



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월12일
(11) 등록번호 10-1784394
(24) 등록일자 2017년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/05 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/05 (2013.01)
A61B 5/4312 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0039410
(22) 출원일자 2016년03월31일
심사청구일자 2016년03월31일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100068542 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
백정기
대전광역시 서구 만년로 25, 105동 1401호 (만년동, 강변아파트)
강우근
경상북도 성주군 성주읍 성주금산3길 71 (금산리)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 최성수

(54) 발명의 명칭 유방암 자가 검사장치 및 그 방법

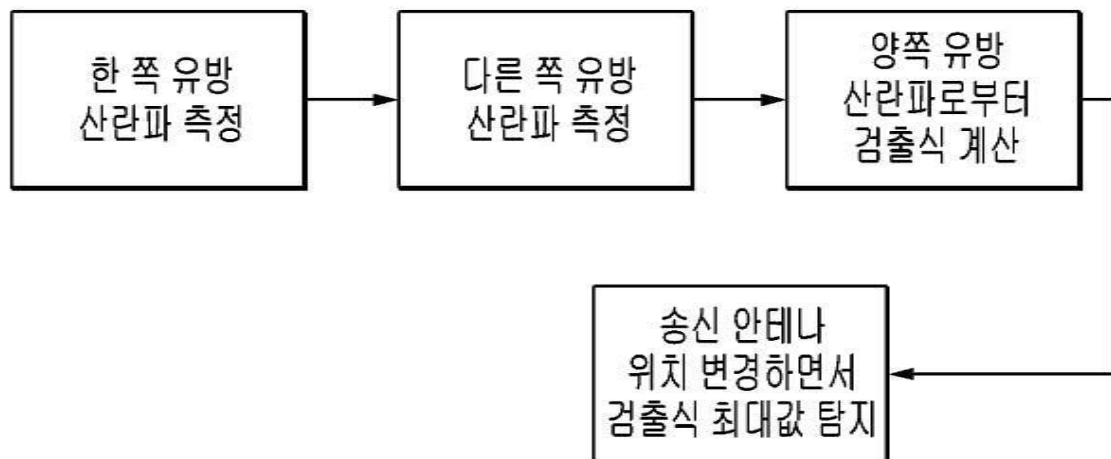
(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치는, 검사할 유방을 수용하는 유방 안착부와, 상기 유방 안착부 주위에 일정간격으로 배치되는 적어도 2 이상의 안테나로 이루어지는 센서모듈; 상기 센서모듈의 적어도 2 이상의 안테나중 하나의 안테나에 대하여 번갈아 전자파를 인가하기 위한 전자파 공급모듈; 및 상기 센서모듈의 적어도 2 이상의 안테나중 나머지 안테나로부터 산란파를 수신하여, 양쪽 유방암의 대칭성을 이용한

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki-0}|}{|S_{ki-0}|} \times 100 \right) [\%]$$

유방암 검출식(4)를 사용하여 유방암 조직의 존부를 진단하는 유방암 진단모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(56) 선행기술조사문헌
KR1020100072598 A
US20060241410 A1
KR1020100034202 A
KR101026833 B1

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

검사할 유방을 수용하는 유방 안착부와, 상기 유방 안착부 주위에 일정간격으로 배치되는 적어도 2 이상의 안테나로 이루어지는 센서모듈;

상기 센서모듈의 적어도 2 이상의 안테나중 하나의 안테나에 대하여 번갈아 전자파를 인가하기 위한 전자파 공급모듈; 및

상기 센서모듈의 적어도 2 이상의 안테나중 나머지 안테나로부터 산란파를 수신하여, 양쪽 유방암의 대칭성을

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki-0}|}{|S_{ki-0}|} \times 100 \right) [\%]$$

이용한 유방암 검출식(4)를 사용하여 유방암 조직의 존부를 진단하는 유방암 진단모듈을 포함하며,

여기서, i번째 안테나가 전파하고, N은 총 안테나 갯수일 때 S_{ki-0} 는 무종양 산란 파라미터이고, S_{ki} 는 종양 산란 파라미터인 유방암 자가 검사장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유방 안착부는 유방이 수용할 수 있도록 상부가 개방된 반구형태이며, 상기 센서모듈은 상기 유방안착부가 장착되는 상면과, 상기 적어도 2 이상의 안테나를 상기 유방안착부 주위에 고정하기 위한 고정홀이 형성된 하면과, 내부가 빈 중공이 되도록 원통형 또는 박스형으로 설치되는 측면으로 이루어진 하우징을 더 포함하는 유방암 자가 검사장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 하우징 내부에는 도전성이 있고 유전율이 큰 주변매질 용액으로 충전되는 유방암 자가 검사장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 안테나는 슬릿형 다이폴 안테나이며, 상기 하우징 하면의 고정홀에는 상기 전자파공급모듈과 상기 진단모듈과 전기적으로 접속시키는 커넥터가 설치되는 유방암 자가 검사장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 하우징 하면 중심에 상기 주변매질 용액을 주입하기 위한 개구와, 상기 개구를 액밀하게 개폐하는 실링마개부를 포함하는 유방암 자가 검사장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 전자파 공급모듈은 1.5GHz대역의 전자파를 공급하는 것을 특징으로 하는 유방암 자가 검사장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 안테나의 개수는 8개인 유방암 자가 검사장치.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 센서 모듈의 크기를 줄이기 위하여 상기 하우징의 측면에 대해 전자파 흡수체를 사용하는 것을 특징으로 하는 유방암 자가 검사장치.

청구항 9

양쪽 유방조직에 대하여 인가된 전자파의 산란 파라미터를 측정하여 그 차이로 유방암 유무를 진단하는 유방암 검출식(4)

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki_0}|}{|S_{ki_0}|} \times 100 \right) [\%]$$

에 있어서,

한 쪽 유방의 산란 데이터를 기준신호로 사용하여 상기 유방암 검출식의 해를 산출하며,

여기서, i번째 안테나가 전파하고, N은 총 안테나 갯수일 때 S_{ki_0} 는 무종양 산란 파라미터이고, S_{ki} 는 종양 산란 파라미터인 유방암 자가 검출방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 전자파의 인가 위치를 변경하면서 상기 유방암 검출식의 해가 최대가 되는 위치를 탐지하여 유방암을 검출하는 유방암 자가 검출방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항의 유방암 자가 검사장치를 이용하는 유방암 자가 검사방법에 있어서

한쪽 유방을 센서모듈의 유방암 안착부에 안착시키는 단계(S110);

상기 센서모듈의 하나의 송신안테나에 전자파공급모듈을 연결하고, 나머지 수신안테나를 검출모듈에 연결하는 단계(S120);

상기 하나의 송신안테나에 전자파를 인가하고, 상기 나머지 수신안테나로 산란파를 수신하는 단계(S130);

상기 한쪽 유방의 산란파 파라미터 값을 계산하는 단계(S140);

상기 단계 S110 내지 단계 S130를 다른 쪽 유방에 대해 반복하여 다른 쪽 유방의 산란파 파라미터 값을 계산하는 단계(S150)

양쪽 유방의 산란파 파라미터 값을 사용하여 유방암 자가 검출식(4)

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki_0}|}{|S_{ki_0}|} \times 100 \right) [\%]$$

을 계산하는 단계를 포함하며,

여기서, i 번째 안테나가 전파하고, N 은 총 안테나 갯수일 때 $S_{ki} - 0$ 는 무종양 산란 파라미터이고, S_{ki} 는 종양 산란 파라미터인 유방암 자가 검사방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 단계 S150 및 단계 S160에 대하여 송신 안테나를 변경하면서 유방암 검출식(4)을 계산하는 단계(S170)와,

상기 유방암 검출식(4)의 해가 최대값 인지를 판단하여, 상기 유방암 검출식(4)의 해가 최대값 이면 그 위치에 유방암 조직이 있다고 판단하는 단계(S190)를 포함하는 유방암 자가 검사방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 유방암 자가 검사장치 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전자파를 이용하여 유방암 병변 유무를 판별할 수 있는 유방암 자가 검사장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 유방암은 우리나라 여성에게 발병하는 암 발생빈도 1위로 4대 암 보다도 높게 발병하는 것으로 나타나고 있다. 이는 서구화된 식습관과 비만, 출산을 및 수유의 감소, 조기 초경과 폐경기 지연, 스트레스의 증가, 각종 공해의 노출 등의 현상으로 인하여 발병율이 점차 증가해왔기 때문이다. 그리고 유방암은 한국 여성의 경우에 40대에 발생 확률이 높고, 정기 검진에 대한 관심 부족으로 발견 당시 3기 이상 진행된 경우도 많다. 그런데 유방암의 경우 조기 발견 시 대부분 완치가 가능하므로 유방암 조기진단은 매우 중요하다. 유방암의 정밀한 진단을 위해서는 CT(Computed Tomography), MRI(Magnetic resonance imaging), MT(Microwave Tomography) 등의 다양한 진단장치가 활용되고 있다.

[0003] 상기에서 CT는 검사시간이 짧은 반면에, 암조직과 유방 조직의 대조도가 낮은 단점이 있다. 또한 MRI는 초고가의 장비로 해상도는 높지만 검사 시간이 길고 비용이 많이 소요되는 단점이 있다. 초고주파를 이용한 MT는 mammography와 MRI의 단점을 개선할 수 있으나, 간편하게 자주 검사하기는 어렵다.

선행기술문헌

본 출원인에 의해 2011년 2월 15일 등록된 발명의 명칭이 각각 "전자파를 이용한 유방암 진단장치 및 진단방법", "전자파를 이용한 유방암 진단장비용 유방펜텀 제조방법"인 한국등록특허 제1016747호 및 한국등록특허 제1026833호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 이러한 문제점을 해소하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 간편한 자가 검사를 통해 유방암을 조기에 발견할 수 있는 검사 시간이 짧고, 어디서나 이용할 수 있으며, 간편하게 자주 검사할 수 있으며, 저렴하며 휴대가 가능한 유방암 자가 검사장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치는, 검사할 유방을 수용하는 유방 안착부와, 상기 유방 안착부 주위에 일정간격으로 배치되는 적어도 2 이상의 안테나로 이루어지는 센서모듈; 상기 센서모듈의 적어도 2 이상의 안테나중 하나의 안테나에 대하여 번갈아 전자파를 인가하기 위한 전자파 공급모듈; 및 상기 센서모듈의 적어도 2 이상의 안테나중 나머지 안테나로부터 산란파를 수신하여, 양쪽 유방암의 대칭성을 이용한

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki-0}|}{|S_{ki-0}|} \times 100 \right) [\%]$$

유방암 검출식(4)를 사용하여 유방암 조직의 준부를 진단하는 유방암 진단모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0006] 본 발명의 다른 측면에 따른 유방암 자가 검사방법은, 양쪽 유방조직에 대하여 인가된 전자파의 산란 파라미터를 측정하여 그 차이로 유방암 유무를 진단하는 유방암 검출식(4)

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki-0}|}{|S_{ki-0}|} \times 100 \right) [\%]$$

[0007] 에 있어서,

[0008] 한 쪽 유방의 산란 데이터를 기준신호로 사용하여 상기 유방암 검출식의 해를 산출하고, 상기 전자파의 인가 위치를 변경하면서 상기 유방암 검출식의 해가 최대가 되는 위치를 탐지하여 유방암을 검출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법을 사용하면, 피검사자는 유방암의 유무를 조기에 자가 확인할 수 있고, 유방암의 존재 가능성이 확인될 경우, CT, MRI, MT 등을 통하여 정밀 진단을 할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법은 저렴하고 간편하게 유방암을 자가 검사 할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 유방암을 조기에 진단 할 수 있고, 저렴하며, 간편하게 유방암을 진단할 수 있기 때문에 다른 질병에 대한 자가 검사장치와 유사하게 활용 가능성이 매우 높을 것으로 판단된다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법은 X 선이나 강한 자기장을 사용하는 기존의 유방암 진단 장치와 달리 1.5 GHz 대역의 인체에 무해한 수준의 약한 마이크로파를 신호를 사용하여 유방암의 존재 유무를 자가 검사할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법은 병원 방문없이 저렴한 비용으로 자택에서 손쉽게 유방암의 발병 유무를 판단할 수 있으며, 유방암의 조기 발견을 통해 유방암의 완치율을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사방법을 유추하게 된 개념을 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사방법의 기본 알고리즘이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 4a내지 도 4d는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치의 원통형 센서모듈의 사시도, 후방 사시도, 도 4a의 절단 사시도, 및 도 4a의 I-I을 따라 취한 단면도이다.

도 5a내지 도 5d는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치의 원통형 센서모듈의 사시도, 후방 사시도, 도 5a의 절단 사시도, 및 도 5d의 I-I을 따라 취한 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치를 이용한 검사방법을 설명하는 플로우차트이다.

도 7a는 작동 주파수에 따른 유방암 검출식 값을 나타내는 그래프이고, 도 7b는 안테나 개수에 따른 유방암 검출식 값을 나타내는 그래프이다.

도 8a는 직경 2,4,6, 7, 및 9mm를 갖는 종양에 대하여 유방암 검출 식값에 대한 검출율을 나타내는 그래프이다.

도 8b는 각각, 1100, 1300, 1500MHz의 작동 주파수에서 4, 6, 9mm의 종양 크기에 대하여 검출된 유방암 검출식 값을 나타내는 그래프이다.

도 9는 8개의 전송안테나에 대한 산란 파라미터(S-parameter)에 대한 인서션 손실을 나타내는 그래프이다.

도 10a는 2, 4, 6, 및 9mm직경의 유방종양에 대한 검출식 값의 평균값을 나타내는 그래프이고, 도 10b는 실험적 측정에 의한 2, 4, 6, 및 9mm직경의 유방종양에 대한 각 전송 안테나에 대한 검출식 값을 나타내는 그래프이며, 도 10c는 9mm 직경의 유방종양에 대한 검출식 값과 검출률 사이의 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법에 대해서 상세히 설명한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법에 사용된 기본 알고리즘을 구성하기 위한 개념도이다.

[0016] 도 1에 도시된 바와 같이, 유방암 조직을 포함하는 유방에 대해 동일 평면에 대해 전송 안테나에 의해서 비추어진 피검체로부터 수신 안테나로 산란된 신호는 다음의 파동 방정식(1) 또는 대응 적분 방정식(2)로 표현될 수 있다.

$$\nabla^2 \mathbf{E}_s + k^2 \mathbf{E}_s - \nabla (\nabla \cdot \mathbf{E}) = (k_{obj}^2 - k_1^2) \mathbf{E}_i \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(\vec{r}) &= \mathbf{E}_i(\vec{r}) + \mathbf{E}_s(\vec{r}) \\ &= \mathbf{E}_i(\vec{r}) + \int G(\vec{r}, \vec{r}') (k_{obj}^2(\vec{r}) - k_1^2) \mathbf{E}_i(\vec{r}') d\vec{r}' \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, $\mathbf{E}_i$ 는 입사 전기장,

$\mathbf{E}_s$ 는 산란 전기장, k_{obj} 는 피검체의 진동수, k_1 는 주변매질의 진동수이다.

[0019] 즉, 안테나중 하나가 신호를 전송할 때, 나머지 모든 안테나는 산란된 신호를 수신하여 N(N-1)개의 산란 신호를 얻는다.

[0020] MT 시스템에 있어서, ϵ_{obj} 는 수신 안테나에 의해서 수신된 산란 신호를 사용하여 ϵ_{obj} 의 가정된 분포에 대한 이론적 산란 신호 $\mathbf{E}_{s,ij}$ 와 측정 신호 $\mathbf{E}_{s,ij}^m$ 사이의 차이를 최소화함으로써 재구성된다.

[0021] 인덱스 i and j 는 각각 송신 안테나와 수신 안테나를 나타낸다.

$$\text{Minimize } \mathbf{F} = \|\mathbf{E}_{s,ij} - \mathbf{E}_{s,ij}^m\| \quad (3)$$

[0024] 영상복원을 위해서 최소화 과정은 ϵ_{obj} 분포를 적당히 변경해 가면서 여러 번 반복될 필요가 있다.

[0025] 따라서, 이러한 종래의 영상 복원(또는 ϵ_{obj} 분포)이 이루어지는 MT시스템은 복잡한 복원 알고리즘 때문에 긴 계산 시간이 소요된다. 게다가, 하드웨어 시스템이 복잡하고, 그 진단 비용이 매우 비싸다.

[0026] 이에 반하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법은, 기존 MT 시스템과 대비하여 상대적으로 간단한 유방 암의 존재 여부를 결정할 수 있는 간단한 검출 알고리즘을 가지며, 그 장비는 또한 작고, 휴대가 가능할 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 검출 알고리즘은 유방암 검출식 (4)와 같이 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 산

란 파라미터의 정규화된 변화량을 구하는 식으로 정의된다.

$$\sum_{k=2}^n \left(\frac{|S_{ki} - S_{ki-0}|}{|S_{ki-0}|} \times 100 \right) [\%]$$

[0028] 유방암 검출식 (4)

[0029] 여기서, i번째 안테나가 전파하고, N은 총 안테나 갯수일 때 S_{ki-0} 는 무종양 산란 파라미터이고, S_{ki} 는 종양 산란 파라미터이다.

[0030] 실제로, 기준 값이 되는 무종양 산란 파라미터 S_{ki-0} 를 얻는 것은 어렵다. 그러나, 이러한 어려움을 유방 양 측에 동일한 사이즈의 종양을 갖는 것은 매우 드물기 때문에 유방의 좌우 대칭성을 사용하여 도 2에 도시된 바와 같이 극복할 수 있다.

[0032] 그러나, 단순히 임피던스변화량에 기초해서는 그 값이 매우 작기 때문에 종양 검출에 사용될 수 없다.

[0033] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법의 기본적인 알고리즘은, 한 쪽 유방의 산란 데이터를 기준신호로 사용하여 유방암 검출 메트릭스의 해를 산출하되, 상기 유방암 검출 메트릭스의 해가 최대가 되는 위치를 탐지하여 유방암 조직이 존재하는 지를 센싱할 수 있다.

[0034] 이제 도 3 내지 도 6b를 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치에 관해서 상세히 설명한다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치의 구성을 나타내는 블록도이고, 도 4a 내지 도 4d는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치의 원통형 센서모듈의 사시도, 후방 사시도, 도 4a의 절단 사시도, 및 도 4a의 I-I을 따라 취한 단면도이며, 도 5a내지 도 5d는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치의 원통형 센서모듈의 사시도, 후방 사시도, 도 4a의 절단 사시도, 및 도 4d의 I-I을 따라 취한 단면도이며, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치를 이용한 검사방법을 설명하는 플로우차트이다.

[0036] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치(100)는, 검사할 유방을 수용하는 유방 안착부(111)와, 상기 유방 안착부(111) 주위에 일정간격으로 배치되는 적어도 2 이상의 안테나(113)로 이루어지는 센서모듈(110)과, 상기 센서모듈(110)의 적어도 2 이상의 안테나(113)중 하나의 안테나(113a)에 대하여 번갈아 전자파를 인가하기 위한 전자파 공급모듈(130)과, 상기 센서모듈(110)의 적어도 2 이상의 안테나(113)중 나머지 안테나(113b, 113c, 113d, 113e, 113f, 113g, 113h)로부터 산란파를 수신하여, 양쪽 유방암의 대칭성을 이용한 전술한 유방암 검출 메트릭스(4)를 사용하여 유방암 조직의 존재를 진단하는 유방암 진단모듈(150)을 포함할 수 있다.

[0037] 도4a 내지 도 4d에 도시된 바와 같이, 상기 센서모듈(110)은 피검사체인 유방이 수용할 수 있도록 상부(111a)가 개방된 반구형태의 유방안착부(111)와, 상기 유방안착부(111) 주위에 소정간격 방사상으로 이격 설치되어 상기 유방조직에 대해 전자파를 전송하고, 상기 유방조직으로부터 산란되는 산란파를 수신할 수 있는 적어도 2 이상의 안테나(113)와, 상기 유방안착부(111)가 장착되는 상면(115a)과, 상기 적어도 2 이상의 안테나(113)를 슬리브형다이폴 안테나로 사용할 경우 상기 유방안착부(111) 주위에 상기 적어도 2 이상의 안테나(113)가 직립형태로 고정되도록 원 주위를 따라 고정홀(115ba)이 형성된 하면(115b)과, 내부(115c)가 빈 중공이 되도록 원통형으로 설치되는 측면(115d)으로 이루어진 하우징(115)을 포함할 수 있다.

[0038] 상기 유방 안착부(111)는 사람의 유방 크기에 대응하여 대략 5 내지 6cm직경의 반구형태로 이루어져 그 상부에 유방이 직접 접촉될 수 있다.

[0039] 상기 유방 안착부(111)는 교체가 가능하며, 유방이 배치되면, 상기 유방을 따라 상기 주변매질 액체가 배치될 수 있도록 가요성 필름으로 이루어지며, 그 직경이 가변될 수 있도록 구성할 수 있다.

[0040] 상기 적어도 2 이상의 안테나(113)는 슬리브형다이폴 안테나로 CST의 Microwave Studio 2013을 사용하여 설계되었으며, 상기 유방암 자가 센싱모듈(110)의 주변매질 액체 분위기에서 최대 성능을 얻을 수 있도록 최적화되어

있으며, 1.5GHz의 작동 주파수에서 결과적인 반향(return) 손실은 -25dB이 되도록 하였다. 그 이유에 대해서는 도 7 및 도 8을 참조하여 상세히 설명한다.

- [0041] 상기 하면(115b)의 고정홀(115ba)에는 상기 적어도 2 이상의 안테나(113)와 상기 전자파 공급모듈(130) 또는 상기 진단모듈(150)을 전기적으로 연결하기 위한 배선용 전기적 접속용 커넥터(117)가 설치되어 있다.
- [0042] 또한, 상기 하우징(115)의 내부(115c)는 상기 센서모듈(110)의 측면(115d)이나 하면(115b)과 주변 장애물에 의한 반사파를 굴절시켜 그 영향을 줄이고, 상기 적어도 2 이상의 안테나의 크기를 작게 하기 위해 도전성이 있고 유전율이 큰 주변매질 용액으로 채워진다.
- [0043] 상기 주변매질 용액은 내부 적어도 2 이상의 안테나(113) 또는 커넥터(117)의 부식이나 열화를 방지하기 위해서 또는 상기 주변매질 용액 자체가 변질되어 검사 정확도를 떨어뜨리는 것을 방지하기 위해서, 유방암 자가 검사 시에 상기 하우징(115) 내부(115c)에 충전된 후 유방암 자가 검사 후 교체될 수 있다.
- [0044] 이를 위하여, 상기 하우징(115) 하면(115d)의 중심에 상기 주변매질 용액을 주입하기 위한 개구(115da)가 형성되며, 상기 개구(115da)는 액밀하게 개폐될 수 있도록 실링마개부(119)를 포함할 수 있다.
- [0045] 상기 실링마개부(119)는 검사 정확도를 높이기 위해서 상기 하우징하면(115d)이 상기 하우징 내부(115c)에 대해 거의 균일한 평면을 제공하도록 상기 하우징 하면(115b)의 두께와 거의 동일한 두께를 갖는 햇(hat)형 본체(119a)와 0링 결합된 플랜지부(119b)를 가질 수 있다.
- [0046] 한편, 도 5a 내지 도 5d에 도시된 본 발명의 일 실시예의 변형예에 따른 유방암 자가 센서모듈(110')은 거의 도 4a 내지 도 4d에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 센서모듈(110)과 유사하지만, 하우징(115')의 측면(115d')이 사각형으로 이루어지며, 상기 측면(115d')에 전자파 흡수체(120')를 부착하여 그 효율을 증가시킴으로써 유방암 자가 센서모듈(110')의 크기를 줄여줄 수 있었다.
- [0047] 이와 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치(100)용 센서모듈(110, 110')은 본 출원인의 연구자들에 의해서 2015년 7월 발행된 저널 오프 일렉트로마그네틱 엔지니어링 앤드사이언스 볼륨 15, 3번 158~166 페이지(JOURNAL OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE, VOL. 15, NO.3, 158~166, JUL. 2015)에 개시된 유방암 검출시스템의 성공가능성 연구에 대한 수학적 시뮬레이션 및 예비 테스트 결과에 따라 제조되고, 그 성능이 다음의 방법에 의해서 테스트 되었다.
- [0048] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치를 이용하여 유방암 자가 측정을 위한 유방암 자가 측정방법을 설명하는 플로우차트이다.
- [0049] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치를 이용한 검출방법은, 상기 센서모듈(110)의 유방 안착부(111)에 한쪽 유방을 안착시키고(S110), 상기 센서모듈(110)의 원주방향을 따라 배열되는 적어도 2 이상의 안테나(113) 중 제 1 위치의 하나의 안테나(113a)의 커넥터(117)와 상기 전자파공급모듈(130)을 제 1 배선(131)으로 연결하고, 상기 나머지 안테나(113b, 113c, 113d, 113e, 113f, 113g, 113h)의 커넥터(117)와 상기 유방암 검출모듈(130)을 또한 제 2 배선(133)으로 연결한다(S120).
- [0050] 이 때, 상기 하나의 안테나를 송신안테나라고 할 수 있으며, 상기 하나의 안테나(113a) 주변에서 서로 커플링하는 나머지 안테나를 수신안테나라고 할 수 있다.
- [0051] 상기 하나의 안테나(113a)에 상기 전자파공급모듈(130)을 이용하여 소정의 주파수의 전자파를 입력하고, 상기 나머지 안테나(113b, 113c, 113d, 113e, 113f, 113g, 113h)로 산란된 산란파를 수신하여(S130), 상기 유방암 검출모듈(130)이 한쪽 유방에 대하여 방정식(1)을 사용하여 산란파 값을 구한다(S140).
- [0052] 이어서, 다른 쪽 유방에 대하여 상기 단계 S110 내지 S140을 진행하여 다른 한 쪽 유방에 대한 산란파 값을 방정식(1)을 사용하여 구한다(S150).
- [0053] 상기 양쪽 유방의산란파 중 한 쪽 유방의 산란파를 기준값으로 이용하여 상기 유방암 검출식(4)의 해를 계산한다(S160).
- [0054] 상기 하나의 안테나의 위치를 차례로 즉, n위치(n은 2 이상의 자연수)로 변경하면서 상기 유방암 검출식(4)의 해를 계산한다(S170).
- [0055] 상기 유방암 검출 식(4)의 해가 최대값인지 여부를 판단한다(S180).
- [0056] 상기 유방암 검출 식(4)의 해가 최대값이면 상기 하나의 안테나의 위치에 유방암 조직이 존재하는 것으로 판단

한다(S190).

- [0057] 여기서, 상기 논문에 따르면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 측정방법에 따른 상기 유방암 검출식(4)의 값이 방정식(3)의 임피던스 변화량에 비하여 큰 값을 나타내도록 최적의 송신안테나(113a)의 작동주파수 및 적어도 2 이상의 수신안테나(113b, 113c, 113d, 113e, 113f, 113g, 113h)의 개수를 결정하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치(100)를 간단하고, 저렴하며, 소형으로 제조함을 알 수 있다.
- [0058] 상기 논문에 있어서, 유방암 자가 검사장치(100)의 이용가능성을 수학적으로 시뮬레이션하고 예비 테스트하기 위해서, 한국 사람의 유선 분포, 지방, 유선조직 및 유방종양 조직의 전기적 특성과 유사한 전기적 특성을 갖는 유방 팬텀 및 유방종양 팬텀이 사용되었다.
- [0059] 즉, 약 80% 및 90% 프로필렌글리콜 액체(PG-80 및 PG90)가 주변매질과 유방의팬텀 액체로 사용되었고, 40% 프로필렌글리콜 액체(PG40) 및 증류수가 테스트용 종양의 팬텀 액체로 사용되어 수학적 시뮬레이션 및 예비 테스트가 수행되었다.
- [0060] 먼저, 수학적 시뮬레이션(Remcom의 XFDTD사용)을 위해서, 유방은 간단히 5cm 반경의 반구로 모델링되고, 팬텀 액체 PG80이 충전되고, 유방종양은 구형으로 모델링되고, 팬텀 액체PG40이 충전되어 유방팬텀의 대칭축상 2.5cm에 위치되게 삽입된 후 작동 주파수에 따른 상기 유방암 검출식(4) 값과 상기 적어도 2 이상의 안테나의 개수에 따른 상기 유방암 검출식(4) 값의 변화량이 조사되어 각각 도 7a 및 도 7b에 그래프로 도시되었다.
- [0061] 도 7a는 작동 주파수에 따른 유방암 검출식 값을 나타내는 그래프이고, 도 7b는 안테나 개수에 따른 유방암 검출식 값을 나타내는 그래프이다.
- [0062] 도 7a에 도시된 바와 같이, 피검사체에 전파되는 주파수가 증가될 때 산란된 값 또한 증가되나, 기준 신호(즉, 무종양시 수신 신호)가 감소됨을 알 수 있다. 그러나, 전송 손실이 주파수가 커짐에 따라 더 증가되므로 상기 수신 안테나(113b, 113c, 113d, 113e, 113f, 113g, 113h)의 민감도가 제한되는 경우에, 신호 수신에 어려움이 있을 수 있다. 그러므로, 작동 주파수는 유방암 검출 센서모듈(100)의 크기, 전송 파워, 및 상기 수신 안테나(113b, 113c, 113d, 113e, 113f, 113g, 113h)의 성능을 고려하여 적당히 결정되어야 하므로, 약 1.5GHz 주파수가 선택되었다.
- [0063] 도 7b에 도시된 바와 같이, 약 1.5GHz의 작동 주파수를 이용한 결과, 미터 값은 거의 대부분 안테나 수에 선형적으로 의존함을 알 수 있다.
- [0064] 다만, 안테나의 개수는 상기 유방암 검출 센서모듈(110)의 크기에 따라 또한 결정되어야 하므로, 기울기가 변하는 변곡점에 해당하는 8개의 안테나를 이용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.
- [0065] 한편, 상기 적어도 2 이상의 안테나(113)의 금속부로부터 산란된 신호가 종양 조직으로부터 산란된 신호보다 더 작아야만 하기 때문에 안테나의 크기가 또한 중요한데, 유방의 크기, 휴대성을 고려하여 약 100mm정도가 바람직하며, 이들 사이의 커플링(반향손실 - 25dB 또는 방사패턴 고려)이 실제 시스템에서는 또한 매우 중요하다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치(100)가 유방 내측 깊이 위치한 종양조직을 검출할 수 있는지 여부가 전체 유방 체적에 대하여 검출될 수 있는 영역의 체적 비로 정의되는 검출률로 정량화될 수 있는데, 약 1.5GHz작동주파수에서 종양의 위치를 변경하면서 시뮬레이션하였다.
- [0067] 도 8a는 직경 2, 4, 6, 7, 및 9mm를 갖는 종양에 대하여 유방암 검출 식값에 대한 검출율을 나타내는 그래프이다.
- [0068] 도 8a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 검출 센서모듈(110)이 4% 이상의 검출식 값을 검출할 수 있다면, 4mm 종양의 검출율은 약 60%이고, 6mm 종양의 검출율은 약 100%임을 알 수 있다.
- [0069] 이러한 결과를 8개의 안테나(113)로 실험적으로 테스트하였고, 그 결과를 도 8b에 도시하였다.
- [0070] 도 8b는 각각, 1100, 1300, 1500MHz의 작동 주파수에서 4, 6, 9mm의 종양 크기에 대하여 검출된 유방암 검출식 값을 나타내는 그래프이다.
- [0071] 도 8b에 도시된 바와 같이, 주파수 의존성은 시뮬레이션 결과와 비슷했으나, 검출된 유방암 검출식 값은 유방 조직에 대하여 종양 조직의 보다 큰 콘트라스트 때문에 오히려 더 높게 나타남을 알 수 있다.
- [0072] 이제 도 9를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치에 있어서, 유방종양이 구형이 아니라 원통형으로 2, 4, 6, 9mm의 내경을 갖는 경우, 유방의 중심선을 따라 4.5cm 깊이에 위치시킨 후 종양 팬텀의

S-파라미터를 측정함으로써 상기 유방의 신호들이 각각의 안테나로부터 전송될 때 인서션 손실에 대해서 설명한다.

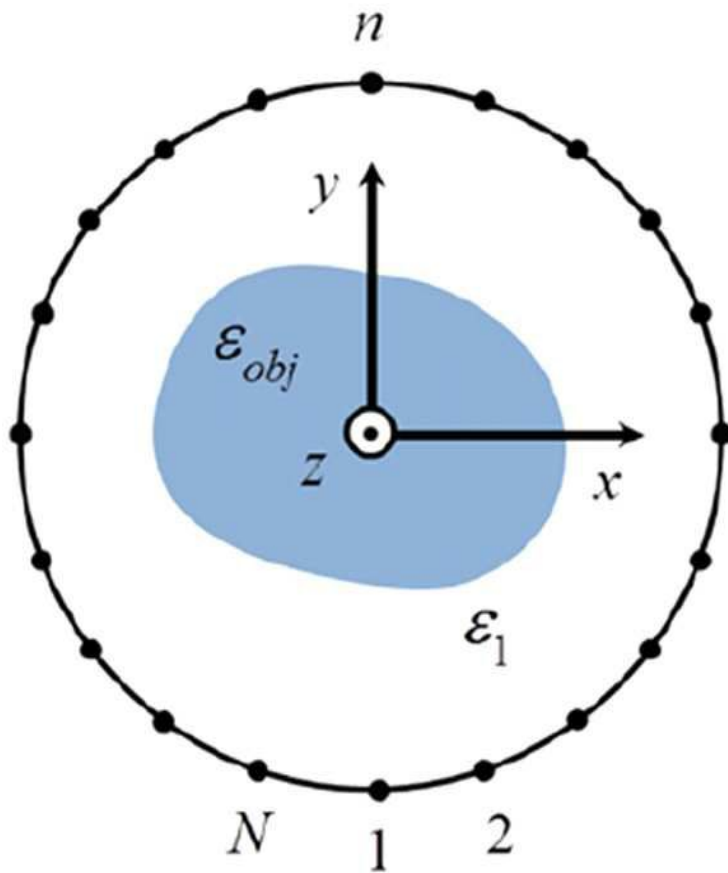
- [0073] 도 9는 8개의 전송안테나에 대한 산란 파라미터(S-parameter)에 대한 인서션 손실을 나타내는 그래프이다.
- [0074] 도 9의 그래프에 있어서, S21은 신호가 안테나 (i)로부터 전송될 때, 안테나(i+1)와 안테나(i) 사이의 인서션 손실을 나타내며, 다른 모든 파라미터들도 이와 같이 읽혀질 수 있다.
- [0075] 도 9에 도시된 바와 같이, 가장 먼 안테나 사이의 최대 인서션 손실이 -58dB로, 종양 팬덤으로부터 산란되는 신호를 검출하는데 문제가 되지는 않음을 알 수 있다.
- [0076] 이제 도 10a 내지 10c를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 측정방법을 사용한 실험결과를 설명한다.
- [0077] 도 10a 내지 도 10c는 도 9의 실험에서 사용된 원통형 팬덤을 사용하였다.
- [0078] 도 10a는 2, 4, 6, 및 9mm직경의 유방종양에 대한 검출식 값의 평균값을 나타내는 그래프이고, 도 10b는 실험적 측정에 의한 2, 4, 6, 및 9mm직경의 유방종양에 대한 각 전송 안테나에 대한 검출식 값을 나타내는 그래프이며, 도 10c는 9mm 직경의 유방종양에 대한 검출식 값과 검출률 사이의 관계를 나타내는 그래프이다.
- [0079] 도 10a는 2, 4, 6, 및 9mm직경의 유방종양에 대한 검출식 값의 평균값을 방정식(1)을 사용하여 구한 것으로, 도 10b에 도시된 바와 같이, 2, 4, 6, 및 9mm의 유방 종양 크기에 대한 평균 검출식 값들은 각각 56.3%, 61.0%, 62.9%, 및 80.9%로, 도 10a에 도시된 평균값과 거의 유사하므로 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치가 정상적으로 작동하고 있음을 확인할 수 있다.
- [0080] 도 10c에 도시된 바와 같이, 9mm의 종양 크기에 대한 유방암 검출식(4)의 해를 유방 팬덤의 중심선을 따라 유방 종양 팬덤의 위치를 변경하면서 구하면, 시뮬레이션 결과를 통해서 기대되는 바와 같이, 검출률이 종양의 소정 사이즈를 고려할 때 좋다는 것을 확인할 수 있다.
- [0081] 도 8b 내지 도 10c에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 검출방법을 실험적으로 테스트한 결과, 유방 및 유방 종양 조직의 전기적 특성이 실제와 같은 콘트라스트(contrast)를 가짐을 알 수 있으며, 상기 유방 검출식(4)을 사용하여 단순히 임피던스의 변화량을 이용하는 경우보다 훨씬 더 유방에 종양 조직이 존재하는 경우를 잘 검출할 수 있음을 입증할 수 있었다.
- [0082] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 유방암 자가 검사장치 및 그 방법에 따르면, 유선조영촬영 및 MRI와 같은 기존의 유방암 진단 장치의 몇 가지 단점을 해결할 수 있다.
- [0083] 초기에 유방 조양의 존재를 효율적으로 감지할 수 있으며, 이러한 방법은, 수학적 시뮬레이션과 프로토 타입 센싱 모듈에 의해서 테스트 되었을 때, 잘 작동한다는 것을 알 수 있으며, 작은 종양에서조차 검출될 수 있음을 알 수 있다.

부호의 설명

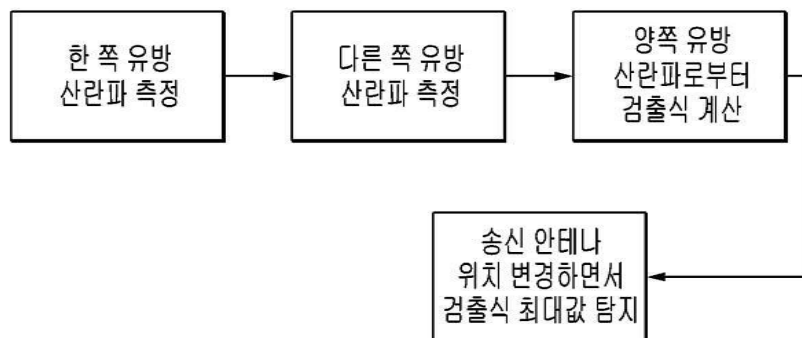
- [0084]
- | | |
|---------------|---------------|
| 110 : 센서모듈 | 111: 유방 안착부 |
| 113 : 안테나 | 115 : 하우징 |
| 117 : 커넥터 | 119 : 밀봉 마개부 |
| 120 : 전자파 흡수체 | 130 : 전자파공급모듈 |
| 150 : 진단모듈 | |

도면

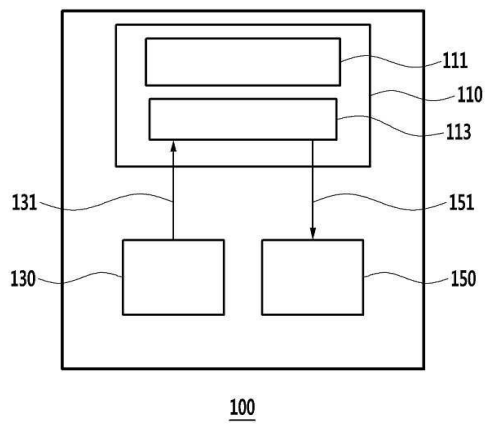
도면1



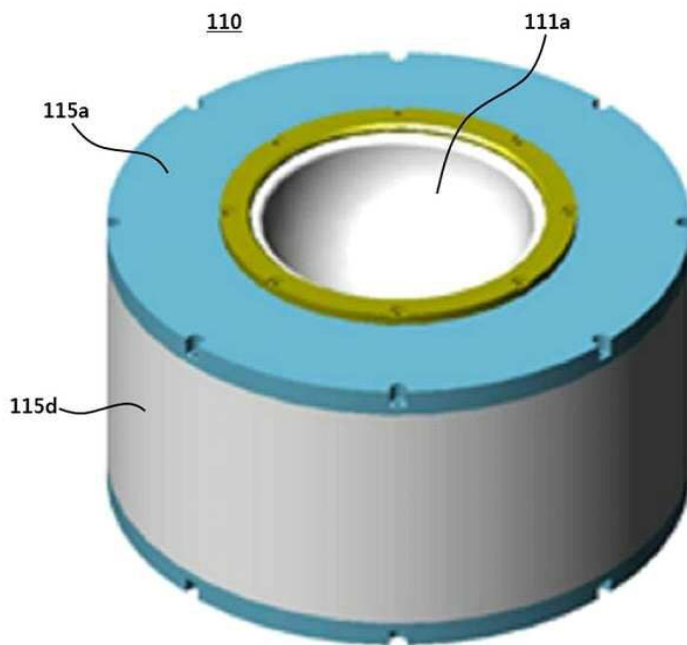
도면2



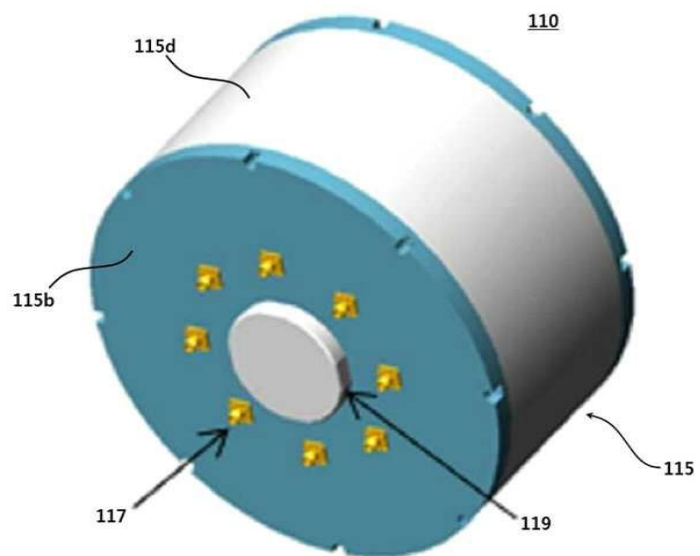
도면3



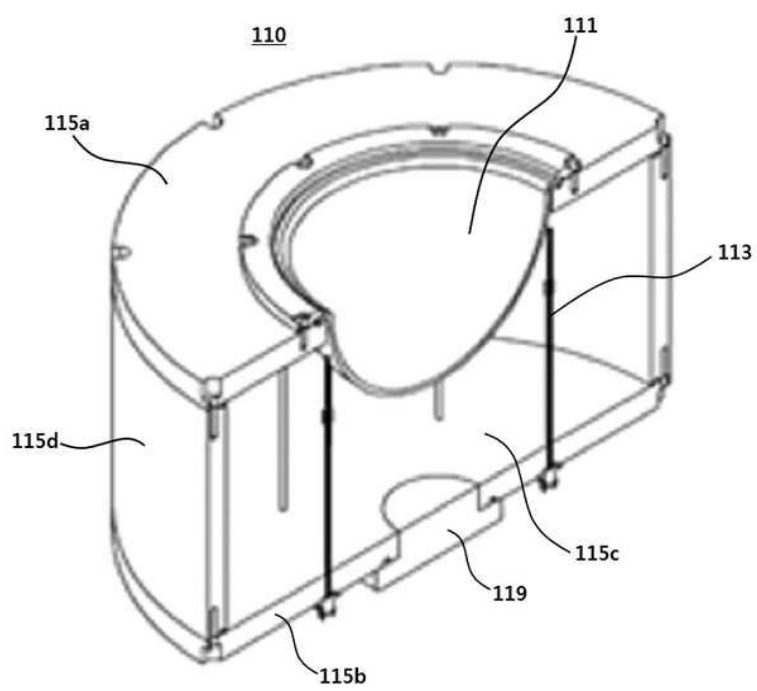
도면4a



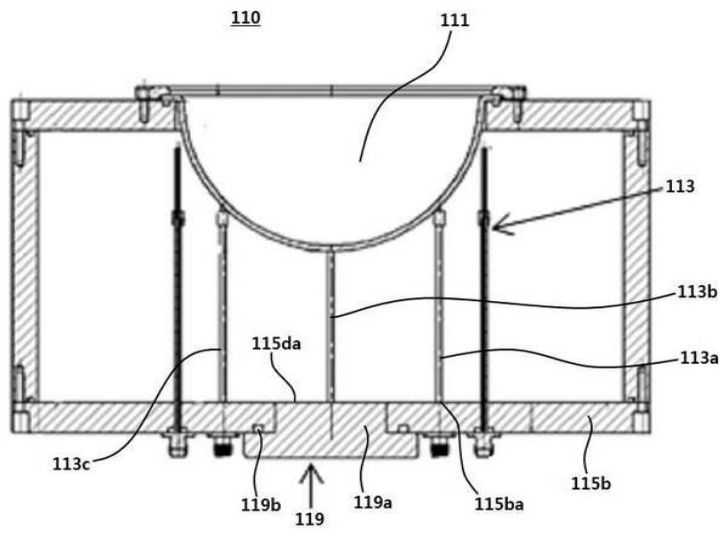
도면4b



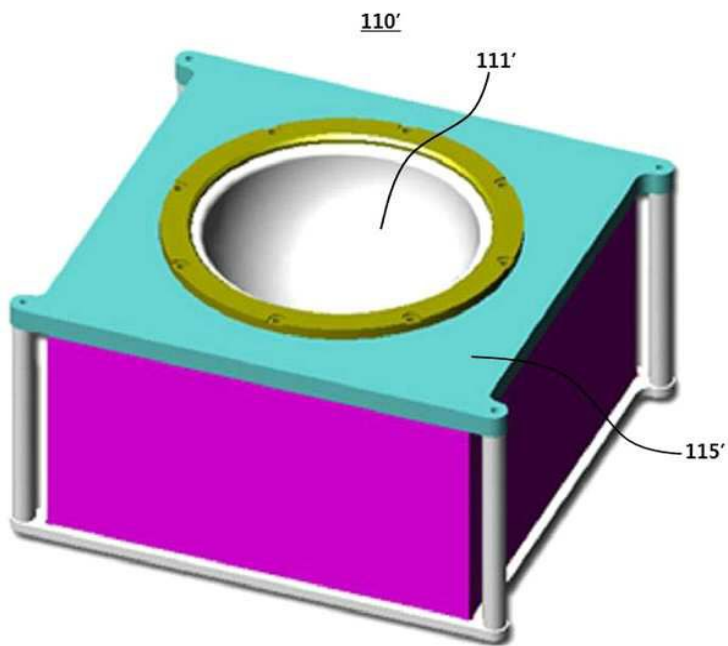
도면4c



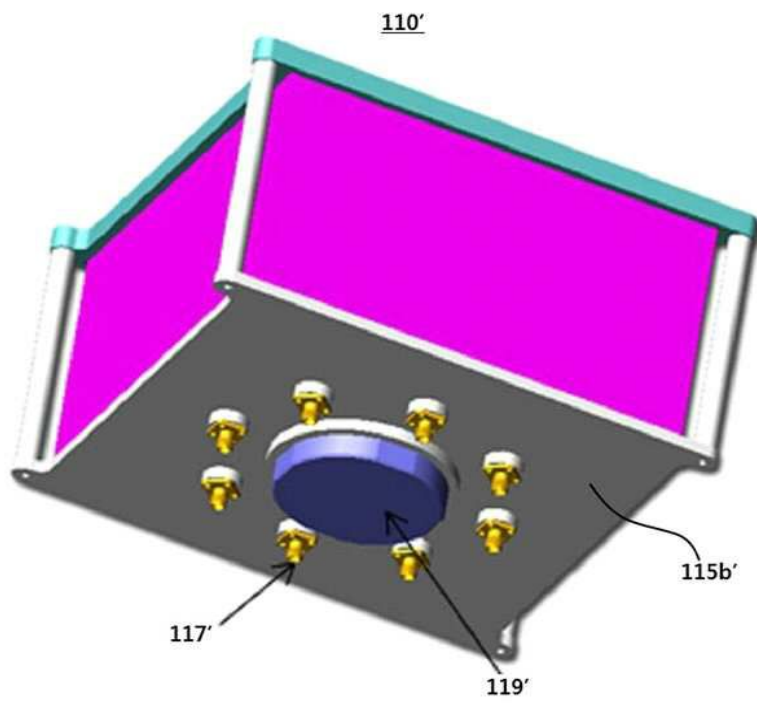
도면4d



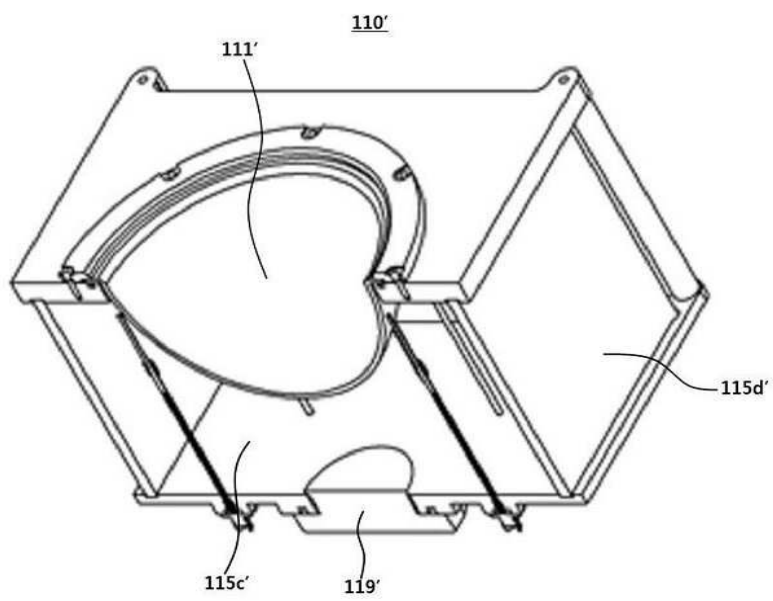
도면5a



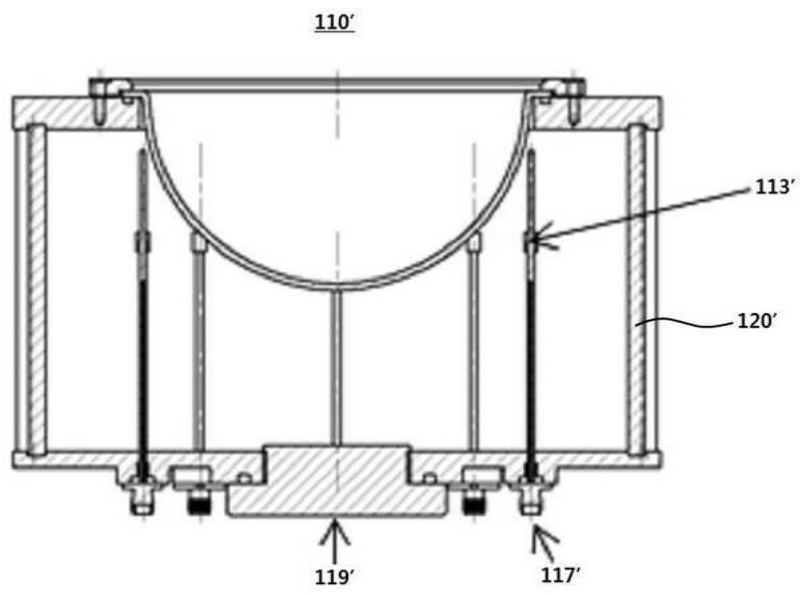
도면5b



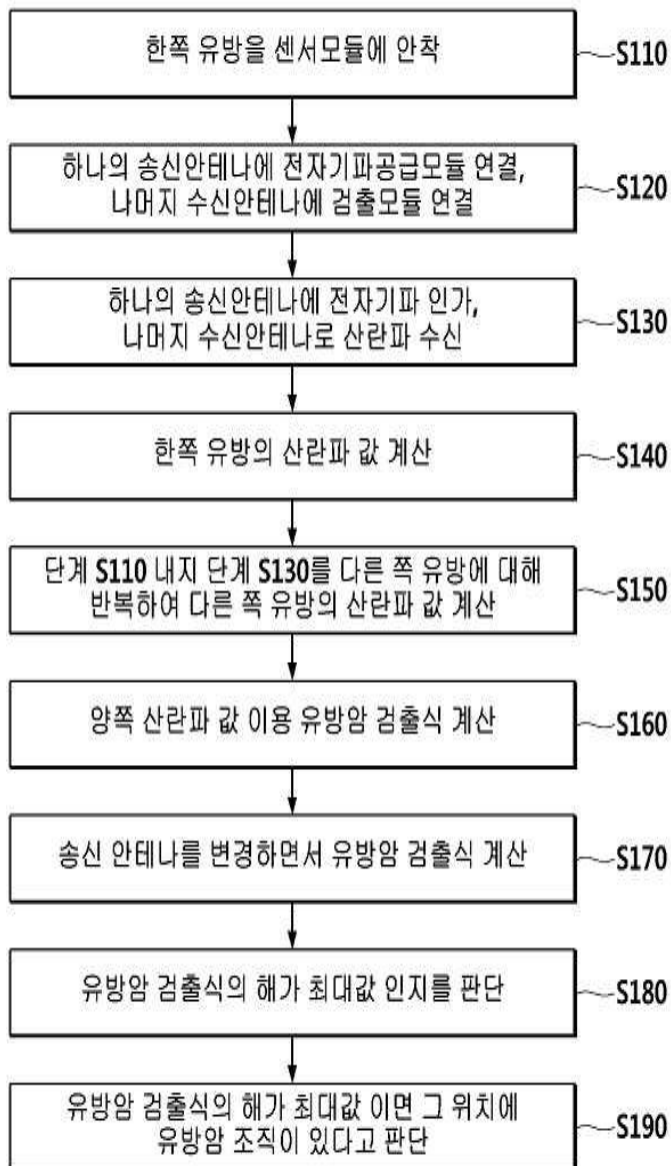
도면5c



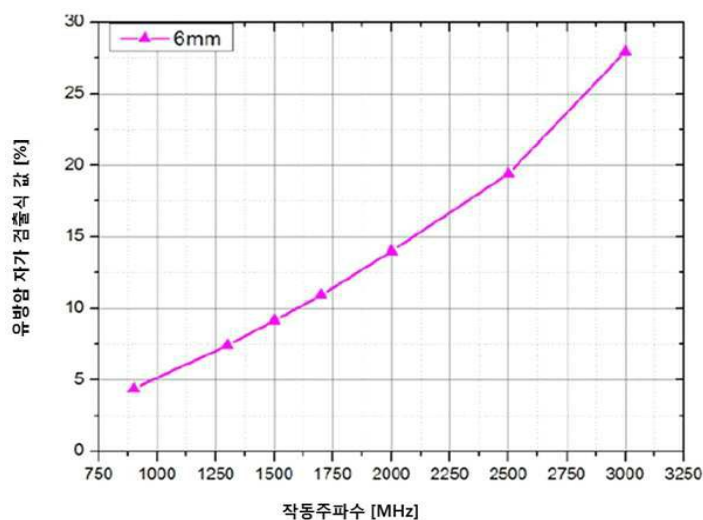
도면5d



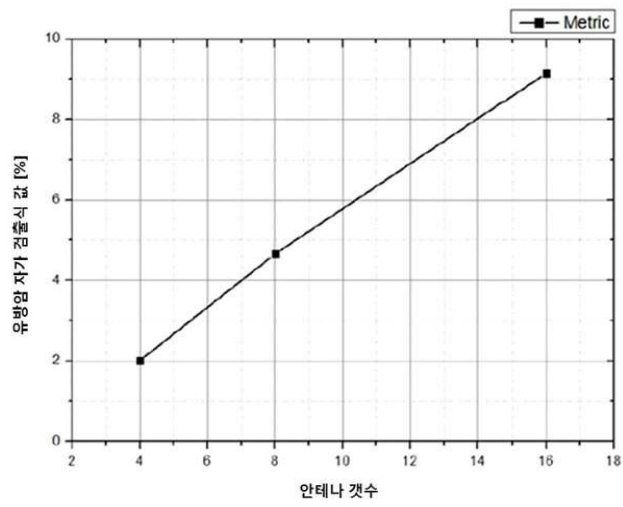
도면6



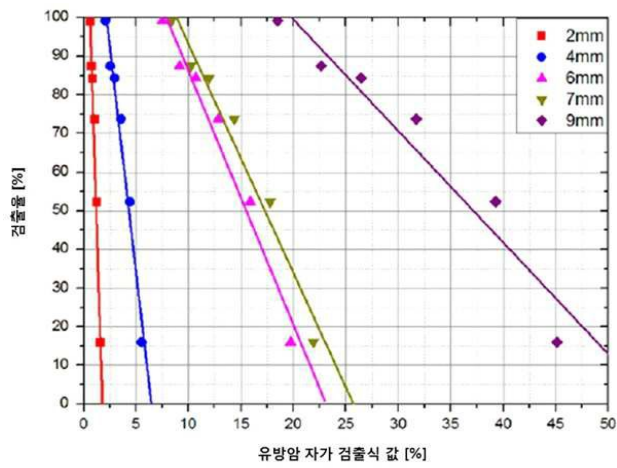
도면7a



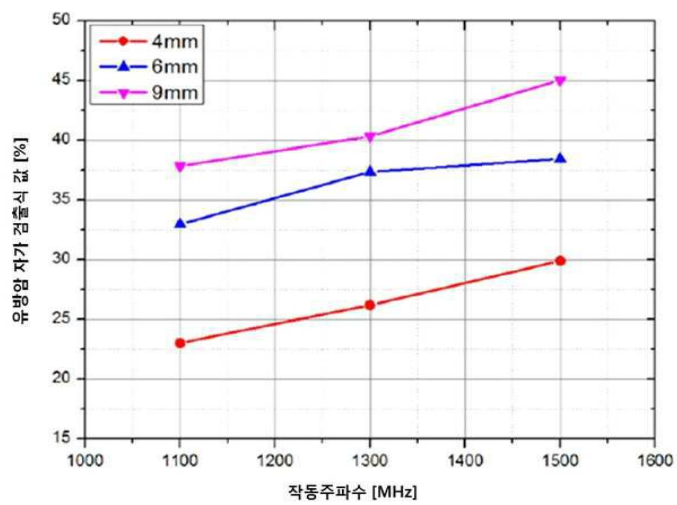
도면7b



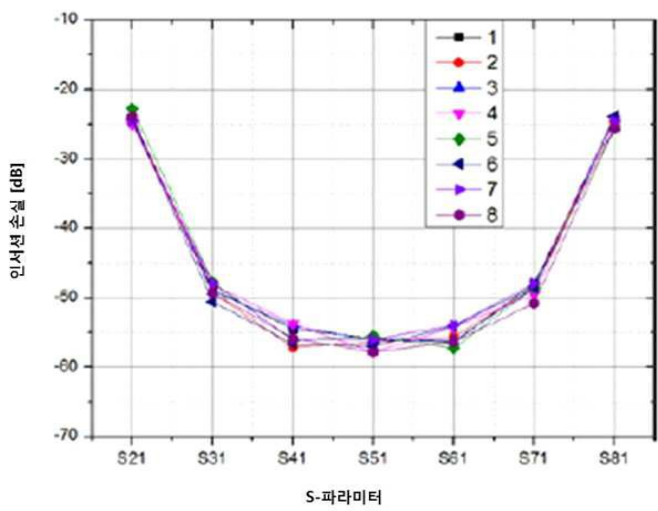
도면8a



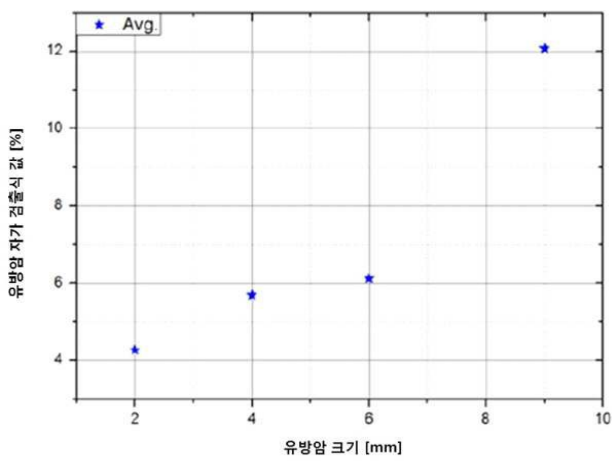
도면8b



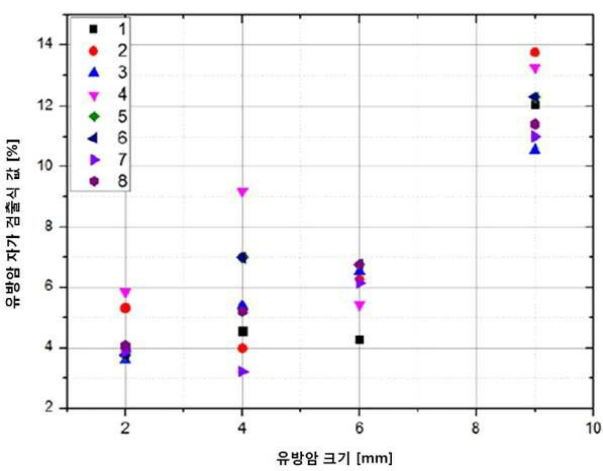
도면9



도면10a



도면10b



도면10c

