



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월04일
(11) 등록번호 10-1894840
(24) 등록일자 2018년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01Q 15/08 (2006.01) H01Q 19/06 (2006.01)
H01Q 9/04 (2018.01)
(52) CPC특허분류
H01Q 15/08 (2013.01)
H01Q 19/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0118721
(22) 출원일자 2017년09월15일
심사청구일자 2017년09월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020025049 A*
KR1020100046579 A*
KR1020120027985 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김동호
서울특별시 송파구 문정로 83, 105동 1502호 (문정동, 문정래미안아파트)
조언석
서울특별시 양천구 곰달래로5길 37, 1308호(신월동, 태형아파트)
(74) 대리인
두호특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

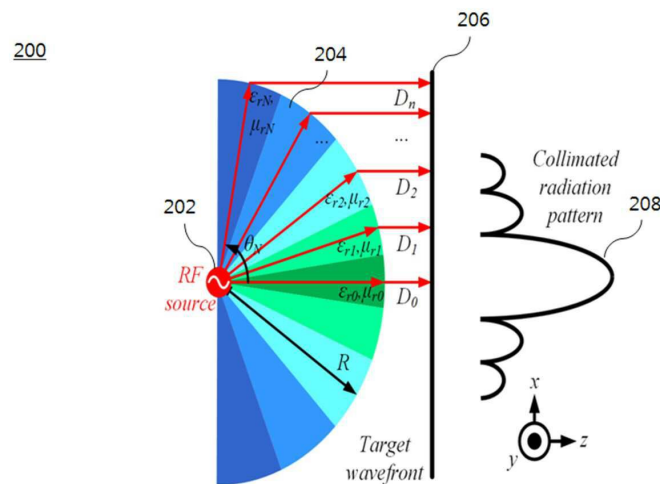
심사관 : 변종길

(54) 발명의 명칭 알에프 렌즈 및 이를 포함하는 안테나

(57) 요약

알에프 렌즈 및 이를 포함하는 안테나가 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 알에프 렌즈는, 알에프 소스(RF Source); 상기 알에프 소스로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 상기 알에프 소스에서 복사되는 각 빔들을 통과시키는 복수의 단위 셀을 포함하며, 상기 단위 셀 각각은, 설정된 목표 동위상면(target wavefront)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 갖는다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01Q 9/0485 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345263433

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(교육부)

연구과제명 전기적 빔 스캔이 가능한 중저가형 초소형 반사배열 안테나의 성능 고도화

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교산학협력단

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

알에프 소스(RF Source);

상기 알에프 소스로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 상기 알에프 소스에서 복사되는 각 빔들을 통과시키는 복수의 단위 셀을 포함하며,

상기 단위 셀 각각은, 설정된 목표 동위상면(target wavefront)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 갖고,

상기 단위 셀은, 유전체(dielectric) 또는 자성체(magnetic substance)로 이루어지며,

설정된 크기를 갖는 빈 공간이 상기 단위 셀 내에서 연장 형성되는, 알에프 렌즈.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 단위 셀의 크기 대비 상기 빈 공간의 크기에 따라 상기 단위 셀 각각의 상대 유전율 또는 상대 투자율이 달라지는, 알에프 렌즈.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 단위 셀 각각의 상대 유전율은, 아래의 수학식에 따라 계산되는, 알에프 렌즈.

$$\sqrt{\epsilon_{r0}} = \sqrt{\epsilon_{rN}} + 1 - \cos(\theta_N)$$

(여기서, ϵ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 유전율을 나타내며, ϵ_{r0} 는 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 유전율을 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타냄)

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 단위 셀 각각의 상대 투자율은, 아래의 수학식에 따라 계산되는, 알에프 렌즈.

$$\sqrt{\mu_{r0}} = \sqrt{\mu_{rN}} + 1 - \cos(\theta_N)$$

(여기서, μ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 투자율을 나타내며, μ_{r0} 는 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 투자율을 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타냄)

청구항 6

청구항 3에 있어서,

상기 단위 셀 각각의 상대 유전율 및 상대 투자율은, 아래의 수학식에 따라 계산되는, 알에프 렌즈.

$$\sqrt{\epsilon_{r0}\mu_{r0}} = \sqrt{\epsilon_{rN}\mu_{rN} + 1 - \cos(\theta_N)}$$

(여기서, ϵ_{rN} 및 μ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 유전율 및 상대 투자율을 각각 나타내며, ϵ_{r0} 및 μ_{r0} 는 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 유전율 및 상대 투자율을 각각 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타냄)

청구항 7

알에프 소스(RF Source)로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 상기 알에프 소스에서 복사되는 각 빔들을 통과시키는 복수의 단위 셀을 포함하며,

상기 단위 셀 각각은, 설정된 목표 동위상면(target wavefront)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 갖고,

상기 단위 셀은, 유전체(dielectric) 또는 자성체(magnetic substance)로 이루어지며,

설정된 크기를 갖는 빈 공간이 상기 단위 셀 내에서 연장 형성되는, 알에프 렌즈.

청구항 8

청구항 1 및 3 내지 7 중 어느 한 항에 기재된 알에프 렌즈를 포함하는, 안테나.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 다양한 복사 방향과 패턴을 형성하기 위한 알에프 렌즈(Radio Frequency Lens)와 관련된다.

배경 기술

[0003] ILAs(Integrated Lens Antennas)는 플랫 빔(flat beam), 코시컨트 빔(cosecant beam), 가우시안 빔(gaussian beam) 등과 같은 다양한 복사 조건을 만족시키는 해결책으로 사용되고 있다. 또한, 상기 ILAs는 빔 조향 애플리케이션(beam steering application)에 적용 가능하다.

[0004] 상기 ILAs와 같은 RF 렌즈에서 복사되는 빔의 방향과 패턴은 RF 소스로부터 인가된 빔들이 렌즈를 통과함으로써 발생하는 위상 지연(phase delay)과 굴절(refraction)에 의해 결정되며, 다양한 복사 방향 및 패턴을 위해서는 렌즈를 통한 위상 지연과 굴절을 자유롭게 조절할 수 있어야 한다.

[0005] 그러나, 종래에는 렌즈의 물리적인 형상(예를 들어, 렌즈의 두께와 표면의 곡률)을 조절함으로써 복사 방향 및 패턴을 변화시키는 데 그쳤다. 이 경우, 복사 방향과 패턴이 렌즈의 형상에 의존하는 한계가 있으며, 굴곡이 많은 렌즈 형상으로 인해 제작이 매우 어려운 문제점이 있다. 또한, 동작 주파수가 설계 주파수에서 벗어날수록 의도한 복사 방향과 패턴의 왜곡이 커져 광대역에서 사용이 어려운 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1697033호(2017.01.16)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 실시예들은 임의의 복사 방향과 패턴의 유도가 가능한 RF 렌즈를 RF 렌즈의 형상과 무관하게 설계할 수 있는 수단을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 예시적인 실시예에 따르면, 알에프 소스(RF Source); 상기 알에프 소스로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 상기 알에프 소스에서 복사되는 각 빔들을 통과시키는 복수의 단위 셀을 포함하며, 상기 단위 셀 각각은, 설정된 목표 동위상면(target wavefront)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 갖는, 알에프 렌즈가 제공된다.

[0011] 상기 단위 셀은, 유전체(dielectric) 또는 자성체(magnetic substance)로 이루어지며, 설정된 크기를 갖는 빈 공간이 상기 단위 셀 내에서 연장 형성될 수 있다.

[0012] 상기 단위 셀의 크기 대비 상기 빈 공간의 크기에 따라 상기 단위 셀 각각의 상대 유전율 또는 상대 투자율이 달라지는, 알에프 렌즈.

[0013] 상기 단위 셀 각각의 상대 유전율은, 아래의 수학식에 따라 계산될 수 있다.

$$[0014] \sqrt{\epsilon_{r0}} = \sqrt{\epsilon_{rN} + 1 - \cos(\theta_N)}$$

[0015] (여기서, ϵ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 유전율을 나타내며, ϵ_{r0} 는 상기 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 유전율을 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타냄)

[0016] 상기 단위 셀 각각의 상대 투자율은, 아래의 수학식에 따라 계산될 수 있다.

$$[0017] \sqrt{\mu_{r0}} = \sqrt{\mu_{rN} + 1 - \cos(\theta_N)}$$

[0018] (여기서, μ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 투자율을 나타내며, μ_{r0} 는 상기 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 투자율을 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타냄)

[0019] 상기 단위 셀 각각의 상대 유전율 및 상대 투자율은, 아래의 수학식에 따라 계산될 수 있다.

$$[0020] \sqrt{\epsilon_{r0}\mu_{r0}} = \sqrt{\epsilon_{rN}\mu_{rN} + 1 - \cos(\theta_N)}$$

[0021] (여기서, ϵ_{rN} 및 μ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 유전율 및 상대 투자율을 각각 나타내며, ϵ_{r0} 및 μ_{r0} 는 상기 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 유전율 및 상대 투자율을 각각 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타냄)

[0022] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 알에프 소스(RF Source)로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 상기 알에프 소스에서 복사되는 각 빔들을 통과시키는 복수의 단위 셀을 포함하며, 상기 단위 셀 각각은, 설정된 목표 동위상면(target wavefront)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 갖는, 알에프 렌즈가 제공된다.

[0023] 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따르면, 상술한 알에프 렌즈를 포함하는, 안테나가 제공된다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예들에 따르면, RF 렌즈에 포함되는 각 단위 셀 내 빈 공간의 크기를 조절함으로써 각 단위 셀의

상대 유전율 또는 상대 투자율을 원하는 값으로 조절할 수 있으며, 이에 따라 원하는 목표 동위상면을 만족시킬 수 있다. 특히, 단위 셀의 크기 대비 빈 공간의 크기에 따라 상기 상대 유전율 또는 상기 상대 투자율이 달라지도록 함으로써, 각 단위 셀의 상대 유전율 또는 상대 투자율을 원하는 값으로 용이하게 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 RF 렌즈를 설명하기 위한 예시
- 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 RF 렌즈를 설명하기 위한 예시
- 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 목표 동위상면을 만족시키기 위해 해당 단위 셀에서 필요한 상대 유전율 또는 상대 투자율을 나타낸 예시
- 도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 단위 셀 및 빈 공간의 폭(W)에 따른 유효 상대 유전율을 나타낸 그래프
- 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈의 예시
- 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈의 유무에 따른 전기장 분포를 나타낸 예시
- 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈의 유무에 따른 안테나 이득의 차이를 나타낸 예시
- 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈의 유무에 따른 정규화된 E, H 평면상에서 5.4GHz, 6.8GHz 및 8.2GHz에서의 안테나의 동일 편파(Co-pol) 및 교차편파(cross-pol)의 복사 패턴을 나타낸 예시

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 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] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 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 본 발명의 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.
- [0031] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 RF 렌즈(100)를 설명하기 위한 예시이며, 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 RF 렌즈(200)를 설명하기 위한 예시이다.
- [0032] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)는 RF 소스(102, 202) 및 복수의 단위 셀(104, 204)을 포함한다. 다만, 본 발명의 실시예들에 있어서 RF 렌즈(100, 200)가 RF 소스(102, 202)를 포함하는 것에 반드시 한정되는 것은 아니며, RF 소스(102, 202)는 RF 렌즈(100, 200)와 별도의 구성으로서 존재할 수도 있다.
- [0033] RF 소스(102, 202)는 전파 빔(beam)을 다방향으로 복사시키는 소스로서, 예를 들어 RF 렌즈(100, 200)의 중심에 배치될 수 있다.
- [0034] 단위 셀(104, 204)은 RF 소스(102, 202)로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 RF 소스(102, 202)에서 복사되는 각 빔들을 통과시킨다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 단위 셀(104, 204)은 예를 들어, -N번째 단위 셀..., -1번째 단위 셀, 0번째 단위 셀...N번째 단위 셀 등으로 이루어질 수 있다. 후술할 바와 같이, 단위 셀(104, 204)은 내부에 빈 공간을 갖는 유전체(dielectric) 또는 자성체(magnetic substance)로 이루어질 수 있다. 또한, 단위 셀(104, 204) 각각은 설정된 목표 동위상면(106, 206)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 가질 수 있다. 이때, N의 값이 클수록 보다 정밀하게 의도하는 복사 방향 및 패턴을 확보할 수 있다.
- [0035] 여기서, 목표 동위상면(106, 206)은 RF 렌즈(100, 200)를 통과하는 각 빔들이 목표 방사패턴(108, 208)을 형성하도록 하는 파면(wavefront)을 의미한다. 도 1을 참조하면, 목표 동위상면(106)은 예를 들어, 불규칙한 형태의

파면일 수 있다. 또한, 도 2를 참조하면, 목표 동위상면(206)은 예를 들어, z축 방향으로의 이득이 극대화되도록 z축 방향을 향하는 빔들과 수직한 평면 형태의 파면일 수 있다. 도 2에서는, RF 소스(202)로부터 RF 렌즈(200)의 외부 표면까지의 입사 각도가 모두 수직하게 하여 빔의 굴절로 인한 효과를 없앨 수 있도록 RF 렌즈(200)의 형상을 반구형으로 설계하였다. 이때, 의도한 목표 복사패턴(208)을 위한 목표 동위상면(206)은 전파 진행방향에 수직인 평면으로서, 이를 위한 단위 셀(204)별 유전율과 투자율이 $\theta = 0^\circ$ 를 기준으로 대칭임을 확인할 수 있다. θ_N 는 N번째 단위 셀이 z축 방향과 이루는 각도를 나타낸다. 이하에서 설명할 도 3 내지 8에서는 설명의 편의상 목표 동위상면이 도 2에 도시된 목표 동위상면(206)인 것으로 가정하기로 한다.

[0036] 상술한 바와 같이, 단위 셀(104, 204) 각각은 목표 동위상면(106, 206)을 획득하기 위해 서로 다른 유전율 또는 투자율을 가질 수 있다. 아래 수학식 1을 참조하면, 단위 셀(104, 204) 각각은 서로 다른 상대 유전율 또는 상대 투자율을 가질 수 있으며, 이에 따라 각 단위 셀(104, 204)을 통과하는 빔마다 서로 다른 위상 지연을 통해 임의의 목표 동위상면(106, 206)을 이루어 원하는 목표 복사패턴(108, 208)을 형성할 수 있다.

[0038] [수학식 1]

$$\beta_0 R_0 \sqrt{\epsilon_{r0} \mu_{r0}} + \beta_0 D_0 = \beta_N R_N \sqrt{\epsilon_{rN} \mu_{rN}} + \beta_N D_N$$

[0041] 여기서, β_0 는 진공에서의 전파상수를 나타낸다. 또한, R_N 는 N번째 단위 셀(104, 204)에 있어서 RF 소스(102, 202)로부터 RF 렌즈(100, 200)의 외부 표면까지의 거리를 나타내며, R_0 는 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에 있어서 RF 소스(102, 202)로부터 RF 렌즈(100, 200)의 외부 표면까지의 거리를 나타낸다. 또한, ϵ_{rN} 및 μ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 유전율 및 상대 투자율을 각각 나타내며, ϵ_{r0} 및 μ_{r0} 는 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 유전율 및 상대 투자율을 각각 나타낸다. 또한, D_N 은 N번째 단위 셀(104, 204)에 있어서 RF 렌즈(100, 200)의 외부 표면으로부터 목표 동위상면(106, 206)까지의 거리를 나타내며, D_0 는 0번째 단위 셀에 있어서 RF 렌즈(100, 200)의 외부 표면으로부터 목표 동위상면(106, 206)까지의 거리를 나타낸다.

[0043] 위 수학식 1에서, β_0 를 약분하면 아래 수학식 2가 획득된다.

[0045] [수학식 2]

$$R_0 \sqrt{\epsilon_{r0} \mu_{r0}} + D_0 = R_N \sqrt{\epsilon_{rN} \mu_{rN}} + D_N$$

[0048] 위 수학식 2를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)의 제작 방법이 주파수에 의존하지 않음을 확인할 수 있다.

[0050] 또한, RF 렌즈(100, 200)의 외부 표면에서의 굴절률(n_N)은 아래 수학식 3에 확인할 수 있는 바와 같이 단위 셀(104, 204) 각각에 서로 다른 상대 유전율 또는 상대 투자율을 할당함으로써 조절될 수 있다.

[0052] [수학식 3]

$$n_N = \sqrt{\epsilon_{rN} \mu_{rN}}$$

[0055] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 목표 동위상면(106, 206)을 만족시키기 위해 해당 단위 셀(104, 204)에서 필요한 상대 유전율 또는 상대 투자율을 나타낸 예시이다.

[0056] 도 2의 예시에서, 각 단위 셀(204)은 z축 방향과 서로 다른 각도(θ)를 이루거나 x축 방향과 서로 다른 각도(ϕ)를 이룰 수 있으며, 목표 동위상면(206)을 만족시키기 위해 각 단위 셀(204)에서 필요한 상대 유전율 또는 상대 투자율이 도 3에서와 같이 표현될 수 있다.

[0057] 일 예시로서, 단위 셀(204) 각각의 상대 유전율은 아래 수학식 4에 따라 계산될 수 있다.

[0059] [수학식 4]

$$\sqrt{\epsilon_{r0}} = \sqrt{\epsilon_{rN}} + 1 - \cos(\theta_N)$$

[0060]

[0062] 여기서, ϵ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 유전율을 나타내며, ϵ_{r0} 는 상기 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 유전율을 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타낸다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 단위 셀(204) 각각의 상대 유전율을 조절함으로써 목표 동위상면(206)을 만족시킬 수 있다. 위 예시에서, 단위 셀(204) 각각을 유전체로 사용하는 경우, 단위 셀(204)의 상대 투자율이 1의 값을 가지게 된다.

[0064] 다른 예시로서, 단위 셀(204) 각각의 상대 투자율은 아래 수학식 5에 따라 계산될 수 있다.

[0066] [수학식 5]

$$\sqrt{\mu_{r0}} = \sqrt{\mu_{rN}} + 1 - \cos(\theta_N)$$

[0067]

[0069] 여기서, μ_{rN} 는 N번째 단위 셀에서의 상대 투자율을 나타내며, μ_{r0} 는 상기 z축 방향을 향하는 0번째 단위 셀에서의 상대 투자율을 나타내며, θ_N 는 상기 N번째 단위 셀이 상기 z축 방향과 이루는 각도를 나타낸다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 단위 셀(204) 각각의 상대 투자율을 조절함으로써 목표 동위상면(206)을 만족시킬 수 있다. 위 예시에서, 단위 셀(204) 각각을 자성체로 사용하는 경우, 단위 셀(204)의 상대 유전율이 1의 값을 가지게 된다.

[0071] 또 다른 예시로서, 단위 셀(204) 각각의 상대 유전율 및 상대 투자율은 아래 수학식 6에 따라 계산될 수 있다.

[0073] [수학식 6]

$$\sqrt{\epsilon_{r0}\mu_{r0}} = \sqrt{\epsilon_{rN}\mu_{rN}} + 1 - \cos(\theta_N)$$

[0074]

[0076] 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 단위 셀(204) 각각의 상대 유전율 및 상대 투자율을 동시에 조절함으로써 목표 동위상면(206)을 만족시킬 수 있다. 위 예시에서, 단위 셀(204) 각각을 유전체와 자성체의 혼성체로 사용하는 경우, 단위 셀(204)의 상대 유전율 및 상대 투자율이 모두 1이 아닌 값을 가지게 된다.

[0078] 도 4는 본 발명의 실시예들에 따른 단위 셀(104, 204) 및 빈 공간의 폭(W)에 따른 유효 상대 유전율을 나타낸 그래프이며, 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)의 예시이다.

[0079] 도 4 및 도 5를 참조하면, RF 렌즈(100, 200)는 RF 소스(102, 202)로부터 서로 다른 방향으로 이격되어 상기 RF 소스(102, 202)에서 복사되는 각 빔들을 통과시키는 복수의 단위 셀(104, 204)을 포함할 수 있다. 이때, 각 단위 셀(104, 204)은 유전체, 자성체, 또는 이들의 결합으로 이루어질 수 있다. 또한, 각 단위 셀(104, 204)은 예를 들어, 설정된 폭(W)을 갖는 직육면체 기둥 형상의 빈 공간이 각 단위 셀(104, 204) 내에서 연장 형성될 수 있다. 구체적으로, 상기 빈 공간은 단위 셀(104, 204)의 중심을 공유하며, x축, y축 및 z축 방향으로 각각 연장 형성되면서 상호 수직한 3개의 직육면체 기둥으로 이루어질 수 있다. 다만, 이는 일 예시에 불과하며, 상기 빈 공간의 형상이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0080] 일 예시로서, 각 단위 셀(104, 204)이 유전체로 이루어지는 경우, 상기 빈 공간은 1.0의 상대 유전율을 갖고 상기 빈 공간을 제외한 나머지 부분은 2.9의 상대 유전율을 가질 수 있다. 상기 단위 셀(104, 204)의 크기 대비 상기 빈 공간의 크기에 따라 상기 상대 유전율 또는 상기 상대 투자율이 달라질 수 있다. 예를 들어, 상기 단위 셀(104, 204)의 상대 유전율 또는 상대 투자율은 상기 폭(W)의 크기에 따라 달라질 수 있다. 유효 매질 이론에 근거하여 상기 폭(W)의 크기가 증가함에 따라 단위 셀(104, 204)에서 공기가 차지하는 비율이 높아지게 되므로, 단위 셀(104, 204)의 유효 상대 유전율 또는 상대 투자율이 감소하게 된다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 각 단위 셀(104, 204) 내 빈 공간의 크기를 조절함으로써 각 단위 셀(104, 204)의 상대 유전율 또는 상대 투자율을 원하는 값으로 조절할 수 있으며, 이에 따라 원하는 목표 동위상면(106, 206)을 만족시킬 수 있다. 특히, 단위 셀(104, 204)의 크기 대비 빈 공간의 크기에 따라 상기 상대 유전율 또는 상기 상대 투자율이 달라지도록 함으로써, 각 단위 셀(104, 204)의 상대 유전율 또는 상대 투자율을 원하는 값으로 용이하게 조절할 수 있다. 이때, 서로 크기의 빈 공간을 갖는 단위 셀(104, 204) 각각은 3D 프린터(미도시)를 통해 손쉽게 제작될

수 있다.

- [0081] 도 4의 (a)는 전술한 방법으로 제작된 단위 셀(104, 204)의 예시를 나타내며, 도 4의 (b)는 상기 폭(W)의 크기에 따른 단위 셀(104, 204)의 상대 유전율 또는 상대 투자율의 변화를 나타내고 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 상기 폭(W)의 크기가 증가함에 따라 단위 셀(104, 204)에서 공기가 차지하는 비율이 높아지게 되므로, 단위 셀(104, 204)의 유효 상대 유전율 또는 상대 투자율이 감소하게 됨을 확인할 수 있다.
- [0082] 또한, 도 5는 복수의 단위 셀(104, 204)을 포함하는 RF 렌즈(100, 200)의 예시이다. 도 5에 도시된 바와 같이, RF 렌즈(100, 200)에 포함된 각 단위 셀(104, 204) 내 빈 공간의 폭(W)은 서로 다른 크기를 가질 수 있으며 이에 따라 각 단위 셀(104, 204)의 상대 유전율 또는 상대 투자율 또한 서로 다른 값을 가질 수 있다. 도 5의 예시에서, 각 단위 셀(104, 204) 내 빈 공간의 폭(W)은 RF 렌즈(100, 200)의 중심에서 멀어질수록 커지는 것을 확인할 수 있다. 다만, 이는 일 예시에 불과하며 상기 빈 공간의 폭(W)은 원하는 목표 동위상면(106, 206)에 따라 달라질 수 있다.
- [0084] 도 6은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)의 유무에 따른 전기장 분포를 나타낸 예시이다. 도 6의 (a)는 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)가 없는 경우에서의 동위상면을 나타내며, 도 6의 (b)는 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)가 있는 경우에서의 동위상면을 나타낸다.
- [0085] 도 6의 (a) 및 (b)를 참조하면, RF 렌즈(100, 200)가 없는 경우 곡선 형태로 나타나는 동위상면이 RF 렌즈(100, 200)로 인해 직선에 가까운 형상으로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 도 2에서 의도하는 목표 동위상면(200)을 달성하였음을 확인할 수 있다.
- [0087] 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)의 유무에 따른 안테나 이득의 차이를 나타낸 예시이다. 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)는 안테나(미도시)에 결합되거나 안테나의 일 구성으로서 존재할 수 있다. 또한, 도 7의 원 형태로 표시된 부분은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)가 있는 경우 주파수에 따른 상기 안테나의 이득을 나타내며, 도 7의 사각형 형태로 표시된 부분은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)가 없는 경우 주파수에 따른 상기 안테나의 이득을 나타낸다.
- [0088] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)가 존재하는 경우 상기 안테나의 이득이 월등히 증가한 것을 확인할 수 있다. 이는 RF 렌즈(100, 200)가 빔을 나란하게 하기 때문이다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)의 설계 방법은 주파수에 의존하지 않는다는 사실을 확인할 수 있다. 한편, 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)는 안테나뿐만 아니라 레이더 등과 같은 다양한 전자기 디바이스에 결합되거나 또는 이의 일 구성으로 존재할 수 있다.
- [0090] 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)의 유무에 따른 정규화된 E, H 평면상에서 5.4GHz, 6.8GHz 및 8.2GHz에서의 안테나의 동일 편파(Co-pol) 및 교차편파(cross-pol)의 복사 패턴을 나타낸 예시이다. 도 8의 (a), (b) 및 (c)는 5.4GHz, 6.8GHz 및 8.2GHz에서의 안테나의 동일 편파(Co-pol) 및 교차편파(cross-pol)의 복사 패턴을 각각 나타낸다.
- [0091] 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 RF 렌즈(100, 200)가 존재하는 경우 상기 RF 렌즈(100, 200)가 존재하지 않을 때와 대비하여 $\theta = 0^\circ$ 근처에서의 이득이 증가함을 확인할 수 있다. 또한, 이 경우에도 교차편파(cross-pol)는 거의 그대로 유지됨을 확인할 수 있다.
- [0093] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 전술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

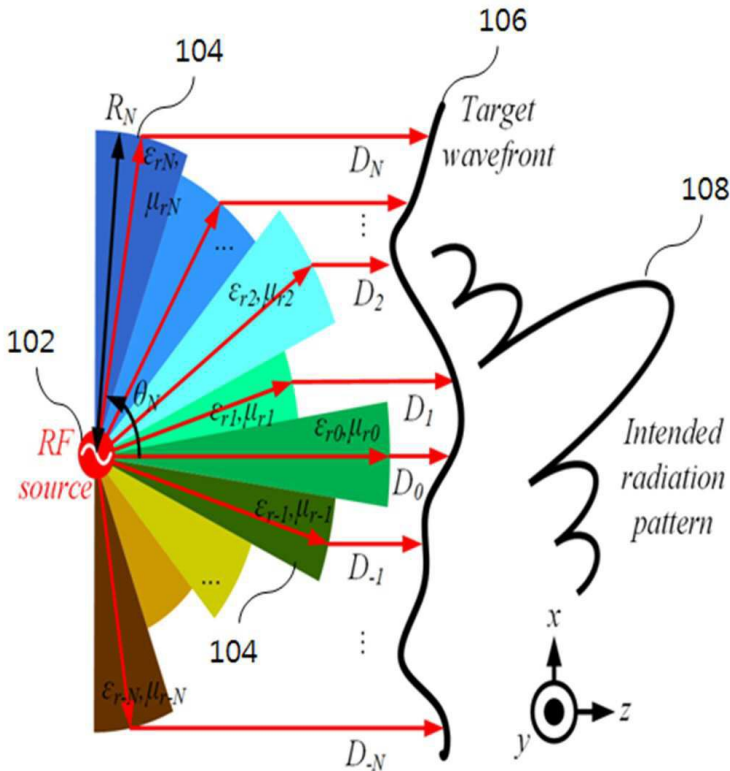
부호의 설명

- [0095] 100, 200 : RF 렌즈
102, 202 : RF 소스
104, 204 : 단위 셀
106, 206 : 목표 동위상면
108, 208 : 목표 방사패턴

도면

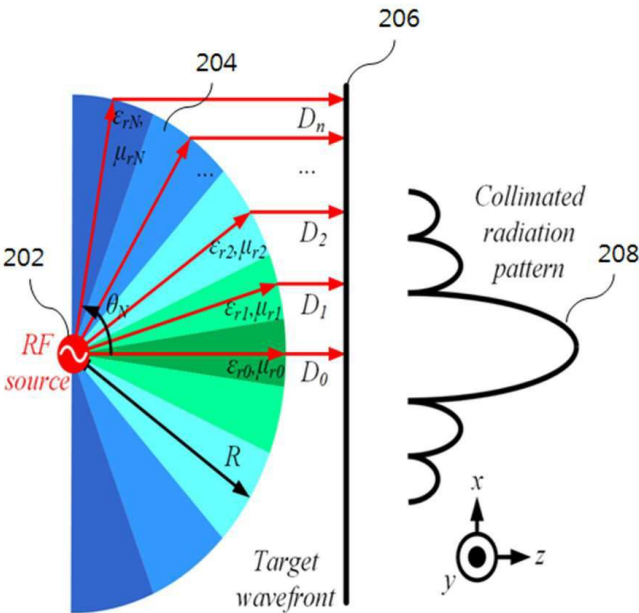
도면1

100

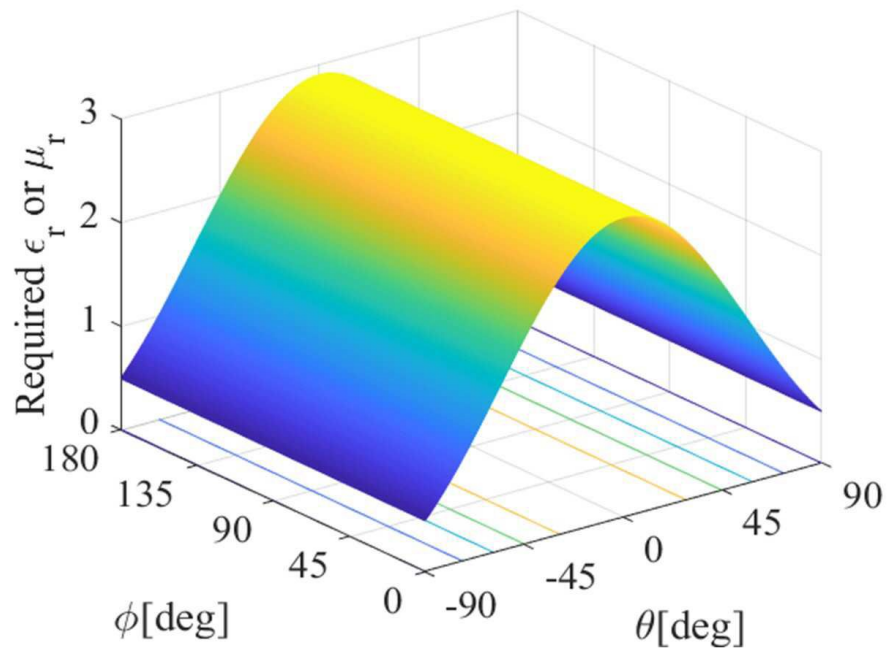


도면2

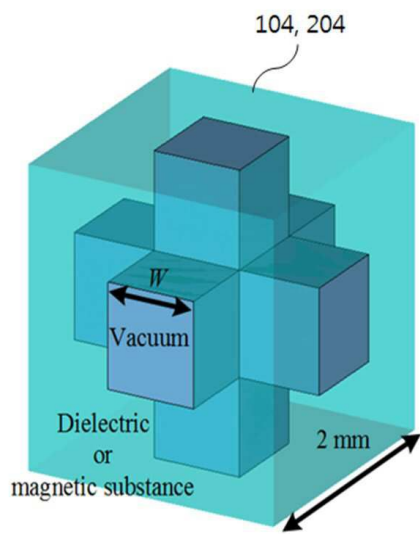
200



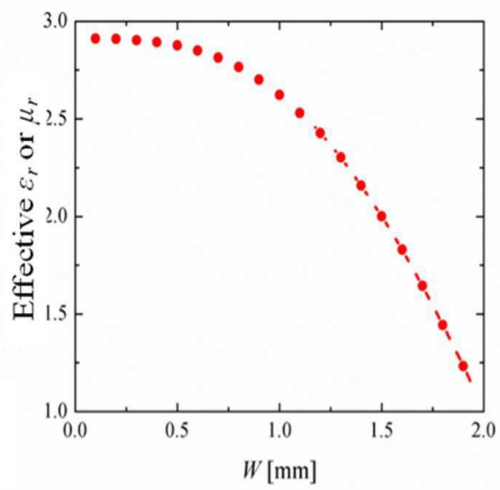
도면3



도면4



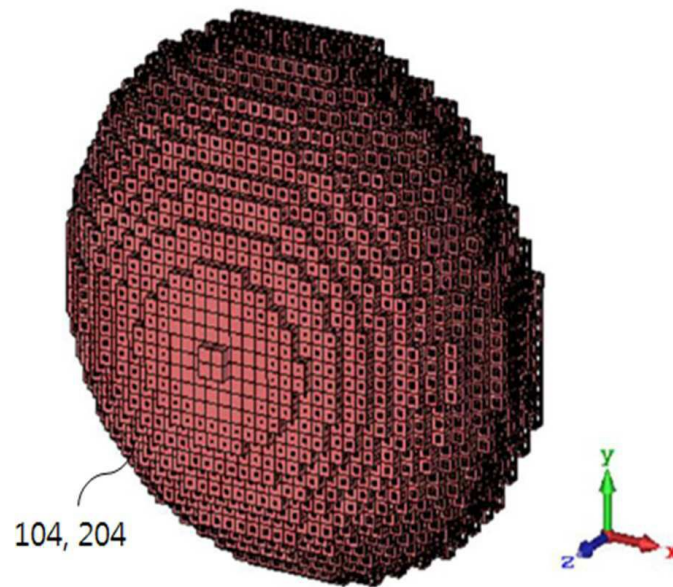
(a)



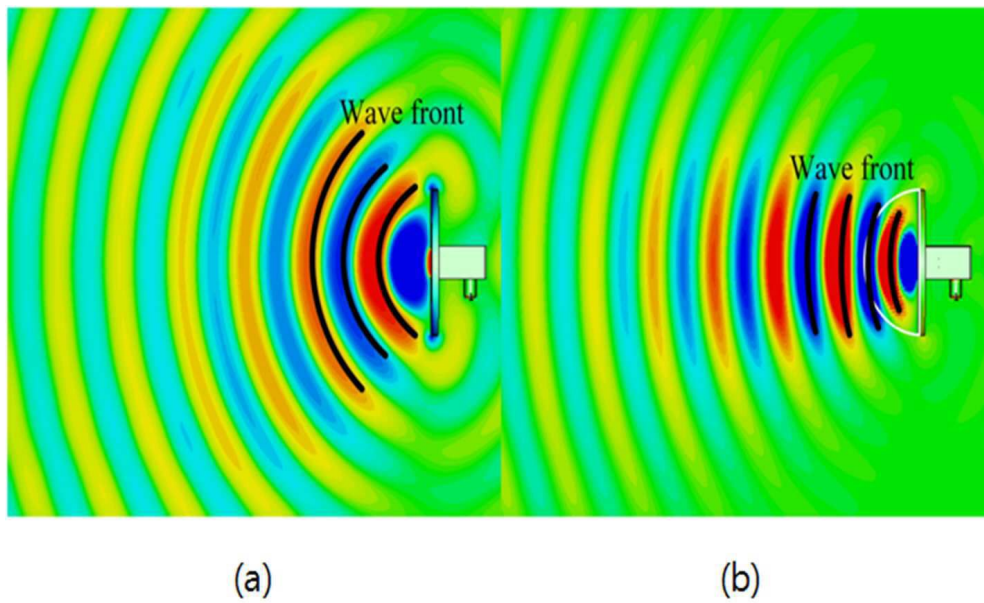
(b)

도면5

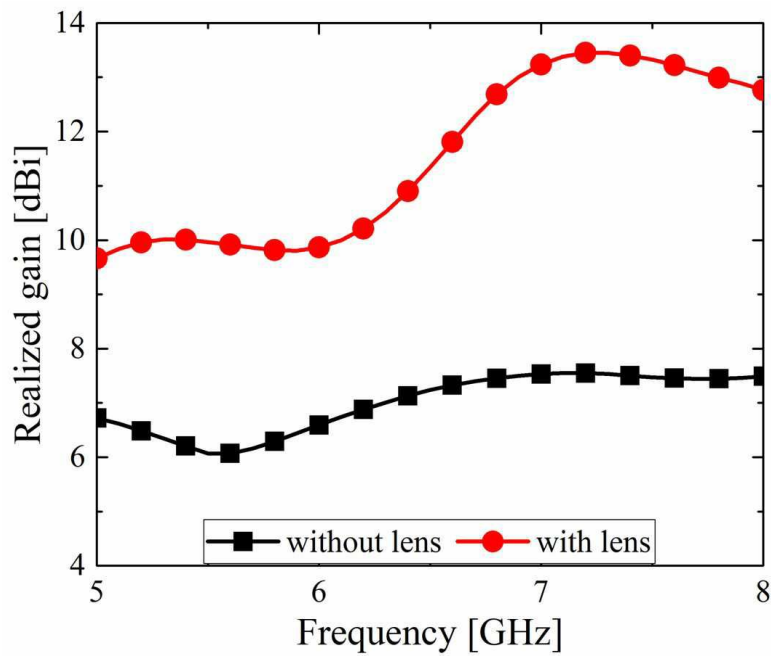
100, 200



도면6



도면7



도면8

