

|                                                                                   |                                                               |                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|  | (19) 대한민국특허청(KR)<br>(12) 공개특허공보(A)                            | (11) 공개번호 10-2012-0128894<br>(43) 공개일자 2012년11월28일 |
| <hr/>                                                                             |                                                               |                                                    |
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>G01N 27/02 (2006.01) G01N 33/03 (2006.01)                | (71) 출원인<br>고려대학교 산학협력단<br>서울 성북구 안암동5가 1                     |                                                    |
| (21) 출원번호 10-2011-0046823                                                         | (72) 발명자<br>주병권<br>서울특별시 종로구 평창10길 7-2 (평창동)                  |                                                    |
| (22) 출원일자 2011년05월18일<br>심사청구일자 2011년05월18일                                       | 빈센트 라우 춘 파이<br>서울특별시 성북구 인촌로13길 18-19, 1층 (안암동2가)<br>(뒷면에 계속) |                                                    |
|                                                                                   | (74) 대리인<br>특허법인이지                                            |                                                    |

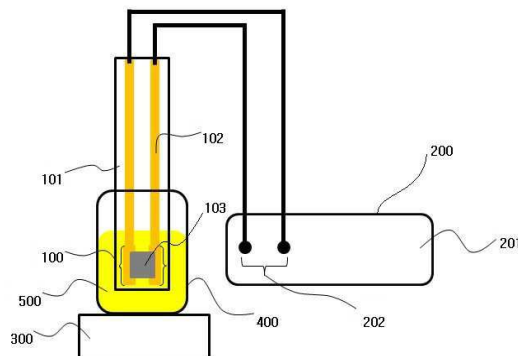
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 센서 및 탄소나노튜브 센서를 이용한 식용 오일의 상태 측정 장치

### (57) 요약

탄소나노튜브 센서 및 탄소나노튜브 센서를 이용한 식용 오일의 상태 측정 장치기 제공된다. 탄소나노튜브 센서는 복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막 및 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하고, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 폴리머 막이 형성된 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**이양두**

경기도 광명시 광복로21번길 13-1, 충경빌라 101호  
(광명동)

**이경수**

서울특별시 강서구 화곡로63길 114, 미주 106-501  
(등촌동, 진로아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PA090685M0211613

부처명 서울시정개발연구원

연구사업명 특허기술상품화 기술개발 지원사업

연구과제명 2차년도[2단계]나노물질을 이용한 식용오일 산패 측정 장치 개발

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2010.08.01 ~ 2011.06.30

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

탄소나노튜브 센서에 있어서,

복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막 및

상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막

을 포함하고,

상기 탄소나노튜브 센서는 상기 폴리머 막이 형성된 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생되는 전기 전도도의 변화 정도를 측정하는 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 전극 사이에 전압을 인가하여 상기 전기 전도도의 변화를 측정하는 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 막은, 탄소나노튜브 용액을 스프레이 도포하여 형성되는 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 용액은,

단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube:SWCNT) 또는 다중 벽 탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube:MWCNT) 중 하나 이상과 디메틸포름아미드(N-N-dimethylformamide:DMF)가 혼합되어 생성되는 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI) 인 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 PEI는 20wt%의 PEI 용액과 메탄올을 혼합한 용액인 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성되는 것인, 탄소나노튜브 센서.

### 청구항 8

식용 오일의 상태 측정 장치에 있어서,

복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막과 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하는 탄소나노튜브 센서 및

상기 복수의 전극을 통해 상기 탄소나노튜브 센서로 전압을 인가하는 전압 공급부를 포함하며,

상기 탄소나노튜브 센서는 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정하여 상기 식용 오일의 산화 정도를 측정하는 것인, 식용 오일의 상태 측정 장치.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI) 인 것인, 식용 오일의 상태 측정 장치.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성되는 것인, 식용 오일의 상태 측정 장치.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브(carbon nanotube; CNT) 센서 및 이를 이용한 식용 오일의 상태 측정 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 식용 오일은 상온에서 저장된 상태에서 산화되거나, 또는 조리과정에서 자동산화, 가열산화, 가수분해 또는 가열중합 등의 형태로 산화될 수 있다. 특히, 조리 과정에서 식용 오일을 반복하여 재 사용하는 경우, 인체에 해로운 화학 성분이 발생하게 된다.

[0003] 산화된 오일의 주요 성분은 모노아실글리세롤(monoacylglycerols), 디아실글리세롤(diacylglycerols), 산화 triacylglycerols, 다이머(dimers), 트라이머(trimers), 폴리머(polymers), 히드로퍼옥시드(hydroperoxides), 유리 지방산(free fatty acid), 케톤(ketones), 알데히드(aldehydes), 알코올(alcohol) 및 에스테르(ester) 등이다. 오일을 반복 사용하게 되면 상기와 같은 성분들이 지속적으로 축적되므로 특정 시점에 오일을 교환할 필요가 있다.

[0004] 일반적으로, 식용 오일의 교환 시기는 시각 또는 후각 검사를 통해 주관적으로 판별하고 있다. 또는, 기계 장치를 이용하는 것도 가능한데, 종래의 장비는 분석시간이 상당히 오래 걸리는 등의 불편함이 있다.

[0005] 또한, 일부 오일 생산 업체에서 사용하고 있는 오일 산화 측정 장치는 고가의 수입 기기로 실수요자의 조리 현장에서 적용하기에는 어려운 문제점을 가지고 있다.

#### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 식용 오일 가열시 발생하는 산화 물질을 빠르고 정확하게 감지할 수 있는 측정 장치를 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제 1측면에 따른 탄소나노튜브 센서는, 복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막 및 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하고, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 폴리머 막이 형성된 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정한다.

[0008] 여기서, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 복수의 전극 사이에 전압을 인가하여 상기 전기 전도도의 변화를 측정

할 수 있다.

- [0009] 여기서, 상기 탄소나노튜브 막은, 탄소나노튜브 용액을 스프레이 도포하여 형성될 수 있다.
- [0010] 여기서, 상기 탄소나노튜브 용액은, 단일벽 탄소나노튜브(Single-Walled Carbon Nanotube:SWCNT) 또는 다중 벽 탄소나노튜브(Multi-Walled Carbon Nanotube:MWCNT) 중 하나 이상과 디메틸포름아미드(N-N-dimethylformamide:DMF)가 혼합되어 생성될 수 있다.
- [0011] 여기서, 상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI)일 수 있다.
- [0012] 여기서, 상기 PEI는 20wt%의 PEI 용액과 메탄올을 혼합한 용액일 수 있다.
- [0013] 여기서, 상기 지정 장치는 수동 또는 자동으로 선택되며, 하나 이상 선택될 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 위치 정보는 상기 모바일 단말 상에 표시되는 지도를 통해 입력될 수 있다.
- [0015] 여기서, 상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성될 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명의 제 2 측면에 따른 식용 오일의 상태 측정 장치는, 복수의 전극 사이에 형성되는 탄소나노튜브 막과 상기 탄소나노튜브 막의 상부에 형성되는 폴리머 막을 포함하는 탄소나노튜브 센서 및 상기 복수의 전극을 통해 상기 탄소나노튜브 센서로 전압을 인가하는 전압 공급부를 포함하며, 상기 탄소나노튜브 센서는 상기 탄소나노튜브 막을 이용하여 산화 물질에 의해 발생하는 전기 전도도의 변화 정도를 측정하여 상기 식용 오일의 산화 정도를 측정한다.
- [0017] 여기서, 상기 폴리머 막은 Polyethylenimine(PEI)일 수 있다.
- [0018] 여기서, 상기 폴리머 막은 상기 탄소나노튜브 센서를 PEI 용액에 담근 후에 건조시켜 생성되는 것일 수 있다.

### 발명의 효과

- [0019] 진술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 고가의 장비나 복잡한 화학 분석 방법을 이용하지 않고도 식용 오일의 산화 상태를 확인할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 식용 오일 상태 측정 장치의 세부 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탄소나노튜브 센서의 구성도이다.
- 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정된 식용 오일의 산화 정도에 따른 전기 저항 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 탄소나노튜브 센서를 이용하여 식용 오일의 상태를 측정한 경우의 상대 저항 변화율을 나타낸 그래프이다.
- 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 도시한 도면이다.
- 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 막의 전자 현미경 사진이다.
- 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정된 식용 오일의 산화 정도에 따른 전기 저항 변화를 나타낸 그래프.
- 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 식용 오일의 상태를 측정한 경우의 상대 저항 변화율을 나타낸 그래프이다.
- 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서의 저항 회복 특성을 도시한 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세한 설명을 통해 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로

이해되어야 한다.

- [0022] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 본 명세서의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제1, 제2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.
- [0023] 또한, 본 명세서에서, 일 구성요소가 다른 구성요소와 "연결된다" 거나 "접속된다" 등으로 언급된 때에는, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소와 직접 연결되거나 또는 직접 접속될 수도 있지만, 특별히 반대되는 기재가 존재하지 않는 이상, 중간에 또 다른 구성요소를 매개하여 연결되거나 또는 접속될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0024] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 식용 오일 상태 측정 장치의 세부 구성도이다.
- [0026] 식용 오일 상태 측정 장치는 탄소나노튜브 센서(100) 및 전원부(200)를 포함한다.
- [0027] 식용 오일 상태 측정 장치는 전원부(200)를 통해 일정 전압이 가해진 탄소나노튜브 센서(100)를 식용 오일(500)에 넣어서 식용 오일(500)의 산화 정도를 측정한다.
- [0028] 예를 들어, 식용 오일 상태 측정 장치는 용기(400) 안에 식용 오일(500)을 넣고 가열기(300)를 이용하여 식용 오일(500)을 가열하여 식용 오일(500)을 산화 시키고, 이후, 산화된 식용 오일(500)에 탄소나노튜브 센서(100)를 넣고 전원부(200)를 통해 전압을 인가하여 전기 전도도의 변화를 측정한다.
- [0029] 탄소나노튜브 센서(100)의 제조 방법은, 우선, 기관(101) 상에 두 개의 전극(102)을 형성하고, 상기 기관(101) 및 전극(102) 상에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 탄소나노튜브 막(103)을 형성한다. 이 경우, 전극(102)은 기관(101) 상에 진공증착법 또는 이에 상응하는 방법을 이용하여 증착되거나 금속 페이스트를 프린팅하는 방법을 이용하여 제조될 수 있다.
- [0030] 이 경우, 기관(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 막을 생성시키는 방법은 종래의 제조 방법을 이용할 수 있다. 예를 들어, 탄소나노튜브 막(103)은 스프레이 방식을 통해 기관(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 생성할 수도 있다. 또한, Drop-casting 또는 vacuum filtration로 탄소나노튜브 막을 생성할 수도 있다. 이 때, 전극(102)이 형성된 기관(101)을 핫 플레이트 위에 위치시키고, 핫 플레이트를 통해 일정한 온도로 열을 가하며 상기 탄소나노튜브 용액을 도포할 수 있다. 본 실시예에서는 핫 플레이트의 온도를 160도에서 180도 범위 내의 일정한 온도로 유지하였다.
- [0031] 여기서, 기관(101)은 유리 기관, 실리콘 기관 및 알루미늄 기관 등일 수 있다. 또한, 전극(102)은 금(Au), 백금(Pt) 등을 이용할 수 있다. 상기의 제조 예를 통해 제조된 탄소나노튜브 센서(100)는 도 2에 도시되어 있다.
- [0032] 전원부(200)는 식용 오일의 상태를 측정하기 위해 상기 탄소나노튜브 센서(100)로 일정한 전압을 인가한다. 구체적으로, 전원부(200)는 전압 공급부(201) 및 센서 연결부(202)를 포함하며, 전압 공급부(201)는 상기 전극(102)으로 일정 전압을 인가한다. 본 실시예에서는 1V를 인가하였다. 또한, 센서의 초기 전류는 10  $\mu$ A ~ 10mA 사이에 흘러 줄 수 있는 일정 전압을 가한다. 전압 공급부(201)에서 인가된 전압은 센서 연결부(202)를 통해 전극(102)에 인가된다. 탄소나노튜브 센서(100)는 상기 전극(102) 사이에 흐르는 전류 또는 저항을 측정하여, 식용 오일(500)의 가열 시 발생하는 산화 물질에 따라 변화되는 전기 전도도의 변화 정도를 탄소나노튜브 막(103)을 이용하여 측정할 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 용액의 제조 방법은, 예를 들어, 1mg의 탄소나노튜브에 30ml의 디메틸포름아미드(N-N-dimethylformamide:DMF) 용액을 일정 시간 동안 초음파기로 분산시킨다. 본 실시예에서는 약 2시간 동안 초음파기로 분산시켰다. 이후, 원심분리기를 이용하여 분산된 탄소나노튜브 용액으로부터 탄소나노튜브 변들을 제거한 후 안정된 탄소나노튜브 용액을 취득할 수 있다. 본 실시예에서는 약 15분 동안 15000rpm으로 원심분리기를 동작시켰다. 상기과 같이, 흡수 영역에서의 탄소나노튜브의 변들을 제거함으로써 결합에너지를 낮출 수 있고, 이에 따라 센서의 원래 상태로의 회복을 빠르게 할 수 있다.
- [0034] 도 3a 및 도 3b는 탄소나노튜브 센서를 이용하여 식용 오일의 상태를 측정한 경우의 그래프이다. 본 실시예에서는 식용 오일의 산화 정도를 측정하기 위해 대두유를 이용하였으며, 대두유 이외에 카놀라유, 포도씨유 등의 다른 식용 오일을 이용할 수도 있다.
- [0035] 우선, 대두유를 가열판(300)을 이용하여 180도 정도로 잘 저으면서 가열한다. 이후, 일정 시간 간격으로 가열된

오일을 채취하여 상온으로 식힌 후에 각각의 산가(acid value)를 측정한다. 본 실험에서는 일정 시간 간격으로 총 다섯 번을 채취하여 산가를 측정하였으며, 측정된 5개의 샘플의 산가는 각각 0.2 mg KOH/g(New oil), 0.8 mg KOH/g, 1.2 mg KOH/g, 1.6 mg KOH/g 및 2.0 mg KOH/g이다.

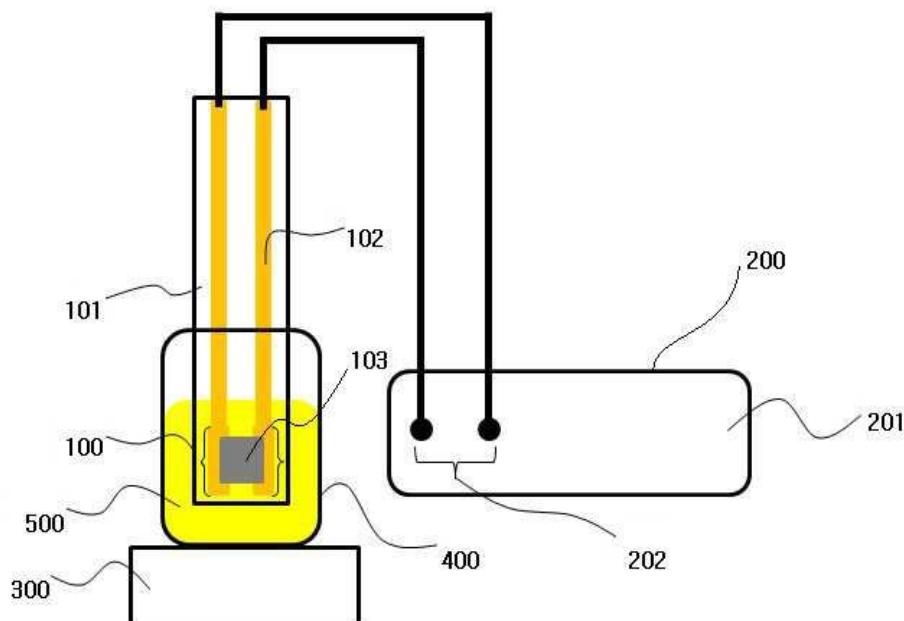
- [0036] 탄소나노튜브 센서(100)를 이용한 오일 샘플의 측정 방법은, 우선, 상기 탄소나노튜브 센서를 오일 샘플에 침지시킨 다음, 5분 경과 후에 탄소나노튜브 센서를 꺼내서 대기 중에 5분간 노출시킨다. 이후, 상기 노출된 탄소나노튜브 센서를 다음 번 샘플에 침지시켜 산도를 측정하고 5분 경과 후에 다시 꺼내서 5분간 대기 중에 노출시킨다. 이와 같은 반복 과정을 통해 상기 5개의 오일 샘플들을 낮은 산가에서 높은 산가의 순으로 순서대로 측정한다.
- [0037] 도 2b에 도시된 그래프를 보면, 상기 과정을 반복할 때마다 초기 상태 저항으로 회복되지 않고 계속 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한 도 2c에 도시된 바와 같이, 상대 저항 변화율도 계속 감소하는 것을 알 수 있다.
- [0038] 상기에서 살펴 본 바와 같이, 탄소나노튜브 센서를 반복해서 식용 오일에 침지하여 사용하는 경우에는 초기 저항값을 회복하지 못하는 것을 알 수 있다. 일반적으로 산(acids)은 전자 수용체로 기능하며, 이로 인해 p-type 탄소나노튜브의 채널의 저항값을 감소시키게 된다. 상기 측정된 결과에서는 자유 지방산(free fatty acids)이 탄소나노튜브 센서에 이와 같은 영향을 미치므로 상기와 같은 저항값의 감소가 발생된다.
- [0039] 이와 같은 탄소나노튜브 센서의 회복 특성을 개선하기 위해, 탄소나노튜브 센서의 표면을 폴리머로 코팅하여 기능화할 수 있다. 여기서, 폴리머는 PEI(Polyethylenimine)일 수 있다.
- [0040] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른, 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 도시한 도면이다.
- [0041] 도 4a에서, 탄소나노튜브 센서(100)의 제조 방법은, 우선, 기판(101) 상에 두 개의 전극(102)을 형성하고, 상기 기판(101) 및 전극(102) 상에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 탄소나노튜브 막(103)을 형성한다. 이 경우, 전극(102)은 기판(101) 상에 진공증착법 또는 이에 상응하는 방법을 이용하여 증착되거나 금속 페이스트를 프린팅하는 방법을 이용하여 제조될 수 있다.
- [0042] 이 경우, 기판(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 막을 생성시키는 방법은 종래의 제조 방법을 이용할 수 있다. 예를 들어, 탄소나노튜브 막(103)은 스프레이 방식을 통해 기판(101) 및 전극(102)에 탄소나노튜브 용액을 도포하여 생성할 수도 있다. 또한, Drop-casting 또는 vacuum filtration을 이용하여 탄소나노튜브 막을 생성하는 것도 가능하다. 이 때, 전극(102)이 형성된 기판(101)을 핫 플레이트 위에 위치시키고, 핫 플레이트를 통해 일정한 온도로 열을 가하며 상기 탄소나노튜브 용액을 도포할 수 있다. 본 실시예에서는 핫 플레이트의 온도를 160도에서 180도 범위 내의 일정한 온도로 유지하였다.
- [0043] 여기서, 기판(101)은 유리 기판, 실리콘 기판 및 알루미늄 기판 등일 수 있다. 또한, 전극(102)은 금(Au), 백금(Pt) 등을 이용할 수 있다.
- [0044] 이후, 상기 제조된 탄소나노튜브 센서(100)를 PEI 용액에 일정 시간 담근 후에 상온에서 건조시킨다. 이 때, 탄소나노튜브 센서(100)가 PEI 용액에 의해 충분히 코팅될 수 있도록 충분한 시간 동안 침지시키는 것이 바람직하다. 본 실시예에서는 탄소나노튜브 센서(100)를 PEI 용액에 1 ~ 2 시간 동안 침지시킨 후, 메탄올을 이용하여 수 회 린스 처리하고, 상온에서 24시간 동안 건조시켜서 코팅하였다. 이때, 본 실시예에서는 20wt%의 PEI와 메탄올을 혼합하여 상기 PEI 용액을 생성하였지만, PEI 코팅 효과를 내기에 충분하도록 20wt%보다 높은 웨이트 퍼센트(wt%)의 PEI를 이용해도 무방하다. 상기 과정을 통해 탄소나노튜브 막(103)의 표면에 폴리머 막(104)이 생성될 수 있다. 도 4b는 상기 과정을 통해 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 막의 전자 현미경 사진이다.
- [0045] 이 때, 상기 탄소나노튜브 막(103)의 표면에 폴리머 막(104)을 생성하는 과정은 상기의 방법 이외에도 다양한 방법을 이용할 수 있으며, 이러한 폴리머 막(104)의 생성 방법은 본 발명의 권리범위를 한정하지 않는다.
- [0046] 상기와 같이 생성된 탄소나노튜브 센서(100)를 이용하여 식용 오일의 산도를 측정하였다. 도 5a는 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정한 경우에 오일의 산화 정도에 따른 전기 저항 변화를 도시하고 있으며, 도 5b는 폴리머로 코팅된 탄소나노튜브 센서를 이용하여 측정한 경우에 상대적 저항 변화율을 측정한 값이다.
- [0047] 우선, 대두유를 가열판(300)을 이용하여 180도 정도로 잘 저으면서 가열한다. 이후, 일정 시간 간격으로 가열된 오일을 채취하여 상온으로 식힌 후에 각각의 산가(acid value)를 측정한다. 본 실험에서는 앞선 실험과 동일하게 일정 시간 간격으로 총 다섯 번을 채취하여 산가를 측정하였으며, 측정된 5개의 샘플의 산가는 각각 0.2 mg

KOH/g(New oil), 0.8 mg KOH/g, 1.2 mg KOH/g, 1.6 mg KOH/g 및 2.0 mg KOH/g이다.

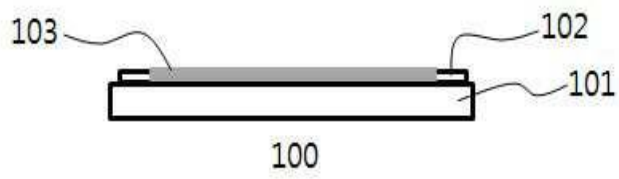
- [0048] 도 5a에 도시된 바와 같이, 폴리머를 코팅한 탄소나노튜브 센서를 이용하는 경우에는 식용 오일에서 꺼내서 대기 중에 노출시키면 초기의 상태 저항값으로 빠르게 회복하는 것을 알 수 있다. 또한, 도 5b에 도시된 바와 같이, 각각의 샘플들의 산가가 증가할수록 상대 저항 변화율도 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0049] 또한, 폴리머 코팅된 탄소나노튜브 센서를 산가 1.6mg KOH/g의 식용 오일 샘플 속에 5분간 침지시킨 다음, 탄소나노튜브 센서를 5분간 대기 중에 노출시키는 과정을 4회 반복한 경우에 폴리머 코팅된 탄소나노튜브 센서의 전기적 저항의 변화는 도 5c에 도시되어 있다. 도 5c에서, 폴리머를 코팅한 탄소나노튜브 센서는 동일 샘플을 반복하여 측정하는 경우에도 전기적 저항이 훨씬 빠르게 회복되는 것을 알 수 있다.
- [0050] 상기에서 설명한 바와 같이, 탄소나노튜브 막을 구비한 센서보다 탄소나노튜브 막 위에 폴리머 막을 코팅한 센서가 식용 오일의 산화 정도를 더욱 효과적으로 구별할 수 있고, 센서가 원래 상태로 회복되는 속도 또한 현저히 빨라지는 효과가 발생함을 알 수 있다.
- [0051] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0052] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## 도면

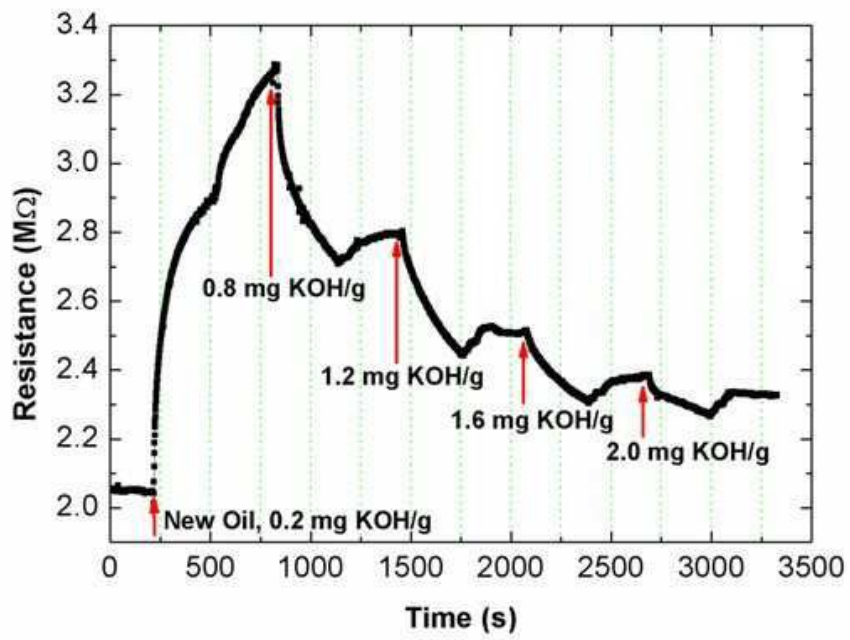
### 도면1



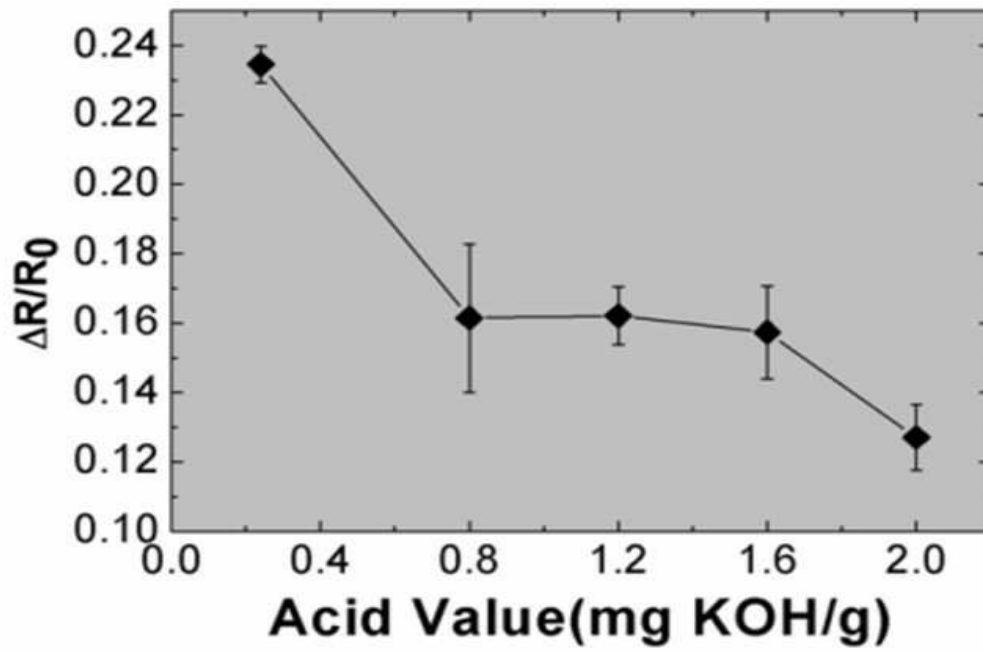
도면2



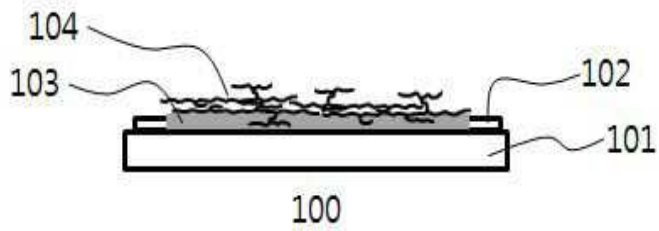
도면3a



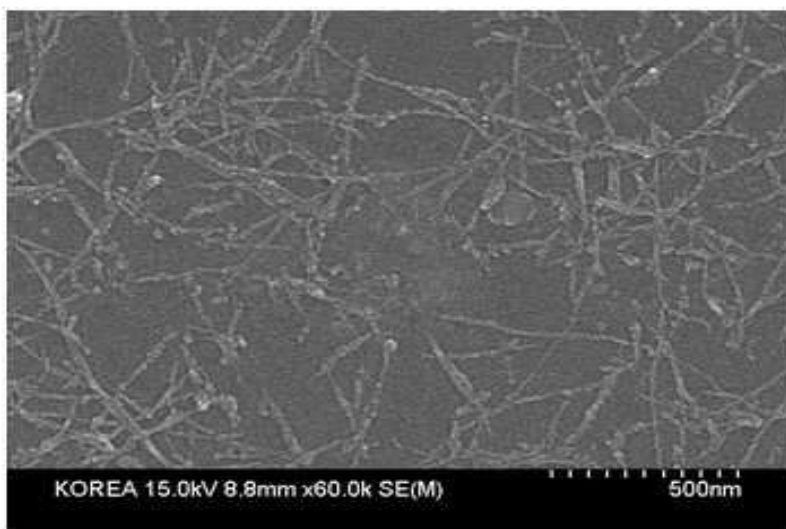
도면3b



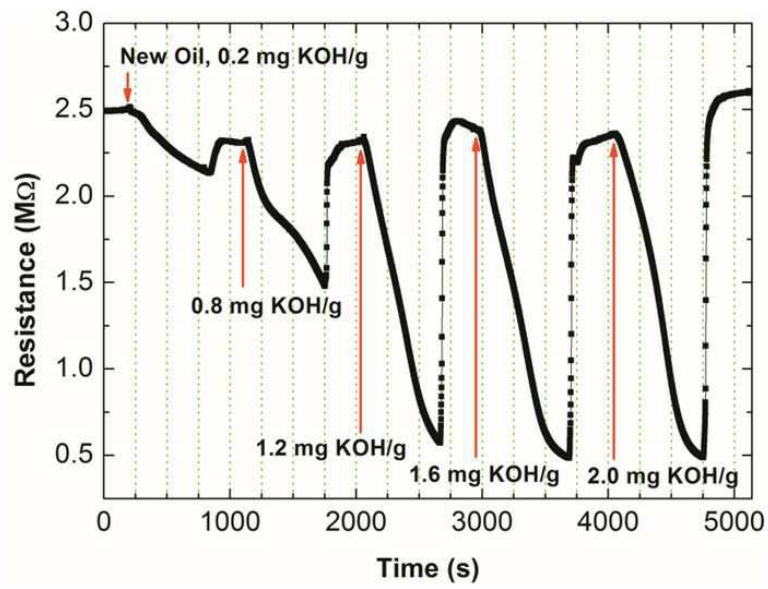
도면4a



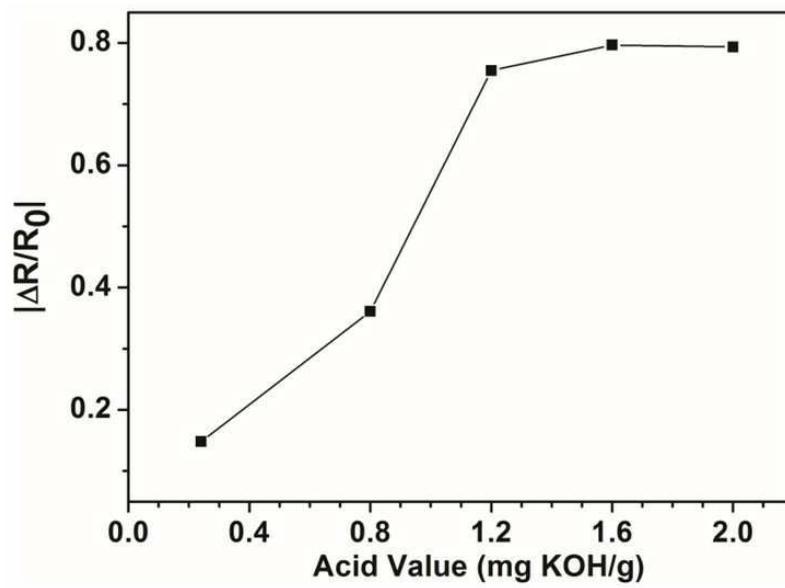
도면4b



도면5a



도면5b



도면5c

