

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G01N 21/64 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년05월29일 10-0584188 2006년05월22일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2004-0015629 2004년03월08일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0090285 2005년09월13일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자	한국과학기술연구원 서울 성북구 하월곡2동 39-1
(72) 발명자	변재철 독일테-66123자르브뤼켄스툴자첸하우스베크97  최헌진 서울특별시성북구돈암동609-1한진아파트204-1507
(74) 대리인	박장원

심사관 : 홍정혜

(54) 나노선 광센서 및 이를 포함하는 키트

**요약**

본 발명은 특정 파장의 빛에 의하여 나노선의 저항이 감소하는 현상을 이용한 나노선 광센서에 관한 것이다. 또한, 나노선 광센서와 화학형광 및 화학발광을 이용하는 면역분석 (immunoassay) 원리를 결합한 면역분석용 신속 진단 키트를 제공한다. 또한, 나노선 광센서를 마이크로 어레이화하여 화학형광 및 화학발광을 검출방법으로 사용하는 나노선 단백질 칩과 유전자칩을 제공한다.

**대표도**

도 6

**명세서**

**도면의 간단한 설명**

도 1은 ZnO 나노선을 전극에 연결한 후, 파장 365 nm와 파장 532 nm의 빛을 번갈아 조사하면서 전류의 흐름을 관찰한 그래프이다.

도 2는 조사량 (pumping power)에 따른 나노선 도통전류를 보여주는 그래프이다.

도 3은 광조사에 의한 나노선 관통전류와 암전류를 비교한 그래프이다.

도 4는 GaN 나노선에 미량물질을 도핑할 때 관찰되는 밴드갭의 변화를 보여주는 그래프이다.

도 5a는 GaN-ZnO 지름방향 이종구조 나노선을 나타낸 것이고, 5b는 이종구조 나노선에서 나타나는 밴드갭 변화를 보여주는 그래프이다.

도 6은 나노선 광센서 구조를 보여주는 것이다.

[(1): 전극, (2); 나노선, (3); 기관]

도 7은 나노선 광센서가 부착된 신속 진단 키트 구조를 나타낸 것이다.

도 8은 기관에 성장한 InN 나노선을 보여주는 것이다.

[(4); 확인선, (5); 진단선, (6); 진단키트스트립, (7); 나노선 광스위치]

도 9는 InN 나노선을 이용한 진단 키트에서 화학발광에 의한 관통전류의 변화를 보여주는 것이다.

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 반도체 나노선 광센서, 이를 이용하는 면역분석키트 및 이를 이용한 면역분석 방법에 관한 것이다.

면역분석용 신속 진단 키트 (Rapid Test Kit for Immunoassay, 이하 "신속 진단 키트"라 칭한다)는 일반인의 체액을 이용하여 진단 검사가 가능한 현장검사 (point-of-care)를 위한 검사 도구이다. 이러한 신속 진단 키트의 대표적인 예로서 가정용 임신 진단 키트, 응급실용 에이즈 진단 키트 등을 들 수 있다.

일반적으로 사용되는 신속 진단 키트는 스트립형 구조로 되어 있으며, 스트립에 점주입된 액체시료가 모세관 현상에 의하여 이동한다. 이러한 신속 진단 키트의 기본원리는 면역분석으로, 시료중의 분석 대상물이 이동경로 중에 위치된 반응점에서 항원-항체 반응을 일으키게 되고, 이러한 반응의 결과를 화학발색을 통하여 육안으로 확인하는 것이다.

신속진단검사의 유효성 판정은 반응점의 전후에 위치한 음성 반응점과 양성 반응점에서 일어나는 시료의 반응을 관찰하여 이루어진다. 또한, 진단과정에서 수행되는 시료의 정상적인 이동과 검사키트의 유효성 확인도 화학발색을 통한 육안검사로 이루어진다. 이러한 신속 진단 키트는 시료내에 분석 대상물이 일정 농도 이상 존재함을 확인하는 제한적인 정량검사에 해당되며, 세분화된 정량을 위해서는 여러 개의 반응점을 위치시키는 방법이 적용된다.

일반적으로 사용되는 발색반응은 분석대상물의 검출에 사용되는 항원 또는 항체에 결합된 양고추냉이 퍼옥시다제 (Horseradish Peroxidase, HRP), 알칼라인 포스파타아제 (Alkaline Phosphatase, AP)와 이들 효소에 대한 특이 기질을 이용한다. 이들 단백질에 대한 특이 기질로서 일반적으로 반응 전에는 무색이나 반응 후에는 특정한 색상의 발색을 일으키는 비용해성 화합물이 사용된다.

기존의 신속 진단 검사 키트에 사용되는 화학발색은 시료 내 분석 대상물의 양에 따라 발색양이 정해지고, 일정 수준 이상의 농도에 대해서는 육안으로 확인이 가능하도록 설계된다. 이러한 발색반응으로 확인 가능한 분석대상물의 농도의 한계는  $10^{-6}$  내지  $10^{-9}$  M 수준으로 알려져 있다.

이에 비하여, 화학발광을 사용하는 경우 분석 가능한 한계는  $10^{-19}$  M 까지, 화학형광의 경우  $10^{-12}$  M 까지 향상될 수 있음이 알려져 있다 [K. Dyke, Light Probes, in Luminescence biotechnology, CRC Press, 2002, pp. 5 참조]. 화학발광을 사용한 키트의 구성을 위해서는 상기의 발색을 이용하는 신속 진단 키트에 사용되는 HRP와 AP를 그대로 사용할 수 있고, 화학발색을 일으키는 특이기질을 대체하여 화학발광을 일으키는 특이기질을 사용하게 된다. 화학형광의 경우에는 형광물질이 결합된 반응물질을 사용하여 검사를 시행한다. 이와 같이, 신속진단키트에 있어서 화학발광이나 화학형광을 이용하

면, 감도의 향상으로 인하여 다양한 종류의 체액 시료내에 포함된 극미량의 분석대상물의 분석이 가능하기 때문에, 신속진단키트의 응용 범위의 확장이 가능하고, 반응기질만을 교체하거나 형광물질을 결합시킴으로써 화학발광 또는 화학형광 키트의 구성이 가능하므로, 기존의 생산시설을 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다.

화학발광이나 화학형광을 이용하는 경우, 화학발색과 달리, 육안으로 검사 결과의 식별이 불가능하기 때문에, 검사결과의 확인을 위해서는 화학발광량과 화학형광량을 측정하기 위한 별도의 검출기가 필요하다. 기존에 사용되는 화학발광 측정용 검출기로는 PMT (Photomultiplier tube)와 CCD (Charge-coupled device) 소자를 사용한 기기가 일반적이다 [K. Dyke, Instrumentation for the Measurement of Luminescence, in Luminescence biotechnology, CRC Press, 2002, pp. 31-39 참조]. 그러나, PMT는 소형화가 곤란하고 생산 단가가 높아 일회용으로 사용이 불가능하다는 단점이 있고, CCD는 소형화는 용이하나 감응하는 광파장의 범위가 넓어서 정확한 측정을 위해서는 암실조건이 필요하기 때문에 현장에서 외부기기 없이 사용하기 곤란하다는 단점이 있다. 따라서, 신속 진단 키트에 화학발광을 도입하기 위해서는 키트에 내장할 수 있도록 소형화가 가능하고, 일회용으로 사용할 수 있도록 생산 단가가 저렴하며, 사용현장에서 별도의 외부 기기나 빛의 차단 없이 사용이 가능한 검출기가 요구된다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기 문제점을 개선하기 위한 것으로, 분석 가능한계가 우수하고, 소형화가 가능하고, 일회용으로 사용할 수 있도록 생산단가가 저렴하며, 사용 현장에서 별도의 외부 기기나 빛의 차단 없이 사용이 가능한, 화학형광 또는 화학발광을 이용하는 신속진단키트, 핵산 검출 칩 및 단백질 칩을 제공하고자 한다.

### 발명의 구성 및 작용

본 발명은 반도체 나노선 광센서, 이를 이용하는 면역분석키트 및 이를 이용한 면역분석 방법에 관한 것이다.

우선, 본 발명은 기관, 전원, 상기 전원에 연결된 두 전극 및 상기 두 전극에 연결된 반도체 나노선을 포함하는 나노선 광센서를 제공한다. 본 발명의 한 구체예에 있어서, 나노선 광센서는 도 6에 나타난 바와 같은 구조를 갖는다. 도 6에서 알 수 있는 바와 같이, 반도체의 기관 위에 두 개의 전도성 금속 박막이 위치하여 전극을 구성하고, 나노선이 상기 두 전극 사이에 결합되어 나노선 광센서를 구성한다.

상기 기관은 실리콘과 같은 반도체, 사파이어와 같은 세라믹, 유리, 고분자, 플라스틱 등과 같은 반도체 기관이다. 상기 전원은 1 내지 3 V 범위가 바람직하다. 상기 전극은 Au, Ti, Pt, Pd, TiN 및 이들 중 두 가지 이상의 합금으로 구성된 군 중에서 선택되는 것이 바람직하다. 전극간 거리는 나노선의 길이보다 짧은 2 내지 100 마이크로미터 범위에서 조절된다.

본 발명에 있어서의 '나노선'은 지름이 1 내지 100 나노미터 범위이고, 지름에 대한 길이의 비가 매우 큰 구조를 의미하며, '반도체 나노선'은 반도체 물질로 구성되고 이와 같은 형태를 띠는 구조를 의미한다. 상기 반도체 나노선은 일반적인 모든 반도체 물질로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 ZnO, SnO<sub>2</sub>, CdSe, GaN, CdS, InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si, Ge, 및 SiC로 이루어진 군 중에서 선택된 한 가지 이상의 물질로 구성될 수 있다.

나노선은 다른 물질과 비교하여 단결정이기 때문에 결합 또는 불순물의 물리적, 화학적 특성에 대한 영향이 거의 없다. 또한, 표면적이 대단히 크고, 나노 크기로 얻어지는 효과로 인하여, 물리적, 화학적 환경 변화에 대한 반응 및 감지력이 크기 때문에, 센서로서의 기능이 탁월하다. 또한, 한 방향으로 충분히 큰 길이를 갖기 때문에 다른 나노 물질과 비교하여 소자 형태로 제작하기에 용이하다.

한편, 반도체 나노선은 특정 파장 (광 감응 파장대역)에서 광여기에 의하여 전기 저항이 낮아지는 특성이 알려져 있으며, 이 특성을 이용하여 특정 파장에 대한 광스위치 또는 광센서로 사용하고자 하는 연구가 보고되어 있다. 예컨대, ZnO 나노선을 이용한 광센서가 보고되어 있다 [H. Kind, H. Yan, B. Messer, M. Law, P. Yang. Nanowire ultraviolet photodetectors and optical switches, Adv. Mater. 14 (2002) 158-160 참조]. 이 때, 상기 나노선의 전기저항 또는 도통전류를 측정함으로써 특정 파장의 방출여부 및 방출정도를 측정할 수 있다

도 1은 ZnO 나노선을 전극에 연결한 후, 파장이 365 nm 및 532 nm인 빛을 번갈아 조사할 때의 전류의 흐름을 나타낸 그래프로서, ZnO 나노선의 전기저항이 파장 365 nm의 빛을 조사시에 현격하게 변하는 특성을 보여주고 있다. 이러한 나노선의 특정 파장에 대한 전기저항 변화는, 조사량에 따른 나노선의 도통전류를 보여주는 도 2에 나타난 바와 같이, 조사하

는 광량에 대해서도 정량적인 특성을 보여준다. 도 3은 광조사에 의한 나노선 관통전류와 암전류를 비교한 그래프로서, 여기에서 보여지는 바와 같이, 나노선에 가해진 조사광에 의하여 나노선에 흐르는 전류가 간섭 요인으로 작용하는 암전류에 비하여 현격하게 높은 수치를 나타내므로 높은 신호 대 잡음비의 확보가 가능하다.

본 발명에 있어서, 나노선 광센서가 원하는 파장 대역에서 광 감응을 일으키도록 제어하기 위하여, 다음과 같은 특성을 갖는 나노선을 사용할 수 있다:

우선, 상기 나노선은 구성물질에 따라 상이한 감응 파장을 가지므로, 적절한 구성물질을 선택하여 나노선 광센서가 원하는 파장대역에서 광 감응을 일으키도록 할 수 있다. 이 때, 감응 파장이 서로 다른 두 개 이상의 나노선을 사용하여 나노선 광센서의 감응파장을 조절할 수 있다. 이와 같은 감응파장의 조절은 감응파장이 서로 다른 수개의 나노선 서스펜션을 혼합액으로 만들어 광센서 기판에 배열시키는 방법으로 가능하다. 본 발명의 구체예에서 사용되는 나노선 구성물질에 대한 파장대역을 다음의 표 1에 나타내었다.

[표 1]

파장대역 (nm)	나노선 물질
360 nm 이하	ZnO, GaN, SiC, SnO <sub>2</sub>
360 내지 500 nm	도핑된 ZnO, 도핑된 GaN, 도핑된 SiC
500 내지 600 nm	AlAs, InN, CdS
600 내지 800 nm	InP, GaP, GaAs, InN, Si, CdSe
800 nm 이상	Si, Ge

두 번째로, 기존의 나노선에 적당한 불순물이 도핑된 나노선을 사용하여, 나노선 광센서가 원하는 파장 대역에서 광 감응을 일으키게 조절할 수 있다. 상기 불순물은 전자주개 (donor) 및 전자받개 (acceptor) 역할을 할 수 있는 불순물으로써, 0.5 - 5 % 정도 첨가한다. 예컨대, GaN 나노선의 경우 도너는 Si 또는 Ge, 억셉터는 Mg, Mn, Co 또는 Fe 등을 사용할 수 있으며, SiC 나노선인 경우 도너는 N, 억셉터는 B 또는 Al 등을 사용할 수 있으며, ZnO 나노선인 경우 도너는 Si 또는 Al, 억셉터는 N 또는 Li 등을 사용할 수 있으며, Si 이나 Ge 나노선인 경우 도너는 Li, P, As, Sb 또는 S, 억셉터는 B, Al, Zn, In, Ga 또는 Ni 등을 사용할 수 있으며, InP 또는 GaP 나노선인 경우 도너는 Si, N 또는 As, 억셉터는 Mg, Mn 또는 Zn 등을 사용할 수 있으며, AlAs 또는 GaAs 나노선인 경우 도너는 Si, 억셉터는 Mg, Mn 또는 Zn 등을 사용할 수 있으며, InN 나노선인 경우 도너는 Si 또는 Ge, 억셉터는 Mg, Mn, Zn 등을 사용할 수 있으며, CdS 나 CdSe 나노선인 경우 도너는 Si 또는 Ge, 억셉터는 Mg 등을 사용할 수 있다.

도 4는 GaN 나노선에 미량물질 (Mn, 4%)을 도핑할 때 관찰되는 밴드갭 변화를 보여주는 것으로, 여기에서 알 수 있는 바와 같이, 미량의 불순물을 도핑함으로써 밴드갭의 조절이 가능하고, 상기 불순물의 종류 및 도핑량을 조절함으로써 광센서에 사용되는 나노선이 감응하는 파장 대역을 조절할 수 있다.

세 번째로, 지름방향 이종구조를 갖는 나노선을 사용하여, 나노선 광센서가 원하는 파장대역에서 광 감응을 일으키도록 조절할 수 있다. 상기 지름방향 이종구조는 한 가지 물질을 증착하여 코어 (core) 부분을 형성한 후, 그 주위에 다른 물질을 증착하여 쉬스 (sheath) 부분을 형성함으로써 얻을 수 있다. 예컨대, 도 5a는 GaN-ZnO 지름방향 이종구조 나노선의 모습을 나타내는 것이며, 도 5b는 이종구조 나노선에서 나타나는 밴드갭 변화를 보여주는 그래프이다. 도 5a 및 5b에서 알 수 있는 바와 같이, 두 종류의 물질이 각각 코어와 쉬스를 구성하는 이종구조 나노선은 코어와 쉬스가 각각 다른 파장대역에서 광 감응을 일으킬 수 있기 때문에, 보다 폭 넓은 영역대에서 광반응을 달성할 수 있다. 또한, 지름방향 이종구조에서 코어와 쉬스의 두께를 조절함으로써 양자 제한 효과에 의하여 광 감응을 일으키는 파장대역을 조절할 수 있다. 즉, 각 반도체가 갖는 고유의 보어 엑시톤 반경 (Bohr exciton radius) 보다 작게 코어와 쉬스의 두께를 조절할 경우 광 감응 파장대역을 조절할 수 있다. 예를 들어, GaN-ZnO 이종구조의 경우 각 부분, 또는 한 부분의 두께를 10 nm 이하로 조절할 경우 양자 제한 효과에 의해서 보다 짧은 파장대역에서 광 감응을 일으킬 수 있다.

네 번째로, 길이방향 이종구조를 갖는 나노선을 사용하여, 나노선 광센서가 원하는 파장대역에서 광 감응을 일으키도록 조절할 수 있다. 상기 길이방향 이종구조는 서로 다른 두 가지 이상의 물질을 번갈아 증착시킴으로써 얻을 수 있다. 이와 같이, 두 종류의 물질이 길이방향으로 각각 교대로 구성된 이종구조 나노선은 각 영역마다 각각 다른 파장대역에서 광 감응

을 일으킬 수 있기 때문에 보다 폭넓은 영역대에서 광 감응을 달성할 수 있다. 예를 들어, 같은 III-V 화합물 반도체이며 같은 결정구조를 갖는 InN 와 GaN 로 길이방향의 이종구조를 갖는 나노선을 제조할 수 있으며, 이와 같은 나노선에서 InN 부분은 500 - 800 nm 파장 영역대에서 광 감응을 일으키며, GaN 부분은 360 nm 이하 파장 영역대에서 광 감응을 일으킨다.

다섯 번째로, 상기 지름방향 이종구조의 나노선에서 내부를 제거한 튜브 형태의 나노선을 사용하여, 나노선 광센서가 원하는 파장대역에서 광 감응을 일으키도록 조절할 수 있다. 이 경우 튜브의 두께에 따라 양자 제한 효과에 의해 광 감응 파장대역을 조절할 수 있다. 코어부분의 제거는 나노선을 염산으로 처리하거나, 고온의 환원 분위기 (예컨대, H<sub>2</sub>, 500 °C, 30 분)하에서 처리하면 고온 환원 분위기에 약한 코어 부분을 제거할 수 있다. 즉, 코어 부분을 제거하고 남은 튜브의 두께를 조절함으로써 광 감응 파장대역을 조절할 수 있다. 예를 들어, 튜브의 두께를 재료가 갖는 고유의 보어 엑시톤 반경 보다 작게 조절할 경우 양자 제한 효과에 의하여 보다 짧은 파장대에서 광 감응을 일으킬 수 있다.

여섯 번째로, 고용된 나노선을 사용하여, 나노선 광센서가 원하는 파장대역에서 광 감응을 일으키도록 조절할 수 있다. 예를 들어 III-V 화합물중 InN와 GaN 은 각각 0.7 eV 와 3.4 eV 의 밴드갭을 가지며 서로 고용된 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N 조성을 만들 수 있다. 이 때, 밴드갭은 조성 x 에 의해 조절할 수 있기 때문에 x 의 조절에 따라 620 에서 360 nm 의 폭넓은 영역대에서 광반응을 조절할 수 있다.

또한, 본 발명은 상기와 같은 나노선 광센서의 제조방법을 제공한다. 상기 나노선 광센서 제조방법은 나노선을 성장시킨 후 분리하는 단계; 부도체 기판 상에 두 개의 전도성 금속 박막 전극을 위치시키는 단계; 상기 얻어진 나노선을 전극 사이에 분산시키고 5 - 50 V 범위의 전압을 가하여 나노선을 두 전극 사이에 위치시키는 단계; 및 전자빔 조사 또는 열처리를 통하여 상기 전극과 나노선을 전기적으로 접속시키는 단계를 포함하여 이루어진다. 상기 전극과 나노선의 접속시 전자빔을 이용하는 경우 1 내지 5 초 동안 조사하는 것이 바람직하고, 열처리를 이용하는 경우 200 내지 500 °C 에서 10 내지 60 초 가열하는 것이 바람직하다.

상기 전극으로써 Au, Ti, Pt, Pd, TiN 및 이들 중 두 가지 이상의 합금으로 구성된 군 중에서 선택되는 물질을 사용하는 것이 바람직하며, 동일 또는 상이한 물질로 되어 있는 두 개의 전극을 부도체의 기판상에 적절한 거리를 두고 위치시키고, 전극간 거리는 나노선의 길이보다 짧은 2 - 100 마이크로미터 범위에서 조절하는 것이 바람직하다. 상기 나노선으로써, 일반적인 반도체 물질로 구성되거나, 바람직하게는 ZnO, SnO<sub>2</sub>, CdSe, GaN, CdS, InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si, Ge, 및 SiC로 이루어진 군 중에서 선택된 어느 하나의 물질로 구성되고, 지름이 1 내지 100 나노미터 범위인 것을 사용하는 것이 바람직하다.

상기 나노선은 소정의 실리콘 등의 반도체, 사파이어 등의 세라믹, 유리, 고분자 및 플라스틱 기판 중에서 선택된 소정의 기판에 귀금속 또는 전이 금속 촉매를 위치시키고, 300 내지 800 °C 범위의 고온에서 나노선 성분의 소정의 전구체 (precursor)를 공급하여 성장시킨 후, 기판으로부터 나노선을 분리시켜 사용한다. 상기 전이금속촉매로서 Au, Ni, Co 또는 Ni 등을 사용할 수 있다. 이 때, 상기 나노선이 성장한 기판을 알코올 또는 나노선과 반응하지 않으면 쉽게 휘발되는 유기 용매에 넣고 수 초간 초음파를 가하여 기판으로부터 나노선을 분리시켜, 나노선이 포함된 서스펜션 상태의 용액을 만들어 사용할 수 있다. 예컨대, 상기 유기용매로서 이소프로필알코올 등을 사용할 수 있다.

이 때, 상기 나노선은 원하는 광 감응 범위를 갖는 물질을 선택하여 성장시키며, 상기한 바와 같이, 적당한 불순물을 도핑시키거나, 서로 다른 두 가지 물질을 사용하여 지름방향 이종구조 또는 길이방향 이종구조를 갖도록 제작하거나, 튜브 형태로 제작하거나, 고용된 나노선을 제작함으로써, 나노선 광센서가 원하는 파장대역에서 광 감응을 일으키도록 조절할 수 있다.

본 발명의 한 구체예에 있어서, 상기 나노선 용액을 부도체 기판위에 위치하는 두 개의 전극 사이에 소량 위치시키고 전장을 걸어 나노선이 전극 사이에 위치시킬 수 있다. 본 발명의 다른 구체예에 있어서, 상기 나노선 용액을 랑뮤어-블로젯 필름 (Langmuir-Blodgett film) 형태로 만들어 압착하여 전극 사이에 위치시킬 수 있다. 또는, 기타 본 발명이 속하는 기술분야에 통상적으로 사용되는 소정의 방법을 사용하여 나노선을 전극 사이에 위치시킬 수 있다.

그리고 나서, 수 초간의 전자빔 조사 또는 가열을 통하여 상기 전극을 나노선과 전기적으로 접속시킨다. 나노선의 전기적 접속 여부는 광학 현미경을 사용한 육안 검사와 특정 파장을 조사한 후 저항 변화를 관찰하는 전기적 검사법을 순차적으로 시행하여 확인한다. 이 때, 광센서의 두 전극에 일정 전압을 가하며 측정하고, 광조사량은 나노선의 저항 변화에 따라 나노선에 흐르는 전류량을 측정하여 환산한다.

또한, 본 발명은 화학형광 물질을 포함하는 검출 스트립과 상기 나노선 광센서를 포함하여 구성되고, 상기 나노선 광센서가 화학형광이 발생하는 부분에 밀착하여 위치하는 화학형광 측정키트를 제공한다 (도 7 참조). 상기 화학형광 측정키트는 신속진단키트로서 사용가능하다.

이러한 나노선을 사용한 광센서는 도 7과 같이 신속 진단 키트의 화학형광이 이루어지는 부분에 밀착되도록 위치시킨다. 일반적으로 사용되는 형광물질 중 나노선이 감응할 수 있는 파장에 적합한 형광파장을 갖는 것을 선택하고, 이를 검출 스트립의 어느 한 부분 이상 (예컨대, 신호선 및 확인선)에 코팅하여 사용한다. 이러한 형광의 측정을 위하여 사용되는 형광 물질별 여기 파장과 형광 파장에 대하여 사용된 나노선을 아래 표 2에 정리하였다.

**[표 2]**  
형광 기질별 형광 파장과 검출에 사용된 나노선

형광물질	여기파장 (nm)	형광파장 (nm)	나노선 종류
플루오레세인 (Fluorecein)	495	520	AlAs, InN
바이오티피-FL (Biodipy-FL)	503	512	AlAs, InN
알렉사 플루오르 그린 (Alexa Fluor Green)	491	515	AlAs, InN
R-피코에리트린 (R-phycoerythrin)	564	576	AlAs, InN
피코에리트린-텍사스 레드 (Phycoerythrin-Texas Red)	495	620	GaP, InN
피코에리트린-시아닌5 (Phycoerythrin-cyanine5)	495	670	InP, GaP, InN
피코에리트린-시아닌7 (Phycoerythrin-cyanine7)	495	755	InP, GaP, GaAs, InN, Si
페리딘-클로로필 단백질 (Peridinin-chlorophyll protein)	490	677	InP, GaP, GaAs, INN
알로피코시아닌 (Allophycocyanin)	650	660	GaP, GaAs
알로피코시아닌-시아닌7 (Allophycocyanin-cyanine7)	650	755	InP, GaP, GaAs, Si

표에서 보는 바와 같이, 500 내지 800 nm의 파장대에서 InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si 등의 나노선에서 주어진 파장대에 반응할 수 있는 나노선을 선택, 사용하였다. 또는, 주어진 파장대에 적합한 지름방향 이종구조 나노선을 선택할 수 있다. 또는, 주어진 파장대에 적합한 길이방향 이종구조 나노선을 선택할 수 있다. 또는 주어진 파장대에 적합한 나노튜브를 선택할 수 있다. 또는 주어진 파장대에 적합한 고흡용 나노선을 선택할 수 있다. 이와 같이 형광물질이 나타내는 형광파장에 따라 적절하게 광센서에 사용되는 나노선을 선택한다.

또한, 본 발명은 화학발광 기질 및 화학발광 효소를 포함하는 검출 스트립과 상기 나노선 광센서를 포함하여 구성되고, 상기 나노선 광센서가 화학발광이 발생하는 부분에 밀착하여 위치하는 화학발광 측정키트를 제공한다 (도 7 참조). 상기 화학발광 측정키트는 신속진단키트로서 사용가능하다.

이러한 나노선을 사용한 광센서는 도 7과 같이 신속 진단 키트의 화학발광이 이루어지는 부분 (예컨대, 신호선과 확인선)에 밀착되도록 위치시킨다. 일반적으로 사용되는 발광 기질 중 나노선이 감응할 수 있는 파장에 적합한 발광파장을 갖는 것을 선택하고 이를 검출스트립신의 어느 한 부분 이상에 코팅하여 검출 대상 기질로 사용하며, 상기 검출 기질에 작용하는 화학발광 효소를 주입하여 화학발광을 발생시켜 이를 측정한다. 예컨대, 양고추냉이 퍼옥시다제 (HRP), 알칼라인 포스파타아제 (AP) 및 루시페라제 (luciferase)의 발광 기질 중, 표 2에 제시된 파장범위에서 정량적인 화학발광을 일으키는 아다만탄-디옥세탄 (Adamantane-dioxetane), 아크리디늄 (Acridinium) 유도체, 루미놀 (Luminol) 유도체, 루시게닌 (Lucigenin), 반딧불이 루시페린 (Firefly luciferin), 에쿠오린 (Aequorin)등을 포함하는 포토프로테인 (photoprotein), 히드라지드 및 쉬프 염기 화합물, 루테늄 트리비피리딜 그룹 (Ruthenium trisbipyridyl group)을 포함하는 전기화학적 발광 기질 및 발광성 산소 채널링 기질 등을 코팅하여 검출 대상 기질로 사용할 수 있다. 발광기질별 발광파장과 상기 파장에 감응하는 나노선을 아래의 표 3에 정리하였다.

**[표 3]**  
발광 기질별 발광 파장과 검출에 사용된 나노선

발광 기질	발광 파장 (nm)	나노선 종류
아다만탄-디옥산 (디옥세탄)	477	GaP, AlAs
아크리디늄 화합물	430-435	도핑된 GaN, 도핑된 ZnO
루미놀 화합물	500	GaP, AlAs, InN
루시페린	565	InP, GaAs
포토프로테인	470	InP, GaP, GaAs, AlAs, InN
히드라지드(hydrazides) 및 슈프(schiff) 염기 화합물	540	InP, GaP, GaAs, AlAs
전기화학적 발광기질	620	InP, GaAs, AlAs, Si, Ge
발광성 산소 채널링 기질	520-620	InP, GaAs, AlAs

상기 표 3에서 보는 바와 같이, 430 nm의 파장대에서는 나노선으로서 도핑된 GaN 또는 도핑된 ZnO 나노선을 사용하며, 이보다 장파장대에서는 InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si 또는 Ge 나노선 중에서 적절한 것을 선택하여 사용한다. 또는, 주어진 파장대에 적합하도록 두 물질을 선택하여 코어 및 쉬스 구조를 갖는 지름방향 이종구조 나노선을 사용할 수 있다. 또는, 주어진 파장대에 적합하도록 두 물질을 선택하여 번갈아 증착시킴으로써 얻어지는 길이방향 이종구조 나노선을 사용할 수 있다. 또는, 두 물질을 적절히 고평용한 나노선을 사용할 수 있다. 이와 같이 발광기질이 나타내는 발광 파장에 따라 광센서에 사용되는 나노선을 선택한다.

나노선을 이용하는 광센서는 신속 진단 키트에 내장이 가능하도록 소형화가 용이하고, 일회용으로 사용할 수 있도록 생산 단가가 저렴하며, 사용 현장에서 별도의 외부기기 없이 사용이 가능하다. 또한, 나노선을 사용하는 광스위치의 경우 일반 CCD 소자나 광다이오드와 달리 감응하는 광파장 범위가 좁아 별도의 광차단 장치 없이 신속 진단 키트용 플라스틱 용기내에 내장하여 사용이 가능하고, 소비전력이 작아 신속 진단 키트에 내장 가능한 단추형 전지를 사용하여 구동이 가능하다.

또한, 본 발명은 상기 나노선 광센서와 분석 대상물질을 포함하는 면역분석 키트를 제공한다. 상기 면역분석 키트는 분석 대상물질이 올리고뉴클레오타이드 (oligonucleotide), DNA, RNA, PNA 및 cDNA를 포함하는 핵산인 핵산 검출 칩 및 분석 대상물질이 단백질인 단백질 칩을 포함한다.

우선, 본 발명의 나노선 광센서를 기존의 형광 반응을 이용하는 핵산 검출 칩 및 단백질 칩에 응용할 수 있다. 핵산 검출 칩을 사용하여 유전자를 검출하는 경우, 칩에 고정된 유전자에 상보적인 유전자가 결합하였는지 여부를 확인을 위하여, 상기 상보적으로 결합하는 유전자에 형광물질을 연결하여 여기서 발생하는 형광을 측정하는 것이 일반적이다. 실제로, 상기 형광의 확인은 특정파장의 레이저를 조사하여 형광을 여기하고 쉬프트된 파장의 광량을 측정하여 이루어진다. 형광의 측정은 일반적으로 광원으로 사용되는 레이저의 광 패스(light path)와 90° 각도에서 수행된다. 이 때, 광원과 90° 각도에 사용된 형광물질의 형광파장에 적합한 파장 대역을 갖는 나노선을 사용하는 본 발명의 나노선 광센서를 장치하여 발생하는 형광을 측정할 수 있다.

또한, 본 발명의 화학발광 측정이 가능한 나노선 광센서를 핵산 검출 칩 또는 단백질 칩에 적용할 수 있다. 이를 위하여, 칩에 고정된 유전자에 결합하는 상보적 유전자에 화학발광을 유도할 수 있는 효소인 HRP, AP, 루시페라제 등을 결합시키고, 화학발광 기질을 주입하여 검출을 수행할 수 있다. 일반적으로 형광으로 검출이 가능한 한계는  $10^{-12}$  M 인 것에 비하여, 화학발광으로 검출 가능한 한계는  $10^{-19}$  M 로, 화학발광을 사용하는 경우, 화학형광을 사용하는 경우보다 높은 감도의 검출이 가능하다. 따라서, PCR 방법을 사용하여 대상 유전자를 증폭하지 않거나, 적은 횟수의 증폭만으로 미량의 분석 대상 유전자를 검출할 수 있는 장점이 있으므로 검사 시간이 단축되며, PCR 과정에서 발생 가능한 오증폭에 의한 검출 실수를 줄일 수 있다는 이점이 있다. 또한, 레이저 등의 별도의 광원을 필요로 하지 않는 장점이 있어 마이크로 스케일의 소형화가 용이하며, 집적을 통한 어레이화가 가능하여 핵산 검출 칩으로의 응용에 유리하다.

또한, 본 발명은, 단백질 칩에 있어서, 단백질이 고정되어 있고 시료내의 단백질 또는 화학물질로 된 결합물질이 고정된 단백질에 결합하거나 생성물을 만들게 되는데, 이때, 상기 결합물질 또는 생성물에 형광물질을 표지하고, 상기 형광물질의 형광파장에 적합한 나노선을 포함하는 본 발명의 나노선 광센서를 사용하여 발생하는 형광을 측정함으로써, 효소와 기질의 반응, 수용체 (합성 또는 생물 수용체)와 결합물의 반응, 항원-항체 반응 등과 같은 단백질간의 결합, 단백질과 유전자 (DNA 또는 RNA)의 결합, 유전자 (DNA 또는 RNA) 간의 결합을 검출할 수 있는 단백질 칩을 제공할 수 있다.

또한, 본 발명은, 단백질 칩에 있어서, 상기 결합물질 또는 생성물에 발광효소를 결합시키고 발광물질을 주입하고, 상기 발광물질의 발광 파장에 적합한 나노선을 포함하는 본 발명의 나노선 광센서를 사용함으로써, 화학발광을 측정하는 단백질 칩을 제공할 수 있다. 단백질 칩의 경우에도 핵산 검출 칩의 경우와 같이 어레이로 집적된 경우에도 본 발명의 나노선 광센서의 적용이 가능하다. 즉, 효소 단백질의 반응, 수용체 (합성 또는 생물 수용체)와 결합물의 반응, 항원-항체 반응 등 단백질 간의 결합, 단백질과 유전자 (DNA 또는 RNA)의 결합 반응 등 형광의 측정을 통해 반응여부 및 반응양을 측정하는 모든 검사에 사용이 가능하다.

이러한 핵산 검출 칩 및 단백질 칩을 포함하는 면역분석 키트에 있어서, 본 발명의 나노선 광센서를 사용하여 마이크로 어레이형 또는 단일 검사용 단백질 칩으로서 구현 가능하다. 마이크로 어레이형의 경우, 다수의 나노선 광센서가 멀티플렉서를 통하여 연결되어 개별 광센서의 신호가 순차적으로 처리되도록 구성되거나, 아날로그스위칭을 통하여 개별 광센서의 신호가 동시에 처리되도록 구성할 수 있다.

상에서 기술한 형광 및 발광의 측정은 형광 및 발광이 일어나는 부위에 근접하게 나노선 광센서를 고정하여 이루어진다. 이러한 고정 방법은 기존에 제작되는 신속 진단 키트, 단백질 칩, 핵산 검출 칩에 큰 변형 없이 사용이 가능하다.

또한, 신호를 일으키는 광량의 손실을 줄이고 신속한 측정을 위해서는 나노선 상에서 형광 및 발광이 일어나게 하는 방법이 사용 가능하다. 즉, 이상에서 기술한 바와 같이 고체상에 고정되는 반응물질을 나노선 상에 직접 고정하는 것이 실현 가능하다. 이러한 나노선 상에 반응물질을 고정하는 방법은 나노선과 물질 사이에 화학 연결물질 (링커)을 나노선에 코팅하고, 이 연결물질에 반응물질을 고정하는 단계로 이루어진다. 나노선 코팅에 사용되는 화학 연결물질은 발생한 형광 또는 발광이 나노선에 도달하는데 방해가 되지 않도록 해당 파장의 빛을 흡수하지 않는 물질을 선택하고, 리간드 물질의 결합을 공간적으로 방해하지 않도록 얇고 균일한 단일막에 가깝게 코팅되어야 한다. 금속산화물로 이루어진 나노선의 경우, 순수 탄소 사슬 혹은 에스테르와 같은 화학작용기가 사슬 구조의 중간에 포함된 탄소 사슬 말단에 아민기, 카르복실기, 에폭사이드기, 술폰산 등이 결합된 티올 또는 유기 실란 유도체를 처리하여 화학 연결 물질막을 나노선 상에 형성시킬 수 있다. 상기 유기실란 유도체는 무수 트리에톡시 또는 트리메톡시 유기 실란 유도체일 수 있다.

또한, 금속 산화물, 순금속, 무기물 등으로 이루어진 나노선의 경우, CVD (화학증착법) 등의 과정을 통하여 금막을 입힌 후, 다양한 길이의 탄소 사슬 말단에 아민기, 카르복실기, 에폭사이드기, 술폰산 등이 결합된 티올 유도체를 처리하여 나노선상에 화학 연결물질 막을 나노선 상에 형성시킬 수 있다.

이 후, 반응물질의 결합은 화학 연결물질의 끝단이 카르복실기인 경우, N-(3-디메틸아미노프로필)-N-에틸카르보디이미드 (EDAC) 및 N-히드록시숙신이미드 (NHS) 등을 사용하고, 아민기인 경우에는 글루타르알데하이드 등을 사용하고, 에폭사이드기와 술폰산인 경우에는 반응물질을 일정시간 인큐베이션하여 결합을 유도시킨다.

이상과 같은 나노선 상에 직접 반응물질을 결합시키는 방법에 의하여 나노선이 고정된 평면에 비하여 나노선의 성장 밀도에 따라 반응물질의 결합에 사용되는 반응면적이 증가하여 사용되는 항원과 항체의 결합 반응, 효소에 의한 반응, DNA와 RNA 등을 사용한 결합반응 등에서 나타나는 센서 신호를 크게 증폭시킬 수 있다.

이하에서는 본 발명에 의한 나노선 광센서를 제조하고, 이 센서를 화학발광 물질과 조합하여 신속 진단 키트를 제조하여 성능을 시험한 실시예를 기술한다. 하기의 실시예에 의하여 본 발명이 보다 구체적으로 설명될 수 있지만, 이러한 실시예는 단지 본 발명의 예시이며, 본 발명이 이들 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

## [실시예]

### 실시예 1

실리콘 기판의 한 면에 스퍼터링 증착법으로 Au를 2 nm 두께로 증착하고, 상기 기판에 CVD에 의하여 500 °C에서  $\text{InCl}_3$ 와  $\text{NH}_3$ 를 공급함으로써, InN 나노선을 성장시켰다. 도 8은 기판에 성장한 InN 나노선을 보여준다. 상기 기판을 이소프로필 알코올에 넣고 10 초간 초음파를 가하여 기판으로부터 나노선을 분리하였다. 상기 용액을 Ti/Au 전극이 위치한 기판에 분산하고 전극 사이에 20 V의 전위차를 가해 전극 사이에 나노선이 정렬 위치하도록 하였다. 이후 가열 (500 °C, 30 초) 또는 전자 빔을 조사하여 전극을 나노선과 접속시켜 나노선 센서를 제작하였다. 전기적 접속을 확인한 후, 도 6에서 보여지



는 바와 같이, 제작된 나노선 센서를 화학발광이 일어나는 신호선과 확인선에 밀착되도록 위치시켰다. 이 때, 검출 대상 기질은 루미놀 유도체를 사용하였다. 이 때, 화학발광이 일어난 상태에서 나타나는 전류의 변화를 도 9에 나타내었다. 이와 같은 전류 변화로 대상물질에 대한 검출결과를 확인 할 수 있다.

#### 실시예 2

사파이어 기판의 한 면에 스퍼터링 증착법으로 Ni를 2 nm 두께로 증착하고, 상기 기판에 CVD에 의하여 700 °C에서 TMG (trimethylgallium), NH<sub>3</sub>, 및 소량의 Cp2Mg를 공급하여 Mg이 도핑된 GaN 나노선을 성장시켰다. 합성한 나노선을 실시 예 1과 같은 방법으로 진단키트를 구성하였다. 이 때, 검출대상기질은 아크리디늄 화합물을 사용하였고, 나노선에서 나타나는 전류의 변화로 대상물질에 대한 검출 결과를 확인하였다.

#### 실시예 3

사파이어 기판의 한 면에 스퍼터링 증착법으로 Ni를 2 nm 두께로 증착하고, 상기 기판에 In 금속을 위치시키고, NH<sub>3</sub>를 공급하면서 InN 나노선을 성장시켰다. 합성한 나노선을 실시예 1과 같은 방법으로 키트를 구성하였다. 이 때, 검출대상기질은 포토프로테인을 사용하였고, 나노선에서 나타나는 전류의 변화로 대상물질에 대한 검출 결과를 확인하였다.

#### 실시예 4

사파이어 기판의 한 면에 스퍼터링 증착법으로 Ni를 2 nm 두께로 증착하고, 상기 기판에 CVD에 의하여 700 °C에서 TMG (trimethylgallium), NH<sub>3</sub>를 공급하여 GaN 나노선을 성장시켰다. 그리고 나서, DEZ (dethyl zinc)와 O<sub>2</sub>를 계속해서 공급해서 코어는 GaN, 쉬스는 ZnO로 구성된 지름방향으로 이중구조를 갖는 나노선을 합성하였다. 합성한 나노선을 실시예 1과 같은 방법으로 키트를 구성하였다. 이 때, 검출대상기질은 아크리디늄 화합물을 사용하였고, 나노선에서 나타나는 전류의 변화로 대상물질에 대한 검출 결과를 확인하였다.

#### 실시예 5

사파이어 기판의 한 면에 스퍼터링 증착법으로 Au를 2 nm 두께로 증착하고, 상기 기판에 CVD에 의하여 700 °C에서 DEZ (dethyl zinc)와 O<sub>2</sub>를 공급해서 ZnO 나노선을 성장시켰다. 그리고 나서, TMG (trimethylgallium), NH<sub>3</sub>를 계속해서 공급하여 GaN을 표면에 증착시켰다. 그리고 나서 상기 나노선을 HCl 용액에서 12 시간 처리하여 ZnO 코어를 제거하여 GaN 나노튜브를 합성하였다. 합성한 나노튜브를 실시예 1과 같은 방법으로 키트를 구성하였다. 이 때, 검출대상기질은 아크리디늄 화합물을 사용하였고, 나노선에서 나타나는 전류의 변화로 대상물질에 대한 검출 결과를 확인하였다.

#### 실시예 6

사파이어 기판의 한 면에 스퍼터링 증착법으로 Ni를 2 nm 두께로 증착하고, 상기 기판에 2 cm 떨어진 부분에 Ga 과 In 금속을 3 : 1 의 질량 비로 섞어 위치시키고, NH<sub>3</sub>를 공급하면서 Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub> 나노선을 성장시켰다. 합성한 나노선을 실시예 1과 같은 방법으로 키트를 구성하였다. 이 때, 검출대상기질은 포토프로테인을 사용하였고, 나노선에서 나타나는 전류의 변화로 대상물질에 대한 검출 결과를 확인하였다.

#### 실시예 7

암표지 물질인 CA 125 (NatuTec GmbH, Germany)를 마이크로 플레이트에 고정시킨 후, HRP가 결합된 CA 125 항체 (NatuTec GmbH, Germany)를 농도를 달리하여 결합하였다. 그리고 나서, 루미놀이 들어있는 발광기질 용액을 가한 후, 실시예 1에서 얻어진 InN 나노선 광센서를 이용하여 화학발광량을 측정하였다. 실험결과 InN 나노선 광센서는 결합한 HRP와 항체의 농도에 따라 정량적인 반응을 보여주었다. 측정 결과의 확인을 위하여 기존의 발광 및 형광 측정 장치 (LS45, Perkin-Elmer)를 사용하여 화학발광을 동시에 측정하였다. 실험 결과 화학 발광 파장에 적합한 나노선으로 제조한 광센서가 화학 발광의 정량적인 측정에 적합함을 보였다.

#### 실시예 8

B형 간염 항원이 결합된 유리판에 플루오레세인 (Fluorescein)이 결합된 B형 간염 항체를 농도를 달리하여 결합시켰다. 플루오레세인의 여기 파장인 495 nm의 레이저를 조사하고, 동시에 InN 나노선 광센서로 레이저와 90° 위치에서 발생하는 형광을 측정하였다. 측정결과의 확인을 위해 기존의 발광 및 형광 측정 장치 (LS45, Perkin-Elmer)를 사용하여 형광을 측정하였다. 실험결과 GaP 나노선 광센서는 결합한 플루오레세인 양에 따른 정량 신호를 보여주었다. 이 실험 결과는 형광 파장에 적합한 나노선으로 제조한 광센서가 정량적으로 형광을 측정 가능함을 보여주는 것이다.

**발명의 효과**

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 나노선을 포함하는 광센서와 이를 이용하여 화학발광 및 화학형광을 측정함으로써 향상된 분해능을 나타내는 키트를 제공한다. 본 발명의 키트는 나노선 광센서를 사용함으로써, 키트의 소형화가 가능하고, 일회용으로 사용 할 수 있도록 생산 단가가 저렴하여, 사용 현장에서 별도의 외부 기기나 빛의 차단 없이 사용이 가능하기 때문에 면역분석용 키트, 핵산 검출 칩 및 단백질 칩으로서 적용 가능하다. 이 외에도, 본 발명의 나노선을 이용한 광센서는 화학발광과 형광을 이용하여 정량하는 모든 반응에 폭넓게 이용 가능하다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**

부도체 기판, 두개의 전도성 금속 박막 전극 및 상기 두 전극에 연결되고 반도체 물질로 구성된 반도체 나노선을 포함하며, 상기 반도체 나노선은 지름이 1 내지 100 나노미터이고, 길이가 상기 두 전극 사이의 간격보다 크며, 특정 파장에서 광여기에 의하여 전기 저항이 낮아지는 물질로 구성되며,

상기 나노선이 두 가지 이상의 물질로 구성됨으로써, 광 감응 파장대역이 원하는 범위로 조절되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 2.**

제 1 항에 있어서, 상기 기판이 반도체, 세라믹, 유리, 고분자 및 플라스틱으로 구성된 군 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 3.**

제 1 항에 있어서, 상기 전극이 Au, Ti, Pt, Pd, TiN 및 이들 중 두 가지 이상의 합금으로 구성된 군 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 4.**

제 1 항에 있어서, 상기 두 전극간 거리가 1 내지 100 마이크로미터인 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 5.**

제 1 항에 있어서, 상기 반도체 나노선이 ZnO, SnO<sub>2</sub>, CdSe, GaN, CdS, InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si, Ge, 및 SiC로 이루어진 군 중에서 선택된 한 가지 이상의 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 6.**

삭제

**청구항 7.**

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노선이 불순물로 도핑됨으로써, 광 감응 파장대역이 원하는 범위로 조절되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 8.**

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노선이 서로 다른 물질로 구성된 코어 부분과 쉬스 부분으로 이루어진 지름방향 이중구조를 가짐으로써, 광 감응 파장대역이 원하는 범위로 조절되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 9.**

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노선이 서로 다른 물질이 번갈아 증착됨으로써 길이방향 이중구조를 가짐으로써, 광 감응 파장대역이 원하는 범위로 조절되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 10.**

삭제

**청구항 11.**

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노선이 두 가지 이상의 성분이 서로 고용됨으로써, 광 감응 파장대역이 원하는 범위로 조절되는 것을 특징으로 하는 나노선 광센서.

**청구항 12.**

기판 위에 지름 1 내지 100 나노미터의 나노선을 성장시킨 후 분리하는 단계로서, 상기 나노선은 두 가지 이상의 물질로 구성되는 것을 특징으로 하며;

부도체 기판 상에 두 개의 전도성 금속 박막 전극을 간격이 상기 나노선의 길이보다 짧도록 위치시키는 단계;

상기 얻어진 나노선을 상기 두 전극 사이에 분산시키고 전압을 가하여 상기 나노선을 두 전극 사이에 두 전극을 연결하도록 위치시키는 단계; 및

전자빔 조사 또는 가열하여 상기 전극과 나노선을 전기적으로 접속시키는 단계를 포함하여 구성되는 나노선 광센서의 제조방법.

**청구항 13.**

제 12 항에 있어서, 상기 기판으로서 실리콘 또는 사파이어를 사용하고, 상기 전극으로써 Au, Ti, Pt, Pd, TiN 및 이들 중 두 가지 이상의 합금으로 구성된 군 중에서 선택되는 물질을 사용하는 방법

**청구항 14.**

제 12 항에 있어서, 상기 나노선을 ZnO, SnO<sub>2</sub>, CdSe, GaN, CdS, InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si, Ge, 및 SiC로 이루어진 군 중에서 선택된 한 가지 이상의 물질로 구성되도록 적합한 전구물질을 공급하여 성장시키는 방법.

**청구항 15.**

삭제

**청구항 16.**

제 14 항에 있어서, 상기 나노선을 적절한 불순물로 도핑시킴으로써, 광 감응 파장대역을 원하는 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 17.**

제 14 항에 있어서, 상기 나노선을 서로 다른 물질로 구성된 코어 부분과 쉘 부분으로 이루어진 지름방향 이중구조를 가지도록 형성함으로써, 광 감응 파장대역을 원하는 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 18.**

제 14 항에 있어서, 상기 나노선을 서로 다른 물질이 번갈아 증착시켜 길이방향 이중구조를 가지도록 형성함으로써, 광 감응 파장대역을 원하는 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 19.**

삭제

**청구항 20.**

제 14 항에 있어서, 상기 나노선을 서로 다른 물질로 고용함으로써, 광 감응 파장대역을 원하는 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 21.**

부도체 기관, 두개의 전도성 금속 박막 전극 및 상기 두 전극에 연결되고 반도체 물질로 구성된 반도체 나노선을 포함하고, 상기 반도체 나노선은 지름이 1 내지 100 나노미터이고, 길이가 상기 두 전극 사이의 간격보다 크며, 형광물질의 형광파장에서 광여기에 의하여 전기 저항이 낮아지는 물질로 구성된 나노선 광센서; 및

형광물질을 포함하는 검출 스트립을 포함하는

화학형광 측정키트.

**청구항 22.**

제 21 항에 있어서, 상기 반도체 나노선이 ZnO, SnO<sub>2</sub>, CdSe, GaN, CdS, InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si, Ge, 및 SiC로 이루어진 군 중에서 선택된 한 가지 이상의 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 화학형광 측정키트.

### 청구항 23.

제 21 항에 있어서, 상기 나노선이 2 가지 이상의 물질로 구성되거나; 불순물로 도핑되거나; 서로 다른 물질로 구성된 코어 부분과 쉘 부분으로 구성된 지름방향 이중구조를 갖거나; 서로 다른 물질이 번갈아 증착되어 길이방향 이중구조를 갖거나; 중심부분이 제거되어 튜브 구조를 갖거나; 서로 다른 물질이 서로 고용됨으로써 상기 광여기에 의하여 전기저항이 낮아지는 과장대역이 조절되는 것을 특징으로 하는 화학형광 측정키트.

### 청구항 24.

제 21 항에 있어서, 상기 형광물질이 플루오레세인 (Fluorecein), 바이오디피-FL (Biodipy-FL), 알렉사 플루오르 그린 (Alexa Fluor Green), R-피코에리트린 (R-phycoerythrin), 피코에리트린-텍사스 레드 (Phycoerythrin-Texas Red), 피코에리트린-시아닌5 (Phycoerythrin-cyanine5), 피코에리트린-시아닌7 (Phycoerythrin-cyanine7), 페리딘-클로로필 단백질 (Peridinin-chlorophyll protein), 알로피코시아닌 (Allophycocyanin) 및 알로피코시아닌-시아닌7 (Allophycocyanin-cyanine7)로 구성된 군 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 화학형광 측정키트.

### 청구항 25.

부도체 기판, 두개의 전도성 금속 박막 전극 및 상기 두 전극에 연결되고 반도체 물질로 구성된 반도체 나노선을 포함하며, 상기 반도체 나노선은 지름이 1 내지 100 나노미터이고, 길이가 상기 두 전극 사이의 간격보다 크며, 발광물질의 발광과장에서 광여기에 의하여 전기 저항이 낮아지는 물질로 구성된 나노선 광센서; 및

발광효소 및 발광기질을 포함하는 검출 스트립을 포함하는

화학발광 측정키트.

### 청구항 26.

제 25 항에 있어서, 상기 반도체 나노선이 ZnO, SnO<sub>2</sub>, CdSe, GaN, CdS, InP, GaP, GaAs, AlAs, InN, Si, Ge, 및 SiC로 이루어진 군 중에서 선택된 한 가지 이상의 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 화학발광 측정키트.

### 청구항 27.

제 25 항에 있어서, 상기 나노선이 2 가지 이상의 물질로 구성되거나; 불순물로 도핑되거나; 서로 다른 물질로 구성된 코어 부분과 쉘 부분으로 구성된 지름방향 이중구조를 갖거나; 서로 다른 물질이 번갈아 증착되어 길이방향 이중구조를 갖거나; 중심부분이 제거되어 튜브 구조를 갖거나; 서로 다른 물질이 서로 고용되므로써 상기 광여기에 의하여 전기저항이 낮아지는 과장대역이 조절되는 것을 특징으로 하는 화학발광 측정키트.

### 청구항 28.

제 25 항에 있어서, 상기 발광효소가 양고추냉이 퍼옥시다제 (HRP), 알칼라인 포스파타아제 (AP) 및 루시페라제 (luciferase)로 이루어진 군 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 화학발광 측정키트.

### 청구항 29.

제 25 항에 있어서, 상기 발광기질이 아다만탄-디옥세탄 (Adamantane-dioxetane), 아크리디늄 (Acridinium) 유도체, 루미놀 (Luminol) 유도체, 루시게닌 (Lucigenin), 반딧불이 루시페린 (Firefly luciferin), 포토프로테인 (Photoprotein), 히드라지드 (hydrazides) 및 슈프 (schiff) 염기 화합물, 전기화학적 발광기질 및 발광성 산소채널링 기질로 이루어진 군 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 화학발광 측정키트.

### 청구항 30.

분석 대상 물질; 및 제 21 항 내지 제 24 항에 따른 화학형광 측정키트 또는 제 25 항 내지 제 29 항에 따른 화학발광 측정키트를 포함하는 면역분석 키트.

### 청구항 31.

제 30 항에 있어서, 상기 화학형광 측정키트의 나노선 광센서가 형광 여기 광원과 직각 (90°)으로 장치되어 있는 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 32.

제 30 항에 있어서, 상기 분석 대상 물질이 올리고뉴클레오타이드(oligo- nucleotide), DNA, RNA, PNA 및 cDNA으로 구성되는 군 중에서 선택되는 핵산 또는 단백질인 면역분석 키트.

### 청구항 33.

제 30 항에 있어서, 두 개 이상의 나노선 광센서가 마이크로어레이화 되어 있는 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 34.

제 33 항에 있어서, 상기 마이크로어레이화 되어 있는 나노선 광센서가 멀티플렉서를 통하여 연결되어 있어서 각각의 개별 나노선 광센서의 신호를 순차적으로 처리하거나, 아날로그스위칭을 통하여 개별 광센서의 신호를 동시에 처리할 수 있도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 면역 분석 키트.

### 청구항 35.

화학형광 물질 또는 화학발광 효소과 화학발광 기질 및 제 1 항 내지 제 5 항의 나노선 광센서를 포함하고, 상기 나노선 광센서의 나노선 표면이 화학 연결물질로 코팅되어 있어서, 분석 대상물질이 나노선에 직접 고정되어 있는 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 36.

제 35 항에 있어서, 상기 나노선이 2 가지 이상의 물질로 구성되거나; 불순물로 도핑되거나; 서로 다른 물질로 구성된 코어 부분과 쉘 부분으로 구성된 지름방향 이중구조를 갖거나; 서로 다른 물질이 번갈아 증착되어 길이방향 이중구조를 갖거나; 중심부분이 제거되어 튜브 구조를 갖거나; 서로 다른 물질이 서로 고용되므로써 상기 광여기에 의하여 전기저항이 낮아지는 과장대역이 조절되는 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 37.

제 35 항에 있어서, 상기 화학 연결물질이 말단에 아민기, 카르복실기, 에폭사이드기 및 술폰산기로 이루어진 군 중에서 선택된 물질이 결합되어 있는 티올 유도체 또는 유기 실란 유도체인 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 38.

제 37 항에 있어서, 상기 카르복실기가 N-(3-디메틸아미노프로필)-N-에틸카르보디이미드 (EDAC) 및 N-히드록시숙신 이미드 (NHS)를 포함하고, 상기 아민기가 글루타르알데하이드를 포함하는 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 39.

제 35 항에 있어서, 상기 분석 대상 물질이 올리고뉴클레오타이드(oligo- nucleotide), DNA, RNA, PNA 및 cDNA으로 구성되는 군 중에서 선택되는 핵산 또는 단백질인 면역분석 키트.

### 청구항 40.

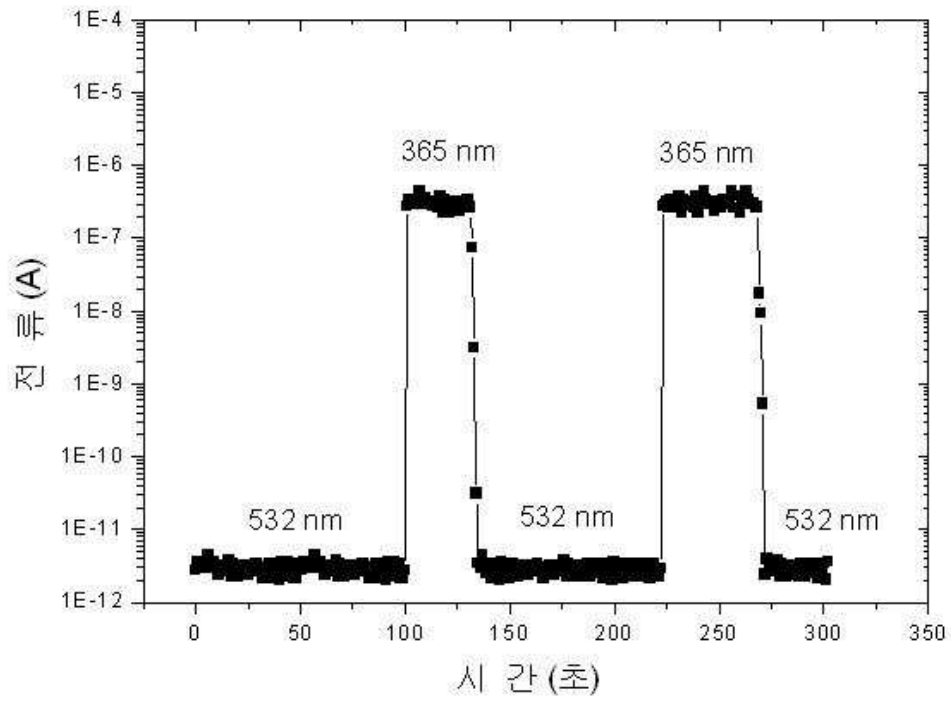
제 39 항에 있어서, 두 개 이상의 나노선 광센서가 마이크로어레이화 되어 있는 것을 특징으로 하는 면역분석 키트.

### 청구항 41.

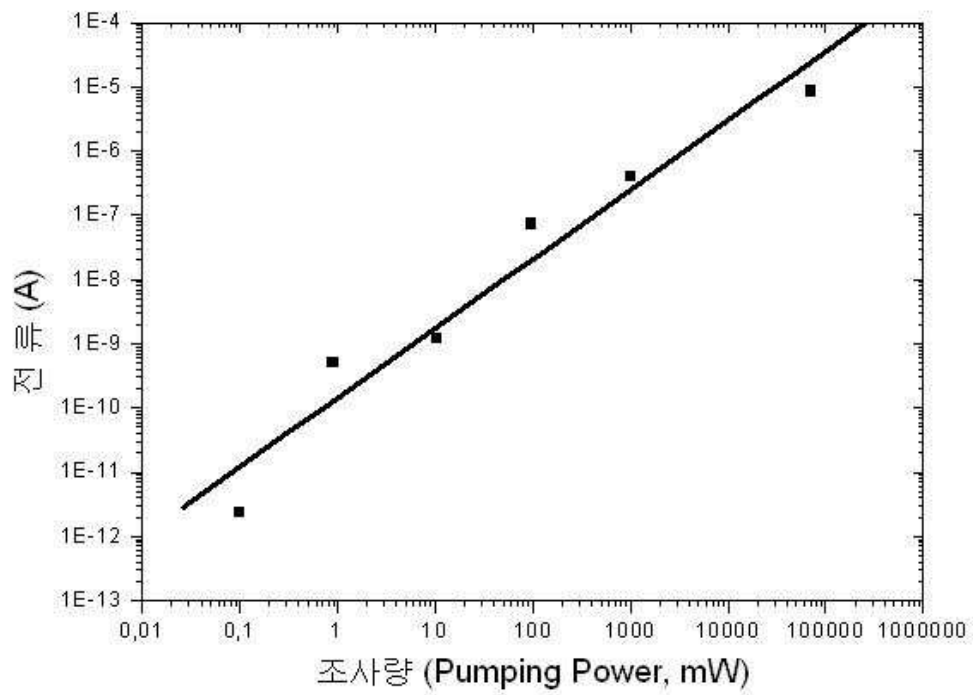
제 40 항에 있어서, 상기 마이크로어레이화 되어 있는 나노선 광센서가 멀티플렉서를 통하여 연결되어 있어서 각각의 개별 나노선 광센서의 신호를 순차적으로 처리하거나, 아날로그스위칭을 통하여 개별 광센서의 신호를 동시에 처리할 수 있도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 면역 분석 키트.

도면

도면1

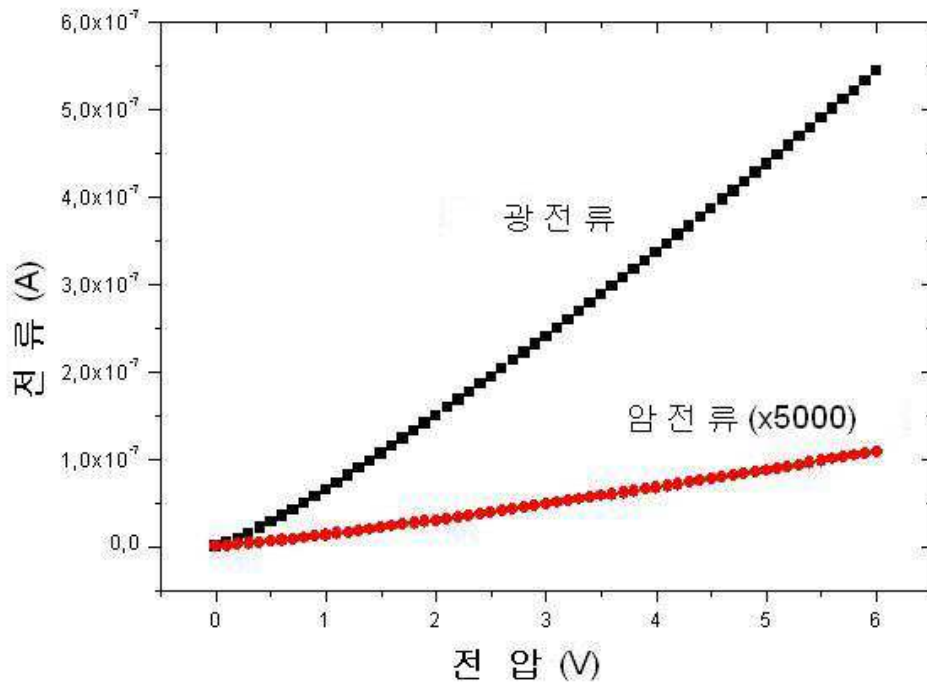


도면2

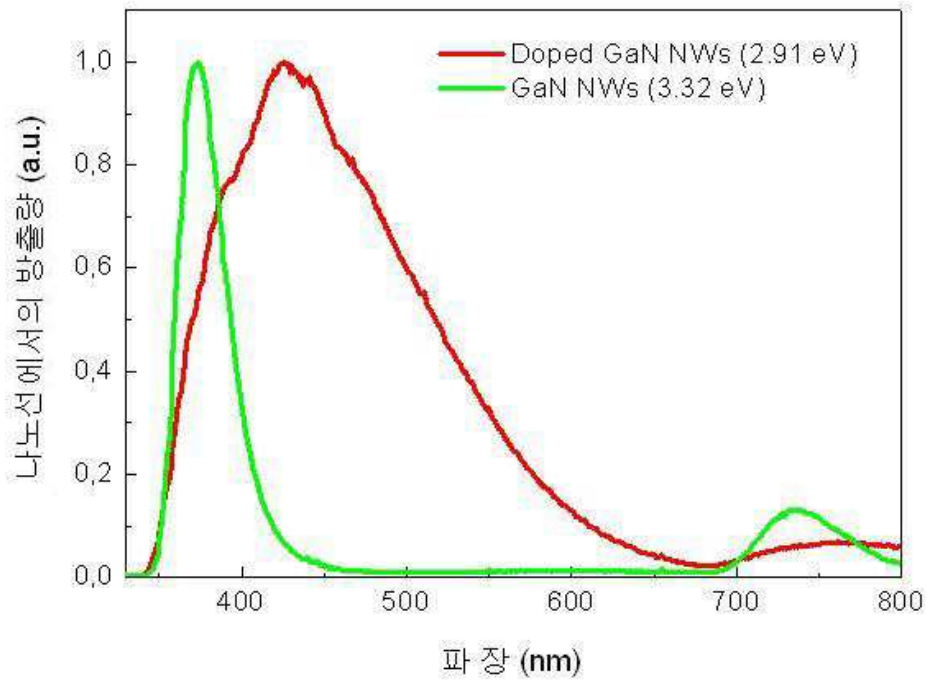




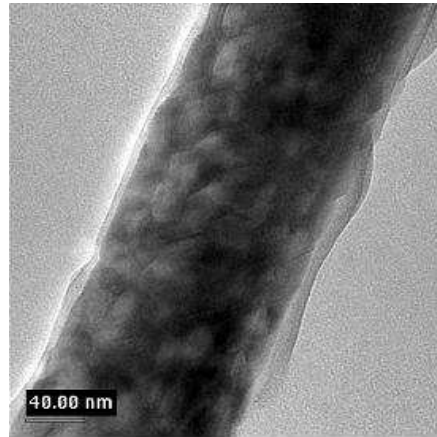
도면3



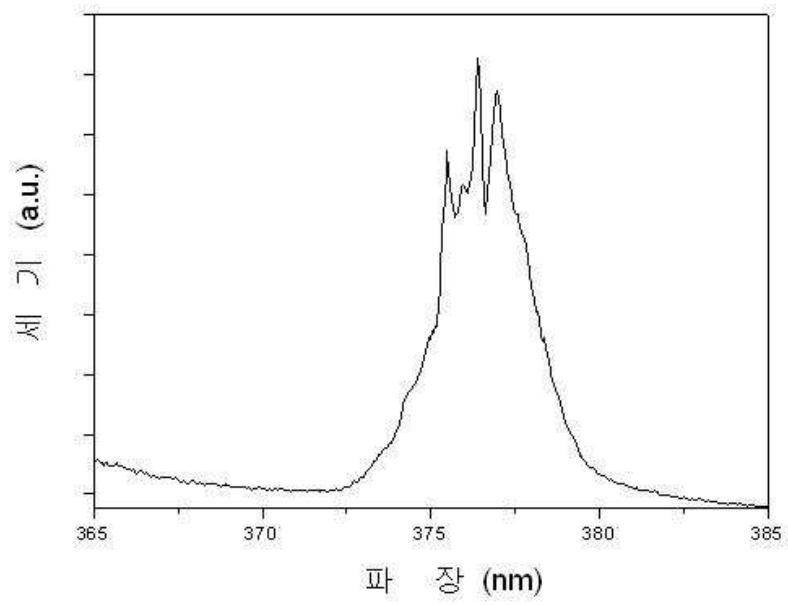
도면4



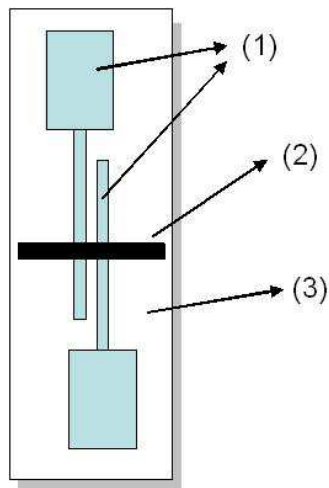
도면5a



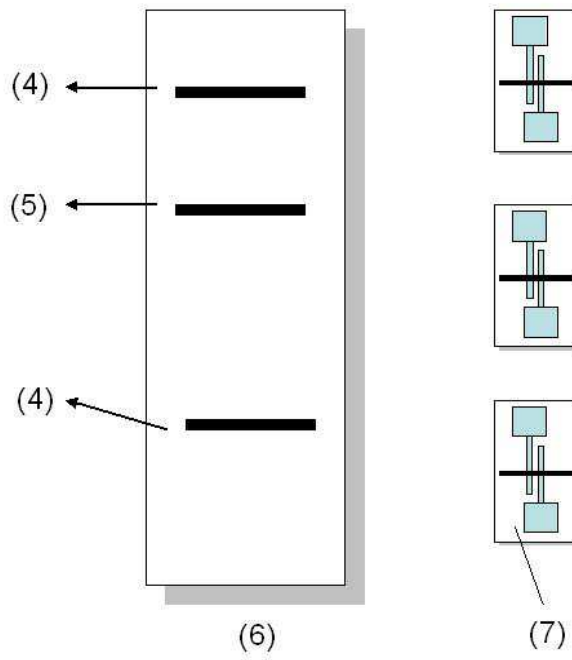
도면5b



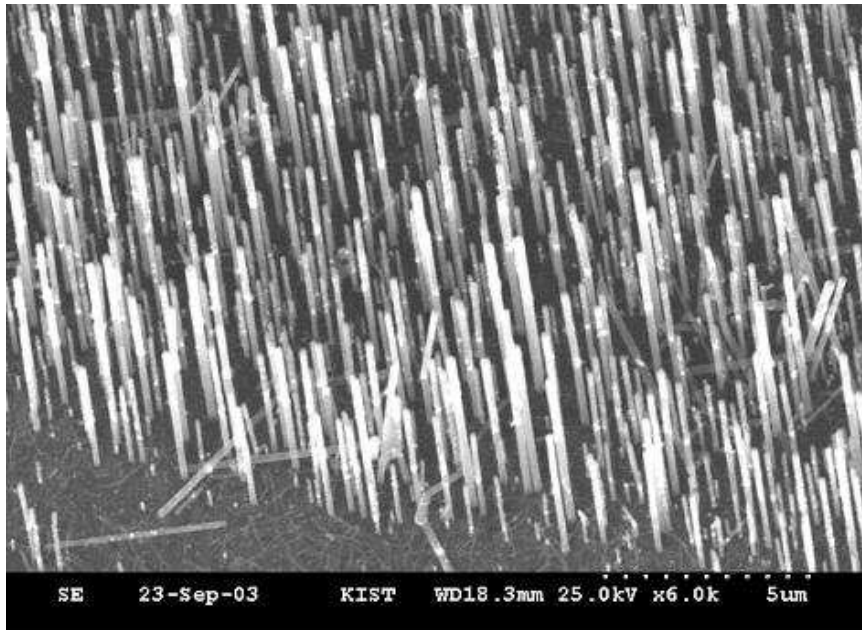
도면6



도면7



도면8



도면9

