



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월27일
 (11) 등록번호 10-1355371
 (24) 등록일자 2014년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01D 21/02 (2006.01) G01N 27/04 (2006.01)
 G01G 3/16 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0056837
 (22) 출원일자 2012년05월29일
 심사청구일자 2012년05월29일
 (65) 공개번호 10-2013-0133517
 (43) 공개일자 2013년12월09일
 (56) 선행기술조사문헌
 W09642011 A1
 W02006006587 A
 JP05281177 A
 JP10325818 A

(73) 특허권자
 포항공과대학교 산학협력단
 경상북도 포항시 남구 효자동 산31 포항공과대학교내
 (72) 발명자
 전상민
 경상북도 포항시 남구 지곡로 155 (지곡동, 교수
 아파트) 4동 803호
 임창용
 경상북도 포항시 남구 지곡로 20 (효자동, 승리아
 파트) 9동 304호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 박상훈

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 김려원

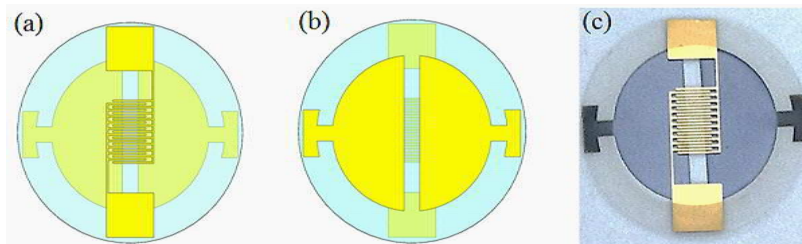
(54) 발명의 명칭 **전기적 특성과 질량변화를 동시에 측정하는 수정 진동자 미세 저울 센서**

(57) 요약

본 발명은 신규한 수정 진동자 미세 저울에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 질량의 변화와 전기적 특성 변화를 동시에 측정할 수 있는 새로운 수정 진동자 미세저울에 관한 것이다.

본 발명의 수정진동자 미세저울은 상기 수정 진동자의 제1 면에는 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 제2 면에는 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성된 것을 특징으로 하는 수정 진동자를 사용한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

윤민혁

경상북도 포항시 남구 지곡로 20 (효자동, 승리아
파트) 9동 304호

정남철

경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동, 포항공
과대학교기숙사) 17동 101호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20110011246

부처명 교육과학부

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 광촉매 나노입자를 이용한 바이오센서의 개발

기 여 율 1/1

주관기관 포항공과대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

질량의 변화와 전기적 특성 변화를 동시에 측정하기 위한 수정 진동자 미세저울에 있어서,

상기 수정진동자는 LFE 타입의 수정진동자이며,

상기 수정진동자의 제1 면에 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고,

상기 수정 진동자의 제2 면에 시료에 의해서 연결되는 제2 전극이 형성된 것을 특징으로 하는 수정 진동자 미세저울.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1 전극은 상호간에 일정 간격으로 이격된 한 쌍의 대칭형 반원 전극인 것을 특징으로 수정 진동자 미세저울.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 제2 전극은 한 쌍의 인터디지트 전극인 것을 특징으로 하는 수정진동자 미세저울.

청구항 7

삭제

청구항 8

제4항에 있어서, 상기 전기적 특성은 저항인 것을 특징으로 하는 수정 진동자 미세저울.

청구항 9

제4항에 있어서, 상기 시료는 전도성 고분자인 것을 특징으로 하는 수정 진동자 미세저울.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 전도성 고분자는 폴리아닐린, 폴리피롤, 또는 폴리시오펜인 것을 특징으로 하는 수정 진동자 미세저울.

청구항 11

수정 진동자의 제1 면에는 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 제2 면에는 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성되는 LFE타입의 수정 진동자와;

상기 제1 전극으로부터 공명 진동수를 측정하는 장치와;

상기 제2 전극으로부터 저항을 측정하는 장치;

상기 수정 진동자가 내장된 챔버; 및

상기 챔버의 습도를 측정하는 습도계;

상기 챔버 내로 가스를 공급하는 장치;를 포함하는 것을 특징으로 하는 측정 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제2 면에 시료가 코팅되고, 상기 시료에 가스가 흡착되는 것을 특징으로 하는 측정 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 수정진동자의 제1 전극에는 임피던스 분석기가 연결되고, 수정진동자의 제2 전극에는 디지털 멀티미터가 연결된 것을 특징으로 하는 측정 장치.

청구항 15

삭제

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 시료는 전도성 고분자이며, 상기 측정 장치는 가스의 흡착량에 따른 전도성 고분자의 저항 변화를 측정하는 것을 특징으로 하는 측정 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 가스는 수증기 또는 유기용매가스인 것을 특징으로 하는 측정 장치.

청구항 18

LFE 타입의 수정 진동자의 제1 면에 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 제2 면에 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성되는 수정 진동자의 제2 면에 전도성 가스 흡착층을 형성하고, 질량의 변화와 전기적 특성 변화를 동시에 측정하여 특정 흡착량에서의 전기적 특성 이용하여 가스의 종류를 분석하는 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 전기적 특성 변화는 저항의 증가도 또는 감소도인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 전도성 가스 흡착층은 전도성 고분자인 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 신규한 수정 진동자 미세 저울에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 질량의 변화와 전기적 특성 변화를 동시에 측정할 수 있는 새로운 수정 진동자 미세저울에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 폴리아닐린, 폴리피롤, 또는 폴리시오펜과 같은 전도성 고분자는 태양전지나 화학센서와 같은 분야에서 다양하게 사용할 수 있다.

[0003] 화학 센서 분야를 예로 들면, 일 예로 전도성 고분자는 가스 센서의 가스 센서층으로 사용될 수 있는데, 가스 분자들이 전도성 고분자 필름과 상호작용하여, 흡수된 가스의 양에 따라 전기 저항이 변하게 되는 것이다.

[0004] 전도성 고분자 가스 센서는 실온에서 사용할 수 있다는 점에서 고온에서 사용되는 무기물 반도체에 기반한 센서

에 비해서 잇점이 있으며, 나노 구조 또는 다공성 구조의 전도성 고분자 필름은 가스 분자의 확산을 용이하게 하여, 센서의 반응 시간을 줄여주게 된다. 하지만, 전도성 고분자 가스 센서는 선택성이 낮고, 저항의 변화가 농도에 선형으로 변하지 않기 때문에 보정이 필요하다는 점에서 문제가 있다.

- [0005] 이러한 문제들은 보완하기 위해서, 전도성 고분자의 저항 변화를 측정하면서, 별도로 QCM을 이용하여 질량 변화를 측정하여 보완하는 방안들이 제시되었다. 이에 관해서는 Charlesworth, J. M.; Partridge, A. C.; Garrard, N., *J. Phys. Chem.* **1993**, 97 (20), 5418-5423와 Cui, L.; Swann, M. J.; Glidle, A.; Barker, J. R.; Cooper, J. M., *Sens. Actuators, B.* **2000**, 66 (1-3), 94-97와 Hwang, B. J.; Yang, J. Y.; Lin, C. W., *Sens. Actuators, B.* **2001**, 75 (1-2), 67-75. 등의 문헌을 참고할 수 있다. QCM은 수정 진동자에 전압을 걸면 진동하는 역압전 현상을 이용한 것으로서, 수정 진동자의 표면에 물질이 부착되면, 수정 진동자 부분의 중량에 변화가 일어나고, 수정 진동자의 진동수가 저하되는데, 이 진동수 변화로부터 부착물의 중량을 측정하는 방식의 미량 저울이다.
- [0006] 그러나, 두 개의 센서를 이용하여 별도로 흡착에 따른 전기 전도성의 변화와 질량변화를 측정하는 방식은 두 센서간의 시간지연으로 인해 정확한 측정이 어려울 뿐만 아니라, 측정 장치가 커지게 되는 문제가 있었다.
- [0007] 이에 따라, 전도성 고분자의 가스 흡착에 따른 저항 특성의 변화와 가스 흡착량의 변화를 동시에 측정할 수 있는 새로운 방법이나 센서에 대한 요구가 계속되어 왔다.
- [0008] [비특허문헌]
- [0009] (1) Tan, S. X.; Zhai, J.; Wan, M. X.; Meng, Q. B.; Li, Y. L.; Jiang, L.; Zhu, D. B., *J. Phys. Chem. B.* **2004**, 108 (48), 18693-18697.
- [0010] (2) De Paoli, M. A.; Casalbore-Miceli, G.; Girotto, E. M.; Gazotti, W. A., *Electrochim. Acta.* **1999**, 44 (18), 2983-2991.
- [0011] (3) Lu, W.; Fadeev, A. G.; Qi, B. H.; Smela, E.; Mattes, B. R.; Ding, J.; Spinks, G. M.; Mazurkiewicz, J.; Zhou, D. Z.; Wallace, G. G.; MacFarlane, D. R.; Forsyth, S. A.; Forsyth, M., *Science.* **2002**, 297 (5583), 983-987.
- [0012] (4) Janata, J.; Josowicz, M., *Nature Materials.* **2003**, 2 (1), 19-24.
- [0013] (5) Virji, S.; Huang, J. X.; Kaner, R. B.; Weiller, B. H., *Nano Lett.* **2004**, 4 (3), 491-496.
- [0014] (6) Li, G. F.; Martinez, C.; Semancik, S., *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, 127 (13), 4903-4909.
- [0015] (7) Jeong, J. W.; Lee, Y. D.; Kim, Y. M.; Park, Y. W.; Choi, J. H.; Park, T. H.; Soo, C. D.; Won, S. M.; Han, I. K.; Ju, B. K., *Sens. Actuators, B.* **2010**, 146 (1), 40-45.
- [0016] (8) Someya, T.; Dodabalapur, A.; Huang, J.; See, K. C.; Katz, H. E., *Adv. Mater.* **2010**, 22 (34), 3799-3811.
- [0017] (9) Kim, Y. S.; Ha, S. C.; Kim, K.; Yang, H.; Choi, S. Y.; Kim, Y. T.; Park, J. T.; Lee, C. H.; Choi, J.; Paek, J.; Lee, K., *Appl. Phys. Lett.* **2005**, 86 (21).
- [0018] (10) Valentini, L.; Armentano, I.; Kenny, J. M.; Cantalini, C.; Lozzi, L.; Santucci, S., *Appl. Phys. Lett.* **2003**, 82 (6), 961-963.
- [0019] (11) Bai, H.; Shi, G. Q., *Sensors.* **2007**, 7 (3), 267-307.
- [0020] (12) Kwon, O. S.; Hong, J. Y.; Park, S. J.; Jang, Y.; Jang, J., *J Phys Chem C.* **2010**, 114 (44), 18874-18879.
- [0021] (13) Charlesworth, J. M.; Partridge, A. C.; Garrard, N., *J. Phys. Chem.* **1993**, 97 (20), 5418-5423.
- [0022] (14) Cui, L.; Swann, M. J.; Glidle, A.; Barker, J. R.; Cooper, J. M., *Sens. Actuators, B.* **2000**, 66 (1-3), 94-97.
- [0023] (15) Hwang, B. J.; Yang, J. Y.; Lin, C. W., *Sens. Actuators, B.* **2001**, 75 (1-2), 67-75.
- [0024] (16) Hu, Y. H.; French, L. A.; Radecsky, K.; da Cunha, M. P.; Millard, P.; Vetelino, J. F., *Ieee T*

Ultrason Ferr. **2004**, 51 (11), 1373-1380.

- [0025] (17) Hu, Y. H.; Pinkham, W.; French, L. A.; Frankel, D.; Vetelino, J. F., *Sens. Actuators, B.* **2005**, 108 (1-2), 910-916.
- [0026] (18) Meissner, M.; French, L. A.; Pinkham, W.; York, C.; Bernhardt, G.; Pereira da Cunha, M. P.; Vetelillo, J. F., *Ultrasonics Symposium, 2004 IEEE.* **2004**, 1, 314-318 Vol.1.
- [0027] (19) Chen, Y. Y.; Liu, C. C., *Jpn J Appl Phys.* **2011**, 50 (7).
- [0028] (20) Sauerbrey, G., *Z. Phys.* **1959**, 155 (2), 206-222.
- [0029] (21) Jain, S.; Chakane, S.; Samui, A. B.; Krishnamurthy, V. N.; Bhoraskar, S. V., *Sens. Actuators, B.* **2003**, 96 (1-2), 124-129.
- [0030] (22) Virji, S.; Kaner, R. B.; Weiller, B. H., *J. Phys. Chem. B.* **2006**, 110 (44), 22266-22270.
- [0031] (23) Sharma, S.; Nirkhe, C.; Pethkar, S.; Athawale, A. A., *Sens. Actuators, B.* **2002**, 85 (1-2), 131-136.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0032] 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 전도성 고분자의 가스 흡착에 따른 전도성 변화와 질량변화를 동시에 측정할 수 있는 새로운 측정 방법을 제공하는 것이다.
- [0033] 본 발명에서 해결하고자 하는 다른 과제는 전도성 고분자의 가스 흡착에 따른 전도성 변화와 질량변화를 동시에 측정할 수 있는 새로운 센서를 제공하는 것이다.
- [0034] 본 발명에서 해결하고자 하는 다른 과제는 수정진동자를 이용하여 중량변화와 전기적 특성 변화를 동시에 관측할 수 있는 새로운 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0035] 상기와 같은 과제를 해결하기 위해서, 본 발명은 전도성 고분자 가스센서와 Lateral Field Excited (LFE) 압전형 공진자를 결합한 것으로서, 구체적으로 수정 진동자의 일면에 수정 진동자를 진동시키기 위한 전원이 인가되는 한 쌍의 전극이 형성되고, 수정 진동자의 다른 면에는 전도성 고분자의 전기적 특성 변화를 측정하기 위해서 전도성 고분자에 의해서 연결되는 한 쌍의 전극이 형성된다.
- [0036] 본 발명에 사용되는 상기 LFE 타입의 압전형 공진자는, 수정진동자의 한쪽 면, 바람직하게는 하부면에 두 개의 대칭적인 반원형 전극이 미세한 갭을 이루면서 형성되고, 다른 면, 바람직하게는 상부면은 코팅되지 않고 비어 있는 진동자이다. 이러한 형태의 수정진동자들은 본 발명에서 참고문헌으로 도입되는 Hu, Y. H.; French, L. A.; Radecsky, K.; da Cunha, M. P.; Millard, P.; Vetelino, J. F., *Ieee T Ultrason Ferr.* **2004**, 51 (11), 1373-1380와 Hu, Y. H.; Pinkham, W.; French, L. A.; Frankel, D.; Vetelino, J. F., *Sens. Actuators, B.* **2005**, 108 (1-2), 910-916와 Meissner, M.; French, L. A.; Pinkham, W.; York, C.; Bernhardt, G.; Pereira da Cunha, M. P.; Vetelillo, J. F., *Ultrasonics Symposium, 2004 IEEE.* **2004**, 1, 314-318 Vol.1. 등이 공지되어 있으며, 상업적으로 구입하여 사용하는 것도 가능하다.
- [0037] 본 발명에 있어서, 상기 LFE 수정진동자의 비어 있는 면, 바람직하게는 상부면에 형성되는 전극은 전도성 고분자의 전기적 특성 변화, 바람직하게는 저항 변화를 측정하기 위해서 형성되는 한 쌍의 전극이다. 상부면에 형성되는 한 쌍의 전극은 전도성 고분자에 의해서 상호 연결되어 전류가 통하게 된다. 상부면에 형성되는 한 쌍의 전극은 전도성 고분자에 의해서 상호 연결될 수 있는 한 다양한 형태를 이룰 수 있으며, 바람직하게는 깎지 끼운 형태로 맞물린 형태의 전극(인터디지트 전극; Interdigitated electrodes; IDEs)이며, 바람직하게는 수정진동자의 표면에 박막 형태로 형성된 전극이다.
- [0038] 본 발명에 있어서, 전도성 고분자는 저항 변화를 측정하기 위해서 인터디지트 전극이 형성된 수정진동자의 상부면에 적하되어 필름 형태로 캐스팅되며, 전도성 고분자 필름에 다양한 가스의 흡착이 진행되는 과정에서 질량과 저항의 변화가 동시에 측정된다.

- [0039] 본 발명은 일 측면에 있어서, 수정 진동자 미세 저울에 사용되는 수정 진동자로서, 수정 진동자의 일 측면에는 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 다른 일 측면에는 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0040] 본 발명에 따른 수정 진동자에서, 상기 제1 전극은 수정 진동자에 래터럴 필드 익사이드티드 진동을 제공하기 위해서, 수정 진동자의 하면에 형성된 한 쌍의 전극이며, 상기 제2 전극은 전극 사이에 형성되는 시료, 바람직하게는 전도성 시료의 전기적 특성, 바람직하게는 저항 특성을 측정하기 위해서 형성되는 한 쌍의 전극이다.
- [0041] 본 발명은 다른 일 측면에 있어서, 수정 진동자의 제1 면에는 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 제2 면에는 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성된 수정 진동자와; 상기 제1 전극으로부터 공명 진동수를 측정하는 장치와; 상기 제2 전극으로부터 저항을 측정하는 장치와; 상기 수정 진동자가 내장되는 온도 조절 챔버와; 상기 챔버 내로 가스를 공급하는 장치;를 포함하며, 상기 수정 진동자의 제2 면에는 전도성 시료가 코팅된 것을 특징으로 한다. 본 발명에 있어서, 상기 전도성 시료의 저항은 전도성 시료와 이에 흡착되는 가스의 종류에 따라 변동폭 및 변동 방향이 상이할 수 있다.
- [0042] 본 발명은 다른 일 측면에 있어서, 제1 면에는 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 제2 면에는 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성된 수정 진동자의 제2 면에 시료를 코팅하고, 상기 코팅된 시료에 제3 물질을 흡착시켜 흡착량과 전기전도성의 변화를 동시에 측정하는 방법을 제공한다.
- [0043] 본 발명은 다른 일 측면에 있어서, 제1 면에는 상기 수정 진동자를 진동시키기 위한 제1 전극이 형성되고, 상기 수정 진동자의 제2 면에는 시료의 전기적 특성을 측정하기 위한 제2 전극이 형성된 수정 진동자의 제2 면에 가스 흡착층을 형성하고 가스 흡착에 따른 흡착층의 전기적 특성 변화를 관측하여 가스 종류를 분석하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0044] 본 발명은 수정 진동자 미세저울을 이용하여 질량과 전기적 특성의 변화를 동시에 측정할 수 있는 장치와 방법을 제공하였다. 본 발명에 따른 전기적 특성 변화의 측정이 가능한 수정 진동자 미세 저울은 전도성 고분자의 수분과 같은 가스의 흡착량에 따른 전기적 특성 변화를 실시간으로 파악할 수 있다. 가스의 종류에 따라 흡착량과 전기적 특성 변화가 특정 값을 가지는 것을 이용하여 흡착되는 가스의 종류를 감식하는 것도 가능하다.
- [0045] 본 발명에 따른 수정진동자 미세저울은 질량과 전기적 특성 변화를 하나의 장치를 통해서 동시에 측정할 수 있어, 장치의 부피가 작고, LFE 형태의 수정진동자의 비어 있는 면에 전극을 형성할 수 있어 제작이 쉽고 간편하다.
- [0046] 본 발명에 있어서, 상기 LFE 타입의 QCM은 수정진동자의 비어 있는 면에 시료를 넓게 형성할 수 있어, 소량의 시료 사용으로 인한 오차를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 수정 진동자의 (a) 상부면, (b) 하부면에 형성된 전극 패턴의 형상이며, (c) IDE-코팅된 LFE quartz resonator의 사진 이미지이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 시험 장치를 보여주는 개략도이다.
- 도 3은 다양한 온도에서 상대 습도에 따른 폴리아닐린-코팅된 수정 변화, (a) 공명 진동수, (b) 전기 저항(블랙 15 °C, 레드 20 °C, 그린 25 °C, 블루 30 °C, 스카이블루 35 °C)
- 도 4는 25 °C에서 폴리아닐린이 코팅되지 않는 수정 진동자에서 상대 습도, 전기저항, 및 공명 진동수의 변화임.(블랙: 상대습도, 블루: 공명진동수, 레드: 상대적 저항)
- 도 5는 (a) 다양한 온도에서 폴리아닐린 코팅된 수정 진동자의 공명 진동수에 따른 전기적 저항의 변화, (블랙: 15 °C, 레드: 20 °C, 그린: 25 °C, 블루: 30°C, 스카이블루: 35°C). (b) 온도에 상관 없이, 마스터 커브에 겹쳐진 공명진동수에 따른 전기적 저항 곡선의 변화.

도 6은 폴리아닐린 코팅된 수정 진동자에 다양한 기체를 흡착시킬 때, (a) 공명 진동수와 (b) 전기적 저항의 변화를 도시한다.(블랙: 물, 레드: 에탄올, 그린: 아세톤, 블루: 클로로포름)

도 7은 폴리아닐린 코팅된 수정 진동자에 각각의 가스의 흡착에 기인한 공명 진동수의 변화에 대한 상대적인 저항 변화의 변화비를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하, 실시예를 통해서 본 발명을 상세하게 설명한다. 하기 실시예는 본 발명을 상세하게 설명하지만 본 발명을 한정하기 위한 것은 아니며, 본 발명을 예시하기 위한 것임을 당업자는 유념하여야 한다.

[0049] 실시예 1

[0050] 수정 진동자에 금 전극의 패터닝

[0051] Shadow metal masks를 Yesung (경기도, 대한민국)에서 구입하여 수정 진동자의 표면에 상 하부면에 각각 한 쌍의 금 전극을 형성하였다. 도 1(a) 및 도 1(b)에 도시된 바와 같이, 상부면에는 인터디지털트 전극쌍이 형성되었으며, 하부면에는 대칭형태의 두개의 반원이 약간의 갭을 두고 형성되었다. 상부면에 형성된 21 인터디지털트 전극(IDE)의 길이, 폭, 및 갭은 각각 2.5 mm, 100 mm, and 100 mm였다. 또한, 하부면에 형성된 래터럴 필드 익사이터드(lateral field excited;LFE) 전극의 직경과 두 반원 사이의 갭은 각각 10 mm 와 1 mm였다.

[0052] 수정 진동자를 순서대로, aqua regia, ethanol, 및 deionized water로 세척한 후, 10 nm 두께의 크롬과 100 nm 두께의 금 층이 수정면에 열 증착을 통해서 형성되었다.

[0053] 패터닝된 수정진동자에 폴리아닐린 필름의 형성

[0054] 폴리아닐린 에머랄딘 염이 들어 있는 자일렌을 오븐에서 가열하여 자일렌을 증발시키고, 잔존하는 폴리아닐린은 포름산(1 mg/mL)을 이용하여 용해시켰다. 100 mL의 용액을 분취하여 IDE-코팅된 수정에 적하시킨 후, 질소 분위기에서 건조시켰다. 폴리아닐린 필름의 저항은 두께에 따라 100 kW에서 1000 kW까지 변화되며, 저항 범위는 디지털 멀티미터를 이용하여 측정되었다. 필름의 두께는 60 nm 였으며, 표면 프로파일러(Alpha-Step 500, Tencor Instruments, CA)를 이용하여 측정하였다.

[0055] 장치 셋업.

[0056] 도 2에서 도시된 바와 같이, 패터닝된 수정 진동자는 온도 조절되는 챔버에 고정되고, 건조한 질소가 캐리어 가스로 사용되었으며, 순수나 유기 용매를 포함하는 가스 버블러를 통과하여 가스를 형성하였다. 유기 용매 증기를 생성하기 위해서 순수한 액체가 사용되었으며, 각 증기의 농도는 상온에서 평형 증기압을 이용하여 계산하였다. 대비하여, 상대 습도는 건습 질소의 유량 조절에 의해서 변화되었으며, 유량 조절은 mass flow controllers (Brooks Instruments, Hatfield, PA)를 이용하였으며, 고정된 총 유량은 100 mL/min이었다. 최종 상대 습도는 챔버의 출구에서 통상의 습도계(Picotech, Cambridgeshire, UK)를 이용하여 측정하였다. 인터디지털트 전극들은 디지털 멀티미터(Agilent 34410)에 연결되어, 저항 변화가 측정되었으며, 하부면의 LFE 전극들은 impedance analyzer (QCM Z500, KSV Instruments Inc., Finland)에 연결되어 수정진동자의 진동수의 변화를 측정하였다.

[0057] 저항 및 무게 변화 측정

[0058] 수정 진동자에 폴리아닐린 필름이 형성된 상태에서 순수가 형성된 가스 버블러에 가스를 통과시켜 수증기를 형성하여 폴리아닐린 필름에 물을 흡수시키면서 물의 흡수에 따른 필름의 질량 변화와 전기적 특성 변화를 측정하였다. 측정된 데이터를 도 3(a) 및 도 3(b)에 도시하였다.

[0059] 도 3(a) 및 도 3(b)에서 도시된 바와 같이, 폴리아닐린 코팅된 수정 진동자는 공명 진동수와 전기 저항이 온도와 습도에 따라 변화하였다. 공명 진동수와 전기 저항은 상대 습도의 증가에 따라 감소하였다. 공명 진동수의 감소는 폴리아닐린 필름에 대한 수증기 흡착에 기인한 것이며, 상대 습도에 따른 진동수의 변화는 온도의 증가에 따라 감소하였으며, 이는 고온에서 폴리아닐린 필름의 흡착량이 더 적기 때문이다. 수증기의 존재하에서 폴

리아닐린 필름은 폴리아닐린이 흡착된 물과 프로톤 교환에 의해서 전기 저항이 감소된다.

[0060] 도 5에서는 도 3의 두 데이터를 하나의 그래프에 플롯하였다. 도 5(a)는 다양한 온도에서 공명 진동수에 따른 상대적 전기 저항의 변화를 보여주며, 전기 저항은 진동수의 변화가 커짐에 따라, 즉 물이 흡착량이 증가됨에 따라 감소하였다. 전기저항은 저온에서는 물의 응축으로 인해 포화되었으며, 고온에서는 거의 선형으로 물의 흡착에 따라 감소하였다. 도 5(b)는 도 5(a)의 2D 그래프이며, 전기저항의 변화가 실험온도보다는 물의 흡착량에 좌우됨을 보여준다.

[0061] 비교 실시예

[0062] 상기 실시예에서 수정 진동자의 표면에 폴리아닐린 필름이 없는 것을 제외하고는 동일하게 실시하였다. 수정 진동자가 25 ℃, 75% 상대 습도 환경에 노출된 경우, 도 4에서와 같이 4 Hz의 진동수 변화를 나타내었으며, 전기 저항의 변화는 무시할 수준이었다.

[0063] 실시예 2

[0064] 에탄올, 아세톤, 클로로포름과 같은 다양한 가스를 이용하여 실시예 1과 같이 실시하였다. 도 6(a)와 도 6(b)는 각각 공명 진동수의 변화와 상대적인 전기저항 값의 변화를 도시하였다.

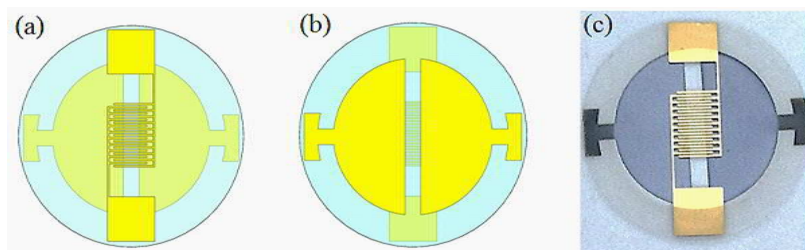
[0065] 공명 진동수는 증기의 종류에 관계없이 증기의 흡착량에 의해서 감소되었으나, 상대적인 저항의 변화에 있어서 는 물, 에탄올, 및 아세톤은 저항이 감소한 반면 클로로포름은 저항이 증가되었다.

[0066] 도 7은 각 증기의 흡착에 따른 진동수 변화에 의해서 정규화된 상대적인 저항 변화들을 도시한 것으로, 물이 흡착에 의해서 가장 큰 폭의 전기 저항의 감소를 나타내었으며, 다음 아세톤, 에탄올 순으로 나타났다. 또한, 클로로포름은 반대로 증가하였다.

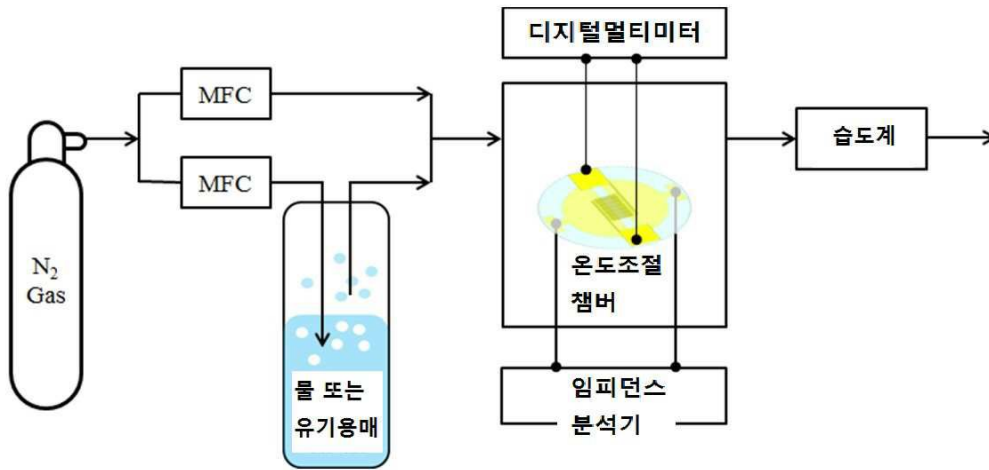
[0067] 이는 흡착되는 가스의 양이 동일할 경우, 가스의 종류에 따라 저항 변화의 방향과 폭이 상이함을 나타내며, 결과적으로 흡착된 가스의 종류를 파악할 수 있는 센서로 사용될 수 있다.

도면

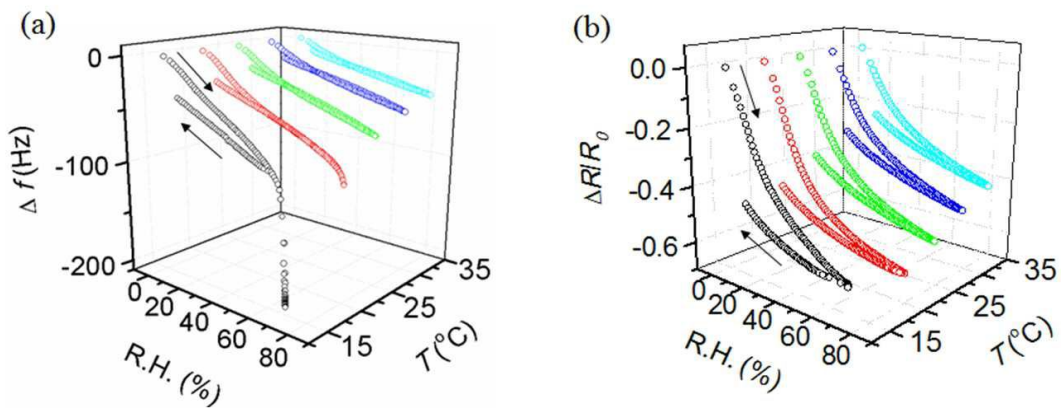
도면1



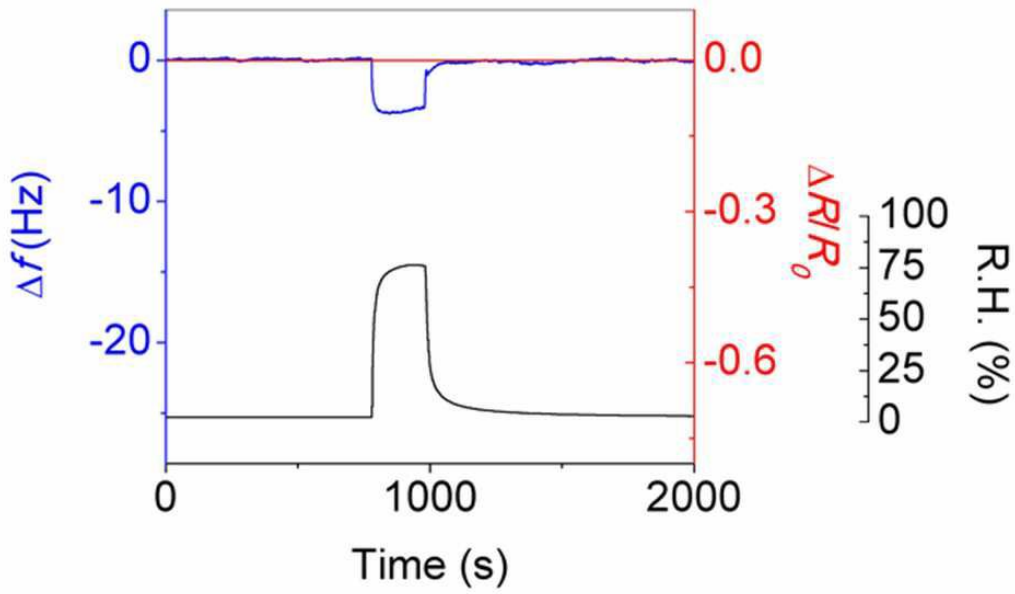
도면2



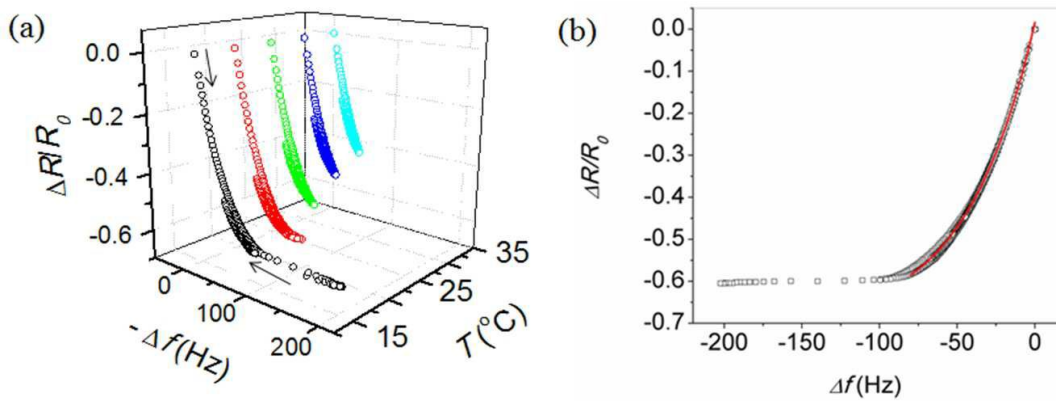
도면3



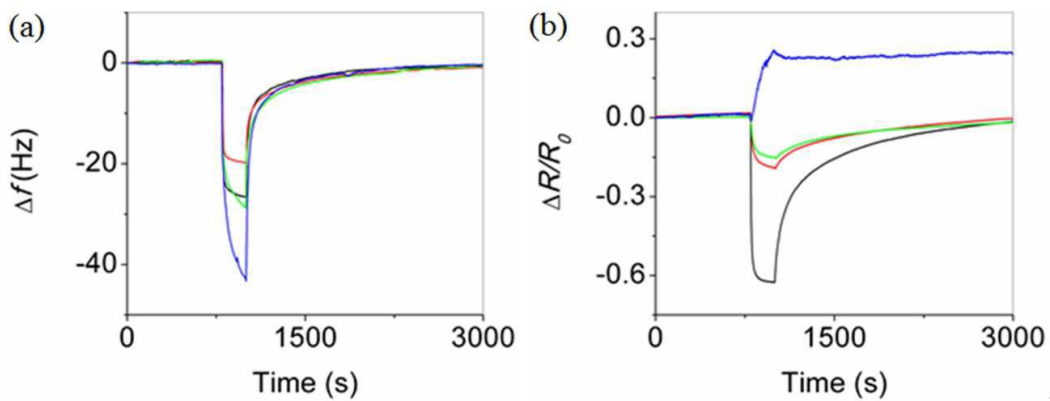
도면4



도면5



도면6



도면7

