

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0028993 (43) 공개일자 2013년03월20일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01Q 13/08 (2006.01)		(71) 출원인 인천대학교 산학협력단 인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)
(21) 출원번호	10-2011-0091980	(72) 발명자 강승택 인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 내 (송도동, 인천대학교)
(22) 출원일자	2011년09월09일	
심사청구일자	2013년02월14일	목세균 경기도 시흥시 대야동 서강아파트 104동 1106호
		(74) 대리인 김태원

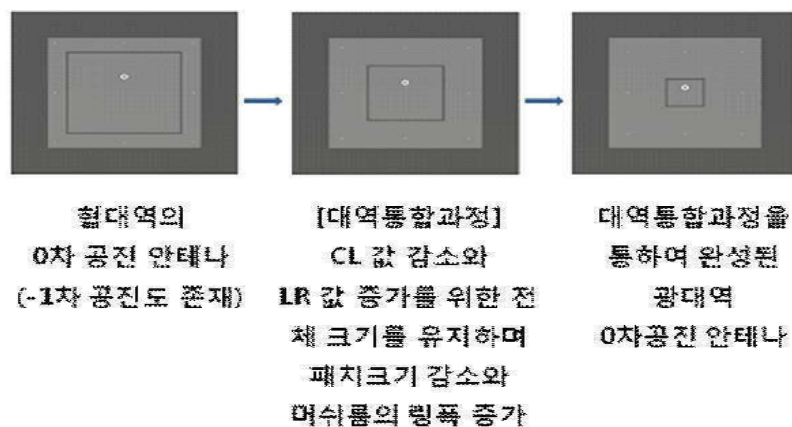
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 링 머쉬룸과 용량성 결합한 마이크로스트립 패치 구조 CRLH 0차 공진 안테나의 광대역화 및 이득 향상

(57) 요약

본 발명은 손쉬운 동축선 급전형의 일반 패치 둘레에 하나의 링머쉬룸을 일정한 간격을 두고 결합한 새로운 메타재질구조 CRLH 공진구조로서, 평면구이지만 모노폴 방사 패턴과 비대역폭 30%이상인 광대역특성을 가지는 Low-profile 안테나이다. RF전송시 위상 변화 없는 0차 공진 뿐만 아니라 위상선도 현상을 가지는 -1차 공진을 포함하는 협대역의 다중대역 안테나를 먼저 설계한 뒤, -1차 공진점을 0차 공진점 부근으로 이동시켜 초기 비대역폭인 3%에서 30%이상으로 확장과, 대역 전체에 걸쳐 모노폴 방사패턴을 가지면서, 메타재질구조의 소형화에서 발생하는 단점인 이득저감을 극복하고 높은 안테나 이득과 효율을 가지도록 설계한 0차 공진 안테나의 광대역화 및 이득 향상에 관한 것이다.

대 표 도 - 도14



특허청구의 범위

청구항 1

용량성 결합이 일어나는 비 주기형 0차 및 -1차 공진을 가지는 안테나를 구현하기 위해, -1차 공진과 양의 공진을 각각 직렬 커패시턴스 값과 직렬 인덕턴스 증가로서 0차 공진으로 이동시켜 0차 공진의 대역폭을 대폭 확장하고,

모노폴 방사 패턴을 가지는 0차 공진을 발생하기 위해 단락 핀을 가지는 링 머쉬룸 구조의 중앙에 마이크로스트립 패치가 결합하는 것을 특징으로 하는 링 머쉬룸과 용량성 결합한 마이크로스트립 패치 구조 CRLH 0차 공진 안테나의 광대역화 및 이득 향상.

청구항 2

제 1항에 있어서,

안테나 전체 크기 유지시 상기 링 머쉬룸 면적 증가에 따라 마이크로스트립 패치 구조의 면적이 줄면 직렬 커패시턴스가 줄어 0차 공진 대역이 증가하는 것을 특징으로 하는 링 머쉬룸과 용량성 결합한 마이크로스트립 패치 구조 CRLH 0차 공진 안테나의 광대역화 및 이득 향상.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 링 머쉬룸 면적 증가에 따라 링 둘레가 줄면 직렬 커패시턴스가 줄고, 링폭이 늘면 직렬 인덕턴스가 증가하는 것을 특징으로 하는 링 머쉬룸과 용량성 결합한 마이크로스트립 패치 구조 CRLH 0차 공진 안테나의 광대역화 및 이득 향상.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 메타재질구조(Metamaterial)복합 오른손 전송 및 왼손 전송(CRLH) 구조 기반의 0차 공진과 -1차 공진 현상이 발생하고, 상기 -1차 공진점을 0차 공진 부근으로 이동시켜 대역폭을 개선하고, 모노폴 안테나의 방사 패턴을 가지는 평면안테나의 설계에 관한 것이다. 특히, 일반 마이크로스트립 패치 구조의 기본 공진 모드인 반 파장 공진이나 반 파장 공진의 양의 정수 배가 아닌, 구조 전체에 RF 신호의 전계가 같은 위상을 갖게 하면서, 기존에 발표된 다수의 금속 셀 들이 같은 모양을 가지면서 주기적으로 일렬 연결된 1차원 0차 공진 안테나의 구조와 달리, 금속 패치 주위에 하나의 용량성 결합용 링 머쉬룸만을 부착하는 2차원 메타 재질 구조의 안테나에 관한 것이며, -1차 공진 특성까지 확연히 나타나는 협대역의 안테나를 설계한 뒤 -1차 공진과 0차 공진 점들을 모아 대역폭을 크게 확장한 링 머쉬룸과 용량성 결합한 마이크로스트립 패치 구조 CRLH 0차 공진 안테나의 광대역화 및 이득을 향상하는 안테나의 설계에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

본 발명은 초고주파(RF, Microwave/Millimeter-wave) 영역 중 소형 시스템 구성의 핵심 부품인 소형 안테나의 설계 부분에 관한 것으로, 이 분야의 종래 기술을 설명하기 위해 도 2를 참조하여 설명한다. 기존의 안테나 설계 기법에서는, 패치와 단락 핀으로 구성된 버섯구조를 주기적으로 연결하여 음의 유효 유전율과 음의 유효 투자율에 의한 CRLH DNG(Double Negative)형 0차 공진 특성을 보였다. DNG외에, 유효 유전율만 음의 값을 가지고, 유효 투자율은 양의 값을 보이는 ENG(Epsilon Negative)구조로 안테나를 설계할 수도 있다. 하지만, 이것 역시 주기 구조로서, 안테나의 크기가 커지면서도 안테나 이득은 작은 값에 머문다. 또한, 주기 구조 전체로 메타 재질 특성을 얻고 있어, 고정된 설계 변수의 반복으로부터 설계 자유도가 낮아지는 단점도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 일반적으로 기존 평면 패치 안테나는 수평방향으로의 전자기파의 방사가 매우 약하다. 다시 말하면 평방향으로 전자기파를 방사하는 모노폴 안테나는 1/4 파장의 길이로, 높이가 고정되어 로우 프로파일(Low-profile)화가 용이하지 않다. 위 두 문제를 해결하는 Low-profile 특성을 가지면서 수평방향으로 전자기파를 방사하는 기존의 0차 공진 안테나들은 비 대역폭이 10% 미만의 협대역과 썰 하나의 안테나 이득이 매우 낮은 문제점들이 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 따라서 본 발명의 목적은 단순한 마이크로스트립 패치 외곽에 단락 핀을 갖는 링 머쉬룸을 추가하여 용량성 결합이 일어나는 비주기형 0차 및 -1차공진을 가지는 안테나를 구현하고, 이를 기반으로 -1차 공진과 양의 공진을 각각 직렬 커패시턴스 값과 직렬 인덕턴스 증가로써 0차 공진으로 이동시켜 0차 공진의 대역폭을 대폭 확장하고 안테나 이득을 향상시키기 위한 것이다.

[0005] 본 발명의 평면형 메타재질구조 CRLH 안테나 설계는 손쉬운 동축선 급전형 패치에 단락핀을 가지는 링머쉬룸을 일정한 거리를 두고 결합하는 DNG형 0차 공진 안테나로 0차 공진특성뿐 아니라 -1차 특성이 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있다.

[0006] 또한, 본 발명의 안테나는 상기 링머쉬룸 구조는 0차뿐 아니라 -1차 공진 특성이 분명히 나타나므로 이를 이용하여 메타재질구조 안테나의 단점인 협대역 문제를 해결하기 위해 -1차 및 양의 공진점들을 0차 공진 부근으로 이동시켜 대역을 확장하여 30% 이상의 대역폭을 가지고, Low-profile이면서도 모노폴 방사 패턴과 높은 이득을 가지는 안테나이다.

[0007] 또한, 본 발명의 안테나는 대역폭을 확장하기 위한 구조변경은 전체 크기를 유지하면서 패치의 크기는 작아지고 작아진 만큼 링머쉬룸의 크기가 증가하는 형태이다. 이는 일정한 결합 거리를 가지면서 닿는 면적감소로 CL값이 감소가 되는 효과와 링폭증가로 LR값이 증가하는 효과가 있다.

[0008] 따라서 상기 CL값이 작아지면서 0차 공진 주파수보다 낮았던 -1차 공진 주파수가 높아져 0차 공진 주파수 부근으로 이동하게 되고, LR값이 커지면서 0차 공진 주파수보다 높았던 양의 공진 주파수들이 0차 공진 부근으로 낮아지게 되어 대역이 확장된 효과를 얻을 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 안테나를 설계하는 핵심기법은 -1차 공진 주파수의 상향 이동을 위해 머쉬룸과 패치의 결합으로 인하여 생긴 직렬 커패시턴스를 감소해야 하는데 전체 크기는 유지하면서 내부 패치의 면적을 줄이고 머쉬룸의 링폭을 늘리는 효과로 일정한 거리를 두고 결합하는 둘레가 줄어들게 되므로 직렬 C(C_L)값을 줄이며, 양수의 공진 주파수의 하향 이동을 위해 직렬 인덕턴스 $L(L_R)$ 는 증가해야 하는데 직렬 C값을 줄이는 과정에서 늘어난 증가한 링의 폭에 의해 직렬 인덕턴스가 증가하게 되는 것이다. 따라서 본 발명은 넓은 대역상에서 수평방향으로 방사가 가능한 소형 평면 안테나를 얻을 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 일반적인 메타 재질구조(Metamaterial) CRLH 전송 선로를 나타내는 도면이다.
 도 2는 종래 기술에서의 머쉬룸(Mushroom, 버섯)구조 단위 셀들의 주기적 배열 형태를 나타내는 도면이다.
 도 3은 동축선(Coaxial) 급전을 이용하고 일반적인 패치 안테나를 나타내는 그림으로 목표안테나를 설계하기 위한 중앙 안테나이다.
 도 4는 패치와 결합시켜 제안하는 안테나를 만들기 위한 단락 핀이 포함된 링머쉬룸 구조이다.
 도 5는 도 3과 도 4에서 나타난 구조물들의 결합으로 협대역의 0차 공진 안테나의 도면이다.
 도 6은 도 5의 구조에 대한 등가 회로를 나타내는 안테나 도면이다.
 도 7은 2.5GHz에서 0차 공진하고 2.04GHz의 -1차를 포함하는 제안한 협대역을 가지는 0차 공진 안테나의 도면이다.
 도 8은 도 7의 안테나를 제작한 것과 모의실험 간 S파라미터 결과를 나타내는 도면이다.
 도 9는 협대역을 가지는 0차 공진 안테나의 -1차 공진점인 2.04GHz에서의 방사 패턴을 나타내는 도면이다.

- 도 10는 협대역을 가지는 0차 공진 안테나의 -1차 공진점인 2.04GHz에서의 전계 분포를 나타낸다.
- 도 11은 협대역을 가지는 0차 공진 안테나의 0차 공진점인 2.5GHz에서의 방사 패턴을 나타내는 도면이다.
- 도 12는 협대역을 가지는 0차 공진 안테나의 0차 공진점인 2.5GHz에서의 전계 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 13은 협대역을 가지는 0차 공진 안테나 2-D 방사 패턴의 모의실험과 측정결과를 비교하는 도면이다.
- 도 14는 협대역의 0차 공진 안테나를 -1차 공진점을 이동시켜 광대역화하기 위해서 전체 크기는 유지시키면서 중앙 패치 안테나부를 작게 가져가고 링머쉬룸의 폭을 두껍게 가져가는 과정을 나타낸 도면이다.
- 도 15는 도면 14에 따른 링머쉬룸의 폭이 두꺼워지면 바뀌는 S파라미터의 특성을 나타내는 도면이다.
- 도 16은 본 발명의 광대역화된 안테나의 제작 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 17은 본 발명의 광대역화된 안테나의 S파라미터 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 18은 본 발명의 광대역화된 안테나의 방사 패턴을 나타내는 도면이다.
- 도 19는 본 발명의 광대역화된 안테나의 전계 분포를 나타내는 도면이다.
- 도 20은 반 발명의 광대역화된 안테나의 방사 패턴 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 통상 선형 안테나의 방사 특성 중 하나인 모노폴 방사특성을 가지면서 로우 프로파일(Low-profile) 특성과 그 크기의 소형화까지 가져오기 위한 방안으로 안테나를 설계할 때 매타재질구조(Metamaterial) CRLH 전송선로이론을 이용하는 방법이 하나의 대안으로 떠오르고 있다.
- [0012] 여기서 매타 재질구조는 특정 주파수에서 자연 상태의 물질로는 존재하지 않는 음의 유전율 또는 음의 투자율을 가지는 인공적인 물질로써, 전송선로로 구현할 때는 기존의 오른손(Right-handed(RH))특성에 왼손(Left-handed(LH)) 특성이 있는 전송선로를 추가시켜 구현하는데 이럴 경우 RH와 LH를 결합하였다고 하여 복합 오른손 및 왼손 특성 (CRLH (Composite Right and Left Handed))이라고 한다.
- [0013] 이하 도면을 참조로 본 발명에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0014] 도 1은 기본적인 매타재질구조 CRLH 전송선로를 나타낸 것이다. CRLH 전송선로는 직렬 L_R , C_L 와 병렬 C_R , L_L 로 구성되어있다. 직렬 인덕턴스(L_R)와 병렬 커패시턴스(C_R)가 Right-handed(RH) 특성을 나타내고, 직렬 커패시턴스(C_L)와 병렬 인덕턴스(L_L)가 Left-handed(LH) 특성을 나타낸다. 각각의 RH, LH 특성에 의해 차단 주파수가 결정되어 통과 대역이 형성된다. 또한, L_R , C_L 에 의해 직렬공진(ω_{se}), C_R , L_L 에 의해 병렬공진(ω_{sh})이 일어나게 된다. 이 두 주파수가 서로 다를 경우에는 Unbalanced 형태로 Bandgap이 형성되어 차단 대역 특성이 나타나며 서로 같을 경우에는 balanced 형태가 된다.
- [0015] 또, CRLH 전송선로 전체의 위상속도인 β_{total} 은 RH영역의 β_R 와 LH영역의 β_L 의 합에 의해 결정되며 LH영역의 β_L 이 음의 부호를 가지며 관련 수식은 다음과 같다.

- [0016] [수학식 1]

$$\omega_{se}(\beta = 0) = \frac{1}{\sqrt{L_R C_L}}$$

- [0017]

- [0018] [수학식 2]

$$\omega_{sh}(\beta = 0) = \frac{1}{\sqrt{L_L C_R}}$$

- [0019]

[0020] [수학식 3]

$$\beta_R = \omega \sqrt{L_R C_L}$$

[0021]

[0022] [수학식 4]

$$\beta_L = -\frac{1}{\omega \sqrt{L_L C_R}}$$

[0023]

[0024] [수학식 5]

$$\beta_{total} = \beta_R + \beta_L$$

[0025]

[0026] 만약 β_{total} 이 0의 값을 가지게 되면 0차 공진이 발생하게 되고, $\beta_{total}=0$ 인 경우 파장이 무한대가 되고 전파 전송에 따른 위상지연이 발생하지 않는다.

[0027] 이러한 이유로 위상이 같아지므로 전송선 및 공진기의 전체에 걸쳐 동위상을 가지게 된다. 이 모드의 공진 주파수는 CRLH전송선로를 구성하는 리액턴스 성분들이 결정을 하므로 안테나의 길이에 의존하지 않게 된다. 따라서 물리적인 길이에 상관없이 같은 변화를 가지는 전계와 자계의 형성이 가능하며 이는 부품의 소형화 및 새로운 특성을 가질 수 있는 방법이 된다.

[0028] 또한, 0차 공진 점에서 높은 효율의 모노폴 방사특성을 가지는 특징이 있다.

[0029] 특히 기존의 2차원 주기배열 방식을 따르지 않고, 단일 셀 형식으로서 큰 자기전류 루프가 발생하여 0차 공진에서도 이득을 크게 향상시킬 수 있다.

[0030] 이렇게 단일 셀 메타재질구조 CRLH전송선로를 형성하여 안테나를 설계하기 위해서 중앙에 동축선으로 급전되는 사용한 패치를 두고, 단락 핀이 포함된 링머쉬룸과 갭(gap)을 통한 직렬 용량성 결합을 도 3, 4, 5에서 결합과정을 확인할 수 있고, 도 6에서는 구조에 대한 등가 회로를 확인할 수 있다.

[0031] 도 2는 종래 기술의 머쉬룸 구조 단위 셀의 주기적 배열을 나타내는 도면이고, 도 3은 일반 패치 안테나의 모양, 도 4는 접지에 단락 핀(203)을 통해 연결된 링머쉬룸 구조이다.

[0032] 도 3에서 101은 안테나의 투시도이고 102는 금속모양을 나타낸 것이며 103은 동축선 급전을 이용했다는 것을 나타낸다. 또 도 4에서도 마찬가지로 201은 투시도이고, 202는 금속 모양만을 나타낸 것이다.

[0033] 도 7은 0차 공진점을 2.5GHz에 오도록 안테나를 설계하고 제작한 사진이고, 도 8에서 모의 실험과 측정치의 S파라미터 결과 비교를 나타낸다. 상기 2.5GHz에서의 방사 패턴과 전지장 전계 분포는 도 11, 도 12에 걸쳐서 나타내었는데, 도 12를 보면 알 수 있듯이 패치와 수직으로 전계 벡터가 균일하게 분포되어있는데 이는 0차 공진을 보여주며, 이러한 현상 때문에 폐곡선 형태의 자계 전류가 발생하여, 도 11에서 보이는 것처럼 모노폴 방사 패턴이 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0034] 또 0차 공진 점보다 낮은 주파수에 공진점이 있는 것을 확인할 수 있는데 이 부분은 -1차 공진점 이다. -1차 공진에 대한 특성을 도 9 와 도 10에 걸쳐서 안테나 방사 패턴과 전계 분포를 통해 확인할 수 있다. 도 9는 일반 패치 안테나와 같은 지향성을 가지는 안테나 패턴분포를 확인할 수 있고, 도 10에서 전계 벡터가 반파장 공진 형태로 나타남을 확인할 수 있다.

[0035] 도 13은 -1차와 0차 공진에서의 모의실험과 실제 측정한 방사특성 결과를 비교한 것을 나타내는데, 그 결과가 유사함을 확인할 수 있다. 이렇게 -1차 공진과 0차 공진 특성이 뚜렷하게 나타나는 0차 공진 안테나를 설계하였다. 0차 공진점에서의 안테나이득이 5dBi로 높은 이득과 방사 효율이 95% 이상으로 고효율의 안테나가 설계되었지만 대역폭이 80MHz정도로 측정되었으며 이를 비대역폭으로 환산하였을 때 3% 정도로 대역폭이 매우 좁은 것을 확인할 수 있다.

[0036] 따라서 대역폭 개선을 위해 0차뿐 아니라 -1차 부분이 뚜렷하게 나타나므로, -1차 공진 주파수를 0차 공진 주파

수로 이동시켜 대역을 확장한다. 대역폭 확장을 위해 0차 공진점 보다 낮은 공진점을 가지는 -1차 공진점은 주파수를 올려야 하기 때문에 음의 영역인 직렬 커패시턴스는 값이 작아져야 하고, 양의 공진 주파수를 낮추어야 하기 때문에 양의 영역인 직렬 L의 크기는 커져야 한다. 즉 안테나의 등가 회로를 나타내는 도 6에서의 C_L 부분이 작아져야 하는 것이고, L_R 부분이 커져야 하는 것이다.

[0037] 따라서 도 14에서 확인할 수 있듯이 전체적인 안테나의 크기는 유지하면서 직렬 커패시턴스인 C_L 을 결정하는 중앙패치 면을 줄이고 직렬 인덕턴스인 L_R 을 결정하는 링머쉬룸의 폭을 증가시켰다. 이 과정을 통해 C_L 의 감소와 L_R 의 증가를 가져올 수 있게 되는 것이다.

[0038] 도 15는 도 14에서 수행하였던 링 머쉬룸의 면적이 증가함에 따라 나타난 S파라미터 변화의 결과이다. -1차 공진 주파수와 더 높은 주파수인 0차 공진 주파수에 인접해 그 비대역폭을 3%에서 30% 정도로 확장할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

[0039] 도 16은 최종적으로 설계된 안테나를 보여주고 도 11에서는 모의실험과 측정치를 비교하는 S파라미터 결과를 나타내는데, 모의실험시에는 중심주파수 2.541GHz에서 770MHz의 대역폭을 가지는 것으로 나타났고 비대역폭으로 환산하면 약 30%의 대역폭을 가지는 것으로 나타났다. 이는 협대역 안테나가 가지는 비대역폭인 3%에서 무려 10배에 해당하는 대역폭으로 확장한 것이고, 중심주파수 2.873GHz에서 1428MHz의 대역폭을 가지므로 57%의 비대역폭을 가지는 것으로 협대역 안테나에 비교하여 15배 이상의 대역을 확장했다는 것을 확인할 수 있다.

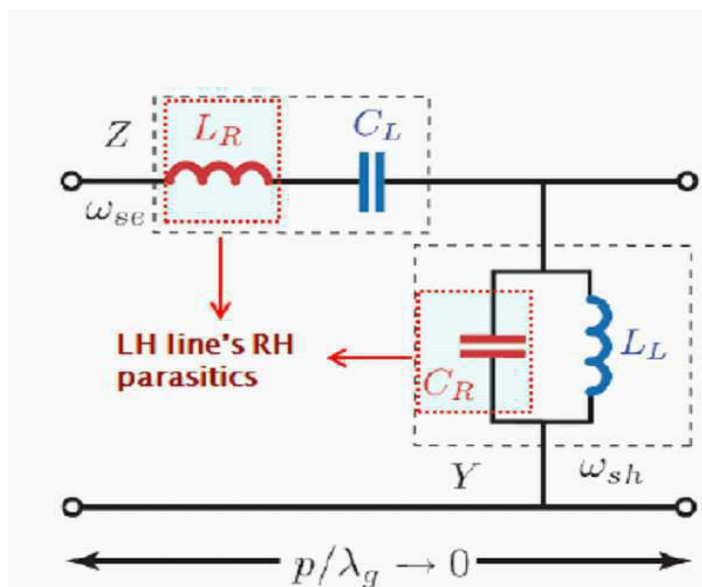
[0040] 도 19에서는 대역에서의 전계 분포를 나타내는데 0차 공진이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 그에 따라서 전대역 내에서 모노폴 방사 타입을 가지는 것을 도 18과 도 20에서 확인할 수 있으며 도 20에서 확인할 수 있듯이 측정치와 모의실험결과가 유사한 것을 볼 수 있다.

산업상 이용가능성

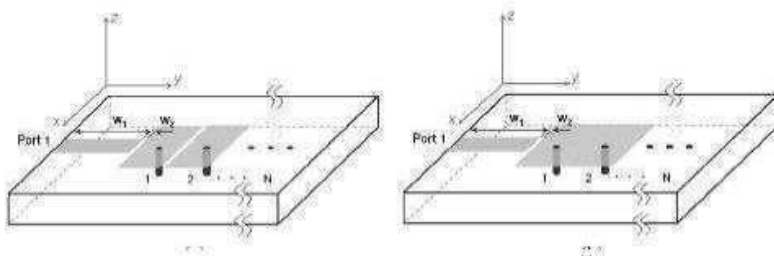
[0041] 본 발명은 선형 안테나가 가지고 있는 모노폴 방신타입을 가지고 있으면서도 Low-profile 특성이 있으며, 30% 이상의 대역폭 90% 이상의 높은 효율 3dB정도의 안테나 이득이 있기 때문에, 고 이득 고효율이 필요한 분야에서 선형안테나를 대체에서 사용될 수 있을 것이다.

도면

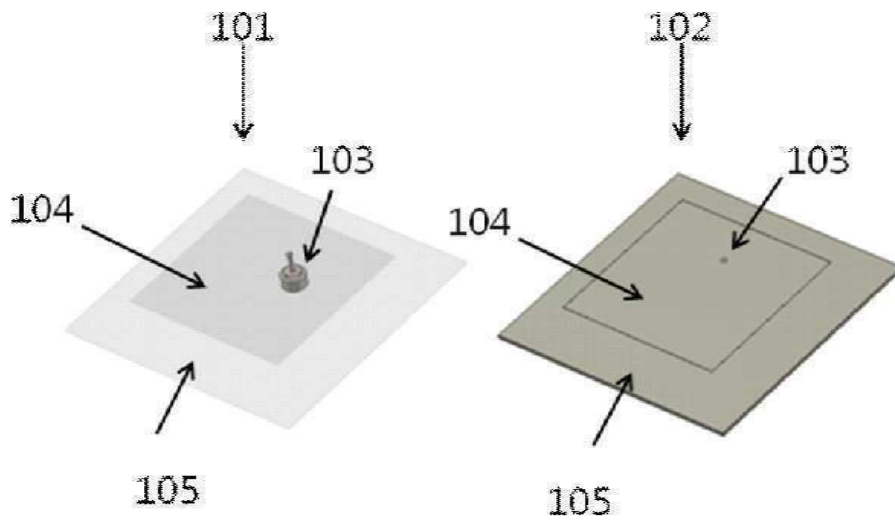
도면1



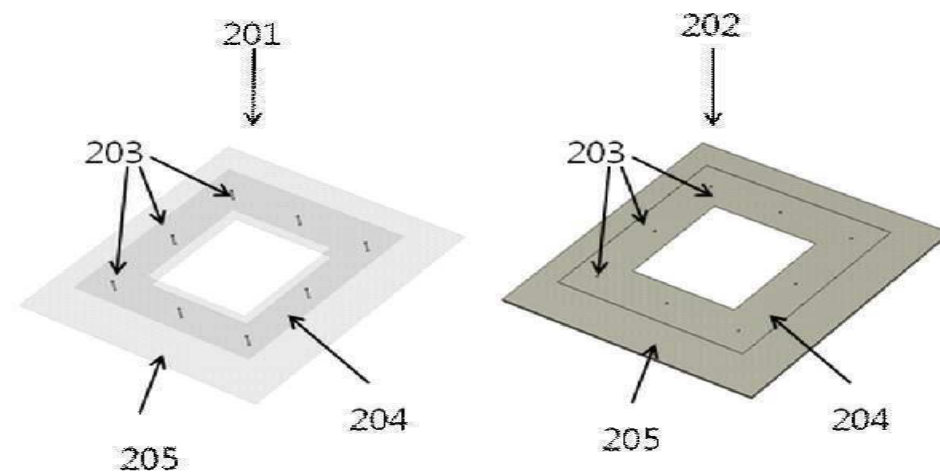
도면2



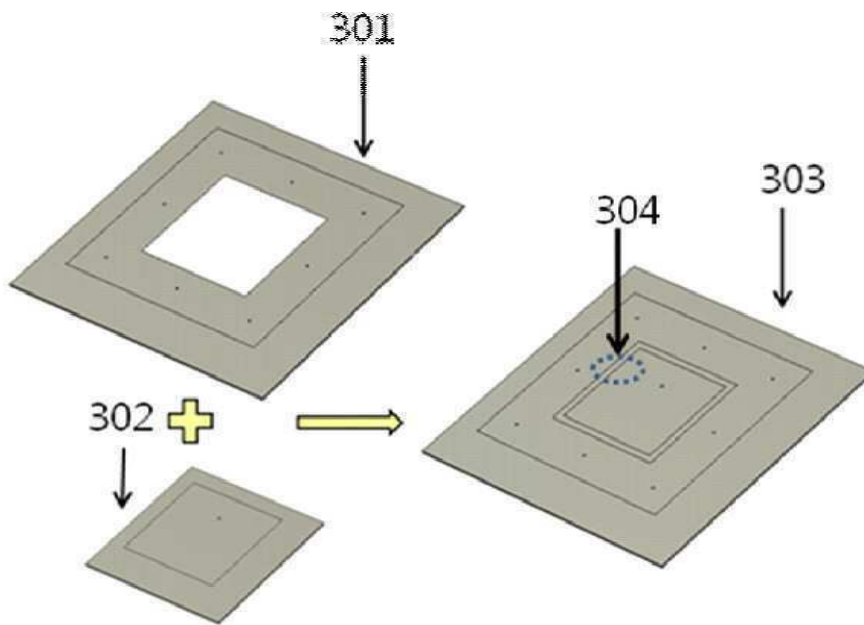
도면3



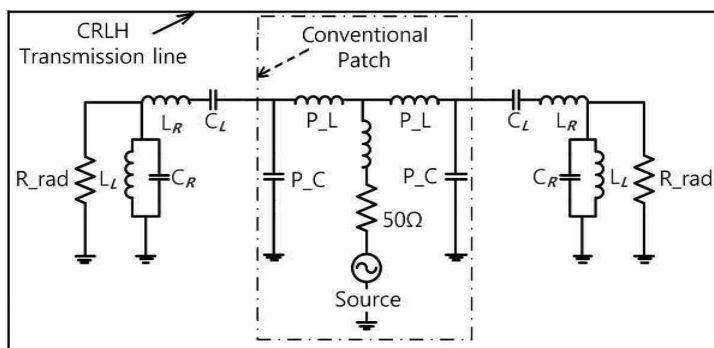
도면4



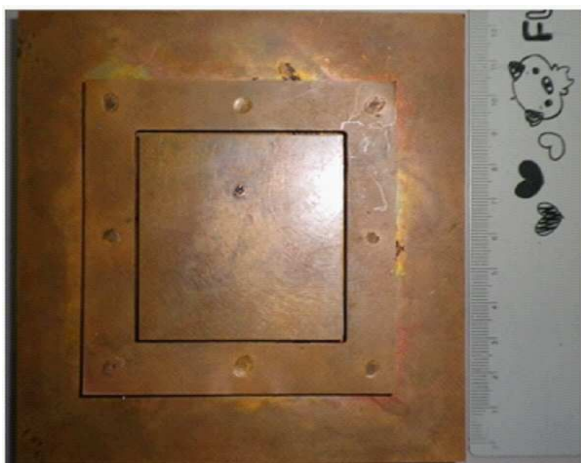
도면5



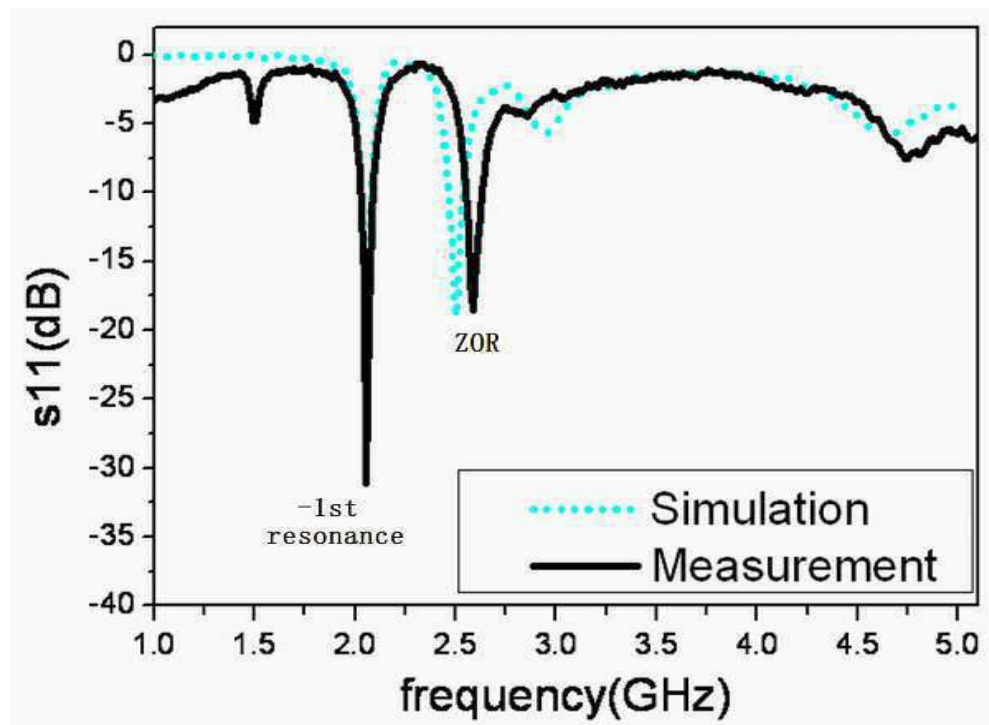
도면6



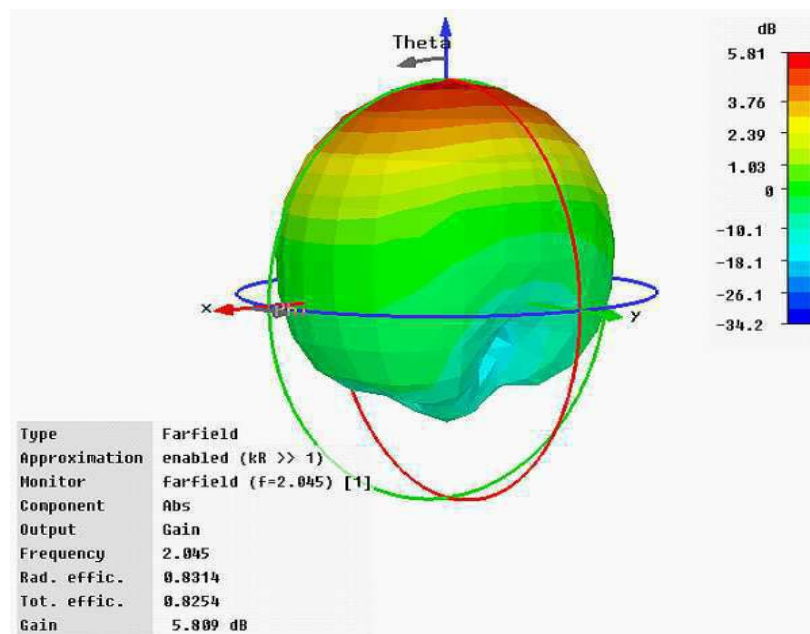
도면7



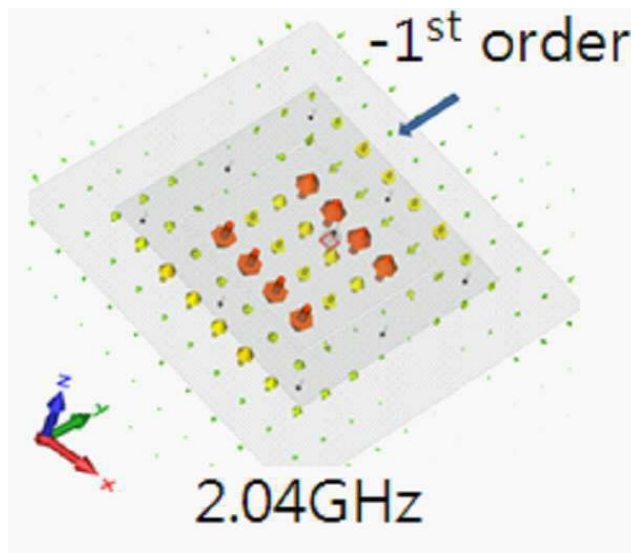
도면8



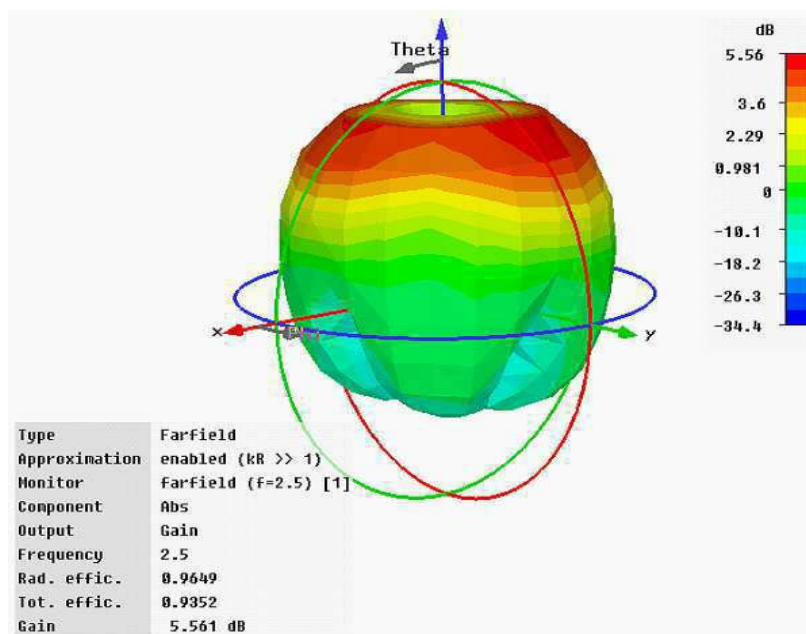
도면9



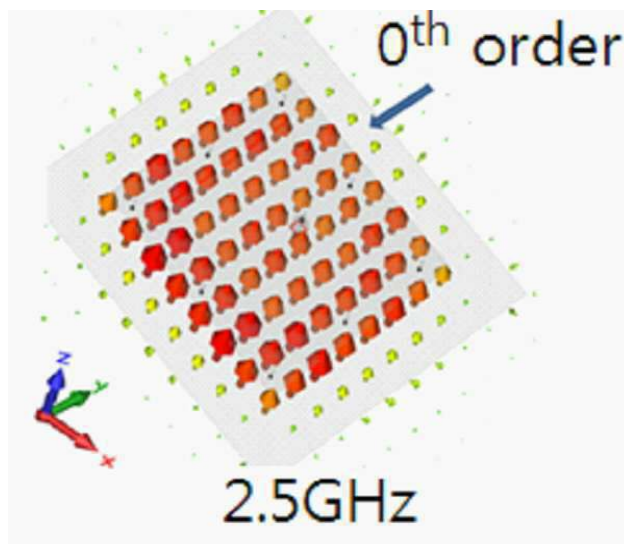
도면10



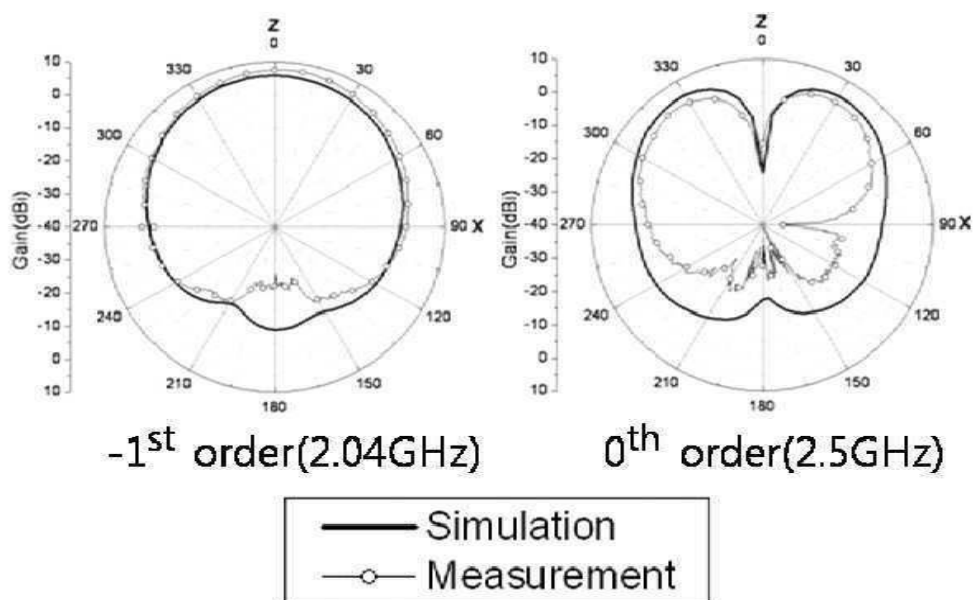
도면11



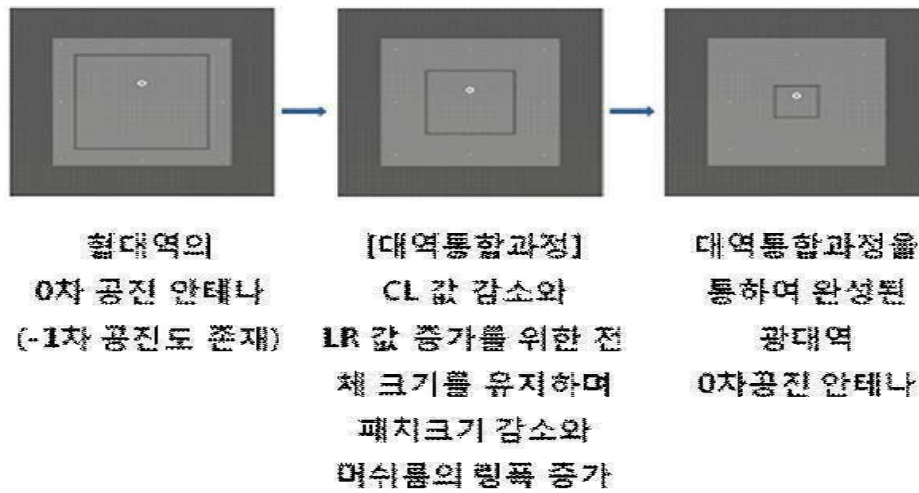
도면12



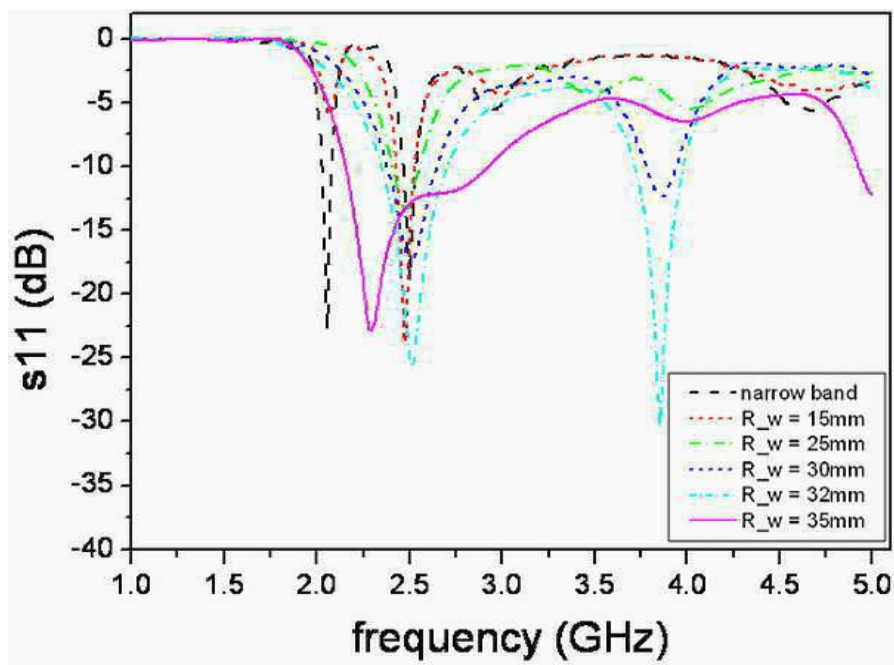
도면13



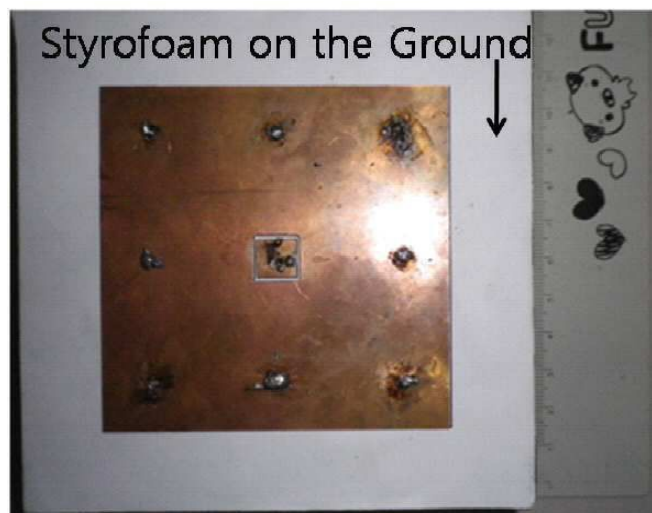
도면14



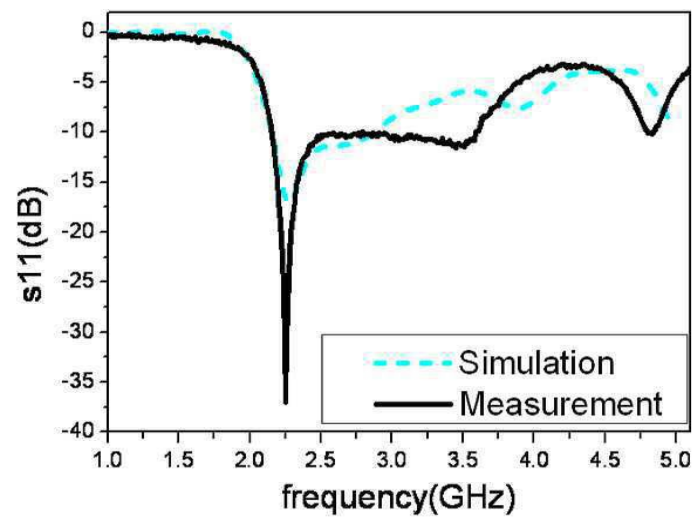
도면15



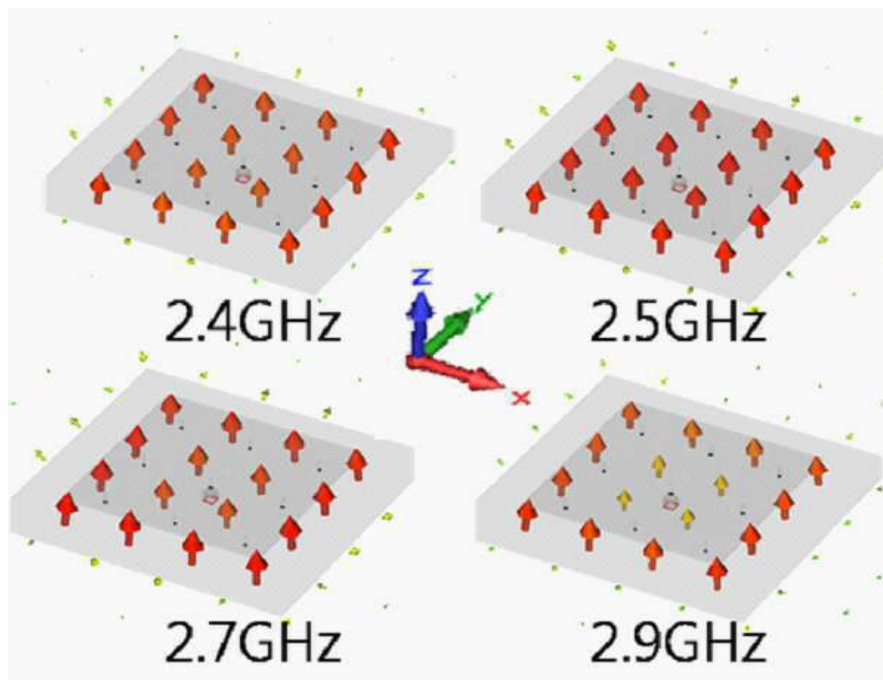
도면16



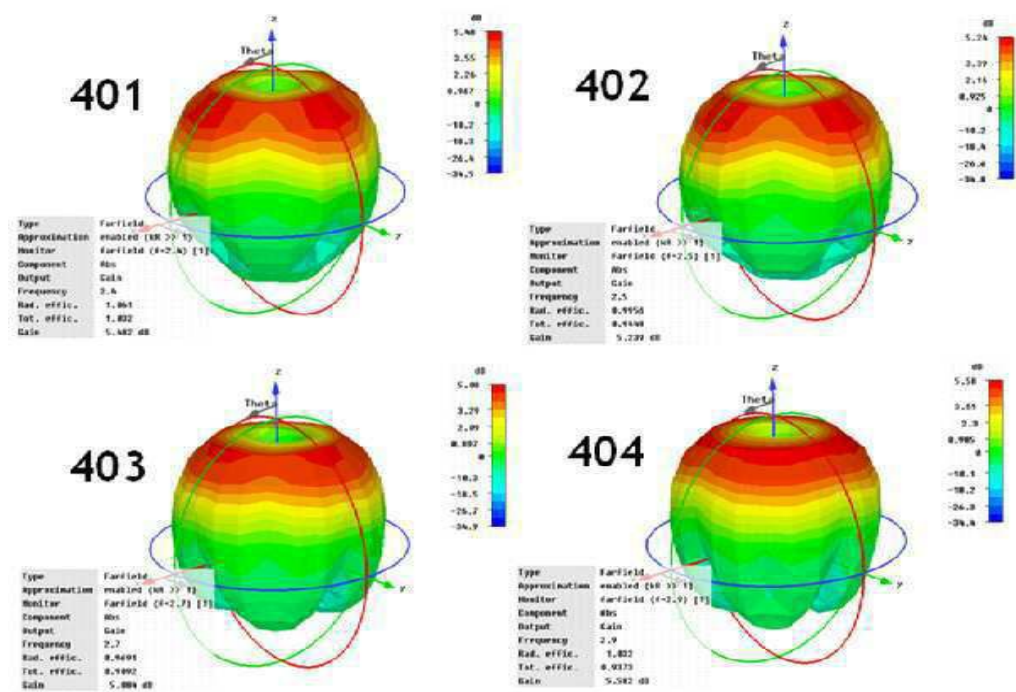
도면17



도면18



도면19



도면20

