



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년07월04일  
 (11) 등록번호 10-1995927  
 (24) 등록일자 2019년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01T 7/02 (2006.01) G01T 1/24 (2006.01)  
 G01T 7/08 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 G01T 7/02 (2013.01)  
 G01T 1/24 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2018-0165343  
 (22) 출원일자 2018년12월19일  
 심사청구일자 2018년12월19일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP08136663 A\*  
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
**주식회사 에프티랩**  
 경기도 안산시 단원구 해봉로330번길 8, 503(신길동, 정우벤처)  
 (72) 발명자  
**고재준**  
 서울시 성동구 왕십리로 241 서울숲더샵 101동 4203호  
**김영권**  
 경기도 안양시 동안구 경수대로707번길 57 (호계동, 호계동신도브래뉴) 101동 302호  
 (74) 대리인  
**특허법인 누리**

전체 청구항 수 : 총 25 항

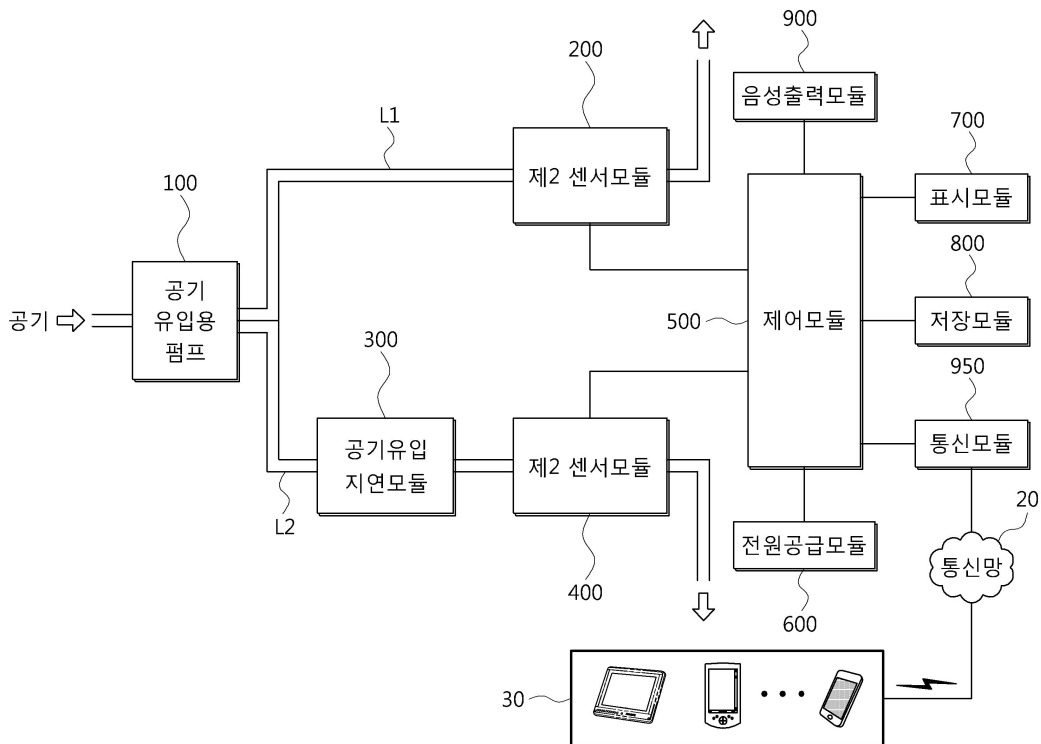
심사관 : 양성지

(54) 발명의 명칭 **이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치**

**(57) 요약**

본 발명은 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치에 관한 것으로, 외부의 공기를 유입하여 적어도 하나의 경로로 전달하는 공기 유입용 펌프와, 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 제1 경로 상의 제1 가스배관을 통해 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파(α)입자 (뒷면에 계속)

**대표도**



를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 제1 센서모듈과, 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 제2 경로 상의 제2 가스배관을 통해 전달받아 일정 지연시간동안 지연시켜 출력하는 공기유입 지연모듈과, 공기유입 지연모듈로부터 출력된 공기를 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 제2 센서모듈과, 제1 및 제2 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 각각 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 방사선 농도 값을 각각 산출하는 제어모듈을 포함함으로써, 공기 중의 라돈과 토론의 농도를 각각 구분하여 측정할 수 있다.

(52) CPC특허분류  
**G01T 7/08** (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌  
 JP2012002736 A\*  
 KR101583056 B1\*  
 KR1020170023601 A\*  
 KR101730887 B1  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018002440001
부처명	환경부
연구관리전문기관	한국환경산업기술원
연구사업명	지중환경오염위해관리기술개발사업
연구과제명	지하수 중 라돈측정을 위한 현장용 측정장비 개발
기 여 율	1/1
주관기관	주식회사 에프티랩
연구기간	2018.06.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

외부의 공기를 유입하여 적어도 하나의 경로로 전달하는 공기 유입용 펌프;

상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 제1 경로 상의 제1 가스배관을 통해 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 제1 센서모듈;

상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 제2 경로 상의 제2 가스배관을 통해 전달받아 일정 지연시간동안 지연시켜 출력하는 공기유입 지연모듈;

상기 공기유입 지연모듈로부터 출력된 공기를 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 제2 센서모듈; 및

상기 제1 및 제2 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 각각 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 방사선 농도 값을 각각 산출하는 제어모듈을 포함하되,

상기 제어모듈은, 상기 제1 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제1 방사선 농도 값을 산출하고, 상기 제2 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제2 방사선 농도 값을 산출하며, 상기 산출된 제1 방사선 농도 값에서 상기 산출된 제2 방사선 농도 값의 차이를 계산하여 제3 방사선 농도 값을 산출하며, 상기 산출된 제2 방사선 농도 값을 라돈 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어함과 아울러 상기 산출된 제3 방사선 농도 값을 토론 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 센서모듈은,

금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버;

일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 주 탐침부;

내측으로 상기 주 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 주 탐침부 사이에서 발생한 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비하는 가드링부;

일단이 상기 가드링부의 내측을 관통하여 상기 이온화 챔버 내에 배치됨과 아울러 상기 주 탐침부와 일정간격으로 이격되도록 배치되며, 주변 노이즈가 유입되도록 구비하는 보조 탐침부;

상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부의 타단에 각각 연결되며, 상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및

상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파 입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 3**

제2 항에 있어서,

상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 4**

제2 항에 있어서,

상기 주 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 5**

제2 항에 있어서,

상기 보조 탐침부의 길이는 상기 주 탐침부의 길이보다 짧게 이루어지는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 6**

제2 항에 있어서,

상기 이온화 챔버 내에서 상기 보조 탐침부의 노출영역이 상기 주 탐침부의 노출영역보다 작게 배치되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 7**

제1 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 센서모듈은,

금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버;

일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 탐침부;

내측으로 상기 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비되는 가드링부;

상기 가드링부와 접지 사이에 연결되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생하는 직류(DC)형의 누설 전류를 상기 접지측으로 흘려 보내주고, 교류(AC)형의 노이즈를 검출하여 출력하는 노이즈 검출부;

상기 탐침부의 타단 및 상기 노이즈 검출부의 출력단에 각각 연결되며, 상기 탐침부 및 상기 노이즈 검출부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및

상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파 입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 8**

제7 항에 있어서,

상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 9**

제7 항에 있어서,

상기 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 10**

제7 항에 있어서,

상기 노이즈 검출부는, 저항, 콘덴서 및 다이오드 중 적어도 어느 하나의 능동 소자를 전기적으로 직렬, 병렬 또는 직렬과 병렬의 조합으로 연결되어 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 11**

제1 항에 있어서,

상기 공기유입 지연모듈은, 내부에 유입된 공기가 일정시간 머무를 수 있도록 소정의 공간부를 갖는 복수 개의 케이스들이 상하로 적층되어 이루어지되, 상기 상하로 적층된 각 케이스 사이에 공기가 통할 수 있도록 적어도 하나의 홀이 형성되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 12**

제11 항에 있어서,

상기 복수 개의 케이스들 중 적어도 하나의 케이스의 공간부에 미로 형태의 칸막이들이 설치되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 13**

제1 항에 있어서,

상기 공기유입 지연모듈은, 상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기가 통과되어 일정 지연시간동안 지연시켜 상기 제2 센서모듈로 출력되도록 일정 길이를 갖는 공기파이프를 원형의 스프링 형태로 복수 회 감아서 형성되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 14**

제1 항에 있어서,

상기 공기유입 지연모듈의 지연시간은, 5분 내지 10분 범위의 시간으로 이루어지고,

상기 기 설정된 측정시간은, 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

외부의 공기를 유입하여 일정 길이를 갖는 제1 가스배관을 통해 전달하는 공기 유입용 펌프;

상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 상기 제1 가스배관을 통해 전달받아 일정 길이를 갖는 제2 가스배관으로 출력되도록 구비되고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 상기 제1 가스배관을 통해 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 센서모듈;

외부의 제어신호에 의한 개폐동작에 따라 상기 제2 가스배관을 통해 전달된 공기가 외부로 배출 또는 차단되도록 상기 제2 가스배관 상에 설치되는 공기 개폐용 밸브; 및

상기 공기 개폐용 밸브가 개방되도록 제어신호를 출력함과 동시에 상기 공기 유입용 펌프가 일정 구동시간동안 가동되도록 제어신호를 출력한 후 상기 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제1 방사선 농도 값을 산출하고, 상기 공기 유입용 펌프가 일정 구동시간동안 가동된 후 상기 공기 유입용 펌프가 정지되도록 제어신호를 출력함과 동시에 상기 공기 개폐용 밸브가 폐쇄되도록 제어신호를 출력하고, 기 설정된 대기시간동안 기다린 후 상기 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보 데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제2 방사선 농도 값을 산출하는 제어모듈을 포함하되,

상기 제어모듈은, 상기 산출된 제1 방사선 농도 값에서 상기 산출된 제2 방사선 농도 값의 차이를 계산하여 제3 방사선 농도 값을 산출하며, 상기 산출된 제2 방사선 농도 값을 라돈 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어함과 아울러 상기 산출된 제3 방사선 농도 값을 토론 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 17**

제16 항에 있어서,

상기 센서모듈은,

금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버;

일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 주 탐침부;

내측으로 상기 주 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 주 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비하는 가드링부;

일단이 상기 가드링부의 내측을 관통하여 상기 이온화 챔버 내에 배치되고 아울러 상기 주 탐침부와 일정간격으로 이격되도록 배치되며, 주변 노이즈가 유입되도록 구비하는 보조 탐침부;

상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부의 타단에 각각 연결되며, 상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및

상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파 입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

### 청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

### 청구항 19

제17 항에 있어서,

상기 주 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

### 청구항 20

제17 항에 있어서,

상기 보조 탐침부의 길이는 상기 주 탐침부의 길이보다 짧게 이루어지는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

### 청구항 21

제17 항에 있어서,

상기 이온화 챔버 내에서 상기 보조 탐침부의 노출영역이 상기 주 탐침부의 노출영역보다 작게 배치되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

### 청구항 22

제16 항에 있어서,

상기 센서모듈은,

금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버;

일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 탐침부;

내측으로 상기 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 집지측으로 흘려주도록 구비되는 가드링부;

상기 가드링부와 접지 사이에 연결되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생하는 직류(DC)형의 누설 전류를 상기 접지측으로 흘려 보내주고, 교류(AC)형의 노이즈를 검출하여 출력하는 노이즈 검출부;

상기 탐침부의 타단 및 상기 노이즈 검출부의 출력단에 각각 연결되며, 상기 탐침부 및 상기 노이즈 검출부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및

상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파 입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함하는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 23**

제22 항에 있어서,

상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 24**

제22 항에 있어서,

상기 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 25**

제22 항에 있어서,

상기 노이즈 검출부는, 저항, 콘덴서 및 다이오드 중 적어도 어느 하나의 능동 소자를 전기적으로 직렬, 병렬 또는 직렬과 병렬의 조합으로 연결되어 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

제16 항에 있어서,

상기 공기 유입용 펌프의 구동시간은 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어지고,

상기 기 설정된 측정시간은 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어지며,

상기 기 설정된 대기시간은 5분 내지 10분 범위의 시간으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 이온화 챔버를 사용하는 라돈 측정기에서 라돈(Radon, Rn-222)과 토론(Thoron, Rn-220)의 반감기가 크게 차이가 난다는 특성을 이용하여 이 둘을 쉽게 구별하여 측정할 수 있도록 한 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치에 관한 것이다.

[0001]



**배경 기술**

- [0002] 일반적으로, 인체는 평상시에 자연에 존재하는 자연방사선에 노출되어 조사를 받고 있으며, 상기 자연방사선으로 대기 및 흙이나 암석에 존재하는 방사성 동위원소에서 방사되는 알파선, 베타선, 감마선 등과 우주에서 방사되어 태양광선과 함께 인체에 조사되는 우주선(cosmic ray)등이 있다.
- [0003] 또한, 인체는 상기 자연방사선 외에 문명의 이기에서 발생하는 인공방사선(예컨대, 의료용 방사선, TV, 형광등, 컴퓨터 등 전자제품이나 기계, 운송수단 등 모든 제품에서 발생하는 방사선)을 조사 받고 있는 실정이다.
- [0004] 상기와 같이 인체가 조사 받는 방사선은 인체에 각종 영향을 미치게 되므로 국제원자력기구에서는 연간 3 mSv (방사선조사 단위)의 권고치를 설정하고 있으며, 이에 따라 우리나라에서는 가공제품에 의한 방사선 피폭량이 연간 1 mSv 이상 초과하지 않도록 하는 방사선 안전 가이드 허용치를 설정하고 있다.
- [0005] 특히, 상기에서와 같은 자연방사선 중 사람이 받게 되는 방사선량의 약 50% 이상을 차지하는 공기 중에 포함되어 있는 라돈(Radon, Rn-222) 가스에 의한 알파방사선의 조사(照射)에 대하여서는 특별히 별도로 관리하고 있으며, 통상적으로 대기 중 라돈농도를 국가마다 다르지만 대략 60 내지 200 Bq/m<sup>3</sup> 이하로 유지할 것을 권고하고 있고, 대한민국은 현재 실내 공기질 권고 기준으로서 라돈 농도를 4 pCi/l(148 Bq/m<sup>3</sup>)로 지정하고 있는 실정이다.
- [0006] 상기와 같이 방사성 가스로 분류되는 라돈에는 40여종의 동위원소가 존재하는데 이중 반감기 3.8일의 Rn-222와 반감기 56초의 Rn-220, 이 두 종류가 가장 안정적이다. 나머지 라돈의 동위 원소들은 반감기가 1초 이내로 매우 불안정하여 대기 중에서 거의 발견되지 않는다.
- [0007] 또한, 반감기 56초의 Rn-220은 라돈의 동위원소이지만, Rn-222가 우라늄(U)의 붕괴사슬에서 기원한 것과 달리 토륨(Th)의 붕괴 사슬로부터 나온 것이어서 토론(thoron)이라고 구분하여 부른다. 토론은 그 짧은 반감기로 인하여 실외에서는 거의 존재하지 못하고 실내에서도 벽이나 바닥으로부터 약 50cm만 떨어지면 거의 발견되지 않는다. 따라서, 상기 서술한 각 국가별 실내 라돈농도 권고 기준은 Rn-222를 대상으로 한 것이고, 흔히 우리가 "라돈"이라 칭하는 것도 Rn-222를 뜻하며, Rn-220은 토론이라고 구분하여 칭한다.
- [0008] 상기와 같이 일반인에 대한 방사선 노출의 주요 원인인 라돈 기체는 건물 주변을 감싸고 있는 토양이나 자갈 등을 통해 지속적으로 지상으로 이동하며, 이는 건물의 공간이나 콘크리트의 기공 등을 통해 실내로 침투하게 되며, 이와 같이 주변 토양으로부터 침투하는 라돈이 실내 라돈의 주요 원인이 되는 것으로 알려져 있고, 콘크리트, 석고보드, 자갈, 벽돌 등의 건축자재 또한 실내 라돈의 오염원이 된다.
- [0009] 또한, 라돈은 물에 잘 용해되므로 지하수의 이동을 통해 실내에 유입되기도 하고, 물을 통한 실내 이동은 콘크리트의 기공을 통한 모세관 현상이나 수압으로 인해 침투하게 되며, 실내의 온도가 높을수록, 압력이 낮을수록 라돈 기체는 실내로 더 많이 유입되도록 되어 있다.
- [0010] 상기와 같이 대기에 존재하는 라돈 기체는 호흡을 통하여 폐에 흡입되면 라돈에서 방출되는 알파 입자방사선이 직접 폐 세포에 조사되어 세포가 파괴되므로 폐암 유발 등 인간에게 매우 강한 생물학적 영향을 미치는 1급 발암 물질이다.
- [0011] 상기와 같이 인체의 건강에 막대한 영향을 미치는 라돈의 실내 농도를 정확하게 평가하기 위하여, 그동안 여러 종류의 계측기와 다양한 측정 방법 및 장치들이 널리 개발되어 사용되어 왔는데 라돈은 무색, 무취의 불활성기체이므로 반응성이 없어서 직접 측정은 어렵고 라돈의 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 발생하는 알파입자의 빈도가 라돈 농도에 비례하므로 대기중의 알파입자를 검출하여 이용하여 실내 라돈 농도를 측정한다. 즉, 알파입자를 정확히 검출하는 것이 곧 실내 라돈 농도를 정확히 측정하는 방법이다.
- [0012] 일반적으로 알파입자를 검출하기 위한 장치로 표면 장벽형(Surface barrier type), 고순도형 반도체 검출기(pure Ge), 신틸레이션(scintillation, 섬광)검출기, 고체접합계수기(solid state junction counter), 펄스형 이온화 챔버(pulsed ionization chamber) 등이 사용되고 있다.
- [0013] 상기 표면 장벽형 검출기에 대하여 살펴보면, 반도체의 표면은 표면준위나 산화피막 등 때문에 p-n 접합과 같은 공핍층이 형성되어 있어 표면 부근이 전하이동의 장애물로 되어있다. 실용적인 것으로는 n형 si의 표면에 금을 100 $\mu$ m/cm<sup>2</sup>정도로 증착시켜 이것을 한쪽 전극으로 하고 이면에 방사선을 입사시킨다.
- [0014] 여기서, 공핍층의 두께는 약 50~500 $\mu$ m로 여러 가지가 있고 표면에서의 에너지 손실이 작기 때문에 주로 알파

방사선으로 발생하는 하전 입자의 검출에 사용되며, 에너지 분해능이 좋으므로 라돈과 토론에서 방출되는 알파 입자의 에너지 차이를 이용하여 라돈과 토론을 구별할 수 있다. 이를 알파입자 분광법(Alpha Spectroscopy)이라고 한다.

- [0015] 이러한 알파입자 분광법의 단점은 외부 빛을 차단해야 하므로 밀폐형에 가까워서 공기유통이 원활하지 못하므로 주로 강제 순환 펌프를 이용해야 한다. 또한 반드시 반도체 표면에 하전 입자가 충돌해야 측정이 가능하므로, 상대적으로 높은 고전압의 바이어스 전압을 걸어야 하고, 표면 면적이 넓은 반도체 검출 소자가 요구되므로 가격이 비싸며, 검출 효율이 2D 측정의 한계로 낮다.
- [0016] 상기 고순도 반도체 검출기는 일반적으로 pure Ge검출기라고도 부른다. 불순물 농도나 결함이 매우 작은 고순도의 Ge결정체이며 저온에서 전기저항이 매우 높고, 높은 바이어스 전압도 걸 수 있다. Ge(Li)와 다른 점은 상온에서 보존할 수 있고 측정할 때만 액체질소로 냉각시켜 사용하면 되기 때문에 유지하기에 편하고 에너지 분해능도 Ge(Li)에 비하여 손색이 없으므로 실용화되고 있다. 단, 가격이 매우 비싸며 액체질소 냉각이 필수여서 부피가 매우 크다는 결점이 있다.
- [0017] 상기 신틸레이션 검출기에 대하여 살펴보면, 하전 입자가 어떤 물질에 부딪히면 발광하는 현상은 오래 전부터 알려져 있지만 유화아연(ZnS) 또는 NaI 도막의 알파 방사선에 의한 발광은 특히 강하고 암실에서는 확대경으로 검출 및 계수가 가능하다.
- [0018] 이와 같은 발광을 신틸레이션(scintillation, 섬광)이라 하고, 이러한 현상을 나타내는 물질을 신틸레이터라 한다. 그리고, 신틸레이터에 광전자 증배관을 결합한 것을 신틸레이션 검출기라 부르지만 특히 펄스출력으로서 계수에 사용하는 방법을 신틸레이션 계수관이라 한다.
- [0019] 한편, 출력을 직류적으로 읽는 방법을 취한 것은 주로 선량측정에 사용되고 있으며 신틸레이터를 사용하고 있으므로 신틸레이션 선량계라 하고, 신틸레이터에는 고체, 액체, 기체 어느 것이나 쓰이고 있으며 액체를 사용하고 있으면 액체 신틸레이션 계수 장치라 한다. 장점은 감도가 매우 높다는 것이고 단점은 유화아연(ZnS) 또는 NaI 도막이 습기에 약해서 내구성이 떨어지며 고가의 광증배관이 반드시 필요하여 가격이 매우 비싸다는 점이다.
- [0020] 상기 고체 접합계수기는 고체 역바이어스 p-n 접합반도체로서 공핍층(depletion layer)을 통과하는 알파입자로부터 이온 전하를 수집하도록 된 계수기로 소형, 이동형으로 제작할 수 있으나 검출기의 금속 전극표면이 긁히거나 벗겨지면 안 되며 외부 빛이 절대 유입되어서는 안 되는 등의 문제점이 있다. 최근 측정 센서를 이온 함으로 구성하여 빛, 먼지로부터 보호하여 보급형이자 간이형으로 실내 라돈 농도를 느리게 측정하는데 주로 사용되는데(최초 data 표시에만 24시간~48시간 소요), 감도가 0.02~0.03CPM/pCi/l로 매우 낮아서 실시간 알파입자 검출 장치로는 사용되지 못하고 있는 형편이다.
- [0021] 상기 펄스형 이온화 챔버(pulsed ionization chamber)는 금속으로 된 원통형 상자 내부 중앙에 탐침 형태의 전극을 설치하고 금속 원통과 내부 탐침 사이에 바이어스 전압을 인가하여 전기장을 형성한 구조이다.
- [0022] 이러한 이온화 챔버 내부에서 알파 붕괴가 발생하여 알파입자가 방출되면 공기와의 충돌로 알파입자는 소멸되지만 이온 전하가 발생하므로 이를 중앙 탐침을 통하여 흡수하여 신호를 증폭하면 알파입자를 검출할 수 있다. 센서 자체가 금속 원통과 탐침으로 구성되어 매우 저렴하며 내구성이 좋고 빛과 무관하므로 통기성을 좋게 할 수 있다는 장점이 있으나 입력 임피던스(impedance)가 무한대에 가까워서 전기적 노이즈에 민감하므로 신호 대 노이즈비가 높게 측정 회로를 꾸미기가 매우 어려워서 주로 이 이온화 챔버는 펄스형 보다는 노이즈를 쉽게 없앨 수 있는 적분형으로 많이 쓰였다.
- [0023] 그러나, 최근 이온화 챔버의 근본적인 문제인 전기적인 노이즈를 아날로그 방식의 차동회로를 이용하여 효과적으로 제거함으로써 실시간으로 저렴하게 알파입자를 검출할 수 있는 기술이 등장하여 이온화 챔버 방식으로 된 실시간 보급형 라돈 측정기가 실생활에 널리 쓰이게 되었다.
- [0024] 그러나, 여전히 남아있는 문제점은 이온화 챔버 방식에서는 반도체 방식과는 달리 알파입자 분광법(Alpha Spectroscopy)으로 라돈과 토론을 구별하기 어렵다는 것이다. 그 이유는 이온화 챔버 내에서 얻어지는 알파입자에 의한 이온 신호의 에너지 분해능이 낮기 때문이다.
- [0025] 따라서, 일반적인 보급형 이온화 챔버 방식의 라돈 측정기에서는 라돈뿐만 아니라 토론도 함께 측정되어 라돈+토론의 형태로 결과 값이 나타나므로 혼동의 여지를 줄 수 있다. 그러므로 실내 라돈농도 측정 시 토론에 의한 간섭을 피하기 위해서는 측정기를 벽이나 바닥으로부터 통상 약 50cm 이상 이격하여 설치해야만 했었다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0026] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1226735호(2013.01.25. 공고)
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1730887호(2017.04.28. 공고)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0027] 본 발명은 기술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 실내 공기질 관련 요소들 중 하나인 실내 라돈 농도를 측정하는데 사용되는 이온화 챔버 방식에서 라돈(Radon, Rn-222)과 토론(Thoron, Rn-220)의 큰 반감기 차이를 이용하여 이 둘을 구별하여 측정할 수 있도록 한 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 제공하는데 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0028] 기술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 제1 측면은, 외부의 공기를 유입하여 적어도 하나의 경로로 전달하는 공기 유입용 펌프; 상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 제1 경로 상의 제1 가스배관을 통해 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 제1 센서모듈; 상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 제2 경로 상의 제2 가스배관을 통해 전달받아 일정 지연시간동안 지연시켜 출력하는 공기유입 지연모듈; 상기 공기 유입 지연모듈로부터 출력된 공기를 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 제2 센서모듈; 및 상기 제1 및 제2 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 각각 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 방사선 농도 값을 각각 산출하는 제어모듈을 포함하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 제공하는 것이다.
- [0029] 여기서, 상기 제1 및 제2 센서모듈은, 금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버; 일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 주 탐침부; 내측으로 상기 주 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 주 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비하는 가드링부; 일단이 상기 가드링부의 내측을 관통하여 상기 이온화 챔버 내에 배치됨과 아울러 상기 주 탐침부와 일정간격으로 이격되도록 배치되며, 주변 노이즈가 유입되도록 구비하는 보조 탐침부; 상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부의 타단에 각각 연결되며, 상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및 상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함함이 바람직하다.
- [0030] 바람직하게, 상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어질 수 있다.
- [0031] 바람직하게, 상기 주 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비될 수 있다.
- [0032] 바람직하게, 상기 보조 탐침부의 길이는 상기 주 탐침부의 길이보다 짧게 이루어질 수 있다.
- [0033] 바람직하게, 상기 이온화 챔버 내에서 상기 보조 탐침부의 노출영역이 상기 주 탐침부의 노출영역보다 작게 배치될 수 있다.
- [0034] 바람직하게, 상기 제1 및 제2 센서모듈은, 금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이

마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버; 일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 탐침부; 내측으로 상기 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비되는 가드링부; 상기 가드링부와 접지 사이에 연결되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생하는 직류(DC)형의 누설전류를 상기 접지측으로 흘려 보내주고, 교류(AC)형의 노이즈를 검출하여 출력하는 노이즈 검출부; 상기 탐침부의 타단 및 상기 노이즈 검출부의 출력단에 각각 연결되며, 상기 탐침부 및 상기 노이즈 검출부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및 상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함할 수 있다.

- [0035] 바람직하게, 상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어질 수 있다.
- [0036] 바람직하게, 상기 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비될 수 있다.
- [0037] 바람직하게, 상기 노이즈 검출부는, 저항, 콘덴서 및 다이오드 중 적어도 어느 하나의 능동 소자를 전기적으로 직렬, 병렬 또는 직렬과 병렬의 조합으로 연결되어 이루어질 수 있다.
- [0038] 바람직하게, 상기 공기유입 지연모듈은, 내부에 유입된 공기가 일정시간 머무를 수 있도록 소정의 공간부를 갖는 복수 개의 케이스들이 상하로 적층되어 이루어지되, 상기 상하로 적층된 각 케이스 사이에 공기가 통할 수 있도록 적어도 하나의 홀이 형성될 수 있다.
- [0039] 바람직하게, 상기 복수 개의 케이스들 중 적어도 하나의 케이스의 공간부에 미로 형태의 칸막이들이 설치될 수 있다.
- [0040] 바람직하게, 상기 공기유입 지연모듈은, 상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기가 통과되어 일정 지연시간동안 지연시켜 상기 제2 센서모듈로 출력되도록 일정 길이를 갖는 공기파이프를 원형의 스프링 형태로 복수 회 감아서 형성될 수 있다.
- [0041] 바람직하게, 상기 공기유입 지연모듈의 지연시간은, 5분 내지 10분 범위의 시간으로 이루어질 수 있다.
- [0042] 바람직하게, 상기 기 설정된 측정시간은, 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어질 수 있다.
- [0043] 바람직하게, 상기 제어모듈은, 상기 제1 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제1 방사선 농도 값을 산출할 수 있다.
- [0044] 바람직하게, 상기 제어모듈은, 상기 제2 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제2 방사선 농도 값을 산출할 수 있다.
- [0045] 바람직하게, 상기 제어모듈은, 상기 산출된 제1 방사선 농도 값에서 상기 산출된 제2 방사선 농도 값의 차이를 계산하여 제3 방사선 농도 값을 산출할 수 있다.
- [0046] 바람직하게, 상기 제어모듈은, 상기 산출된 제2 방사선 농도 값을 라돈 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어함과 아울러 상기 산출된 제3 방사선 농도 값을 토론 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어할 수 있다.
- [0047] 본 발명의 제2 측면은, 외부의 공기를 유입하여 일정 길이를 갖는 제1 가스배관으로 전달하는 공기 유입용 펌프; 상기 공기 유입용 펌프로부터 유입된 공기를 상기 제1 가스배관을 통해 전달받아 일정 길이를 갖는 제2 가스배관으로 출력되도록 구비되고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 상기 제1 가스배관을 통해 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 센서모듈; 외부의 제어신호에 의한 개폐동작에 따라 상기 제2 가스배관을 통해 전달된 공기가 외부로 배출 또는 차단되도록 상기 제2 가스배관 상에 설치되는 공기 개폐용 밸브; 및 상기 공기 개폐용 밸브가 개방되도록 제어신



호를 출력함과 동시에 상기 공기 유입용 펌프가 일정 구동시간동안 가동되도록 제어신호를 출력한 후 상기 센서 모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제1 방사선 농도 값을 산출하고, 상기 공기 유입용 펌프가 일정 구동시간동안 가동된 후 상기 공기 유입용 펌프가 정지되도록 제어신호를 출력함과 동시에 상기 공기 개폐용 밸브가 폐쇄되도록 제어신호를 출력하고, 기 설정된 대기시간동안 기다린 후 상기 센서모듈로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제2 방사선 농도 값을 산출하는 제어모듈을 포함하는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 제공하는 것이다.

- [0048] 여기서, 상기 센서모듈은, 금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버; 일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 주 탐침부; 내측으로 상기 주 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 주 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비하는 가드링부; 일단이 상기 가드링부의 내측을 관통하여 상기 이온화 챔버 내에 배치됨과 아울러 상기 주 탐침부와 일정간격으로 이격되도록 배치되며, 주변 노이즈가 유입되도록 구비하는 보조 탐침부; 상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부의 타단에 각각 연결되며, 상기 주 탐침부 및 상기 보조 탐침부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및 상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함함이 바람직하다.
- [0049] 바람직하게, 상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어질 수 있다.
- [0050] 바람직하게, 상기 주 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비될 수 있다.
- [0051] 바람직하게, 상기 보조 탐침부의 길이는 상기 주 탐침부의 길이보다 짧게 이루어질 수 있다.
- [0052] 바람직하게, 상기 이온화 챔버 내에서 상기 보조 탐침부의 노출영역이 상기 주 탐침부의 노출영역보다 작게 배치될 수 있다.
- [0053] 바람직하게, 상기 센서모듈은, 금속 재질의 원통형 상자구조이며, 공기 유입 및 배출을 위한 노즐이 마련되어 있으며, 표면에 바이어스 전원을 인가하여 내부에 전기장을 형성하는 이온화 챔버; 일단이 상기 이온화 챔버 내에 배치되며, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 탐침부; 내측으로 상기 탐침부가 관통되도록 상기 이온화 챔버의 타측에 결합되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생된 누설 전류를 흡수하여 접지측으로 흘려주도록 구비되는 가드링부; 상기 가드링부와 접지 사이에 연결되며, 상기 이온화 챔버와 상기 탐침부 사이에서 발생하는 직류(DC)형의 누설전류를 상기 접지측으로 흘려 보내주고, 교류(AC)형의 노이즈를 검출하여 출력하는 노이즈 검출부; 상기 탐침부의 타단 및 상기 노이즈 검출부의 출력단에 각각 연결되며, 상기 탐침부 및 상기 노이즈 검출부로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 증폭하는 제1 및 제2 전치 증폭기; 및 상기 제1 및 제2 전치 증폭기의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 연결되며, 상기 제1 및 제2 전치 증폭기로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차를 증폭하여 노이즈 신호를 상쇄시킴과 아울러 알파입자 검출신호를 출력하는 차동 증폭기를 포함할 수 있다.
- [0054] 바람직하게, 상기 이온화 챔버의 표면에 인가되는 바이어스 전원은, 50V 내지 300V 범위의 직류전압으로 이루어질 수 있다.
- [0055] 바람직하게, 상기 탐침부는, 상기 이온화 챔버 내에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 발생 시 생성된 알파입자와 공기와의 충돌에 의하여 발생된 이온 전하를 검출하도록 구비될 수 있다.
- [0056] 바람직하게, 상기 노이즈 검출부는, 저항, 콘덴서 및 다이오드 중 적어도 어느 하나의 능동 소자를 전기적으로 직렬, 병렬 또는 직렬과 병렬의 조합으로 연결되어 이루어질 수 있다.
- [0057] 바람직하게, 상기 제어모듈은, 상기 산출된 제1 방사선 농도 값에서 상기 산출된 제2 방사선 농도 값의 차이를

계산하여 제3 방사선 농도 값을 산출할 수 있다.

- [0058] 바람직하게, 상기 제어모듈은, 상기 산출된 제2 방사선 농도 값을 라돈 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어함과 아울러 상기 산출된 제3 방사선 농도 값을 토론 농도 값으로 디스플레이 화면에 표시되도록 제어할 수 있다.
- [0059] 바람직하게, 상기 공기 유입용 펌프의 구동시간은 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어질 수 있다.
- [0060] 바람직하게, 상기 기 설정된 측정시간은 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어질 수 있다.
- [0061] 바람직하게, 상기 기 설정된 대기시간은 5분 내지 10분 범위의 시간으로 이루어질 수 있다.

**발명의 효과**

- [0062] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명의 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치에 따르면, 실내 공기질 관련 요소들 중 하나인 실내 라돈 농도를 측정하는데 사용되는 이온화 챔버 방식에서 라돈(Radon, Rn-222)과 토론(Thoron, Rn-220)의 큰 반감기 차이를 이용하여 이 둘을 구별하여 측정할 수 있는 이점이 있다.
- [0063] 또한, 본 발명에 따르면, 이온화 챔버 방식의 라돈 측정기에서도 라돈과 토론이 모두 함께 측정되거나 혹은 라돈만 따로 측정하게 하여 이를 간단히 비교함으로써 공기 중의 라돈과 토론의 농도를 각각 구분하여 측정할 수 있는 이점이 있다.
- [0064] 또한, 본 발명에 따르면, 고가의 반도체 센서나 고사양의 DSP(Digital Signal Processing) 장치를 사용하지 않으므로 저렴한 가격의 라돈과 토론의 구분 측정이 가능한 이온화 챔버 방식의 실시간 연속 라돈 검출 장치를 제작할 수 있는 이점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0065] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 설명하기 위한 전체적인 블록 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 일 예를 구체적으로 설명하기 위한 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 다른 예를 구체적으로 설명하기 위한 구성도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 전형적인 출력신호 파형을 오실로스코프로 측정된 결과 파형을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 적용된 공기유입 지연모듈의 일 예를 설명하기 위해 개략적으로 나타낸 구성도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 적용된 공기유입 지연모듈의 다른 예를 설명하기 위해 개략적으로 나타낸 구성도이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 설명하기 위한 전체적인 블록 구성도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0066] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- [0067] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

- [0068] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0069] 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 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0070] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되어지는 것이다.
- [0071] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 설명하기 위한 전체적인 블록 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 일 예를 구체적으로 설명하기 위한 구성도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 다른 예를 구체적으로 설명하기 위한 구성도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 전형적인 출력신호 파형을 오실로스코프로 측정된 결과 파형을 나타낸 도면이며, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 적용된 공기유입 지연모듈의 일 예를 설명하기 위해 개략적으로 나타낸 구성도이며, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 적용된 공기유입 지연모듈의 다른 예를 설명하기 위해 개략적으로 나타낸 구성도이다.
- [0072] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는, 크게 공기 유입용 펌프(100), 제1 센서모듈(200), 공기유입 지연모듈(300), 제2 센서모듈(400), 제어모듈(500), 및 전원공급모듈(600) 등을 포함하여 이루어진다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는 표시모듈(700), 저장모듈(800), 음성출력모듈(900), 및/또는 통신모듈(950) 등을 더 포함할 수 있다. 한편, 도 1 내지 도 6에 도시된 구성요소들이 필수적인 것은 아니어서, 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는 그보다 많은 구성요소들을 갖거나 그보다 적은 구성요소들을 가질 수도 있다.
- [0073] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치의 구성요소들에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.
- [0074] 공기 유입용 펌프(100)는 외부의 공기를 유입하여 적어도 하나의 경로로 전달하는 기능을 수행한다.
- [0075] 이러한 공기 유입용 펌프(100)는 유량이 약 0.5lpm~1.5lpm 사이의 저소음 고내구성의 소형 공기유입 펌프로 이루어짐이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 외부의 공기를 유입하여 적어도 하나의 경로로 배출할 수 있는 공기 펌프라면 모두 적용 가능하다.
- [0076] 제1 센서모듈(200)은 공기 유입용 펌프(100)로부터 유입된 공기를 제1 경로 상의 제1 가스배관(L1)을 통해 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈(Radon, Rn-222) 및/또는 토론(Thoron, Rn-220)에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 기능을 수행한다.
- [0077] 공기유입 지연모듈(300)은 공기 유입용 펌프(100)로부터 유입된 공기를 제2 경로 상의 제2 가스배관(L2)을 통해 전달받아 일정 지연시간동안(바람직하게, 약 5분 내지 10분 정도) 지연시켜 출력하는 기능을 수행한다.
- [0078] 이러한 공기유입 지연모듈(300)의 일 예로, 도 5에 도시된 바와 같이, 내부에 유입된 공기가 일정시간 머무를 수 있도록 소정의 공간부(A)를 갖는 복수 개의 케이스들(300-1 내지 300-N)이 상하로 적층되어 이루어지되, 상하로 적층된 각 케이스(300-1 내지 300-N) 사이에 공기가 통할 수 있도록 적어도 하나의 홀(H)이 형성되도록 구성될 수 있다.
- [0079] 이때, 도면에 도시되진 않았지만, 복수 개의 케이스들(300-1 내지 300-N) 중 적어도 하나의 케이스의 공간부(A)에 미로 형태의 칸막이들(미도시)이 설치됨이 바람직하다.
- [0080] 즉, 도 5에 도시된 공기유입 지연모듈(300)은, 빌딩 구조와 유사하게 사각형(또는 삼각형, 원형, 타원형, 또는 다각형 등) 형태의 여러 개의 층으로 구성되어 있으며, 각 층과 층 사이엔 적어도 한 개의 작은 구멍만 뚫려 있

어서 최소한으로 공기가 통하도록 되어 있고, 1층에 해당하는 곳으로 유입된 공기가 최상층으로 공기가 빠져나 가는데 까지 충분히 오랜 시간이 걸리도록 구성한다.

- [0081] 한편, 토론의 반감기가 약 56초 정도인 것을 고려하면 층의 개수와 높이 등을 조절하여 입력된 공기가 방출될 때 까지 최소 5분 이상 걸리도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 각 층의 내부 구조를 미로 형태로 하여 공기의 이동경로를 길게 하면 더욱 바람직하다.
- [0082] 그리고, 공기유입 지연모듈(300')의 다른 예로, 도 6에 도시된 바와 같이, 공기 유입용 펌프(100)로부터 유입된 공기가 통과되어 일정 지연시간동안(바람직하게, 약 5분 내지 10분 정도) 지연시켜 제2 센서모듈(400)로 출력되도록 일정 길이를 갖는 공기파이프(310)를 원형의 스프링 형태로 복수 회 감아서 형성될 수도 있다.
- [0083] 즉, 도 6에 도시된 공기유입 지연모듈(300')은, 유입된 공기가 통과하는 긴 공기파이프(310)를 원형으로 감아서 경로는 길게 하고 부피는 최소화한 모듈이다. 이때, 공기파이프(310)의 내경과 원형으로 감은 횟수를 조절하여 서술한 것처럼 지연시간이 최소 5분 이상이 되도록 한다.
- [0084] 제2 센서모듈(400)은 공기유입 지연모듈(300)로부터 출력된 공기를 전달받고, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 유입된 공기 중에 포함된 라돈(Radon, Rn-222) 및/또는 토론(Thoron, Rn-220)에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 기능을 수행한다.
- [0085] 이러한 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)에 대하여 도 2 내지 도 4를 참조하여 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0086] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 적용된 일 예의 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)은, 크게 이온화 챔버(Ionization Chamber)(210), 주 탐침부(220), 가드링부(230), 보조 탐침부(240), 제1 및 제2 전치 증폭기(250a 및 250b), 그리고 차동 증폭기(260), 바이어스 전원(10) 등을 포함하여 이루어진다.
- [0087] 여기서, 이온화 챔버(210)는 전도성 물질(Conductive Materials)로 된 원통형 상자구조로 이루어지는 바, 그 외주면 및/또는 바닥면에 공기 유입 및 배출을 위한 노즐(미도시)이 형성되어 있으며, 이온화 챔버(210)의 표면에 고전압의 바이어스 전원(10)을 인가하여 이온화 챔버(210) 내의 주 탐침부(220)와 이온화 챔버(210) 내부 표면 사이에 전기장을 형성시킴으로써 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 발생하는 이온 전류를 주 탐침부(220)로 흡수시킬 수 있다. 이러한 이온화 챔버(210)는 그 구성이 단순하고 저렴한 가격으로 구현할 수 있으며, 3차원적인 측정으로 고감도인 효과가 있다.
- [0088] 또한, 이온화 챔버(210)의 표면에 인가되는 고전압의 바이어스 전원(10)은 약 50V 내지 300V 범위(바람직하게, 50V 내지 150V 정도)의 안정적인 직류전압을 사용함으로써, 이온화 챔버(210) 내에서 알파 붕괴가 발생할 경우 효과적으로 추가적인 이온 전하가 발생할 수 있는 조건이 된다. 한편, 고전압의 바이어스 전원(10)에서 공급되는 전원(예컨대, 전압 또는 전류)은 측정범위 및 감도(sensitivity) 등에 따라 다양하게 변경하여 적용할 수 있다.
- [0089] 주 탐침부(220)는 이온화 챔버(210) 내에서 라돈(Radon, Rn-222) 및/또는 토론(Thoron, Rn-220) 핵종 등에 의한 알파( $\alpha$ ) 붕괴가 발생되었을 때 생겨난 이온 전하를 흡수할 수 있도록 기다란 봉 형태의 전도성 물질로 이루어지는 바, 그 일단이 이온화 챔버(210) 내에 배치되어 있으며, 이온화 챔버(210) 내에 유입된 공기에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 기능을 수행한다.
- [0090] 이러한 주 탐침부(220)는 이온화 챔버(210) 내에 유입된 공기에서 라돈(Radon, Rn-222) 및/또는 토론(Thoron, Rn-220) 기체에 의한 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 생성된 알파입자를 검출하도록 구비됨이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 알파( $\alpha$ )입자를 방출하는 모든 방사성 기체를 검출하도록 구비될 수도 있다.
- [0091] 가드링부(230)는 원통형의 전도성 물질로 이루어지는 바, 그 내측으로 주 탐침부(220)가 관통되도록 이온화 챔버(210)의 타측에 결합되어 있으며, 이온화 챔버(210)와 주 탐침부(220) 사이에서 발생하는 누설 전류를 흡수하여 접지(Ground)측으로 흘려주는 기능을 수행한다.
- [0092] 이러한 가드링부(230)가 구비되지 않으면 주 탐침부(220)에서 얻어진 전류 신호와 누설 전류 신호가 합쳐져서 신호 대 잡음 비(Signal-to-Noise Ratio, SNR)가 안 좋게 되는 문제가 발생된다.
- [0093] 보조 탐침부(240)는 주변 노이즈(Background Noise)가 유입될 수 있도록 소정 길이를 갖는 봉 형태의 전도성 물질로 이루어지는 바, 그 일단이 가드링부(230)의 내측을 관통하여 이온화 챔버(210) 내에 배치되어 있으며, 주 탐침부(220)와 일정간격으로 이격되도록 배치되어 있다.



- [0094] 한편, 보조 탐침부(240)의 길이는 주 탐침부(220)의 길이보다 짧게 이루어짐이 바람직하며, 이온화 챔버(210) 내에서 보조 탐침부(240)의 노출영역이 주 탐침부(220)의 노출영역보다 작게 배치됨이 바람직하다.
- [0095] 제1 및 제2 전치 증폭기(250a 및 250b)는 그 입력단이 주 탐침부(220) 및 보조 탐침부(240)에 각각 전기적으로 연결되어 있으며, 주 탐침부(220) 및 보조 탐침부(240)로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 일차 증폭하는 기능을 수행한다.
- [0096] 그리고, 차동 증폭기(260)는 제1 및 제2 전치 증폭기(250a 및 250b)의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전단자(-)에 전기적으로 연결되어 있으며, 제1 및 제2 전치 증폭기(250a 및 250b)로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차에 비례하여 증폭함으로써, 노이즈 신호를 효과적으로 상쇄시킴과 아울러 알파입자 검출신호를 출력할 수 있다.
- [0097] 즉, 차동 증폭기(260)를 통해 차동 증폭하게 되면, 주 탐침부(220) 및 보조 탐침부(240)를 통해 유입되는 동일한 위상을 갖는 노이즈를 효과적으로 상쇄시킬 수 있으며, 고감도 저잡음의 알파입자 검출신호를 정확하고 신속하게 얻을 수 있다.
- [0098] 도 3를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 적용된 다른 예의 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)은, 크게 이온화 챔버(210'), 탐침부(220'), 가드링부(230'), 노이즈 검출부(240'), 제1 및 제2 전치 증폭기(250a' 및 250b'), 및 차동 증폭기(260') 등을 포함하여 이루어진다.
- [0099] 여기서, 이온화 챔버(210')는 전도성 물질(Conductive Materials)로 된 원통형 상자구조로 이루어지는 바, 그 외주면 및/또는 바닥면에 공기 유입 및 배출을 위한 노즐(미도시)이 형성되어 있으며, 이온화 챔버(210')의 표면에 고전압의 바이어스 전원(10')을 인가하여 이온화 챔버(210') 내의 탐침부(220')와 이온화 챔버(210') 내부 표면 사이에 전기장울 형성시킴으로써 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 발생하는 이온 전류를 탐침부(220')로 흡수시킬 수 있다. 이러한 이온화 챔버(210')는 그 구성이 단순하고 저렴한 가격으로 구현할 수 있으며, 3차원적인 측정이 가능한 효과가 있다.
- [0100] 또한, 이온화 챔버(210')의 표면에 인가되는 고전압의 바이어스 전원(10')은 약 50V 내지 300V 범위(바람직하게, 50V 내지 150V 정도)의 안정적인 직류전압을 사용함으로써, 이온화 챔버(210') 내에서 알파 붕괴가 발생할 경우 효과적으로 추가적인 이온 전하가 발생할 수 있는 조건이 된다. 한편, 고전압의 바이어스 전원(10')에서 공급되는 전원(예컨대, 전압 또는 전류)은 측정범위 및 감도(sensitivity) 등에 따라 다양하게 변경하여 적용할 수 있다.
- [0101] 탐침부(220')는 이온화 챔버(210') 내에서 라돈(Radon, Rn-222) 및/또는 토론(Thoron, Rn-220) 핵종 등에 의한 알파( $\alpha$ ) 붕괴가 발생되었을 때 생겨난 이온 전하를 흡수할 수 있도록 기다란 봉 형태의 전도성 물질로 이루어지는 바, 그 일단이 이온화 챔버(210') 내에 배치되어 있으며, 이온화 챔버(210') 내에 유입된 공기에서 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 생성된 이온 전하를 흡수하는 기능을 수행한다.
- [0102] 이러한 탐침부(220')는 이온화 챔버(210') 내에 유입된 공기에서 라돈(Radon, Rn-222) 및/또는 토론(Thoron, Rn-220) 기체에 의한 알파( $\alpha$ ) 붕괴 시 생성된 알파입자를 검출하도록 구비됨이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 알파( $\alpha$ )입자를 방출하는 모든 방사성 기체를 검출하도록 구비될 수도 있다.
- [0103] 가드링부(230')는 원통형의 전도성 물질로 이루어지는 바, 그 내측으로 탐침부(220')가 관통되도록 이온화 챔버(210')의 타측에 결합되어 있으며, 이온화 챔버(210')와 탐침부(220') 사이에서 발생하는 누설 전류를 흡수하여 접지(Ground)측으로 흘려주는 기능을 수행한다.
- [0104] 노이즈 검출부(240')는 가드링부(230')와 접지(Ground) 사이에 전기적으로 연결되어 있으며, 가드링부(230')의 전위를 접지보다 약간 높게 유지하여, 이온화 챔버(210')와 탐침부(220') 사이에서 발생하는 직류(DC)형의 누설 전류를 접지(Ground)측으로 흘려 보내주고, 교류(AC)형의 노이즈를 검출하여 후술하는 제2 전치 증폭기(150b')로 출력하는 기능을 수행한다.
- [0105] 따라서, 본 발명의 다른 예에서는 전술한 일 예와는 달리 보조 탐침부(240)를 제거하고, 가드링부(230')를 이용하여 보조 탐침부(240)의 역할을 하도록 노이즈 검출부(240')를 설치한 점이 특징이며 구조적으로 일 실시예보다 간단하다는 장점이 있다.
- [0106] 이러한 노이즈 검출부(240')는 예컨대, 저항(Resistance), 콘덴서(Capacitor) 및 다이오드(Diode) 중 적어도 어느 하나의 능동 소자를 전기적으로 직렬, 병렬 또는 직렬과 병렬의 조합으로 연결되어 이루어짐이

바람직하다.

- [0107] 제1 및 제2 전치 증폭기(250a' 및 250b')는 그 입력단이 탐침부(220') 및 노이즈 검출부(240')의 출력단에 각각 전기적으로 연결되어 있으며, 탐침부(220') 및 노이즈 검출부(240')로부터 각각 입력된 전기적인 미세신호를 일정 크기로 일차 증폭하는 기능을 수행한다.
- [0108] 그리고, 차동 증폭기(260')는 제1 및 제2 전치 증폭기(250a' 및 250b')의 출력단이 각각 비반전 단자(+) 및 반전 단자(-)에 전기적으로 연결되어 있으며, 제1 및 제2 전치 증폭기(250a' 및 250b')로부터 각각 전치 증폭된 전기적인 신호의 전압차에 비례하여 증폭함으로써, 노이즈 신호를 효과적으로 상쇄시킴과 아울러 알파입자 검출신호를 출력할 수 있다.
- [0109] 즉, 차동 증폭기(260')를 통해 차동 증폭하게 되면, 탐침부(220') 및 노이즈 검출부(240')를 통해 유입되는 동일한 위상을 갖는 노이즈를 효과적으로 상쇄시킬 수 있으며, 고감도 저잡음의 알파입자 검출신호를 정확하고 신속하게 얻을 수 있다.
- [0110] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈의 전형적인 출력신호 파형을 오실로스코프로 측정된 결과 파형으로서, 본 발명의 구성요소들을 적용하였을 때 노이즈가 대폭 감소하여 알파입자 검출신호와 배경 노이즈 신호와의 차이, 즉 신호 대 노이즈 비가 매우 향상되었음(매우 큰 깨끗한 신호 파형-B)을 쉽게 알 수 있으며, 따라서 보다 정확히 알파 입자의 발생 빈도를 검출하는 효과가 있으며, 이는 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치에 적용한 결과이다.
- [0111] 그리고, 제어모듈(500)은 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치의 전반적인 제어를 수행하는 바, 마이크로 제어유닛(Micro Control Unit, MCU)으로 이루어짐이 바람직하며, 특히 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 각각 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하는 기능을 수행한다.
- [0112] 또한, 제어모듈(500)은 기 설정된 측정시간(예컨대, 10분, 30분, 1시간 등)동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 방사선 농도 값을 각각 산출하는 기능을 수행한다.
- [0113] 이때, 상기 기 설정된 측정시간은 약 10분 내지 60분 범위의 시간으로 이루어짐이 바람직하다.
- [0114] 또한, 제어모듈(500)은 제1 센서모듈(200)로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간(예컨대, 10분, 30분, 1시간 등)동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제1 방사선 농도 값을 산출하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0115] 또한, 제어모듈(500)은 제2 센서모듈(400)로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하고, 기 설정된 측정시간(예컨대, 10분, 30분, 1시간 등)동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제2 방사선 농도 값을 산출하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0116] 또한, 제어모듈(500)은 상기 산출된 제1 방사선 농도 값에서 상기 산출된 제2 방사선 농도 값의 차이를 계산하여 제3 방사선 농도 값을 산출하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0117] 또한, 제어모듈(500)은 상기 산출된 제2 방사선 농도 값을 라돈 농도 값으로 디스플레이 화면 즉, 표시모듈(700)에 표시되도록 제어함과 아울러 상기 산출된 제3 방사선 농도 값을 토론 농도 값으로 디스플레이 화면 즉, 표시모듈(700)에 표시되도록 제어하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0118] 여기에 설명되는 다양한 실시예는 예를 들어, 소프트웨어, 하드웨어 또는 이들의 조합된 것을 이용하여 컴퓨터 또는 이와 유사한 장치로 읽을 수 있는 기록매체 내에서 구현될 수 있다.
- [0119] 하드웨어적인 구현에 의하면, 여기에 설명되는 실시예는 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs (digital signal processors), DSPDs (digital signal processing devices), PLDs (programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 프로세서(processors), 제어기(controllers), 마이크로 콘

트roller(micro-controllers), 마이크로 프로세서(microprocessors), 기능 수행을 위한 전기적인 유닛 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다. 일부의 경우에 그러한 실시예들이 제어모듈(500)에 의해 구현될 수 있다.

- [0120] 소프트웨어적인 구현에 의하면, 절차나 기능과 같은 실시예들은 적어도 하나의 기능 또는 작동을 수행하게 하는 별개의 소프트웨어 모듈과 함께 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 적절한 프로그램 언어로 쓰여진 소프트웨어 어플리케이션에 의해 구현될 수 있다. 또한, 소프트웨어 코드는 저장모듈(800)에 저장되고, 제어모듈(500)에 의해 실행될 수 있다.
- [0121] 전원공급모듈(600)은 각 모듈 즉, 공기 유입용 펌프(100), 제1 센서모듈(200), 공기유입 지연모듈(300), 제2 센서모듈(400), 제어모듈(500), 표시모듈(700), 저장모듈(800), 음성출력모듈(900), 및/또는 통신모듈(950) 등에 필요한 전원을 공급하는 기능을 수행하는 바, 계속적인 전원 공급을 위해 상용 교류(AC) 전원(예컨대, AC 220 V)을 직류(DC) 전원으로 변환되도록 구현됨이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 통상의 휴대용 배터리로(Battery) 구현할 수도 있다.
- [0122] 또한, 전원공급모듈(600)은 제어모듈(500)의 제어에 의해 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)에 구비된 바이어스 전원(10, 10')에 필요한 전원을 공급할 수도 있다.
- [0123] 추가적으로, 표시모듈(700)은 제어모듈(500)의 제어에 의해 상기 산출된 제1 내지 제3 방사선 농도 값을 비롯하여 장치의 각종 상태(예컨대, 각종 센서들을 비롯한 구성요소들의 고장 유무, 경보 등) 등을 화면에 표시하도록 구성될 수 있다.
- [0124] 이러한 표시모듈(700)은 예컨대, 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display, LCD), 발광다이오드 디스플레이(Light Emitting Diode, LED), 박막 트랜지스터 액정 디스플레이(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display, TFT LCD), 유기 발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode, OLED), 플렉시블 디스플레이(Flexible Display), 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel, PDP), 표면 얼터네이트 라이팅(ALiS), 디지털 광원 처리(DLP), 실리콘 액정(LCoS), 표면 전도형 전자방출소자 디스플레이(SED), 전계방출 디스플레이(FED), 레이저 TV(양자 점 레이저, 액정 레이저), 광유전성 액체 디스플레이(FLD), 간접계 변조기 디스플레이(iMoD), 두꺼운 필름 유전체 전기(TDEL), 양자점 디스플레이(QD-LED), 텔레스코픽 픽셀 디스플레이(TPD), 유기발광 트랜지스터(OLET), 레이저 형광 디스플레이(LPD), 3차원 디스플레이(3D display) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니고 숫자, 문자 또는 도형 등을 디스플레이(Display)할 수 있는 것이라면, 어떠한 것이라도 포함할 수 있다.
- [0125] 더욱이, 저장모듈(800)은 상기 산출된 제1 내지 제3 방사선 농도 값을 비롯하여 장치의 각종 상태정보데이터(예컨대, 각종 센서들을 비롯한 구성요소들의 고장 유무, 경보 정보데이터 등) 등을 일별 및/또는 요일별 및/또는 주별 및/또는 월별 및/또는 분기별 및/또는 년별로 데이터베이스(DB)화하여 저장하는 기능을 수행한다.
- [0126] 이러한 저장모듈(800)은 예컨대, 플래시 메모리 타입(Flash Memory type), 하드디스크 타입(Hard Disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(Multimedia Card Micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램(Random Access Memory, RAM), SRAM(Static Random Access Memory), 롬(Read-Only Memory, ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.
- [0127] 또한, 음성출력모듈(900)은 제어모듈(500)의 제어에 따라 상기 산출된 제1 내지 제3 방사선 농도 값을 비롯하여 장치의 각종 상태정보데이터(예컨대, 각종 센서들을 비롯한 구성요소들의 고장 유무, 경보 정보데이터 등) 등을 사용자가 청각적으로 들을 수 있도록 음성으로 출력하는 기능을 수행한다.
- [0128] 이러한 음성출력모듈(900)은 통상의 스피커(Speaker)로 구현됨이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 이어폰 또는 헤드폰을 통해 사용자가 청취할 수 있도록 음성 증폭회로를 비롯한 연결 잭 등으로 구현될 수도 있다.
- [0129] 또한, 통신모듈(950)은 제어모듈(500)의 제어에 따라 상기 산출된 제1 내지 제3 방사선 농도 값을 비롯하여 장치의 각종 상태정보데이터(예컨대, 각종 센서들을 비롯한 구성요소들의 고장 유무, 경보 정보데이터 등) 등을 통신망(20)을 통해 외부의 사용자 단말(30)로 전송하는 기능을 수행한다.
- [0130] 이때, 통신망(20)은 예컨대, 근거리 통신(예컨대, 블루투스(Bluetooth) 통신, 지그비(ZigBee) 통신, UWB(Ultra Wideband) 통신, RFID(Radio Frequency Identification) 통신 또는 적외선(IR) 통신 등), 이더넷(Ethernet) 또는 이동 통신망 등으로 이루어질 수 있으며, 대용량, 장거리 음성 및 데이터 서비스가 가능한 대형 통신망의 고속 기간 망인 통신망일 수도 있으며, 인터넷(Internet) 또는 고속의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 와이파

이(WiFi), 와이브로(Wibro), 와이맥스(Wimax) 등을 포함하는 차세대 무선망일 수도 있다.

- [0131] 상기 인터넷은 TCP/IP 프로토콜 및 그 상위계층에 존재하는 여러 서비스, 즉 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol), Telnet, FTP(File Transfer Protocol), DNS(Domain Name System), SMTP(Simple Mail Transfer Protocol), SNMP(Simple Network Management Protocol), NFS(Network File Service), NIS(Network Information Service) 등을 제공하는 전 세계적인 개방형 컴퓨터 네트워크 구조를 의미하며, 사용자 단말(30)이 통신모듈(950)에 접속될 수 있게 하는 환경을 제공한다. 한편, 상기 인터넷은 유선 또는 무선 인터넷일 수도 있고, 이외에도 유선 공중망, 무선 이동 통신망, 또는 휴대 인터넷 등과 통합된 코어망 일 수도 있다.
- [0132] 만약, 통신망(20)이 이동 통신망일 경우 동기식 이동 통신망일 수도 있고, 비동기식 이동 통신망일 수도 있다. 상기 비동기식 이동 통신망의 실시 예로서, WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 방식의 통신망을 들 수 있다. 이 경우 도면에 도시되진 않았지만, 상기 이동 통신망은 예컨대, RNC(Radio Network Controller) 등을 포함할 수 있다. 한편, 상기 WCDMA망을 일 예로 들었지만, 3G LTE망, 4G망, 5G망 등 차세대 통신망, 그 밖의 IP를 기반으로 한 IP 망일 수 있다. 이러한 통신망(20)은 사용자 단말(30)과 통신모듈(950) 상호 간의 신호 및 데이터를 상호 전달하는 역할을 수행한다.
- [0133] 이때, 외부의 사용자 단말(30)은 기 설치된 라돈 및 토론 검출관련 어플리케이션 서비스를 통해 통신모듈(950)로부터 전송된 제1 내지 제3 방사선 농도 값을 비롯하여 장치의 각종 상태정보데이터(예컨대, 각종 센서들을 비롯한 구성요소들의 고장 유무, 경보 정보데이터 등) 등을 제공받아 이를 기반으로 해당 사용자가 시각적으로 볼 수 있도록 텍스트 및/또는 그래프 형태로 해당 사용자 단말(30)의 디스플레이 화면에 표시하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0134] 한편, 본 발명의 일 실시예에 적용된 사용자 단말(30)은 무선 인터넷 또는 휴대 인터넷을 통하여 통신하는 스마트폰(Smart Phone), 스마트 패드(Smart Pad) 또는 스마트 노트(Smart Note) 중 적어도 어느 하나의 이동 단말 장치로 이루어짐이 바람직하며, 이외에도 개인용 PC, 노트북 PC, 팜(Palm) PC, 모바일 게임기(Mobile play-station), 통신 기능이 있는 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)폰, 태블릿 PC, 아이패드(iPad) 등 통신모듈(950)에 접속하기 위한 사용자 인터페이스를 갖는 모든 유무선 가전/통신 장치를 포괄적으로 의미할 수 있다.
- [0135] 진술한 본 발명의 일 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는, 지속적으로 가동되는 공기 유입용 펌프(100)를 통해 유입된 공기는 두 가지 경로를 통해 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)로 전달되는 데, 이때 제1 센서모듈(200)에는 일반적인 제1 가스배관(L1)만을 통하여 통상 약 5초 이내로 빠르게 전달되고, 제2 센서모듈(400)에는 제2 가스배관(L2)에 공기유입 지연모듈(300, 300')를 삽입하여 통상 약 5분 이상 지연되어 전달되도록 한다.
- [0136] 이렇게 하면 제1 센서모듈(200)에는 유입된 공기 중의 라돈과 토론이 모두 손실이 거의 없이 도달되지만, 제2 센서모듈(400)에는 주로 라돈만 도달된다. 그 이유는 두 방사성 기체의 반감기 차이로부터 비롯된다.
- [0137] 즉, 라돈은 반감기가 약 3.8일 이고, 토론은 반감기가 약 56초 이므로 공기유입 지연모듈(300, 300')을 약 5분 이상 거치는 동안 토론의 양은 약 1/32 이하로 감소되기 때문이다.
- [0138] 따라서, 제1 센서모듈(200)에서는 라돈과 토론의 알파붕괴 신호가 모두 출력되어 제어모듈(500)로 전달되는 반면, 제2 센서모듈(400)에서는 주로 라돈만의 알파붕괴 신호 즉, 알파입자 검출신호가 출력되어 제어모듈(500)로 전달된다.
- [0139] 한편, 라돈과 토론의 농도는 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)의 시간당 신호 출력 횟수에 비례하므로, 제어모듈(500)에서는 제1 센서모듈(200)의 신호로부터 라돈 및 토론의 농도 값을, 제2 센서모듈(400)의 신호로부터는 라돈만의 농도 값을 알 수 있으므로 두 농도 값의 차이를 구하면 라돈과 토론의 농도 값을 각각 동시에 알 수 있다.
- [0140] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치를 설명하기 위한 전체적인 블록 구성도이다.
- [0141] 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는, 크게 공기 유입용 펌프(100'), 센서모듈(200'), 공기 개폐용 밸브(300'), 제어모듈(400'), 및 전원공급모듈(500') 등을 포함하여 이루어진다. 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는 표시모듈(600'), 저장모듈(700'), 음성출력모듈(800'), 및/또는 통신모듈(900') 등을 더 포함할 수 있다. 한편, 도 7에 도시된 구성요소들이 필수적인 것은 아니어서, 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및



토론 측정장치는 그보다 많은 구성요소들을 갖거나 그보다 적은 구성요소들을 가질 수도 있다.

- [0142] 이하, 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치의 구성요소들에 대해 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.
- [0143] 공기 유입용 펌프(100')는 외부의 공기를 유입하여 일정 길이를 갖는 제1 가스배관(L1')으로 전달하는 기능을 수행한다.
- [0144] 이러한 공기 유입용 펌프(100')는 전술한 본 발명의 일 실시예에서와 마찬가지로 유량이 약 0.5lpm~1.5lpm 사이의 저소음 고내구성의 소형 공기유입 펌프로 이루어짐이 바람직하지만, 이에 국한하지 않고, 외부의 공기를 유입하여 적어도 하나의 경로로 배출할 수 있는 공기 펌프라면 모두 적용 가능하다.
- [0145] 센서모듈(200')은 공기 유입용 펌프(100')로부터 유입된 공기를 제1 가스배관(L1')을 통해 전달받아 일정 길이를 갖는 제2 가스배관(L2')으로 출력되도록 구비되어 있으며, 일정 크기의 이온화 챔버 내로 제1 가스배관(L1')을 통해 유입된 공기 중에 포함된 라돈 및/또는 토론에서 방출되는 알파( $\alpha$ )입자를 검출하여 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 출력하는 기능을 수행한다.
- [0146] 이러한 센서모듈(200')은 전술한 본 발명의 일 실시예에 적용된 제1 및 제2 센서모듈(200 및 400)과 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 전술한 본 발명의 일 실시예의 상세한 설명을 참고하기로 한다(도 2 내지 도 4 참조).
- [0147] 공기 개폐용 밸브(300')는 외부의 제어신호 즉, 제어모듈(400')로부터 출력된 제어신호에 의한 개폐동작에 따라 제2 가스배관(L2')을 통해 전달된 공기가 외부로 배출 또는 차단되도록 제2 가스배관(L2') 상에 설치되어 있다.
- [0148] 그리고, 제어모듈(400')은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치의 전반적인 제어를 수행하는 바, 마이크로 제어유닛(Micro Control Unit, MCU)으로 이루어짐이 바람직하며, 특히 공기 개폐용 밸브(300')가 개방되도록 제어신호를 출력함과 동시에 공기 유입용 펌프(100')가 일정 구동시간(바람직하게, 약 10분 내지 60분 정도)동안 가동되도록 제어신호를 출력한 후, 센서모듈(200')로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하는 기능을 수행한다.
- [0149] 또한, 제어모듈(400')은 기 설정된 측정시간(바람직하게, 약 10분 내지 60분 정도)동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제1 방사선 농도 값을 산출하는 기능을 수행한다.
- [0150] 또한, 제어모듈(400')은 공기 유입용 펌프(100')가 일정 구동시간동안 가동된 후 공기 유입용 펌프(100')가 정지되도록 제어신호를 출력함과 동시에 공기 개폐용 밸브(300')가 폐쇄되도록 제어신호를 출력하고, 기 설정된 대기시간(바람직하게, 약 5분 내지 10분 정도)동안 기다린 후 센서모듈(200')로부터 출력된 전기적 신호의 알파입자 검출신호를 실시간으로 제공받아 기 저장된 외부 노이즈 신호 유형에 따른 신호패턴 정보데이터와 파형을 비교 분석하여 정상 또는 비정상 알파입자 검출신호를 구별하는 기능을 수행한다.
- [0151] 또한, 제어모듈(400')은 기 설정된 측정시간동안 구별된 정상 알파입자 검출신호를 카운트하며, 카운트된 정상 알파입자 검출신호의 횟수를 기반으로 제2 방사선 농도 값을 산출하는 기능을 수행한다.
- [0152] 또한, 제어모듈(400')은 상기 산출된 제1 방사선 농도 값에서 상기 산출된 제2 방사선 농도 값의 차이를 계산하여 제3 방사선 농도 값을 산출하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0153] 또한, 제어모듈(400')은 상기 산출된 제2 방사선 농도 값을 라돈 농도 값으로 디스플레이 화면 즉, 표시모듈(600')에 표시되도록 제어함과 아울러 상기 산출된 제3 방사선 농도 값을 토론 농도 값으로 디스플레이 화면 즉, 표시모듈(600')에 표시되도록 제어하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0154] 그리고, 전원공급모듈(500'), 표시모듈(600'), 저장모듈(700'), 음성출력모듈(800'), 및 통신모듈(900')은 전술한 본 발명의 일 실시예에 적용된 전원공급모듈(600), 표시모듈(700), 저장모듈(800), 음성출력모듈(900), 및 통신모듈(950)과 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 전술한 본 발명의 일 실시예의 상세한 설명을 참고하기로 한다(도 1 참조).
- [0155] 전술한 본 발명의 다른 실시예에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치는, 전술한 본 발명의 일 실시예(도 1 참조)와의 차이점은 공기유입 지연모듈(300) 없이 공기 개폐용 밸브(300')를 사용한다는 것과 센서모듈(200')을 한 개만 사용한다는 것, 그리고 제어모듈(400')에서 공기 유입용 펌프(100')와 공기 개폐용 밸브

(300')의 구동을 제어한다는 점이다.

[0156] 전술한 본 발명의 일 실시예에서는 라돈과 토론을 동시에 측정할 수 있었으나, 본 발명의 다른 실시예에서는 순차적으로 측정한다. 먼저, 공기 개폐용 밸브(300')를 열고 공기 유입용 펌프(100')를 일정 구동시간 예컨대, 약 10분 내지 60분동안 지속적으로 가동하여 센서모듈(200')로 외부 공기를 통과시키면서 센서모듈(200')에서 측정되는 알파붕괴 신호 즉, 알파입자 검출신호를 제어모듈(400')로 입력하여 라돈 및 토론의 농도 값을 먼저 측정한다.

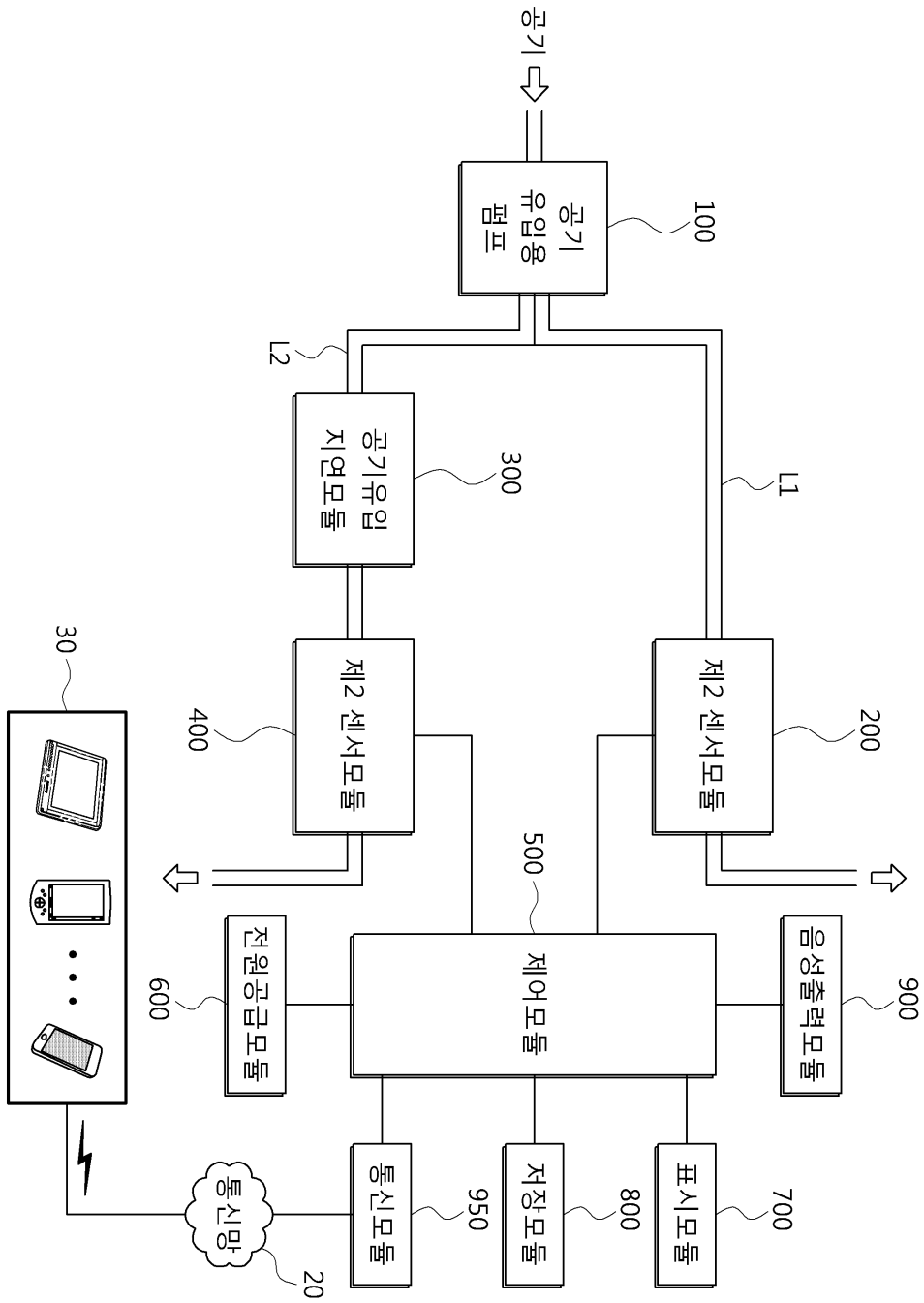
[0157] 이후에, 공기 유입용 펌프(100')를 정지시킴과 동시에 공기 개폐용 밸브(300')를 닫고 약 5분 이상 기다려서 토론의 짧은 반감기를 이용하여, 그 농도를 약 1/32 이하로 감소시킨 후 공기 유입용 펌프(100')를 일정 구동시간과 동일한 시간 예컨대, 약 10분 내지 60분동안 센서모듈(200')에서 측정되는 알파붕괴 신호 즉, 알파입자 검출신호를 제어모듈(400')로 입력하여 라돈만의 농도 값을 측정한다. 역시 두 측정 결과로부터 라돈과 토론의 농도 값을 각각 알 수 있다.

[0158] 전술한 본 발명에 따른 이온화 챔버를 이용한 라돈 및 토론 측정장치에 대한 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명에 속한다.

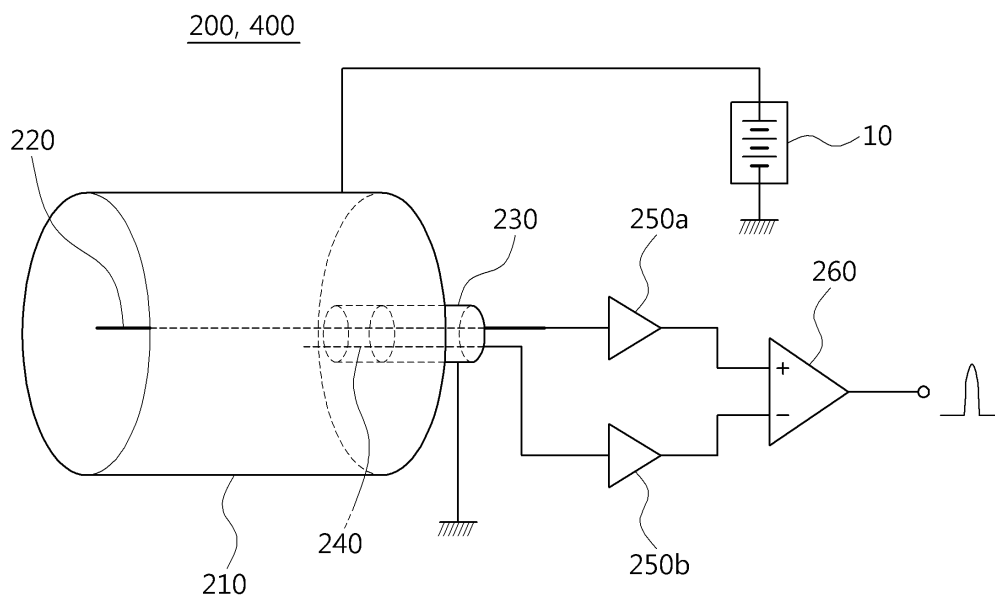
### 부호의 설명

- [0159] 100 : 공기 유입용 펌프,  
 200 : 제1 센서모듈,  
 300 : 공기유입 지연모듈,  
 400 : 제2 센서모듈,  
 500 : 제어모듈,  
 600 : 전원공급모듈,  
 700 : 표시모듈,  
 800 : 저장모듈.  
 900 : 음성출력모듈.  
 950 : 통신모듈

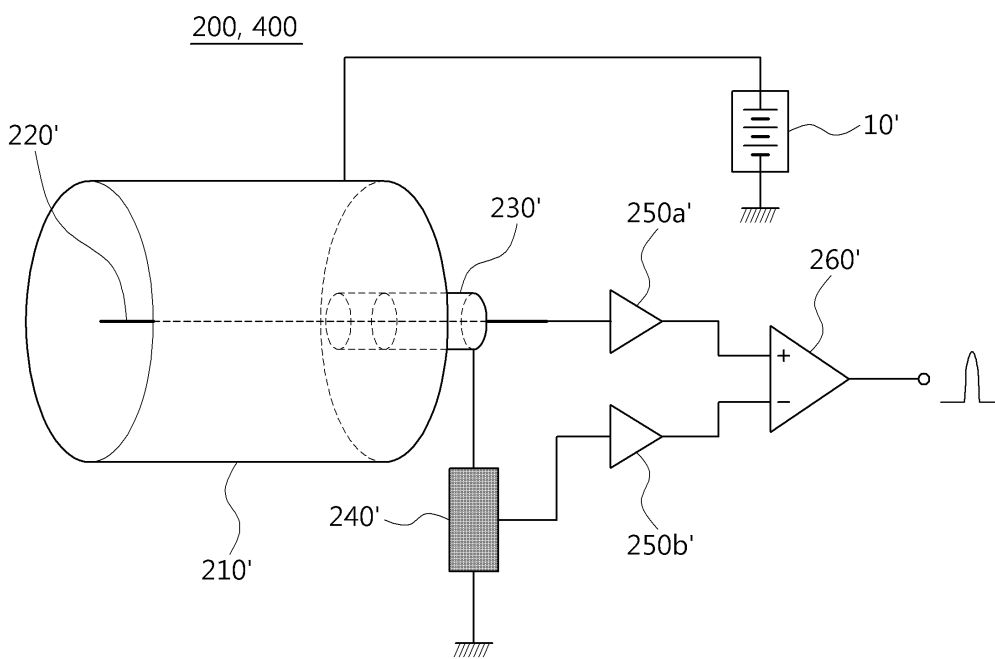
도면  
도면1



도면2

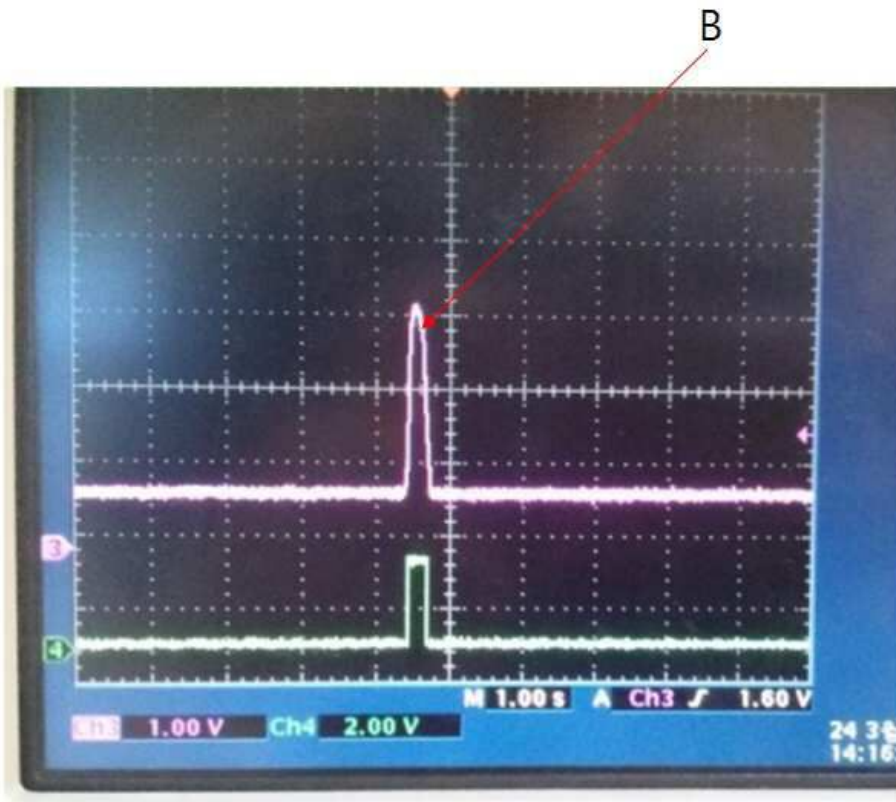


도면3

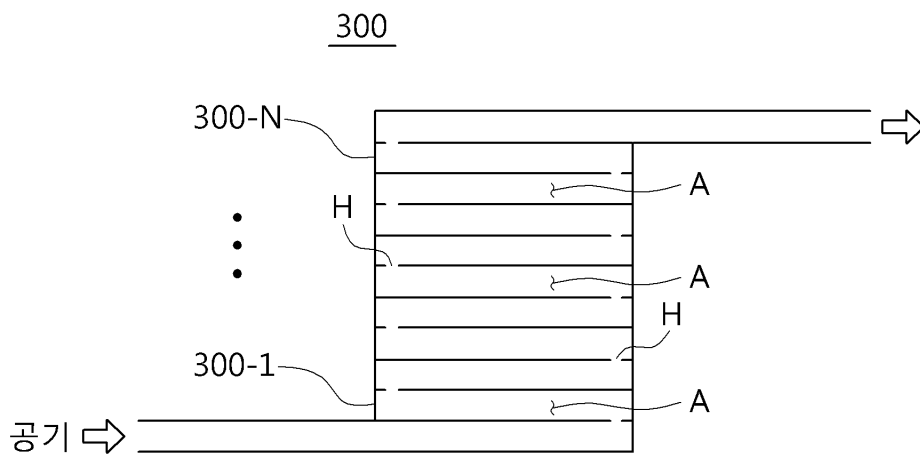




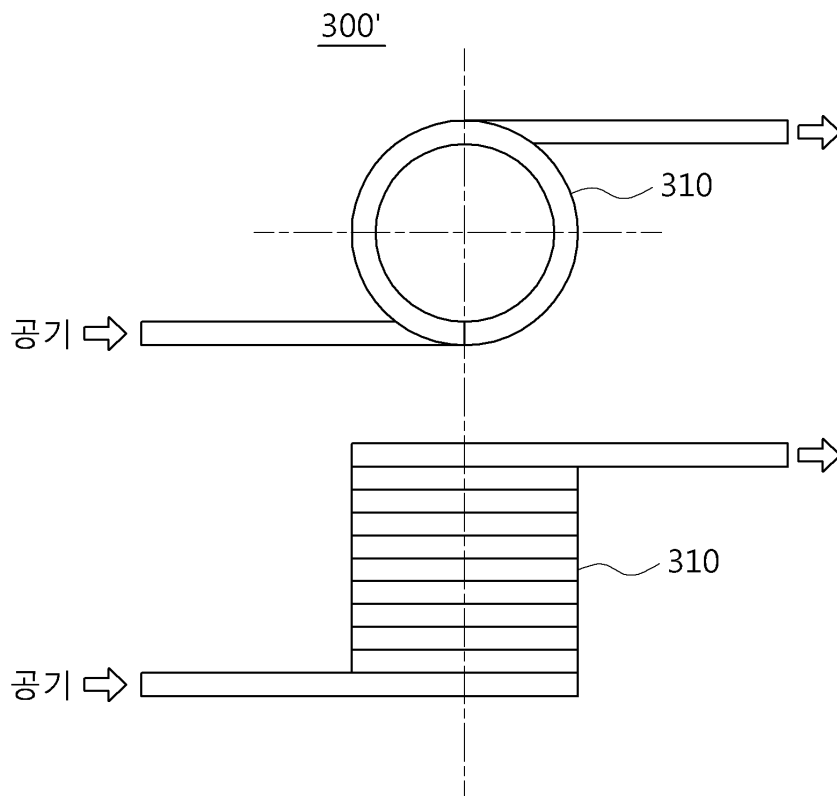
도면4



도면5



도면6



도면7

