

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021년 4월 29일 (29.04.2021)



(10) 국제공개번호
WO 2021/080089 A1

- (51) 국제특허분류: **H01J 37/32** (2006.01) **H05H 1/00** (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/000321
- (22) 국제출원일: 2020년 1월 8일 (08.01.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2019-0132290 2019년 10월 23일 (23.10.2019) KR
- (71) 출원인: 충남대학교산학협력단 (THE INDUSTRY&ACADEMIC COOPERATION IN CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY) [KR/KR]; 34134 대전시 유성구 대학로 99, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 유신재 (YOU, Shinjae); 34119 대전시 유성구 가정로 63, 106동 1201호, Daejeon (KR). 이상호 (LEE, Sangho); 04602 서울시 중구 동호로17길 145, Seoul

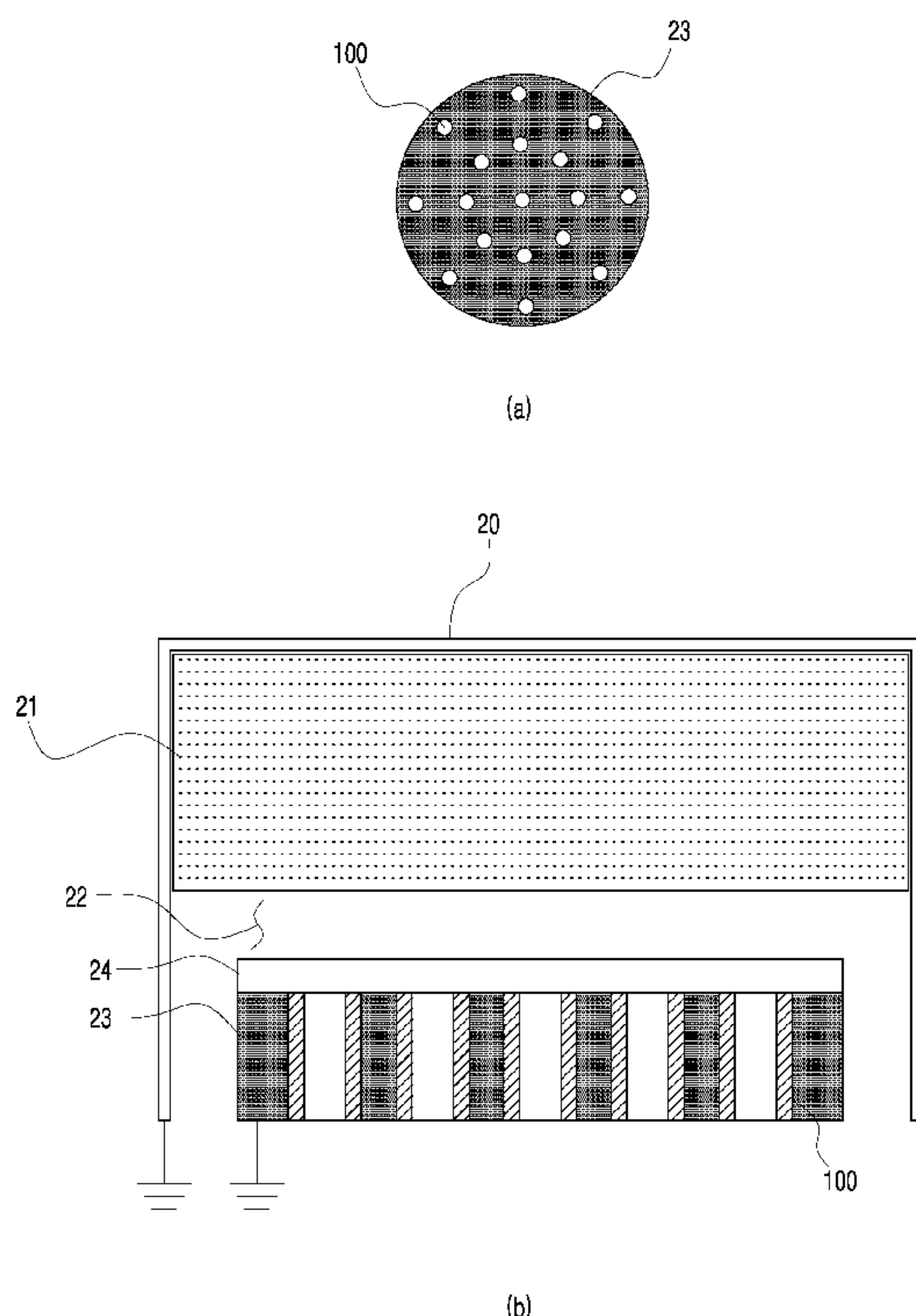
(KR). 김시준 (KIM, Sijun); 34711 대전시 동구 산서로 1633-16, Daejeon (KR). 이장재 (LEE, Jangjae); 34187 대전시 유성구 계룡로105번길 20, 434호, Daejeon (KR). 이영석 (LEE, Yeongseok); 63203 제주도 제주시 신성로4길 21, 604호, Jeju-do (KR). 김정형 (KIM, Junghyeng); 34076 대전시 유성구 지족로 362, 309동 802호, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 이은철 (LEE, Un Cheol); 05836 서울시 송파구 법원로11길 25, A동 301호 5T국제특허법률사무소, Seoul (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA,

(54) Title: DIAGNOSTIC METHOD AND APPARATUS FOR NON-INVASIVE PLASMA PROCESS

(54) 발명의 명칭: 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치



(57) Abstract: The present invention relates to a diagnostic method and apparatus for a non-invasive plasma process capable of monitoring a plasma process in real time by measuring a surface wave resonance frequency generated in a plasma-sheath on the basis of the surface wave resonance principle. The diagnostic method for a non-invasive plasma process, according to the present invention, may comprise: a step of installing at least one probe on one side of an electrostatic chuck (ESC) or on an inner wall of a chamber (S10); a step of projecting a high frequency onto plasma or a sheath by means of the probe (S20); and a step in which the probe detects a frequency reflected from the plasma or the sheath (S30). In addition, the diagnostic method for a non-invasive plasma process may comprise the steps of: extracting a reflectance spectrum according to frequency by using the frequency detected by the probe (S40); extracting a surface wave resonance frequency of the plasma-sheath by using the frequency detected by the probe or the reflectance spectrum (S50); and extracting electron density or uniformity of the plasma on the basis of the surface wave resonance frequency (S60).

(57) 요약서: 본 발명은 표면파 공진 원리를 기반으로 플라즈마-쉬스(Plasma-sheath)에서 발생하는 표면파 공진 주파수를 측정하여 플라즈마 공정을 실시간으로 모니터링할 수 있는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법은 정전척(ESC, Electrostatic Chuck)의 일측 또는 챔버의 내벽에 적어도 하나의 프로브를 설치하는 단계(S10), 상기 프로브를 이용하여 플라즈마 또는 쉬스로부터 투사되는 주파수를 검출하는 단계(S30)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 프로브에서 검출된 주파수를 이용하여 주파수에 따른 반사 스펙트럼을 추출하는 단계(S40), 상기 프로브에서 검출된 주파수 또는 반사 스펙트럼을 이용하여 플라즈마-쉬스의 표면파 공진 주파수를 추출하는 단계(S50) 및 상기 표면파 공진 주파수를 토대로 플라즈마의 전자밀도 또는 균일도(uniformity)를 추출하는 단계(S60)를 포함할 수 있다.

PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치에 관한 것으로서, 표면과 공진 원리를 기반으로 플라즈마-쉬스(Plasma-sheath)에서 발생하는 표면과 공진 주파수를 측정하여 플라즈마 공정을 실시간으로 모니터링할 수 있는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 반도체, 태양전지, 평면디스플레이 등의 제조 산업에 있어 플라즈마(Plasma) 공정(플라즈마 식각, 증착, 세정 등)은 전체 공정의 30% 정도 비율을 차지하고 있으며, 현재 그 중요성이 더욱 대두되고 있는 상황이다. 특히, 최근 산업계에선 지구온난화지수(Global warming potential)가 낮은 L-PFC(Liquid-perfluorocarbon) 전구체(Precursor)를 이용한 플라즈마 공정이 대두되고 있는 상황이다.
- [3] 이러한 플라즈마 공정의 효율 및 생산성은 플라즈마 변수와 밀접한 관련이 있으며, 이 중 전자 밀도는 중요한 플라즈마의 실시간 공정 모니터링 변수 중 하나로 알려져있다.
- [4] 이로 인해 과거부터 플라즈마의 밀도 진단을 위한 마이크로파 플라즈마 진단 방법들이 많이 개발 되어져 왔다. 또한, 종래의 마이크로파를 이용한 반사파 플라즈마 진단 방법은 높은 측정 정확도를 확보하고 있다.
- [5] 하지만, 이러한 종래의 진단 방법은 실시간 플라즈마 공정 모니터링의 적용에 있어 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 대부분의 마이크로파를 이용한 플라즈마 진단 방법은 침습 형태의 안테나 구조로써 이는 플라즈마 공정에 있어 안테나의 모양이 웨이퍼에 전사되는 등의 문제를 야기한다.
- [6] 둘째, 대부분의 마이크로파 반사파를 측정하는 진단 방법은 구조체 공진 현상을 이용하기 때문에 안테나가 커야만 하므로 챔버 내부에 장착하기가 어려운 문제가 있다. 셋째, 구조체 공진 현상을 이용하기 위해서는 반드시 플라즈마 방전 전 기준 스펙트럼이 필요한 문제가 있다. 이는 공정 중 챔버 내벽의 증착물 등에 의해 기준 스펙트럼의 변화가 생겼을 경우 아주 큰 오차로 작용할 수 있는 문제가 있다.

- [7] [선행기술문헌]

- [8] 대한민국 등록특허 제10-0476460호(2005년 03월 17일 공고)

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 단점을 해결한 것으로서, 플라즈마 공정 진단을 위한 비침습형의 안테나 구조를 제공하고자

하는데 그 목적이 있다. 또한, RF 노이즈에 민감하지 않고, 플라즈마 발생 챔버의 내부에 장착할 수 있도록 소형화가 가능한 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치를 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.

- [10] 또한, 플라즈마 공정 진단을 위해 측정되는 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 줄여 플라즈마 공정을 정확하게 모니터링하고자 하는데 그 목적이 있다. 또한, 플라즈마 공정에서 중요한 웨이퍼 바로 위의 플라즈마 밀도 및 균일도를 실시간으로 측정하고자 하는데 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [11] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법은 정전척(ESC, Electrostatic Chuck)의 일측 또는 챔버의 내벽에 적어도 하나의 프로브를 설치하는 단계(S10), 상기 프로브를 이용하여 플라즈마 또는 쉬스에 고주파를 투사하는 단계(S20) 및 상기 프로브가 플라즈마 또는 쉬스로부터 반사되는 주파수를 검출하는 단계(S30)를 포함할 수 있다.
- [12] 또한, 상기 프로브에서 검출된 주파수를 이용하여 주파수에 따른 반사 스펙트럼을 추출하는 단계(S40), 상기 프로브에서 검출된 주파수 또는 반사 스펙트럼을 이용하여 플라즈마-쉬스의 표면파 공진 주파수를 추출하는 단계(S50) 및 상기 표면파 공진 주파수를 토대로 플라즈마의 전자밀도 또는 균일도(uniformity)를 추출하는 단계(S60)를 포함할 수 있다.
- [13] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치는 프로브, 고주파 발생부, 제어부, 측정부, 연산부, 저장부 및 디스플레이부를 포함한다. 상기 고주파 발생부는 제어부의 제어에 따라 고주파를 생성하여 프로브에 전송한다.
- [14] 또한, 상기 프로브는 플라즈마(Plasma) 또는 쉬스(sheath)에 고주파를 투사하고, 상기 플라즈마(Plasma) 또는 쉬스(sheath)로부터 반사되는 주파수를 검출한다. 이때, 상기 프로브는 동축 케이블(Coaxial cable) 형상으로 구성되며, 상기 프로브의 내측 동축 코어(Coaxial core)는 금속 재질로 이루어지고, 외측의 동축 페리페럴(Coaxial peripheral)은 유전체로 이루어진다.
- [15] 상기 측정부는 프로브에서 검출된 주파수를 측정한다. 또한, 상기 연산부는 프로브에서 검출된 주파수 또는 측정부에서 측정된 데이터를 이용하여 상기 플라즈마 또는 쉬스의 표면파 공진 주파수를 산출하고, 산출된 표면파 공진 주파수를 이용하여 플라즈마의 전자밀도 또는 균일도를 추출한다.
- [16] 상기 제어부는 프로브, 고주파 발생부, 측정부, 연산부 및 디스플레이부를 제어하고, 연산부의 추출 결과를 토대로 플라즈마 공정을 모니터링할 수 있다.

발명의 효과

- [17] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치는 표면파 공진 원리를 기반으로 플라즈마-쉬스(Plasma-sheath)에서 발생되는 공진 주파수를 측정함으로써 플라즈마 공정에서 중요한 웨이퍼 바로

위의 플라즈마 밀도 및 균일도를 실시간으로 측정할 수 있다. 또한, 플라즈마 공정 진단을 위해 측정되는 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 줄여 플라즈마 공정을 정확하게 모니터링함으로써 공정의 안정화 및 수율을 향상할 수 있는 효과가 있다.

- [18] 또한, 비침습형의 안테나 구조를 이용함으로써 안테나의 모양이 웨이퍼에 전사되지 않고 플라즈마 공정을 진단할 수 있는 효과가 있다. 또한, RF 노이즈에 민감하지 않고, 안테나의 소형화가 가능하여 안테나를 플라즈마 발생 챔버의 내부에 장착할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [19] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치를 개략적으로 나타내는 구성도이다.
- [20] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치를 나타내는 블록도이다.
- [21] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 프로브를 나타내는 사시도이다.
- [22] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- [23] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 전기장 분포를 나타내는 도면이다.
- [24] 도 7, 도 8a, 도 8b 및 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 표면파 공진 주파수의 측정 오차를 나타내는 도면이다.
- [25] 도 10a, 도 10b, 도 10c 및 도 10d는 본 발명의 실시 예에 따른 프로브의 설치 위치를 나타내는 도면이다.
- [26] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 프로브 설치 위치 변화에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- [27] 도 12는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [28] 도 13은 도 12의 프로브에서 측정된 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- [29] 도 14는 본 발명의 일 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법을 나타내는 순서도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [30] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면부호를 붙였다.
- [31] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부",

"...기", "...모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 또는 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[32] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[33] 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[34] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치(10)를 개략적으로 나타내는 구성도이다. 또한, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치(10)를 나타내는 블록도이고, 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 프로브(100)를 나타내는 사시도이다.

[35] 즉, 도 1은 플라즈마(21)와, 정전척(ESC)(23)의 일측에 배치되는 프로브(100)의 형상을 나타내는 도면이고, 도 2는 정전척(ESC)(23) 상에 웨이퍼(Wafer)(24)가 구비되는 경우에 정전척(ESC)(23)의 일측에 배치되는 프로브(100)를 나타내는 도면이다.

[36] 또한, 도 4는 도 1 및 도 2의 프로브(100)를 입체적으로 나타내는 도면이다. 예를 들어, 도 4에서 프로브(100)의 동축 코어(Coaxial core)(110) 지름(d)은 2mm이고, 동축 페리페럴(Coaxial peripheral)(120)의 유전체 두께(t)는 1.0mm로 설정될 수 있다.

[37] 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치(10)는 종래의 반사파 플라즈마 진단 방법에서 사용하는 구조체 공진 원리를 기반으로 하지 않고, 플라즈마(21)-쉬스(22)에서 발생하는 표면파 공진 원리를 기반으로 하여 실시간으로 플라즈마(21)의 밀도 및 균일도를 모니터링하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치(10)에 관한 것이다.

[38] 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치(10)는 전자기 시뮬레이션을 이용하여 검증될 수 있다. 이때, 상기 전자기 시뮬레이션은 FDTD(Finite-Difference Time-Domain) 방법을 기반으로 하는 맥스웰 방정식을 연산하여 추출할 수 있다.

[39] FDTD 방법은 전자기장 수치해석 기법 중의 하나로 초기 경계치 문제에 대한 해석을 맥스웰(Maxwell) 방정식의 미분형으로부터 구해진 차분방정식을 이용하여 비교적 쉽게 해석할 수 있다.

[40] 즉, FDTD 방법은 전기 역학을 모델링하는데 사용하는 수치 분석 기술이다. 또한, FDTD 솔루션은 단일 시뮬레이션 실행으로 넓은 주파수 범위를 처리하고 비선형 재료 특성을 자연스럽게 처리할 수 있는 시간 영역 방식이다.

[41] FDTD 방법은 현재 광범위한 분야에서 적용되고 있으며 그 응용분야는 크게 5가지로 구분할 수 있다. 첫째로 차폐(shielding), 전자기 결합(coupling), 낙뢰(lightning), EMP(electromagnetic pulse) 현상, 패키징(packaging) 등의 EMI/EMC 문제를 해석할 수 있다.

[42] 둘째로 산란(scattering), RCS(radar cross section) 관련 문제를 해석할 수 있으며,

셋째로 전자파가 인체에 미치는 영향(biological hazards)을 해석할 수 있다. 넷째로 안테나 문제에서 복사패턴(radiation pattern), 입력 임피던스(input impedance) 등을 계산할 수 있으며, 마지막으로 초고주파 능동 및 수동 소자 회로와 도파관 등을 해석할 수 있다. 이와 같이 FDTD 방법은 적용되지 않는 분야가 없을 정도로 거의 모든 전자장 분야에서 폭넓게 사용되고 있다.

[43] 도 3에서 도시된 바와 같이 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치(10)는 프로브(100), 고주파 발생부(200), 제어부(300), 측정부(400), 연산부(500), 저장부(600) 및 디스플레이부(700)를 포함할 수 있다.

[44] 고주파 발생부(200)는 제어부(300)의 제어에 따라 고주파를 생성하여 프로브(100)에 전송한다. 프로브(100)는 플라즈마(Plasma)(21) 또는 쉬스(sheath)(22)에 고주파를 투사하고, 플라즈마(Plasma)(21) 또는 쉬스(sheath)(22)로부터 반사되는 신호를 검출한다.

[45] 즉, 프로브(100)는 도 4에서 도시된 바와 같이 고주파를 송신하고, 반사되는 주파수를 수신하는 송수신 안테나일 수 있다.

[46] 측정부(400)는 프로브(100)에서 검출된 신호를 측정한다. 이때, 측정부(400)는 회로망 분석기(Network Analyzer)와 같은 초고주파 방사/계측 시스템(410) 또는 펄스파-오실로스코프 계측 시스템(420)을 포함할 수 있다.

[47] 연산부(500)는 측정부(400)에서 측정된 데이터를 이용하여 플라즈마(21)의 밀도 및 균일도를 산출한다. 즉, 연산부(500)는 프로브(100)에서 검출된 신호 또는 측정부(400)에서 측정된 데이터를 이용하여 플라즈마(21)의 표면파 공진 주파수(f_{SWR})를 산출하고, 산출된 표면파 공진 주파수(f_{SWR})를 이용하여 플라즈마(21)의 전자밀도 및 균일도를 추출할 수 있다.

[48] 제어부(300)는 프로브(100), 고주파 발생부(200), 측정부(400), 연산부(500) 및 디스플레이부(700)를 제어하고, 연산부(500)의 추출 결과를 토대로 플라즈마(21) 공정을 모니터링할 수 있다.

[49] 또한, 저장부(600)는 측정부(400)에서 측정된 데이터와 연산부(500)에서 산출된 결과를 저장한다. 또한, 디스플레이부(700)는 프로브(100) 또는 측정부(400)의 데이터를 디스플레이할 수 있다.

[50] 즉, 디스플레이부(700)는 프로브(100) 또는 측정부(400)에서 검출된 데이터를 토대로 주파수에 따른 반사 스펙트럼을 이용하여 추출된 공진 주파수를 나타낼 수 있다. 또한, 디스플레이부(700)는 주파수별 또는 전계 강도별 전기장 분포 이미지를 나타낼 수도 있다.

[51] 또한, 도 1 및 도 2는 상기 전자기 시뮬레이션에서 사용된 경계조건을 포함하는 도메인과, 방사 및 송신 안테나의 기능을 하는 프로브(100)를 나타낸다. 이때, 플라즈마(21)는 드루드 모형(Drude model)을 이용하여 유전율이 아래의 [수학식 1]과 같이 나타내는 유전체로 근사할 수 있다.

[52] [수학식 1]

[53]

$$\epsilon_p(\omega) = \epsilon_0 \left(1 - \frac{\omega_{pe}}{\omega(\omega - j\nu_m)} \right)$$

[54]

여기에서, $\epsilon_p(\omega)$ 는 플라즈마(21)의 유전율이고, ϵ_0 는 진공에서의 유전율이며,

ω_{pe} 는 플라즈마(21)의 각진동수이다. 또한, ω 는 인가되는 전자기파의 각진동수이고, 허수항인 ν_m 은 전자-중성종 충돌 주파수를 나타낸다.

[55]

또한, 본 발명의 실시 예에 따라 플라즈마(21)는 원통형 챔버(20)를 기반으로 지름의 길이가 330mm, 높이가 40mm인 원통형 형태를 사용할 수 있다.

[56]

또한, 플라즈마(21)의 각진동수는 아래의 [수학식 2]를 이용하여 추출할 수 있다.

[57]

[수학식 2]

[58]

$$\omega_{pe} = \left(\frac{e^2 n_e^{input}}{\epsilon_0 m_e} \right)^{1/2}$$

[59]

여기에서, n_e^{input} 는 입력 전자밀도이고, e 는 전자의 전하량이며, m_e 는

전자의 질량이다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따라 상기 전자기 시뮬레이션에서 전자-중성종 충돌 주파수는 아르곤 가스를 기준으로 운동량 전달(momentum transfer) 충돌 반응만을 고려하고, 전자 온도는 1.0eV로 가정한다.

[60]

또한, 쉬스(sheath)(22)는 비유전율이 1.0인 유전체로 근사하고, 쉬스(sheath)(22) 두께는 시뮬레이션 변수로 정의할 수 있다. 또한, 정전척(ESC, Electrostatic chuck)(23)은 시뮬레이션을 위해 지름이 70mm이고 높이가 20mm인 원통형을 가정한다.

[61]

프로브(100)는 도 4에 도시된 바와 같이 내측의 동축 코어(Coaxial core)(110)와 외측의 동축 페리페럴(Coaxial peripheral)(120)로 이루어지는 동축관 또는 동축 케이블(Coaxial cable) 구조의 안테나일 수 있다. 여기에서, 동축 코어(110)는 금속 재질로 이루어지고, 동축 페리페럴(120)은 유전체로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 동축 페리페럴(120)은 유전율(ϵ_r)이 2.1인 테프론(Teflon)으로 구성될 수 있다.

[62]

또한, 프로브(100)는 동축 코어(110)의 지름을 변수 "a"로, 동축 페리페럴(120)에 사용되는 유전체의 두께는 변수 "c"로 정의하고, 정전척(ESC, Electrostatic chuck)(23)의 일측에 배치된다.

[63]

시뮬레이션을 위한 경계조건은 z축 값이 0인 경계면에서 접지 경계조건을 사용($\vec{E}_t = 0$)하고, 이외의 경계면에 대해서는 열린 경계조건(open

boundary)을 사용한다.

[64]

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다. 즉, 도 5는 쉬스(sheath)(22) 두께가 1.0mm이고, 입력 전자밀도가 $5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ 이며,

압력이 1.0 토르(Torr)인 경우의 주파수에 따른 반사 스펙트럼과, 이상적인 표면과 공진 주파수(f_{SWR}^{ideal}) 및 스펙트럼 상의 표면과 공진 주파수(f_{SWR})를 나타내는 그래프이다.

- [65] 또한, 도 5는 프로브(100)가 동축 코어(110)의 지름(d)은 2mm이고, 동축 페리페럴(120)의 두께(t)는 1.0mm인 경우에 대해 전자기 시뮬레이션을 수행하여 추출한 반사 스펙트럼 그래프이다. 여기에서, 그래프 내부의 이상적인 표면과 공진 주파수(f_{SWR}^{ideal})인 1.41GHz와 플라즈마(21) 진동 주파수(f_{pe})인 2.01GHz는 각각 점선으로 나타낸다.
- [66] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 전기장 분포를 나타내는 도면이다. 즉, 도 6은 도 5의 반사 스펙트럼에서 최소값을 갖는 주파수인 1.31GHz와, 주파수(f)가 각각 2.00GHz 및 3.00GHz에서 z-축 방향의 위상 변화에 따른 전기장 분포 이미지를 나타내는 도면이다. 여기에서, 검정색 화살표는 표면과의 위치 중 어느 한 위치의 위상 변화에 따른 위치 변화를 나타내기 위한 것이다.
- [67] 또한, 각 그래프에서 색상은 전계 강도를 나타낸다. 즉, 전계 강도가 강할수록 전기장 분포가 적색에 근접하고, 전계 강도가 약할수록 전기장 분포는 청색에 가까워진다.
- [68] 도 6에서 보는 바와 같이 반사 스펙트럼에서 최소값을 갖는 주파수 1.31GHz에서 표면파가 발견되고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 주파수 2.00GHz 및 3.00GHz에서는 전기장이 방사 형태를 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [69] 따라서, 이를 통해 반사 스펙트럼에서 최소값을 갖는 주파수를 표면과 공진 주파수(f_{SWR})로 정의할 수 있다.
- [70] 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치(10)는 플라즈마(21)-쉬스(22) 경계면에서 발생하는 표면과 공진 주파수의 원리를 기반으로 하기 때문에 공정에서 가장 중요한 웨이퍼(Wafer)(24) 상단의 플라즈마(21)를 측정할 수 있는 효과가 있다.
- [71] 플라즈마(21)-쉬스(22) 경계면에서 표면파가 발견할 수 있는 공명 주파수(f_{SWR}^{ideal})는 아래의 [수학식 3]과 같이 나타낼 수 있다.
- [72] [수학식 3]
- [73]
$$f_{SWR}^{ideal} = f_{pe}/\sqrt{2}$$
- [74] 여기에서, f_{pe} 는 플라즈마(21) 진동 주파수이다. 따라서, 웨이퍼(Wafer)(24) 상단 플라즈마(21)의 밀도(n_e)는 아래의 [수학식 4]를 이용하여 추출할 수 있다.
- [75] [수학식 4]
- [76]
$$n_e = (f_{SWR}^{ideal}/6350)^{1/2}$$
- [77] 여기에서, n_e 는 웨이퍼(Wafer)(24) 상단 플라즈마(21)의 밀도이다.

- [78] 도 5에서 도시된 바와 같이 이상적인 표면과 공진 주파수(f_{SWR}^{ideal})와 측정되는 표면과 공진 주파수(f_{SWR}) 간에는 차이가 있음을 알 수 있다. 본 발명의 실시예에 따라 이러한 공진 주파수 간의 차이를 측정 오차(discrepancy)로 정의하고, 아래의 [수학식 5]를 이용하여 추출할 수 있다.
- [79] [수학식 5]
- [80] $|discrepancy| = (f_{SWR} - f_{SWR}^{ideal}) / f_{SWR}^{ideal} \times 100 (\%)$
- [81] 여기에서, $|discrepancy|$ 는 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)이고, f_{SWR} 는 측정되는 표면과 공진 주파수이며, f_{SWR}^{ideal} 는 이상적인 표면과 공진 주파수를 나타낸다.
- [82] 도 7, 도 8a, 도 8b 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 표면과 공진 주파수의 측정 오차를 나타내는 도면이다. 즉, 도 7은 쉬스(sheath)(22) 두께와 프로브(100)의 동축 코어(110) 지름(d) 및 동축 페리페럴(120)의 유전체 두께(t)에 따른 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 나타내는 그래프이다.
- [83] 도 7과 같이 쉬스(sheath)(22)의 두께가 두꺼울수록 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)는 감소한다. 또한, 프로브(100)의 안테나 크기(동축 코어(110) 지름(d) 및 동축 페리페럴(120)의 유전체 두께(t))가 작을수록 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)는 감소한다.
- [84] 즉, 프로브(100)의 동축 코어(110) 지름(d)과 동축 페리페럴(120)의 유전체 두께(t)를 합산한 안테나의 크기가 작을수록 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)는 감소한다. 도 7에서 "a"는 동축 코어(110) 지름(d)이고, "c"는 동축 페리페럴(120)의 유전체 두께(t)를 나타낸다.
- [85] 또한, 도 7에서는 동축 코어(110) 지름(d)이 2.0mm이고, 동축 페리페럴(120)의 유전체 두께(t)가 1.0mm인 프로브(100)가 최적화된 가장 작은 측정 오차(discrepancy)를 나타낸다.
- [86] 따라서, 프로브(100)를 이용하여 검출한 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 줄이기 위해서는 프로브(100)의 안테나 크기(동축 코어(110) 지름(d) 및 동축 페리페럴(120)의 유전체 두께(t))를 상대적으로 작게 형성하는 것이 바람직하다. 또한, 작은 크기로 형성되는 다수의 프로브(100)들을 플라즈마(21)의 측정 위치에 대응되도록 정전척(ESC)(23) 내에 배치하는 것이 바람직하다.
- [87] 또한, 도 8a는 압력이 1.0 토르(Torr)이고, 쉬스(sheath)(22) 두께가 5.0mm인 경우에 압력 및 입력 전자밀도에 따른 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 나타내는 그래프이고, 도 8b는 압력이 1.0 토르(Torr)이고, 쉬스(sheath)(22) 두께가 0.5mm인 경우에 압력 및 입력 전자밀도에 따른 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 나타내는 그래프이다.
- [88] 즉, 도 8a 및 도 8b는 입력 전자밀도가 각각 $5 \times 10^{09} cm^{-3}$, $5 \times 10^{10} cm^{-3}$,

- $5 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 및 $5 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ 인 경우의 표면과 공진 주파수 측정 오차(discrepancy)를 나타낸다. 또한, 도 8a 및 도 8b는 압력이 10mTorr에서 10Torr 범위까지의 표면과 공진 주파수 측정 오차(discrepancy)를 나타낸다.
- [89] 이러한 범위는 일반적인 플라즈마(21) 공정에서 사용되는 플라즈마(21)의 전자밀도 및 압력 조건이다.
- [90] 따라서, 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)는 도 8a에서 보는 바와 같이 쉬스(sheath)(22) 두께가 5.0mm인 경우에 10% 내외인 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 8b에서 보는 바와 같이 쉬스(sheath)(22) 두께가 0.5mm인 경우에도 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)는 20% 내외인 것을 확인할 수 있다.
- [91] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치(10)는 일반적인 플라즈마(21) 공정에서 측정오차가 최대 25% 이하로 전자 밀도를 측정할 수 있다. 특히, 쉬스(sheath)(22) 두께가 5.0mm 이상인 경우에는 최대 15% 이하의 측정 오차를 가지고 전자밀도를 측정할 수 있는 효과가 있다.
- [92] 한편, 프로브(100)는 도 1 및 도 2에서 도시된 바와 같이 정전척(ESC)(23)의 일측에 장착되어 사용될 수 있고, 플라즈마(21)를 발생하는 챔버(20)의 측벽에 장착되어 플라즈마(21) 가장자리(edge)의 전자밀도를 측정할 수도 있다.
- [93] 이때, 각 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)는 상기 [수학식 5]를 이용하여 추출될 수 있다.
- [94] 또한, 도 9는 입력 전자밀도가 $5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ 이고, 압력이 1.0 토르(Torr)인 경우의 웨이퍼(Wafer)(24) 두께와 유전율 및 쉬스(sheath)(22) 두께에 따른 표면과 공진 주파수의 측정오차(discrepancy)를 나타내는 그래프이다.
- [95] 즉, 도 2와 같이 프로브(100) 위에 웨이퍼(Wafer)(24)가 올려져 있는 경우에 웨이퍼(24)의 비유전율과 웨이퍼(24)의 두께 및 쉬스(sheath)(22) 두께의 변화에 따른 표면과 공진 주파수의 측정오차(discrepancy)를 나타내는 그래프이다.
- [96] 여기에서, 표면과 공진 주파수의 측정오차(discrepancy)는 상기 [수학식 5]를 이용하여 추출될 수 있다.
- [97] 도 9에서 도시된 바와 같이 표면과 공진 주파수의 측정오차(discrepancy)는 웨이퍼(24)의 두께가 두꺼워질수록 증가한다. 반면에, 웨이퍼(24)의 비유전율 변화에는 표면과 공진 주파수의 측정오차(discrepancy)에 변화가 없는 것을 확인할 수 있다.
- [98] 따라서, 프로브(100) 위에 웨이퍼(24)가 올려져 있더라도 1mm 이하인 웨이퍼(24) 두께에 대하여 프로브(100)는 측정오차 10% 이내로 전자밀도를 측정할 수 있다. 일반적으로 반도체 공정에서 사용되는 실리콘 웨이퍼(24)의 두께는 1mm 이하이다.
- [99] 도 10a, 도 10b, 도 10c 및 도 10d는 본 발명의 실시 예에 따라 플라즈마(21) 발생 챔버(20)가 있는 경우에 정전척(23) 내에서 프로브(100)의 설치 위치를 나타내는

도면이다. 즉, 도 10a는 프로브(100)가 정전척(23) 중앙에 설치되는 경우를 나타내는 도면이고, 도 10b는 프로브(100)가 정전척(23) 중앙으로부터 15mm 이격되어 설치되는 경우를 나타내는 도면이다.

- [100] 또한, 도 10c는 프로브(100)가 정전척(23) 중앙으로부터 30mm 이격되어 설치되는 경우를 나타내는 도면이고, 도 10d는 정전척(23) 내에 복수의 프로브(101, 102, 103)가 설치되는 경우를 나타내는 도면이다.
- [101] 도 10d는 본 발명의 실시 예에 따라 3개의 프로브(101, 102, 103)가 하나의 정전척(23) 내에 설치되는 경우에 프로브(101, 102, 103) 간의 상호 간섭 영향을 분석하기 위해 수행하는 시뮬레이션을 위한 구성도이다.
- [102] 도 11a 및 도 11b는 본 발명의 프로브(100) 설치 위치 변화에 따른 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다. 즉, 도 11a는 도 10a와 같이 정전척(23) 중앙에 설치되는 프로브(100)에서 측정한 반사 스펙트럼(11a1)과, 도 10b와 같이 정전척(23) 중앙으로부터 15mm 이격되어 설치되는 프로브(100)에서 측정한 반사 스펙트럼(11a2)과, 도 10c와 같이 정전척(23) 중앙으로부터 30mm 이격되어 설치되는 프로브(100)에서 측정한 반사 스펙트럼(11a3)을 나타내는 그래프이다.
- [103] 도 11a에서 나타난 바와 같이 프로브(100)가 플라즈마(21) 발생 챔버(20)의 내부에 있는 경우이나 또는 정전척(23)의 중앙으로부터 벗어나 설치되는 경우에도 표면파 공진 주파수(f_{SWR})가 정확히 측정되며, 측정값이 이상적인 표면파 공진 주파수(f_{ideal}^{SWR}) 값과 일치하는 것을 확인할 수 있다.
- [104] 또한, 도 11b는 도 10d와 같이 정전척(23) 내에 3개의 프로브(101, 102, 103)가 동시에 설치되는 경우에 각 프로브(101, 102, 103)에서 측정한 반사 스펙트럼을 나타내는 그래프이다.
- [105] 즉, 도 11b에서 반사 스펙트럼(11b1)은 도 10d의 정전척(23) 중앙에 설치되는 프로브(101)에서 측정한 반사 스펙트럼(11b1)이고, 반사 스펙트럼(11b2)은 도 10d의 정전척(23) 중앙으로부터 15mm 이격되어 설치되는 프로브(102)에서 측정한 반사 스펙트럼(11b2)이며, 반사 스펙트럼(11b3)은 도 10d의 정전척(23) 중앙으로부터 30mm 이격되어 설치되는 프로브(103)에서 측정한 반사 스펙트럼(11b3)을 나타낸다.
- [106] 도 11b에서 나타난 바와 같이 정전척(23) 내에 복수의 프로브(100)가 설치되는 경우에도 반사 스펙트럼이 크게 변화하지 않고 정확히 측정되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 정전척(23) 내에 복수의 프로브(100)가 설치되는 경우에도 상호간 간섭 효과의 영향이 없는 것을 확인할 수 있다.
- [107] 도 12는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치를 개략적으로 나타내는 도면이고, 도 13은 도 12의 프로브(100)를 이용하여 측정된 반사 스펙트럼을 나타내는 도면이다.
- [108] 즉, 도 12의 상단 도면(a)은 정전척(23) 내에 다수의 프로브(100)들이 배치되는 것을 나타내는 평면도이고, 도 12의 하단 도면(b)은 다수의 프로브(100)들이

- 배치된 정전척(23)이 챔버(20) 내에 설치되는 것을 나타내는 단면도이다.
- [109] 도 13은 도 12에서 정전척(23)의 정 중앙에 있는 프로브(100)로부터 측정된 반사 스펙트럼이다. 도 13에서 도시된 바와 같이 정전척(23) 내에 다수의 프로브(100)들이 설치되는 경우에도 표면과 공진 주파수가 정확하게 측정되는 것을 확인할 수 있다.
- [110] 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치(10)는 전자기 시뮬레이션을 통하여 측정된 프로브(100)의 반사 스펙트럼으로부터 플라즈마(21)-쉬스(22) 경계면에서 발생하는 표면과 공진 주파수를 측정함으로써 플라즈마(21)의 전자밀도와 균일도(uniformity)를 측정할 수 있다.
- [111] 도 14는 본 발명의 일 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법을 나타내는 순서도이다. 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법은 정전척(ESC, Electrostatic Chuck)(23)의 일측 또는 챔버(20)의 내벽에 적어도 하나의 프로브(100)를 설치하는 단계(S10), 제어부(300)가 프로브(100)를 이용하여 플라즈마(21) 또는 쉬스(22)에 고주파를 투사하는 단계(S20) 및 프로브(100)가 플라즈마(21) 또는 쉬스(22)로부터 반사되는 주파수를 검출하는 단계(S30)를 포함할 수 있다.
- [112] 또한, 측정부(400)가 프로브(100)에서 검출된 주파수를 이용하여 주파수에 따른 반사 스펙트럼을 추출하는 단계(S40), 연산부(500)가 프로브(100)에서 검출된 주파수 또는 측정부(400)에서 추출된 반사 스펙트럼을 이용하여 플라즈마(21)-쉬스(22)의 표면과 공진 주파수를 추출하는 단계(S50) 및 연산부(500)가 상기 표면과 공진 주파수를 토대로 플라즈마(21)의 전자밀도 또는 균일도(uniformity)를 추출하는 단계(S60)를 포함할 수 있다.
- [113] 이와 같이 본 발명의 실시 예에 따른 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법 및 장치(10)는 플라즈마(21) 실시간 모니터링 기술을 실공정에 적용하여 공정의 안정화 및 수율의 향상을 이룰 수 있는 효과가 있다.
- [114] 이상으로 본 발명에 관한 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되지 아니하며, 본 발명의 실시 예로부터 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의한 용이하게 변경되어 균등하다고 인정되는 범위의 모든 변경을 포함한다.
- [115] [부호의 설명]
- [116] 10: 플라즈마 공정 진단 장치 20: 챔버
- [117] 21: 플라즈마 22: 쉬스
- [118] 23: 정전척 24: 웨이퍼
- [119] 100, 101, 102, 103: 프로브 110: 동축 코어
- [120] 120: 동축 페리페럴 200: 고주파 발생부
- [121] 300: 제어부 400: 측정부
- [122] 410: 초고주파 방사/계측 시스템
- [123] 420: 펄스파-오실로스코프 계측 시스템

- [124] 500 : 연산부 600 : 저장부
- [125] 700 : 디스플레이부

청구범위

- [청구항 1] 챔버 내에 생성 또는 유입되는 플라즈마를 진단하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법에 있어서,
 정전척(ESC, Electrostatic Chuck)의 일측 또는 챔버의 내벽에 적어도 하나의 프로브를 설치하는 단계(S10);
 상기 프로브를 이용하여 플라즈마 또는 쉬스에 고주파를 투사하는 단계(S20);
 상기 프로브가 플라즈마 또는 쉬스로부터 반사되는 주파수를 검출하는 단계(S30);
 상기 프로브에서 검출된 주파수를 이용하여 주파수에 따른 반사 스펙트럼을 추출하는 단계(S40);
 상기 프로브에서 추출된 주파수 또는 상기 반사 스펙트럼을 이용하여 플라즈마-쉬스의 표면과 공진 주파수를 추출하는 단계(S50); 및
 상기 표면과 공진 주파수를 토대로 플라즈마의 전자밀도 또는 균일도(uniformity)를 추출하는 단계(S60)를 포함하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 주파수에 따른 반사 스펙트럼을 추출하는 단계(S40)는 초고주파 방사/계측 시스템 또는 펄스파-오실로스코프 계측 시스템을 이용하여 상기 반사 스펙트럼을 추출하는 것을 특징으로 하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 표면과 공진 주파수를 추출하는 단계(S50)는 상기 반사 스펙트럼에서 최소값을 갖는 주파수를 추출하여 표면과 공진 주파수로 설정하는 것을 특징으로 하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 플라즈마의 전자밀도는 아래의 [수학식 1]을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 방법.
- [수학식 1]
- $$n_e = (f_{SWR}/6350)^{1/2}$$
- 여기에서, n_e 는 플라즈마의 전자밀도이고, f_{SWR} 는 표면과 공진 주파수이다.
- [청구항 5] 챔버 내에 생성 또는 유입되는 플라즈마를 진단하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치에 있어서,
 제어부의 제어에 따라 고주파를 생성하여 프로브에 전송하는 고주파 발생부;
 플라즈마(Plasma) 또는 쉬스(sheath)에 고주파를 투사하고, 상기

플라즈마(Plasma) 또는 쉬스(sheath)로부터 반사되는 주파수를 검출하는 프로브;

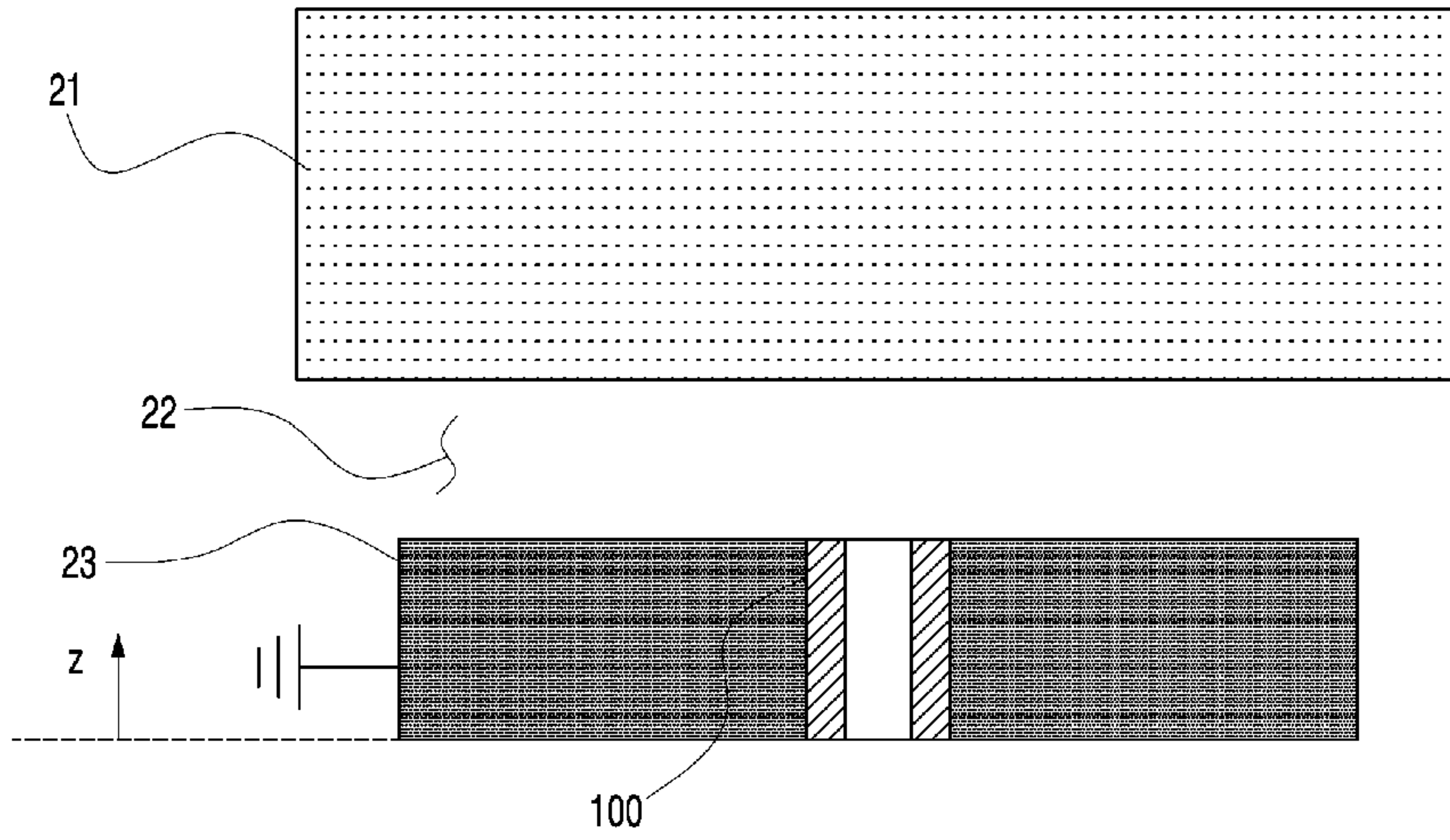
상기 프로브에서 검출된 주파수를 측정하는 측정부; 및
상기 프로브에서 검출된 주파수 또는 측정부에서 측정된 데이터를 이용하여 상기 플라즈마 또는 쉬스의 표면과 공진 주파수를 산출하고, 산출된 표면과 공진 주파수를 이용하여 플라즈마의 전자밀도 또는 균일도를 추출하는 연산부를 포함하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치.

[청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 프로브는 동축 케이블(Coaxial cable) 형상으로 구성되며, 상기 프로브의 내측 동축 코어(Coaxial core)는 금속 재질로 이루어지고, 외측의 동축 페리페럴(Coaxial peripheral)은 유전체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치.

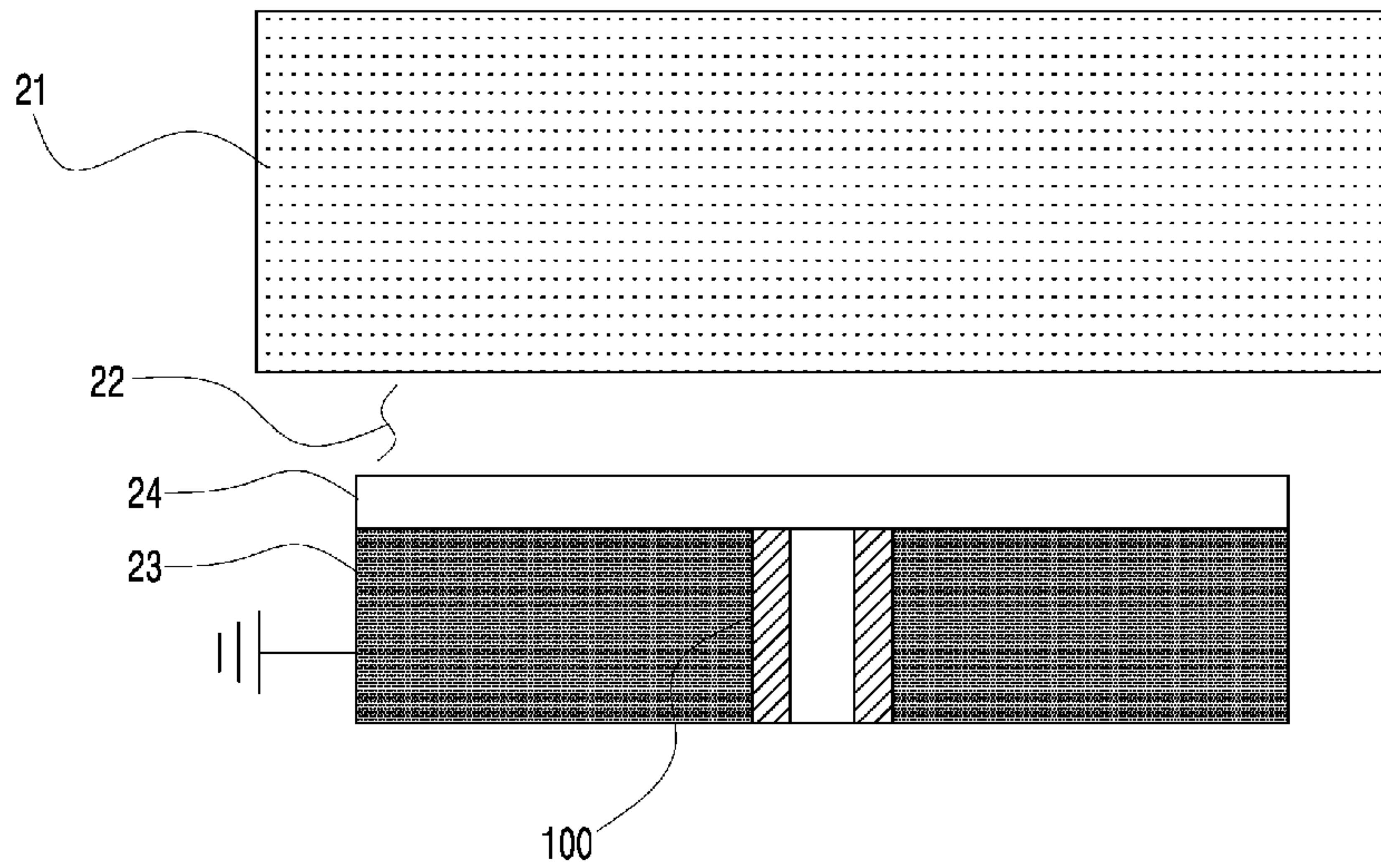
[청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 프로브는 표면과 공진 주파수의 측정 오차(discrepancy)를 줄이기 위해 프로브의 안테나 크기(동축 코어(Coaxial core)의 지름 및 동축 페리페럴의 유전체 두께)를 상대적으로 작게 형성하는 것을 특징으로 하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치.

[청구항 8] 제5항에 있어서,
상기 챔버의 내벽 또는 챔버 내의 정전척(ESC, Electrostatic Chuck) 일측에 적어도 하나의 프로브가 설치되는 것을 특징으로 하는 비침습형 플라즈마 공정 진단 장치.

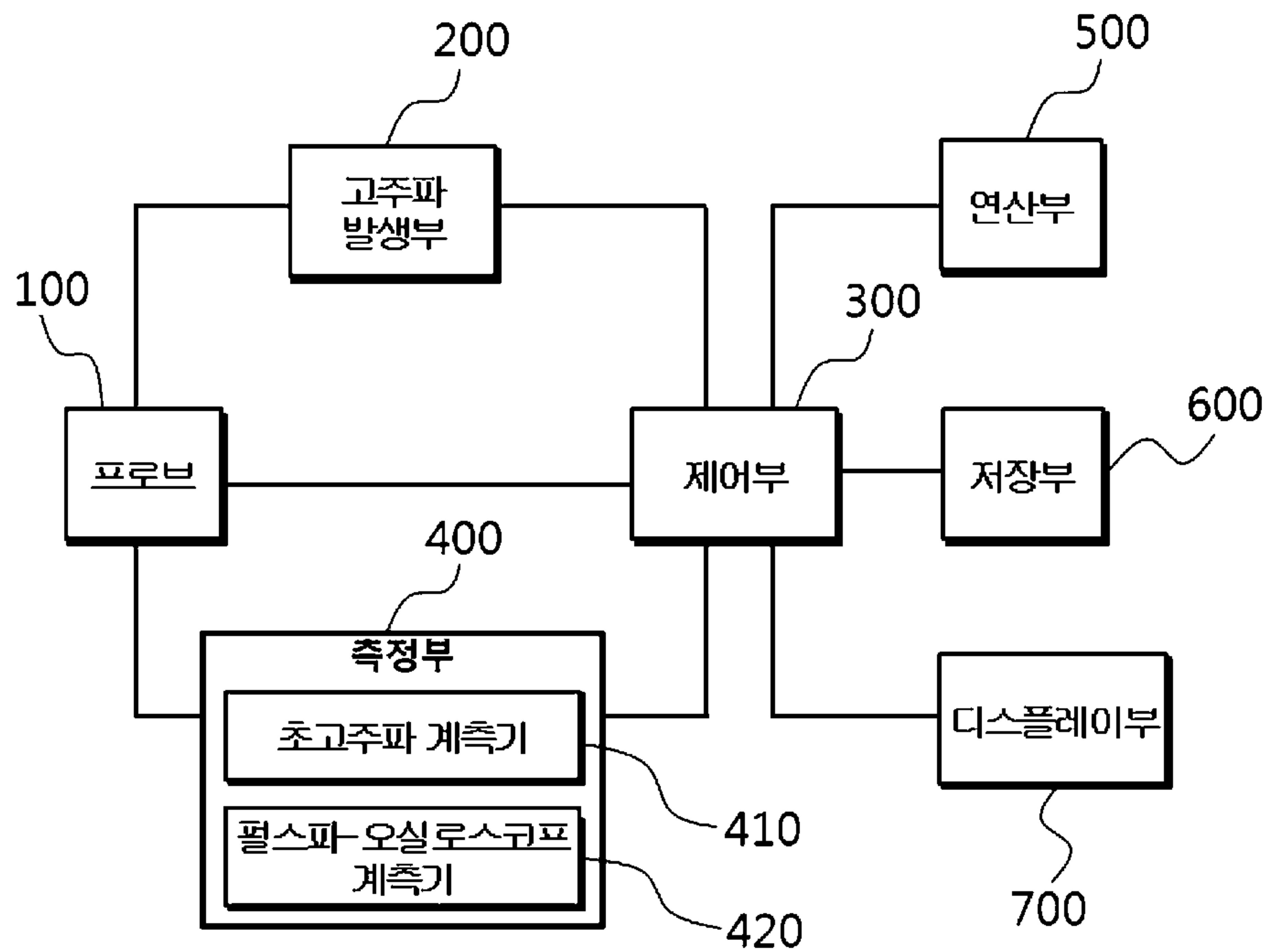
[도1]



[도2]

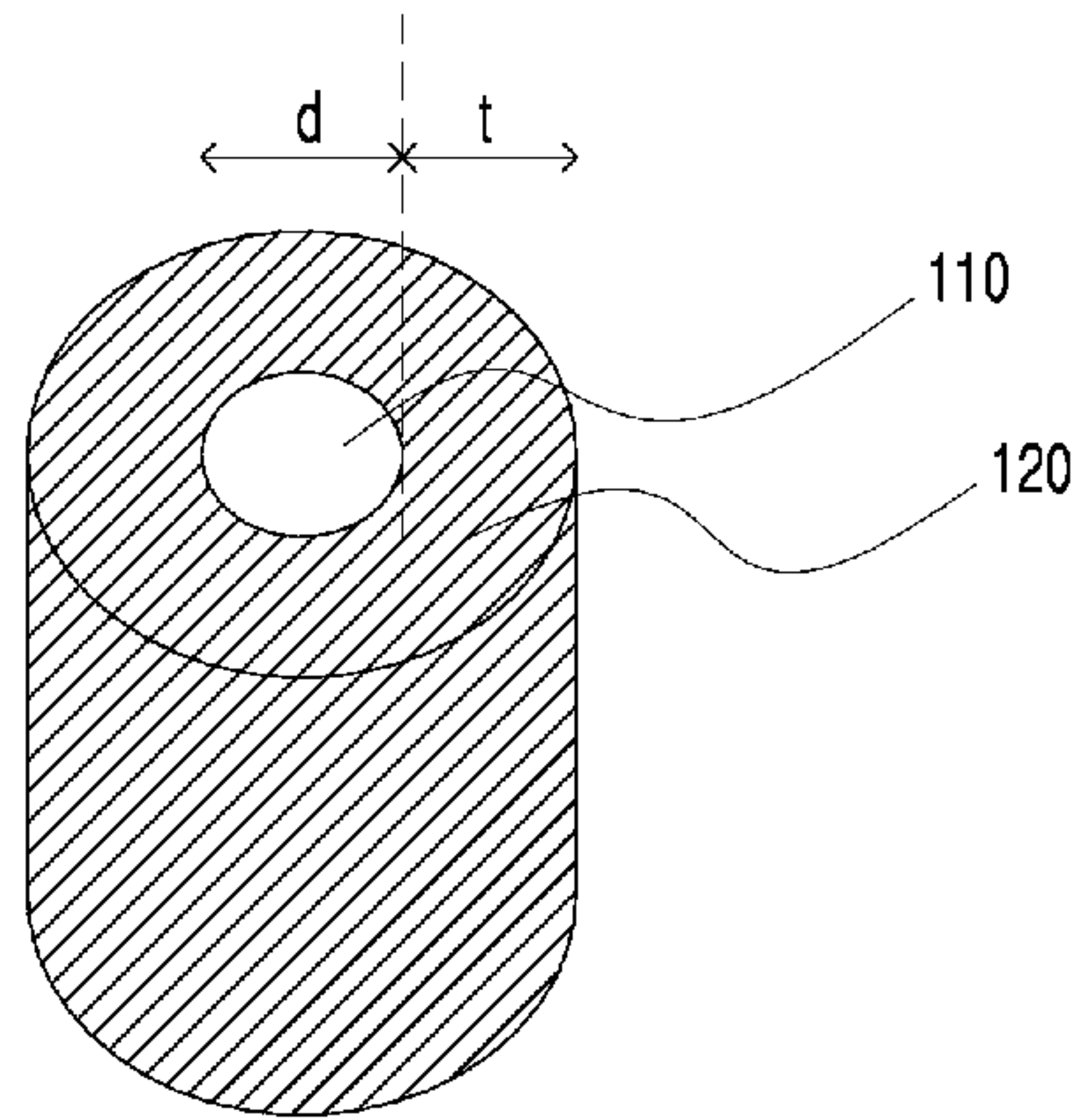


[도3]

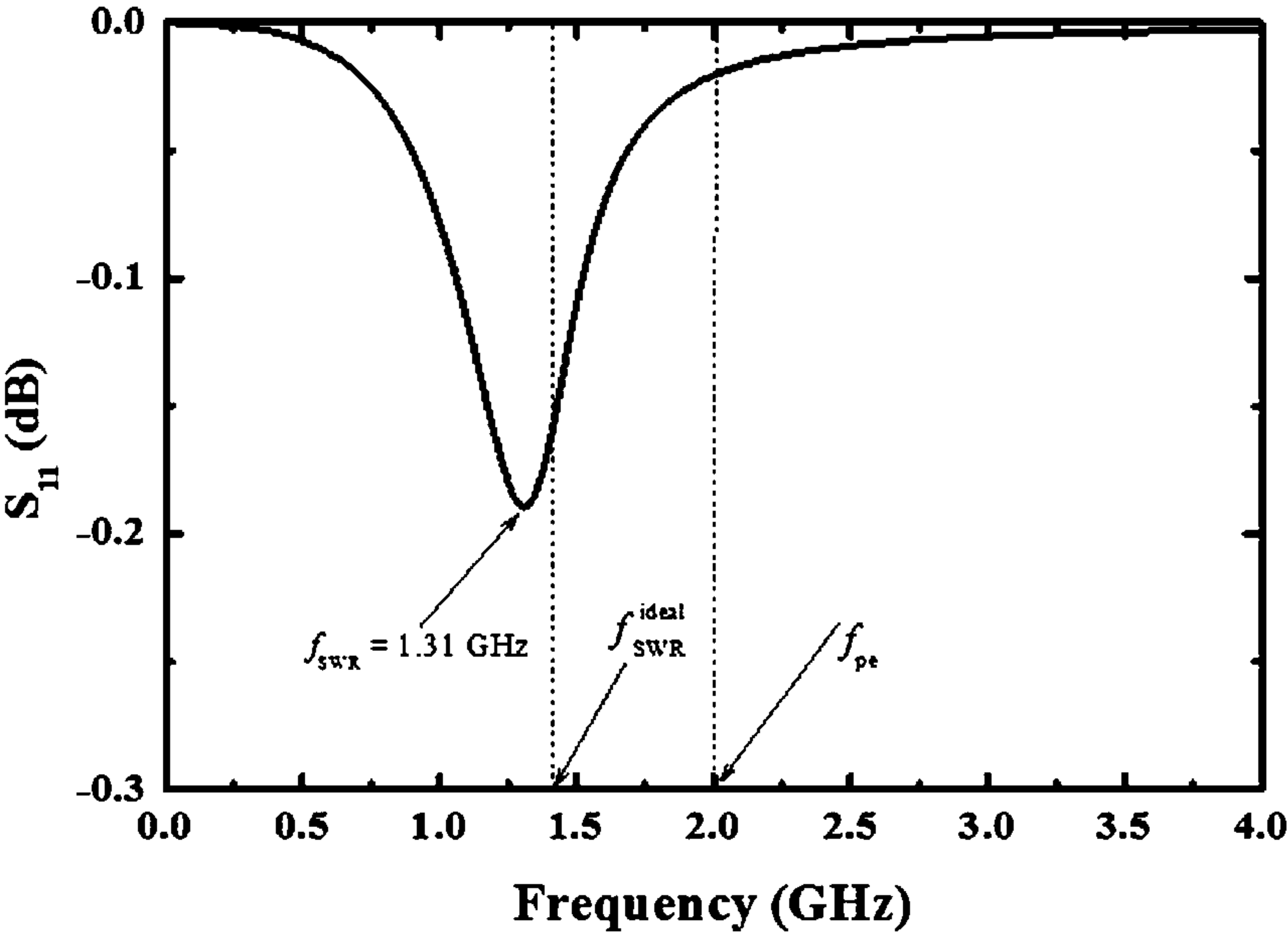


[도4]

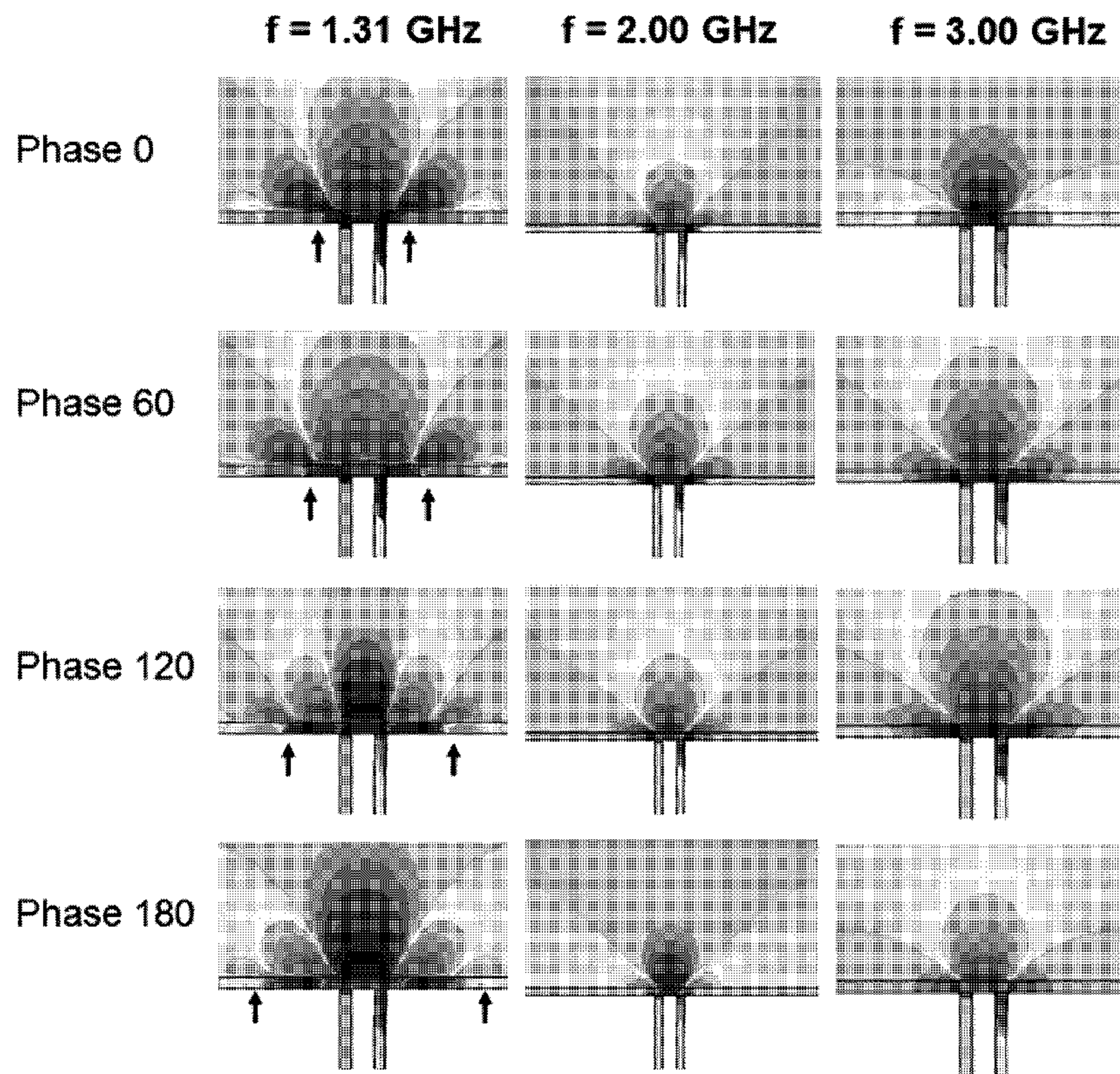
100



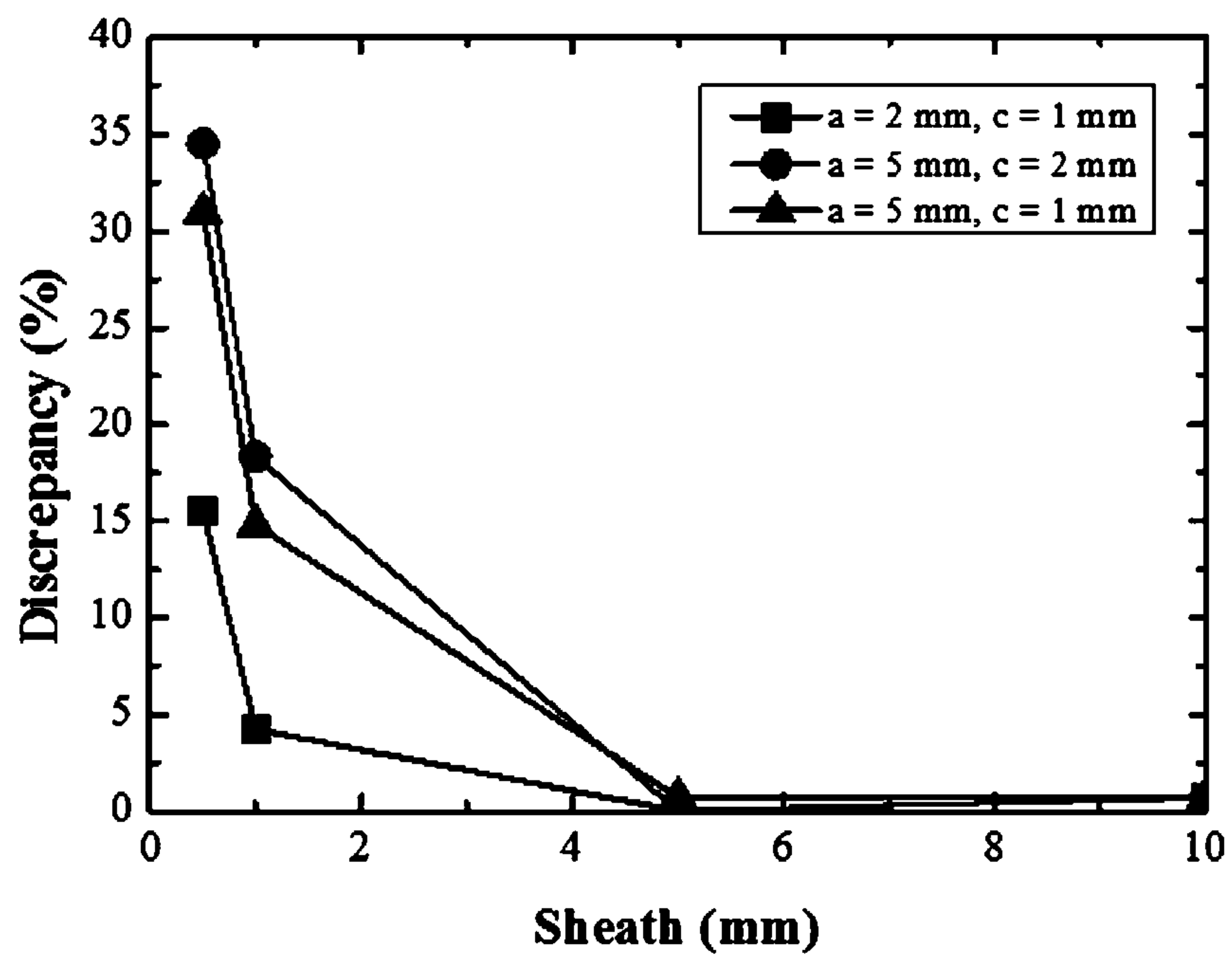
[도5]



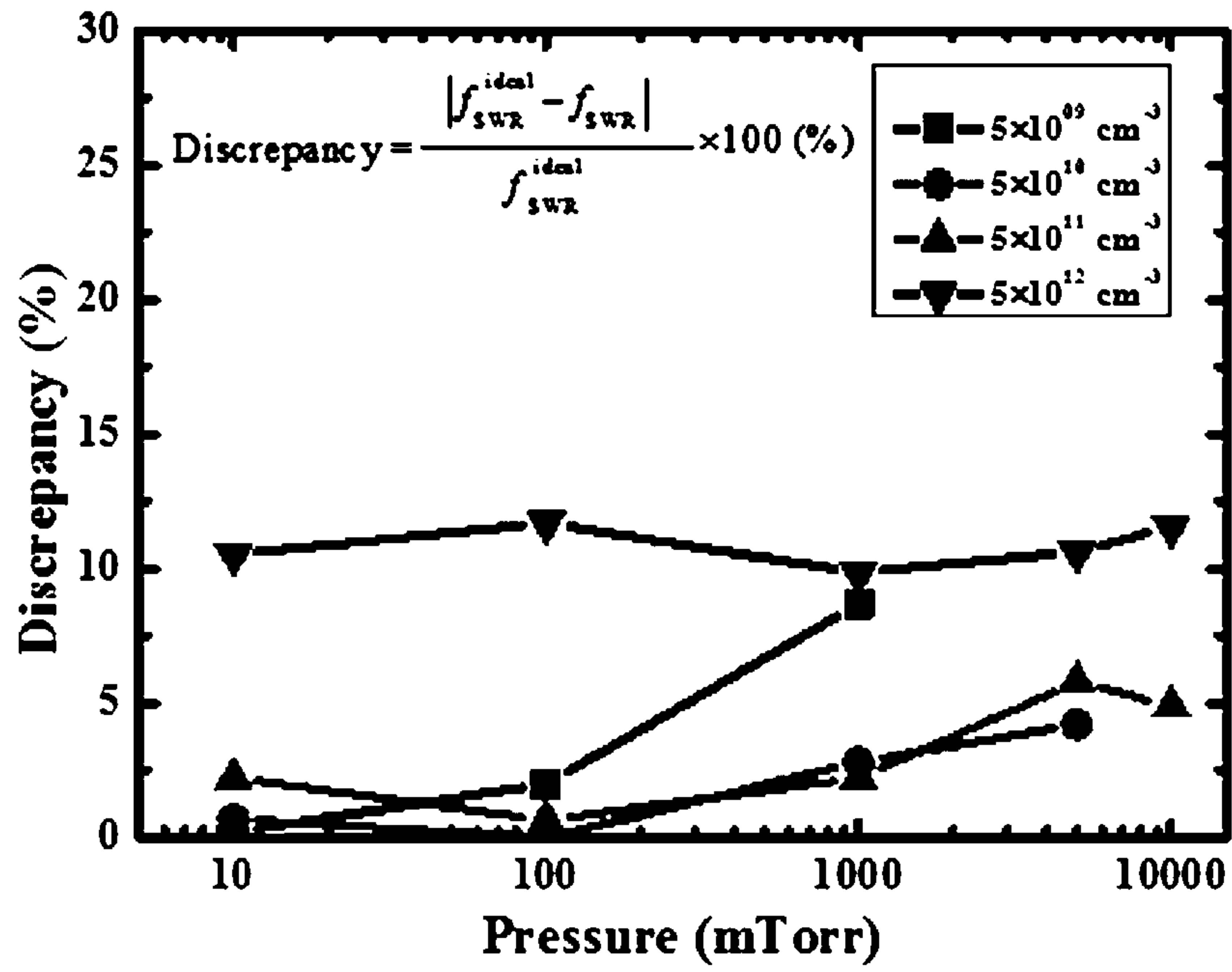
[도6]



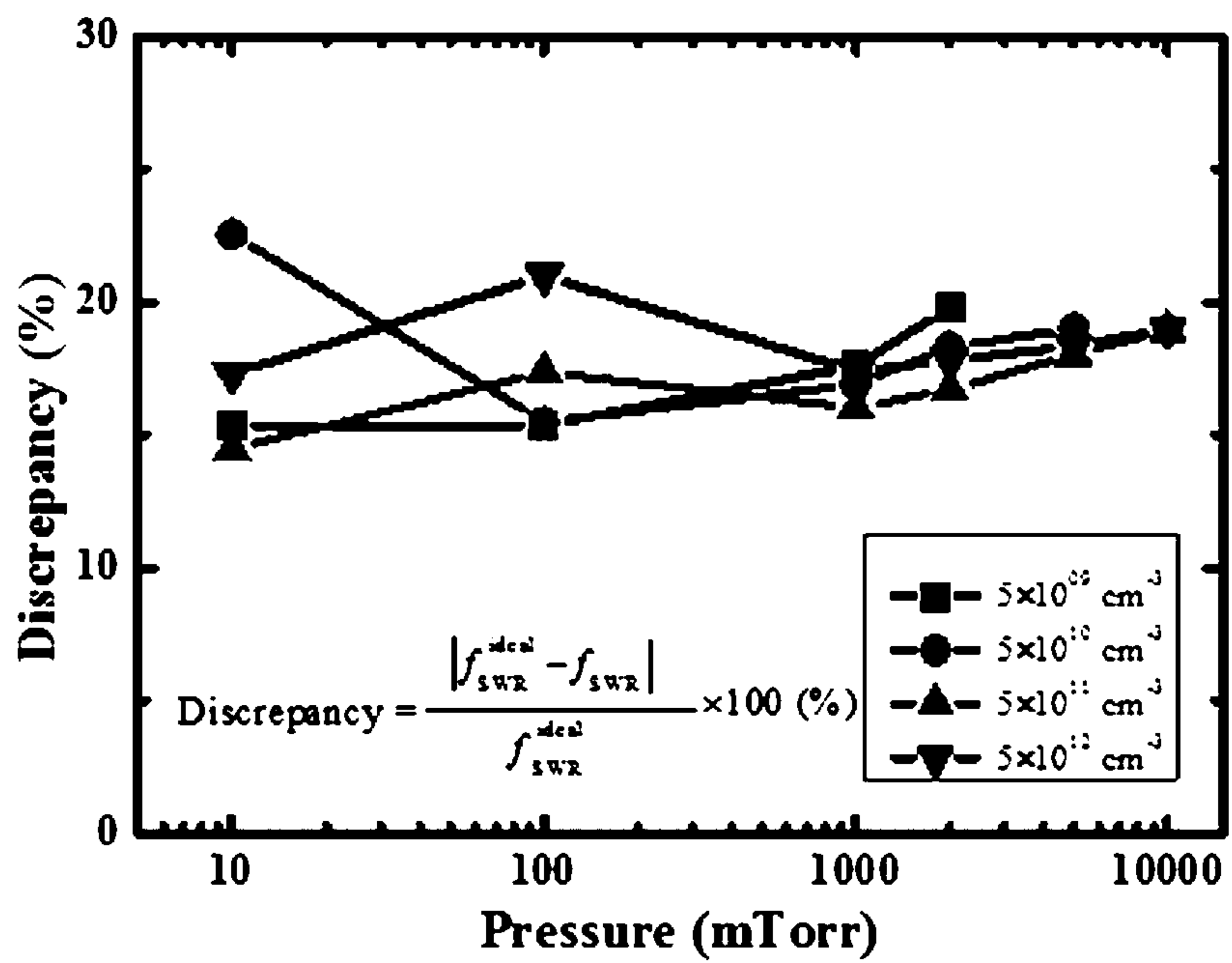
[도7]



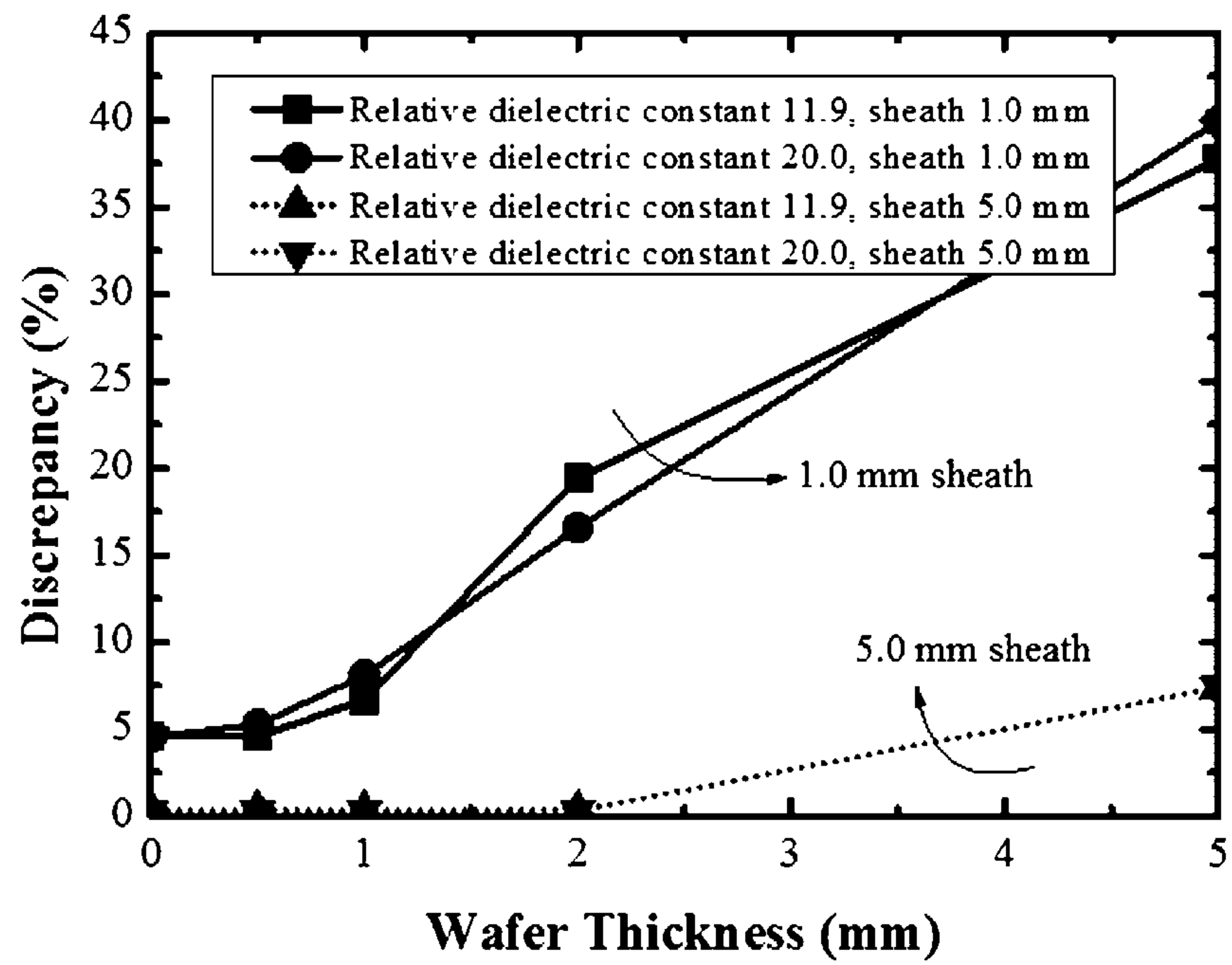
[도8a]



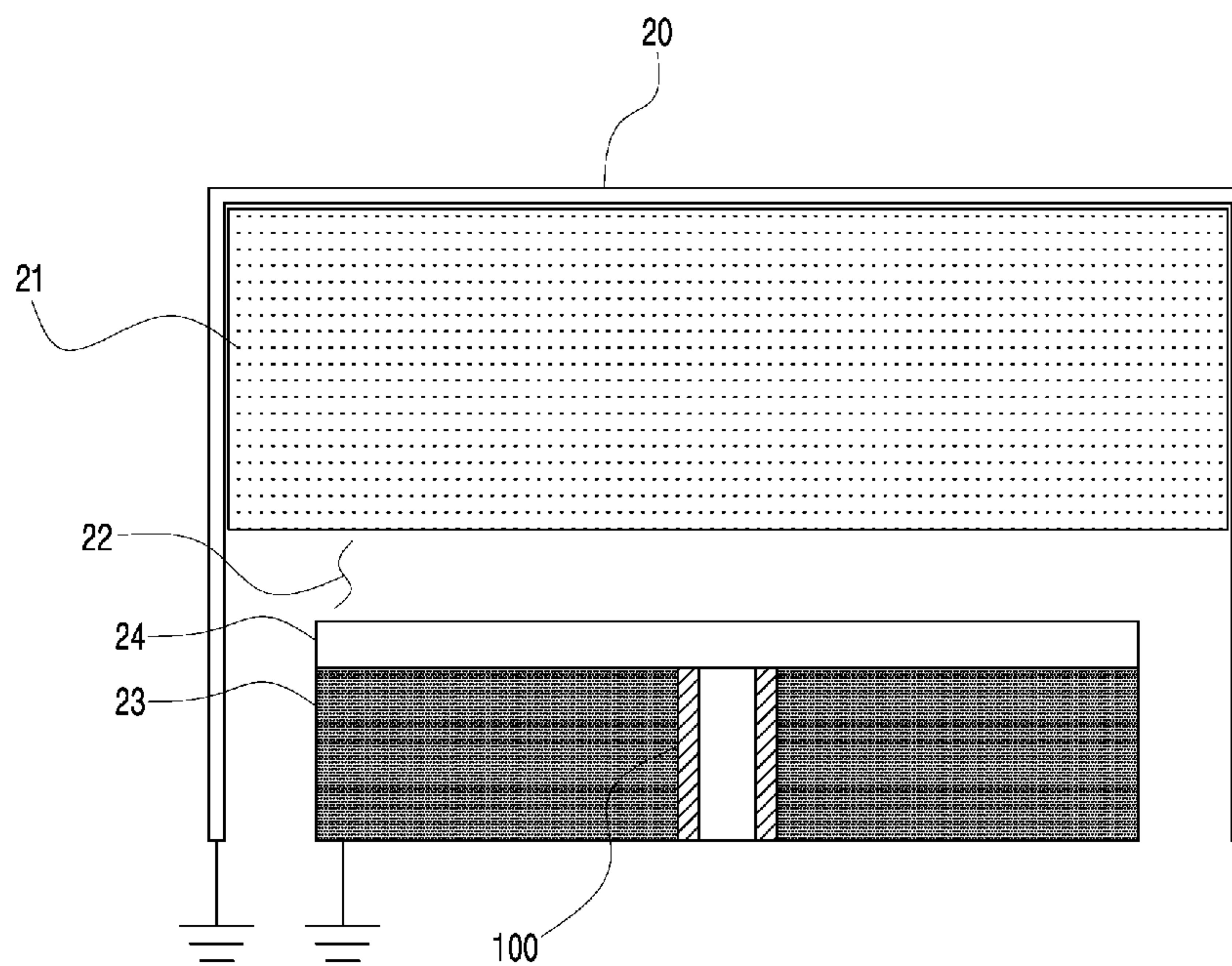
[도8b]



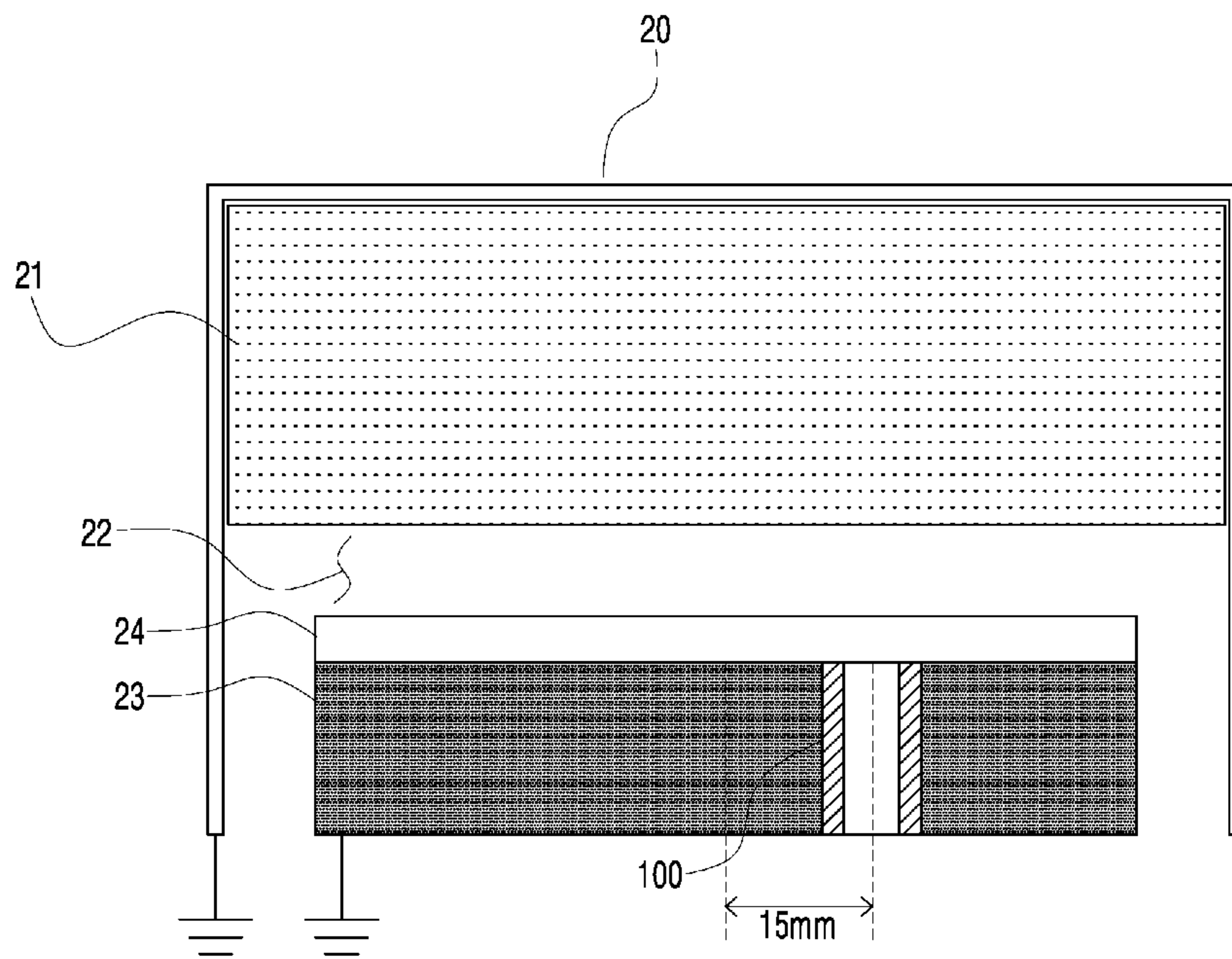
[도9]



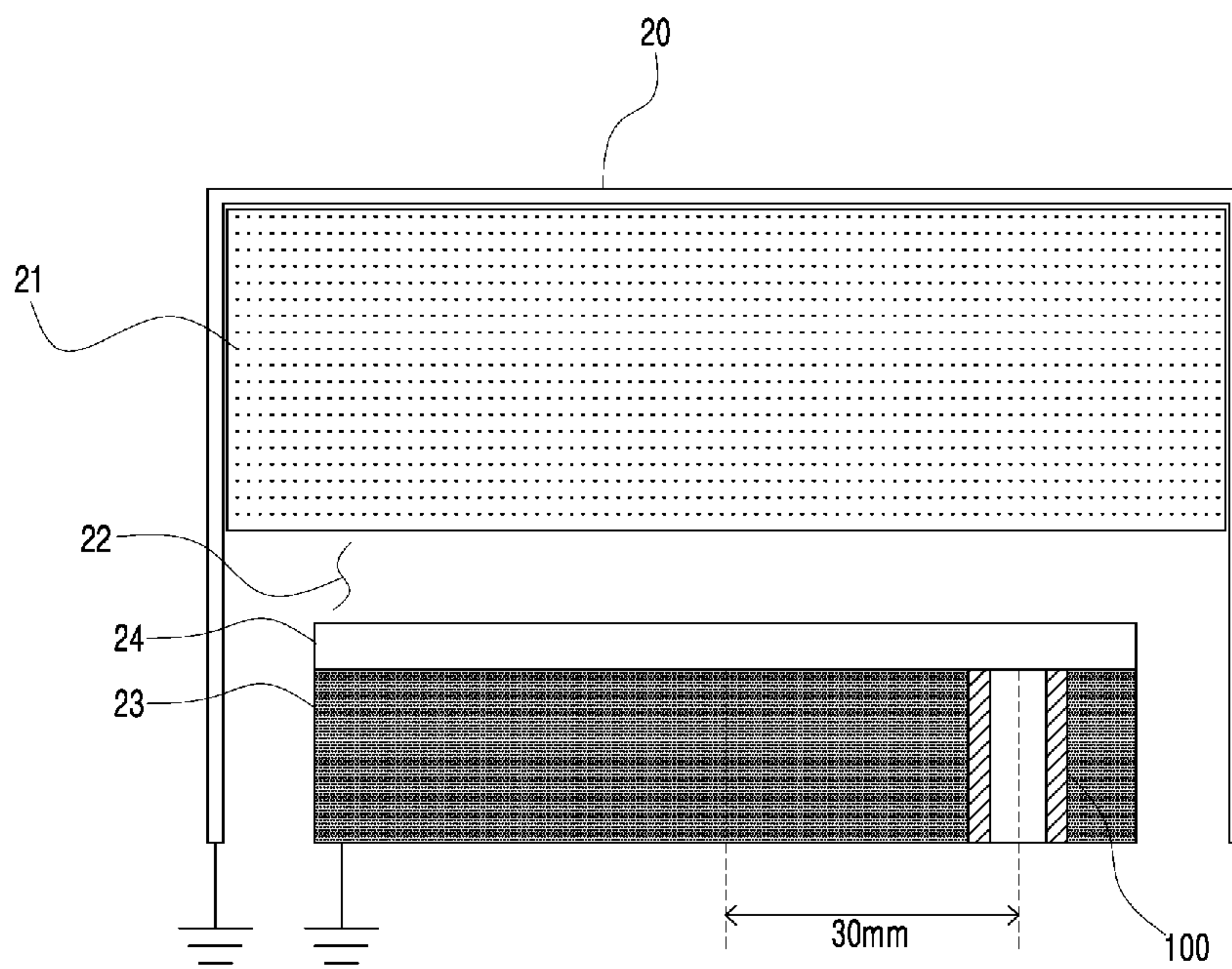
[도10a]



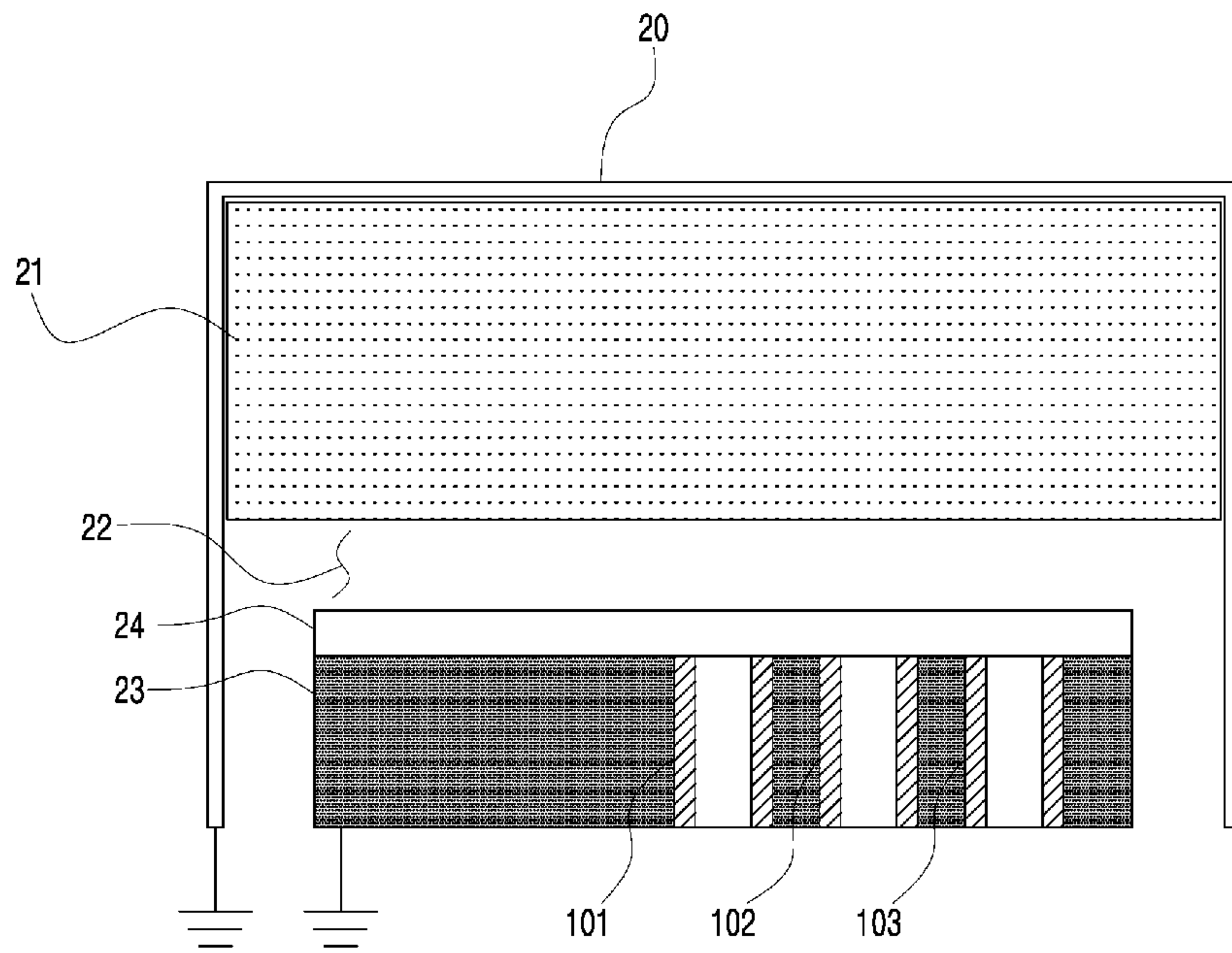
[도10b]



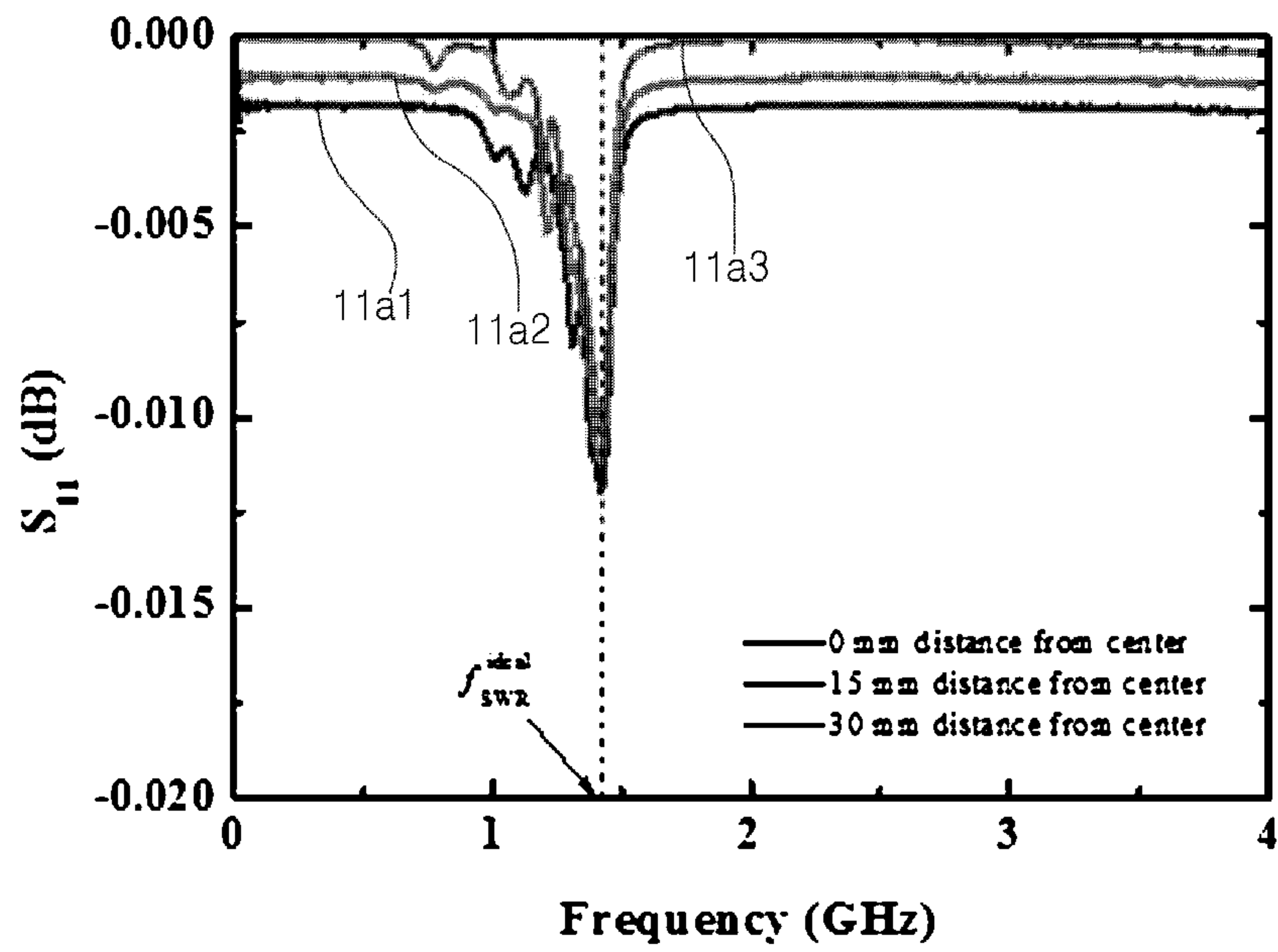
[도10c]



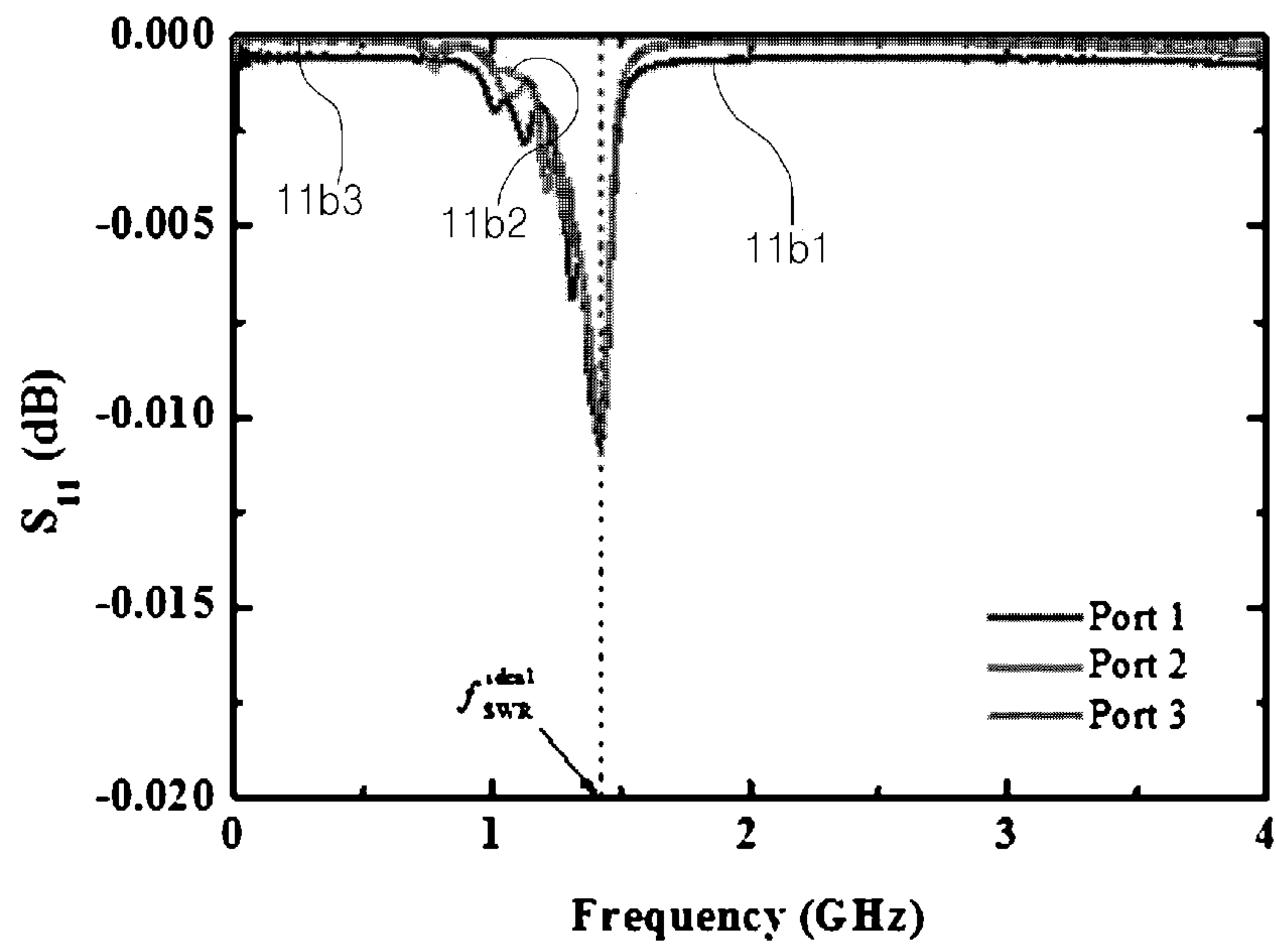
[도 10d]



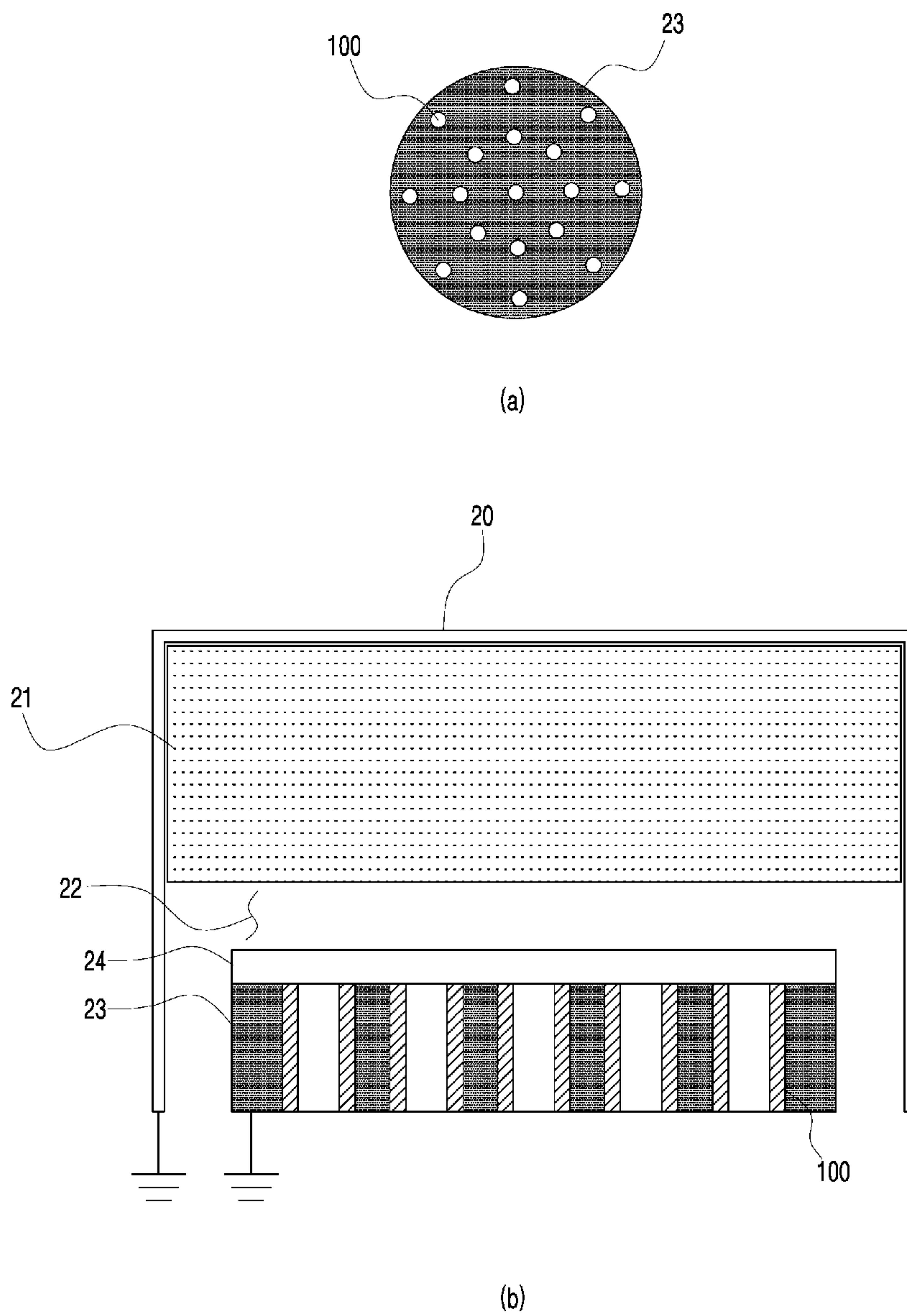
[도 11a]



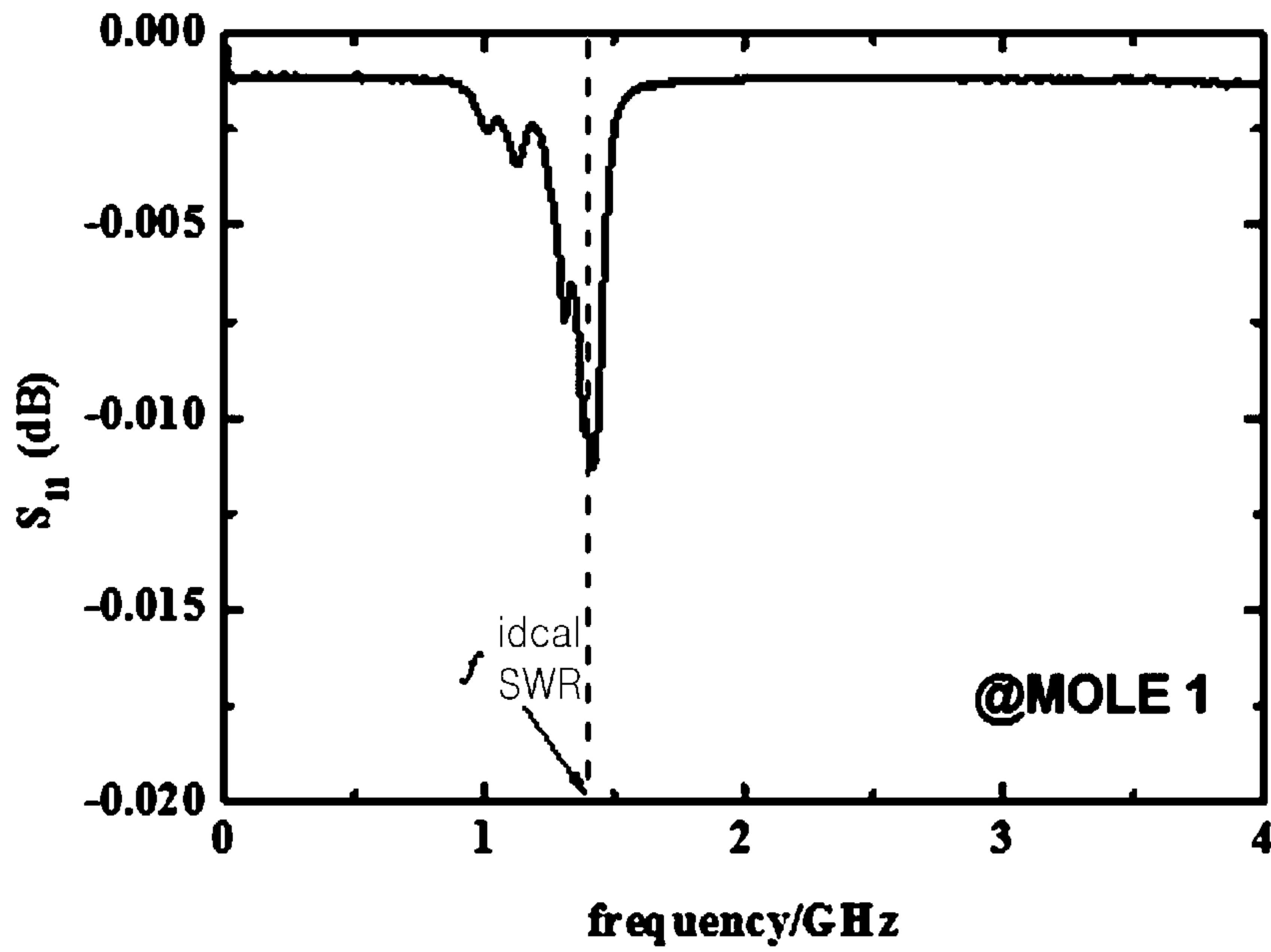
[도11b]



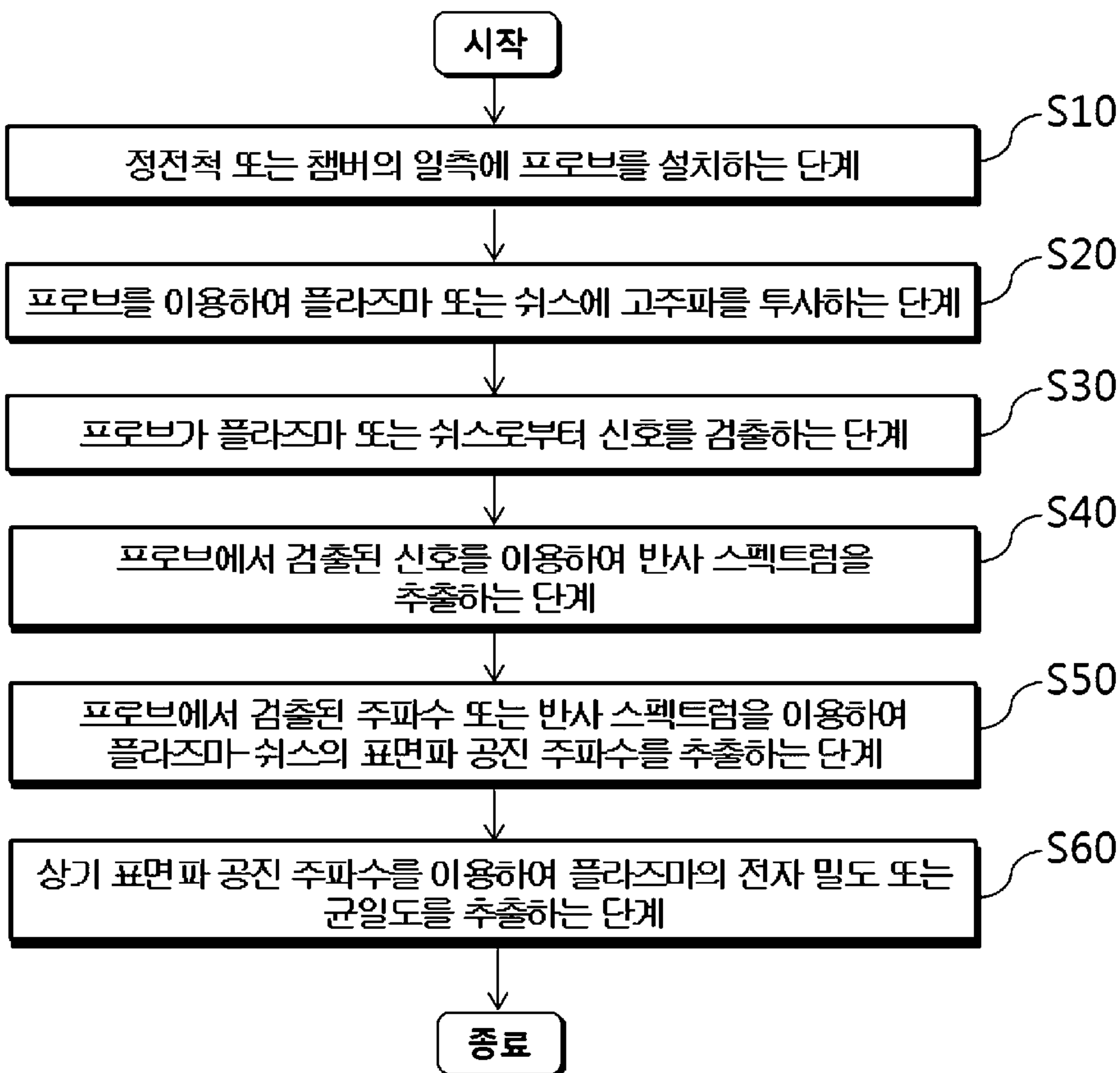
[도12]



[도13]



[도14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/000321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J 37/32(2006.01)i, H05H 1/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J 37/32; G01B 11/02; H01L 21/02; H01L 21/3065; H01L 21/31; H05H 1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

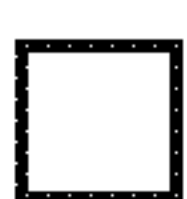
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: plasma, non-invasion, resonance, probe, reflect, spectrum

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2017-0028094 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 13 March 2017 See paragraphs [0036] and [0089]-[0094], claims 1 and 3 and figures 6 and 7a.	1-8
Y	JP 2010-232110 A (CHUBE UNIV.) 14 October 2010 See paragraphs [0030]-[0041], claims 1-4 and figure 1.	1-8
A	KR 10-2006-0067957 A (ADVANCED ENERGY INDUSTRIES, INC.) 20 June 2006 See claims 1-18 and figures 1 and 7.	1-8
A	JP 2017-069212 A (KLA-ENCOR CORP.) 06 April 2017 See claims 1-4 and figure 2A.	1-8
A	JP 4679364 B2 (RAM RESEARCH CORPORATION) 27 April 2011 See claims 1-8 and figure 4.	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 JULY 2020 (23.07.2020)

Date of mailing of the international search report

23 JULY 2020 (23.07.2020)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/000321

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2017-0028094 A	13/03/2017	US 0566176 B2	18/02/2020
		US 2017-0069553 A1	09/03/2017
		US 2017-0148613 A1	25/05/2017
		US 9601397 B1	21/03/2017
JP 2010-232110 A	14/10/2010	JP 5478924 B2	23/04/2014
KR 10-2006-0067957 A	20/06/2006	JP 2007-502519 A	08/02/2007
		JP 2011-502519 A5	24/02/2011
		JP 5015596 B2	29/08/2012
		US 2005-0034811 A1	17/02/2005
		US 2005-0151544 A1	14/07/2005
		US 6902646 B2	07/06/2005
		US 8545669 B2	01/10/2013
		WO 2005-017937 A2	24/02/2005
		WO 2005-017937 A3	09/06/2005
JP 2017-069212 A	06/04/2017	CN 102771194 A	07/11/2012
		CN 102771194 B	02/12/2015
		EP 2526743 A2	28/11/2012
		EP 2526743 A4	06/05/2015
		EP 2526743 B1	07/12/2016
		JP 2013-518370 A	20/05/2013
		JP 6316898 B2	25/04/2018
		KR 10-1764940 B1	03/08/2017
		KR 10-2012-0118006 A	25/10/2012
		TW 201143541 A	01/12/2011
		US 2011-0174777 A1	21/07/2011
		US 2015-0020972 A1	22/01/2015
		US 2018-0114681 A1	26/04/2018
		US 8889021 B2	18/11/2014
		WO 2011-090850 A2	28/07/2011
		WO 2011-090850 A3	17/11/2011
JP 4679364 B2	27/04/2011	AU 2003-255272 A1	25/02/2004
		AU 2003-255273 A1	25/02/2004
		AU 2003-258170 A1	25/02/2004
		CN 100353140 C	05/12/2007
		CN 100370221 C	20/02/2008
		CN 100376864 C	26/03/2008
		CN 100595899 C	24/03/2010
		CN 100675516 A	28/09/2005
		CN 100675517 A	28/09/2005
		CN 100675518 A	28/09/2005
		CN 101221917 A	16/07/2008
		EP 1529193 A2	11/05/2005
		EP 1529193 B1	07/10/2009
		EP 1546649 A1	29/06/2005
		EP 1546650 A1	29/06/2005

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/000321

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
		EP 1546650 B1	03/10/2012
		JP 2005-536074 A	24/11/2005
		JP 2005-536075 A	24/11/2005
		JP 2005-536076 A	24/11/2005
		JP 4679365 B2	27/04/2011
		JP 4841953 B2	21/12/2011
		KR 10-2005-0028057 A	21/03/2005
		KR 10-2005-0047097 A	19/05/2005
		KR 10-2005-0047098 A	19/05/2005
		TW 200403785 A	01/03/2004
		TW 200405011 A	01/04/2004
		TW 200405501 A	01/04/2004
		WO 2004-015364 A1	19/02/2004
		WO 2004-015365 A1	19/02/2004
		WO 2004-015727 A3	29/04/2004

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01J 37/32(2006.01)i, H05H 1/00(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01J 37/32; G01B 11/02; H01L 21/02; H01L 21/3065; H01L 21/31; H05H 1/00 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드:플라즈마(plasma), 비침습(non-invasion), 공진(resonance), 프로브(probe), 반사(reflect), 스펙트럼(spectrum)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2017-0028094 A (삼성전자주식회사) 2017.03.13 단락 [0036], [0089]-[0094], 청구항 1, 3 및 도면 6, 7a 참조.	1-8
Y	JP 2010-232110 A (CHUBE UNIV.) 2010.10.14 단락 [0030]-[0041], 청구항 1-4 및 도면 1 참조.	1-8
A	KR 10-2006-0067957 A (어드밴스드 에너지 인더스트리즈 인코포레이티드) 2006.06.20 청구항 1-18 및 도면 1, 7 참조.	1-8
A	JP 2017-069212 A (KLA-ENCOR CORP.) 2017.04.06 청구항 1-4 및 도면 2A 참조.	1-8
A	JP 4679364 B2 (RAM RESEARCH CORPORATION) 2011.04.27 청구항 1-8 및 도면 4 참조.	1-8
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신 규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명 은 진보성이 없는 것으로 본다. “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2020년 07월 23일 (23.07.2020)	국제조사보고서 발송일 2020년 07월 23일 (23.07.2020)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 강민정 전화번호 +82-42-481-8131	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2017-0028094 A	2017/03/13	US 0566176 B2	2020/02/18
		US 2017-0069553 A1	2017/03/09
		US 2017-0148613 A1	2017/05/25
		US 9601397 B1	2017/03/21
JP 2010-232110 A	2010/10/14	JP 5478924 B2	2014/04/23
KR 10-2006-0067957 A	2006/06/20	JP 2007-502519 A	2007/02/08
		JP 2011-502519 A5	2011/02/24
		JP 5015596 B2	2012/08/29
		US 2005-0034811 A1	2005/02/17
		US 2005-0151544 A1	2005/07/14
		US 6902646 B2	2005/06/07
		US 8545669 B2	2013/10/01
		WO 2005-017937 A2	2005/02/24
		WO 2005-017937 A3	2005/06/09
JP 2017-069212 A	2017/04/06	CN 102771194 A	2012/11/07
		CN 102771194 B	2015/12/02
		EP 2526743 A2	2012/11/28
		EP 2526743 A4	2015/05/06
		EP 2526743 B1	2016/12/07
		JP 2013-518370 A	2013/05/20
		JP 6316898 B2	2018/04/25
		KR 10-1764940 B1	2017/08/03
		KR 10-2012-0118006 A	2012/10/25
		TW 201143541 A	2011/12/01
		US 2011-0174777 A1	2011/07/21
		US 2015-0020972 A1	2015/01/22
		US 2018-0114681 A1	2018/04/26
		US 8889021 B2	2014/11/18
		WO 2011-090850 A2	2011/07/28
		WO 2011-090850 A3	2011/11/17
JP 4679364 B2	2011/04/27	AU 2003-255272 A1	2004/02/25
		AU 2003-255273 A1	2004/02/25
		AU 2003-258170 A1	2004/02/25
		CN 100353140 C	2007/12/05
		CN 100370221 C	2008/02/20
		CN 100376864 C	2008/03/26
		CN 100595899 C	2010/03/24
		CN 100675516 A	2005/09/28
		CN 100675517 A	2005/09/28
		CN 100675518 A	2005/09/28
		CN 101221917 A	2008/07/16
		EP 1529193 A2	2005/05/11
		EP 1529193 B1	2009/10/07
		EP 1546649 A1	2005/06/29
		EP 1546650 A1	2005/06/29

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
		EP 1546650 B1	2012/10/03
		JP 2005-536074 A	2005/11/24
		JP 2005-536075 A	2005/11/24
		JP 2005-536076 A	2005/11/24
		JP 4679365 B2	2011/04/27
		JP 4841953 B2	2011/12/21
		KR 10-2005-0028057 A	2005/03/21
		KR 10-2005-0047097 A	2005/05/19
		KR 10-2005-0047098 A	2005/05/19
		TW 200403785 A	2004/03/01
		TW 200405011 A	2004/04/01
		TW 200405501 A	2004/04/01
		WO 2004-015364 A1	2004/02/19
		WO 2004-015365 A1	2004/02/19
		WO 2004-015727 A3	2004/04/29