

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호
WO 2010/074396 A2

PCT

(43) 국제공개일
2010년 7월 1일 (01.07.2010)

- (51) 국제특허분류:
H01Q 1/38 (2006.01) *H04M 1/00* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/006077
- (22) 국제출원일: 2009년 10월 21일 (21.10.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2008-0103016 2008년 10월 21일 (21.10.2008) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 주식회사 이엠파블유 (EMW CO., LTD.) [KR/KR]; 인천시 남동구 고잔동 680-3, 405-819 Incheon (KR). 포항공과대학교 산학협력단 (POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION) [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 효자동 산 31 포항공과대학교내, 790-784 Gyeongbuk (KR).
- (72) 발명자: 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 유병훈 (RYOU, Byung Hoon) [KR/KR]; 서울시 서초구 방배동 1008-2 번지, 레미안 방배 아트힐 109 동 1403 호, 137-060 Seoul (KR). 성원모 (SUNG, Won Mo) [KR/KR]; 경기도 시흥시 정왕동 대림 4단지 1303 동 401 호, 429-450 Gyeonggi-do (KR). 이 동 현 (LEE, Dong Hyun) [KR/KR]; 울산시 중구 약사동 삼성래미안 1 차 102 동 705 호, 681-762 Ulsan (KR). 박 위 상 (PARK, Wee

Sang) [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 지곡동 756 번지 교수아파트 4 동 1194 호, 790-751 Gyeongbuk (KR).

- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

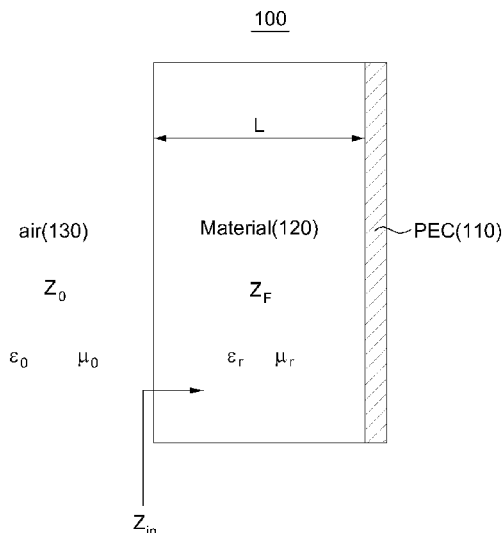
공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: ARTIFICIAL MAGNETIC CONDUCTOR USING PERMITTIVITY AND PERMEABILITY OF MATERIAL, AND DIPOLE ANTENNA

(54) 발명의 명칭 : 물질의 유전율과 투자율을 이용한 인공 자계 도체 및 다이폴 안테나

[Fig. 1]



(57) Abstract: Provided are an artificial magnetic conductor and a dipole antenna. The artificial magnetic conductor has a structure where a material having predetermined thickness, permittivity and permeability is placed on a conductor, and the dipole antenna is attached onto the artificial magnetic conductor.

(57) 요약서: 소정의 두께, 유전율 및 투자율을 가지는 물질이 도체 위에 올려지는 구조로 이루어지는 인공 자계 도체 및 인공 자계 도체 위에 부착되는 다이폴 안테나를 제공한다.

WO 2010/074396 A2

명세서

물질의 유전율과 투자율을 이용한 인공 자계 도체 및 다이폴 안테나

기술분야

- [1] 본 발명은 물질의 유전율과 투자율을 이용한 인공 자계 도체 및 다이폴 안테나에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 유전율과 투자율의 일반 물질을 도체 위에 위치시킨 인공 자계 도체 및 인공 자계 도체 위에 부착된 다이폴 안테나에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 인공 자계 도체(Artificial Magnetic Conductor: 이하 AMC라고 함)는 표면에서의 반사계수의 위상이 0° 가 되는 도체로서, 반사계수의 위상이 180° 인 일반적인 완전 전자 도체(Perfect Electric Conductor: 이하 PEC라고 함)와 상반되는 자계 도체이다. 이러한 AMC의 특성을 이용하면, 안테나를 AMC에 부착하더라도 이미지(image) 전류가 안테나와 동위상이 되기 때문에 안테나를 특정 표면에 부착할 수 있어 집적화가 가능하여 이로부터 다양하게 응용할 수 있다.
- [3] 종래의 AMC는 대부분 버섯 모양의 단위 셀을 주기적으로 나열한 구조로서 구조의 크기가 크고, 높이가 높아 전기적인 크기가 커서 집적화가 어렵고, 그 대역폭이 좁은 단점을 가진다.
- [4] 최근 투자율이 '1'보다 큰 자석식 유전체(magneto-dielectric) 물질이 안테나를 포함한 수동 소자의 대역폭을 향상시킴에 따라 기존의 유전율 값에 따른 수동 소자의 설계에서 벗어나 투자율이 높은 물질을 적용한 응용연구가 매우 활발하게 진행되고 있는 실정이다.
- [5] 지금까지의 자석식 유전체는 Split Ring Resonator(SRR)과 같은 함유물(inclusion)을 물질에 삽입하는 구조가 주를 이루고 있다. 높은 투자율 값을 가지는 물질로서는 페라이트(ferrite)가 있다. 하지만 원하는 투자율 값을 얻기 위한 페라이트의 정확한 가공 방법이 보고되지 않은 상황이며, 아직까지 1GHz 이상에서는 손실이 매우 높아 저주파수 대역에서만 사용이 가능하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 유전율과 투자율의 일반 물질을 도체 위에 위치시켜 설계된 AMC를 제공한다.
- [7] 또한 본 발명은 투자율이 높은 물질을 사용함으로써 대역폭을 향상시킬 수 있도록 설계된 AMC를 제공한다.
- [8] 또한 본 발명은 패터닝 기술이 필요 없이 물질의 유전율과 투자율을 이용하여 설계된 AMC를 제공한다.
- [9] 또한 본 발명은 AMC 위에 위치시켜 AMC의 유효성을 타진할 수 있는 다이폴

안테나를 제공한다.

[10] 또한 본 발명은 AMC 위에 위치시켜 특정 표면에 부착시키도록 설계된 박형 다이폴 안테나를 제공한다.

[11] 또한 본 발명은 AMC 위에 위치시켜 전기적인 크기를 줄일 수 있는 다이폴 안테나를 제공한다.

기술적 해결방법

[12] 본 발명의 일실시예는 소정의 두께, 유전율 및 투자율을 가지는 물질이 도체 위에 올려지는 구조로 이루어지는 인공 자계 도체를 제공한다.

[13] 본 발명의 다른 실시예는 유전율 및 투자율을 가지는 물질과 접지면으로 구성된 인공 자계 도체 위에 부착되는 다이폴 안테나를 제공한다.

유리한 효과

[14] 본 발명에 따르면, 유전율과 투자율의 일반 물질을 도체 위에 위치시켜 설계된 AMC를 제공할 수 있다.

[15] 또한 본 발명에 따르면, 투자율이 높은 물질을 사용함으로써 AMC의 대역폭을 향상시킬 수 있다.

[16] 또한 본 발명에 따르면, 물질의 유전율과 투자율을 이용하여 AMC를 설계함으로써 패터닝 기술이 필요 없다.

[17] 또한 본 발명에 따르면, AMC 위에 다이폴 안테나를 위치시켜 AMC의 유효성을 타진할 수 있다.

[18] 또한 본 발명에 따르면, AMC 위에 다이폴 안테나를 위치시켜 특정 표면에 부착시키도록 설계된 박형 다이폴 안테나를 설계할 수 있다.

[19] 또한 본 발명에 따르면, AMC 위에 다이폴 안테나를 위치시켜 다이폴 안테나의 전기적인 크기를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[20] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 인공 자계 도체의 구조를 나타내는 도면이다.

[21] 도 2는 물질의 유전율과 투자율이 다를 때 반사계수에 대한 위상의 일례를 나타내는 도면이다.

[22] 도 3는 유전율 손실에 따른 반사계수에 대한 위상의 일례를 나타내는 도면이다.

[23] 도 4는 유전율 손실에 따른 반사계수에 대한 진폭의 일례를 나타내는 도면이다.

[24] 도 5는 투자율 손실에 따른 반사계수에 대한 위상의 일례를 나타내는 도면이다.

[25] 도 6은 인공 자계 도체 위에 다이폴 안테나가 부착된 일례를 나타내는 도면이다.

[26] 도 7은 다이폴 안테나의 다양한 구조에 따른 동작 주파수의 일례를 나타내는 도면이다.

[27] 도 8는 x-z 평면에서의 지향성 방사 패턴의 일례를 나타내는 도면이다.

[28] 도 9는 물질의 유전율, 투자율 값에 따른 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수의

일레를 나타내는 도면이다.

[29] 도 10은 물질의 두께에 따른 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수의 일레를 나타내는 도면이다.

[30] 도 11는 다이폴 안테나와 인공 자계 도체의 간격에 따른 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수의 일레를 나타내는 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[31] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 AMC 및 AMC 위에 부착된 다이폴 안테나를 상세하게 설명하기로 한다.

[32] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 AMC의 구조를 나타내는 도면이다.

[33] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 AMC(100)는 두께가 L이고, 일정한 유전율(ϵ_r)과 투자율(μ_r)을 가지는 물체(Material, 120)을 도체(PEC, 10) 위에 위치시킨 구조이다. 물질(120)의 인공 자계 특성은 물질(120) 표면에서의 입력 임피던스(Z_{in})을 하기 수학식 1과 같이 계산함으로써 나타낼 수 있다.

[34] 수학식 1

$$Z_{in} = jZ_F \tan(\beta L)$$

[35] 여기서, β 는 물질(120)의 전파 상수이고, Z_F 는 물질(120)의 고유(intrinsic) 임피던스로 하기 수학식 2와 같이 표현된다.

[36] 수학식 2

$$Z_F = \sqrt{\mu_r / \epsilon_r} Z_0$$

[37] 여기서, Z_0 는 자유 공간(air, 130)에서의 고유 임피던스로 377Ω 이다.

[38] AMC(100)에 평면파가 입사할 때 AMC(100)의 표면에 의한 반사계수(Γ)는 하기 수학식 3과 같다.

[39] 수학식 3

$$\Gamma = \frac{jZ_F \tan(\beta L) - Z_0}{jZ_F \tan(\beta L) + Z_0} = \frac{j\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan(\beta L) - 1}{j\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan(\beta L) + 1}$$

[40] 상기 수학식 3을 정리하여 반사계수의 위상($\angle\Gamma$)은 하기 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

[41] 수학식 4

$$\Gamma = \pi - 2 \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan(\beta L) \right)$$

- [42] 이때 반사계수의 진폭은 물질(120) 내부에 손실이 없으면, '1'이다. 반사계수의 위상이 '0'이 되는 주파수를 AMC(100)의 중심 주파수(f_0)로 정의하면, 하기 수학적식 5와 같이 표현된다.

- [43] 수학적식 5

$$f_0 = \frac{c}{4L\sqrt{\epsilon_r\mu_r}}$$

- [44] 상기 중심 주파수(f_0)에서 물질(120)의 두께(L)는 하기 수학적식 6과 같다.

- [45] 수학적식 6

$$L = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{\lambda_0}{4} \sqrt{\frac{1}{\epsilon_r\mu_r}}$$

- [46] 상기 수학적식 6으로부터 도체(110)가 AMC(100)로 동작하기 위해서는 $\lambda_g/4$ 의 두께(L)가 필요하다.

- [47] 따라서, 유전율과 투자율이 높은 물질(120)을 사용할수록 AMC(100)의 두께(L)를 얇게 설계할 수 있다.

- [48] AMC(100)의 대역폭(BW)는 반사계수를 $\pm 90^\circ$ 로 정의하면, 하기 수학적식 7과 같이 표현된다.

- [49] 수학적식 7

$$BW = 2 - \frac{4}{\pi} \tan^{-1} \left(\sqrt{\frac{\epsilon_r}{\mu_r}} \right)$$

- [50] 물질(120)의 유전율과 투자율의 비율($R = \mu_r/\epsilon_r$)에 따라 AMC(100)의 대역폭(BW)이 결정된다. 일례로 물질(120)의 유전율이 높으면, AMC(100)의 대역폭(BW)가 좁으며, 투자율이 높을수록 AMC(100)의 대역폭은 넓게 나온다. 이때, 최대 대역폭은 '2'이고, 최소 대역폭은 '0'이다. 이를 확인하기 위해서 물질의 두께(L)가 '2mm'이고, 유전율과 투자율의 곱이 '1000'으로 일정한 3가지 경우 $\{(\epsilon_r = 1000, \mu_r = 1), (\epsilon_r = 1, \mu_r = 1000), (\epsilon_r = 1000^{1/2}, \mu_r = 1000^{1/2})\}$ 의 반사계수에 대한 위상은 도 2에 도시된 것과 같다.

- [51] 도 2를 참조하면, AMC(100)의 중심 주파수는 상기 수학적식 5로부터 유전율과 투자율의 곱으로 나타나므로 3가지 경우 모두 1.19GHz로 동일하다.

- [52] 일례로 유전율이 '1000'이고, 투자율이 '1'인 경우는 반사계수에 대한 위상이

급격히 변하여 대역폭은 4%로 관찰된다.

[53] 다른 일레로 유전율이 '1'이고, 투자율이 '1000'인 경우는 반사계수는 대역폭이 196%이다.

[54] 또 다른 일레로 유전율과 투자율이 모두 $1000^{1/2}$ 인 경우는 대역폭이 100%이며, 이때 두께(L)은 $0.008 \lambda_g$ 로 매우 얇다.

[55] 이와 같이, 본 발명에 따른 AMC는 물질의 유전율과 투자율로 설계함으로써 패터닝 기술이 필요없다.

[56] 손실이 있는 물질의 유효 유전율(ϵ_c)은 하기 수학식 8과 같다.

[57] 수학식 8

$$\epsilon_c = \epsilon_0 \epsilon_r (1 - j \tan \delta_e)$$

[58] 손실이 있는 물질의 유효 투자율(μ_c)은 하기 수학식 9와 같다.

[59] 수학식 9

$$\mu_c = \mu_0 \mu_r (1 - j \tan \delta_m)$$

[60] 손실이 있는 물질의 전파 상수(β)는 하기 수학식 10과 같다.

[61] 수학식 10

$$\beta = \omega \sqrt{\mu_c \epsilon_c}$$

[62]
$$= \omega \sqrt{\mu_0 \mu_r \epsilon_0 \epsilon_r} \sqrt{(1 - j \tan \delta_m)(1 - j \tan \delta_e)}$$

[63] 손실이 있을 경우에도 반사계수에 대한 위상은 상기 수학식 4를 이용하여 구할 수 있다. 이때, 전파 상수 자체가 복소수의 값을 가지고 있으므로 상기 수학식 4에서 탄젠트(tangent) 함수 안에 복소수 값이 들어가서 이를 상기 수학식 7과 같이 대역폭을 수식으로 나타낼 수 없다. 따라서, 대역폭은 수치 해석을 통해 계산할 수 밖에 없다. 이를 위해 몇 가지 파라미터를 치환하여 반사계수의 진폭과 위상은 각각 하기 수학식 11 내지 수학식 16을 이용하여 표현될 수 있다.

[64] 수학식 11

$$|\Gamma| = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2}{X_3^2 + X_4^2}}$$

[65] 수학식 12

$$\Gamma = \begin{cases} \pi + \tan^{-1}(X_2/X_1) - \tan^{-1}(X_4/X_3) \\ \quad \text{(for } X_1 \leq X_3 \leq 0) \\ 2\pi + \tan^{-1}(X_2/X_1) - \tan^{-1}(X_4/X_3) \\ \quad \text{(for } X_1 \leq X_3 < 0) \end{cases}$$

[66] 수학식 13

$$C = \{ \tan^{-1}(\tan \delta_m) - \tan^{-1}(\tan \delta_e) \} / 2$$

[67] 수학식 14

$$D = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \sqrt{\frac{1 + \tan^2 \delta_m}{1 + \tan^2 \delta_e}}$$

[68] 수학식 15

$$\tan(\beta L) = t_1 + jt_2$$

[69] 수학식 16

$$X_1 = 1 + D \sin(C) t_1 + D \cos(C) t_2$$

$$[70] \quad X_2 = D \sin(C) t_2 - D \cos(C) t_1$$

$$[71] \quad X_3 = 1 - D \sin(C) t_1 - D \cos(C) t_2$$

$$[72] \quad X_2 = -D \sin(C) t_2 + D \cos(C) t_1$$

[73] 투자율 손실($\tan \delta_m$)은 '0'으로 두고, 유전율 손실($\tan \delta_e$) 값에 따라 반사 계수의 위상은 도 3에 도시된 것과 같고, 진폭은 도 4에 도시된 것과 같다. 여기서, $\epsilon_r = 1$, $\mu_r = 1000$, $L = 2 \text{ mm}$ 인 경우이다.

[74] 도 3 및 도 4를 참조하면, 유전율 손실($\tan \delta_e$)이 증가할수록 반사계수의 진폭이 감소함을 볼 수 있다. 이때 주목해야 할 특성은 반사계수 위상인데, 손실이 있을 때 위상의 특성이 더욱 평판해짐을 볼 수 있다. 이러한 위상의 특성은 손실이 증가하면, t_1 은 '0'으로 수렴하고, t_2 는 '-1'로 수렴하여 결과적으로 반사계수의 위상이 '0'으로 수렴하기 때문이다. 그러므로, 유전율 손실은 AMC 대역폭을 더욱 향상시킴을 알 수 있다.

[75] 도 5는 투자율 손실이 존재할 때의 반사계수에 대한 위상 특성의 일례를 나타낸다.

- [76] 도 5를 참조하면, 투자율 손실이 증가할수록 반사계수의 위상이 0도에 가까워짐을 볼 수 있다.
- [77] 이와 같이, 본 발명에 따른 AMC는 유전율과 투자율에 대한 곱이 클수록 작은 두께로 설계될 수 있고, 유전율이 낮을수록 또는 투자율이 높을수록 대역폭이 넓어진다.
- [78] 그러므로, 본 발명에 따른 AMC를 설계할 때 투자율이 높은 물질을 사용하는 것이 물질의 두께와 대역폭 측면에서 유리하다. 예를 들어, 투자율이 높은 물질을 사용함으로써 최대 200% 대역폭을 가지는 AMC를 설계할 수 있다.
- [79] 또한 본 발명에 따른 AMC는 물질의 투자율 및 유전율 손실이 존재하면 대역폭이 증가한다. 예를 들어, 본 발명에 따른 AMC를 구성하는 물질의 유전율 및 투자율에 대한 손실이 있을 경우 AMC 대역폭은 무한히 넓어질 수 있다.
- [80] 도 6은 AMC 위에 다이폴 안테나가 부착된 일례를 나타내는 도면이다.
- [81] 도 6을 참조하면, (a)는 AMC(620) 상부에 존재하는 다이폴(630)을 위에서 본(top view) 도면이고, (b)는 유전율 및 투자율의 일반 물질과 접지면(ground plane, 610)으로 이루어진 AMC(620) 상부에 존재하는 다이폴(630)을 측면에서 본(side view) 도면이다. 상기 물질의 유전율(ϵ_r)이 '20'이고, 상기 물질의 투자율(μ_r)이 '20'이고, 상기 물질의 두께(L)가 '3 mm'이고, 상기 물질의 너비(a)가 '240 mm'이고, 다이폴(630)과 AMC(620)간의 간격(gap)이 '3 mm'인 경우는 AMC(620)의 중심 주파수는 '1.25GHz'이고, AMC(620)의 대역폭이 '100%'이다. 다이폴(630)의 길이(D_l)는 '110mm'이고, 다이폴(630)의 반지름(D_r)은 '1.5mm'인 경우로서 1.25GHz에서 약 0.49파장이다.
- [82] 도 7은 다이폴 안테나의 다양한 구조에 따른 동작 주파수의 일례를 나타내는 도면이다.
- [83] 도 7을 참조하면, 다이폴 안테나가 자유 공간(free space), PEC, AMC 위에 존재할 때 각 다이폴 안테나에 대한 이득은 1.92dBi, -1.59dBi, 5.48dBi이다.
- [84] 자유 공간에서 다이폴 안테나는 1.22GHz로 동작하며, PEC 위에 부착하면 다이폴 안테나가 동작하지 않는다. PEC 위에 다이폴 안테나가 존재할 경우는 PEC 표면에서 입사파의 위상이 반대가 되어 입사파와 반사파가 상쇄되어 다이폴 안테나에서 방사가 잘 일어나지 못하기 때문이다.
- [85] 한편, AMC 표면에서는 입사파와 반사파가 동위상이 되므로 다이폴이 AMC 표면에 존재하더라도 방사는 잘 일어난다. 이때 다이폴 안테나의 동작 주파수가 자유 공간의 동작 주파수인 1.22GHz보다 낮아져 0.545GHz로 동작하며, 이는 주위 물질의 로딩(loading) 효과에 의해 낮아진 것이다. 즉, AMC 표면에 부착된 다이폴 안테나는 다이폴 안테나의 근처 유효 유전율과 투자율이 증가하여 다이폴 안테나의 전기적 길이가 증가했기 때문이다.
- [86] 예를 들어, 동작 주파수에서 AMC 위상은 '0°'가 아닌 약 '80°'이며, 이는 자유 공간에서 다이폴 안테나의 입력 저항이 약 70 Ω 이기 때문에 50 Ω 시스템에 매칭시키기 위해서 미스 매칭이 필요하며, 이에 따라 AMC의 위상이 0°가 아닌

80°가 되는 것이다.

[87] 다이폴의 길이(D_1)에 따른 동작 주파수(f_0), 동작 주파수에 따른 위상 및 입력 저항(Zreal)의 관계는 하기 표1에 도시된 것과 같다.

[88] 표 1

D_1 (mm)	f_0 (GHz)	Phase at f_0 (°)	Zreal at f_0 (Ω)
50	0.735	74	104
70	0.679	82.08	49.69
90	0.609	92.8	37.45
110	0.545	100.8	36.91
170	0.388	124	28.58

[89] 표 1을 참조하면, 다이폴 안테나의 길이(D_1)가 증가하면, 상기 다이폴 안테나의 동작 주파수(f_0)가 낮아지며, AMC의 위상이 증가하고, 입력 저항(Zreal)이 낮아진다. 따라서, 동작 주파수에서 위상이 약 '80°'일 때 입력 저항이 '50 Ω '이 된다.

[90] 도 8은 x-z 평면에서의 다이폴 안테나에 대한 지향성 방사 패턴의 일례를 나타내는 도면이다.

[91] 도 8을 참조하면, 다이폴 안테나가 자유 공간(free space), PMC 또는 AMC 위에 위치하느냐에 따라 지향성 방사 패턴이 각기 달라진다.

[92] 도 9는 물질의 유전율, 투자율 값에 따른 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수의 일례를 나타내는 도면이다.

[93] 도 9를 참조하면, 다이폴 안테나가 부착되는 AMC를 구성하는 물질의 유전율, 투자율 값에 따라 다이폴 안테나는 동작 주파수가 달라진다.

[94] 따라서, 본 발명에 따른 AMC 위에 부착된 다이폴 안테나는 다이폴 안테나가 부착되는 AMC를 구성하는 물질의 유전율 또는 투자율 값을 조절함으로써 동작 주파수를 조절할 수 있다.

[95] 도 10은 물질의 두께에 따른 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수의 일례를 나타내는 도면이다.

[96] 도 10을 참조하면, 다이폴 안테나가 부착되는 AMC를 구성하는 물질의 두께에 따라 다이폴 안테나는 동작 주파수가 달라진다. 따라서, 본 발명에 따른 AMC 위에 부착된 다이폴 안테나는 다이폴 안테나가 부착되는 AMC를 구성하는 물질의 두께를 조절함으로써 동작 주파수를 조절할 수 있다.

[97] 도 11은 다이폴 안테나와 AMC의 간격에 따른 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수의 일례를 나타내는 도면이다.

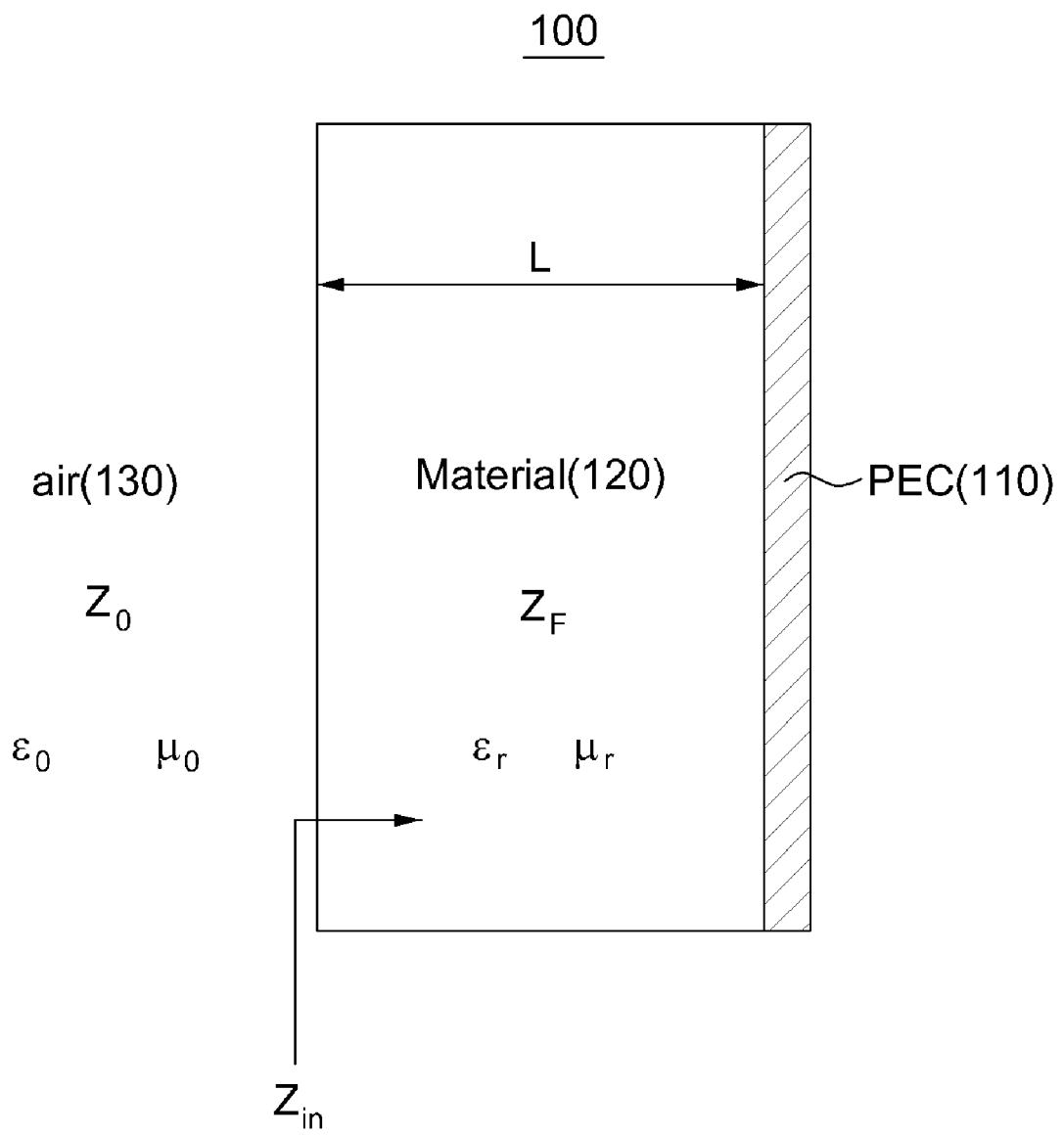
[98] 도 11을 참조하면, 다이폴 안테나와 AMC의 간격에 따라 다이폴 안테나는 동작 주파수가 달라진다. 따라서, 본 발명에 따른 다이폴 안테나와 다이폴 안테나가 부착되는 AMC의 간격을 조절함으로써 동작 주파수를 조절할 수 있다.

- [99] 상기 다이폴 안테나와 상기 인공 자계 도체의 간격(gap)이 증가하면, 유효 유전율과 투자율이 감소하여 상기 다이폴 안테나에 대한 동작 주파수가 높아진다. 이때 만일 상기 다이폴 안테나와 AMC의 간격이 더 증가하게 되면, 동작 주파수가 높아져서 AMC 설계 주파수인 1.25GHz에 근접하게 되어 입력 임피던스가 증가하여 '50Ω'에 매칭되지 않게 된다.
- [100] 이와 같이, 본 발명에 따른 다이폴 안테나는 다이폴 안테나의 길이가 아니라 다이폴 안테나가 부착되는 AMC를 구성하는 물질의 유전율, 물질의 투자율, 물질의 두께, 또는 다이폴 안테나와 AMC간의 간격을 조절함으로써 동작 주파수를 조절할 수 있다.
- [101] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [102] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

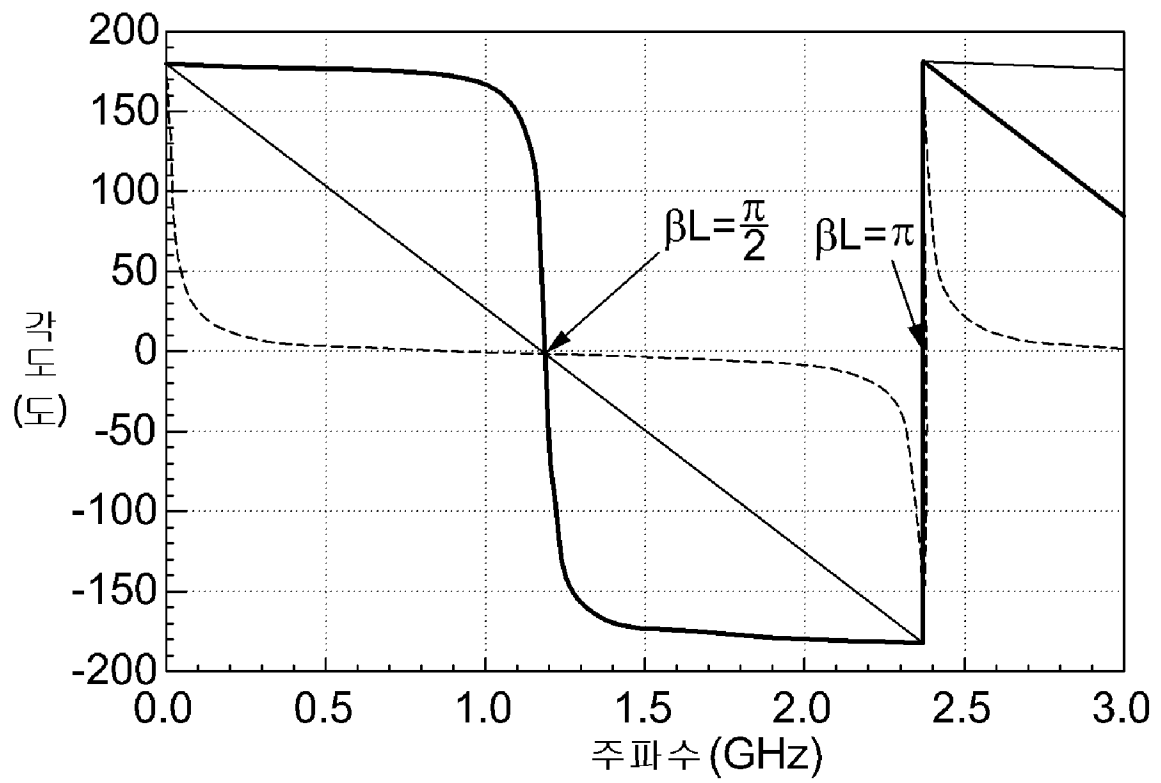
청구범위

- [1] 소정의 두께, 유전율 및 투자율을 가지는 물질이 도체 위에 올려지는 구조로 이루어지는 인공 자계 도체.
- [2] 제1항에 있어서,
상기 인공 자계 도체에 대한 중심 주파수는,
상기 물질의 유전율, 상기 물질의 투자율 또는 상기 물질의 두께에 따라 결정되는 인공 자계 도체.
- [3] 제1항에 있어서,
상기 인공 자계 도체에 대한 대역폭은,
상기 물질의 유전율과 투자율의 비율에 따라 결정되는 인공 자계 도체.
- [4] 제3항에 있어서,
상기 인공 자계 도체에 대한 대역폭은,
상기 물질의 유전율이 높아지면 좁아지는 인공 자계 도체.
- [5] 제3항에 있어서,
상기 인공 자계 도체에 대한 대역폭은,
상기 물질의 투자율이 높을수록 넓어지는 인공 자계 도체.
- [6] 제1항에 있어서,
상기 물질의 두께는,
상기 유전율과 상기 투자율이 높은 물질이 사용될수록 얇게 설계되는 인공 자계 도체.
- [7] 제3항에 있어서,
상기 인공 자계 도체에 대한 대역폭은,
상기 유전율과 투자율의 손실이 존재하면 증가하는 인공 자계 도체.
- [8] 유전율 및 투자율을 가지는 물질과 접지면으로 구성된 인공 자계 도체 위에 부착되는 다이폴 안테나.
- [9] 제8항에 있어서,
상기 물질의 유전율, 상기 물질의 투자율, 상기 물질의 두께 또는 상기 다이폴 안테나와 상기 인공 자계 도체의 간격(gap)에 따라 동작 주파수가 조절되는 다이폴 안테나.
- [10] 제9항에 있어서,
상기 다이폴 안테나와 상기 인공 자계 도체의 간격이 증가하면, 유효 유전율과 투자율이 감소하여 상기 동작 주파수가 높아지는 다이폴 안테나.

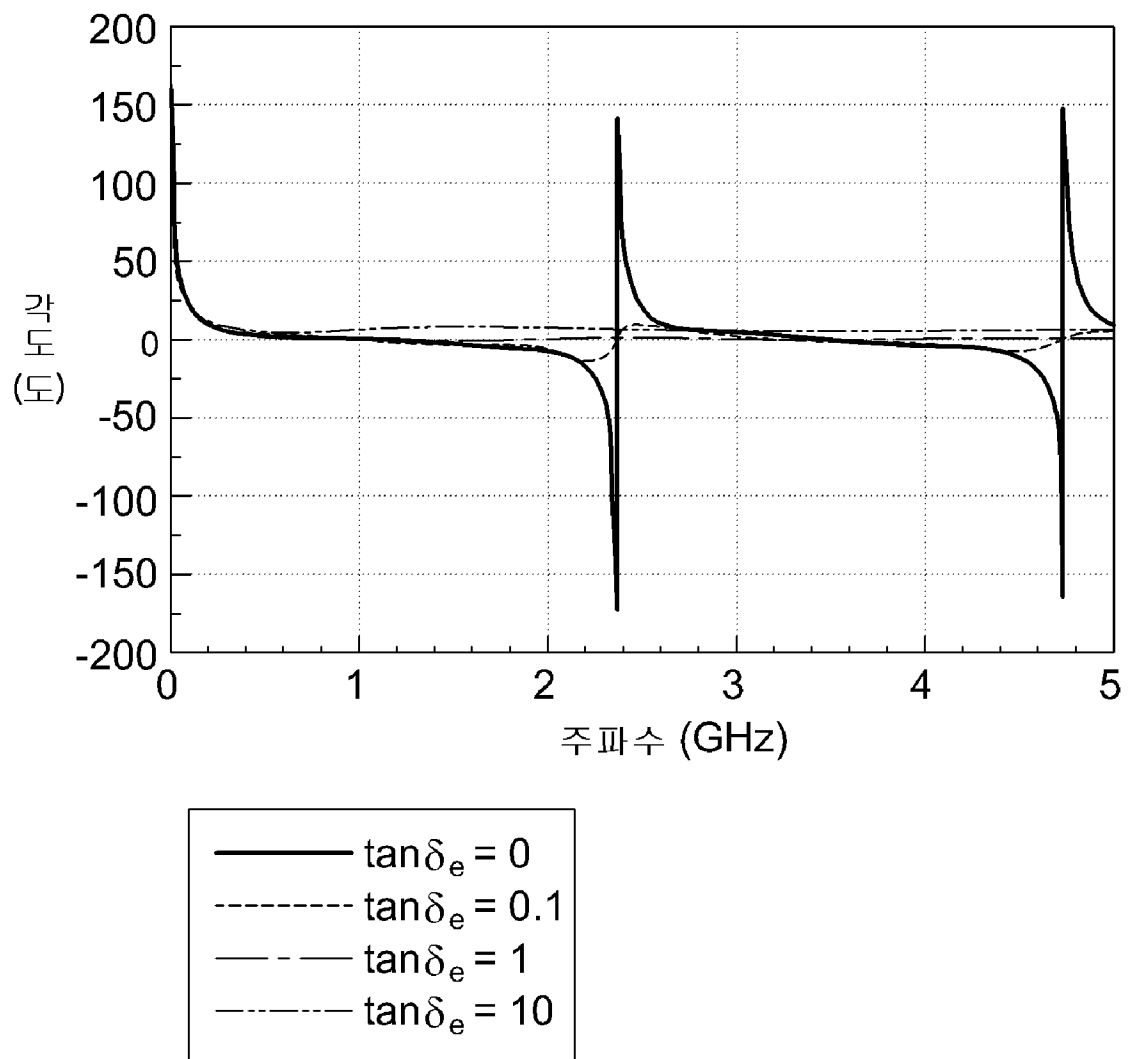
[Fig. 1]



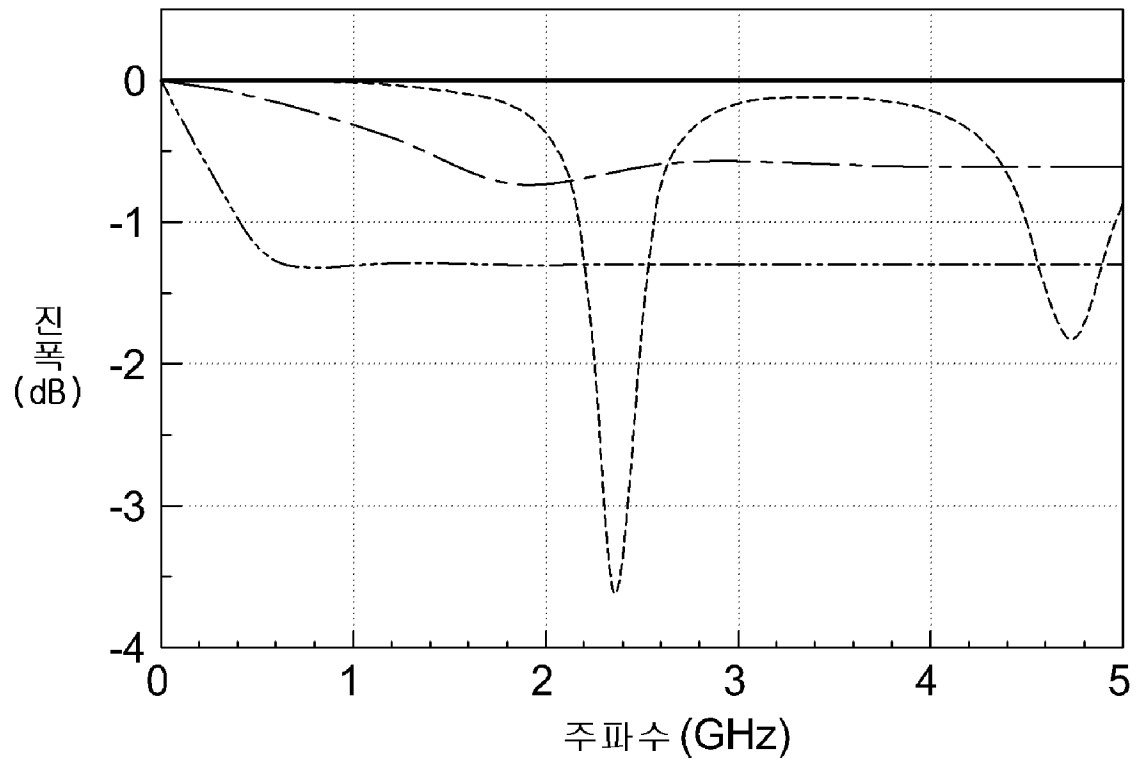
[Fig. 2]



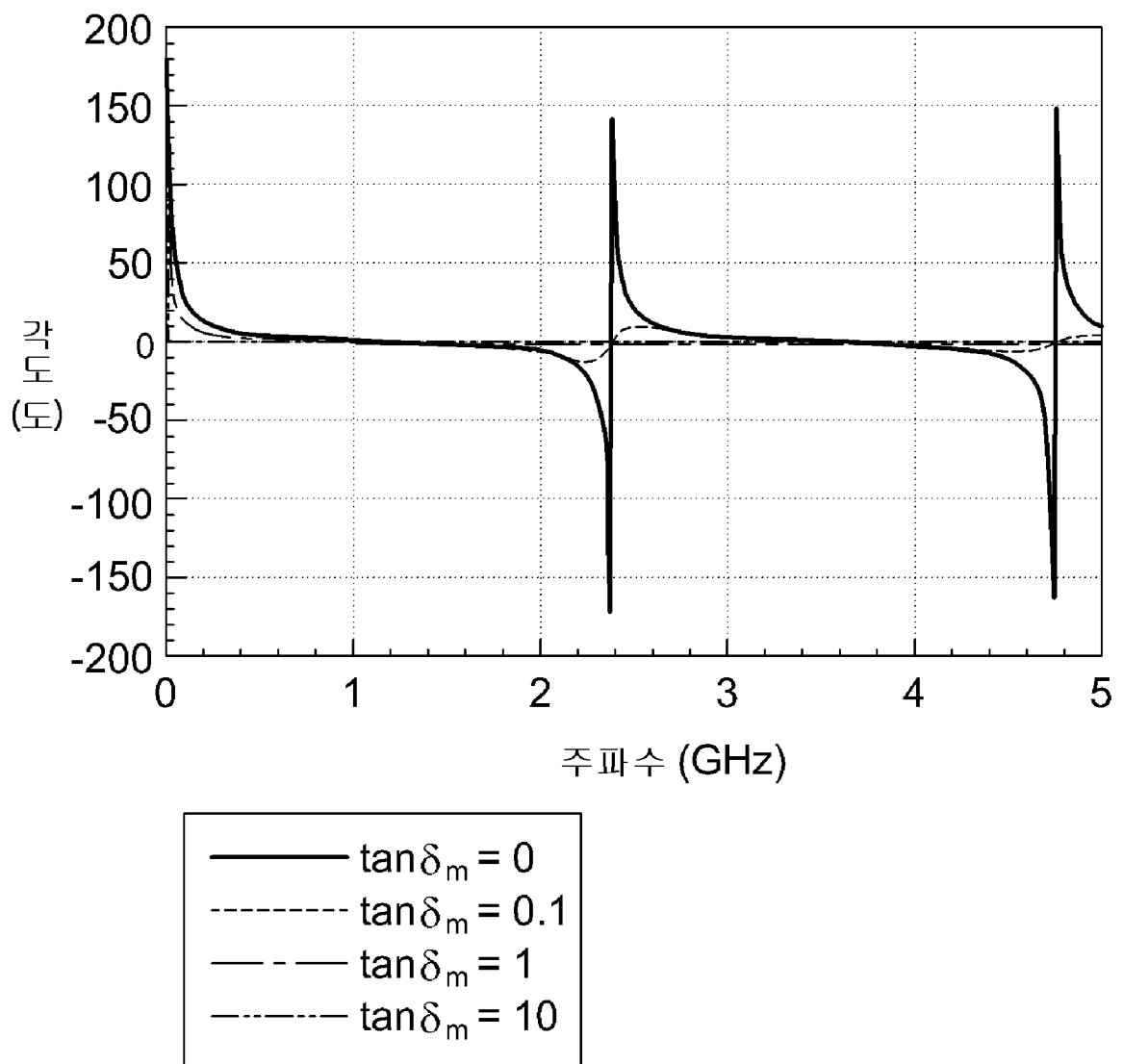
[Fig. 3]



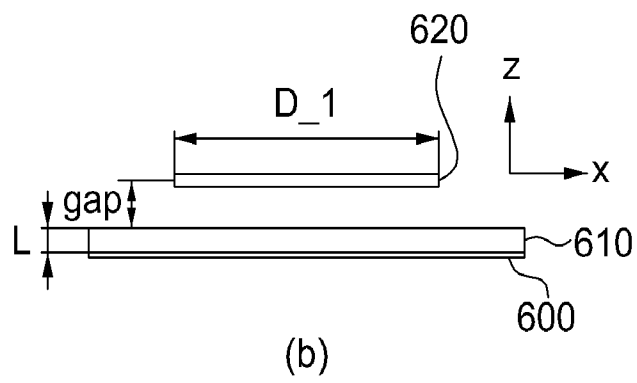
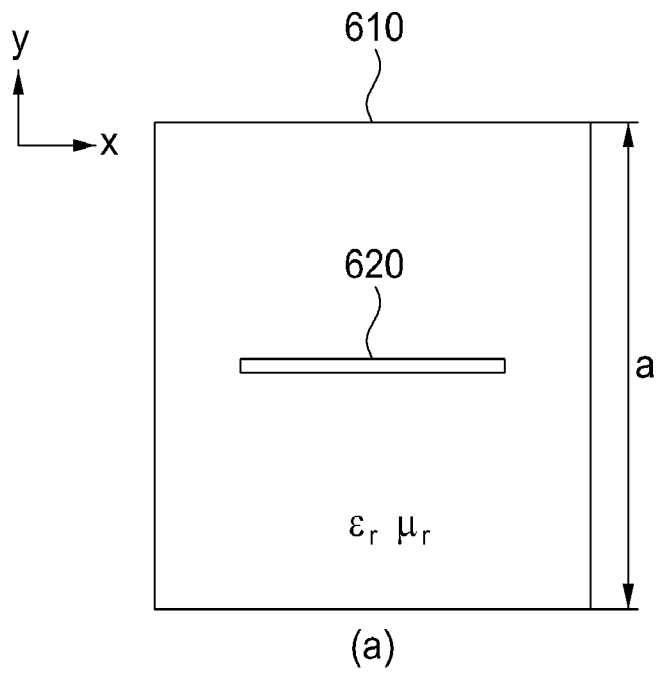
[Fig. 4]



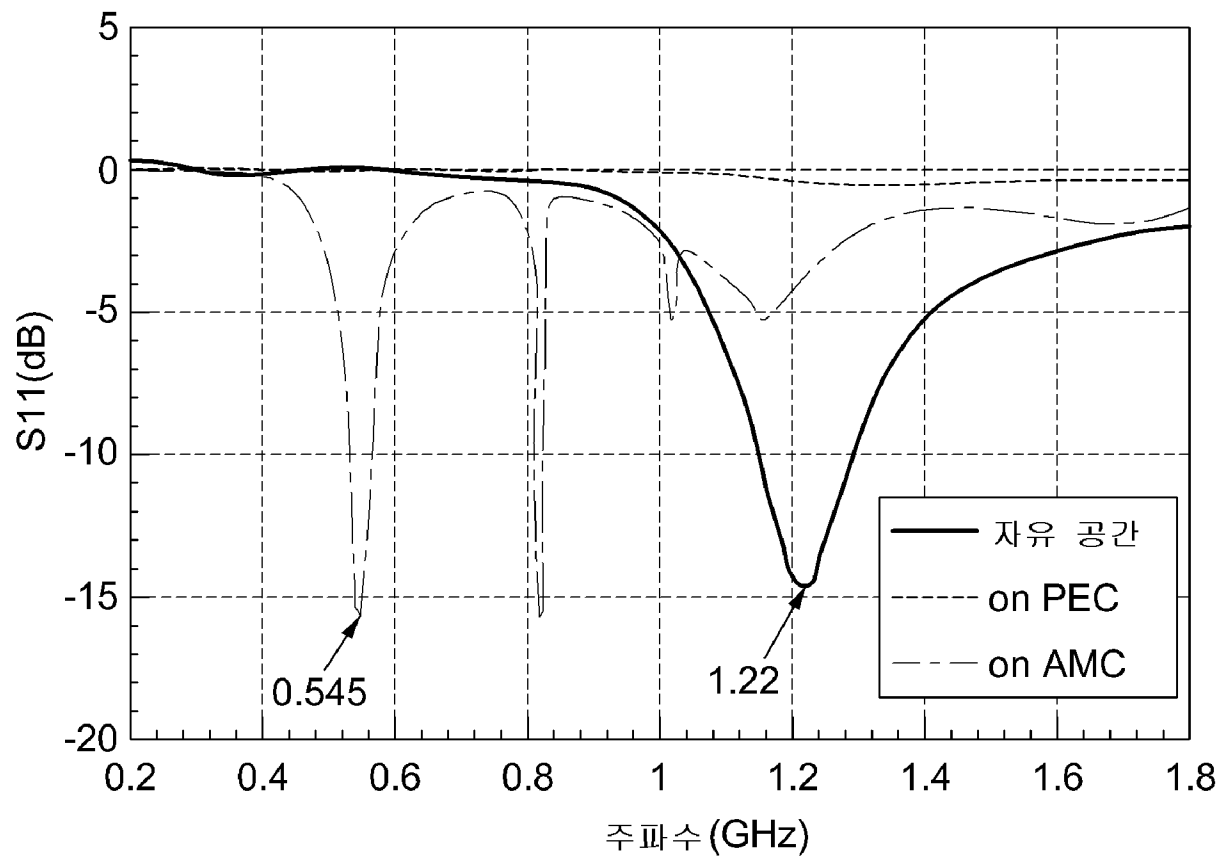
[Fig. 5]



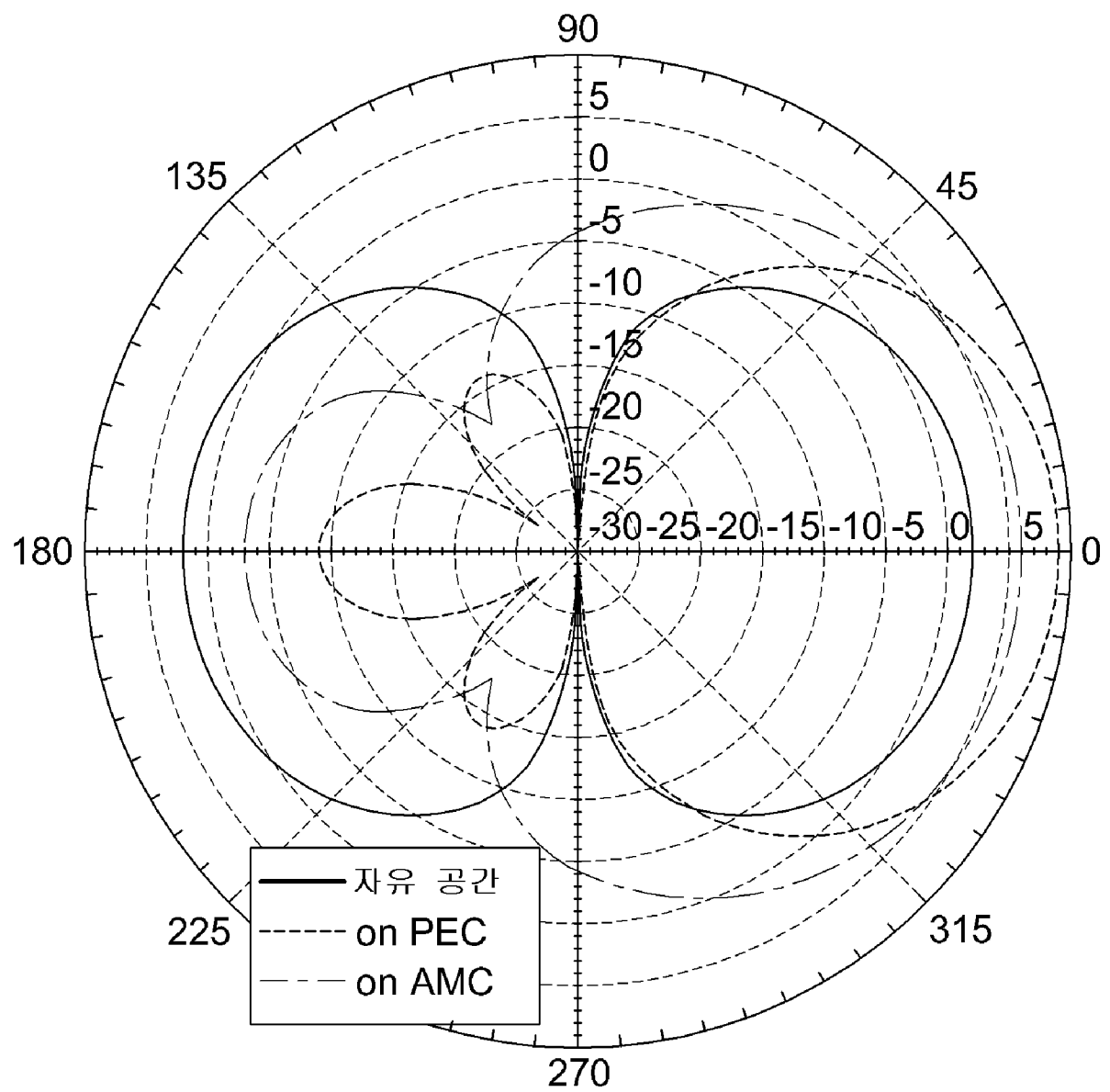
[Fig. 6]



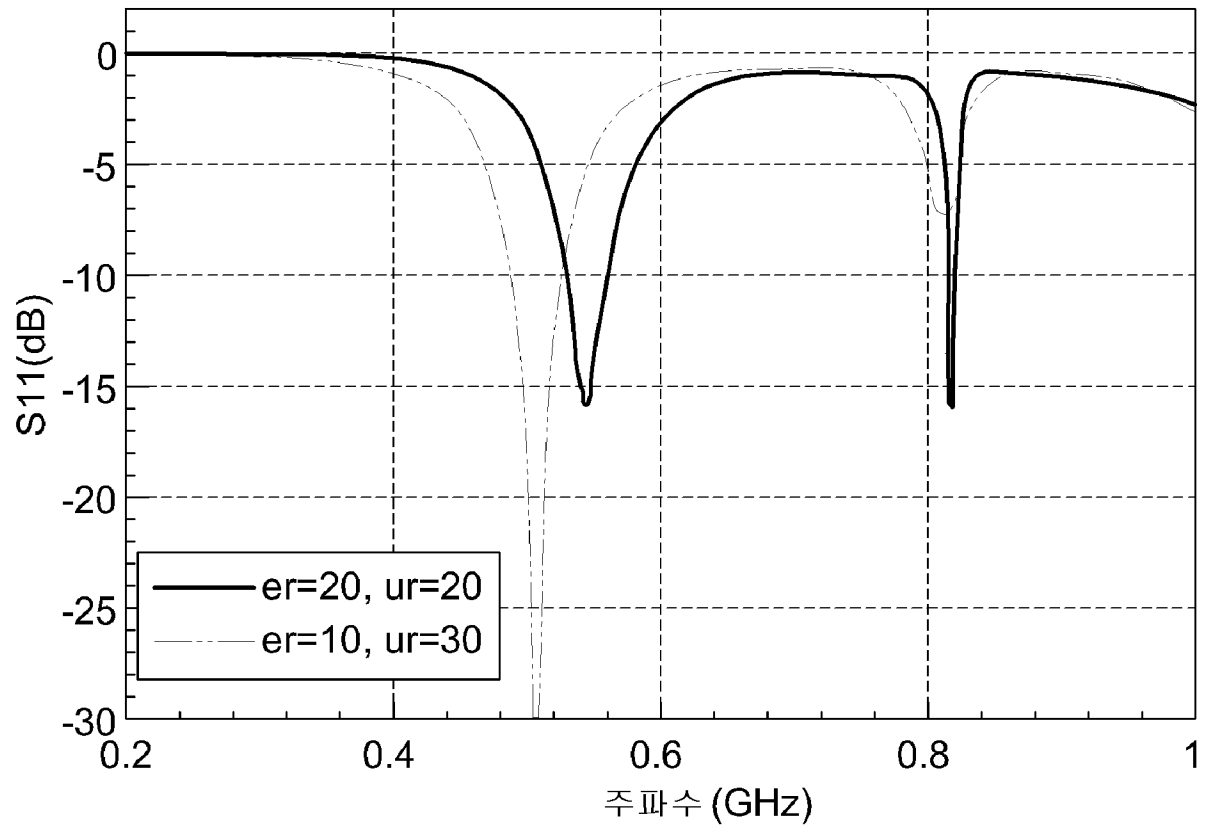
[Fig. 7]



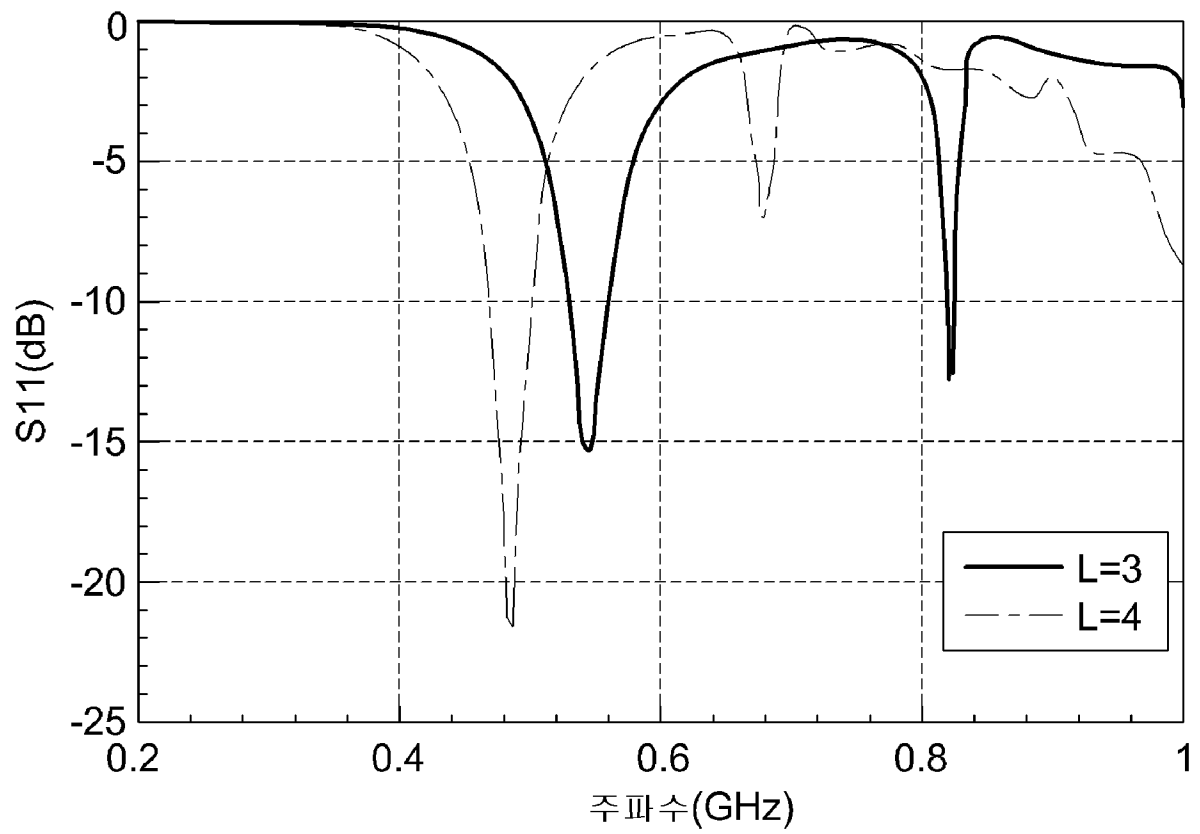
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]

