



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0016519
(43) 공개일자 2011년02월18일

(51) Int. Cl.

G01R 33/24 (2006.01) A61H 39/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0074044

(22) 출원일자 2009년08월12일

심사청구일자 2009년08월12일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제 캠퍼스내

(72) 발명자

이수열

경기도 성남시 분당구 구미동 111 (33/1) 그랜드 빌 304-304

한병희

경기 수원시 권선구 고색동 우림필유아파트 103 동 1001호

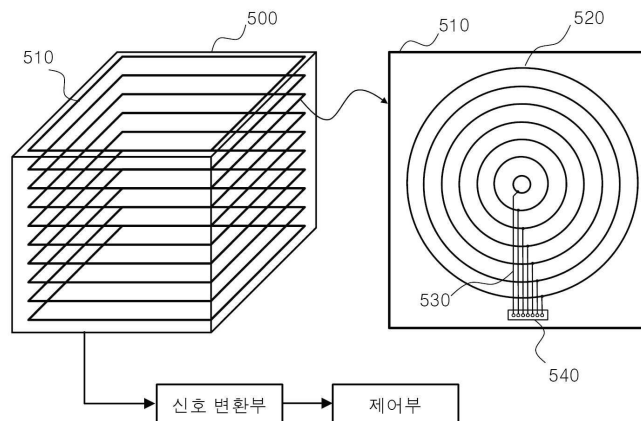
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 자기 신경자극기의 자속밀도 및 유도전류를 측정하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 3차원의 검출코일로부터 유도전압을 검출하여 자기 신경자극기의 자속밀도 및 유도전류를 측정하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 자기 신경자극기의 자기자극을 인체에 대하여 인가할 경우, 자극 효과를 정량적으로 분석하기 위하여 인가되는 정확한 자속밀도나 유도전류의 값을 측정할 필요가 있다. 본 발명의 자기 신경자극기의 자속밀도 측정방법은 검출코일의 반지름과 감은 수를 결정하는 단계와, 3차원 격자구조의 위치좌표를 상기 검출코일의 3차원 위치좌표로 결정하는 단계와, 좌표축과 수직인 방향으로 상기 검출코일의 방향을 결정하는 단계와, 상기 검출코일의 신호로부터 3차원 유도전압을 검출하는 단계와, 상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 자속밀도를 생성하는 단계를 포함한다. 또한 본 발명의 자기 신경자극기의 유도전류 측정방법은 3차원 동심원 구조의 검출코일 신호로부터 3차원 유도전압을 검출하는 단계와, 상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 유도전류를 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

검출코일의 반지름과 감은 수를 결정하는 단계와;

3차원 격자구조의 위치좌표를 상기 검출코일의 3차원 위치좌표로 결정하는 단계와;

좌표축과 수직인 방향으로 상기 검출코일의 방향을 결정하는 단계와;

상기 검출코일의 신호로부터 3차원 유도전압을 검출하는 단계와;

상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 자속밀도를 생성하는 단계를 포함하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 검출코일의 반지름과 감은 수를 결정하는 단계는,

측정하고자 하는 3차원 자속밀도의 공간해상도보다 작은 반지름을 상기 검출코일의 반지름으로 결정하는 단계와;

상기 검출코일의 감은 수를 증가시켜서 상기 검출코일의 신호를 증폭하지 않고 유도전압을 측정하는 것이 가능한 감은 수를 상기 검출코일의 감은 수로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 자속밀도를 생성하는 단계는,

상기 검출된 3차원 유도전압을 자극시간에 대하여 적분하는 단계와;

상기 적분된 3차원 유도전압을 상기 검출코일의 면적과 감은 수로 나누는 단계와;

상기 검출코일의 배치방향으로 자속밀도의 방향을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 검출된 3차원 유도전압을 자극시간에 대하여 적분하는 단계는,

한 주기의 자극시간 중 0부터 1/4주기까지의 자극시간 동안을 적분하여 최대 자속밀도를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정방법.

청구항 5

검출코일을 3차원 격자구조의 위치좌표에 배치하여 3차원 유도전압을 검출하는 유도전압 검출부와;

상기 검출된 유도전압의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 변환부와;

상기 변환된 신호를 자극시간에 대하여 적분하고, 상기 적분된 유도전압을 상기 검출코일의 면적과 감은 수로 나누고, 상기 검출코일의 배치방향으로 자속밀도의 방향을 결정하는 제어부를 포함하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 유도전압 검출부는,

상기 검출코일의 방향이 3차원의 세 좌표축과 각각 수직인 방향이 되도록 배치한 유도전압 검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 제어부는,

한 주기의 자극시간 중 0부터 1/4주기까지의 자극시간 동안을 적분하여 최대 자속밀도를 생성하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 자속밀도 측정장치.

청구항 8

3차원 동심원 구조의 검출코일 신호로부터 3차원 유도전압을 검출하는 단계와;

상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 유도전류를 생성하는 단계를 포함하는 자기 신경자극기의 유도전류 측정방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 3차원 동심원 구조의 검출코일 신호로부터 3차원 유도전압을 검출하는 단계는,

상기 검출코일의 반지름을 결정하는 단계와;

측정하고자 하는 3차원 유도전류의 위치좌표를 상기 검출코일의 3차원 위치좌표로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 유도전류 측정방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 검출코일의 반지름을 결정하는 단계는,

상기 검출코일의 신호를 증폭하지 않고 유도전압을 측정하는 것이 가능한 반지름을 상기 검출코일의 반지름으로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 유도전류 측정방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 유도전류를 생성하는 단계는,

상기 검출된 3차원 유도전압을 상기 검출코일의 원주길이를 나누는 단계와;

상기 나누어진 유도전압을 측정하고자 하는 인체조직의 전기전도도와 곱하는 단계와;

상기 곱하여진 유도전압을 상기 검출코일이 통과하는 단면적과 곱하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 신경자극기의 유도전류 측정방법.

청구항 12

검출코일을 3차원 동심원 구조로 배치하여 3차원 유도전압을 검출하는 유도전압 검출부와;

상기 검출된 유도전압의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 변환부와;

상기 변환된 신호를 상기 검출코일의 원주길이를 나누고, 상기 나누어진 유도전압을 측정하고자 하는 인체조직의 전기전도도와 곱하고, 상기 곱하여진 유도전압을 상기 검출코일이 통과하는 단면적과 곱하는 제어부를 포함하는 자기 신경자극기의 유도전류 측정장치.

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 의료 장비 등의 성능을 측정하는 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 자기 신경자극기의 자기자극이 인가될 때 3차원의 검출코일로부터 유도전압을 검출하여 자기 신경자극기의 자속밀도 및 유도전류를 측정하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자기 신경자극기는 시간적으로 변하는 강한 자계(magnetic field)를 이용하여 인체의 신경과 근육에 유도전류를 발생시키는 자기 신경자극 기술을 이용한 의료기기이다. 이 기술은 1980년대에 개발되어 신경계통의 진단에 사용되다가 기술이 더욱 발전되어 마비된 신경의 재활이나 근력 강화, 요실금 치료, 우울증 치료 등으로 그 응용 분야를 넓혀 왔다.

[0003] 신경을 자극하려면 자극코일에 수 kA의 전류를 수백 μ s의 주기로 스위칭(switching)하면서 흘려주어 수 T의 시변자계(time-varying magnetic field)를 만들어야 한다. 이때 자극코일에 흐르는 전류에 의하여 자속(magnetic flux)이 발생하며, 자속의 공간적 밀도인 자속밀도(magnetic flux density; B)는 자기 신경자극기의 중요한 성능지수(performance index)이다. 인체의 조직은 자기적으로 투명하고 공기와 유사한 투자율을 가지고 있기 때문에 치료환경에서 환자에게 자기자극을 인가할 때의 자속밀도는 공기 중에서 측정한 자속밀도로 대신할 수 있다. 종래의 자속밀도 측정 방법은 하나의 검출코일이나 필드 프로브(field probe)를 관심영역(region of interest; ROI) 내에서 움직이면서 측정하는 방법을 사용하고 있다. 측정 센서를 움직이면서 측정하면 움직임에 의한 오차가 크고, 측정 해상도가 낮아지는 문제점이 있다.

[0004] 한편, 자기 신경자극기의 자극코일을 통해 자기자극을 인체에 인가할 경우 인체에 유도되는 전류가 어느 정도 인지를 측정하는 것은 자극의 효과를 정량적으로 분석하거나 또는 환자의 안전이 보장되는 한계값 이내에서 자극을 인가하기 위하여 매우 중요하다. 자극코일에서 발생하는 자계로 인한 인체 내부에 유도되는 유도전류를 측정하는 종래의 방법은 전극을 인체 내에 직접 삽입하여 측정하는 방법이었다. 하지만 전극을 인체 내에 삽입하는 방법은 침습적(invasive)이고 정밀한 수술적 방법이 요구되며, 전극의 크기가 작아야 하고 잡음에 강한 전류 증폭기가 있어야 하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, 본 발명의 목적은 3차원의 검출코일로부터 유도전압을 검출하여 자기 신경자극기의 자속밀도 및 유도전류를 효과적으로 측정하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 데 있다.

[0006] 본 발명에서는 3차원의 ROI 내에 격자구조로 검출코일을 배치하여 자속밀도를 측정하기 때문에 움직임에 의한 오차를 줄일 수 있고 측정 해상도를 향상시킬 수 있다. 또한 3차원의 동심원 구조의 검출코일로부터 측정한 유도전압과 생체의 전기전도도를 이용하여 인체조직에 유도된 전류밀도 및 유도전류를 측정하기 때문에 인체 내에 전극을 삽입하지 않고 유도전류를 측정할 수 있다.

과제 해결수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 자기 신경자극기의 자속밀도 측정방법은, 검출코일의 반지름과 감은 수를 결정하는 단계와, 3차원 격자구조의 위치좌표를 상기 검출코일의 3차원 위치좌표로 결정하는 단계와, 좌표축과 수직인 방향으로 상기 검출코일의 방향을 결정하는 단계와, 상기 검출코일의 신호로부터 3차원 유도전압을 검출하는 단계와, 상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 자속밀도를 생성하는 단계를 포함한다.

[0008] 본 발명의 자기 신경자극기의 자속밀도 측정장치는, 검출코일을 3차원 격자구조의 위치좌표에 배치하여 3차원 유도전압을 검출하는 유도전압 검출부와, 상기 검출된 유도전압의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 변환부와, 상기 변환된 신호를 자극시간에 대하여 적분하고, 상기 적분된 유도전압을 상기 검출코일의 면적과 감은 수로 나누고, 상기 검출코일의 배치방향으로 자속밀도의 방향을 결정하는 제어부를 포함한다.

[0009] 본 발명의 자기 신경자극기의 유도전류 측정방법은, 3차원 동심원 구조의 검출코일 신호로부터 3차원 유도전압

을 검출하는 단계와, 상기 검출된 3차원 유도전압으로부터 3차원 유도전류를 생성하는 단계를 포함한다.

[0010] 본 발명의 자기 신경자극기의 유도전류 측정장치는, 검출코일을 3차원 동심원 구조로 배치하여 3차원 유도전압을 검출하는 유도전압 검출부와, 상기 검출된 유도전압의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 변환부와, 상기 변환된 신호를 상기 검출코일의 원주길이를 나누고, 상기 나누어진 유도전압을 측정하고자 하는 인체조직의 전기전도도와 곱하고, 상기 곱하여진 유도전압을 상기 검출코일이 통과하는 단면적과 곱하는 제어부를 포함한다.

효 과

[0011] 본 발명에 따른 자기 신경자극기의 자속밀도 및 유도전류를 측정하기 위한 방법 및 장치는 다음과 같은 효과가 있다.

[0012] 3차원의 격자구조로 검출코일을 배치하여 자속밀도를 측정하기 때문에 움직임에 의한 오차를 줄일 수 있고 측정 해상도를 향상시킬 수 있다. 또한 3차원의 동심원 구조의 검출코일로부터 측정한 유도전압과 생체의 전기전도도를 이용하여 인체조직에 유도된 전류밀도 및 유도전류를 측정하기 때문에 인체 내에 전극을 삽입하지 않고 유도전류를 측정할 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0014] 도 1은 본 발명의 자속밀도 측정원리를 나타낸 도면이다. 자기 신경자극기의 자극코일(100)에 전류를 인가하면 자속(110)이 발생하고, 검출코일(200)을 이용하여 자속밀도를 검출할 수 있다. 검출코일(200)의 면적이 S, 감은수가 N일 때, 패러데이(Faraday) 법칙에 의해 유도기전력(electromotive force; emf)은 아래의 수학식 1로 표현된다.

수학식 1

$$emf = -N \cdot \frac{\partial}{\partial t} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

[0015]

[0016] 여기서, $\mathbf{B}$ 는 자속밀도 벡터, $\mathbf{S}$ 는 검출코일의 면적 벡터, t 는 시간을 나타낸다.

[0017] 상기 검출코일로 측정한 전압인 유도전압 V_m 은 유도기전력(emf)의 크기에 비례하므로 아래의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$V_m = N\pi r^2 \cdot \frac{\partial B}{\partial t}$$

[0018]

[0019] 여기서, r 은 검출코일의 반지름이다. 따라서 자속밀도 $\mathbf{B}$ 는 아래의 수학식 3과 같이 유도전압 V_m 의 적분으로 계산할 수 있다.

수학식 3

$$\mathbf{B}(t) = \frac{1}{N\pi r^2} \int_0^t V_m(\tau) d\tau$$

[0020]

- [0021] 수학식 3에 나타난 것처럼, 검출된 유도전압을 자극시간에 대하여 적분하고, 검출코일의 면적과 감은 수로 나누면 자속밀도를 유도할 수 있다.
- [0022] 검출코일로 측정하는 유도전압은 수학식 2에 나타난 것처럼, 검출코일의 반지름 r 과 감은 수 N 에 따라 다르게 나타난다. 따라서 유도전압을 검출하는 데 효과적인 반지름과 감은 수를 결정하여야 한다. 검출코일의 반지름이 증가할수록 반지름의 제곱에 비례하여 유도전압이 증가한다. 하지만, 반지름이 증가할수록 3차원 공간에서의 유도전압의 공간해상도는 떨어지게 된다. 수학식 3에 나타난 것과 같이 유도전압의 공간해상도는 자속밀도의 공간해상도를 결정하므로, 검출코일의 반지름은 측정하고자 하는 자속밀도의 공간해상도보다 더 작은 반지름을 사용해야 한다. 검출코일의 감은 수를 증가시킬 경우, 감은 수에 비례하여 유도전압이 증가한다. 따라서 검출코일의 신호를 증폭하지 않고 유도전압을 측정하는 것이 가능한 정도의 신호크기가 되도록 감은 수를 증가시켜야 한다. 그러나 검출코일의 감은 수를 증가시킬수록 검출코일의 제조가 복잡해지고, 기판에 장착하기 어려워지며, 자속밀도의 계산에 있어서 오차를 증가시킨다. 따라서 수백 mV부터 수십 V 정도의 유도전압이 측정되도록 감은 수를 조정한다.
- [0023] 도 2는 검출코일의 방향을 나타낸 도면이다. 자속밀도 B 는 3차원 공간에서 x , y , z 의 세 성분인 B_x , B_y , B_z 로 나눌 수 있으며, 나누어진 자속밀도의 세 성분은 도 2에 나타난 것처럼 각 좌표축에 수직인 방향으로 검출코일을 배치하여 측정할 수 있다. 자속밀도의 B_x 성분은 x 축에 수직인 yz 평면에 평행하게 배치된 검출코일(210)로, 자속밀도의 B_y 성분은 y 축에 수직인 xz 평면에 평행하게 배치된 검출코일(220)로, 자속밀도의 B_z 성분은 z 축에 수직인 xy 평면에 평행하게 배치된 검출코일(230)로 각각 측정된다. 상기한 자속밀도의 세 성분을 측정할 수 있는 검출코일은 각각 독립적으로 배치되거나 도 2의 우측 하단도와 같이 결합하여 배치될 수 있다. 독립적으로 배치된 검출코일은 배치가 쉽지만, B_x , B_y , B_z 의 각각의 성분을 측정하기 위하여 각각의 개별 측정장치가 필요하다. 결합된 형태로 배치된 검출코일은 하나의 측정장치로 B_x , B_y , B_z 를 모두 측정할 수 있으나 제조의 난이도가 높다.
- [0024] 도 3은 검출코일로 측정된 유도전압과 자속밀도의 파형을 예시한 것이다. 검출코일로 측정된 유도전압은 측정하는 위치와 검출코일의 방향에 따라 다르게 나타난다. 도 3에 예시한 유도전압과 자속밀도의 파형은 자극코일을 z 축에 수직인 xy 평면에 놓고 자극코일에 인접한 중앙에서 측정된 z 축 방향의 성분이다. $50\mu s$ 부터 $450\mu s$ 까지 약 $400\mu s$ 의 동안의 1주기의 자기자극이 이루어졌으며, 수학식 3에 의해 측정된 유도전압의 자극시간에 대한 적분과 검출코일의 반지름, 감은 수로부터 자속밀도를 계산하였다. 자속밀도는 시간적으로 변하는 정현파 형태를 나타내며, 최대값은 1주기의 자극시간 중 1/4 지점에서 발생한다. 도 3의 예시에서는 1/4 주기인 $100\mu s$ 가 경과한 $t = 150\mu s$ 일 때 최대의 자계를 생성한다. 따라서 1주기의 자극이 이루어지는 동안 최대 자속밀도 B_{max} 는 아래의 수학식 4와 같이 자극이 시작되는 시간 T_0 부터 1주기의 1/4 시간인 $T_{1/4}$ 까지의 적분으로 계산된다.

수학식 4

$$B_{max} = \frac{1}{N\pi r^2} \int_{T_0}^{T_{1/4}} V_m(\tau) d\tau$$

- [0025]
- [0026] 도 4는 본 발명의 3차원 격자구조로 배치된 검출코일과 자속밀도 측정장치를 나타낸 도면이다. 하나의 검출코일을 이동시키면서 측정함으로써 발생하는 오차와 부정확성, 낮은 해상도 등을 극복하기 위하여 3차원의 ROI(region of interest) 공간에 격자구조로 검출코일을 배치하여 유도전압 검출부(300)를 구성하였다. 3차원의 격자구조는 레이어(layer) 지지대에 다수 개의 레이어(310)를 배치하여 구성하였다. 레이어의 수는 측정하고자 하는 3차원 공간의 크기와 측정하고자 하는 자속밀도의 공간해상도에 의해 결정되며, 도 4에는 10개의 레이어를 예시하였다. 각각의 레이어에는 매트릭스 구조로 다수 개의 검출코일이 PCB(printed circuit board) 기판에 배치되어 고정된다. 도 4에는 7×7 매트릭스 구조로 된 49개의 검출코일이 위치할 공간(320)과 검출코일과 커넥터(340)를 연결하는 연결선(330)을 예시하였다. 검출코일에서 측정된 신호는 커넥터(340)를 통해 신호 변환부와 제어부로 전송된다. 신호 변환부는 검출코일의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다. 제어부는 디지털 신호로 변환된 유도전압 신호를 자극시간에 대하여 적분하고, 적분된 유도전압을 검출코일의 면적과 감은 수로 나누

고, 검출코일의 배치방향으로 자속밀도의 방향을 결정한다. 또한 제어부에는 도 3에 나타난 것과 같이 한 주기의 자극시간 중 0부터 1/4주기까지의 자극시간을 적분하여 최대 자속밀도를 생성한다.

[0027] 검출코일이 위치할 공간(320)에는 도 2에 나타난 검출코일의 방향과 같이 측정하고자 하는 자속밀도의 방향에 부합하도록 검출코일을 배치해야 한다. 즉, 자속밀도의 B_x 성분을 측정하려면 x축에 수직하게, B_y 성분을 측정하려면 y축에 수직하게, B_z 성분을 측정하려면 z축에 수직하게 검출코일을 배치해야 한다. 세 검출코일을 독립적으로 배치하거나, 또는 결합된 형태로 배치할 수 있다.

[0028] 도 5는 본 발명의 유도전류 측정원리를 나타낸 도면이다. 자기 신경자극기 자극코일(100)을 통해 자기자극을 인체에 인가할 경우 인체에 유도되는 전류가 어느 정도 될 것인지를 판단하는 것은 매우 중요하다. 본 발명에서는 전극을 삽입하지 않고 기존에 알려진 인체조직의 전기전도도 σ 와 동심원 구조의 검출코일(400)을 이용하여 유도전압을 검출하고 유도전류를 측정하였다.

[0029] 맥스웰(Maxwell) 방정식에 의하면 유도기전력(emf)는 아래 수학식 5와 같이 전기(electric field) $\mathbf{E}$ 의 선적분으로 표현된다.

수학식 5

$$emf = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

[0030]

[0031] 여기서 $d\mathbf{l}$ 은 전류가 흐르는 선의 미소(infinitesimal) 접선성분을 나타낸다.

[0032] 검출코일로 측정한 유도전압 V_m 은 유도기전력(emf)에 비례하므로, 검출코일의 반지름이 r 일 때 아래 수학식 6과 같이 유도된다.

수학식 6

$$V_m = 2\pi r \cdot E_\phi$$

[0033]

[0034] 여기서 E_ϕ 는 원형으로 형성된 유도전계(induced electric field)를 나타낸다. 따라서 동심원 구조의 검출코일(400)을 사용하면, 인체 조직의 전기전도도가 σ 이고 원형으로 흐르는 전류가 통과하는 단면적이 A 일 때 원형으로 흐르는 전류의 전류밀도 J_ϕ 와 단면적 A 를 통과하는 원형의 유도전류 I_ϕ 는 아래 수학식 7과 같이 표시할 수 있다.

수학식 7

$$J_\phi = \sigma E_\phi = \sigma \frac{V_m}{2\pi r}$$

$$I_\phi = J_\phi A = \sigma \frac{V_m}{2\pi r} A$$

[0035]

[0036] 수학식 7에 나타난 것처럼, 측정된 유도전압 V_m 을 검출코일의 원주길이($2\pi r$)로 나누고, 측정하고자 하는 인체조직의 전기전도도 σ 를 곱하고, 검출코일이 통과하는 단면적 A 를 곱하면, 유도전류 I_ϕ 를 계산할 수 있다.

[0037] 동심원 구조의 검출코일로 측정하는 유도전압은 수학식 6에 나타난 것처럼, 검출코일의 반지름과 유도전계에 따

라 다르게 나타난다. 검출코일의 반지름이 증가할수록 반지름에 비례하여 유도전압이 증가된다. 하지만, 반지름이 증가할수록 3차원 공간에서의 유도전압의 공간해상도는 떨어지게 된다. 따라서 검출코일의 신호를 증폭하지 않고 유도전압을 측정하는 것이 가능한 정도의 신호크기가 되도록 검출코일의 반지름을 결정해야 한다. 또한 측정하고자 하는 3차원 유도전류의 공간해상도에 부합하도록 유도전류의 측정위치를 결정하고, 결정된 측정위치로 검출코일이 통과하도록 반지름을 결정해야 한다.

[0038] 도 6은 본 발명의 3차원 동심원 구조로 배치된 검출코일과 유도전류 측정장치를 나타낸 도면이다. 하나의 검출코일을 이동시키면서 측정함으로써 발생하는 오차와 부정확성, 낮은 해상도 등을 극복하기 위하여 3차원의 ROI 공간에 동심원 구조로 검출코일을 배치하여 유도전압 검출부(500)를 구성하였다. 3차원의 동심원 구조는 레이어 지지대에 다수 개의 레이어(510)를 배치하여 구성하였다. 레이어의 수는 측정하고자 하는 3차원 공간의 크기와 측정하고자 하는 유도전류의 공간해상도에 의해 결정되며, 도 6에는 10개의 레이어(510)를 예시하였다. 각각의 레이어에는 동심원 구조로 다수 개의 검출코일(520)이 PCB 기판에 배치되어 고정된다. 도 6에는 7개의 동심원 구조의 검출코일(320)을 배치한 예를 나타냈으며, 연결선(530)과 커넥터(540)를 예시하였다. 검출코일(520)에서 측정된 신호는 연결선(530)과 커넥터(540)를 통해 신호 변환부와 제어부로 전송된다. 신호 변환부에서는 검출코일의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다. 제어부에서는 디지털 신호로 변환된 유도전압 신호를 검출코일의 원주길이를 나누고, 나누어진 유도전압을 측정하고자 하는 인체조직의 전기전도도와 곱하고, 곱하여진 유도전압을 검출코일이 통과하는 단면적과 곱한다.

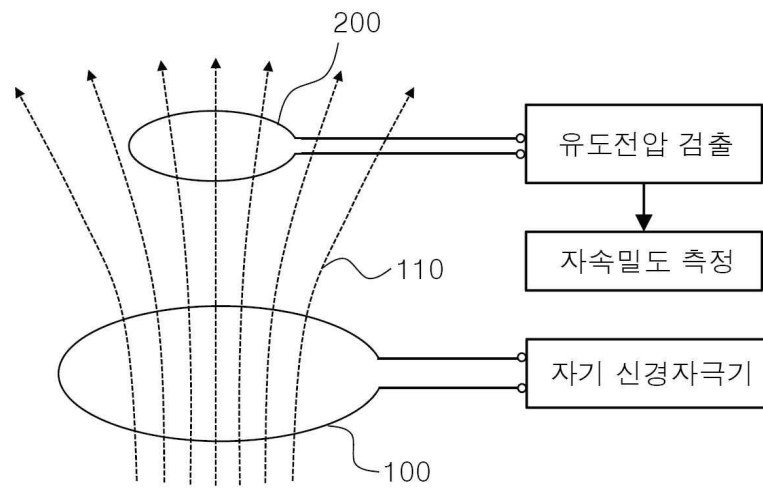
[0039] 이상에서 설명한 내용을 통해 당업자라면 본 발명의 기술 사상을 이탈하지 아니하는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능함을 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 기술적 범위는 실시예에 기재된 내용으로 한정되는 것이 아니라 특허 청구의 범위에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

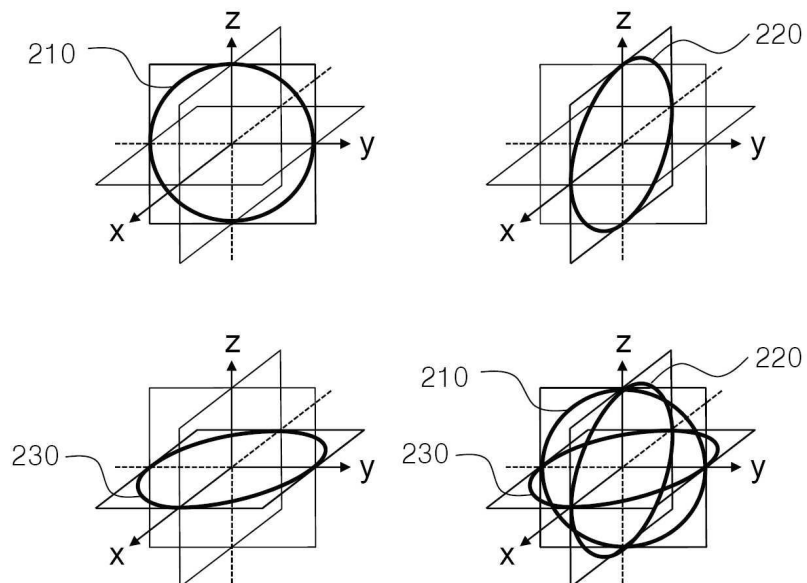
- [0040] 도 1은 본 발명의 자속밀도 측정원리를 나타낸 도면,
- [0041] 도 2는 검출코일의 방향을 나타낸 도면,
- [0042] 도 3은 검출코일로 측정된 유도전압과 자속밀도의 파형을 예시한 도면,
- [0043] 도 4는 본 발명의 3차원 격자구조로 배치된 검출코일과 자속밀도 측정장치를 나타낸 도면,
- [0044] 도 5는 본 발명의 유도전류 측정원리를 나타낸 도면,
- [0045] 도 6은 본 발명의 3차원 동심원 구조로 배치된 검출코일과 유도전류 측정장치를 나타낸 도면이다.
- [0046] * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명
- [0047] 100: 자극코일 110: 자속선
- [0048] 200: 자속밀도 검출코일
- [0049] 300: 격자구조 유도전압 검출부
- [0050] 400: 유도전류 검출코일
- [0051] 500: 동심원구조 유도전압 검출부

도면

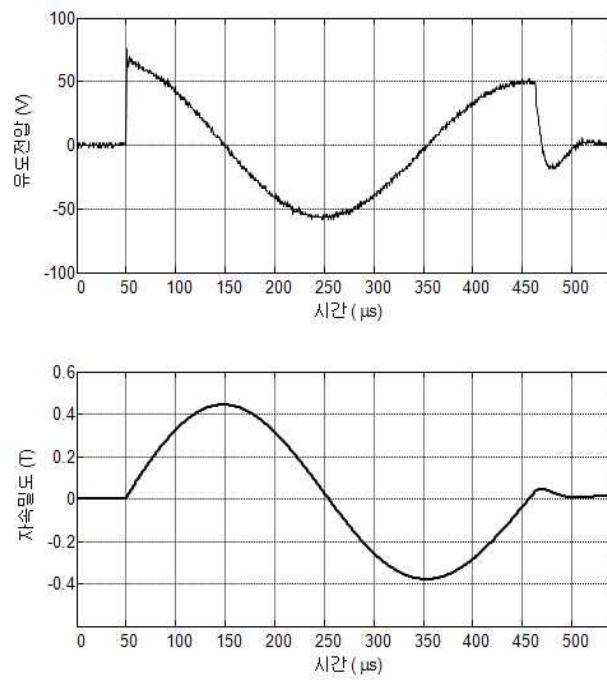
도면1



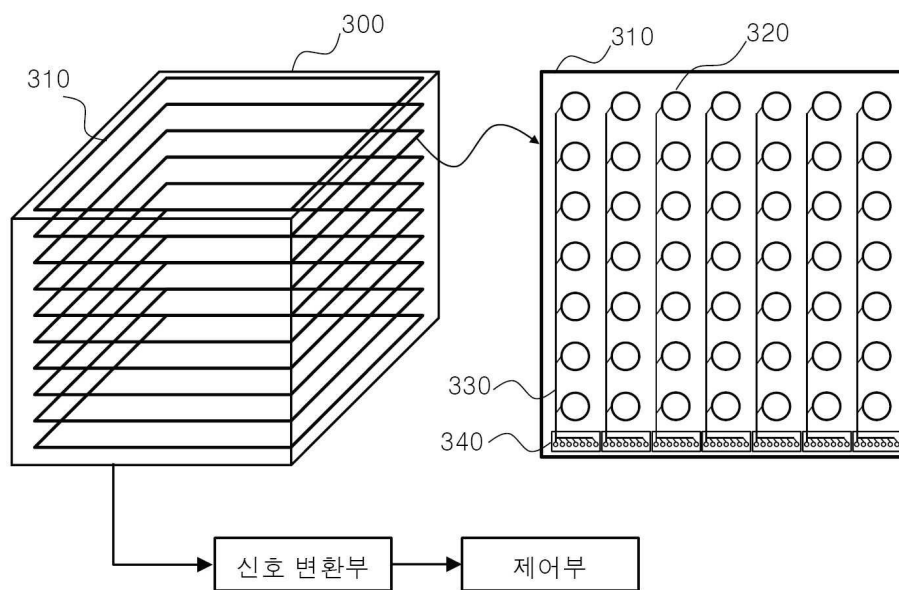
도면2



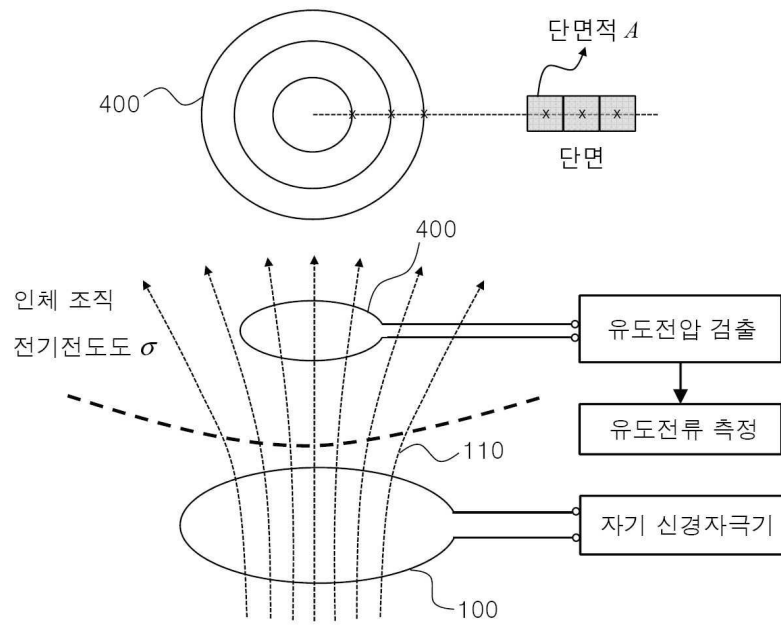
도면3



도면4



도면5



도면6

