(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0070417
(43) 공개일자 2009년07월01일

(51) Int. Cl.
G01N 33/49 (2006.01) *G01N 33/48* (2006.01)
G01N 27/26 (2006.01) *G01N 27/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0138426
(22) 출원일자 2007년12월27일
심사청구일자 2007년12월27일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
김해동
서울 동대문구 휘경동 주공아파트 112-404

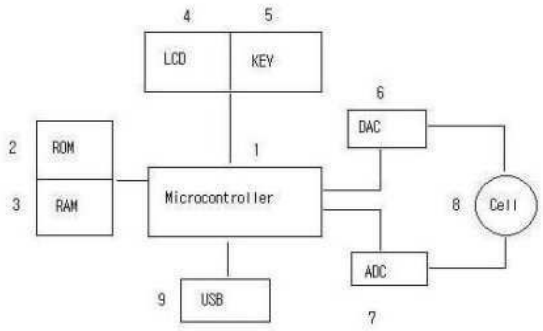
전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 휴대용 혈중 납 분석기기

(57) 요 약

본 발명은 전기화학 반응을 이용하여 인체의 순환기 혈중에 존재하는 납 함량을 간편하게 분석할 수 있는 휴대용 납 분석기기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 은 보조전극, 금 작업전극, Ag-AgCl 기준전극으로 이루어진 일회용 전기화학 센서와 전기화학 센서에 연결된 전류전압기를 (potentiostat) 사용하여 혈액 시료 중에 존재하는 납이 환원반응을 하도록 전극의 전압을 유지시켜 주면서, 혈중 납 농도에 비례하여 흐르는 전류를 측정하여 혈중 납 함유량을 검사할 수 있는 장치에 관한 것이다. 본 발명에서 제공하는 휴대용 소형 납 분석기기는 인체로부터 채혈한 한 방울의 혈액 시료를 사용하여 누구나 간편하게 인체 내 납 함유량을 신속하게 측정할 수 있게 함으로서 납중독 위험성이 있는 열악한 작업환경에서 일하는 근로자나 납을 함유한 저질의 장난감에 의하여 쉽게 납에 노출되고 있는 어린이들의 납중독 여부를 현장에서 즉시 검사하여 판단할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

인체의 혈중 납 함유량을 측정할 수 있는 휴대용 납 분석기기에 있어서, 전면에 측정치를 나타내는 소형 LCD와 Key, 그리고 탈부착이 가능한 일회용 전기화학 셀을 연결하기 위한 전극 연결단자, 분석기기의 내부 메모리에 저장된 데이타를 PC 로 전송하기 위한 USB 포트를 구비하고 있는 휴대용 혈중 납 분석기기.

청구항 2

제 1 항에 있어서 일회용 전기화학 셀은 플라스틱 기판위에 실크 인쇄된 두 개의 금전극과 가운데 Ag-AgCl 로 만들어진 기준전극으로 이루어져 있으며, 사용시 전기화학 셀을 측정기기의 전극 연결단자에 사용하는 것을 특징으로 하는 휴대용 혈중 납 분석기기.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 전기화학적인 방법에 의하여 인체의 혈중 납 함유량을 측정할 수 있는 분석기기에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 납은 여러 산업분야에서 광범위하게 사용되고 있으나 납은 인체의 건강과 환경오염 측면에서 규제하고 있는 대표적인 중금속이다. 그 이유는 납이 인체에 흡수되면 다시 체외로 배출되지 않고 축적되어 인체 내 여러 생리대사 반응에 부정적인 영향을 미치는 역할을 하기 때문이다. 납은 낮은 녹는점, 고밀도, 공기와 물속에서 약한 화학적 반응성등 물리화학적인 성질이 여러 산업용품에 사용이 쉽기 때문에 아직도 다양하게 사용되고 있다. 이러한 납 중독은 두통과 어지러움증을 유발하고, 심장과 콩팥, 그리고 신경계 등에 심각한 위험을 초래할 수 있으며, 특히 어린이들의 납중독 위험성은 매우 심각하다. 납중독에 대한 일반인들의 이해가 높아지고 산업용 여러 가지 제품에서 납을 줄이거나 제거하는 많은 노력이 있었지만 여전히 납 중독에 대한 위험은 사라지지 않고 있는 실정이다. 여러 가지 납 중독의 요인 중 주요 원인은 오래된 건축물에 이미 사용되고 있는 납을 함유한 페인트, 오염된 토양과 물, 그리고 직업적으로 납에 노출되기 쉬운 열악한 작업환경 등이다.
따라서, 여러 나라에서는 직업적으로 납에 노출되기 쉬운 노동자, 어린이들을 대상으로 주기적인 납중독 여부를 검사하고 있으며, 혈중 납 함유량이 성인은 25 ㎍/㎗ 초과시, 어린이는 10 ㎍/㎗ 초과시 신체에 중대한 위험으로 간주하여 즉시 체계적인 관리를 하고 있다.

<3> 미량의 중금속을 분석하는 가장 일반적인 방법은 원자 분광법 (atomic spectrometry)을 사용하는 것이다. 즉, 원자상태의 금속시료가 빛을 흡수하는 정도를 측정하는 원자흡수 분광법 (atomic absorption spectrometry, AAS), 혹은 금속원자가 빛 에너지를 흡수한 다음 바닥상태로 떨어질 때 방출하는 빛을 측정하는 원자방출 분광법 (atomic emission spectrometry, AES)을 이용하여 시료 중에 존재하는 미량의 금속을 정량분석 한다. 그러나 상기한 원자 분광법은 분석장비가 매우 고가일 뿐만 아니라 사용법이 매우 어렵고 유지관리비가 많이 들어 일반 병원이나 개인이 쉽게 사용할 수 없다. 다른 방법은 납과 결합하는 화합물의 화학적 반응과정을 적정반응으로 측정하는 것이다. 그러나 이러한 방법도 적정장치와 적정의 종말점을 찾기 위한 검출기 등이 필요하므로 일반적인 소규모 병원에서 손쉽게 사용할 수 있는 방법이 아니다. 극미량 금속의 정밀한 분석에 사용되는 질량분석기 (mass spectrometer)와 레이저를 이용하여 금속을 이온화시키는 방법도 있으나 이방법 역시 사용법이 어렵고, 고가이며, 유지관리가 쉽지않기 때문에 일반 병원에서 사용하기에 부적절하다. X-ray 를 이용한 X-Ray 형광분석법 (XRF) 방법도 있으나 상기한 여러 방법들과 마찬가지로 사용이 용이하지 않다. 따라서 기존의 금속들을 분석하는 장치와 방법들은 일반 병원에서 간편하게 사용할 수 있는 장치가 아니므로 저가이며, 신속하고, 간편하며, 누구나 쉽게 인체의 혈중 납을 분석할 수 있는 장치가 요구되고 있다.

<4> 시료중에 존재하는 중금속들을 분석하는 또 다른 방법은 전기화학적인 방법이다. 대부분의 중금속들은 용액중에 존재시 전기화학 반응을 할 수 있다. 즉, 다양한 귀금속 전극을 사용하여 용액중에 녹아 있는 납을 산화 혹은 환원반응을 시킬 수 있다. 이러한 전기화학적인 산화-환원 반응은 전자의 이동이 수반되므로 전류를 발생시킨다. 따라서, 납의 산화-환원 과정에 흐르는 전류를 측정하여 용액 중에 존재하는 납의 농도를 알 수 있다.

또한, 여러 가지 금속들은 각각 서로 다른 일정 전위에서 (표준 환원전위) 산화-환원 반응을 하므로 전극의 전위를 변화시켜 특정 금속만을 전기화학 반응을 시킬 수 있다. 현재 사용되고 있는 여러 가지 전기화학적인 중금속 분석방법 중 음극 벗김분석 (anodic stripping voltammetry)법은 실험실에서 미량의 중금속을 분석하는데 유용하게 사용되고 있다. 일반적으로 음극 벗김분석법은 수은 전극을 사용하며, 수은 전극에 납이 환원될 수 있는 전위를 걸어주고 용액중에 이온으로 녹아있는 납 이온이 수은 전극으로부터 전자를 공급받아 수은전극에 금속 아말감으로 환원되도록 한다. 수은 전극에 납의 환원 전위를 오래 유지하고 있으면 그 시간 동안에 계속하여 용액중에 존재하는 납이 수은전극에 농축되어 납의 농도가 증가하게 되며, 농축단계가 끝나면 다시 수은 전극에 납의 산화전위를 걸어 일시에 수은전극에 농축된 납을 산화시키므로 큰 신호가 발생하게 되어 극미량으로 존재하는 금속이온의 분석에 매우 유용한 방법이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<5> 중금속을 분석하는 기존의 분석장비는 고가이며, 사용이 복잡하고, 유지관리가 어려워 일반 병원이나 개인이 사용하기에 어려움이 많다. 본 발명에서는 전기화학적인 원리에 바탕을 둔 납 분석기기를 사용하여 인체의 혈중에 존재하는 납을 간편하게, 빠른 시간에 분석할 수 있는 저가의 휴대용 납 분석기기를 제공하여, 일반병원이나 개인이 쉽게, 즉석에서 각 개인의 혈중 납 함유량을 측정하여 납중독 여부를 판단할 수 있도록 하는데 본 발명의 목적이 있다.

과제 해결수단

<6> 인체의 혈중에 존재하는 납을 간편하게 측정할 수 있는 휴대용 납 분석기기를 구현하기 위하여 본 발명에서는 도 1 에 제시한 바와 같은 측정시스템을 구성하였다. 측정의 전 과정은 탑재된 8 비트 마이트로컨트롤러 (1)에 의하여 제어되도록 하였으며, 운용프로그램과 데이타는 64K 크기의 Flash ROM (2) 과 SRAM (3) 을 사용하였다. 또한, 사용자가 측정기기를 작동하고 그 결과를 표시하기 위한 사용자 인터페이스는 소형 LCD (4)와 Key (5)를 사용하였다. 전기화학 반응을 위한 전극신호는 12-bit Digital-to-analog converter (DAC) (6)를 사용하여 탈착식 전기화학 셀 (8)에 납이 전기화학 반응을 할 수 있는 전압을 가하고, 전극에서 납이 전기화학 반응을 하여 흐르게 되는 전류는 전압신호로 변환 시킨후 12-bit Analog-to-digital converter (ADC)에 의하여 마이크로컨트롤러(1)가 측정하도록 하였다.

<7> 혈액시료와 접촉하여 혈액 중에 녹아 있는 납과 전기화학 반응을 하는 전기화학 셀은 탈부착이 가능한 일회용으로서 도 2 에 도시한 바와 같이 3 개의 독립적인 금속전극으로 이루어진다. 즉, 가운데에 있는 Ag-AgCl 기준전극 (11), 양쪽에 금으로 만들어진 보조전극 (10)과 작업전극으로 이루어져 있으며, 3개의 전극은 플라스틱 기판 (15) 위에 실크스크린을 사용하여 인쇄되어 있다. 상기 전기화학 셀 (8)은 일회용으로 밀폐된 별도 용기에 보관하다가 사용시 혈액시료 한 방울을 전극 위에 점적한 후 납 분석기기의 전극 연결단자 (17)에 연결하여 사용하도록 하였다. 전기화학 셀을 일회용으로 제작한 이유는 전극은 매번 사용시 혈액 시료 중에 녹아 있던 여러 금속들이 전극에 환원되어 석출하게 되며, 이에 따라 전극이 오염되기 쉽기 때문에 반복하여 사용시 측정치의 정밀도가 나빠지게 된다. 또한, 측정을 하는 여러 사람들 중에는 다양한 종류의 약품, 식품들을 섭취하거나 질병등에 의하여 오염된 혈액을 측정에 사용할 수 있기 때문에 이로 인한 오차를 줄이고 위생상 청결을 유지하기 위하여 일회용으로 제작하였다. 일회용 전기화학 셀의 표면은 플라스틱 기판 (15) 위에 금속 전극층 (14)이 있고, 그 위에 얇은 천 (13)으로 덮여 있으며, 이는 전기화학 반응을 원할하게 하기 위한 전해질을 함유하고, 또한 혈액시료를 점적할 때 혈액이 천에 충분히 젖은 상태로 온전하게 접촉하기 위함이다.

<8> 본 발명에 의하여 제작된 혈중 납 분석기기는 전기화학에 대한 지식이 전혀 없는 사람이라도 손쉽게 즉시 사용할 수 있으며, 건전지를 사용하기 때문에 간편하게 휴대가 가능하도록 하여 조그만 일반 병원이나 직장 혹은 보건소등에서 즉시 사용할 수 있다. 본 발명에 의하여 개발된 납 분석기기는 도 3에 도시한 바와 같이 측정치를 보이기 위한 소형 LCD (16)와 4개의 key, 그리고 전극 연결단자 (17)와 PC에 연결하여 저장된 데이타를 다운로드 하기 위한 USB 단자 (18)를 가지고 있다. 현장에서 여러 사람을 대상으로 측정된 데이타는 납 분석기기 내부에 있는 비휘발성 Flash 메모리에 최대 500 명의 측정 데이타를 저장할 수 있으며, 내장된 USB 포트를 통하여 PC 에 연결되어 데이타를 PC 로 전송할 수 있어 매우 편리하다. 본 발명에 의하여 개발된 납 분석기기의 사용방법은 먼저 밀폐된 용기에 잘 보관된 전기화학 셀위에 전해질 용액 한방울과 채취한 혈액 한방울을 점적한 후 측정기기의 전극연결 단자에 연결한다. 측정기기의 전원 버튼을 눌러 전원이 켜진 상태에서 측정버튼을 누르면 전극에서 자동으로 혈액시료가 점적된 전극 셀에서 전기화학 반응이 일어나며, 혈중 납 농도에 비례하

는 전류가 측정되어 혈중 납 농도 (ug/dL)가 LCD 창에 나타난다. 필요시 데이타를 측정기기 내부에 저장하고 싶을 때는 저장버튼을 누르면 되며, 저장된 데이타는 USB 포트를 통하여 PC 로 다운로드 할 수 있다.

효 과

<9> 본 발명에 의하여 개발된 인체의 혈중 납 분석기기는 건전지로 작동하는 소형으로 휴대가 가능하며, 저가의 장비로서 전기화학이나 의학적인 지식이 전혀 없는 사람들도 현장에서 손쉽게, 간편하게, 즉석에서 신속하게 혈중 납 함유량을 측정할 수 있도록 하였다. 고가의 장비나 복잡한 측정절차가 필요없이 현장에서 즉시 간편하게 혈중 납 함유량을 측정이 가능하므로 어린이 학교, 납에 노출되기 쉬운 열악한 작업현장에서 어린이나 근로자들의 납중독 여부를 검사할 수 있게 되어 건강관리에 매우 유용하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<10> 본 발명에 의하여 개발된 휴대용 혈중 납 분석기기는 소형으로 혈중 납 농도 (Blood Lead Level, BLL)가 10~60 ug/dl 범위에 있는 혈액시료에 사용할 수 있다. 측정에 사용되는 전극 셀은 항상 건조하고 깨끗한 상태로 밀폐된 용기에 보관하여야 하며, 단 한 번만 사용하는 일회용이다. 불가피하게 여러 번 사용해야 하는 경우에는 전극 셀을 증류수로 깨끗하게 세척한 후 측정기기에 전극 셀을 연결시킨 다음, 측정기기의 세척버튼을 눌러주어 전기화학적으로 전극 셀에 흡착된 오염물질을 제거 시킨다. 전기화학적 세척이 끝난 전극 셀은 다시 깨끗한 증류수로 세척하여 이온상태로 전극 셀 위에 있는 천에 흡착된 이온들을 제거하여야 한다.

<11> 건강한 보통의 성인은 BLL 이 25 ug/dl 이하이며, 6세 이하의 어린이는 10 ug/dl 이하로 유지되어야 한다. 상기한 한계치 이상일 경우에는 납중독에 의한 신체장애 (혈압상승, 두통, 청각장애, 신경장애등)가 나타나므로 즉시 의사의 진찰과 조치가 필요하다.

도면의 간단한 설명

<12> 도 1 은 본 발명의 휴대용 혈중 납 분석기기의 내부 전체 평면 구성도.

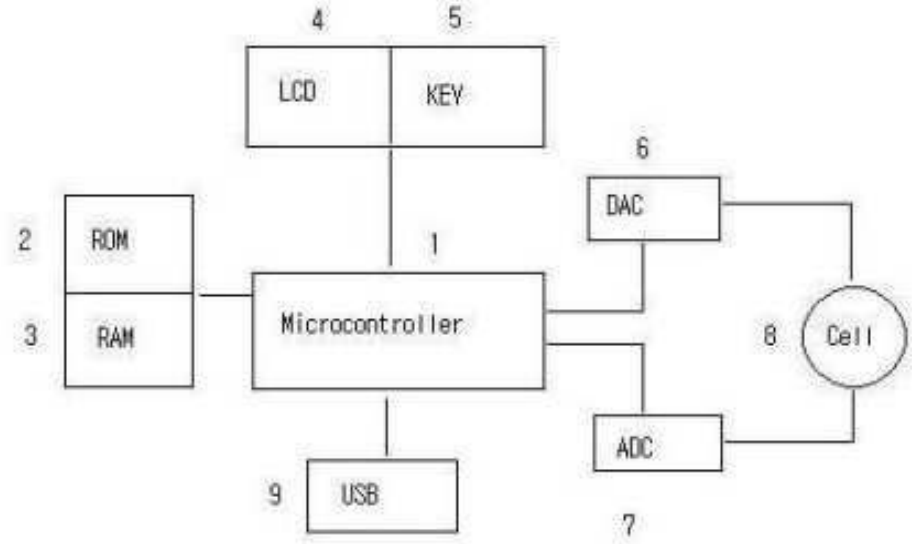
<13> 도 2 는 본 발명에 의하여 제작된 혈중 납 분석기기에 사용되는 탈착식 일회

<14> 용 전기화학 셀

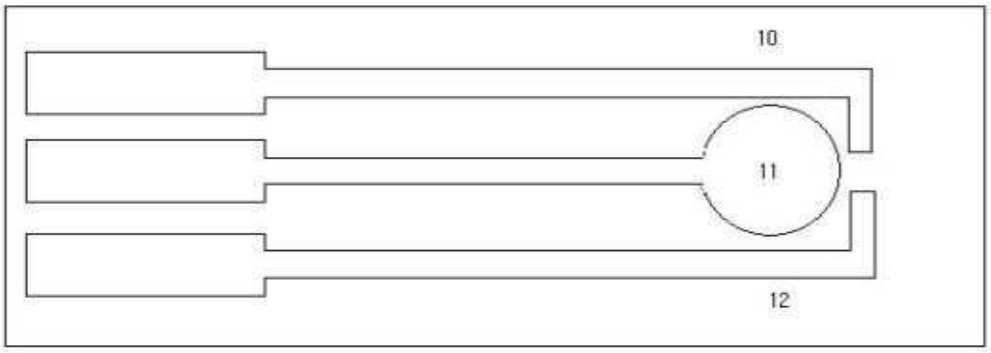
<15> 도 3 은 본 발명에 의하여 제작된 혈중 납 분석기기 외형도

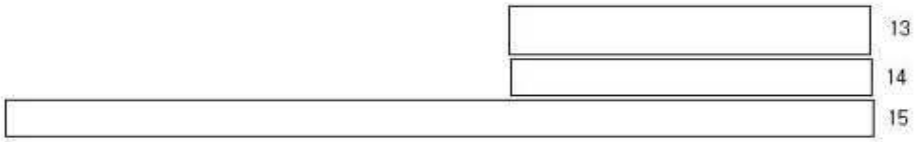
도면

도면1


4
5
LCD
KEY
6
DAC
2
ROM
1
3
RAM
Microcontroller
8
Cell
ADC
9
USB
7

도면2


10
11
12


13
14
15

도면3

