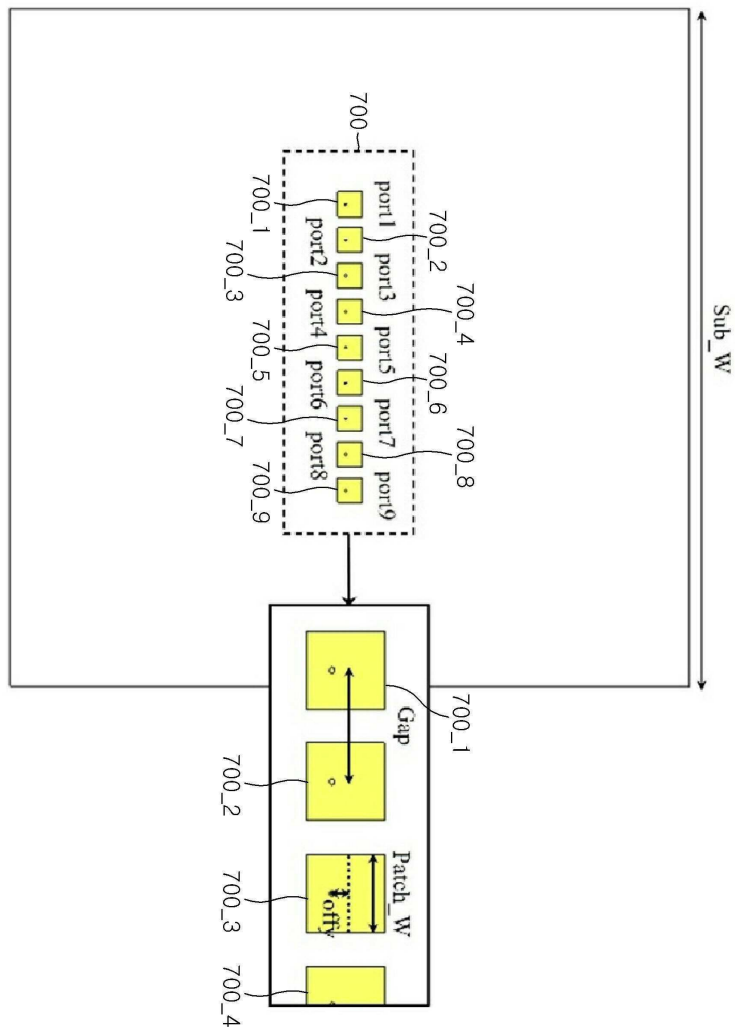
도면6



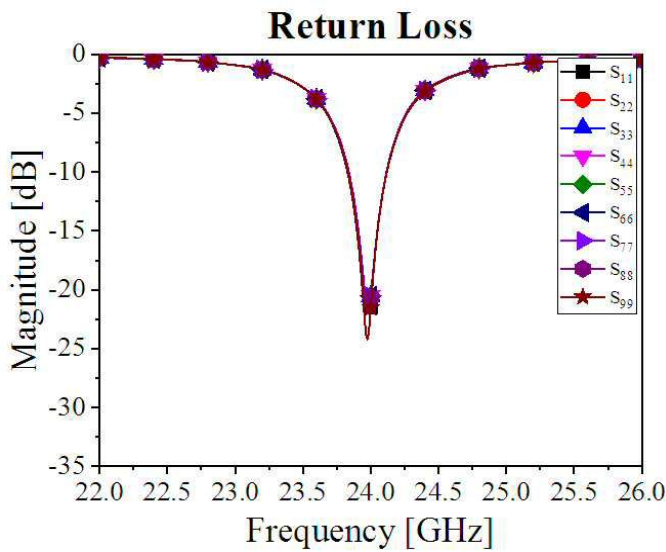
도면7a



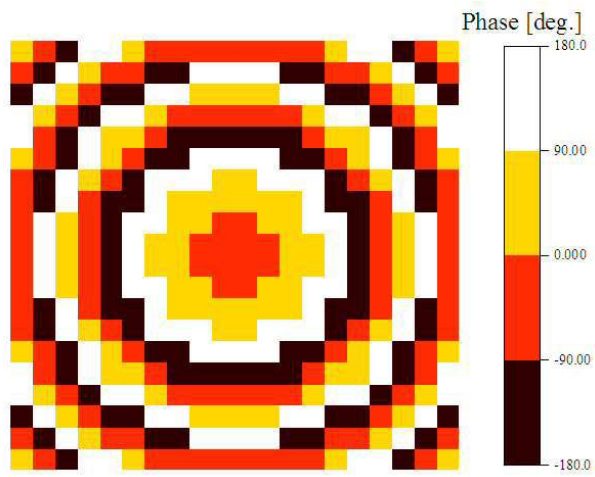
도면7b



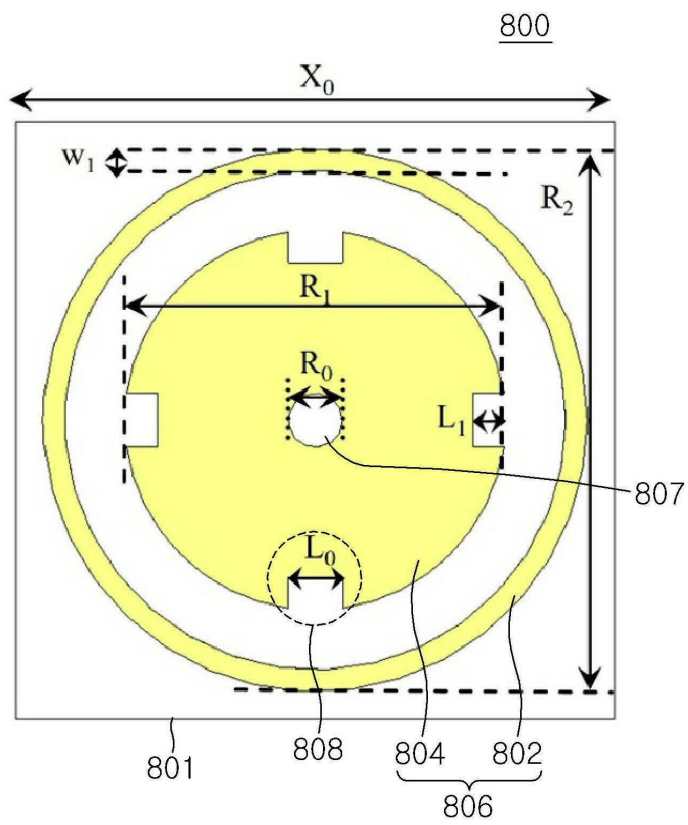
도면7c



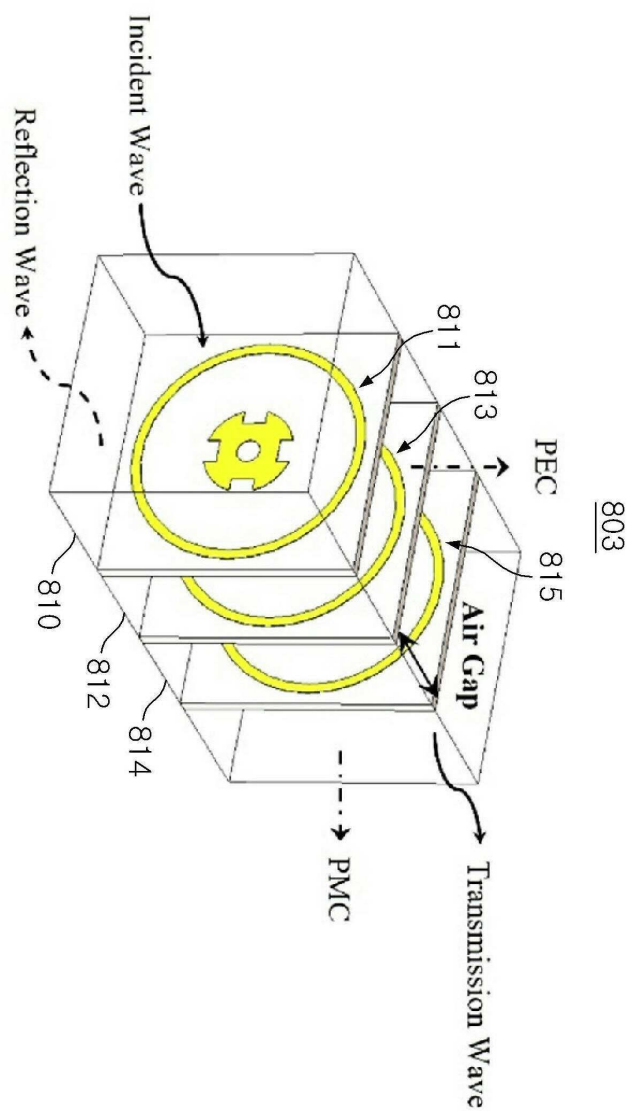
도면8a



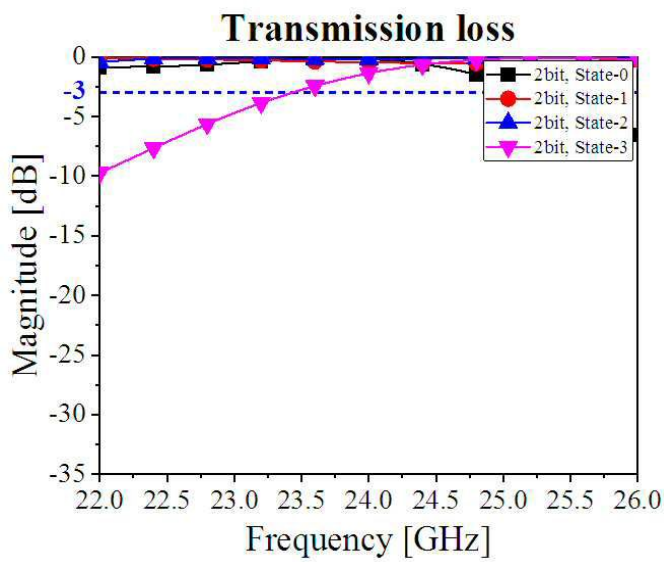
도면8b



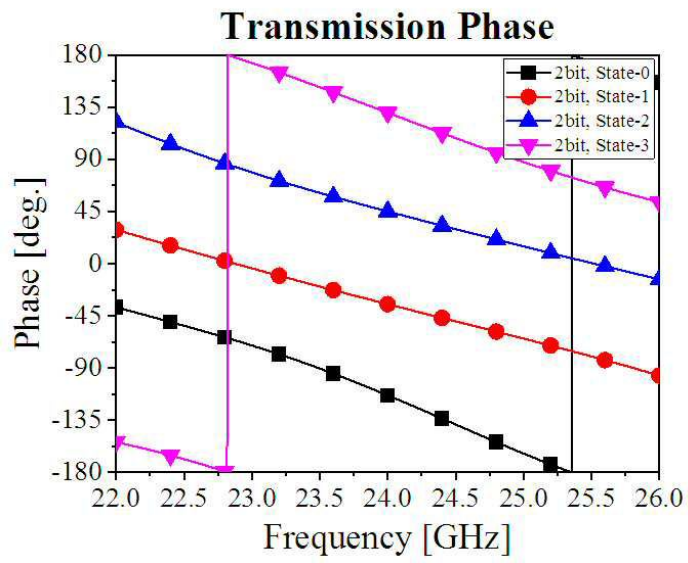
도면8c



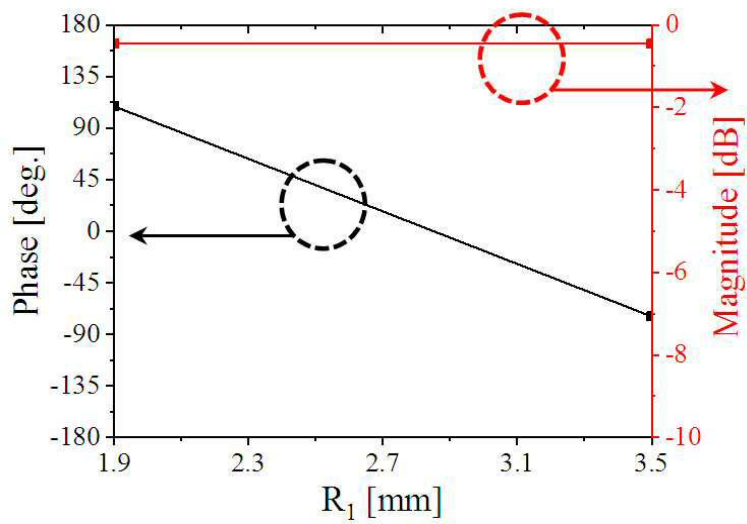
도면8d



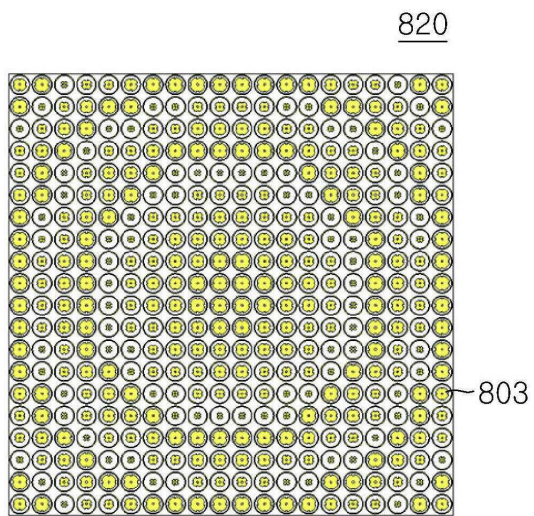
도면8e



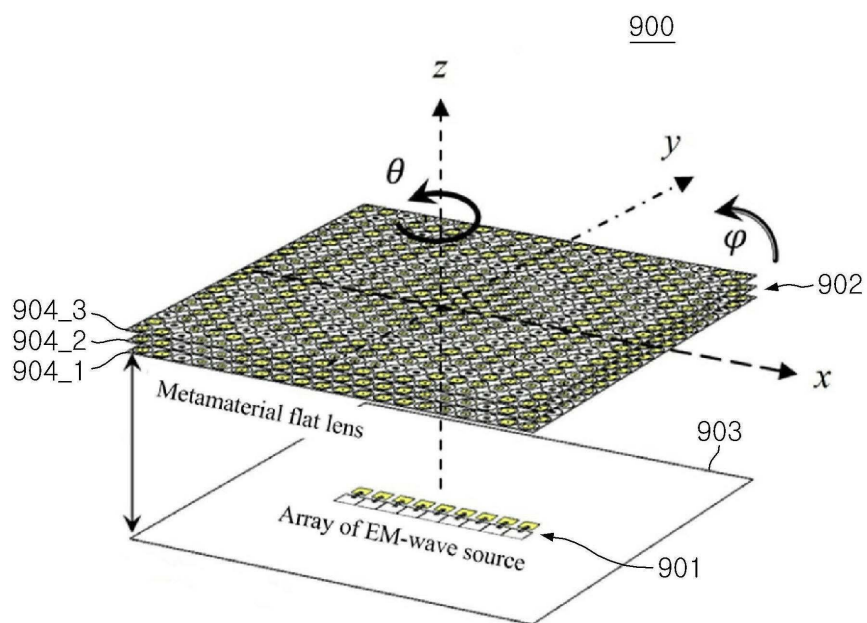
도면8f



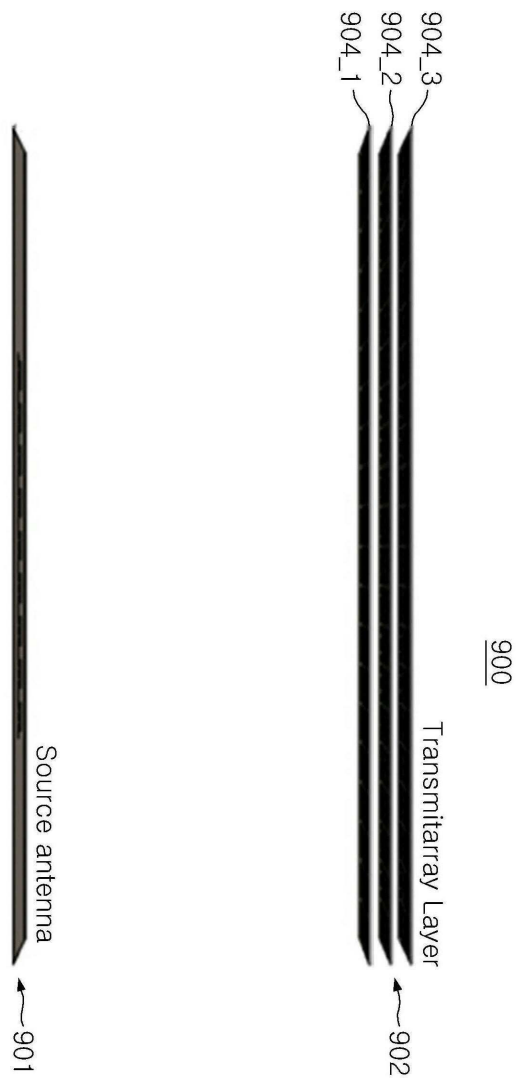
도면8g



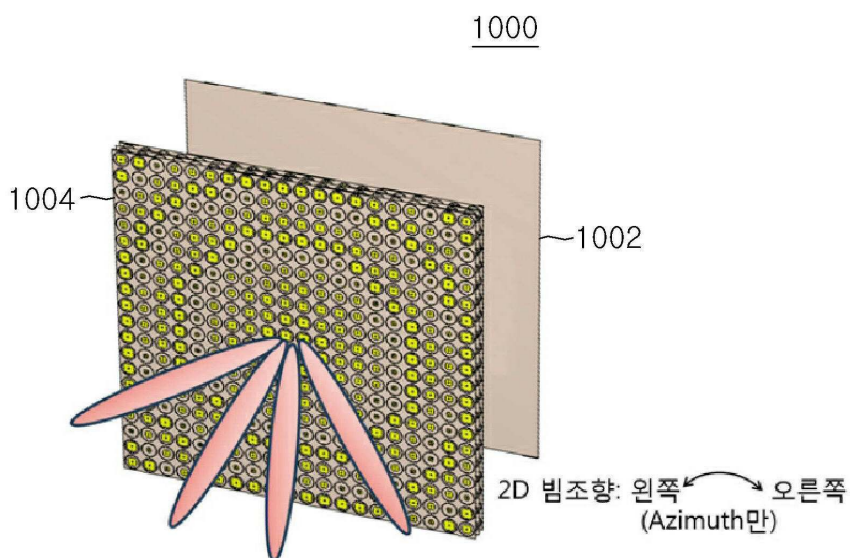
도면9a



도면9b

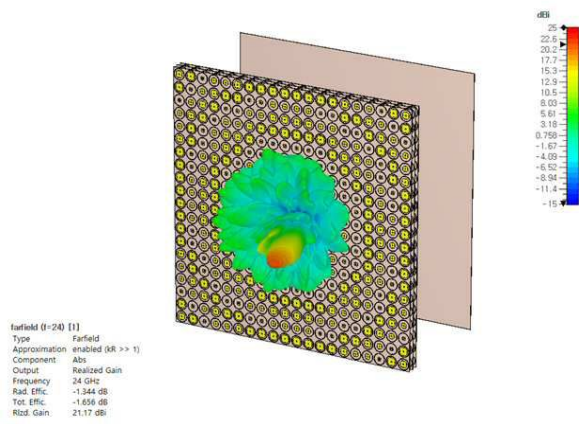


도면10



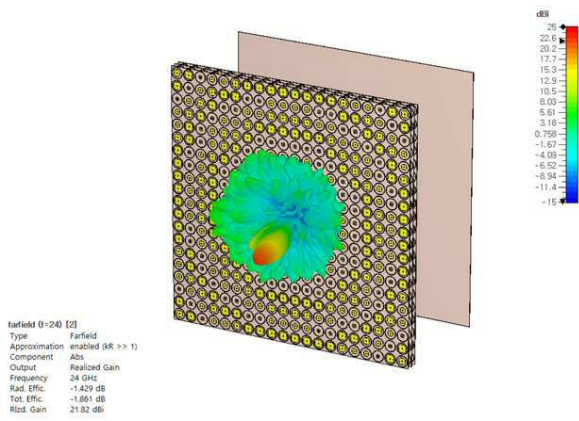
도면11a

Input: Port 1



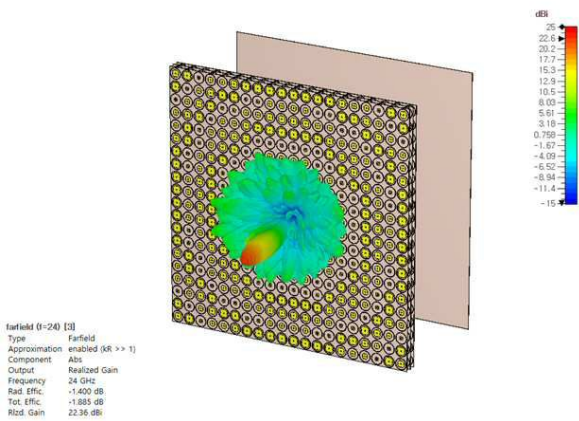
도면11b

Input: Port 2



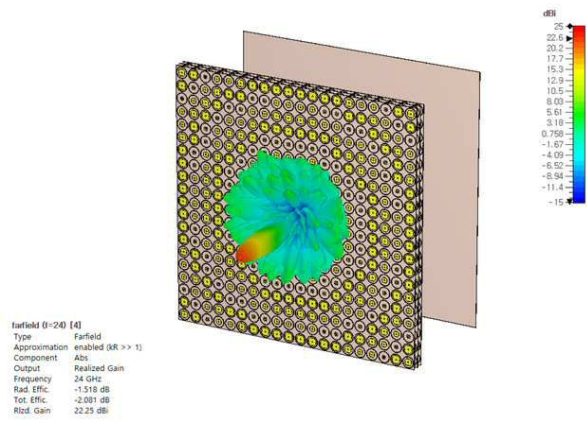
도면11c

Input: Port 3



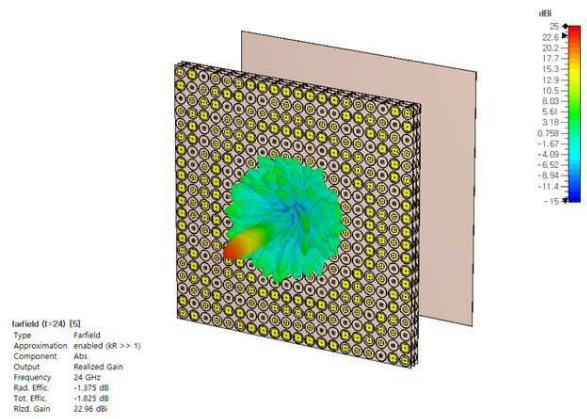
도면11d

Input: Port 4



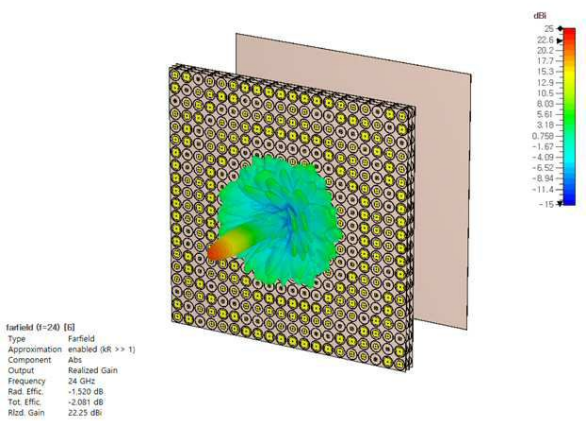
도면11e

Input: Port 5



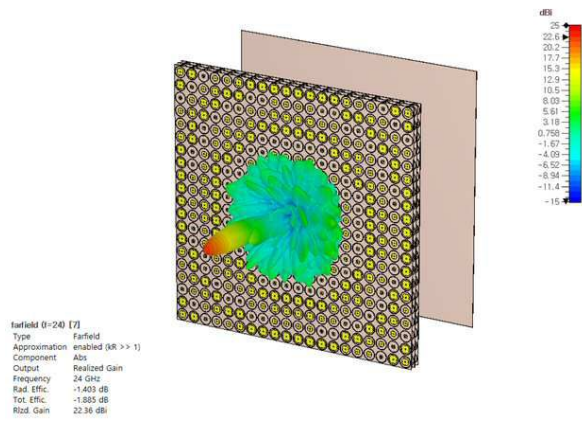
도면11f

Input: Port 6



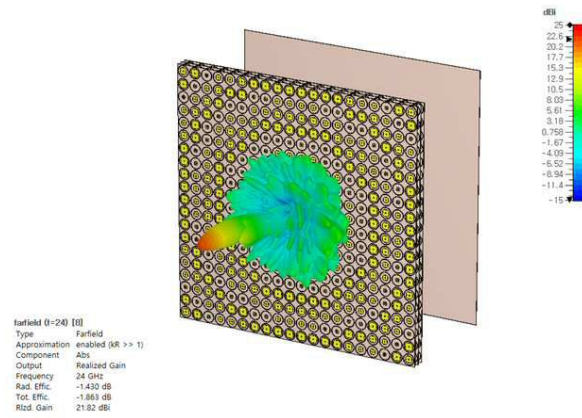
도면11g

Input: Port 7



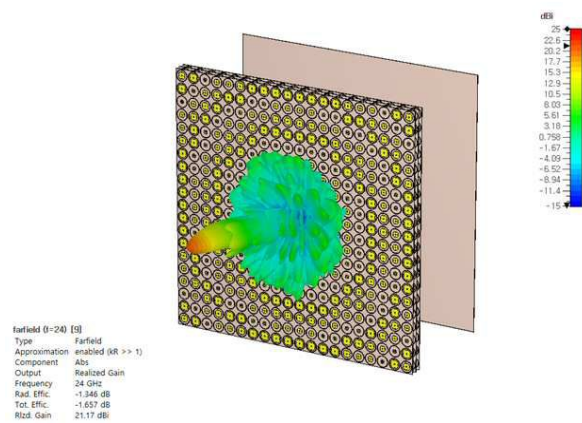
도면11h

Input: Port 8

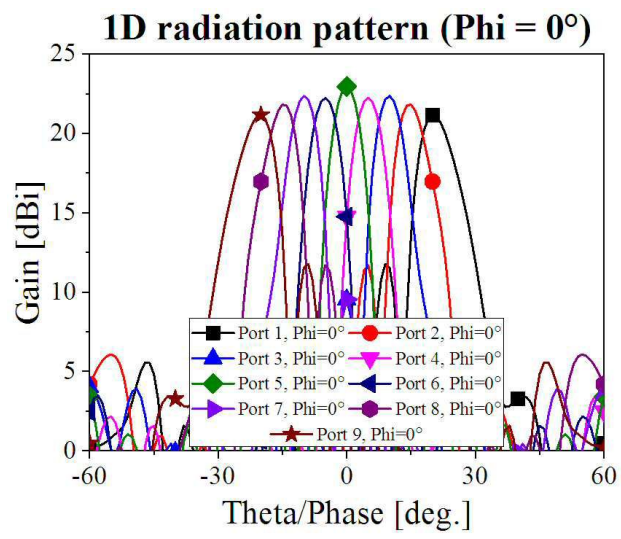


도면11i

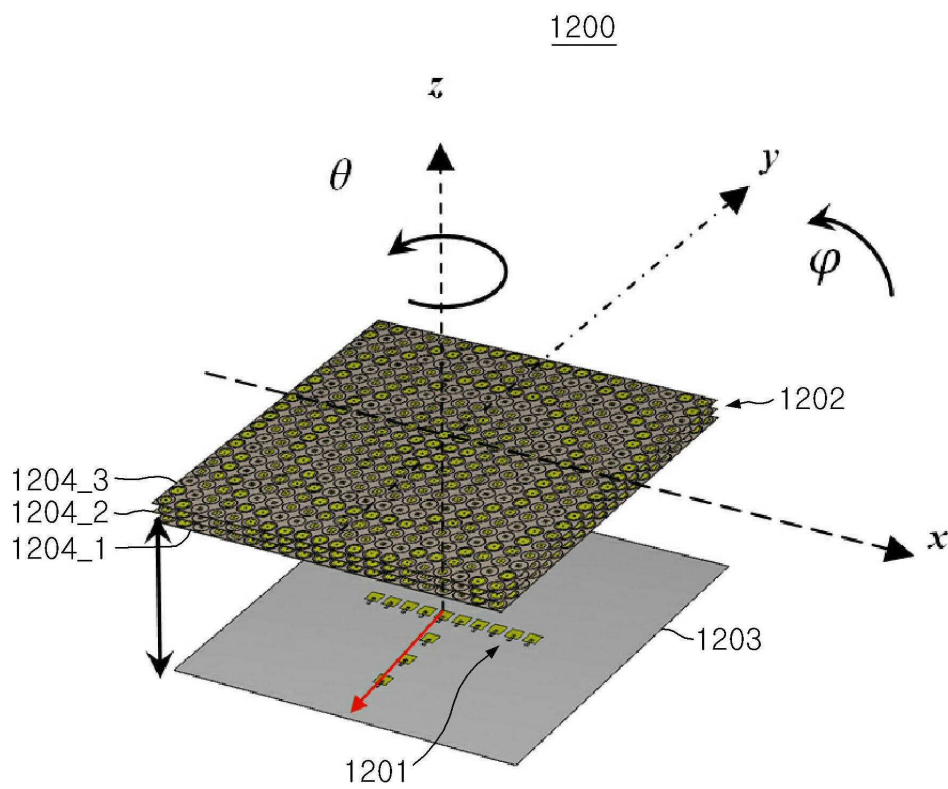
Input: Port 9



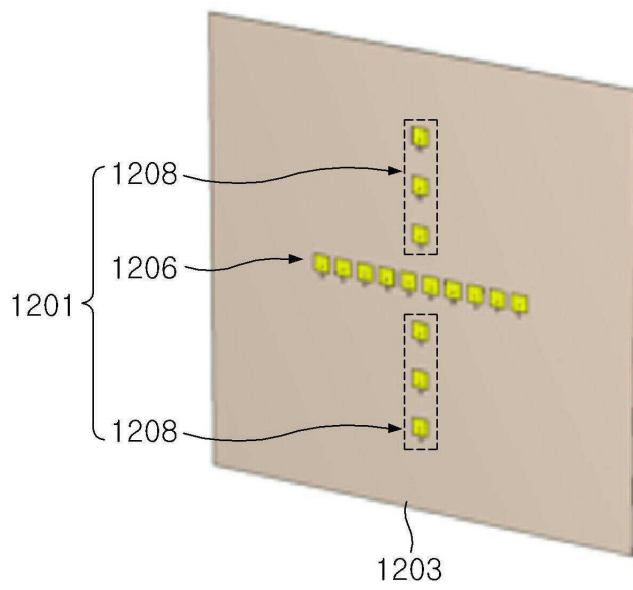
도면11j



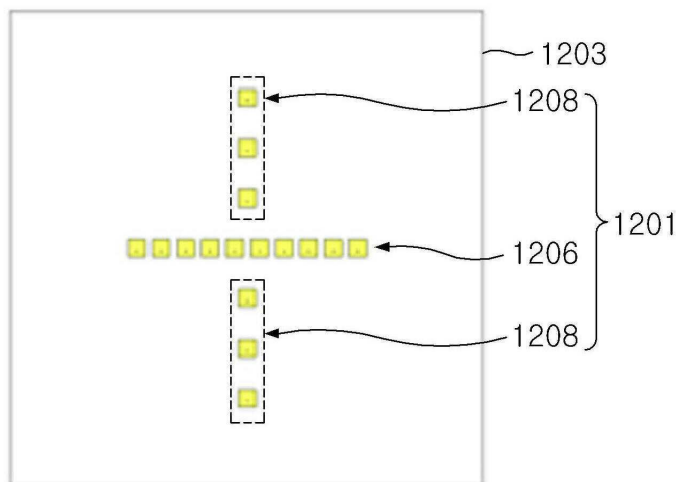
도면12a



도면12b

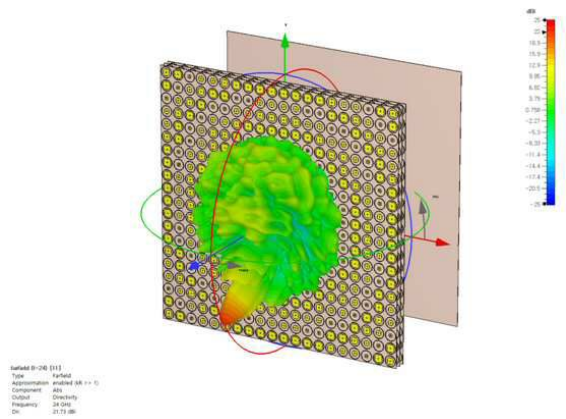


도면12c



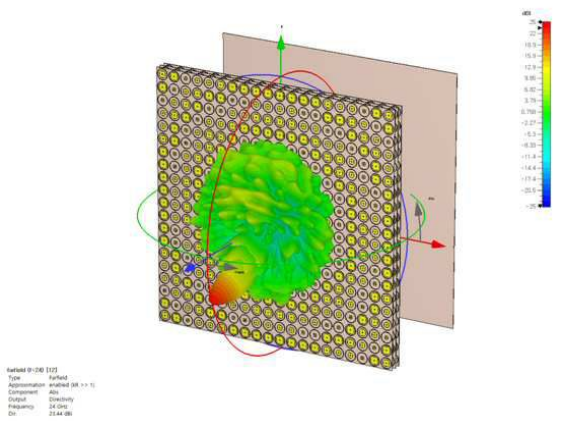
도면13a

Input: Port 11



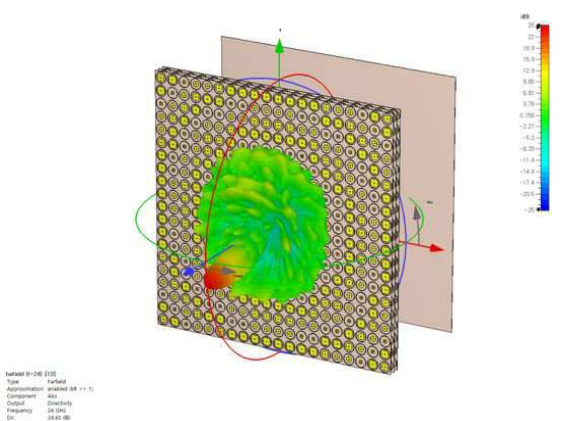
도면13b

Input: Port 12



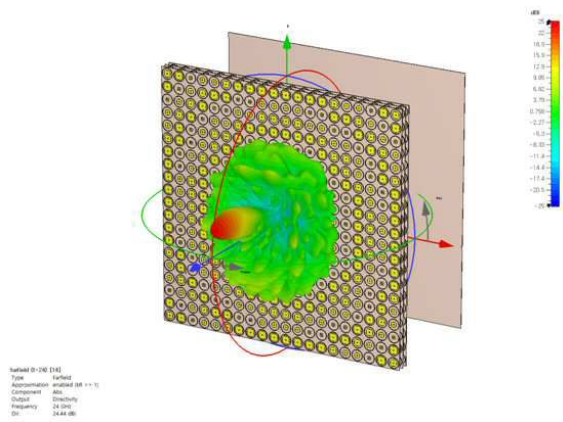
도면13c

Input: Port 13



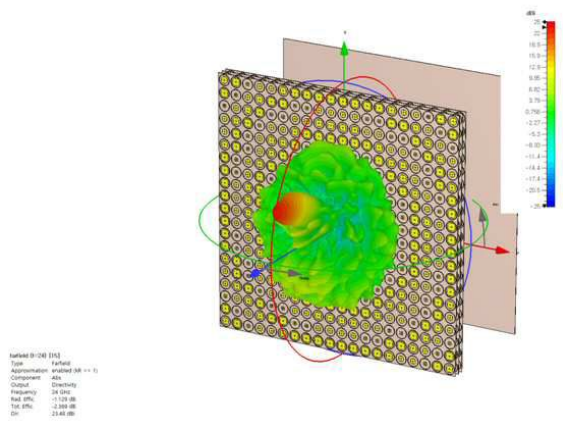
도면13d

Input: Port 14



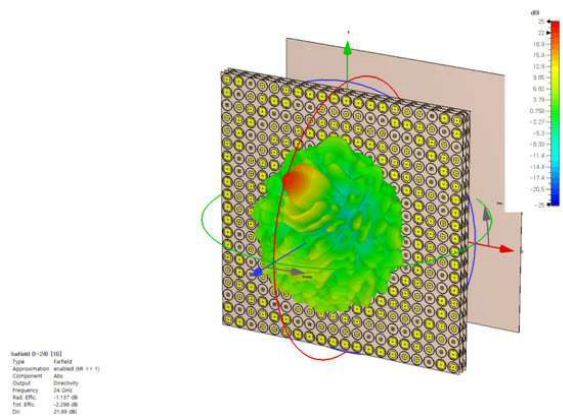
도면13e

Input: Port 15

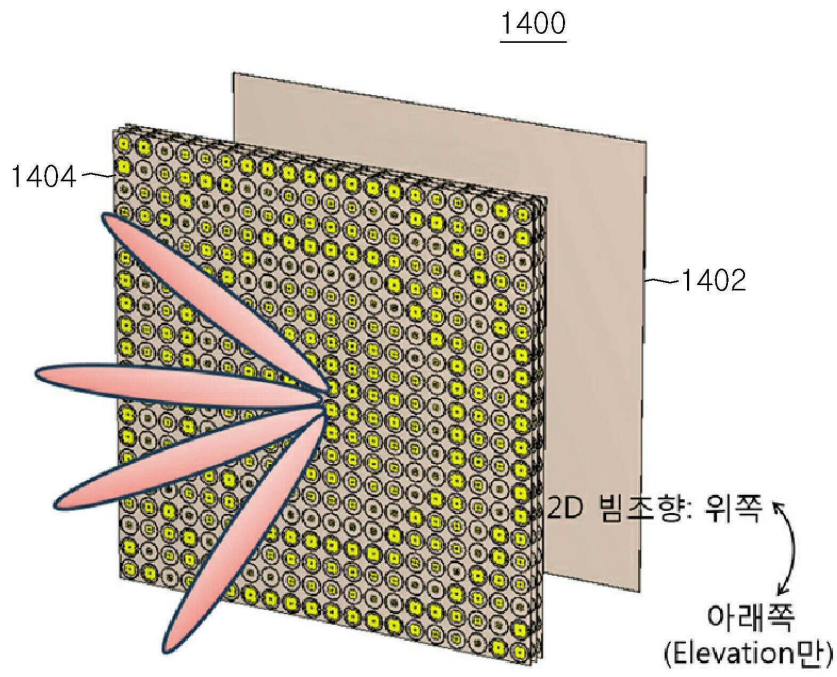


도면13f

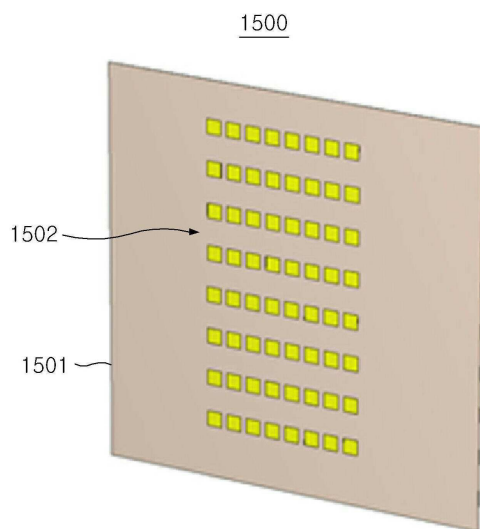
Input: Port 16



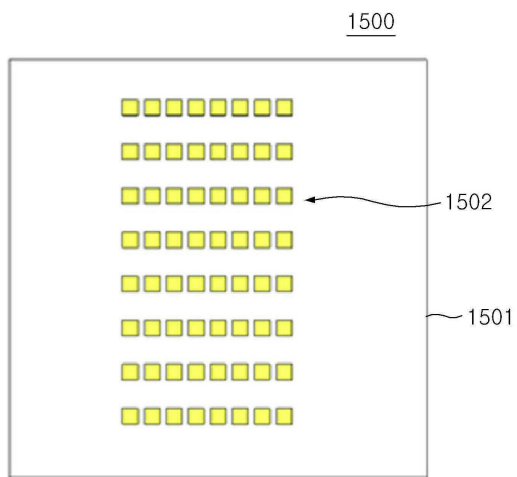
도면14



도면15a



도면15b



도면16

