(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0127394
(43) 공개일자 2011년11월25일

(51) Int. Cl.
H01Q 13/08 (2006.01) *H01Q 5/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0046845
(22) 출원일자 2010년05월19일
심사청구일자 2010년05월19일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 송도동 12-1, 11, 12번지
(72) 발명자
강승택
인천광역시 연수구 송도동 12-1,11,12 인천대학교 내
장건호
인천광역시 부평구 산곡2동 한양7차 101동 607호
(74) 대리인
김태원

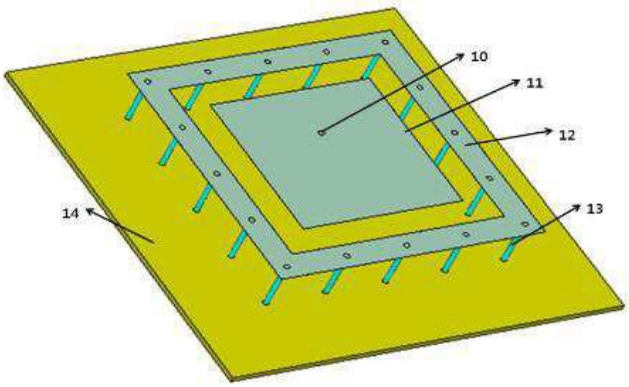
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 직각 링과 용량성 결합된 마이크로스트립 패치 구조의 2차원 메타재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나

(57) 요 약

본 발명은 메타 메트리얼(Metamaterial) 오른손 전송 및 왼손 전송(CRLH) 구조기반의 0차 공진 현상이 발생하는 새로운 직각 패치 안테나가 제안된다. 일반 마이크로스트립 패치 구조의 기본 공진 모드인 반파장 공진이나 반파장 공진의 양의 정수 배가 아닌 구조 전체에 전계가 같은 위상을 갖게 하면서, 기존에 발표된 다수의 금속 셀 들이 일렬 연결된 1차원 0차 공진 안테나의 구조와 달리 금속 패치 주위에 하나의 용량성 결합 직각 링만을 부착하는 구조를 제안하는 것이다.

대 표 도 - 도11



특허청구의 범위

청구항 1

메타재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나에 있어서,

복합 오른손 전송 및 왼손 전송 (CRLH) 구조의 직렬 커패시턴스를 형성하기 위한 패치와 간격을 가지는 직각 링을 포함하는 것을 특징으로 하는 메타재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나.

청구항 2

메타재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나에 있어서,

복합 오른손 전송 및 왼손 전송 (CRLH) 구조의 병렬 인덕턴스를 형성하기 위한 단락 핀 배열을 포함하는 것을 특징으로 하는 메타재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 직렬 캐패시턴스는 직각 링과의 갭으로, 병렬 인덕턴스는 직각 링의 단락 핀 배열로 구현하며, 상기 직렬 커패시터를 결정하는 갭의 크기가 작아질수록 공진점이 원하는 대로 낮아지며, 상기 갭의 크기가 0.2mm 일 때 가장 적당한 것을 특징으로 하는 메타재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 단락 핀 배열의 개수를 2개로부터 16개로 변화시키는 경우, 단락 핀 개수가 8개일 때 최적화되는 메타 재질구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG 안테나.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 복합 오른손 전송 및 왼손 전송(Compsite right/left-handed(CRLH))구조를 기본으로 하여 2.4GHz에서 0차 공진 현상이 발생하는 새로운 직각 패치 안테나에 관한 것으로, 일반적인 마이크로스트립 패치 구조의 기본 공진 모드인 반파장 공진이나 반파장 공진의 양의 정수 배가 아닌 구조 전체에 전계가 같은 위상을 갖게 하면서, 기존에 발표된 다수의 금속 셀 들이 일렬 연결된 1차원 0차 공진 안테나의 구조와 달리 금속 패치 주위에 하나의 용량성 결합 직각 링만을 부착하는 구조를 가진 직각 링과 용량성 결합한 마이크로 스트립 패치 구조의 2차원 메타 재질 구조 CRLH 0차 공진 DNG 및 ENG(Epsilon Negative)안테나에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 발명은 초고주파(RF,Microwave/Millimeter-wave) 영역 중 안테나(Antenna)의 설계부분에 관한 것으로, 최근 안테나 소형화 성능 개선에 있어 메타 메트리얼에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 상기 메타 메트리얼은 특정 주파수에서 자연 상태의 물질로는 존재하지 않는 음의 유전율 또는 음의 투자율을 가진 인공적인 물질로서 전송 선로를 구현할 때는 기존의 오른손 특성에 왼손 특성을 을 가지는 전송 선로를 추가시켜 구현한다. 특히 전파 상수가 0인 경우는 파장이 무한대와 같아지게 되므로 전송 선로의 물리적인 길이와는 상관없이 구조상에 동 위상의 전자장을 형성할 수 있으며, 따라서 부품의 소형화나 성능 개선을 할 수 있다.

[0003] 상기 안테나 설계분야의 종래 기술을 설명하기 위해 도 2를 참조한다. 도 2는 메타 메트리얼(Metamaterial) 0차 공진(위상 무변화) 안테나로써 가장 최초이면서 기존의 0차 안테나 구조의 모태가 된 A. Lai의 버섯(Mushroom) 구조로써 단위 셀 들을 일렬로 배열하고 개방형 종단을 취하면서 1GHz~3GHz 영역에서 공진 하도록 설계한 안테나이다. 상기 안테나는 0차 공진이 발생하기 때문에 공진기의 전반에 걸쳐 동 위상인 전계 분포를 통해 모노폴 안테나의 방사 패턴을 보인다.

[0004] 한편, T. Itoh는 버섯구조의 직접 연결과 갭 영향으로 다양한 구성을 시도하며 0차 공진과 모노폴 패턴의 결과

를 보고하였다. 특히 상기 위에서 기술된 A. Lai의 버섯 구조를 이용하여 9GHz~10GHz로 대역을 옮기고, 갭을 없애 ENG(Epsilon-Negative) 영역의 0차 공진을 얻었다. 또한, 버섯구조의 일렬 배열을 벗어나 단위 셀을 2*3의 2차원 배열형으로 확장하여 모노폴 패턴의 이득을 높였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 도 1에서 보여주는 메타 메트리얼(Metamaterial)의 CRLH(Composite Right/Left Handed)의 구조를 이용하여 0차 공진을 발생시킨다. 종래기술과 다르게 본 발명에서는 0차 공진 안테나들이 취하는 버섯 구조의 주기 배열의 형태를 벗어나 마이크로 스트립 패치를 감싸는 하나의 직각 링과 단락핀(Via)을 사용하여 용량성 갭을 만들어 0차 공진 특성을 만족시킨다. 따라서 2차원 주기배열을 따르지 않고 단일 셀 형식으로도 큰 자기 전류 루프가 형성되어 기존의 0차 공진 소형 모노폴이 가지는 이득을 크게 향상시키는 것이 본 발명의 목적이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 안테나는 복합 오른손 전송 및 왼손 전송 (CRLH) 구조의 직렬 커패시턴스를 형성하기 위한 패치와 간격을 가지는 직각 링을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 또한, 본 발명의 안테나는 복합 오른손 전송 및 왼손 전송 (CRLH) 구조의 병렬 인덕턴스를 형성하기 위한 단락 핀 배열을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명의 복합 오른손 전송 및 왼손 전송 구조의 상기 직렬 캐패시턴스는 직각 링과의 갭으로, 병렬 인덕턴스는 직각 링의 단락 핀 배열로 구현하며, 상기 직렬 커패시터를 결정하는 갭의 크기가 작아질수록 공진점이 원하는 대로 낮아지며, 상기 갭의 크기가 0.2mm 일 때 가장 적당한 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명의 복합 오른손 전송 및 왼손 전송 구조의 병렬 인덕턴스를 형성하기 위한 단락 핀 배열의 개수를 2개로부터 16개로 변화시키는 경우, 단락 핀 개수가 8개일 때 최적화되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명은 기존의 동축선 급전 일반 패치 안테나에 적합하면서도 지금까지 발표된 주기배열 구조를 취한 0차 공진 안테나와 달리 단일 셀로 설계가능하게 한 직각 링-패치 0차 공진 안테나를 구성하여 마이크로스트립의 저프로필(Low-profile)을 유지하면서도 높은 효율과 전 방향성의 모노폴 특성을 구현할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 일반적인 메타 메트리얼 CRLH 전송선로를 도시하는 도면이다.

도 2 는 종래의 버섯(Mushroom)구조 단위 셀 들의 배열 형태를 나타내는 도면이다.

도 3은 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 L, C성분을 나타내는 도면이다.

도 4 는 일반적인 패치 안테나의 L, C형태 등가 회로를 나타내는 도면이다.

도 5는 CRLH 0차 공진용 패치 안테나의 L, C 형태 등가 회로를 나타내는 도면이다.

도 6은 일반적인 패치 안테나의 전송선로 형태 등가 회로를 도시하는 도면이다.

도 7 은 일반적인 패치 안테나 등가 회로의 주파수 응답을 나타내는 도면이다.

도 8 은 0차 공진 안테나의 전송선로 형태 등가 회로를 나타내는 도면이다.

도 9는 0차 공진 안테나 등가 회로의 주파수 응답을 나타내는 도면이다.

도 10은 일반적인 패치 안테나의 3차원 모의시험 주파수 응답을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명에 따른 0차 공진 패치 안테나의 3차원 구조를 나타내는 도면이다.

도 12 는 본 발명에 따른 0차 공진 패치 안테나의 상면도를 나타내는 도면이다.

도 13은 본 발명에 따른 안테나의 갭 크기에 따른 공진점 변화도를 나타내는 도면이다.

도 14는 본 발명에 따른 안테나의 단락 핀 개수에 따른 공진점 변화도를 나타내는 도면이다.

도 15는 본 발명에 따른 0차 공진 패치 안테나의 주파수 응답을 나타내는 도면이다.

도 16은 일반적인 패치 안테나와 본 발명의 0차 공진 안테나의 주파수 응답 비교하는 도면이다.

도 17은 본 발명에 따른 안테나 이론값과 모의시험의 주파수 응답 비교하는 도면이다.

도 18은 일반적인 패치 안테나의 전계 분포를 나타내는 도면이다.

도 19는 본 발명에 따른 0차 공진 안테나의 전계 분포를 나타내는 도면이다.

도 20은 일반적인 패치 안테나의 방사 패턴을 나타내는 도면이다.

도 21은 본 발명에 따른 0차 공진 안테나의 고도각, 방위각 방사 패턴을 나타내는 도면이다.

도 22는 본 발명에 따른 ENG 안테나의 등가 회로를 도시하는 도면이다.

도 23은 본 발명에 따른 ENG 안테나의 3차원 구조를 나타내는 도면이다.

도 24는 도 23의 주파수 응답을 도시하는 도면이다.

도 25는 본 발명에 따른 ENG 안테나의 0차 공진 전계 분포를 도시하는 도면이다.

도 26은 본 발명에 따른 ENG의 0차 공진 안테나의 고도각, 방위각 방사 패턴을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명의 메타 메타리얼(Metamaterial)구조의 특성은 유전율과 투자율에 따라 매질의 특성을 나타낼 수 있다는 것이다. 상기 유전율과 투자율이 모두 양수인 경우 일반적인 오른손 전송(RH) 영역을 나타낸다. 상기 RH 영역에서는 에너지의 전달 방향인 군속도와 위상 속도가 동일한 방향을 나타낸다. 상기 음의 유전율과 양의 투자율을 갖는 경우가 ENG 영역이다. ENG 영역은 등가 회로적으로 직렬 커패시턴스가 없는 구조가 될 수 있다. 양의 유전율과 음의 투자율을 갖는 경우는 Mu Negative(MNG) 영역이다. MNG 영역은 병렬 인덕턴스가 없는 구조가 된다.

[0013] 도 1에 도시된 CRLH 전송선로 전체의 위상속도인 β_{total}은 오른손 전송(Right-handed(RH))영역의 β_R와 왼손 전송(Left-handed(LH))영역의 β_L의 합에 의하여 결정되며 왼손 전송(LH)영역의 β_L은 음의 부호를 가질 수 있게 된다.

[0014] 만약 β_{total}이 0이 되면 0차 공진이 발생하고 파장이 무한대와 같아지므로 전송선 및 공진기의 전체에 걸쳐 동위상을 가지게 된다. 따라서 물리적인 길이와 상관없이 같은 변화를 가지는 전계와 자계의 형성이 가능하며 이로 인해 부품 소형화 및 새로운 특성을 가질 수 있다. 또한, 상기와 같은 전계가 동일한 방향으로 형성되므로 마이크로스트립 구조에서 모노폴의 방위각에서 보이는 전방향 특성이 형성될 수 있다.

[0015] 도 3은 일반적인 패치 안테나 구조를 나타내는 도면이다. 구조를 살펴보면, 도시된 바와 같이 접지면 위에 직각 패치가 있으며 프로우브로 통해 급전이 이루어진다. 일반적인 패치 안테나를 L,C로 구성된 등가 회로적 으로 보았을 경우를 도 4에 나타내었다. 도 4와 같이 패치에 흐르는 전류 경로의 직렬 인덕턴스 성분(도 1의 L_R), 패치와 접지면 사이의 전계에 의한 병렬 커패시턴스 성분(도 1의 C_R)을 가지고 있다. 0차 공진을 유도하기 위해 인위적으로 추가해야 될 직렬 커패시턴스(도 1의 C_L)와 병렬 인덕턴스(L_L)성분을 포함하면 등가 회로는 도 5와 같이 된다.

[0016] 다음은 도 6은 도시된 바와 같이 일반적 패치 안테나를 위해 전송선로 형태로 등가화한 모습이다. 전기적 길이는 $\lambda/4$이며 단락회로(Open ended)로 구성되었다. 도 6의 회로의 주파수 응답은 도 7의 그래프와 같으며 2.4GHz에서 공진하는 것을 알 수 있다. 도 7의 그래프에 일반적인 패치 안테나의 등가 회로를 CRLH 전송선로 형태로 직렬 커패시터와 병렬 인덕터를 추가하면 도 8과 같은 회로가 된다.

[0017] 도 9의 그래프는 2.4GHz에서 동일하게 공진 하도록 커패시터와 인덕터의 값을 조절하여 주파수대 복귀 손실의 값을 나타내는 도면이다.

[0018] 일반적으로 종래의 패치 안테나를 CRLH, DNG구조의 0차 공진 안테나 형태로 변형하기 위해서 직각 링과 패치와 단락 핀(Via)을 이용한다. 상기 패치 안테나와 직각링 스트립의 간격에서 직렬 커패시턴스를 유도하며 접지된

단락핀(via)를 통하여 병렬 인덕턴스를 얻어 0차 공진을 발생시킨다.

[0019] 그에 앞서, 본 발명의 안테나 구조의 비교를 위해 먼저 기본적인 패치 안테나를 설계하도록 한다. 상기 기본적인 패치 안테나의 중심주파수는 위에서와 동일하게 2.4GHz로 설정하였으며 주파수 응답은 도 10에 도시된 그래프와 같다.

[0020] 다음은 본 발명의 안테나 물리구조를 설명한다. 도 11에서 보는 바와 같이 기존의 마이크로스트립 패치 안테나(도 11의 11)에 유한 구조로써 CRLH형 0차 공진을 유도하기 위해 직렬 커패시터(C)를 직각 링(도 11의 12)과의 갭으로, 병렬 인덕턴스(L)를 직각 링의 단락 핀(Via)(도 11의 13)으로 구현하는 형태이다.

[0021] 도 12는 도 11에 대한 상면에 대한 상면도는 도 12와 같으며, CRLH 구조의 직렬 커패시터 (C)를 결정하는 갭의 크기에 따라 특성을 확인한 결과 도 13과 같이 갭의 크기가 커질수록 공진 주파수 점은 위쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다. 도 13을 보면 그래프 하단에 기재된 바와 같이 갭의 크기가 0.1mm일 때 가장 적합한 값임을 알 수 있다.

[0022] 또한, 갭과 함께 중요한 변수 중 하나인 단락 핀의 개수를 변화시키면서 공진점의 특성변화를 살펴본 결과를 도 14에 나타내었다. 도 14에 나타난 바와 같이 단락 핀이 2개에서 16개까지 변화될 때 그 간격은 균일하게 유지된다. 단락 핀의 개수가 8개일 때가 가장 적합하였으며 증가하는 단락 핀들은 병렬 인덕턴스 (L)를 많이 늘이고 전류 경로를 나눠 공진 주파수 점을 상승하게 하는 특성이 있다.

[0023] 도 15는 최적화된 변수들과 함께 설계된 본 발명의 0차 공진 안테나의 주파수 응답을 나타내는 도면이다. DNG(Double Negative)구조이기 때문에 2.4GHz에서 0차 공진이 발생함과 동시에 1.6GHz에서 1차 공진이 발생하는 모습을 볼 수 있다.

[0024] 도 16에 나타나는 바와 같이 2.4GHz에서 공진하는 일반 패치 안테나, 본 발명의 직각 2차원-CRLH 안테나와 직각 2차원-CRLH 안테나에서 직각 링형과 단락 핀만 제거한 후 안테나의 주파수 응답을 비교한 결과 크게 변화하지 않는 것을 확인할 수 있다. 다음의 도 17은 앞서 설계한 등가 회로와 최종 설계된 실제구조의 주파수 응답을 비교한 결과이다.

[0025] 다음은 제안된 직각 2차원-CRLH 안테나의 0차 공진 조건을 확인하고자 한다. 0차 공진을 확인하는 방법들은 여러 가지가 있지만, 별도의 파라미터 추출기법 없이 안테나의 전계 벡터 분포를 확인함으로써 0차 공진을 확인할 수 있다.

[0026] 상기 0차 공진이 발생하면 파장이 무한대와 같아지므로 안테나 전체에 걸쳐 위상변화가 없게 되어 동일한 전계 벡터 분포를 나타내게 된다.

[0027] 도 18에서 보는 것과 같이 일반적인 패치 안테나의 경우 단락(Open)상태이기 때문에 양쪽 모서리에서의 전압이 최대로 발생하게 되어 전계 강도가 최대로 나타나며 그 방향은 반대다. 이와는 상대적으로도 19의 제안된 직각 링과 용량결합의 0차 공진 패치 안테나의 경우 0차 공진이 발생하게 되어 안테나 패치 전반에 걸쳐 동일한 전계 벡터 분포 및 강도를 보이고 있다.

[0028] 도 20에 나타난 바와 같이 일반적인 패치의 전 방향성 방사 패턴을 확인할 수 있는 것과는 달리 도 21은 방사 패턴 0°와 180°에 Null점이 발생한 모노폴 안테나 패턴이 발생한 것을 확인할 수 있다.

[0029] 이는 일반적인 패치에 인위적으로 0차 공진을 발생시키게 되면 패치와 수직으로 전계벡터가 균일하게 분포되기 때문에 주위를 한 흐름을 가지는 자계전류가 발생하여 모노폴과 같은 방사 패턴이 형성된다. 따라서 전계가 향하는 방향으로 null점이 발생하게 된다. 동시에 기존의 0차 공진 안테나와 달리 방사면적이 큰 상태에서 0차 공진을 유도하여 이득도 많이 증가한 것을 알 수 있다.

[0030] 한편, 위의 직각 링을 이용하여 용량성 결합을 유도하고 접지된 단락 핀을 이용한 CRLH의 DNG 구조에서 용량성 결합의 커패시턴스를 제거함으로써 ENG 안테나를 제안한다.

[0031] 상기 DNG의 등가 회로를 나타내는 도 5에서 직렬 커패시턴스를 생략하면 도 22와 같은 등가 회로가 된다. 또한, 등가 회로에 적절한 3차원구조는 도 11에서 일반 패치와 직각 링 사이의 갭을 없앰으로써 도 23과 같이 일반 패치 안테나에 단락 핀을 두어 구현하는 형태가 된다.

[0032] 도 23에 대한 3차원 EM 모의시험 결과는 도 24와 같다. DNG의 안테나에 1.6GHz에서 1차 공진이 발생하는 것과 달리 2.4GHz에서 첫 번째 공진이 나타나며, 이는 0차 공진이 된다. DNG의 0차 공진과 마찬가지로도 25는 ENG 0차 안테나의 패치 전반에 걸쳐 동일한 전계 벡터 분포를 보이고 있다.

[0033] 도 26은 도 21과 같이 0차 공진의 모노폴 안테나 방사 패턴을 보여주고 있다.

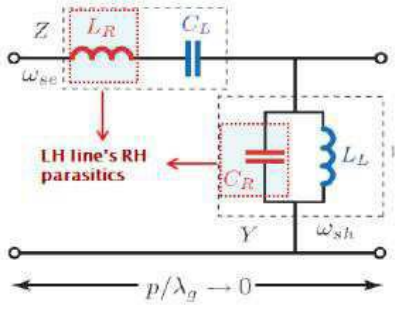
[0034] 마이크로스트립 패치 계열로서는 이득이 다소 감소하여 보이지만 패치 안테나의 Low-profile을 유지하면서 이득이 증가한 모노폴 안테나 패턴을 가짐을 알 수 있다.

산업상 이용가능성

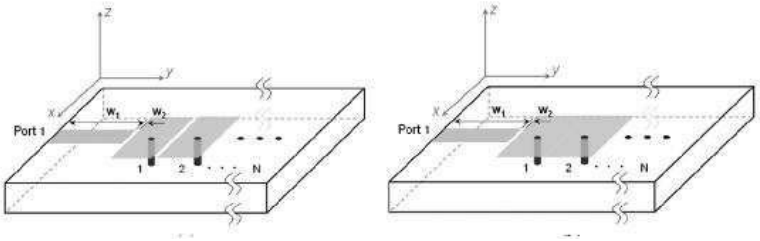
[0035] 본 발명은 안테나 소형화에 이용될 수 있다.

도면

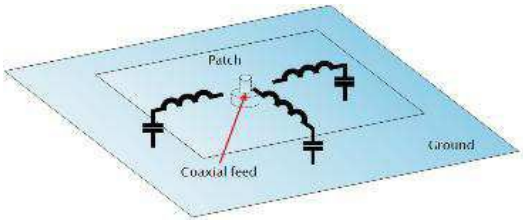
도면1



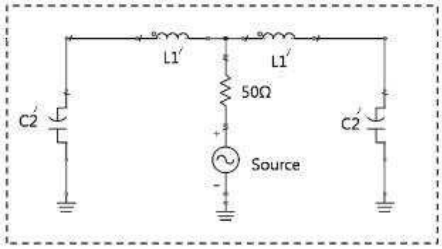
도면2



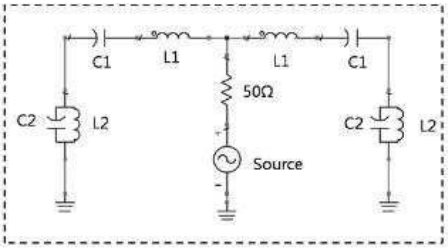
도면3



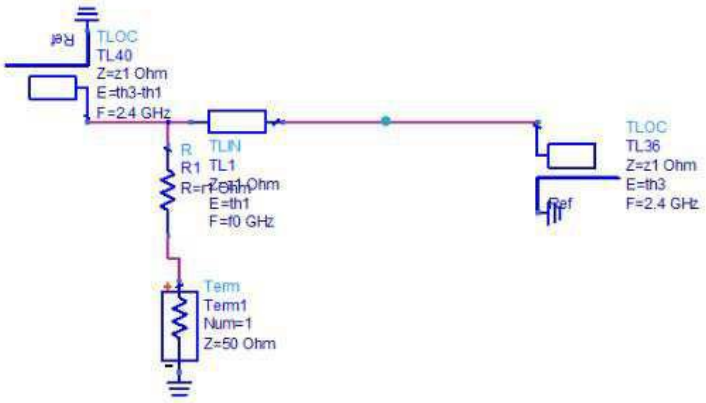
도면4



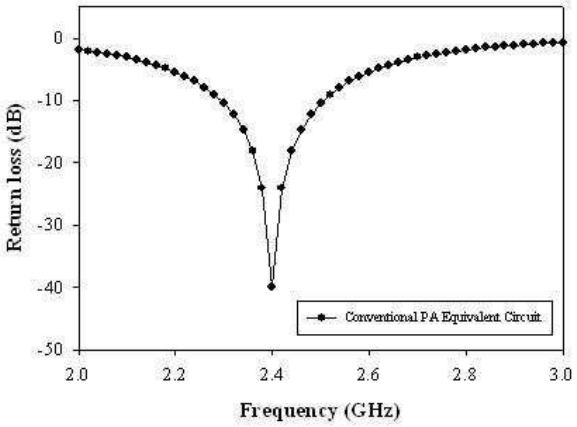
도면5



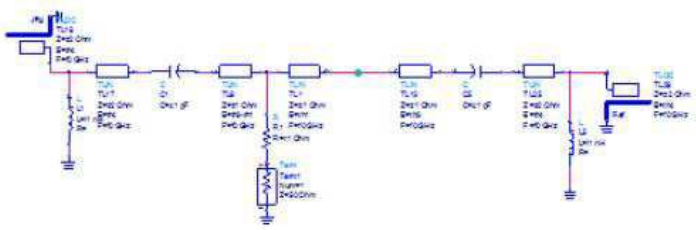
도면6



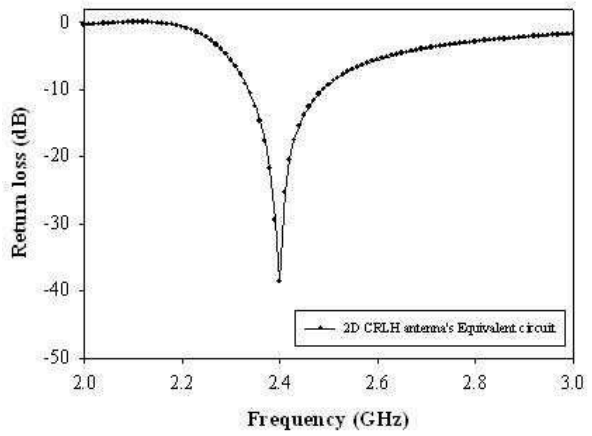
도면7



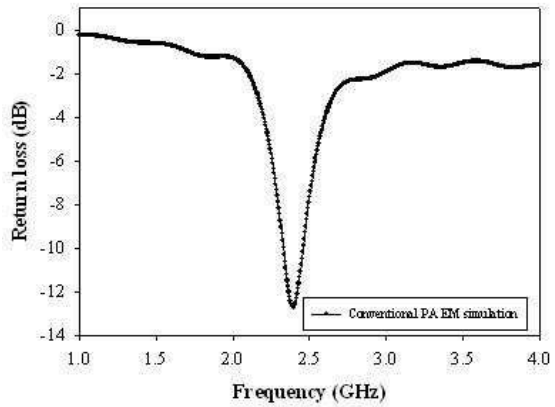
도면8



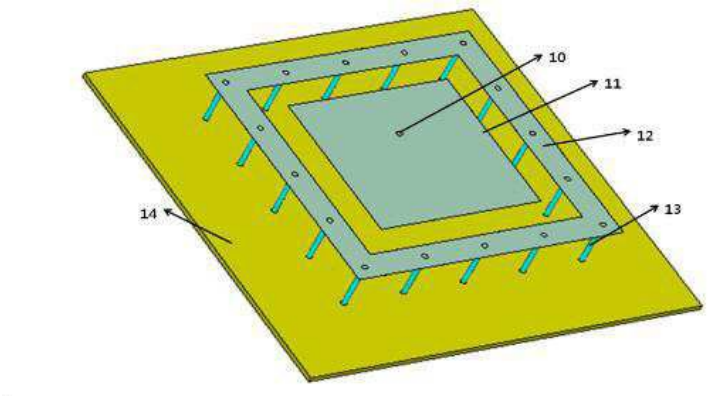
도면9



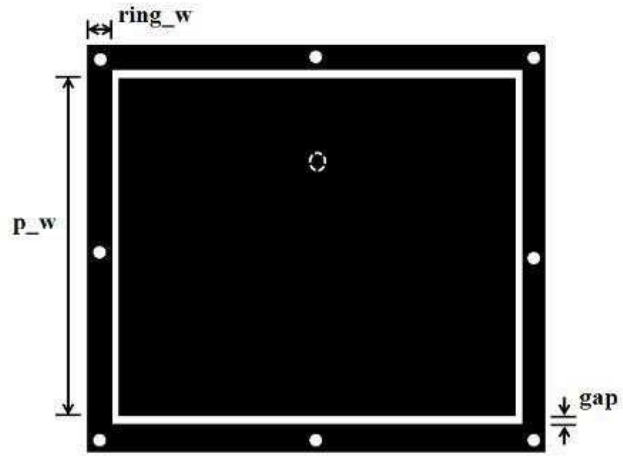
도면10



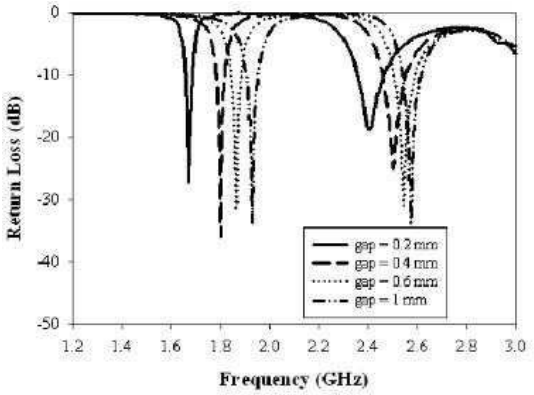
도면11



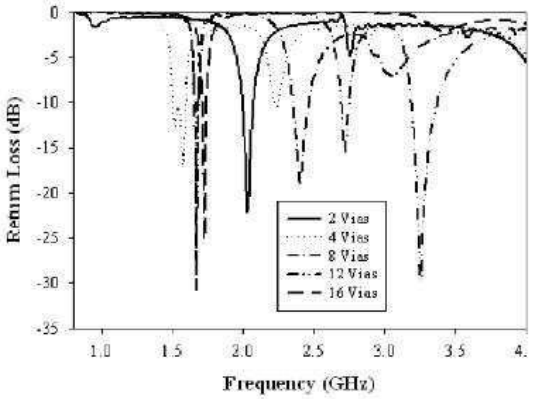
도면12



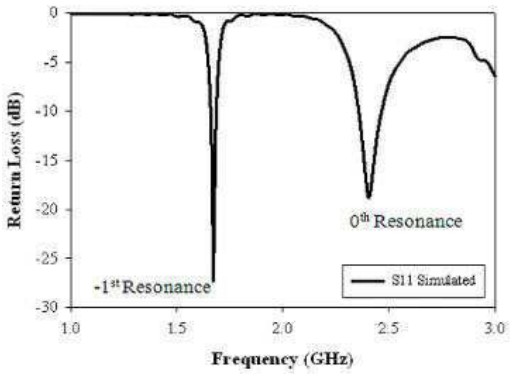
도면13



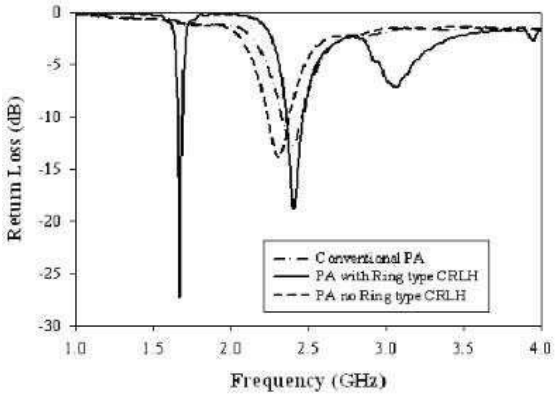
도면14



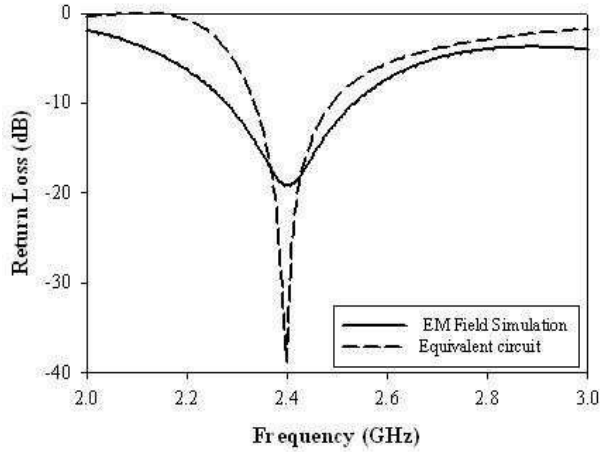
도면15



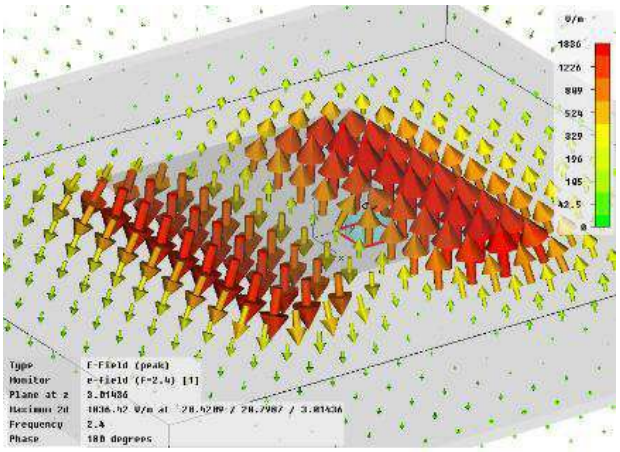
도면16



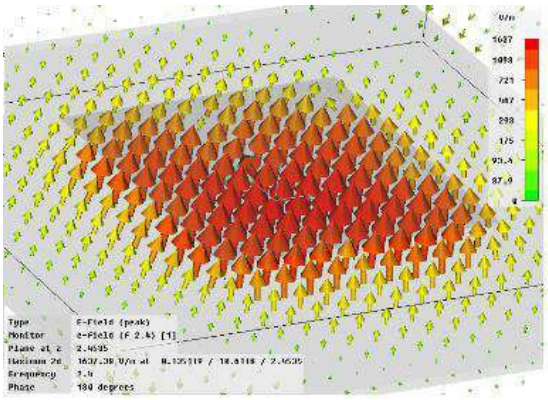
도면17



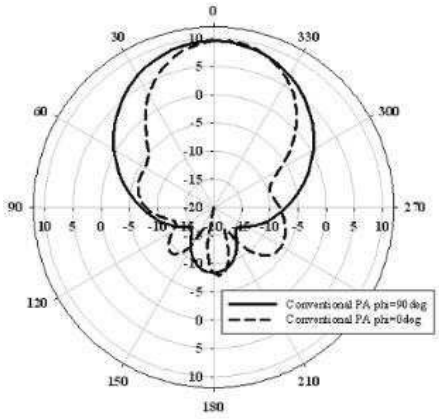
도면18



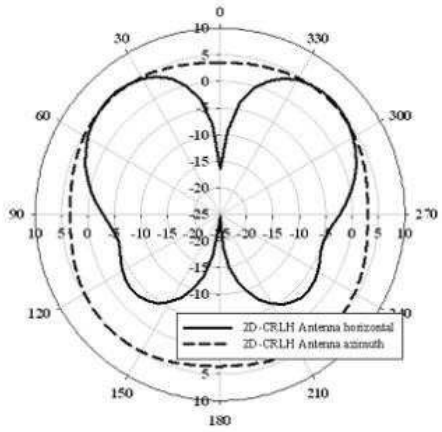
도면19



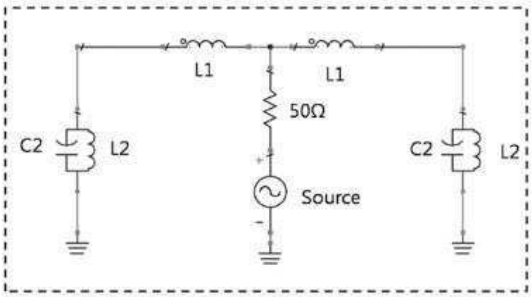
도면20



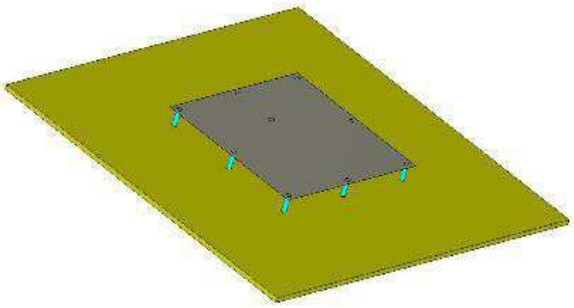
도면21



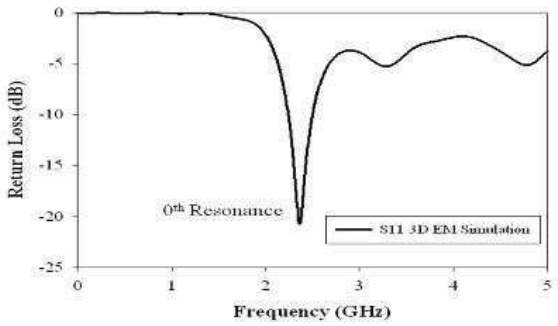
도면22



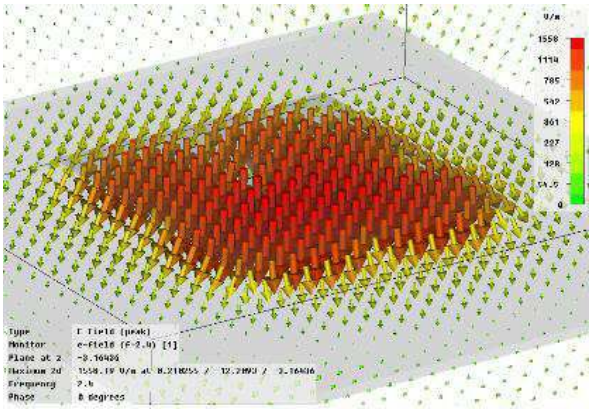
도면23



도면24



도면25



도면26

