



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년11월09일  
(11) 등록번호 10-1082264  
(24) 등록일자 2011년11월03일

(51) Int. Cl.

G01V 3/02 (2006.01) G01N 33/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0030355  
(22) 출원일자 2011년04월01일  
심사청구일자 2011년04월01일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR100926318 B1  
JP소화59070989 A

(73) 특허권자

한국지질자원연구원

대전 유성구 가정동 30번지

(72) 발명자

성낙훈

경기도 안양시 동안구 범계동 목련신동아아파트  
902동 301호

박삼규

대전광역시 유성구 신성동 한올아파트 108동 130  
3호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

변창규, 강경찬

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 양정록

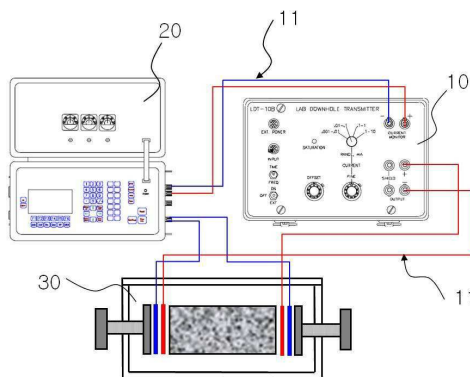
(54) 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템

(57) 요약

본 발명은 실내에서 암석 및 흙 시료의 유도분극 효과를 손쉽게, 용이하게 측정하여 철, 구리, 니켈, 납, 코발트, 은, 아연 등의 황화광물의 분포 특성 및 광석의 품위나 점토광물의 함량을 가일층 정확하게 파악할 수 있도록 한 것이다. 또한 암석 및 흙 시료의 광대역 유도분극을 측정할 때 작업성을 용의하게 하기 위하여 암석 시료용과 흙 시료용 시료 홀더(sampling holder)를 정밀하게 제작하고, 시료와 동판전극의 접촉저항을 줄이기 위하여 황산구리용액(CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O)으로 적신 필터지를 사용하여 측정값의 신뢰성을 보장할 수 있도록 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템을 제공하는데 있다.

그 기술적인 구성은, 암석과 흙 시료의 광대역 유도 분극(Spectral Induced Polarization ; SIP)을 측정하기 위하여 일정한 전류를 인가하는 송신기와 이것과 연결 설치되어 주파수 영역에 따른 진폭 및 위상 자료를 측정하는 수신기, 암석 및 흙 시료를 고정시키는 시료 홀더로 구성되어 있으며, 상기 시료 홀더는 아크릴 재질로 만들어져 있으며 내부에 전류전극(C1), 전위전극(P1) 및 시료와, 전위전극(P2), 전류전극(C2) 순으로 4전극 배열을 사용한다. 또한 상기 각각의 전류전극 및 전위전극 및 시료 사이에 접촉저항을 줄이기 위하여 황산구리용액으로 포화시킨 필터지를 삽입 고정토록 설치되어 있으며, 상기 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2)은 동판으로 만들어져 있다. 상기 송신기는 정 전류회로로 전류를 0.001~10 mA까지 조절할 수 있으며, 사용 주파수 0.125~1,024 Hz까지 광대역으로 선택하여 진폭과 위상을 측정할 수 있는 것을 특징으로 하는 것을 요지로 한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

**조성준**

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 107동  
1405호

**박계순**

경기도 과천시 별양동 주공아파트 709동 404호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2009-023

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 산업기술연구회

연구사업명 기본사업

연구과제명 광상 맞춤형 자원탐사. 채광 최적기술개발

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2009.01.01 ~ 2011.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

시료의 광대역 유도 분극(Spectral Induced Polarization ; SIP) 측정 시스템에 있어서,

일정한 전류를 인가하는 송신기;

상기 송신기와 연결 설치되어 주파수 영역에 따른 진폭 및 위상차를 측정하는 수신기;

시료를 고정시키는 시료 홀더;

상기 시료 홀더의 내부에 전류전극(C1), 전위전극(P1) 및 시료와, 전위전극(P2), 전류전극(C2)이 순차로 배열되어 송신기 및 수신기와 연결 설치되는 4전극 배열부; 및

상기 각각의 전류전극 및 전위전극 및 시료 사이에 삽입 고정토록 설치되는 필터지;를 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2)은 동판으로 이루어진 것을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템.

**청구항 3**

제 1항에 있어서, 상기 필터지는 황산구리용액( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )으로 포화(飽和)시켜 분극현상이 일어나지 않도록 하는 것을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템.

**청구항 4**

제 1항에 있어서, 상기 송신기는, 정 전류회로로 전류를 0.001~10mA까지 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도 분극 측정 시스템.

**청구항 5**

제 1항에 있어서, 상기 수신기는, 주파수 0.125~1,024 Hz까지 광대역으로 선택하여 진폭과 위상차를 측정할 수 있는 것을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도 분극 측정 시스템.

**청구항 6**

제 1항에 있어서, 상기 시료 홀더는, 아크릴로 이루어져 사각형 형상으로 형성되어 시료 양측이 전위전극(P1)(P2)에 각각 밀착되어 고정토록 되는 것을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도 분극 측정 시스템.

**청구항 7**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 암석 및 흙 등의 광대역 유도분극(Spectral Induced Polarization)특성을 실내에서 손쉽게, 용이하게 측정할 수 있도록 한 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템에 관한 것으로 이는 특히, 실내에서 암석 및 흙 시료의 유도분극 효과를 손쉽게, 용이하게 측정하여 철, 구리, 니켈, 납, 코발트, 은, 아연 등의 황화광물의 분포 특성 및 광석의 품위나 점토광물의 함량을 가일층 정확하게 파악할 수 있도록 하며, 또한 상기 암석 및 흙 시료의 광대역 유도분극을 측정시 작업성을 용이하게 하기 위하여 암석 시료용과 흙 시료용 시료 홀더(sampling holder)를 정밀하게 제작하고, 시료와 동판전극의 접촉저항을 줄이기 위하여 황산구리용액( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )으로 적신 필터지를 사용하여 측정값의 신뢰성을 보장할 수 있도록한 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 일반적으로 알려져 있는 종래의 유도분극(Induced Polarization; IP)탐사 시스템은, 지하에 전류를 흘려보내 분극현상을 유도한 후, 상기 유도분극 효과를 측정함으로써, 지하 구조를 탐사하는 방법으로서 전통적으로 금속 광물 탐사에 많이 이용되고 있는 것이다.

[0003] 도 1은 종래 유도분극 탐사에서 확인할 수 있는 전류 및 전위 파형을 나타내고 있으며, 이때 도 1a는 지하에 유도분극을 나타내는 충전성 물질이 없는 경우의 전류 파형(I) 및 전위 파형(V)으로, 땅에 전류를 주입하면 두 지점간의 전위는 전류의 변화와 시간 차이가 없이 변하게 된다.

[0004] 그러나 도 1b는 지하에 유도분극을 나타내는 충전성 물질이 있는 경우의 전류 파형(I) 및 전위 파형(V)을 나타낸 것으로, 두 지점의 전위는 전류 변화와 같은 시간에 변화하는 것이 아니라, 전류 주입이 시작된 이후 혹은 전류 주입이 멈춘 후에도 어느 정도 시간 차이를 두고, 서서히 오르거나 서서히 감소하는 현상을 보이게 되는 것이다.

[0005] 상기와 같은 분극현상의 원인은 대체로 막분극(membrane polarization)과 전극분극(electrode polarization)과 같이 전류를 가하였을 때, 국지적으로 전하가 집중될 수 있는 경계면(interface) 효과에 의하여 일어나는 것으로, 도 2a의 이온 정상분포의 상태에서, 도 2b 내지 도 2c에서 나타낸 것과 같이, 전류 인가시 양전하(+ charge) 및 음 전하(- charge)의 막분극과 전극분극이 일어난다.

[0006] 일반적인 양이온 및 음이온의 분포상태는 도 2a와 같으며, 특히 점토 입자(Clay particles)나 금속 입자가 함유되어 있는 경우 막분극 현상(도 2b참조)이 매우 크게 나타나며, 상기와 같은 점토 입자(Clay particles)나 금속 입자가 없는 경우에도 유체 및 광물 입자 사이에서 형성된 전기적 이중층(electric double layer)에 의해서도 전극 분극 현상(도 2c 참조)이 발생하게 된다.

[0007] 이때, 막 분극이란 공극 내에 음으로 대전되어 있는 점토광물에 의해 전해액 이온의 전류 흐름이 방해되고, 또한 전류를 끊었을 경우 다시 이 점토광물 주위로 이온들이 집중되는 일련의 과정이며, 또한 전극 분극이란 공극이 내부의 금속 광물 입자 등에 의하여 막혀 있어 전류 주입에 따라, 이 광물의 입자 한쪽 면에는 양이온이, 다른 한쪽 면에는 음이온이 집적되는데, 이에 의해 전류의 흐름이 방해되기 때문에 일어나는 현상으로, 전류를 주입하는 동안에는 금속 광물 입자 내에서는 전자 전도에 의하여 전류가 흐르게 되다가, 전류 주입이 멈출 경우 다시 이온들이 원위치로 분산되어 감에 따라 발생하는 현상으로, 이는 전기분해 과정에서 전해액 내의 금속전극 표면에서 일어나는 현상과 유사하여 전극 분극이라 하며, 이는 물리학의 과전압(overvoltage) 효과와 극히 유사한 현상인 것이다.

[0008] 종래의 유도분극탐사에서 가장 큰 문제가 전자기 결합(Electromagnetic Coupling)이다. 이 전자기 결합은 같은 전자기장의 영향을 받는 회로간의 결합을 의미하는 것으로 실제 측정 자료에는 황화광물 등에 기인한 IP 효과뿐만 아니라 전자기 결합도 포함되어 있다.

[0009] 특히, 저비향대에서는 IP법 자료에 포함되어 있는 전자기 결합의 영향은 큰 문제가 되기 때문에 탐사결과로부터 지하의 광화대를 해석하거나 실내에서 암석 및 흙 시료의 IP 효과를 정확하게 측정하기에는 어려운 문제점이 있었던 것이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0010] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점들을 개선시키기 위하여 안출된 것으로서 그 목적은, 실내에서 암석 및 흙 시료의 유도분극 효과를 손쉽게, 용이하게 측정하여 철, 구리, 니켈, 납, 코발트, 은, 아연 등의 황화광물의 분포 특성 및 광석의 품위나 점토광물의 함량을 가일층 정확하게 파악할 수 있도록 하며, 또한 상기 암석 및 흙 시료의 광대역 유도분극을 측정시 작업성을 용이하게 하기 위하여 암석 시료용과 흙 시료용 시료홀더(sampling holder)를 정밀하게 제작하고, 시료와 동판전극의 접촉저항을 줄이기 위하여 황산구리용액( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )으로 적신 필터지를 사용하여 측정값의 신뢰성을 보장할 수 있는 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템을 제공하는데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 기술적인 구성으로서 본 발명은, 암석과 흙 시료의 광대역 유도 분극(Spectral Induced Polarization ; SIP) 측정 시스템에 있어서,
- [0012] 일정한 전류를 인가하는 송신기;
- [0013] 상기 송신기와 연결 설치되어 주파수 영역에 따른 진폭 및 위상 자료를 측정하는 수신기;
- [0014] 암석 및 흙 시료를 고정시키는 시료 홀더;
- [0015] 상기 시료 홀더의 내부에 전류전극(C1), 전위전극(P1) 및 시료와, 전위전극(P2), 전류전극(C2)이 순차로 배열되어 송신기 및 수신기와 연결 설치되는 4전극 배열부; 및
- [0016] 상기 각각의 전류전극 및 전위전극 및 시료 사이에 접촉저항을 줄이기 위하여 삽입 고정토록 설치되는 필터지를 포함하여 구성됨을 특징으로 하는 시료의 광대역 유도 분극 측정 시스템을 마련함에 의한다.
- [0017] 또한, 본 발명은 상기 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2)은 동판으로 이루어지며, 상기 필터지는 황산구리 용액으로 포화(飽和)시켜 분극현상이 일어나지 않도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 송신기는, 정 전류회로로 전류를 0.001~10 mA까지 조절할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 본 발명은 상기 수신기는, 주파수 0.125~1,024 Hz까지 광대역으로 선택하여 진폭과 위상을 측정할 수 있는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 이에 더하여, 본 발명은 상기 시료 홀더는, 아크릴로 이루어져 사각형 형상으로 형성되어 시료 양측이 전위전극(P1)(P2)에 각각 밀착되어 고정토록 되는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 삭제

**발명의 효과**

- [0022] 이상과 같이 본 발명에 따른 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템에 의하면, 실내에서 다양한 광석 시료의 유도 분극 효과를 손쉽게, 용이하게 측정하여 철, 구리, 니켈, 납, 코발트, 은, 아연 등의 황화광물의 분포 특성을 파악할 수 있으며, 광석 내에 황화광물의 함량이 많을수록 유도분극효과가 크게 나타나기 때문에 광석의 품위 평가를 시도할 수 있다. 또한 흙 속에 포함되어 있는 점토광물이나 쓰레기 매립장의 침출수와 같은 오염물질 등에 의한 유도분극 효과를 측정할 수 있어, 광상탐사뿐만 아니라 환경오염 부지평가 등에도 사용할 수 있도록 한 것이다. 또한 암석 및 흙 시료의 광대역 유도분극을 측정할 때 암석 시료용과 흙 시료용 시료 홀더(sampling holder)를 이용하면 작업이 용이하며 시료와 동판전극의 접촉저항을 줄이기 위하여 황산구리용액으로 적신 필터지를 사용하여 측정값의 신뢰성을 보장할 수 있는 우수한 효과가 있다.
- [0023] 본 발명은 특정한 실시예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구 범위에 의해 마련되는 본 발명의 정신이나 분야를 벗어나지 않는 한도내에서 본 발명이 다양하게 개조 및 변화될 수 있다는 것을 당업계에서 통

상의 지식을 가진자는 용이하게 알 수 있음을 밝혀두고자 한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 종래 유도분극 탐사에서 관찰할 수 있는 전류 및 전위파형 도면으로서,
  - 도 1a는 땅에 유도분극을 나타내는 특성이 없는 경우의 전류 및 전위 파형을 나타낸 도면.
  - 도 1b는 땅에 유도분극을 나타내는 특성이 있는 경우의 전류 및 전위 파형을 나타낸 도면.
- 도 2는 일반적인 막 분극과 전극 분극에 의한 분극현상의 모식도로서,
  - 도 2a는 이온의 정상분포 상태도.
  - 도 2b는 다공질 사암에서 점토에 의한 막 분극 현상 상태도.
  - 도 2c는 암석 내에 금속물질이 존재할 때 나타나는 전극 분극 현상 상태도.
- 도 3은 본 발명에 의한 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템의 개략 구성도.
- 도 4는 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템의 암석 시료용 시료 홀더의 내부 구조를 나타낸 요부 단면 구조도.
- 도 5는 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템의 흡 시료용 시료 홀더의 내부 구조를 나타낸 요부 단면 구조도.
- 도 6은 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템을 사용하여 미세 직경의 유리구슬에 황철석을 섞어 광대역 유도분극을 측정한 결과 그래프도.
- 도 9는 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템을 사용하여 황철석을 함유한 응회암 암석시료의 광대역 유도분극 측정 결과 그래프도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 10...송신기         | 11...전선           |
| 20...수신기         | 30...암석 시료용 시료 홀더 |
| 31...뚜껑          | 40...스핀들          |
| 50...흡 시료용 시료 홀더 | 60...필터지          |
| C1, C2...전류전극    | P1, P2...전위전극     |

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 이하, 첨부된 도면에 의거하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0026] 도 3은 본 발명에 의한 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템의 개략 구성도이고, 도 4는 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템의 암석 시료용 시료 홀더의 내부 구조를 나타낸 요부 단면 구조도, 도 5는 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템의 흡 시료용 시료 홀더의 내부 구조를 나타낸 요부 단면 구조도로서, 본 발명의 시료 광대역 유도분극 측정 시스템은, 일정한 전류를 인가하는 송신기(10)와 전선(11)으로 수신기(20)가 연결 설치되어 진폭 및 위상 자료를 측정하도록 하며, 이때 상기 송신기(10) 및 수신기(20) 일측에는 암석 시료(S)가 압입 고정되는 암석 시료용 시료 홀더(30)가 위치되어 그 상측으로 뚜껑(31)이 착설토록 되고, 상기 암석 시료(S)의 양측이 전극에 각각 밀착되어 고정될 수 있도록 스펀들(40)로서 압입 고정토록 설치된다.
- [0027] 이때, 상기 시료 홀더는 작업성을 용이하게 하기 위하여 암석 시료용 시료 홀더(30)와 도 5에 도시한 바와같은 내부에 흡 시료(S')가 충전되는 흡 시료용 시료 홀더(50)로 구성되어 있으며, 그 내부에 전류전극(C1), 전위전극(P1) 및 시료(S)와, 전위전극(P2), 전류전극(C2)이 순차로 배열되는 4전극 배열을 사용하고 있으며, 이들은 상기 송신기(10) 및 수신기(20)와 전선(11)으로 연결되고, 상기 각각의 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2) 및 시료 사이에는 필터지(60)가 각각 삽입 고정토록 된다.
- [0028] 또한, 상기 암석 시료용 시료 홀더(30) 및 흡 시료용 시료 홀더(50)는, 각각 아크릴로 이루어져 사각형으로 형성되고, 상기 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2)은 동판으로 이루어지며, 상기 필터지는 황산구리용액

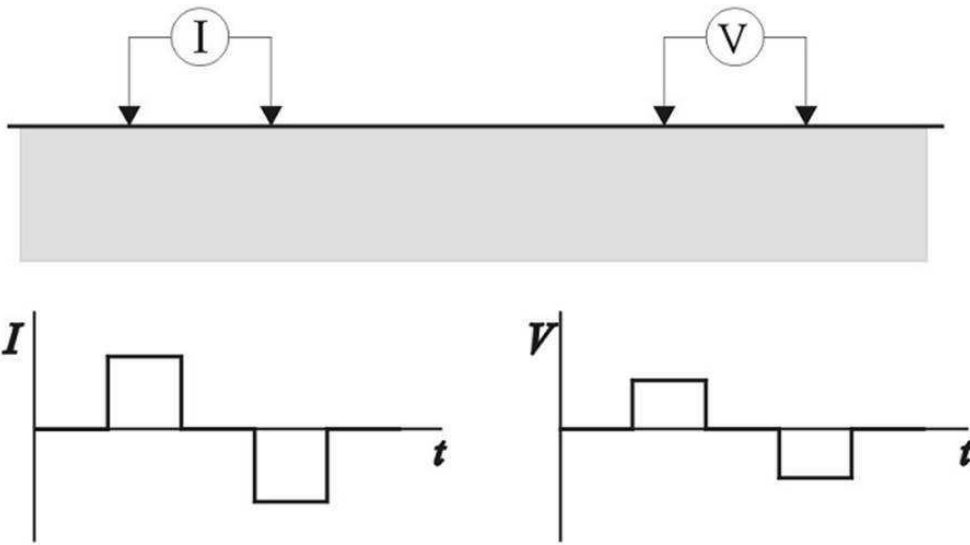
(CuSO<sub>4</sub> • 5H<sub>2</sub>O)으로 포화(飽和)시켜 분극현상이 일어나지 않도록 하는 구성으로 이루어진다.

- [0029] 이와 같은 구성으로 이루어진 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0030] 도 3에 도시한 바와 같이, 시료의 광대역 유도분극(Spectral Induced Polarization ; SIP)을 측정하기 위하여, 송신기(10)의 전류 인가를 위하여 랩 트랜스미터(Lab Transmitter)를 사용하며, 상기 송신기(10)와 전선(11)으로 연결 설치되어 진폭 및 위상 자료를 측정하는 수신기(20)는 GDP-32를 사용하였으며, 또한 시료를 내부에 삽입하여 고정하는 시료 홀더(30)는 아크릴로 이루어져 사각형 형상으로 형성시킨 후, 상측에 뚜껑부(31)를 개폐 가능토록 설치하여, 암석 또는 광석 시료의 경우 용이하게 삽입되어, 상기 송신기(10) 및 수신기(20) 일측에는 암석 시료의 양측이 전극에 각각 밀착되어 고정될 수 있도록 스핀들(40)로서 압입 고정한다.
- [0031] 또한, 상기 시료 홀더(30) 내부에 고정되는 시료의 광대역 유도분극 측정 시, 전류 전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2)의 배열은 4전극법으로 전류전극(C1)-전위전극(P1)-시료-전위전극(P2)-전류전극(C2) 순으로 배열하며, 이때 상기 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2)은 동판으로 이루어져 원활한 광대역 유도분극 측정이 이루어질 수 있도록 한다.
- [0032] 계속해서, 상기 각각의 전류전극(C1)(C2) 및 전위전극(P1)(P2) 및 시료 사이에는 필터지(60)를 삽입하며, 이때 상기 필터지는 황산구리용액(CuSO<sub>4</sub> • 5H<sub>2</sub>O)으로 포화(飽和)시켜 분극현상이 일어나지 않도록 한다.
- [0033] 상기 시료 홀더(30)내의 시료의 광대역 유도분극 측정을 위하여, 수신기의 주파수 영역은 0.125~1,024 Hz까지 광대역으로 선택하여 진폭과 위상을 측정할 수 있도록 하며, 상기 주파수는 0.125, 0.25, 0.5, 1Hz까지는 1사이클(cycle)로 스트리킹(stacking)하고, 그 이후부터는 선택된 주파수만큼 자동적으로 스트리킹이 되도록 조정하며, 이때 상기 송신기(10)는 정 전류회로로 전류를 0.001~10mA까지 조절할 수 있도록 한다.
- [0034] 한편, 도 6은 본 발명인 시료의 광대역 유도분극 측정 시스템을 사용하여 미세 직경의 유리구슬(Glass bead)에 황철석을 섞어 광대역 유도분극을 측정한 결과를 나타낸 그래프로서, 상기 미세 직경의 유리구슬(Glass bead)를 사용하여 광대역 유도분극을 측정하는 방법은, 먼저 흙 시료용 시료 홀더(50) 내부에 흙 대신에 흙과 같은 역할을 수행하는 미세 직경의 유리구슬(Glass beads) 250g을 넣고, 0.01M의 묽은 황산구리용액(CuSO<sub>4</sub> • 5H<sub>2</sub>O)으로 포화시켜 광대역 유도분극을 측정한다.
- [0035] 이때, 사용한 주파수는 0.125~1,024 Hz이며, 황철석의 중량비는 0.25%, 0.5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%의 8단계로 증가시키면서 광대역 유도분극을 각 주파수별로 측정하여, 황철석 중량비에 따른 진폭(amplitude) 및 위상차(phase difference)의 변화를 관찰하였다.
- [0036] 상기 도 6의 그래프에서 확인되는 바와같이, 황철석의 중량비가 증가함에 따라 진폭은 고주파수에서 약간 감소하는 경향이 있으며, 위상차는 200 Hz 대역에서 증가하는 경향이 있음을 알 수 있다.
- [0037] 한편, 도 7는 우리나라 전라남도 해남군에 위치하고 있는 순신광산(국내 유일의 금 광산) 지역에서 시추한 암석 시료를 사용하여, 암석 시료용 시료홀더(30)에서 광대역 유도분극을 측정한 결과를 나타낸 그래프도로서, 상기 측정 결과에 의하면 측정 주파수에 따라 진폭(amplitude)과 위상차(phase difference)의 변화를 관찰할 수 없는데 반해, 황철석을 함유하고 있는 응회암 시료의 경우, 도 7의 그래프도에서 황철석을 섞은 미세 직경의 유리구슬(glass beads)의 측정 결과와 마찬가지로 진폭은 고주파수에서 약간 감소하는 경향이 있으며, 위상차는 10 Hz 대역에서 증가하는 경향이 있음을 알 수 있다.
- [0038] 상기와 같은 미세 직경의 유리구슬(Glass beads)과 암석 시료의 광대역 유도분극 측정 결과로부터 황화광물인 황철석의 분포특성을 파악할 수 있으며, 주파수에 따른 위상차의 변화 크기로부터 황철석의 중량비를 용이하게 예측할 수 있는 것이다.

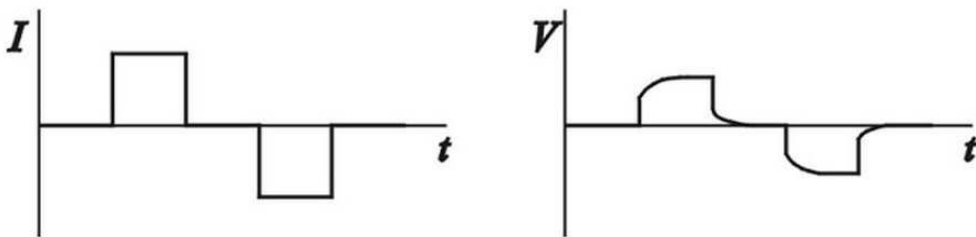


도면

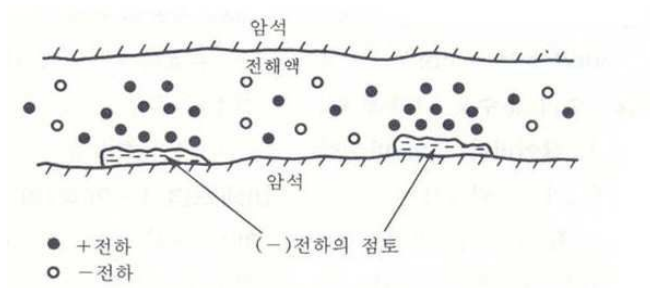
도면1a



도면1b

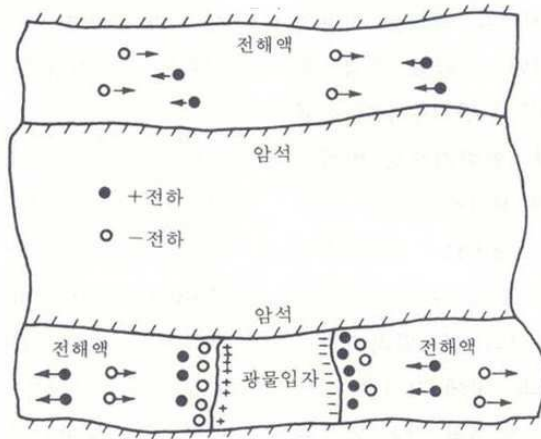


도면2a

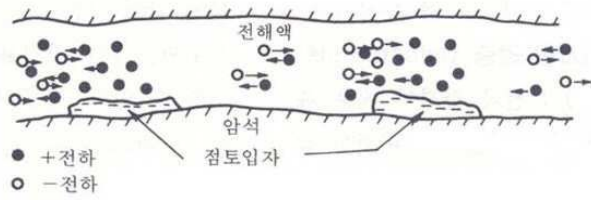




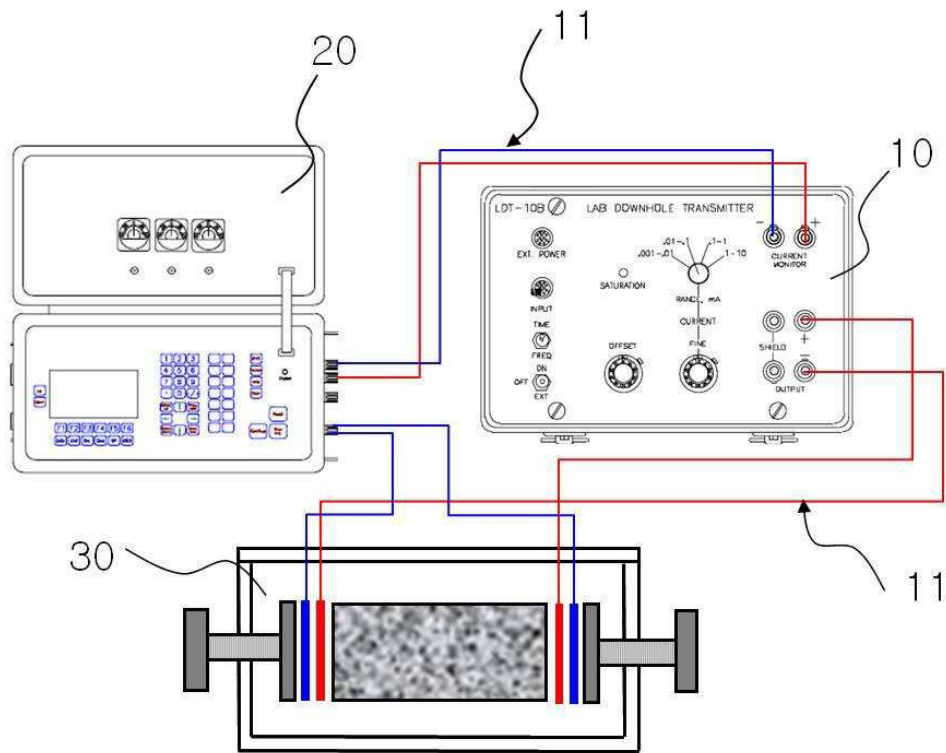
도면2b



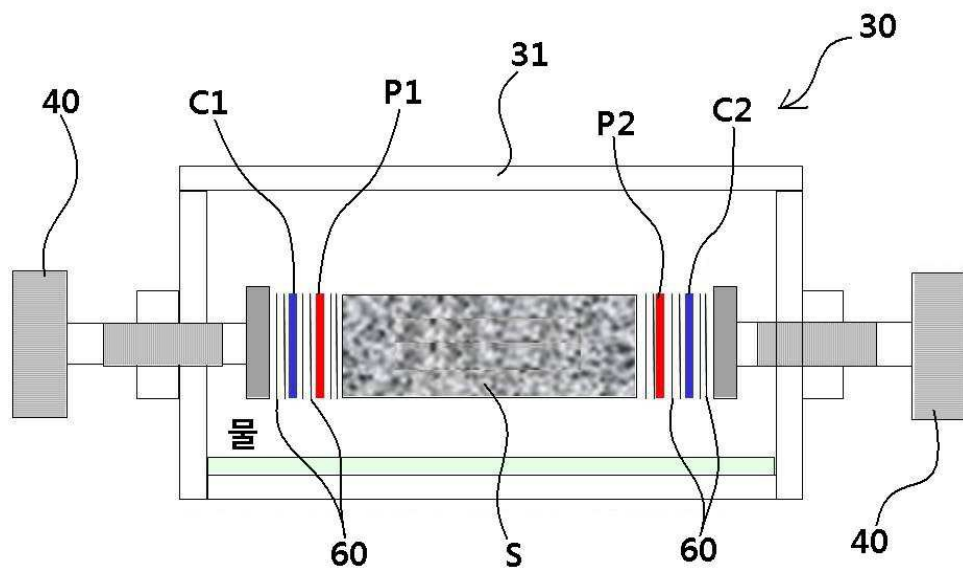
도면2c



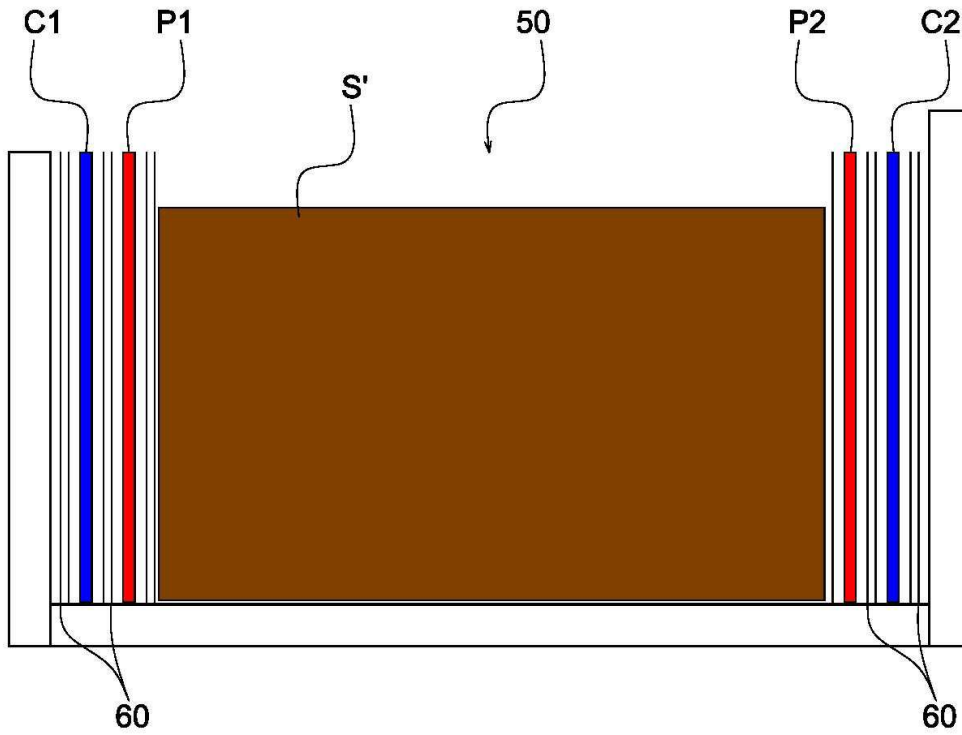
도면3



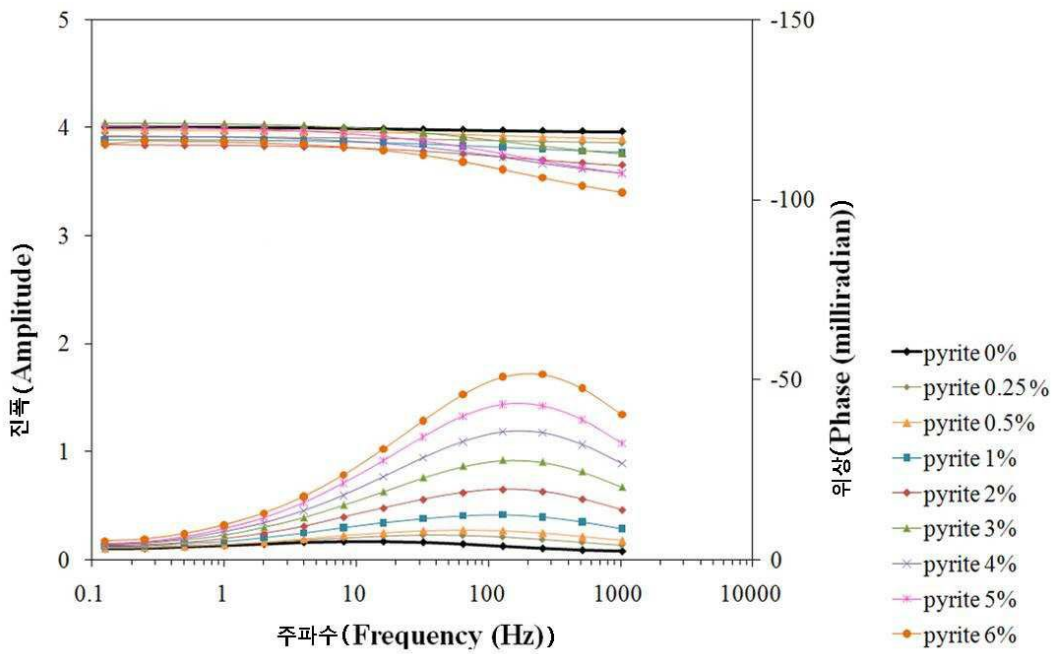
도면4



도면5



도면6



도면7

