



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0103597
(43) 공개일자 2023년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 3/26 (2006.01) H01Q 3/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 3/2605 (2018.05)
H01Q 3/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0194582
(22) 출원일자 2021년12월31일
심사청구일자 2021년12월31일

(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 6 항

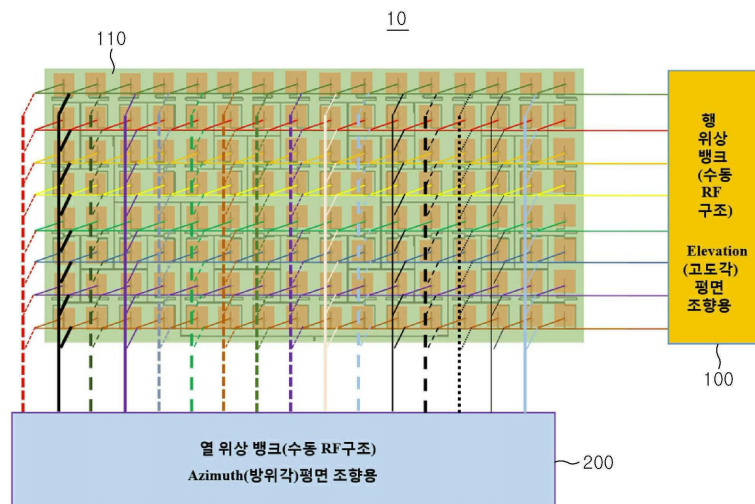
(54) 발명의 명칭 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나

(57) 요약

행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나는 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 열 위상 बैं크와, 열 위상 बैं크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어하는 행 위상 बैं크를 구현하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사할 수 있다.

본 발명은 능동 위상 변위기를 사용하는 대신에 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크의 수동 위상 변위기를 사용하여 소모 전력도 적고, 무게와 비용을 크게 줄일 수 있는 효과가 있다.

대표도



(72) 발명자

전문수

경기도 안산시 단원구 석수로 138, 105동 401호(선부동)

조정현

서울특별시 양천구 오목로13길 39, 가동 203호 (신월동, 대경연립 4차)

이예진

인천광역시 부평구 길주남로10번길 21, 102동 501호(부평동, 래미안부평)

장지연

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

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415175282
과제번호	20016491
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	eVTOL 자율비행핵심기술및비행안정성, 운용성시험평가기술개발사업(R&D)
연구과제명	eVTOL용 충돌탐지 레이더 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인천대학교
연구기간	2021.04.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

소정의 거리마다 이격하여 행과 열로 형성된 방사소자;

상기 방사소자를 열별로 전기적으로 연결하고, 제1 RF 스위치를 통해 열별로 방사소자의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 복수의 열 위상 बैं크; 및

상기 각각의 열 위상 बैं크에 결합된 제1 RF 스위치에 전기적으로 연결되고, 상기 각각의 열 위상 बैं크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어하는 행 위상 बैं크를 포함하는 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 행 위상 बैं크는 상기 제1 RF 스위치의 입력을 제어하도록 상기 제1 RF 스위치의 개수만큼의 연결 포트를 구비한 제2 RF 스위치에 결합되어 있는 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 행 위상 बैं크는 상기 제2 RF 스위치의 제어에 따라 상기 각각의 열 위상 बैं크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사하는 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 행과 열로 형성된 방사소자는 상기 제1 RF 스위치와 상기 제2 RF 스위치를 제어하여 원하는 행에 요구되는 위상의 전자파 방사 빔과, 원하는 열에 요구되는 위상의 전자파 방사 빔을 동시에 또는 캐스케이딩(Cascading)으로 방사되는 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나.

청구항 5

소정의 거리마다 이격하여 행과 열로 형성된 방사소자;

상기 방사소자를 열별로 전기적으로 연결하고, 제1 RF 스위치를 통해 하나의 열에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 열에 다른 위상값을 전송하도록 열별로 방사소자의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 복수의 열 위상 बैं크; 및

상기 각각의 열 위상 बैं크에 결합된 제1 RF 스위치에 전기적으로 각각 연결되고, 상기 각각의 열 위상 बैं크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 하나의 행에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 행에 다른 위상값을 전송하도록 행별로 방사소자의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어하는 행 위상 बैं크를 포함하고,

상기 행 위상 बैं크는 상기 열 위상 बैं크에 결합된 제1 RF 스위치를 제어하도록 제2 RF 스위치에 결합되고, 상기 제1 RF 스위치와 상기 제2 RF 스위치를 제어하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사하는 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나.

청구항 6

청구항 2 또는 청구항 5에 있어서,

상기 행 위상 बैं크를 열(Columns) 개수만큼 만들어 상기 행 위상 बैं크의 출력 단자들을 열을 따라 방사소자들에

연결하며, 상기 행 위상뱅크의 입력 단자들에 상기 열 위상뱅크의 위상값들이 흘러 들어가게 하는 행 위상 뱅크와 열 위상 뱅크를 구비한 빔포밍 배열 안테나.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 배열 안테나에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 열 위상 뱅크와, 열 위상 뱅크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어하는 행 위상 뱅크를 구현하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사하는 행 위상 뱅크와 열 위상 뱅크를 구비한 빔포밍 배열 안테나에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 빔포밍과 빔조향 안테나 기술은 차량 충돌 방지 및 UAV, UAM 공중 이동체의 주행 경로에서의 물체와의 충돌 방지를 위해 필수품인 레이더의 핵심이 된다.
- [0003] 빔포밍 기술은 빔을 형성하고 빔을 조절하는 기능으로서, 안테나의 전파 방사와 원거리 보강 간섭, RF 소자와 디지털 신호처리 제어블록의 결합을 통한 전자파 주 빔(Main Beam)의 각도 조절과 같은 말이다.
- [0004] 빔포밍 배열 안테나에서 주 빔 방향의 변경은 방사소자(배열요소)들에 공급되는 위상들의 차이에 의해 발생하며, 방사소자 마다 RF 위상 변위기의 출력이 결정한다.
- [0005] 도 1은 종래 기술의 빔포밍 배열 안테나의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0006] 종래 기술의 빔포밍 배열 안테나는 각각의 방사소자(10)에 반도체 칩 형태(칩셀)로 고가인 능동 위상 변위기를 결합한다.
- [0007] 능동 위상 변위기는 내부에 가변 증폭기(11)와 가변 위상 변위기(12)를 포함하고, 가변 기능을 위해 제어용 DC 전력과 RF 신호를 증폭하므로 RF전력의 사용이 높아서 하나의 소자만으로도 전력 소모량이 높은 편이다.
- [0008] 그런데, 전자파 방사 이득과 빔 폭에 대한 요구 수준이 올라가면서 배열의 크기와 방사소자들 수가 급증하는 만큼 능동 위상 변위기들의 개수가 증가하여 배열 안테나가 전체적으로 소모 전력, 무게, 비용이 단점으로 작용하고 있다.
- [0009] 다시 말해, 능동 위상 변위기는 소자가 능동(Active)인 만큼 구동을 위해 RF 전력 소모와 열 발생이 심한 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국 등록특허번호 제10-1943769호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 열 위상 뱅크와, 열 위상 뱅크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어하는 행 위상 뱅크를 구현하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사하는 행 위상 뱅크와 열 위상 뱅크를 구비한 빔포밍 배열 안테나를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 행 위상 뱅크와 열 위상 뱅크를 구비한 빔포밍 배열 안테나는,

- [0013] 소정의 거리마다 이격하여 행과 열로 형성된 방사소자;
- [0014] 상기 방사소자를 열별로 전기적으로 연결하고, 제1 RF 스위치를 통해 열별로 방사소자의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 복수의 열 위상 बैं크; 및
- [0015] 상기 각각의 열 위상 बैं크에 결합된 제1 RF 스위치에 전기적으로 연결되고, 상기 각각의 열 위상 बैं크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 특징에 따른 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나는,
- [0018] 소정의 거리마다 이격하여 행과 열로 형성된 방사소자;
- [0019] 상기 방사소자를 열별로 전기적으로 연결하고, 제1 RF 스위치를 통해 하나의 열에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 열에 다른 위상값을 전송하도록 열별로 방사소자의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어하는 복수의 열 위상 बैं크; 및
- [0020] 상기 각각의 열 위상 बैं크에 결합된 제1 RF 스위치에 전기적으로 각각 연결되고, 상기 각각의 열 위상 बैं크에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 하나의 행에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 행에 다른 위상값을 전송하도록 행별로 방사소자의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어하는 행 위상 बैं크를 포함하고,
- [0021] 상기 행 위상 बैं크는 상기 열 위상 बैं크에 결합된 제1 RF 스위치를 제어하도록 제2 RF 스위치에 결합되고, 상기 제1 RF 스위치와 상기 제2 RF 스위치를 제어하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 전술한 구성에 의하여, 본 발명은 능동 위상 변위기를 사용하는 대신에 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크의 수동 위상 변위기를 사용하여 소모 전력도 적고, 무게와 비용을 크게 줄일 수 있는 효과가 있다.
- [0023] 본 발명은 비반도체 공정인 저가 공정으로 구현하여 개발 비용을 낮출 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 종래 기술의 빔포밍 배열 안테나의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 3는 도 2의 빔포밍 배열 안테나의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 도 2 및 도 3에서의 방위각과 고도각의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 위상 बैं크를 구현하는 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 블록별 행렬 요소의 위상을 전체 회로로 나타낸 도면이다.
- 도 8은 도 7에서 얻은 위상 बैं크 회로를 도 5에 적용할 때의 회로를 나타낸 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 4일 때 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 연결한 회로의 위상 बैं크, 빔 패턴, 위상 패턴을 나타낸 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 8일 때 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 연결한 회로의 위상 बैं크, 빔 패턴을 나타낸 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 16일 때 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 연결한 회로의 위상 बैं크, 빔 패턴을 나타낸 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 32일 때 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 연결한 회로의 위상 बैं크

크, 빔 패턴을 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 32일 때, 빔이 스캐닝한 모습을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0026] 이러한 종래 기술의 빔포밍 배열 안테나의 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 배열 평면의 두 수직축(행 및 열)의 방사파들의 합성에 수직성과 방사소자의 위상 공급에 중첩의 원리를 결합하는 수동 위상 변위기를 제공한다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나의 구성을 나타낸 도면이고, 도 3은 도 2의 빔포밍 배열 안테나의 구성을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 도 2 및 도 3에서의 방위각과 고도각의 개념을 설명하기 위한 도면이다.
- [0029] 도 2와 도 3의 빔포밍 배열 안테나의 기능은 동일하다. 도 3은 도 2의 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크의 개념을 쉽게 설명하기 위해 구성된 회로이다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크(200)를 구비한 빔포밍 배열 안테나(10)는 배열 안테나의 방사소자들(110)에 행별로, 열별로 위상을 공급하는 구조이다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 빔포밍 배열 안테나(10)는 행 위상 बैं크(100), 방사 소자(110), 제2 RF 스위치(120), 열 위상 बैं크(200), 제1 RF 스위치(210)를 포함한다. 제1 RF 스위치(210)와 제2 RF 스위치(120)는 도 3에서 SP4T로 표시되어 있다.
- [0032] 방사소자(110)는 소정의 거리마다 이격하여 행과 열로 형성된다.
- [0033] 복수의 열 위상 बैं크(200)는 방사소자(110)를 열별로 전기적으로 연결하고, 제1 RF 스위치(210)를 통해 하나의 열에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 열에 다른 위상값을 전송하도록 열별로 방사소자(110)의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어한다.
- [0034] 행 위상 बैं크(100)는 각각의 열 위상 बैं크(200)에 결합된 제1 RF 스위치(210)에 전기적으로 각각 연결되고, 각각의 열 위상 बैं크(200)에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 하나의 행에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 행에 다른 위상값을 전송하도록 행별로 방사소자(110)의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 고도각 평면에서 빔 조향을 제어한다.
- [0035] 행 위상 बैं크(100)는 열 위상 बैं크(200)에 결합된 제1 RF 스위치(210)를 제어하도록 제2 RF 스위치(120)에 결합되고, 제1 RF 스위치(210)와 제2 RF 스위치(120)를 제어하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사할 수 있다.
- [0036] 행 위상 बैं크(100)는 제1 RF 스위치(210)의 입력을 제어하도록 제1 RF 스위치(210)의 개수만큼의 연결 포트를 구비한 제2 RF 스위치(120)에 결합된다.
- [0037] 행 위상 बैं크(100)는 제2 RF 스위치(120)의 제어에 따라 각각의 열 위상 बैं크(200)에 각기 다른 위상 오프셋을 전송하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사한다.
- [0038] 행과 열로 형성된 방사소자(110)는 제1 RF 스위치(210)와 제2 RF 스위치(120)를 제어하여 원하는 행에 요구되는 위상의 전자파 방사 빔과, 원하는 열에 요구되는 위상의 전자파 방사 빔을 동시에 또는 캐스케이딩(Cascading)으로 방사될 수 있다.
- [0039] 방사소자(110)들의 행렬에서 전자파 방사 빔을 고도각(Elevation) 평면(수평 팬 빔, Horizontal fan-beam)에서 빔 조향을 위해 행별로, 하나의 행의 모든 방사소자(110)에 동일한 위상값을 주고, 다른 행들의 방사소자(110)에 다른 위상차를 제공한다.
- [0040] 이와 동시에, 방사소자(110)들의 행렬에서 전자파 방사 빔을 방위각(Azimuth) 평면(수직 팬 빔, Vertical fan-beam)에서 빔 조향을 위해 열별로, 하나의 열의 모든 방사소자(110)에 동일한 위상값을 주고, 다른 열들의 방사소자(110)에 다른 위상차를 제공한다.

- [0041] 본 발명은 배열 안테나의 3차원 빔 표현의 배열 인수(Array Factor)를 2차원 푸리에 급수전개(2D Fourier-series expansion)에 숨어있는 수직성(Orthogonality)으로 기반으로 빔 합성을 적용하는 것이 핵심이다.
- [0042] 하나의 방사소자(110)에는 그 위치의 행에 요구되는 위상의 전자파 신호와 그 위치의 열에 요구되는 위상의 전자파 신호를 동시 또는 캐스케이딩으로 입력하여 동작가능한 것이 파동 중첩(Wave superposition)의 원리 때문이다.
- [0043] 도 4에 도시된 바와 같이, 열 위상 बैं크(200)는 방사소자(110)를 열별로 전기적으로 연결하고, 하나의 열에 동일한 위상값을 전송하고, 다른 열에 다른 위상값을 전송하도록 열별로 방사소자(110)의 입력 신호를 제어하여 전자파 방사 빔의 방위각 평면에서 빔 조향을 제어한다(도 4의 (a)).
- [0044] 행 위상 बैं크(100)는 각각의 열 위상 बैं크(200)에 각기 다른 위상 오프셋(0, 10, 20, 30)을 전송하여 방위각 평면과 고도각 평면에서 동시에 전자파 방사 빔을 방사한다(도 4의 (b)).
- [0045] 행과 열로 형성된 방사소자(110)는 제1 RF 스위치(210)와 제2 RF 스위치(120)를 제어하여 원하는 행에 요구되는 위상의 전자파 방사 빔과, 원하는 열에 요구되는 위상의 전자파 방사 빔을 동시에 또는 캐스케이딩(Cascading)으로 방사할 수 있다.
- [0046] 위상 배열 안테나는 4개의 방사소자 각각의 입력 위상과 출력 위상이 각각 다르고, 메인 빔이 입력 위상에 따라 틸팅된다(표 1).

표 1

Input \ Output	5	6	7	8
1	0	45	90	135
2	0	-135	-270	-405
3	0	130	270	405
4	0	-45	-90	-135

- [0047]
- [0049] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 행 위상 बैं크와 열 위상 बैं크를 구비한 빔포밍 배열 안테나의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0050] 도 5의 다른 실시예는 도 2의 배열 안테나에서 방사소자 각각에 모여드는 행별, 열별 위상 공급선들이 방사소자 아래의 좁은 공간에서 합쳐지기 힘든 수직 다중분기 정선(Vertical multi-branch junction)이 되어 높아진 구현 난이도를 낮춘 것이다.
- [0051] 도 5의 구조는 반도체 다층구조 공정이라면 가능하지만, 본 발명은 비반도체 공정(예로서 PCB, LTCC 등) 저가 공정으로 구현함으로써 개발 비용을 낮추려는 취지도 가지고 있다.
- [0052] 수직 다중분기 정선 대신, 행별 행 위상 बैं크(100)를 열(Columns) 개수만큼 만들어 행별 행 위상 बैं크(평면형)(100)의 출력단자들을 열을 따라 방사소자들에 연결하며(다중분기 정선이 더 이상 아님), 행별 행 위상 बैं크(100)의 입력 단자들에 열별 열 위상 बैं크(200)의 위상값들이 흘러 들어가게 한다. 이때, 행 위상 बैं크(100)의 입력단자들에 유입되는 열 위상 बैं크(200)의 위상값들은 세트(묶음형 분포)형이다.

- [0054] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 위상 बैं크를 구현하는 방법을 나타낸 도면이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 블록별 행렬 요소의 위상을 전체 회로로 나타낸 도면이다.
- [0055] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 위상 बैं크를 구현하는 방법의 기초를 보여주고 있다.
- [0056] 위상 बैं크는 출력 단자(Output)의 위상 세트의 위상값들이 방사소자들에 공급되어 전자파 방사 빔을 특정 각도로 보내며, 출력 단자 하나가 방사 소자 하나에 연결되며, 출력단자가 놓인 순서대로 방사소자도 순서대로 나열되고, 출력단자와 방사소자 간에 꼬인 선 연결은 없다.
- [0057] 방사 빔 각도가 주어지면, 그것에 적합한 방사소자에 입력되는 위상값들이 목표 위상 세트가 되고, 이는 도 6의 출력측 행렬의 요소인 출력 단자별 복소지수함수의 위상 부분이며, 등가회로를 구성하는 연속적인 블록들의 행렬 캐스케이딩의 결과인 행렬의 요소의 복소지수함수 위상부분과 같아야 한다는 것에서 방정식이 만들어진다.
- [0058] 방정식의 미지수인 블록별 행렬 요소의 위상들을 구하면 된다.
- [0059] 블록별 행렬 요소의 위상은 L과 C 또는 전송선로의 길이(국부 위상)와 하이브리드와 같은 정선에 의한 위상으로 구현되고, 부분을 구현하여 블록을 얻어 블록들을 캐스케이딩하면 전체 회로를 만들 수 있게 된다. 그 회로가 도 7에 나와 있다.
- [0060] 도 6은 입력 단자들 또는 출력 단자들 수가 4에 대한 것이지만 더 큰 수인 일반적인 수(빔 형성의 대칭성을 위해 4의 정수배)가 될 수도 있고, 행렬 표현의 복잡도의 증가에 따라 제한된 지면에 담을 수 없어 특정한 사례만 본 것이다.
- [0061] 하지만, 뒤에서 8, 16, 32의 경우에 대해 계산이 가능하여 위상 세트와 방사 빔 패턴을 얻을 수 있어, 계산법이 일반화 가능하다는 것을 알 수 있게 된다.
- [0063] 도 8은 도 7에서 얻은 위상 बैं크 회로를 도 5에 적용할 때의 회로를 나타낸 도면이다.
- [0064] 행 위상 बैं크(100)와 열 위상 बैं크(200)에 도 6의 회로를 고도각 조향부와 방위각 조향부로 연결한 것이다. 기존의 방사소자별로 능동 위상 변위기를 붙일 때는 방사소자 개수제곱의 위상 변위기들이 필요한데 반해, 본 발명에 의하면 방사소자 개수+1만의 위상 बैं크들을 가져서 가볍고 열 발생이 작은 빔포밍 급전부가 된다. 즉, 빔 방향 개수가 4일때, 종래의 배열 안테나의 위상 बैं크는 16개가 필요하고, 본 발명의 위상 बैं크는 5개이다.
- [0065] 본 발명은 리소스를 크게 줄이고 같은 급의 성능을 가진다. 배열 크기를 더 키워서 빔 방향 개수가 8일때, 종래의 배열 안테나의 위상 बैं크는 64개가 필요하고, 본 발명의 위상 बैं크는 9개가 필요하다.
- [0066] 빔 방향 개수가 16일때, 종래의 배열 안테나의 위상 बैं크는 256개가 필요하고, 본 발명의 위상 बैं크는 17개가 필요하다.
- [0067] 빔 방향 개수가 32일때, 종래의 배열 안테나의 위상 बैं크는 1024개가 필요하고, 본 발명의 위상 बैं크는 33개가 필요하다.
- [0069] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 4일 때 행 위상뱅크와 열 위상뱅크를 연결한 회로의 위상 बैं크, 빔 패턴, 위상 패턴을 나타낸 도면이다.
- [0070] 도 9는 빔 방향 개수가 4일때, 도 8의 행 위상뱅크(100)와 열 위상뱅크(200)를 연결한 회로로써, 입력 단자의 선택만으로 특정 각도로의 빔 조향에 필요한 출력 단자들의 위상 세트를 구한 것이다.
- [0071] 네 방향에 대한 위상 세트들이 입력 단자(그래프의 수평축)와 위상값(그래프의 수직축)에 플로팅 되어있다. 이에 따른 공간으로의 빔 패턴들이 함께 도시되어있다.
- [0072] 도 9의 (a), (b)는 메인 빔이 네 방향을 가리키며, 빔 폭과 억제 정도를 알 수 있다. 다음으로 도 9의 (c)는 3차원 빔 패턴들이 나와 있으며, 고도각과 방위각 모두에 변화를 줄 수 있어, 빔 조향이 가능함을 알 수 있다.
- [0074] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 8일 때 행 위상뱅크와 열 위상뱅크를 연결한 회로의 위상 बैं크, 빔 패턴을 나타낸 도면이다.

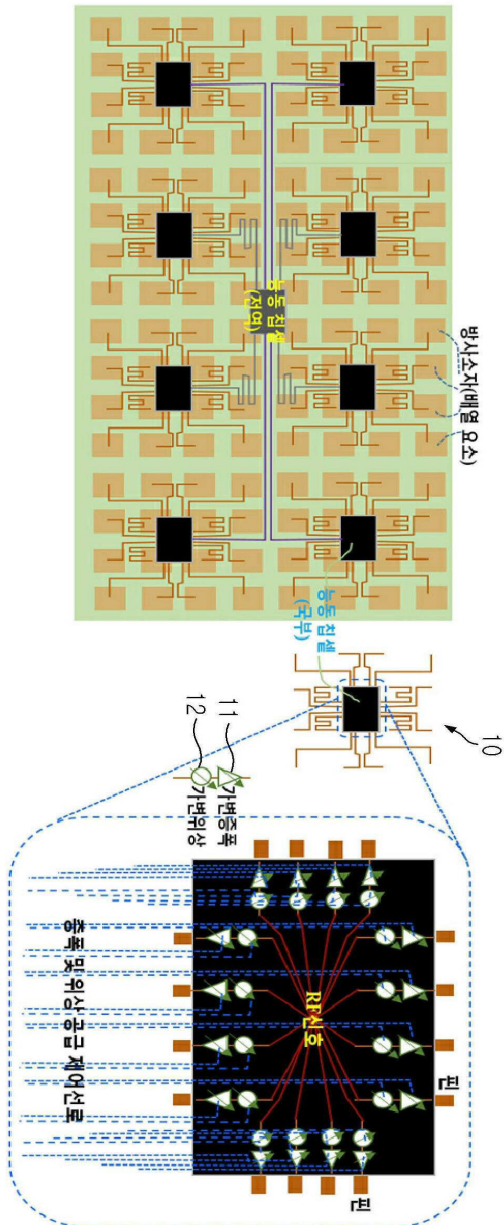
- [0075] 도 10은 빔 방향 개수가 8일때, 도 8의 행 위상뱅크(100)와 열 위상뱅크(200)를 연결한 회로로써, 입력 단자의 선택만으로 특정각으로의 빔 조향에 필요한 출력 단자들의 위상 세트를 구한 것이다.
- [0076] 8×8 방사체들 행과 열에 위상 세트를 방향별로 인가하면, 고도각 평면과 방위각 평면의 각각 여덟 방향에 대한 위상 세트들이 입력 단자(그래프의 수평축)와 위상값(그래프의 수직축)에 플로팅 되어있다. 이에 따른 공간으로의 빔 패턴들이 함께 도시되어있다. 도 10의 (a), (b)는 메인 빔이 여덟 방향을 가리키며, 빔 폭과 억제정도를 알 수 있다.
- [0078] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 16일 때 행 위상뱅크와 열 위상뱅크를 연결한 회로의 위상 뱅크, 빔 패턴을 나타낸 도면이다.
- [0079] 도 11은 빔 방향 개수가 16일때, 도 8의 행 위상뱅크(100)와 열 위상뱅크(200)를 연결한 회로로써, 입력 단자의 선택만으로 특정각으로의 빔 조향에 필요한 출력 단자들의 위상 세트를 구한 것이다. 16×16 방사체들 행과 열에 위상 세트를 방향별로 인가하면, 고도각 평면과 방위각 평면 각각 열여섯 방향에 대한 위상 세트들이 입력 단자(그래프의 수평축)와 위상값(그래프의 수직축)에 플로팅 되어있다. 이에 따른 공간으로의 빔 패턴들이 함께 도시되어 있다.
- [0080] 도 11의 (a), (b)는 메인 빔이 열 여섯 방향을 가리키며, 빔 폭과 억제 정도를 알 수 있다.
- [0082] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 32일 때 행 위상뱅크와 열 위상뱅크를 연결한 회로의 위상 뱅크, 빔 패턴을 나타낸 도면이다.
- [0083] 도 12는 빔 방향 개수가 32일때, 도 8의 행 위상뱅크(100)와 열 위상뱅크(200)를 연결한 회로로써, 입력 단자의 선택만으로 특정 각으로의 빔 조향에 필요한 출력단자들 위상 세트를 구한 것이다. 32×32 방사체들 행과 열에 위상 세트를 방향별로 인가하면, 고도각 평면과 방위각 평면 각각 서른 두개 방향에 대한 위상 세트들이 입력 단자(그래프의 수평축)와 위상값(그래프의 수직축)에 플로팅 되어있다. 이에 따른 공간으로의 빔 패턴들이 함께 도시되어있다.
- [0084] 도 12의 (a), (b)는 메인 빔이 서른 두개 방향을 가리키며, 빔 폭과 억제 정도, 향상되는 빔의 해상도를 알 수 있다.
- [0086] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 빔 방향 개수가 32일 때, 빔이 스캐닝한 모습을 나타낸 도면이다.
- [0087] 도 13은 빔 방향 개수가 32일때, 도 8의 행 위상뱅크(100)와 열 위상뱅크(200)를 32×32 방사체들 행과 열에 사용하면, 상공에 32×32 방향에 메인 빔을 둘 수 있는 능력을 보여준다.
- [0088] 북반구(Entire hemisphere)상의 1024개 방향의 빔들 중 동남 블록(전체의 4분의1)상의 방사 패턴들을 도시한다. 촘촘하게 공간을 빔이 스캐닝 할 수 있음을 알 수 있다.
- [0089] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

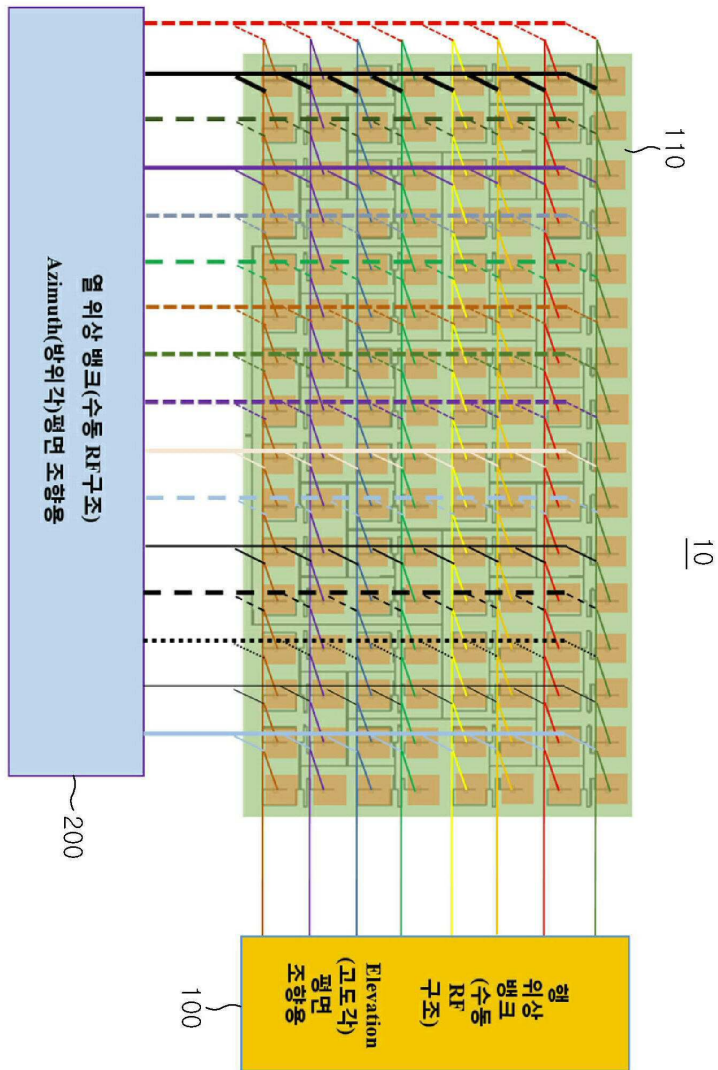
- [0090] 10: 빔포밍 배열 안테나
 100: 행 위상 뱅크
 110: 방사소자
 120: 제2 RF 스위치
 200: 열 위상 뱅크
 210: 제1 RF 스위치

도면

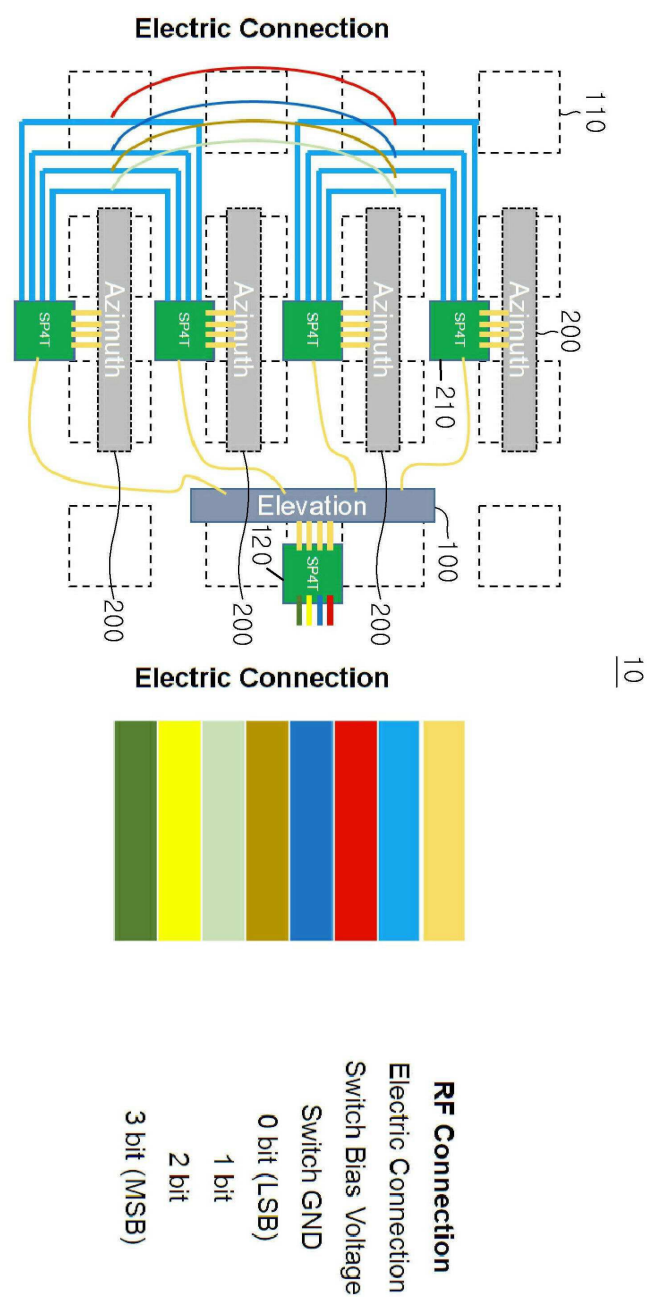
도면1



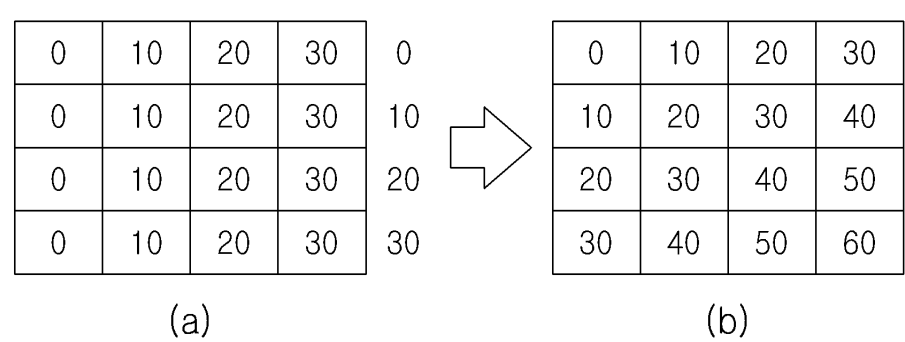
도면2



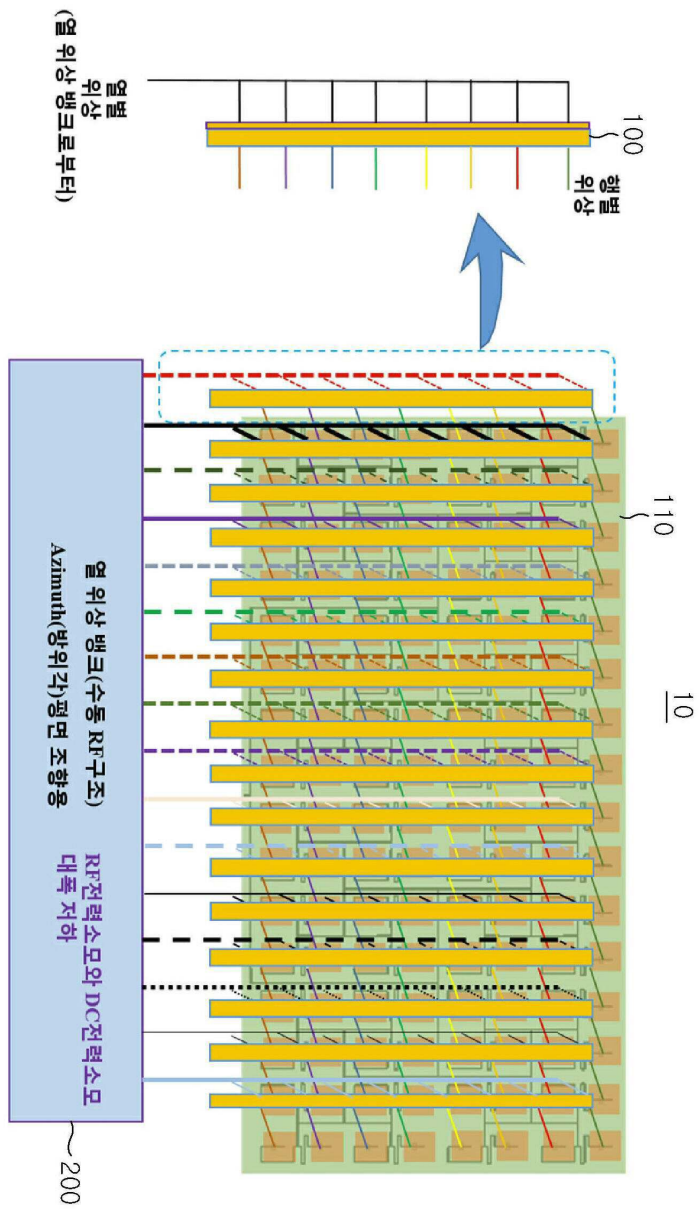
도면3



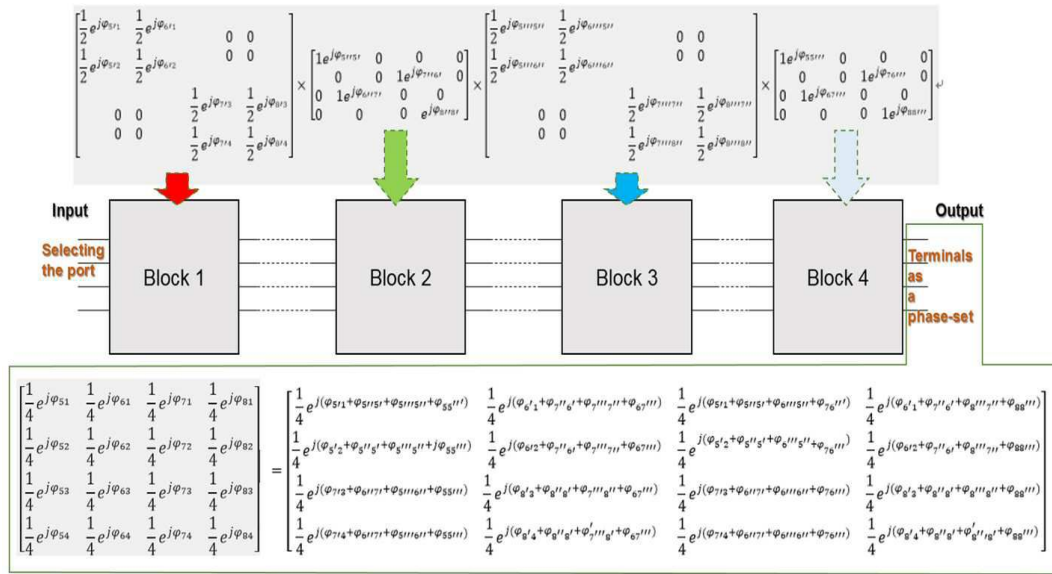
도면4



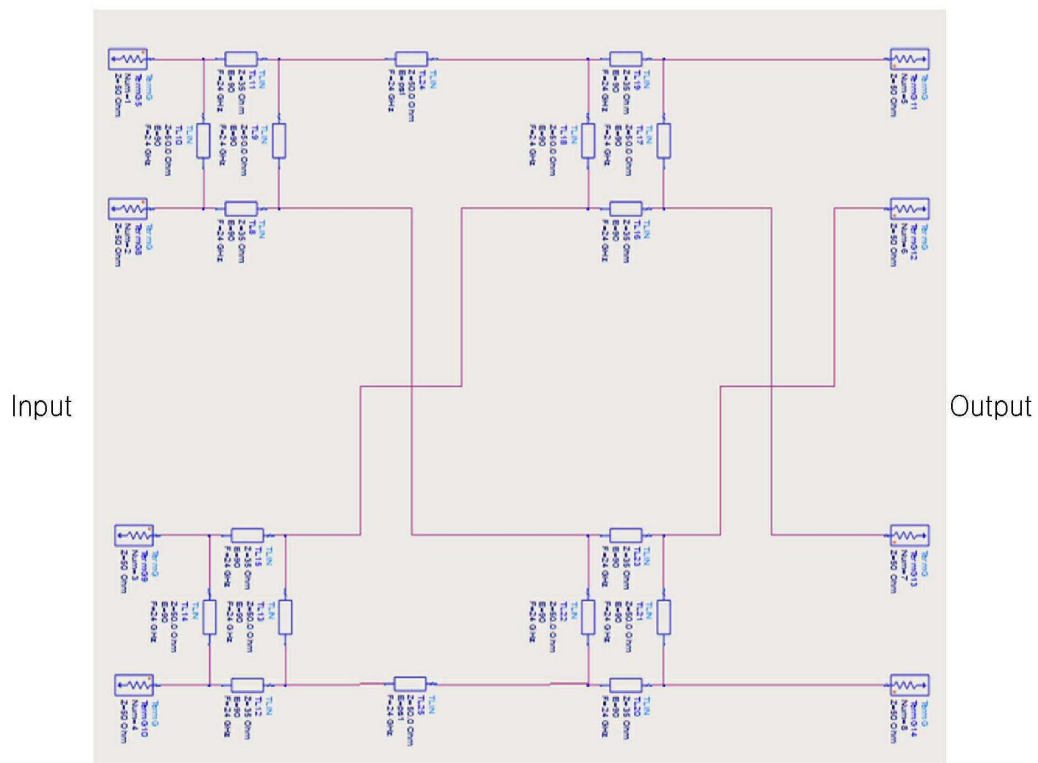
도면5



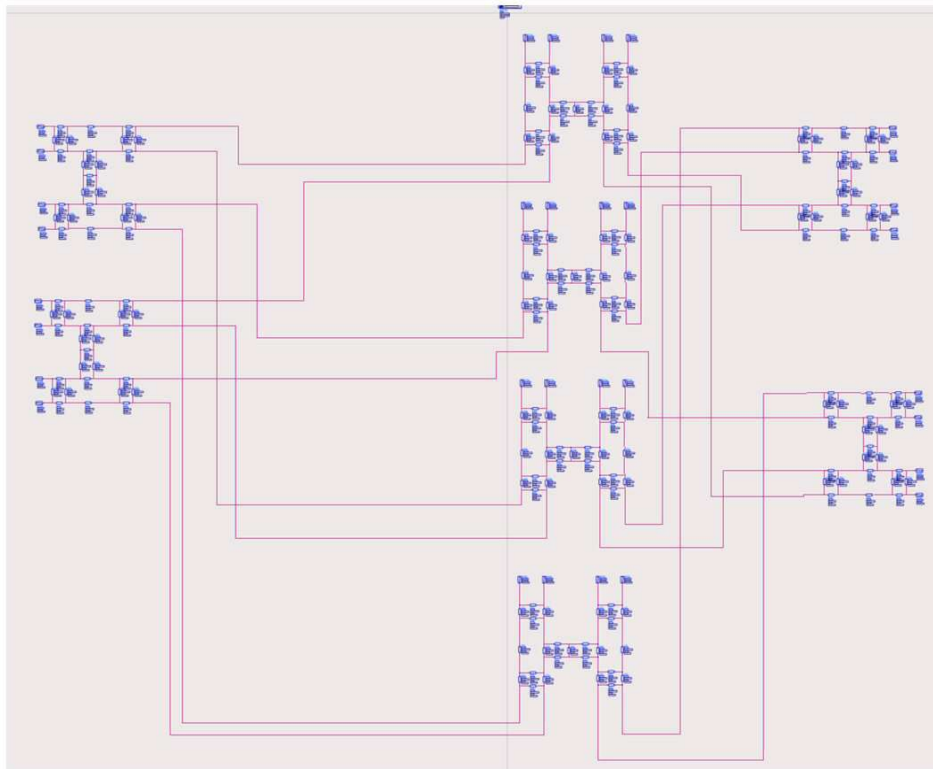
도면6



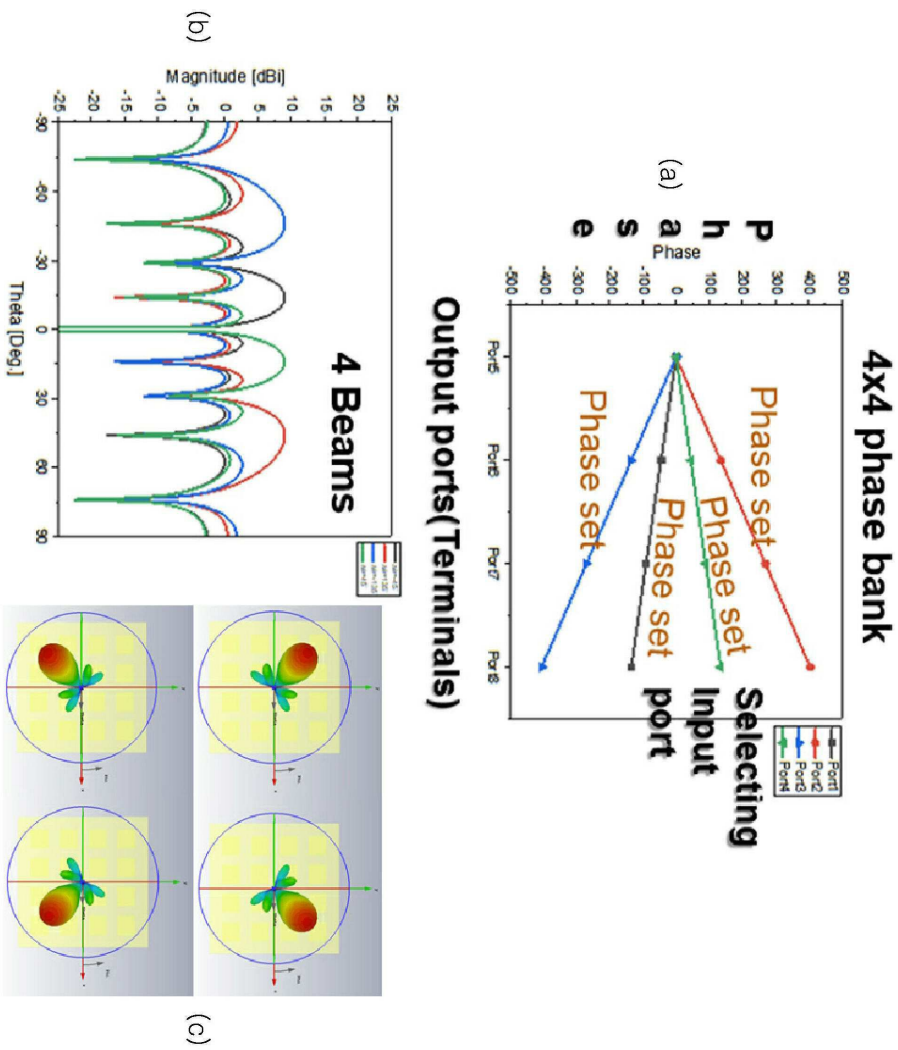
도면7



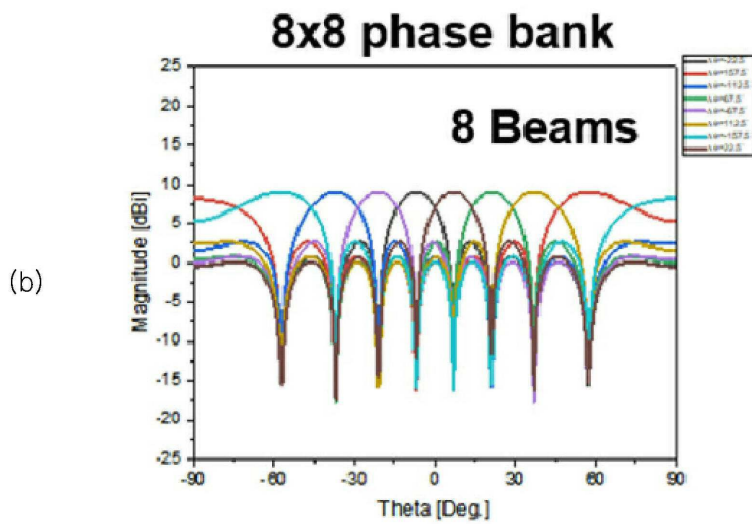
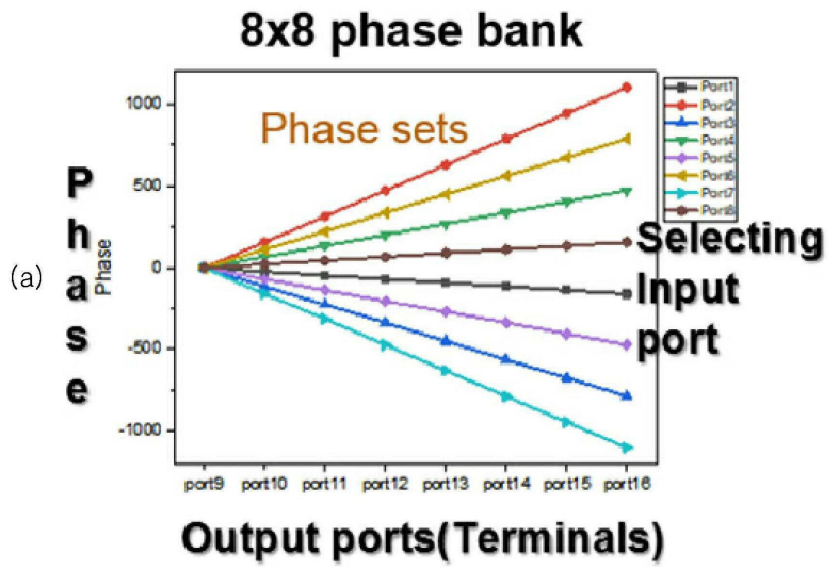
도면8



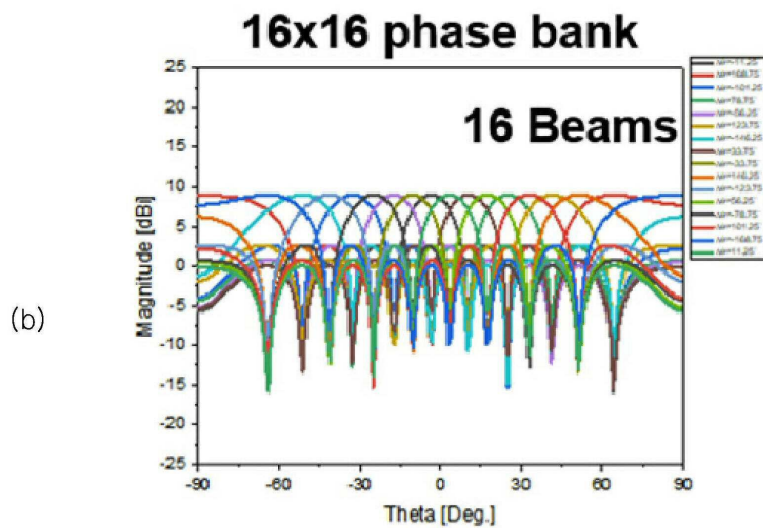
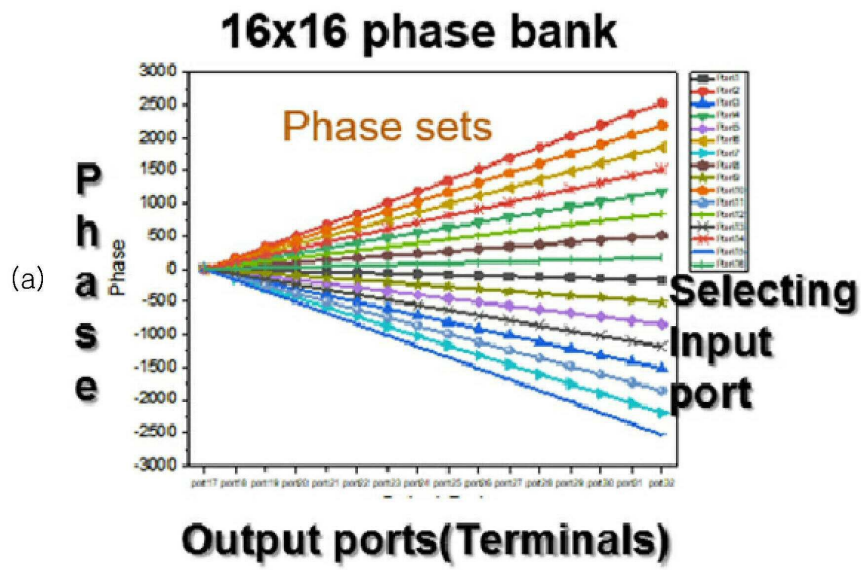
도면9



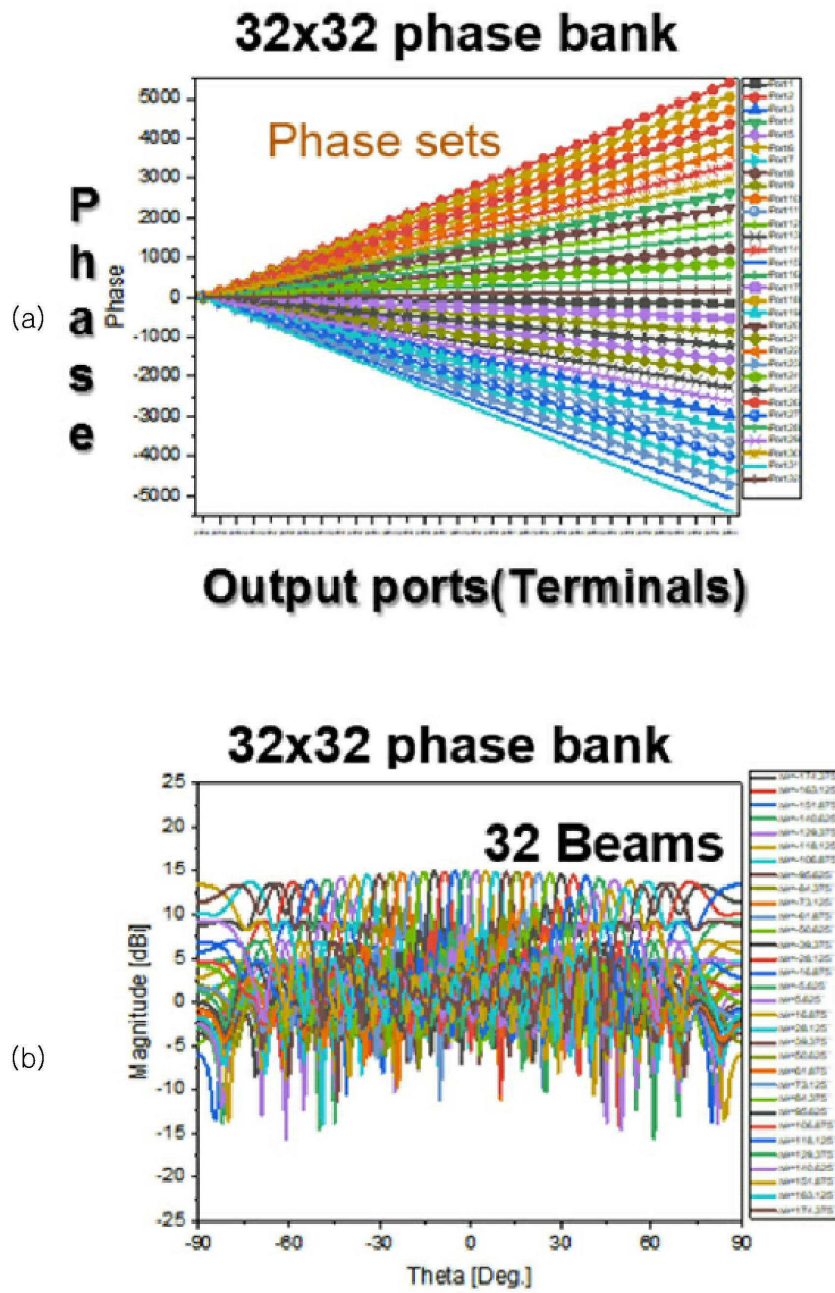
도면10



도면11



도면12



도면13

