(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0003495
(43) 공개일자 2024년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 3/26 (2006.01) *H01Q 21/06* (2018.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 3/26 (2018.05)
H01Q 21/061 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0081098
(22) 출원일자 2022년07월01일
심사청구일자 2022년07월01일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
민병욱
서울특별시 강남구 도곡로43길 21, 101동 804호(역삼동, 래미안그레이튼)
이영주
서울특별시 강북구 삼양로173길 31-9(우이동, 안양빌라)
최규종
서울특별시 금천구 금하로 793, 110동 1302호(시흥동, 벽산아파트)
(74) 대리인
민영준

전체 청구항 수 : 총 20 항

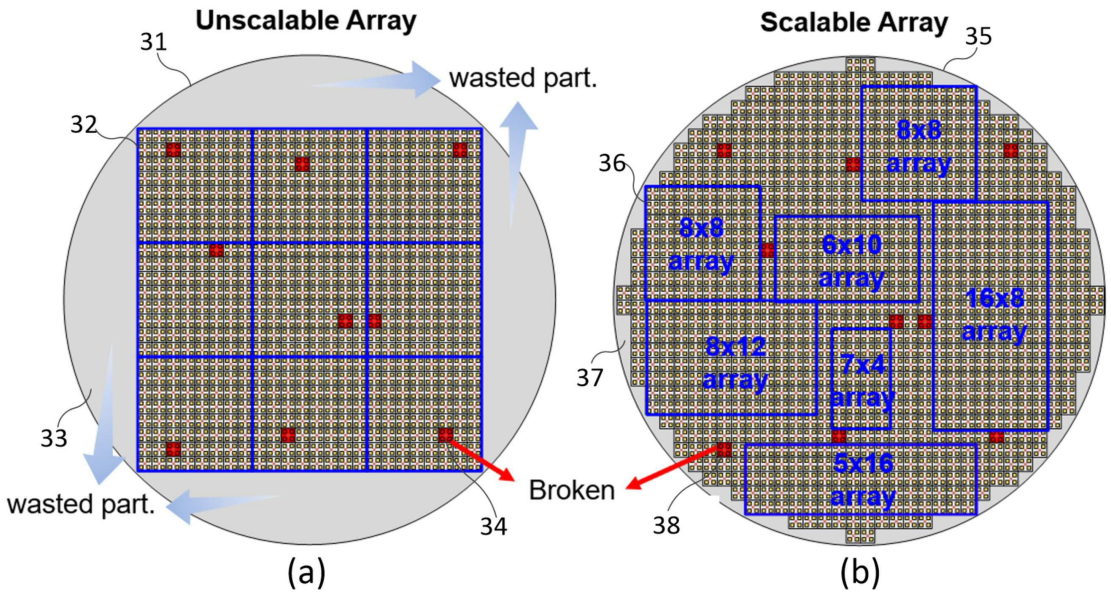
(54) 발명의 명칭 **크기 변경 및 재구성이 가능한 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

개시된 실시예는 배열 배치된 다수의 유닛 셀을 포함하는 위상 어레이 안테나에 있어서, 다수의 유닛 셀 각각은 급전 신호를 인가받아 신호를 방사하는 적어도 하나의 방사 소자 및 안테나 제어 회로의 제어에 따라 인가된 급전 신호를 그대로 또는 분배하여 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달하는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



2개의 경로 전환 스위치를 포함하여, 다양한 크기 및 형태의 위상 어레이 안테나를 구현할 수 있을 뿐만 아니라, 이미 구현된 단일 위상 어레이 안테나를 다시 더 작은 크기와 다양한 형태를 갖는 다수의 위상 어레이 안테나로 이용할 수 있도록 하여 환경 및 활용 용도에 따른 위상 어레이 안테나 조합을 활용할 수 있도록 한다. 또한 하나의 웨이퍼 상에서도 서로 다른 크기 및 패턴을 갖는 다수의 위상 어레이 안테나가 획득될 수 있어, 일부 유닛 셀에 불량이 발생하더라도 이를 회피하여 위상 어레이 안테나를 획득할 수 있으며, 웨이퍼 상에서 이용되지 않고 낭비되는 영역의 크기를 최소화하여 수율을 크게 개선할 수 있는 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법을 제공한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711152631
과제번호	2020-0-00218-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	레티클 스티칭을 통한 확장성을 갖춘 W 대역 웨이퍼 스케일 위상 배열 안테나 송수신기 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

배열 배치된 다수의 유닛 셀을 포함하는 위상 어레이 안테나에 있어서,

상기 다수의 유닛 셀 각각은

급전 신호를 인가받아 신호를 방사하는 적어도 하나의 방사 소자; 및

안테나 제어 회로의 제어에 따라 인가된 급전 신호를 그대로 또는 분배하여 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달하는 2개의 경로 전환 스위치를 포함하는 위상 어레이 안테나.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 위상 어레이 안테나는

웨이퍼 상에서 제조되어 구현되되, 상기 웨이퍼에서 상기 다수의 유닛 셀이 활용 용도에 따라 서로 다른 개수 및 패턴으로 포함되도록 소잉되어 다수 개로 획득되는 위상 어레이 안테나.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 위상 어레이 안테나는

웨이퍼 상에서 제조되어 구현되되, 상기 웨이퍼 상에서 구현된 상기 다수의 유닛 셀 중 적어도 하나의 유닛 셀이 불량 판별되면, 불량 판별된 유닛 셀이 제외되도록 상기 웨이퍼 상에서 위치가 변경되거나, 포함되는 유닛 셀의 개수 및 패턴이 변경되어 획득되는 위상 어레이 안테나.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 위상 어레이 안테나는

상기 위상 어레이 안테나로 독립적으로 입력되는 급전 신호의 개수에 대응하는 개수로 상기 다수의 유닛 셀이 그룹화되어 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 분할 및 재구성되는 위상 어레이 안테나.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 다수의 서브 위상 어레이 안테나 각각은

포함된 다수의 유닛 셀 중 하나의 유닛 셀을 통해 급전 신호를 입력받고,

상기 안테나 제어 회로에 의해 하나의 유닛 셀로 입력된 급전 신호가 동일한 서브 위상 어레이 안테나 내의 유닛 셀 사이에서 전달되도록 상기 2개의 경로 전환 스위치가 제어되는 위상 어레이 안테나.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 2개의 경로 전환 스위치 각각은

상기 급전 신호가 동일 유닛 셀 내의 다른 경로 전환 스위치나 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달되도록,

상기 안테나 제어 회로의 제어에 의해 상기 급전 신호를 인가된 진행 방향으로 전달하는 포워드 모드와 상기 급전 신호를 2개로 분할하여 진행된 방향의 양측 방향으로 전달하는 분할 모드 중 하나의 모드로 동작하는 위상 어레이 안테나.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 2개의 경로 전환 스위치는

인접 배치된 유닛 셀과 동일 유닛 셀 내의 다른 경로 전환 스위치 중 적어도 하나로 상기 급전 신호를 전달하는

제1 경로 전환 스위치; 및

상기 적어도 하나의 방사 소자와 동일 유닛 셀 내의 상기 제1 경로 전환 스위치 및 인접 배치된 유닛 셀 중 적어도 하나로 상기 급전 신호를 전달하는 제2 경로 전환 스위치를 포함하는 위상 어레이 안테나.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 다수의 유닛 셀 각각은

동일한 유닛 셀 내의 상기 제2 경로 전환 스위치 또는 인접한 유닛 셀의 제2 경로 전환 스위치 중 하나를 선택하고, 선택된 제2 경로 전환 스위치를 통해 인가되는 급전 신호를 상기 적어도 하나의 방사 소자로 전달하는 선택 스위치를 더 포함하는 위상 어레이 안테나.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 2개의 경로 전환 스위치 각각은

서로 나란하게 배치되어 상호 커플링이 이루어지는 한 쌍의 커플링 라인을 포함하는 라인 커플러; 및

상기 한 쌍의 커플링 라인 각각의 양단에 상기 급전 신호가 인가되거나 출력되는 4개의 포트 각각과 접지 전압 사이에 연결되고, 상기 안테나 제어 회로의 제어에 따라 턴온 또는 턴오프되어 상기 경로 전환 스위치의 동작 모드와 상기 급전 신호의 전달 방향을 결정하는 4개의 모드 스위치를 포함하는 위상 어레이 안테나.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 4개의 모드 스위치는

상기 경로 전환 스위치가 상기 포워드 모드로 동작 시, 상기 급전 신호가 인가되는 포트와 상기 급전 신호가 전달될 포트에 연결된 2개의 모드 스위치가 턴오프되고 나머지 2개의 모드 스위치는 턴온되며,

상기 경로 전환 스위치가 상기 분할 모드로 동작 시, 모두 턴오프되는 위상 어레이 안테나.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 2개의 경로 전환 스위치 각각은

상기 한 쌍의 커플링 라인 사이에 연결된 분배 캐패시터를 더 포함하는 위상 어레이 안테나.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 다수의 유닛 셀 각각은

상기 안테나 제어 회로의 제어에 따라 상기 적어도 하나의 방사 소자로 인가되는 상기 급전 신호의 위상을 조절하는 위상 제어 회로를 더 포함하는 위상 어레이 안테나.

청구항 13

급전 신호를 인가받아 신호를 방사하는 적어도 하나의 방사 소자 및 안테나 제어 회로의 제어에 따라 인가된 급전 신호를 그대로 또는 분배하여 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달하는 2개의 경로 전환 스위치를 포함하는 다수의 유닛 셀을 웨이퍼 상에 배열 배치하는 단계;

상기 웨이퍼 상에 배열 배치된 다수의 유닛 셀에서 활용 용도에 따라 서로 다른 개수 및 패턴으로 상기 다수의 유닛을 구분하여 소잉하여 적어도 하나의 셀 어레이를 획득하는 단계; 및

안테나 제어 회로에 의해 획득된 셀 어레이 각각에 포함된 다수의 유닛 셀에서 상기 급전 신호가 전달되는 전달 경로가 결정되고, 결정된 전달 경로에 따라 상기 급전 신호가 전달되도록 상기 2개의 경로 전환 스위치가 제어되어 위상 어레이 안테나를 구성하는 단계를 포함하는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 셀 어레이를 획득하는 단계는

상기 웨이퍼 상에서 구현된 상기 다수의 유닛 셀 중 적어도 하나의 유닛 셀이 불량 판별되면, 불량 판별된 유닛

셀이 제외되도록 상기 웨이퍼 상에서 상기 셀 어레이가 획득되는 위치를 변경하거나, 포함되는 유닛 셀의 개수 및 패턴을 변경하는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 위상 어레이 안테나의 제조 방법은

상기 위상 어레이 안테나로 독립적으로 입력되는 상기 급전 신호의 개수에 대응하는 개수로 상기 다수의 유닛 셀을 그룹화하여 상기 위상 어레이 안테나를 상기 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 분할 및 재구성하는 단계를 더 포함하는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 분할 및 재구성하는 단계는

상기 서브 위상 어레이 안테나에 포함된 하나의 유닛 셀을 통해 인가된 급전 신호가 동일한 서브 위상 어레이 안테나에 포함된 유닛 셀 사이에서 전달되도록 상기 안테나 제어 회로에 의해 상기 2개의 경로 전환 스위치가 제어되는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 위상 어레이 안테나를 구성하는 단계는

상기 급전 신호가 동일 유닛 셀 내의 다른 경로 전환 스위치나 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달되도록,

상기 안테나 제어 회로에 의해 상기 2개의 경로 전환 스위치 각각의 모드가 인가된 급전 신호를 진행 방향을 따라 전달하는 포워드 모드와 인가된 급전 신호를 2개로 분할하여 진행된 방향의 양측 방향으로 전달하는 분할 모드 중 하나로 설정되는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 2개의 경로 전환 스위치 중 제1 경로 전환 스위치는 인접 배치된 유닛 셀과 동일 유닛 셀 내의 다른 경로 전환 스위치 중 적어도 하나로 상기 급전 신호를 전달하도록 모드가 설정되고,

제2 경로 전환 스위치는 설정된 모드에 따라 상기 적어도 하나의 방사 소자와 동일 유닛 셀 내의 상기 제1 경로 전환 스위치 및 인접 배치된 유닛 셀 중 적어도 하나로 상기 급전 신호를 전달하도록 모드가 설정되는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 위상 어레이 안테나를 구성하는 단계는

상기 적어도 하나의 방사 소자가 급전 신호를 동일한 유닛 셀 내의 상기 제2 경로 전환 스위치 또는 인접한 유닛 셀의 제2 경로 전환 스위치 중 하나를 통해 인가받도록 선택하는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

청구항 20

제13항에 있어서, 상기 다수의 유닛 셀 각각은

상기 적어도 하나의 방사 소자로 인가되는 상기 급전 신호의 위상을 조절하는 위상 제어 회로를 더 포함하여 구현되는 위상 어레이 안테나의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 개시되는 실시예들은 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 크기 변경 및 재구성이 가능한 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 데이터 전송 속도 향상에 필요한 큰 대역폭을 제공하는 등의 장점으로 밀리미터파(Millimeter Wave: mmWave)등과 같은 높은 주파수를 이용하는 장치가 증가하고 있으나, 주파수가 높아질수록 경로 손실 또한 증가하여 통신 거리가 제한된다. 이러한 경로 손실로 인한 통신 거리 제약을 극복하기 위해 밀리미터파와 같은 초고주파수를 이용하는 통신 기기들은 주로 위상 어레이 기술에 기반한 빔 포밍 기술을 이용하고 있다.

[0003] 종래의 빔 포밍을 위한 위상 어레이 안테나는 빔 형성을 위한 다수의 코어 칩이 인쇄 회로 기판(이하 PCB) 상에 2 × 2 또는 4 × 4 등과 같이 지정된 패턴에 따라 어레이 패턴으로 구현된다. 그러나 안테나가 전송하는 신호의 주파수가 증가할수록 칩과 PCB 사이의 천이 손실(transition loss)이 증가할 뿐만 아니라, 방사 소자 사이의 간격이 좁아져야 하므로, 어레이의 크기가 코어 칩 크기만큼 작아져야 한다. 따라서 어레이 구현이 복잡해진다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 실리콘 기반 웨이퍼 상에서 직접 위상 어레이 안테나를 구현하는 웨이퍼 스케일 위상 어레이가 제안되었다. 웨이퍼 스케일 위상 어레이는 웨이퍼 레벨 상에서 직접 위상 어레이 안테나가 구현되므로, 종래에 다수의 칩으로 구현된 다수의 안테나를 PCB 상에 어레이로 배치함에 따라 발생하는 칩에서 PCB으로의 전환 및 구현 복잡성을 해결할 수 있다.

[0005] 다만 기존 웨이퍼 레벨에서 구현되는 웨이퍼 스케일 위상 어레이 안테나의 경우, 위상 어레이 안테나에 포함되는 안테나 방사 소자의 개수와 이에 따른 어레이 크기 및 배치 위치 등이 사전에 결정되고, 결정된 방사 소자의 위치에 따른 전력 분배 경로 등이 함께 결정된다. 즉 위상 어레이 안테나의 구조가 고정적으로 결정되고, 결정된 구조에 따라 위상 어레이 안테나가 웨이퍼 레벨에서 구현된다.

[0006] 그러나 각종 통신 기기에서 요구되는 안테나 구조는 매우 다양할 뿐만 아니라, 사용 환경에 따라 여러 형태의 위상 어레이 안테나를 이용할 필요가 있으나, 기존의 위상 어레이 안테나는 고정된 단일 구조로만 이용될 수 있어 활용성이 제한되었다. 또한 고정된 패턴을 갖는 다수의 위상 어레이 안테나가 웨이퍼 레벨에서 형성되므로, 수율로 인한 웨이퍼 이용의 효율성이 낮아지는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-2386473호 (2022.04.11 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 개시되는 실시예들은 웨이퍼 상에 동일 구조를 갖는 다수의 유닛 셀이 반복 배치되어 구현되고, 요구되는 다양한 크기 및 형태에 따라 다수의 유닛 셀을 구분하여 이용할 수 있는 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법을 제공하는데 있다.

[0009] 개시되는 실시예들은 활용 용도에 따라 다양한 크기 및 패턴의 조합으로 가변 이용될 수 있는 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법을 제공하는데 있다.

[0010] 개시되는 실시예들은 웨이퍼 레벨에서 위상 어레이 안테나 다양한 크기 및 패턴으로 재구성될 수 있으므로, 수율을 크게 향상시킬 수 있는 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 실시예에 따른 위상 어레이 안테나는 배열 배치된 다수의 유닛 셀을 포함하는 위상 어레이 안테나에 있어서, 상기 다수의 유닛 셀 각각은 급전 신호를 인가받아 신호를 방사하는 적어도 하나의 방사 소자; 및 안테나 제어 회로의 제어에 따라 인가된 급전 신호를 그대로 또는 분배하여 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달하는 2개의 경로 전환 스위치를 포함한다.

[0012] 상기 위상 어레이 안테나는 웨이퍼 상에서 제조되어 구현되되, 상기 웨이퍼에서 상기 다수의 유닛 셀이 활용 용도에 따라 서로 다른 개수 및 패턴으로 포함되도록 소잉되어 다수 개로 획득될 수 있다.

[0013] 상기 위상 어레이 안테나는 웨이퍼 상에서 제조되어 구현되되, 상기 웨이퍼 상에서 구현된 상기 다수의 유닛 셀

중 적어도 하나의 유닛 셀이 불량 판별되면, 불량 판별된 유닛 셀이 제외되도록 상기 웨이퍼 상에서 위치가 변경되거나, 포함되는 유닛 셀의 개수 및 패턴이 변경되어 획득될 수 있다.

[0014] 상기 위상 어레이 안테나는 상기 위상 어레이 안테나로 독립적으로 입력되는 급전 신호의 개수에 대응하는 개수로 상기 다수의 유닛 셀이 그룹화되어 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 분할 및 재구성될 수 있다.

[0015] 상기 다수의 서브 위상 어레이 안테나 각각은 포함된 다수의 유닛 셀 중 하나의 유닛 셀을 통해 급전 신호를 입력받고, 상기 안테나 제어 회로에 의해 하나의 유닛 셀로 입력된 급전 신호가 동일한 서브 위상 어레이 안테나 내의 유닛 셀 사이에서 전달되도록 상기 2개의 경로 전환 스위치가 제어될 수 있다.

[0016] 상기 위상 어레이 안테나는 상기 위상 어레이 안테나로 독립적으로 입력되는 상기 급전 신호의 개수에 대응하는 개수의 서브 위상 어레이 안테나로 분할 및 재구성될 수 있다.

[0017] 상기 다수의 서브 위상 어레이 안테나 각각은 포함된 다수의 유닛 셀 중 하나의 유닛 셀을 통해 급전 신호를 입력받고, 상기 안테나 제어 회로에 의해 하나의 유닛 셀로 입력된 급전 신호가 동일한 서브 위상 어레이 안테나 내의 유닛 셀 사이에서 전달되도록 상기 2개의 경로 전환 스위치가 제어될 수 있다.

[0018] 상기 2개의 경로 전환 스위치 각각은 상기 급전 신호가 동일 유닛 셀 내의 다른 경로 전환 스위치나 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달되도록, 상기 안테나 제어 회로의 제어에 의해 상기 급전 신호를 인가된 진행 방향으로 전달하는 포워드 모드와 상기 급전 신호를 2개로 분할하여 진행된 방향의 양측 방향으로 전달하는 분할 모드 중 하나의 모드로 동작할 수 있다.

[0019] 상기 2개의 경로 전환 스위치는 인접 배치된 유닛 셀과 동일 유닛 셀 내의 다른 경로 전환 스위치 중 적어도 하나로 상기 급전 신호를 전달하는 제1 경로 전환 스위치; 및 상기 적어도 하나의 방사 소자와 동일 유닛 셀 내의 상기 제1 경로 전환 스위치 및 인접 배치된 유닛 셀 중 적어도 하나로 상기 급전 신호를 전달하는 제2 경로 전환 스위치를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 다수의 유닛 셀 각각은 동일한 유닛 셀 내의 상기 제2 경로 전환 스위치 또는 인접한 유닛 셀의 제2 경로 전환 스위치 중 하나를 선택하고, 선택된 제2 경로 전환 스위치를 통해 인가되는 급전 신호를 상기 적어도 하나의 방사 소자로 전달하는 선택 스위치를 더 포함할 수 있다.

[0021] 상기 경로 전환 스위치는 서로 나란하게 배치되어 상호 커플링이 이루어지는 한 쌍의 커플링 라인을 포함하는 라인 커플러; 및 상기 한 쌍의 커플링 라인 각각의 양단에 상기 급전 신호가 인가되거나 출력되는 4개의 포트 각각과 접지 전압 사이에 연결되고, 상기 안테나 제어 회로의 제어에 따라 턴온 또는 턴오프되어 상기 경로 전환 스위치의 동작 모드와 상기 급전 신호의 전달 방향을 결정하는 4개의 모드 스위치를 포함할 수 있다.

[0022] 상기 4개의 모드 스위치는 상기 경로 전환 스위치가 상기 포워드 모드로 동작 시, 상기 급전 신호가 인가되는 포트와 상기 급전 신호가 전달될 포트에 연결된 2개의 모드 스위치가 턴오프되고 나머지 2개의 모드 스위치는 턴온되며, 상기 경로 전환 스위치가 상기 분할 모드로 동작 시, 모두 턴오프될 수 있다.

[0023] 상기 2개의 경로 전환 스위치 각각은 상기 한 쌍의 커플링 라인 사이에 연결된 분배 캐패시터를 더 포함할 수 있다.

[0024] 상기 다수의 유닛 셀 각각은 상기 안테나 제어 회로의 제어에 따라 상기 적어도 하나의 방사 소자로 인가되는 상기 급전 신호의 위상을 조절하는 위상 제어 회로를 더 포함할 수 있다.

[0025] 실시예에 따른 위상 어레이 안테나의 제조 방법은 급전 신호를 인가받아 신호를 방사하는 적어도 하나의 방사 소자 및 안테나 제어 회로의 제어에 따라 인가된 급전 신호를 그대로 또는 분배하여 상기 적어도 하나의 방사 소자 또는 인접 배치된 적어도 하나의 유닛 셀로 전달하는 2개의 경로 전환 스위치를 포함하는 다수의 유닛 셀을 웨이퍼 상에 배열 배치하는 단계; 상기 웨이퍼 상에 배열 배치된 다수의 유닛 셀에서 활용 용도에 따라 서로 다른 개수 및 패턴으로 상기 다수의 유닛을 구분하여 소잉하여 적어도 하나의 셀 어레이를 획득하는 단계; 및 안테나 제어 회로에 의해 획득된 셀 어레이 각각에 포함된 다수의 유닛 셀에서 상기 급전 신호가 전달되는 전달 경로가 결정되고, 결정된 전달 경로에 따라 상기 급전 신호가 전달되도록 상기 2개의 경로 전환 스위치가 제어되어 위상 어레이 안테나를 구성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0026] 따라서, 실시예에 따른 위상 어레이 안테나 및 이의 제조 방법은 위상 어레이 안테나가 웨이퍼 상에 동일 구조를 갖는 다수의 유닛 셀이 반복 배치되어 구현되고, 요구되는 다양한 크기 및 형태에 따라 다수의 유닛 셀을 구

분하여 각각 서로 다른 위상 어레이 안테나로 이용할 수 있도록 할 수 있다. 그러므로 다양한 크기 및 형태의 위상 어레이 안테나를 구현할 수 있을 뿐만 아니라, 이미 구현된 단일 위상 어레이 안테나를 다시 더 작은 크기와 다양한 형태를 갖는 다수의 위상 어레이 안테나로 이용할 수 있도록 하여 환경 및 활용 용도에 따른 위상 어레이 안테나 조합을 활용할 수 있도록 한다. 또한 하나의 웨이퍼 상에서도 서로 다른 크기 및 패턴을 갖는 다수의 위상 어레이 안테나가 획득될 수 있어, 일부 유닛 셀에 불량이 발생하더라도 이를 회피하여 위상 어레이 안테나를 획득할 수 있으며, 웨이퍼 상에서 이용되지 않고 낭비되는 영역의 크기를 최소화하여 수율을 크게 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 일 실시예 따른 위상 어레이 안테나를 구성하는 유닛 셀 구조를 나타낸다.

도 2 및 도 3은 실시예에 따른 재구성 가능 위상 어레이 안테나 구현 방식과 이에 따른 수율 변화를 설명하기 위한 도면이다.

도 4 내지 도 6은 다수의 유닛 셀로 구성되는 위상 어레이 안테나의 재구성 활용 예를 나타낸다.

도 7 및 도 8은 도 1의 유닛 셀에서 경로 전환 스위치의 구현 예를 나타낸다.

도 9는 도 7의 경로 전환 스위치의 모드에 따른 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 일 실시예 따른 위상 어레이 안테나 제조 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 도면을 참조하여 일 실시예의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0029] 일 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 일 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 일 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0030] 웨이퍼 스케일 위상 어레이 안테나에는 온칩 또는 슈퍼 스트레이트 안테나가 포함되고, 전력 분배기/결합기와 같은 전력 분배 네트워크도 칩에 포함될 수 있다. 전력 분배기/결합기 및 분배 네트워크가 재구성 가능하도록 설계되면 유닛 셀을 반복적으로 사용하여 위상 어레이를 간단히 확장할 수 있고, 동일한 웨이퍼 규모 어레이를 여러 하위 어레이로 재구성할 수 있다. 이에 이하에서는 실시예를 기반으로 전력 분배 네트워크를 스위치로 재구성하고, 어레이의 각 회로들을 제어하는 기법을 제안한다.

[0031] 도 1은 일 실시예 따른 위상 어레이 안테나를 구성하는 유닛 셀 구조를 나타낸다.

[0032] 도 1에서 (a)는 유닛 셀(10)의 구성을 설명하기 위한 도면이고, (b) 및 (c)는 2개의 경로 전환 스위치(11, 12) 중 제1 경로 전환 스위치(11)가 모드에 따라 인가된 급전 신호를 서로 다른 방식으로 전달하는 모드를 설명하기 위한 도면이다.

[0033] 실시예의 위상 어레이 안테나는 웨이퍼 상에서 배열 배치되고 동일한 구성을 갖는 다수의 유닛 셀(10)을 포함하여 구현된다. 유닛 셀(10)은 도 1에 도시된 바와 같이, 2개의 경로 전환 스위치(11, 12), 선택 스위치(13), 위상 제어 회로(14) 및 적어도 하나의 방사 소자(15)를 포함할 수 있다.

[0034] 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)는 유닛 셀(10)로 인가된 급전 신호가 전달될 경로를 결정한다. 2개의 경로 전환 스위치(11, 12) 각각은 별도의 안테나 제어 회로의 제어에 따라 각각 독립적으로 인가된 급전 신호를 전달할

경로가 결정되고, 결정된 경로에 따라 인가된 급전 신호를 서로 다른 방향으로 전달할 수 있다.

[0035] 특히 실시예에서 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)는 각각 4개의 서로 다른 방향에서 급전 신호를 인가받거나 출력하는 4 포트(Port) 소자로 구현되며, 4개의 포트 중 하나의 포트로 급전 신호가 인가되면, 인가된 급전 신호를 급전 신호가 진행된 방향 그대로 연장되어 전달되도록 다른 하나의 포트로 출력하거나, 인가된 급전 신호를 커플링으로 분할하여, 분할된 2개의 급전 신호가 진행 방향의 양측 방향으로 분배되어 전달되도록 한다. 이에 경로 전환 스위치(11, 12)는 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이 안테나 제어 회로에 의해 급전 신호를 진행 경로 그대로 전달하는 포워드 모드와, 도 1의 (c)에 도시된 바와 같이 급전 신호를 2개로 분할하여 진행 방향의 양측 방향으로 분배 전달하는 분할 모드로 구분되어 동작 모드가 설정될 수 있다.

[0036] 도 1의 (b) 및 (c)에서는 급전 신호가 유닛 셀(10)의 6개의 터미널(T1 ~ T6) 중 제2 터미널(T2)을 통해 입력되는 경우를 가정하여 도시하였으나, 급전 신호는 6개의 터미널(T1 ~ T6) 중 어느 터미널로도 입력될 수 있다.

[0037] 도 1을 기준으로 6개의 터미널(T1 ~ T6) 중 제1 터미널(T1)은 상측에 유닛 셀이 배치되는 경우 배치된 유닛 셀의 제5 터미널(T5)과 연결되고, 제3 및 제4 터미널(T3, T4)는 우측에 유닛 셀이 배치되는 경우 배치된 유닛 셀의 제2 및 제3 터미널(T2, T6)과 연결될 수 있다. 그리고 유닛 셀은 적어도 일측에 인접 유닛 셀이 배치되지 않아 개방되더라도, 개방된 측에 위치한 터미널을 통해 직접 급전 신호를 인가받을 수도 있다. 이 경우, 급전 신호는 외부의 안테나 제어 회로가 직접 급전 신호를 인가할 수도 있다.

[0038] 즉 6개의 터미널(T1 ~ T6)은 안테나 제어 회로 또는 인접 배치된 유닛 셀로부터 급전 신호를 인가받거나 전달하기 위한 연결 단자로 기능한다.

[0039] 2개의 경로 전환 스위치(11, 12) 중 제1 경로 전환 스위치(11)의 4개의 포트가 유닛 셀(10)의 6개의 터미널(T1 ~ T6) 중 3개의 터미널(T1, T2, T3) 및 제2 경로 전환 스위치(12)와 전기적으로 연결된다. 즉 제1 경로 전환 스위치(11)는 3개의 터미널(T1, T2, T3)을 통해 서로 다른 3개의 방향에 인접하여 배치된 유닛 셀과 연결되고, 동일 유닛 셀(10) 내부에 구비된 제2 경로 전환 스위치(12)와 연결된다. 이에 제1 경로 전환 스위치(11)는 인접 배치된 유닛 셀 또는 제2 경로 전환 스위치(12) 중 하나를 통해 급전 신호를 인가받을 수 있으며, 급전 신호가 인가된 하나의 포트를 제외한 나머지 포트에 연결된 제2 경로 전환 스위치(12) 또는 인접 셀 중 하나 또는 둘로 인가된 급전 신호를 전달할 수 있다.

[0040] 한편 제2 경로 전환 스위치(12)에서는 4개의 포트가 유닛 셀(10)의 6개의 터미널(T1 ~ T6) 중 2개의 터미널(T4, T5)와 제1 경로 전환 스위치(11) 및 선택 스위치(13)와 전기적으로 연결된다. 제1 경로 전환 스위치(11)는 인접 배치된 유닛 셀 또는 제1 경로 전환 스위치(11) 중 하나를 통해 급전 신호를 인가받을 수 있으며, 급전 신호가 인가된 하나의 포트를 제외한 나머지 포트에 연결된 제1 경로 전환 스위치(11), 인접 셀 및 선택 스위치(13) 중 하나 또는 둘로 인가된 급전 신호를 전달할 수 있다.

[0041] 방사 소자(15)는 급전 신호를 인가받아 RF 신호를 방사한다. 방사 소자(15)는 웨이퍼 상에서 구현되는 유닛 셀(10)의 일면측에 지정된 패턴을 갖는 금속으로 형성될 수 있다. 또한 방사 소자(15)는 웨이퍼의 실리콘 기판에서 이격되어 형성되거나 절연체가 사이에 배치될 수 있다. 여기서는 설명의 편의를 위하여 하나의 방사 소자(15)만을 도시하였으나, 유닛 셀(10)은 다수개(예를 들면 4개)의 방사 소자(15)를 포함할 수 있다.

[0042] 위상 제어 회로(14)는 선택 스위치(13)를 통해 인가되는 급전 신호의 위상을 조절하여 방사 소자(15)로 전달한다. 방사 소자(15)를 통해 수신된 RF 신호의 위상을 조절하여 선택 스위치(13)으로 전달할 수 있다. 위상 제어 회로(14)는 위상 어레이 안테나의 다수의 유닛 셀이 방사하는 신호의 위상을 제어하여 빔 포밍을 수행할 수 있도록 하는 구성으로, 외부의 안테나 제어 회로에서 인가되는 위상 제어 신호에 따라 급전 신호의 위상을 조절할 수 있다. 이때 위상 제어 회로(14)는 유닛 셀(10)이 다수의 방사 소자(15)를 포함하는 경우, 각 방사 소자(15)로 인가되는 급전 신호의 위상을 개별적으로 제어할 수 있다.

[0043] 도시하지 않았으나 위상 제어 회로(14)는 방사 소자(15)를 통한 RF 신호의 송수신을 위하여, 파워 앰프(Power AMP), LNA(Low Noise Amp), 위상 시프터(Phase Shifter) 등을 포함할 수 있으며, 이는 공지된 기술이므로 여기서는 상세하게 설명하지 않는다.

[0044] 선택 스위치(13)는 유닛 셀(10)내의 제2 경로 전환 스위치(12) 또는 인접 배치된 유닛 셀과 연결된 제6 터미널(T6) 중 하나를 선택하여 위상 제어 회로(14)와 연결한다. 즉 선택 스위치(13)는 제2 경로 전환 스위치(12) 또는 제6 터미널(T6) 중 하나를 통해 인가되는 급전 신호를 위상 제어 회로(14)로 인가하여 위상 제어 회로(14)가 급전 신호의 위상을 조절하여 방사 소자(15)로 전달하도록 한다. 여기서 제6 터미널(T6)은 인접 배치(여기서는 좌측)된 유닛 셀의 제4 터미널(T4)을 통해 인접 유닛 셀의 제2 경로 전환 스위치(12)와 연결된다. 따라서 선택

스위치(13)는 동일 유닛 셀과 인접 배치된 유닛 셀의 제2 경로 전환 스위치(12) 중 하나를 선택하는 구성으로 볼 수 있다.

[0045] 상기한 구조에 따라 실시예의 위상 어레이 안테나를 구성하는 다수의 유닛 셀 각각은 인가된 급전 신호를 유닛 셀 내에 구현된 방사 소자(15)로 위상 조절하여 전달할 수 있을 뿐만 아니라, 인접 배치된 하나 또는 2개의 유닛 셀로 인가된 급전 신호를 전달할 수도 있다. 따라서 다수의 유닛 셀이 배열 배치된 위상 어레이 안테나의 경우, 인가된 급전 신호가 각 유닛 셀로 전달될 전달 경로를 다양한 패턴으로 자유롭게 구성할 수 있다. 즉 위상 어레이 안테나가 임의의 다양한 패턴을 갖고 구현되도록 할 수 있다.

[0046] 도 2 및 도 3은 실시예에 따른 재구성 가능 위상 어레이 안테나 구현 방식과 이에 따른 수율 변화를 설명하기 위한 도면이다.

[0047] 상기한 바와 같이, 실시예의 위상 어레이 안테나는 웨이퍼 상에 배열되어 배치되는 다수의 유닛 셀(10)으로 구성된다. 즉 웨이퍼 레벨에서 구현된 다수의 유닛 셀(10)으로 구현되고, 다수의 유닛 셀(10)은 모두 동일한 회로 구성을 갖는다. 따라서 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 하나의 유닛 셀(10)을 웨이퍼 상에 구현하기 위한 유닛 셀 패턴 마스크(21)(또는 reticle 이라고도 함)를 획득하면, 획득된 유닛 셀 패턴 마스크(21)를 이용하여 웨이퍼 상에서 위치를 이동시키면서 반복하여 단위 유닛을 구현함으로써, 매우 큰 크기의 웨이퍼 레벨에 다수의 유닛 셀이 형성된 셀 어레이를 매우 용이하게 구현할 수 있다. 또한 경우에 따라서는 마스크 자체에 다수의 유닛 셀에 대한 패턴이 반복적으로 배열 형성된 어레이 마스크를 획득하고, 획득된 어레이 마스크를 이용하여 셀 어레이를 구현할 수도 있다.

[0048] 이와 같이 웨이퍼 상에 다수의 유닛 셀이 구현되면, 실시예의 위상 어레이 안테나는 구현된 다수의 유닛 셀을 다양한 패턴으로 분할하여 획득될 수 있다.

[0049] 상기한 바와 같이 실시예에 따른 위상 어레이 안테나를 구성하는 유닛 셀 각각은 6개의 터미널(T1 ~ T6)을 통해 급전 신호를 인가받거나 전달할 수 있으며, 급전 신호가 인가되거나 전달될 터미널은 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)에 의해 다양하게 조절될 수 있다. 이에 실시예의 위상 어레이 안테나는 포함되는 유닛 셀의 개수와 배치 형태, 즉 패턴이 매우 다양하게 설정될 수 있다. 즉 실시예의 위상 어레이 안테나는 다수의 유닛 셀의 임의의 조합으로 구현될 수 있다. 이로 인해, 동일한 크기의 웨이퍼를 이용할지라도 더 많은 위상 어레이 안테나를 획득할 수 있어 수율을 크게 향상시킬 수 있다.

[0050] 도 3은 웨이퍼 레벨에서 구현되어 획득되는 기존의 위상 어레이 안테나와 실시예의 위상 어레이 안테나를 비교하여 나타낸 도면이다. 도 3에서 (a)는 기존의 위상 어레이 안테나(32)가 형성된 웨이퍼(31)를 나타내고, (b)는 실시예의 위상 어레이 안테나(36)가 형성된 웨이퍼(35)를 나타낸다.

[0051] 기존의 위상 어레이 안테나(32)의 경우에도 실시 예의 유닛 셀과 유사한 셀 구조를 갖도록 구현될 수 있다. 다만, 기존의 위상 어레이 안테나(62)는 포함되는 셀의 개수와 배치 형태 및 각 셀에 급전 신호가 전달되는 전달 경로가 사전이 미리 결정된다. 이에 설계 시에 결정된 셀 개수와 신호가 전달되는 전달 경로가 변경될 수 없다. 위상 어레이 안테나(32)에 포함될 셀 개수와 형태가 결정되면, 도 3의 (a)에서와 같이 셀 개수와 형태에 따라, 단일 웨이퍼(31)에서 가급적 많은 개수의 위상 어레이 안테나를 획득될 수 있도록 각 위상 어레이 안테나(32)가 형성되는 개수(여기서는 일 예로 9개)와 위치가 결정된다. 이 경우, 불가피하게 웨이퍼(31)에서 사용될 수 없어 낭비되는 영역(wasted part)이 크게 발생하게 된다.

[0052] 또한 각 위상 어레이 안테나(32)에서 셀의 개수와 셀 배치 형태에 따라 급전 신호 전달 경로가 미리 결정되므로, 웨이퍼(31)에서 위상 어레이 안테나(32)가 형성되는 위치는 변경될 수 없다. 여기서는 단순한 예시로서 웨이퍼 상에서 다수의 위상 어레이 안테나가 서로 밀접하게 인접하여 형성되는 것으로 도시하였으나, 실제로는 인접한 위상 어레이 안테나 사이에는 이후 소잉(sawing) 등의 공정을 고려한 마진 영역이 포함될 수 있다. 그러나 마진 영역이 포함될지라도, 서로 인접 배치되어 형성된 셀이 다른 셀의 신호 전달 경로 상의 동작을 대체할 수 없으므로, 위상 어레이 안테나(32)가 형성되는 위치가 변경될 수 없다. 그러므로, 웨이퍼(31)에 구현된 다수의 셀 중에서 공정 오차 등과 같은 여러 요인으로 인해 불량 셀이 발생되면, 불량 셀이 포함된 위상 어레이 안테나(32) 전체를 이용할 수 없게 되는 문제가 있다. 특히 도 3의 (a)와 같이 불량 셀이 웨이퍼(31) 전체 영역에 분산되어 발생되는 경우, 전체 셀 중 불량 셀이 차지하는 비율은 높지 않음에도 제조된 위상 어레이 안테나(32)를 사용하지 못하게 되는 경우도 발생할 수 있다. 즉 매우 작은 수의 불량 셀만으로도 수율이 크게 저하되는 문제가 있다.

[0053] 그에 반해, 실시예의 위상 어레이 안테나(36)는 모든 유닛 셀(10)이 동일한 구조로 구현될 뿐만 아니라, 급전

신호의 전달 경로를 임의로 변경할 수 있다. 상기한 바와 같이 실시예에 따른 위상 어레이 안테나를 구성하는 유닛 셀 각각은 6개의 터미널(T1 ~ T6)을 통해 급전 신호를 인가받거나 전달할 수 있으며, 급전 신호가 인가되거나 전달될 터미널은 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)에 의해 다양하게 조절될 수 있다. 이에 실시예의 위상 어레이 안테나는 포함되는 유닛 셀의 개수와 배치 형태, 즉 패턴이 매우 다양하게 설정될 수 있다. 즉 웨이퍼 레벨에서의 공정 이후에 급전 신호의 전달 경로를 결정하여도 무방하다. 따라서 위상 어레이 안테나(36)에 포함되는 유닛 셀의 개수와 배치 패턴 또한 매우 다양하게 임의로 설정될 수 있어, 다수의 유닛 셀의 임의의 조합으로 구현될 수 있다.

[0054] 예로서 위상 어레이 안테나(36)는 유닛 셀을 4 × 4 배열 또는 8 × 8 배열로 구비할 수 있으나, 5 × 5 배열, 7 × 7 배열 및 10 × 10 배열과 같은 다양한 개수로 유닛 셀을 포함할 수 있다. 뿐만 아니라 행 방향 및 열 방향으로 배치되는 유닛 셀의 개수가 상이하여도 무방하다. 즉 도 3의 (b)에서와 같이, 위상 어레이 안테나는 6 × 10 배열, 8 × 12 배열, 7 × 4 배열 및 5 × 16 배열 등 다양한 패턴으로 배치된 유닛 셀을 구비하여 구성될 수도 있다. 또한 경우에 따라서는 사각형이 아닌 다른 임의의 형태에 따른 배열로 배치된 유닛 셀을 구비하여 구성될 수도 있다.

[0055] 이에 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 실시예의 위상 어레이 안테나(36)를 제조할 때는 웨이퍼(35) 상에 가급적 많은 개수의 유닛 셀(10)이 형성되도록 함으로써, 웨이퍼(35)에서 무의미하게 낭비되는 영역을 크게 줄일 수 있다. 또한 다수의 유닛 셀 각각에 대한 불량 검사를 수행하여 불량으로 판별된 불량 유닛 셀(38)의 위치를 확인한 후, 불량 유닛 셀(38)의 위치를 회피하면서, 웨이퍼 상의 가용 영역 내에서 다양한 크기로 위상 어레이 안테나(36)를 구성한다. 즉 실시예에서 위상 어레이 안테나(36)는 동일한 크기 및 패턴을 갖지 않고, 다양한 크기 및 패턴을 갖도록 구성될 수 있다. 그리고 웨이퍼(35) 상에서 구성된 각 위상 어레이 안테나(36)를 소잉함으로써 개별적으로 획득할 수 있다. 이와 같이, 위상 어레이 안테나(36)가 웨이퍼 상에서 다양한 크기와 패턴 및 위치에서 구현될 수 있는 경우, 불량 유닛 셀이 발생될지라도 활용하지 못하는 영역을 최소화하면서 위상 어레이 안테나(36)를 획득할 수 있으므로, 위상 어레이 안테나(36)에 대한 수율을 크게 개선할 수 있다.

[0056] 도 4 내지 도 6은 다수의 유닛 셀로 구성되는 위상 어레이 안테나의 재구성 활용 예를 나타낸다.

[0057] 도 4는 유닛 셀이 4 × 4 배열로 배치된 위상 어레이 안테나(30)를 나타내고, 도 5 및 도 6은 유닛 셀이 8 × 8 배열로 배치된 위상 어레이 안테나(40)를 나타낸다.

[0058] 도 4 및 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 실시예의 위상 어레이 안테나(30, 40)은 각각 웨이퍼에서 소잉되어 분리된 개별 칩 전체가 단일 어레이 안테나로 동작할 수 있다. 이 경우, 급전 신호(RF in)는 위상 어레이 안테나(30, 40)의 다수의 유닛 셀(10) 중 외곽에 위치하는 하나의 유닛 셀로 입력되고, 하나의 유닛 셀로 입력된 급전 신호는 입력된 유닛 셀로부터 인접 유닛 셀로 점차적으로 전달된다. 급전 신호는 위상 어레이 안테나(30, 40) 전체 영역에 균등한 파워로 분배되는 것이 바람직하며, 이에 일반적으로 급전 신호는 계층적으로 H자 형태로 분배되어 전달되는 것이 일반적이다. 급전 신호의 분배 기법은 공지된 기술이므로 여기서는 상세하게 설명하지 않는다.

[0059] 이는 기존의 위상 어레이 안테나와 동일한 동작 방식으로서, 상기한 바와 같이, 기존의 위상 어레이 안테나는 셀 구조뿐만 아니라, 급전 신호의 전달 경로가 설계 시에 미리 결정되고, 결정된 전달 경로로만 급전 신호가 분배될 수 있다. 따라서 웨이퍼 상에서 설계된 위상 어레이 안테나가 구현되면, 설계된 방식으로만 동작이 가능하다.

[0060] 그에 반해 실시예의 위상 어레이 안테나(30, 40)는 웨이퍼 레벨에서 구현된 이후에도 2개의 경로 전환 스위치(11, 12) 및 선택 스위치(13)를 제어함으로써, 개별 유닛 셀(10) 레벨에서 급전 신호의 전달 및 분배 경로를 다양하게 변경할 수 있다. 이와 같이, 유닛 셀(10) 레벨에서 급전 신호의 전달 및 분배 경로를 다양하게 변경할 수 있다면, 이미 구현된 단일 위상 어레이 안테나(30, 40)를 주변 환경이나 활용 용도에 따라 다수의 유닛 셀(10)을 그룹화하여 다시 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 분할 및 재구성하여 이용할 수도 있다.

[0061] 도 4의 (b)의 경우, 4 × 4 배열로 유닛 셀이 배치된 위상 어레이 안테나(30)가 3개의 서브 위상 어레이 안테나(41 ~ 43)로 분할 및 재구성된 경우를 나타낸다. 3개의 서브 위상 어레이 안테나(41 ~ 43) 중 제1 서브 위상 어레이 안테나(41)는 4 × 2 배열로 배치된 유닛 셀을 구비하도록 재구성되었으며, 제2 및 제3 서브 위상 어레이 안테나(42, 43)는 각각 2 × 2 배열로 배치된 유닛 셀을 구비하도록 재구성되었다.

[0062] 한편, 도 5의 (b)에서는 8 × 8 배열로 유닛 셀이 배치된 위상 어레이 안테나(50)가 5개의 서브 위상 어레이 안테나(51 ~ 55)로 분할 및 재구성된 경우를 나타내고, 도 6에서는 11개의 서브 위상 어레이 안테나(61 ~ 71)로

분할 및 재구성된 경우를 나타낸다.

[0063] 도 5의 (b)에서 5개의 서브 위상 어레이 안테나(51 ~ 55) 중 제1, 제3 및 제4 서브 위상 어레이 안테나(51, 53, 54)는 유닛 셀이 4 × 4 배열을 가지는 반면, 제2 및 제5 서브 위상 어레이 안테나(52, 55)는 유닛 셀이 2 × 4 배열을 갖도록 분할되고 재구성되었다. 그리고 도 6에서는 1개의 서브 위상 어레이 안테나(61 ~ 71) 중 제1, 제3, 제5 내지 제9 및 제10 서브 위상 어레이 안테나(61, 63, 65 ~ 69, 70)는 유닛 셀이 2 × 2 배열을 가지고, 제2 및 제11 서브 위상 어레이 안테나(62, 71)는 유닛 셀이 2 × 4 배열을 가지며, 위상 어레이 안테나(50)의 중앙에 위치하는 제6 서브 위상 어레이 안테나(66)는 유닛 셀이 4 × 4 배열을 가지도록 분할 및 재구성되었다.

[0064] 도 4 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 실시예에 따른 위상 어레이 안테나(40, 50)에 포함된 다수의 유닛 셀(10)은 다양한 형태로 분할 및 재구성되어 임의의 크기 및 패턴을 갖는 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71))을 구성할 수 있다.

[0065] 여기서 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71)) 각각은 도 4 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 독립적으로 급전 신호를 인가받아 위상을 조절하여 신호를 방사할 수 있다. 즉 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71)) 각각은 개별적인 안테나로 동작할 수 있으며, 이를 위해, 각 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71))는 개별적인 급전 신호 전달 경로를 구성한다. 다시 말해, 다수의 유닛 셀(10)을 위상 어레이 안테나(40, 50)로 독립적으로 인가되는 다수의 급전 신호가 전달되는 전달 경로에 따라 구분하여 그룹화함으로써, 위상 어레이 안테나(40, 50)는 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71))로 구분될 수 있다.

[0066] 이때 단일 위상 어레이 안테나(40, 50) 분할 및 재구성된 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71))는 동일한 급전 신호를 인가받을 수도 있으며, 서로 다른 급전 신호를 인가받을 수도 있다. 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71))가 모두 서로 다른 급전 신호를 인가받는 경우, 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71))는 모두 개별 안테나로서 동작할 수 있다. 그러나 다수의 서브 위상 어레이 안테나((41 ~ 43), (51 ~ 55), (61 ~ 71)) 중 둘 이상의 서브 위상 어레이 안테나가 동일한 급전 신호를 인가받는 경우, 동일한 급전 신호를 인가받는 서브 위상 어레이 안테나는 MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output) 안테나로 동작할 수 있다.

[0067] 특히 도 6에서 제6 서브 위상 어레이 안테나(66)의 경우, 위상 어레이 안테나(50)의 중앙에 위치하고 있고, 주변을 다수의 서브 위상 어레이 안테나(61 ~ 65, 67 ~ 71)이 둘러싸고 있는 상태임에도 제7 서브 위상 어레이 안테나(67)에서 급전 신호 분배에 활용되지 않는 유닛 셀의 제1 경로 전환 스위치(11)를 통해 급전 신호(RF in6)를 인가받을 수 있음을 알 수 있다. 즉 제7 서브 위상 어레이 안테나(67)는 자신의 급전 신호(RF in7)뿐만 아니라 제6 서브 위상 어레이 안테나(66)를 위한 급전 신호(RF in6)를 함께 인가받아, 급전 신호(RF in7)는 제7 서브 위상 어레이 안테나(67)의 다수의 유닛 셀로 분배하는 반면, 급전 신호(RF in6)는 제6 서브 위상 어레이 안테나(66)의 다수의 유닛 셀 중 하나의 유닛 셀로 전달할 수 있다.

[0068] 결과적으로 실시예의 위상 어레이 안테나(40, 50)는 다수의 유닛 셀(10)이 구비된 단일 안테나로 이용될 수 있으나, 활용 용도나 환경에 따라 다수의 유닛 셀(10)을 다양한 임의의 조합으로 분할 및 재구성하여 다수의 서브 위상 어레이 안테나로도 활용할 수 있다. 따라서 위상 어레이 안테나(40, 50)의 활용성을 극대화할 수 있다.

[0069] 도 7 및 도 8은 도 1의 유닛 셀에서 경로 전환 스위치의 구현 예를 나타내고, 도 9는 도 7의 경로 전환 스위치의 모드에 따른 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0070] 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이, 실시예에서 유닛 셀(10) 각각에 포함되는 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)는 각각 커플러(CP)와 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)를 포함할 수 있다. 여기서 커플러(CP)는 서로 나란하게 배치되어 상호 커플링이 이루어지는 한 쌍의 커플링 라인을 포함하는 라인 커플러로 구현될 수 있다. 그리고 한 쌍의 커플링 라인 각각의 양단에는 급전 신호가 인가되거나 출력되는 포트(Port1 ~ Port4)가 구성될 수 있다. 즉 급전 신호는 경로 전환 스위치(11, 12)에서 4개의 포트(Port1 ~ Port4) 중 하나로 입력될 수 있으며, 4개의 포트(Port1 ~ Port4) 중 다른 하나 또는 두개의 포트를 통해 출력될 수 있다.

[0071] 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)는 4개의 포트(Port1 ~ Port4) 중 대응하는 포트와 접지 전압 사이에 연결되는 MOS 트랜지스터(여기서는 NMOS 트랜지스터)로 구현될 수 있다. 이와 같이 스위치(SW1 ~ SW4)가 MOS 트랜지스터로 구현되는 경우, 각 스위치(SW1 ~ SW4)는 게이트로 인가되는 전압(V_{g1} ~ V_{g4})에 응답하여 턴온 또는 턴오프될 수 있으며, 각 스위치(SW1 ~ SW4)가 오프된 상태에서의 기생 캐패시턴스(parasitic capacitance)로 인해, 커플링이

이루어져야 하는 한 쌍의 커플링 라인의 길이를 줄일 수 있다. 즉 경로 전환 스위치(11, 12)의 크기를 줄일 수 있다.

[0072] 여기서 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)는 경로 전환 스위치(11, 12)의 동작 모드를 결정하며, 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)에 의해 결정된 동작 모드에 따라 경로 전환 스위치(11, 12)는 포워드 모드(Forward Mode), 분배 모드(Divide Mode) 및 아이솔레이션 모드(Isolation Mode) 중 하나로 동작할 수 있다.

[0073] 포워드 모드에서는 도 9의 (e) 내지 (h)에 도시된 바와 같이, 4개의 스위치(SW1 ~ SW4) 중 서로 대각선 방향에 위치하는 2개의 스위치가 턴오프되고 2개의 스위치가 턴온된다. 그리고 4개의 포트(Port1 ~ Port4) 중 스위치가 턴오프된 하나의 포트로 급전 신호가 인가되면, 급전 신호가 인가된 진행 방향을 따라 그대로 진행되도록 급전 신호가 인가된 포트와 대각선 방향에 위치한 연결된 스위치가 마찬가지로 턴오프된 포트로 급전 신호를 전달한다. 즉 급전 신호는 연결된 스위치가 턴오프된 2개의 포트를 통해 입력 및 출력될 수 있다. 따라서 급전 신호는 4개의 포트(Port1 ~ Port4) 어느 포트로도 인가될 수 있으며, 급전 신호가 인가된 포트에 따라 급전 신호가 출력되는 포트가 정해질 수 있다.

[0074] 반면 분배 모드에서는 도 9의 (a) 내지 (d)에 도시된 바와 같이, 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)가 모두 턴오프된 상태를 유지한다. 그래고 4개의 포트(Port1 ~ Port4) 중 하나의 포트로 급전 신호가 인가되면, 급전 신호는 커플러(CP)에서 분할되어 2개의 포트로 분배되어 전달된다. 이때, 급전 신호가 인가된 포트에서 대각선 방향에 위치하는 포트를 제외한 나머지 2개의 포트로 급전 신호가 분배되어 전달된다.

[0075] 아이솔레이션 모드는 하나의 포트로 입력된 급전 신호가 다른 포트로 전달되지 않도록 하는 모드로서 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)를 모두 턴온하여 구동될 수 있으나, 실시예의 위상 어레이 안테나는 해당 모드를 활용하지 않을 수 있으므로 여기서는 상세한 설명을 생략한다.

[0076] 그리고 한쌍의 커플링 사이에는 분배 캐패시터(C_S)가 연결될 수 있다. 분배 캐패시터(C_S)는 경로 전환 스위치(11, 12)가 분배 모드로 동작하는 경우, 2개로 분할되는 급전 신호의 파워가 균등해지도록 한다.

[0077] 그리고 경로 전환 스위치(11, 12)는 급전 신호의 전달 손실을 줄이기 위해, 4개의 스위치(SW1 ~ SW4) 중 포워드 모드에서 턴온되는 2개의 스위치의 바디로는 지정된 전압 레벨(여기서는 일 예로 3V)의 바디 바이어스 전압을 인가할 수 있다.

[0078] 또한 경로 전환 스위치(11, 12)는 라인 손실(Line Loss)에 대한 보상이 용이하도록, 포워드 모드와 분배 모드에서 출력되는 급전 신호의 파워가 모두 동일해지도록 크기가 조절될 수 있다.

[0079] 도 10은 일 실시예 따른 위상 어레이 안테나 제조 방법을 나타낸다.

[0080] 도 1 내지 도 9를 참조하여, 도 10의 위상 어레이 안테나 제조 방법을 설명하면, 우선 위상 어레이 안테나를 구성하기 위한 유닛 셀 회로가 우선 도 1과 같이 설계된다(S81). 그리고 설계된 유닛 셀 회로에 따라 유닛 셀(10)을 웨이퍼 상에 구현하기 위한 셀 마스크(21)를 획득한다(82). 여기서 셀 마스크(21)는 단일 유닛 셀을 구현하기 위한 마스크일 수도 있으나, 배열된 다수의 유닛 셀을 구현하기 위한 마스크일 수도 있다. 셀 마스크(21)가 획득되면, 획득된 셀 마스크(21)를 웨이퍼(23) 상에서 이동시키면서 웨이퍼 레벨에서 다수의 유닛 셀을 형성한다(83). 웨이퍼(23)에 다수의 유닛 셀이 형성되면, 웨이퍼(23)에 형성된 다수의 유닛 셀(10)을 검사하여 불량 셀을 확인한다(84). 웨이퍼(23) 상에 다수의 유닛 셀(10)을 형성하고, 형성된 유닛 셀을 검사하는 것은 일반적인 반도체 제조 공정에 따른 단계들이므로 여기서는 상세한 설명은 생략한다.

[0081] 웨이퍼 상에 형성된 다수의 유닛 셀(10) 중에서 불량 셀이 확인되면, 확인된 불량 셀을 회피하여 위상 어레이 안테나를 구현하기 위해 포함될 유닛 셀(10)의 개수와 패턴을 확인하고, 확인된 유닛 셀(10)의 개수와 패턴에 따라 웨이퍼 상에서 서로 구분될 적어도 하나의 셀 어레이를 결정한다(85). 이때 결정되는 적어도 하나의 셀 어레이의 크기와 형태는 서로 상이할 수 있으며, 임의의 크기와 형태로 결정될 수 있다. 셀 어레이의 크기와 형태가 결정되면, 결정된 크기와 형태에 따라 웨이퍼(23)에서 적어도 하나의 셀 어레이 각각을 소잉하여 분리한다(86).

[0082] 유닛 셀 회로 설계 단계(81)부터 셀 어레이를 소잉하는 단계(86)까지는 반도체의 웨이퍼 레벨에서의 제조 공정으로 웨이퍼 레벨 셀 어레이 제조 단계(80)라 할 수 있다. 그리고 이하의 단계는 웨이퍼 레벨에서 제조된 셀 어레이에 대해 급전 신호가 전달 경로가 설정되어 셀 어레이가 위상 어레이 안테나로 이용될 수 있도록 하는 과정으로서 위상 어레이 안테나 구축 단계(90)라고 할 수 있다.

[0083] 분리된 적어도 하나의 셀 어레이 각각은 위상 어레이 안테나로 이용될 수 있다. 다만 분할된 셀 어레이에서는 급전 신호가 분배될 전달 경로가 설정되어 있지 않으므로, 그대로 이용할 수는 없다. 또한 급전 신호에 대한 전달 경로가 결정되기 이전, 셀 어레이 전체를 하나의 위상 어레이 안테나로 이용할지 또는 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 분배하여 이용할지를 결정할 필요가 있다. 이에 만일 셀 어레이를 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 이용할 것으로 결정된다면, 셀 어레이를 다수의 서브 어레이로 분할한다(91).

[0084] 그리고 셀 어레이 전체 또는 분할 이용하는 경우, 서브 어레이 각각에서 급전 신호가 전달될 전달 경로를 결정한다(92). 셀 어레이 또는 서브 어레이에서 급전 신호의 전달 경로가 결정되면, 결정된 전달 경로에 따라 각 셀 어레이 또는 서브 어레이에 포함된 유닛 셀의 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)와 선택 스위치(13)의 상태를 결정한다(93). 이때 2개의 전환 스위치(11, 12)는 각각 포함된 4개의 스위치(SW1 ~ SW4)를 제어하여, 포워드 모드 또는 분배 모드를 결정할 뿐만 아니라, 결정된 전달 경로에 따라 급전 신호를 인가받을 포트와 급전 신호를 전달할 포트가 결정될 수 있다. 2개의 전환 스위치(11, 12)에서 급전 신호를 인가받을 포트와 전달할 포트가 결정되면, 유닛 셀(10)의 6개의 터미널(T1 ~ T6) 중 급전 신호가 인가될 터미널과 급전 신호가 전달될 터미널 또한 결정된다. 이때, 각 유닛 셀(10)은 2개의 전환 스위치(11, 12)가 서로 다른 급전 신호를 인가받아 전달하도록 설정될 수도 있다.

[0085] 또한 선택 스위치(13)는 동일한 유닛 셀(10) 내의 제2 전환 스위치(12) 또는 인접하여 배치된 유닛 셀의 제2 전환 스위치(12) 중 하나를 선택하여 방사 소자와 전기적으로 연결하도록 설정된다.

[0086] 스위치의 상태가 설정되면, 위상 어레이 안테나가 구성되었으므로, 위상 어레이 안테나를 사용한다(94).

[0087] 경우에 따라서는 스위치 상태를 설정하여 위상 어레이 안테나를 이미 사용하고 있는 상태에서도 스위치 상태를 변경하여, 위상 어레이 안테나 내에 포함된 다수의 유닛 셀(10)을 다양한 조합으로 분할 및 재구성하여 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 활용할 수도 있다. 반대로 다수의 서브 위상 어레이 안테나의 다수의 유닛 셀(10)을 모두 그룹화하여 급전 신호의 전달 경로를 재설정함으로써, 단일 위상 어레이 안테나로 이용할 수도 있다. 즉 위상 어레이 안테나의 이용 중에도 활용 용도나 환경에 따라 위상 어레이 안테나를 분할 및 재구성하여 이용할 수 있다.

[0088] 그리고 상기에서는 위상 어레이 안테나 이용 중에도 분할 및 재구성하는 경우를 고려하여 스위치 상태를 웨이퍼(23)에서 셀 어레이를 분리한 이후에 수행하는 것으로 가정하여 설명하였으나, 위상 어레이 안테나를 다수의 서브 위상 어레이 안테나로 분할 및 재구성하여 이용하지 않을 경우, 2개의 경로 전환 스위치(11, 12)와 선택 스위치(13)의 상태는 셀 어레이가 웨이퍼(23)에서 분리되기 이전에 미리 하드웨어적으로 결정될 수도 있다.

[0089] 도 10에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 10에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능하다.

[0090] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

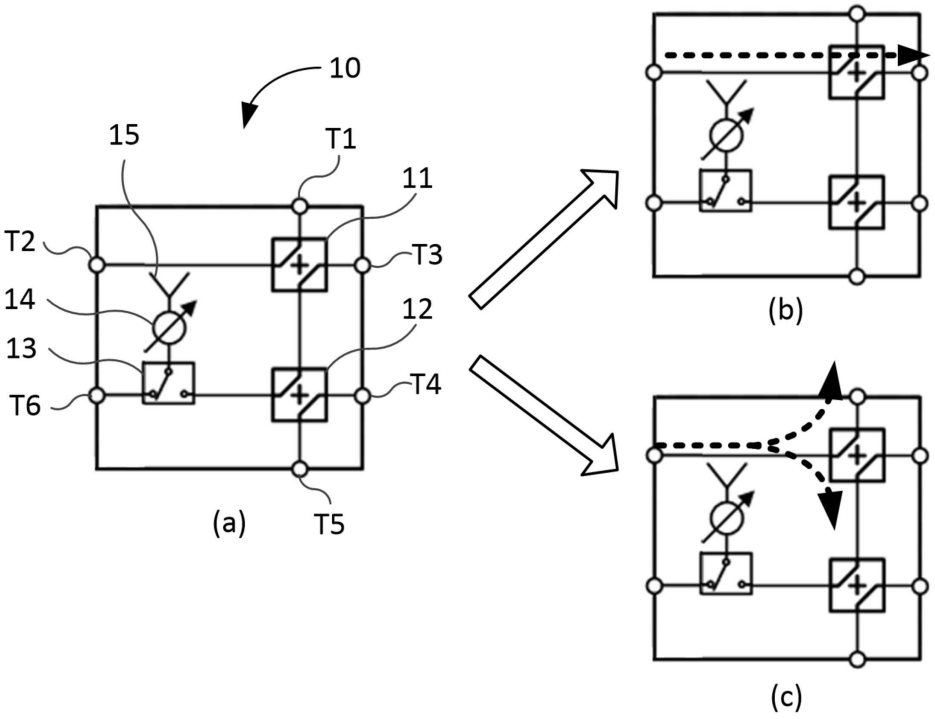
[0091] 10: 유닛 셀 11: 제1 경로 전환 스위치

12: 제2 경로 전환 스위치 13: 선택 스위치

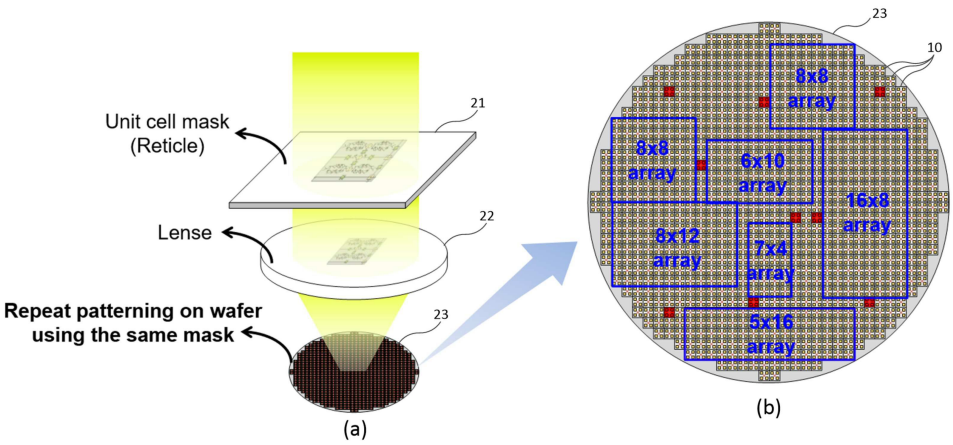
14: 위상 제어 회로 15: 방사 소자

도면

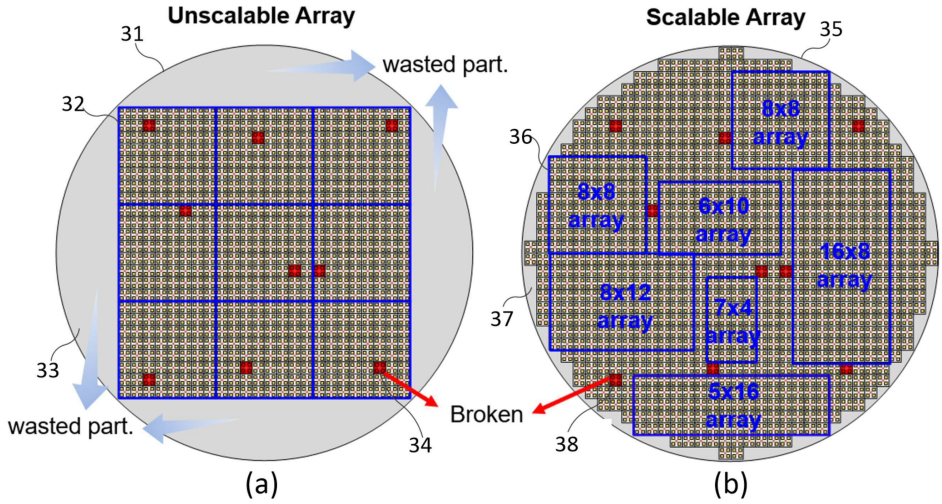
도면1


10
15
T1
11
T2
T3
14
12
13
T4
T6
T5
(a)
(b)
(c)

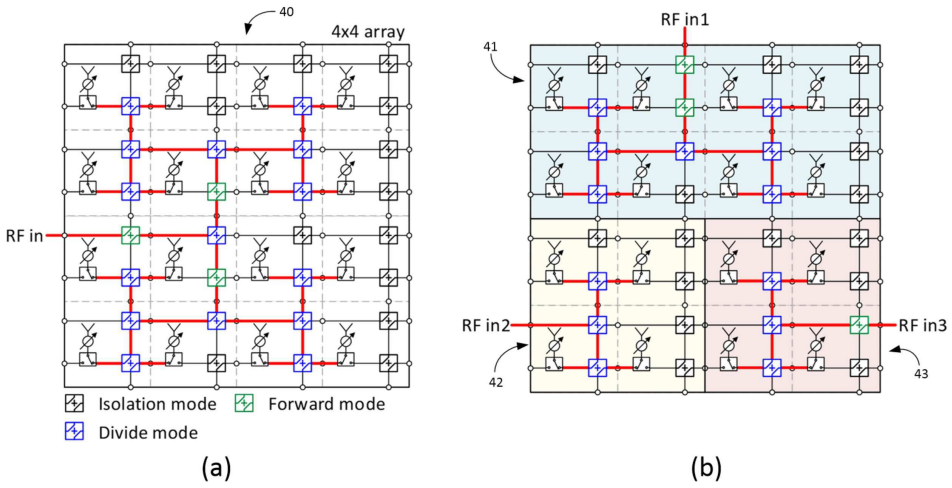
도면2


Unit cell mask
(Reticle)
21
Lense
22
Repeat patterning on wafer
using the same mask
23
(a)
23
10
8x8
array
8x8
array
6x10
array
16x8
array
8x12
array
7x4
array
5x16
array
(b)

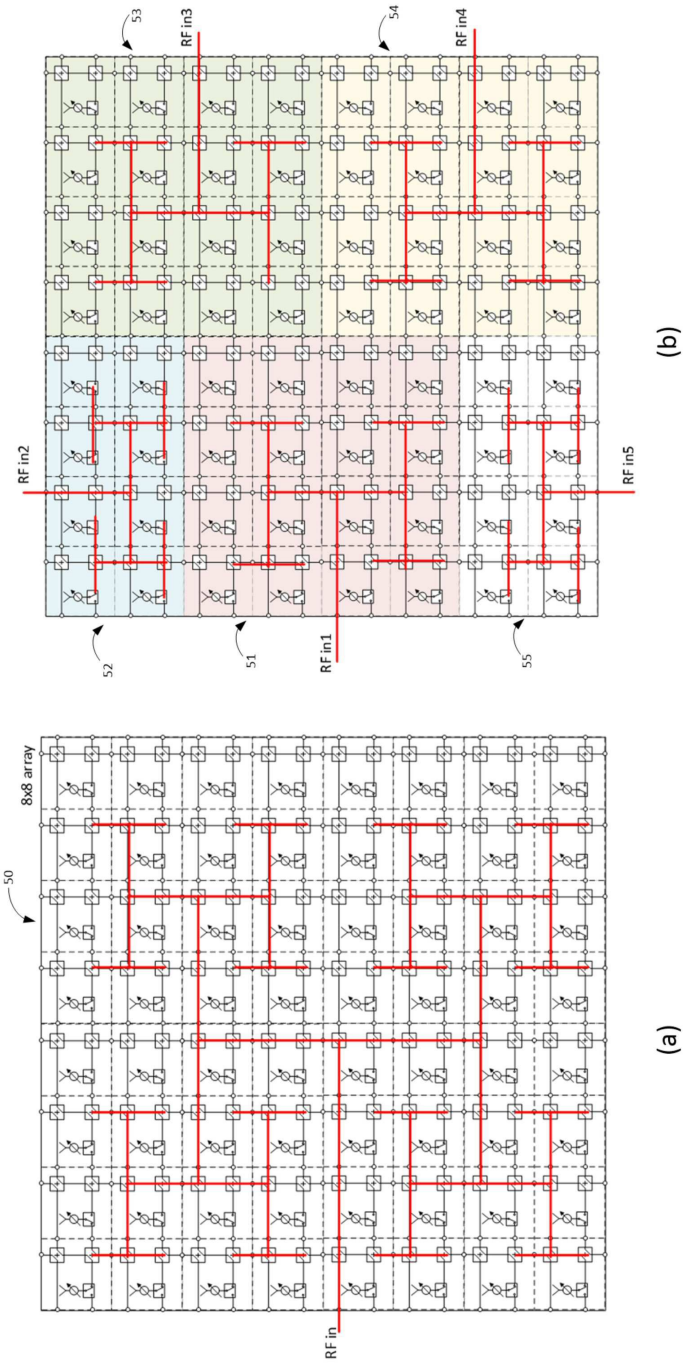
도면3


Unscalable Array
31
32
wasted part.
33
wasted part.
34
(a)
Scalable Array
35
36
8x8 array
8x8 array
6x10 array
16x8 array
8x12 array
7x4 array
37
5x16 array
Broken
38
(b)

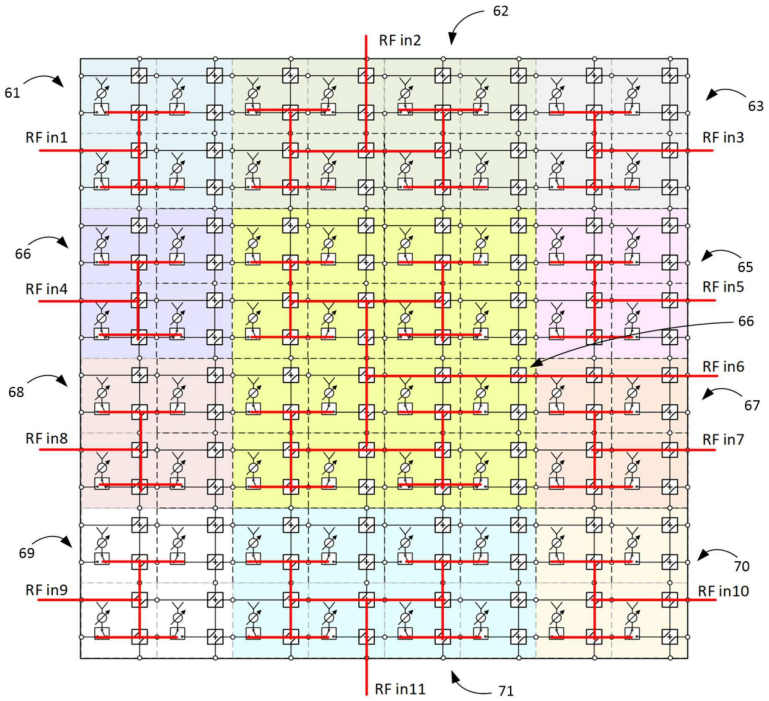
도면4


40
4x4 array
RF in
Isolation mode
Forward mode
Divide mode
(a)
RF in1
41
RF in2
42
RF in3
43
(b)

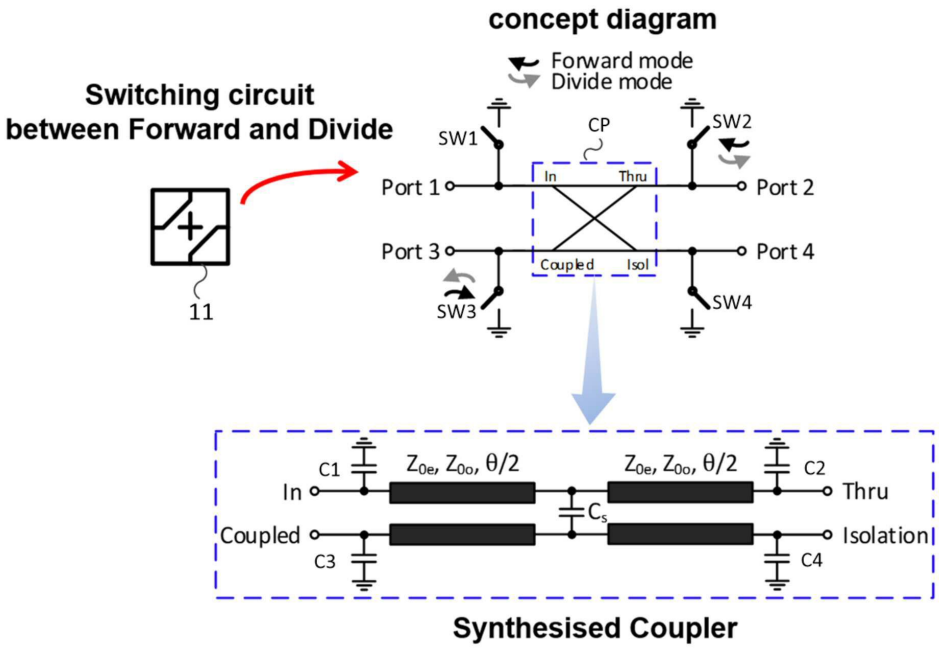
도면5


S3
RF in3
S4
RF in4
RF in2
RF in5
S2
S1
RF in1
S5
(b)
8x8 array
S0
RF in
(a)

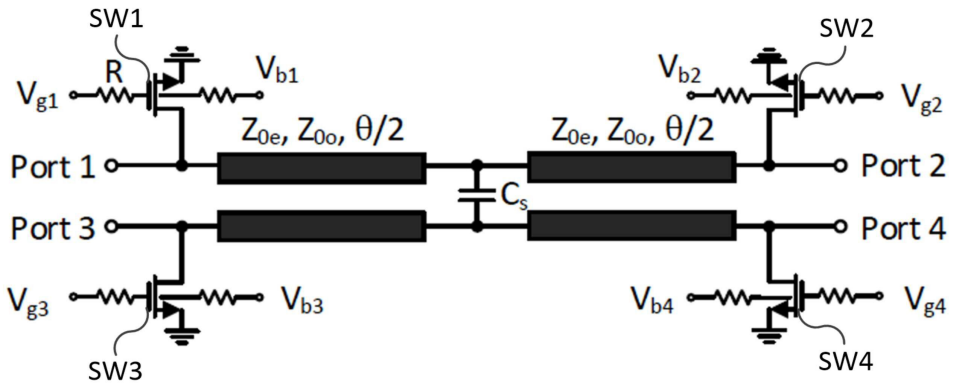
도면6


62
RF in2
61
63
RF in1
RF in3
66
65
RF in4
RF in5
66
RF in6
68
67
RF in8
RF in7
69
70
RF in9
RF in10
RF in11
71

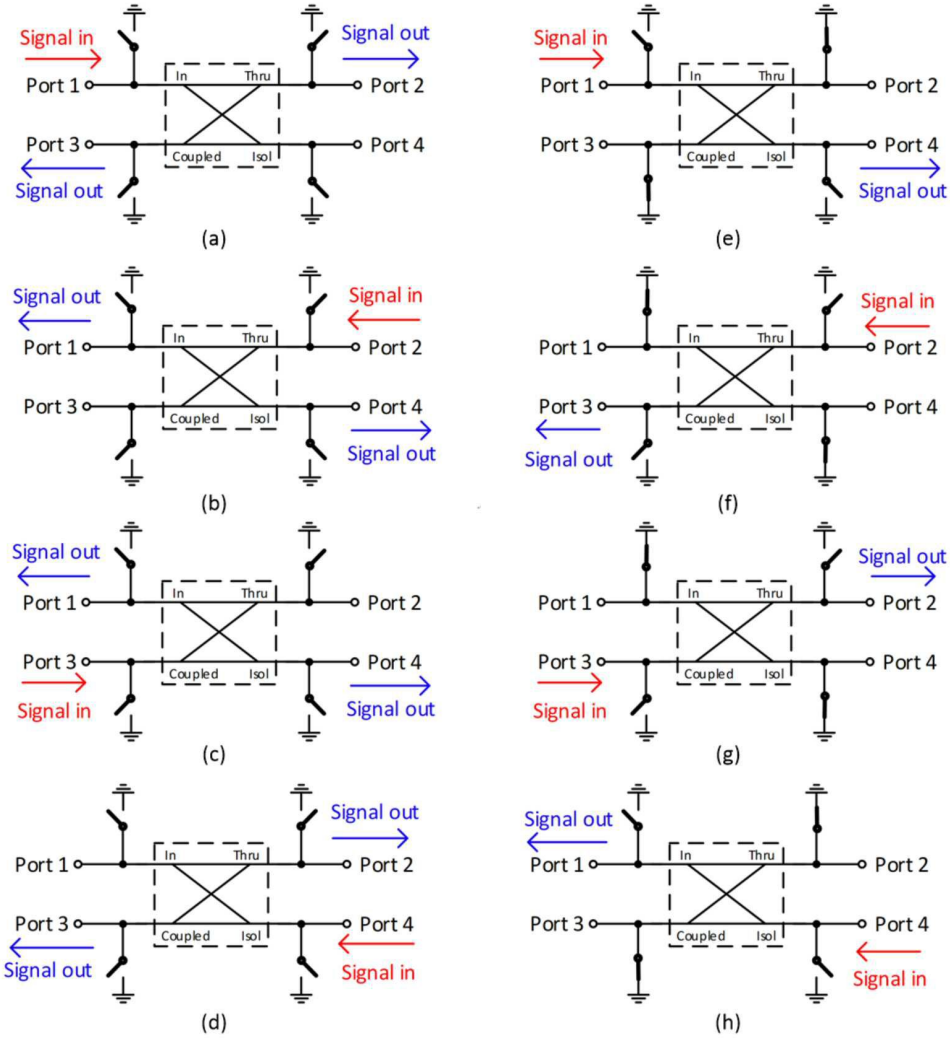
도면7


concept diagram
Forward mode
Divide mode
Switching circuit
between Forward and Divide
11
SW1
CP
SW2
In
Thru
Port 1
Port 2
Port 3
Port 4
Coupled
Isol
SW3
SW4
C1
Z0e, Z0o, θ/2
Z0e, Z0o, θ/2
C2
In
Thru
Cs
Coupled
Isolation
C3
C4
Synthesised Coupler

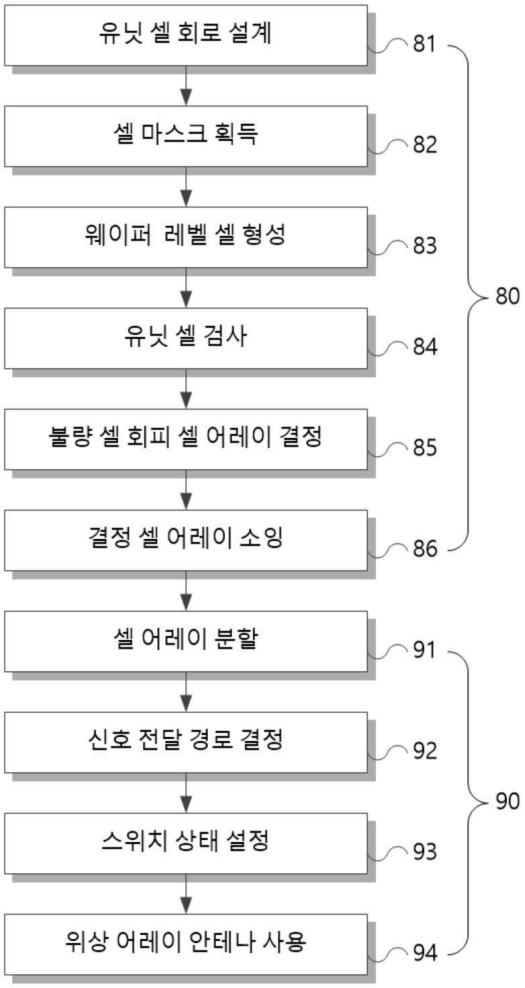
도면8


SW1
R
V_{b1}
V_{g1}
Z_{0e}, Z_{0o}, θ/2
Port 1
Port 3
C_s
V_{b2}
SW2
V_{g2}
Z_{0e}, Z_{0o}, θ/2
Port 2
Port 4
V_{g3}
V_{b3}
SW3
V_{b4}
V_{g4}
SW4

도면9


Signal in
Signal out
Port 1
Port 2
Port 3
Port 4
In
Thru
Coupled
Isol
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)

도면10


유닛 셀 회로 설계
81
셀 마스크 획득
82
웨이퍼 레벨 셀 형성
83
유닛 셀 검사
84
불량 셀 회피 셀 어레이 결정
85
결정 셀 어레이 소잉
86
80
셀 어레이 분할
91
신호 전달 경로 결정
92
스위치 상태 설정
93
위상 어레이 안테나 사용
94
90