



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0098372
(43) 공개일자 2018년09월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01) H01B 13/008 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01B 5/14 (2013.01)
H01B 1/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7021583
- (22) 출원일자(국제) 2017년03월14일
심사청구일자 2018년07월26일
- (85) 번역문제출일자 2018년07월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/010264
- (87) 국제공개번호 WO 2017/159698
국제공개일자 2017년09월21일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-055502 2016년03월18일 일본(JP)

- (71) 출원인
오사카 유니버시티
일본, 오사카, 수이타-시, 야마다오카, 1-1
쇼와 덴코 가부시키키가이사
일본국 도쿄도 미나토구 시바다이몬 1초메 13반
9고
- (72) 발명자
아라키 텃페이
일본, 오사카, 수이타-시, 야마다오카, 1-1 오사
카 유니버시티 나이
세키타니 츠요시
일본, 오사카, 수이타-시, 야마다오카, 1-1 오사
카 유니버시티 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
하영욱

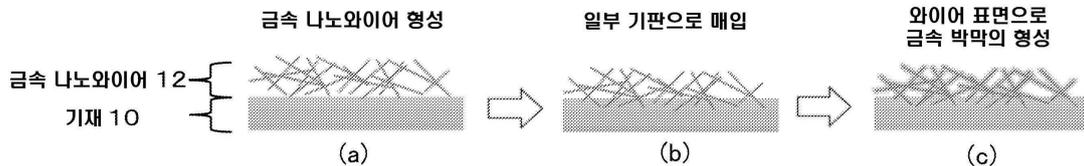
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **금속 나노와이어층이 형성된 기재 및 그 제조 방법**

(57) 요약

마이그레이션 및 황화·산화 등에 대해 높은 내구성을 가짐과 아울러 높은 기계적 강도를 갖는 금속 나노와이어층이 형성된 기판으로서, 금속 나노와이어층을 기재 상에 형성하고, 외부 에너지를 부여함으로써 금속 나노와이어의 일부가 가요성을 갖는 기재에 매입된 상태이며, 노출되어 있는 금속 나노와이어의 일부 또는 전부가 도금되어 있는 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

대표도



(52) CPC특허분류

H01B 1/026 (2013.01)

H01B 13/0026 (2013.01)

H01B 13/0036 (2013.01)

H01B 13/008 (2013.01)

(72) 발명자

스가누마 카츠아키

일본, 오사카, 수이타-시, 야마다오카, 1-1 오사카
유니버시티 나이

지우 진팅

일본, 오사카, 수이타-시, 야마다오카, 1-1 오사카
유니버시티 나이

오하타 히데키

일본국 도쿄도 미나토구 시바다이몬 1초메 13반 9
고 쇼와 덴코 가부시키키가이샤 나이

우치다 히로시

일본국 도쿄도 미나토구 시바다이몬 1초메 13반 9
고 쇼와 덴코 가부시키키가이샤 나이

하라 마사나오

일본국 도쿄도 미나토구 시바다이몬 1초메 13반 9
고 쇼와 덴코 가부시키키가이샤 나이

나카자와 에리

일본국 도쿄도 미나토구 시바다이몬 1초메 13반 9
고 쇼와 덴코 가부시키키가이샤 나이

명세서

청구범위

청구항 1

금속 나노와이어층이 형성된 기재로서, 금속 나노와이어의 일부가 기재에 매입된 상태이며, 노출되어 있는 금속 나노와이어의 일부 또는 전부가 도금되어 있는 것을 특징으로 하는 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노와이어의 적어도 일부가 연결되어 있는 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 기재가 폴리우레탄, 실리콘 수지, 포화 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리파라크실릴렌(파릴렌(등록상표)), 열가소성 폴리이미드, 폴리에테르술폰, 아크릴 수지, 폴리올레핀, 폴리염화비닐로 이루어지는 군 중 어느 하나인 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속 나노와이어를 구성하는 금속이 은 또는 구리인 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

청구항 5

금속 나노와이어층을 기재 상에 형성하는 공정과, 상기 금속 나노와이어층이 형성된 기판에 외부 에너지를 부여하여 금속 나노와이어의 일부를 기재에 매입하는 공정과, 노출되어 있는 상기 금속 나노와이어의 일부 또는 전부를 도금하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

도금을 하는 공정의 전 또는 후에 상기 금속 나노와이어의 적어도 일부를 연결하는 공정을 더 포함하는 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 기재가 폴리우레탄, 실리콘 수지, 포화 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리파라크실릴렌(파릴렌(등록상표)), 열가소성 폴리이미드, 폴리에테르술폰, 아크릴 수지, 폴리올레핀, 폴리염화비닐로 이루어지는 군 중 어느 하나인 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.

청구항 8

제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속 나노와이어를 구성하는 금속이 은 또는 구리인 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 금속 나노와이어층이 형성된 기재를 구비한 센서 또는 기능 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 금속 나노와이어층이 형성된 기재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 나노와이어는 종래의 ITO로 대표되는 투명 도전막 재료에 비해 투명성이나 도전성이 우수한 투명 도전체를 형성할 수 있는 재료일 뿐만 아니라, 굽힘이나 신축 등의 기계적 내구성이 우수하기 때문에 가요성을 갖는 필름 기재 등을 이용한 투명 도전막의 형성 등에 사용되고 있다. 예를 들면, 하기 특허문헌 1에는 금속 나노와이어를 사용한 도전 패턴의 제조 방법이 개시되어 있다.

[0003] 그러나, 은이나 구리 등으로 제작되는 금속 나노와이어를 투명 도전막 재료로 이용한 경우, 마이그레이션이나 황화·산화 등에 의해 투명 도전막의 열화가 진행되는 경우가 있다. 그래서, 금속 나노와이어의 내구성 향상을 도모하기 위해 그래핀이나 폴리머를 투명 도전막의 전면에 코팅할 수 있는 것이 행해져 왔지만, 높은 내구성의 확보에는 이르러 있지 않다.

[0004] 최근, 은 나노와이어에 도금을 실시하여 내구성을 향상시키는 기술이 제안되어 있다. 예를 들면, 하기 특허문헌 2에는 은 나노와이어의 표면에 은 이외의 금속을 도금한 구성이 개시되어 있다.

[0005] 또한, 하기 특허문헌 3에는 직선 형상 금속 나노와이어가 서로 교점에서 접합하여 그물코를 형성하고 있는 도전막에 있어서, 상기 접합이 압착 또는 도금에 의해 되어 있는 점이 기재되어 있다.

[0006] 그러나, 상기 종래 기술에 있어서의 도금 기술에서는 금속 나노와이어가 기관으로부터 용이하게 박리되어 안정된 도금 처리를 행할 수 없다. 또한, 금속 나노와이어로 구성된 투명 도전막을 단지 기관 상에 형성한 것만으로는 굽힘이나 신축에 대한 높은 기계적 강도를 얻을 수 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2014/175163호 팜플렛
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 2013-151752호 공보
- (특허문헌 0003) 국제 공개 제2009/035059호 팜플렛

발명의 내용

[0008] 본 발명의 목적은 마이그레이션이나 황화·산화 등에 대하여 높은 내구성을 가짐과 아울러 높은 기계적 강도를 갖는 금속 나노와이어층이 형성된 기재 및 그 제조 방법을 제공하는 것에 있다.

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 이하의 실시형태를 갖는다.

[0010] [1] 금속 나노와이어층이 형성된 기재로서, 금속 나노와이어의 일부가 기재에 매입된 상태이며, 노출되어 있는 금속 나노와이어의 일부 또는 전부가 도금되어 있는 것을 특징으로 하는 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

[0011] [2] [1]에 있어서,

[0012] 상기 금속 나노와이어의 적어도 일부가 연결되어 있는 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

[0013] [3] [1] 또는 [2]에 있어서,

[0014] 상기 기재가 폴리에틸렌, 실리콘 수지, 포화 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리파라크실릴렌(파릴렌(등록상표)), 열가소성 폴리이미드, 폴리에테르술폰, 아크릴 수지, 폴리올레핀, 폴리염화비닐로 이루어지는 군 중 어느 하나인 금속 나노와이어층이 형성된 기재.

[0015] [4] [1] 내지 [3] 중 어느 하나에 있어서,

- [0016] 상기 금속 나노와이어를 구성하는 금속이 은 또는 구리인 금속 나노와이어층이 형성된 기재.
- [0017] [5] 금속 나노와이어층을 기재 상에 형성하는 공정과, 상기 금속 나노와이어층이 형성된 기판에 외부 에너지를 부여하여 금속 나노와이어의 일부를 기재에 매입하는 공정과, 노출되어 있는 상기 금속 나노와이어의 일부 또는 전부를 도금하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.
- [0018] [6] [5]에 있어서,
- [0019] 도금을 하는 공정의 전 또는 후에 상기 금속 나노와이어의 적어도 일부를 연결하는 공정을 더 포함하는 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.
- [0020] [7] [5] 또는 [6]에 있어서,
- [0021] 상기 기재가 폴리에틸렌, 실리콘 수지, 포화 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리파라크실릴렌(파릴렌(등록상표)), 열가소성 폴리이미드, 폴리에테르술폰, 아크릴 수지, 폴리올레핀, 폴리염화비닐로 이루어지는 군 중 어느 하나인 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.
- [0022] [8] [5] 내지 [7] 중 어느 하나에 있어서,
- [0023] 상기 금속 나노와이어를 구성하는 금속이 은 또는 구리인 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법.
- [0024] [9] 상기 [1] 내지 [4] 중 어느 하나에 기재된 금속 나노와이어층이 형성된 기재를 구비한 센서 또는 기נס 소자.
- [0025] (발명의 효과)
- [0026] 본 발명에 의하면, 마이그레이션이나 황화·산화 등에 대하여 높은 내구성을 가짐과 아울러 높은 기계적 강도를 갖는 금속 나노와이어층이 형성된 기재 및 그 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 실시형태에 따른 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 공정예의 설명도이다.
- 도 2는 실시예 1에 따른 무전해 니켈/금 도금 처리된 은 나노와이어/폴리에틸렌 기재의 SEM 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 실시예 1에 따른 무전해 니켈/금 도금 처리된 은 나노와이어의 단면 TEM 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 실시예 5에 따른 전해 백금 도금 처리된 은 나노와이어/폴리에틸렌 기재의 SEM 사진을 나타내는 도면이다.
- 도 5는 실시예 5에 따른 전해 백금 도금 처리된 은 나노와이어의 단면 TEM 사진을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태(이하, 실시형태라고 한다)를 설명한다.
- [0029] 실시형태에 따른 금속 나노와이어층이 형성된 기재는 금속 나노와이어의 일부가 기재에 매입된 상태이며, 노출되어 있는 금속 나노와이어의 일부 또는 전부가 도금되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0030] 상기 금속 나노와이어는 지름이 나노미터 오더의 크기인 금속이며, 와이어 형상의 형상을 갖는 도전성 재료이다. 또한, 본 실시형태에서는 금속 나노와이어와 함께(혼합하여), 또는 금속 나노와이어 대신에 다공질 또는 비다공질의 튜브 형상의 형상을 갖는 도전성 재료인 금속 나노튜브를 사용해도 좋다. 본 명세서에 있어서, 「와이어 형상」과 「튜브 형상」은 모두 선 형상이지만, 전자는 중앙이 중공이 아닌 것, 후자는 중앙이 중공인 것을 의도한다. 성상은 유연해도 좋고 강직이어도 좋다. 이하, 본원 명세서에 있어서 「금속 나노와이어」와 「금속 나노튜브」를 계속해서 표기하지 않는 경우, 「금속 나노와이어」는 금속 나노와이어와 금속 나노튜브를 포괄하는 의미로 사용한다.
- [0031] 금속 나노와이어 또는 금속 나노튜브의 제조 방법으로서 공지의 제조 방법을 사용할 수 있다. 예를 들면, 은 나노와이어는 폴리올(Poly-ol)법을 이용하여 폴리비닐피롤리돈 존재 하에서 질산은을 환원함으로써 합성할 수 있다(Chem. Mater., 2002, 14, 4736 참조). 금 나노와이어도 마찬가지로 폴리비닐피롤리돈 존재 하에서 염화금 산 수화물을 환원함으로써 합성할 수 있다(J. Am. Chem. Soc., 2007, 129, 1733 참조). 은 나노와이어 및 금 나노

와이어의 대규모의 합성 및 정제의 기술에 관해서는 국제 공개 제2008/073143호 팜플렛과 국제 공개 제 2008/046058호 팜플렛에 상세한 기술이 있다. 다공질 구조를 갖는 금 나노튜브는 은 나노와이어를 주형으로 하여 염화금산 용액을 환원함으로써 합성할 수 있다. 여기서, 주형으로 이용한 은 나노와이어는 염화금산과의 산화 환원 반응에 의해 용액 중에 용출하여, 결과로서 다공질 구조를 갖는 금 나노튜브가 생긴다(J. Am. Chem. Soc., 2004, 126, 3892-3901 참조).

[0032] 금속 나노와이어 및 금속 나노튜브의 지름의 두께의 평균은 1~500nm가 바람직하고, 5~200nm가 보다 바람직하고, 5~100nm가 더욱 바람직하고, 10~100nm가 특히 바람직하다. 또한, 금속 나노와이어 및 금속 나노튜브의 장축의 길이의 평균은 1~100 μ m가 바람직하고, 1~80 μ m가 보다 바람직하고, 2~70 μ m가 더욱 바람직하고, 5~50 μ m가 특히 바람직하다. 금속 나노와이어 및 금속 나노튜브는 지름의 두께의 평균 및 장축의 길이의 평균이 상기 범위를 충족함과 아울러 아스펙트비의 평균이 5보다 큰 것이 바람직하고, 10 이상인 것이 보다 바람직하고, 100 이상인 것이 더욱 바람직하고, 200 이상인 것이 특히 바람직하다. 여기서, 아스펙트비는 금속 나노와이어 및 금속 나노튜브의 지름의 평균 지름을 b, 장축의 평균적인 길이를 a로 근사한 경우, a/b로 구해지는 값이다. a 및 b는 주사형 전자 현미경(SEM) 및 광학 현미경을 이용하여 측정할 수 있다. 구체적으로는, 금속 나노와이어의 10개 이상의 지름을 SEM(히타치하이테크놀로지스사제 FE-SEM SU8020)에 의해 각각 측정, 금속 나노와이어의 100개 이상의 길이를 광학 현미경(키엔스사제 VHX-600)을 이용하여 각각 측정하여, 그것들의 상가 평균값에 의해 평균 지름 및 평균 길이를 구할 수 있다.

[0033] 이러한 금속 나노와이어의 재료로서는 재료 자체가 마이그레이션이나 황화·산화 등에 대한 내구성에 다소 어려움이 있어 향상이 요구되는 재료라면 특별히 제한은 없지만 도전성이 높은 점에서 은, 구리 등이 적합하다.

[0034] 또한, 상기 기재는 열가소성 수지 재료인 것이 바람직하다. 열가소성 수지는 착색되어 있어도 좋지만, 가시광에 의한 투명성은 높은 쪽이 바람직하다. 예를 들면, 폴리우레탄, 실리콘 수지, 포화 폴리에스테르(폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 등), 폴리카보네이트, 폴리파라크실릴렌(파릴렌(등록상표)), 열가소성 폴리이미드, 폴리테트라플루오로에틸렌, 아크릴 수지, 폴리올레핀, 폴리염화비닐 등이 예시된다. 이들 중에서도, 금속 나노와이어의 기재와의 밀착성이나 기재의 신축성의 관점에서 폴리우레탄, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리파라크실릴렌(파릴렌(R))이 바람직하다.

[0035] 상기 금속 나노와이어는 그 일부가 기재에 매입된 상태로 되어 있다. 금속 나노와이어의 일부란 금속 나노와이어의 길이 방향 중 어느 하나의 일부이며, 양단부 중 한쪽 또는 양쪽, 양단부 사이의 부분 등이 예시된다. 금속 나노와이어의 일부가 기재에 매입된 상태임으로써, 기재에 형성된 금속 나노와이어층이 기재의 굽힘이나 신축에 대하여 높은 기계적 강도를 얻을 수 있다. 기재에 매입된 금속 나노와이어는 그 표면적의 5~95%가 노출되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 기재 중에 완전히 매워진 금속 나노와이어가 존재해도 좋다. 또한, 기재 중에 매입된 부분을 갖지 않는 금속 나노와이어를 포함해도 좋다. 이 경우, 기재 중에 매입된 부분을 갖지 않는 금속 나노와이어는 전체의 5% 이상 95% 이하로 하는 것이 바람직하고, 10% 이상 85% 이하로 하는 것이 보다 바람직하고, 15% 이상 75% 이하로 하는 것이 더욱 바람직하다.

[0036] 또한, 상기 금속 나노와이어는 기재로부터 노출되어 있는 부분, 즉 기재에 매입된 상태가 아닌 부분의 일부 또는 전부가 도금되어 있다. 특히, 무전해 도금 공정에 있어서, 촉매액에 침지한 후에 열처리를 실시함으로써 금속 나노와이어 상에 형성된 도금층이 안정화하여 박리 내성 향상 등의 내구성이 우수한 도금층이 얻어지고, 이것에 의해 마이그레이션의 발생이나 황화·산화 등에 의한 열화를 억제할 수 있다. 열처리 조건은 기재의 내열 온도에 의존하기 때문에 일률적으로 정해지지 않지만, 바람직하게는 기재의 내열 온도의 범위 내에서 0 $^{\circ}$ C~200 $^{\circ}$ C, 더욱 바람직하게는 20 $^{\circ}$ C~150 $^{\circ}$ C의 범위가 바람직하다. 또한, 처리시간에 대해서도 기재에 데미지를 주지 않는 범위에서 촉매액의 용매가 휘발하는 조건이면 제약을 받지 않지만, 바람직하게는 1초~1시간, 더욱 바람직하게는 30초~30분의 범위이다.

[0037] 상기 금속 나노와이어층을 구성하는 금속 나노와이어는 그 적어도 일부가 연결되어 있는 것이 적합하다. 여기서 말하는 「연결」이란 금속 나노와이어끼리의 교차부에 단지 접촉하고 있는 것이 아니라, 교차부에서 용융 일체화되어 있는 것을 의미한다. 연결 방법에 대해서는 후술한다.

[0038] 이상에 설명한 본 실시형태에 따른 금속 나노와이어층이 형성된 기재는, 예를 들면 금속 마이그레이션을 촉진하는 용액(물이나 식염수 등)에 접촉하는 부재 안이나 부재 밖에 있어서 신뢰성이 필요해지는 도전성 부재에 대하여 적용이 가능하며, 그 예로서 습기나 물 등과 접촉하는 디바이스 중의 가요성을 갖는 기재에 형성된 투명 도전막, 땀이나 생체액과 접하는 웨어러블 디바이스나 매입형 센서, 케미컬 센서, 마이크로 유로 디바이스, 비나해수에 노출되는 인프라나 농립용의 센서 등의 센서 부재로서 사용하는 것이 가능하다. 센서 이외에도 마이그레

이션 내성이 필요하게 되는 기능 소자의 도전 부재, 예를 들면 유기 또는 무기 반도체를 이용한 태양 전지, LED 및 트랜지스터 등의 도전 부재에 사용할 수 있다.

[0039] 도 1(a), 도 1(b), 도 1(c)에는 실시형태에 따른 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 공정예의 설명도가 나타내어진다. 도 1(a)에 있어서, 금속 나노와이어의 분산액을 가요성을 갖는 기재(10) 상에 도포하고, 금속 나노와이어층(12)을 형성한다(금속 나노와이어층 형성 공정).

[0040] 이어서, 도 1(b)에 있어서 금속 나노와이어층(12)이 형성된 기재(10)에 외부 에너지를 부여하여 금속 나노와이어의 일부를 기재(10)에 매입한다(매입 공정). 여기서, 외부 에너지를 부여하는 방법으로는 광 조사, 유전 가열이나 유도 가열 등의 전자파에 의한 가열, 오븐이나 핫 플레이트 등에 의한 가열이 예시된다. 외부 에너지가 부여됨으로써, 기재(10)의 표층이 용융하여 기재(10)의 표면에 형성된 금속 나노와이어층(12)에 포함되는 금속 나노와이어의 일부가 용융한 기재(10)의 표층 내부에 침입한다. 그 결과, 도 1(b)에 나타낸 바와 같이 금속 나노와이어의 일부가 기재(10)에 매입된 상태로 된다. 또한, 외부 에너지를 부여하는 공정에 의해 기재의 잔류 응력 등에 기인하는 팽창 또는 수축 등의 물리적 변화에 의해서 금속 나노와이어와 기재의 접촉 면적이 증가하여 밀착성이 향상된다. 또한, 상술한 바와 같이 금속 나노와이어의 일부란 그 양단부의 적어도 한쪽이나 양쪽부 사이의 부분 등이다. 부여하는 외부 에너지양은 기재에 따라 다르지만, 광 조사나 유전 가열, 유도 가열 등의 전자파를 적용하는 경우, 오븐, 핫 플레이트 등에 의한 가열을 적용하는 경우 모두, 기재의 유리 전이점(Tg) 이상 또는 연화점 이상으로 가열할 수 있는 조건이 채용되고, 그 조건 및 온도는 사용하는 기재에 따라 적절하게 선택된다.

[0041] 상기와 같이, 실시형태에 따른 금속 나노와이어층이 형성된 기재의 제조 방법에 있어서, 금속 나노와이어층(12)은 기재(10) 상에 형성된 후 외부 에너지의 부여에 의해 금속 나노와이어의 일부가 기재(10)에 침입하는 것이며, 금속 나노와이어층(12)을 기재(10) 상에 형성 후 금속 나노와이어층(12)의 적어도 일부를 덮도록 도포층을 형성하는 것은 아니다. 즉, 기재(10) 자체에 금속 나노와이어의 일부가 매입되어 있어 도포층에만 매입된 구조는 아니다.

[0042] 금속 나노와이어층(12)을 구성하는 금속 나노와이어의 일부가 기재(10)에 매입된 상태로 됨으로써, 그 후의 도금 공정에 있어서 금속 나노와이어가 기재(10)로부터 박리되는 것을 억제할 수 있어 도금 처리를 안정적으로 행할 수 있다.

[0043] 그 후, 도 1(c)에 나타내는 바와 같이 금속 나노와이어층(12)을 구성하는 기재로부터 노출되어 있는 금속 나노와이어의 일부 또는 전부를 도금한다(도금 공정). 도금 방법으로는 공지의 기술을 적용할 수 있고, 예를 들면 무전해 도금으로 대표되는 화학 환원 도금, 치환 도금, 또는 전해 도금 등이 적합하며, 시판의 도금액을 사용할 수 있다. 본 도금에 의해 금속 나노와이어의 골격을 피복하게 되어 새롭게 구조적인 강화가 도모된다. 도금하는 금속의 종류는 금, 니켈/금, 백금 등이 예시된다. 도금 두께로서는 도금에 의한 내구성 향상의 효과가 발현될 수 있는 두께이면 제한을 받지 않지만, 예를 들면 1nm~100nm, 바람직하게는 3nm~70nm, 더욱 바람직하게는 5nm~50nm이다. 도금층은 단층으로 형성되어도 좋지만, 2~4층의 복수층이 적층 형성되어 있는 것이 바람직하다. 5층 이상으로 되면, 공업적인 관점에서 도금층 형성 공정이 복잡해지고, 또한 투명 도전막으로서의 특성상 광학적인 특성을 희생하게 된다.

[0044] 또한, 상기 도금 공정의 전 또는 후에, 금속 나노와이어층(12)을 구성하는 금속 나노와이어의 적어도 일부를 연결하는 공정을 설치해도 좋다. 여기서, 금속 나노와이어의 적어도 일부를 연결하는 공정이란 기판 표층에 존재하는 금속 나노와이어의 복수의 교차부의 적어도 일부를 용융 일체화하는 공정을 의미한다. 연결시키는 방법로서는 금속 나노와이어가 용융 절단되지 않고 서로 연결하는데 필요한 에너지를 부여할 수 있는 방법이라면 제한은 없고, 오븐 등의 가열, 마이크로파 조사, 펄스광 조사가 적합하다.

[0045] 펄스광 조사란 광 조사시간(조사시간)이 단시간의 광의 조사이며, 광 조사를 복수회 반복하는 경우에는 제 1 조사시간과 제 2 조사시간 사이에 광이 조사되지 않는 기간을 갖는 광 조사를 의미한다. 광 조사시간 내에서 광 강도가 변화되어도 좋다. 상기 펄스광은 크세논 플래시 램프 등의 플래시 램프를 구비하는 광원으로부터 조사된다.

[0046] 상기 펄스광으로서 1pm~1m의 파장 범위의 전자파를 사용할 수 있으며, 바람직하게는 10nm~1,000 μ m의 파장 범위의 전자파, 더욱 바람직하게는 100nm~2,000nm의 파장 범위의 전자파를 사용할 수 있다. 이러한 전자파의 예로서는 감마선, X선, 자외선, 가시광, 적외선, 마이크로파, 마이크로파보다 장파장측의 전자파 등이 예시된다. 열 에너지로의 변환을 고려한 경우에는, 너무 파장이 짧은 경우에는 수지 기판에 대한 데미지가 커서 바람직하지

않다. 또한, 파장이 지나치게 긴 경우에는 효율적으로 흡수하여 발열할 수 없으므로 바람직하지 않다. 파장의 범위로서는 상술의 파장 중에서도 특히 자외선에서부터 적외선의 범위가 바람직하고, 보다 바람직하게는 100nm~2,000nm의 범위의 파장이다. 펄스광을 조사하는 분위기에 특별히 제한은 없다. 대기 분위기 하에서 실시할 수 있다. 필요에 따라, 불활성 분위기 하에서 실시할 수 있다.

- [0047] 펄스광의 1회의 조사시간은 광 강도에도 따르지만, 20마이크로초~50밀리초의 범위가 바람직하다. 20마이크로초보다 짧으면 금속 나노와이어의 소결이 진행되기 어렵고, 또한 50밀리초보다 길면 광 열화, 열 열화에 의해 기관에 악영향을 미치는 경우가 있다. 보다 바람직하게는 40마이크로초~10밀리초이다.
- [0048] 펄스광의 조사는 단발로 실시해도 효과는 있지만, 상기와 같이 반복하여 실시할 수도 있다. 반복하여 실시하는 경우, 조사 간격은 생산성을 고려하면 20마이크로초~5초의 범위로 하는 것이 바람직하고, 2밀리초~2초의 범위로 하는 것이 보다 바람직하다. 20마이크로초보다 짧으면 연속광에 가까워져 버려 1회의 조사 후에 방랭되고 곧 조사되므로 기관이 가열되어 온도가 높아져 열화될 가능성이 있다. 또한, 5초보다 길면 프로세스시간이 길어진다.
- [0049] 마이크로파 가열하는 경우에 사용하는 마이크로파는 파장 범위가 1m~1mm(주파수가 300MHz~300GHz)인 전자파이다. 마이크로파의 조사는 금속 나노와이어층이 형성된 기관의 면을 마이크로파의 전기력선 방향(전계의 방향)과 대략 평행하게 유지한 상태에서 행한다. 여기서, 대략 평행이란 기관의 면과 마이크로파의 전기력선 방향이 평행 또는 전기력선 방향에 대하여 30도 이내의 각도를 유지한 상태를 말한다. 또한, 상기 30도 이내의 각도란 기관의 면에 세운 법선과 전기력선 방향이 60도 이상의 각도를 이루고 있는 상태를 말한다. 이것에 의해, 기관 상에 형성된 금속 나노와이어층(인쇄 패턴 또는 솔리드 패턴)을 관통하는 전기력선의 개수가 제한되어 스파크의 발생을 억제할 수 있다. 마이크로파를 조사하는 분위기에 특별히 제한은 없다. 대기 분위기 하에서 실시할 수 있다. 필요에 따라, 불활성 분위기 하에서 실시할 수도 있다.
- [0050] 또한, 금속 나노와이어를 먼저 도금하고, 도금 후의 금속 나노와이어를 사용하여 금속 나노와이어층 형성 공정 및 매입 공정을 실시해도 좋다.
- [0051] 실시예
- [0052] 이하, 본 발명의 실시예를 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 실시예는 본 발명의 이해를 용이하게 하기 위한 것이며, 본 발명은 이들 실시예에 제한되는 것은 아니다.
- [0053] 실시예 1.
- [0054] 은 나노와이어는 폴리비닐피롤리돈(PVP) 및 염화물 이온이 용해되어 있는 에틸렌글리콜(EG) 용매 중에서 질산은을 환원하는 화학 합성에 의해 얻었다.
- [0055] 먼저, EG 용매에 PVP(와코준야쿠고교가부시킴이샤, 중량 평균 분자량 360,000(카탈로그값))을 혼합하여 PVP 용액을 준비했다. 그 PVP 용액 중에 질산은과 염화철(III) 용액(600 μ mol/L, 용매는 EG)을 순차적으로 첨가하여 반응 전의 혼합액을 실온 하에서 조제했다. 혼합액은 PVP를 0.006질량%, 질산은을 0.006질량%, 염화철(III)을 0.1질량% 포함한다. 혼합액을 110 $^{\circ}$ C에서 12시간 교반하지 않고 유지함으로써, 은 나노와이어를 합성했다. 합성 후에는 원심 분리하여 상청을 제거 후, 에탄올을 첨가, 용매 치환하여 은 나노와이어의 농도가 0.1질량%로 되도록 에탄올에 분산시켰다. 또한, 얻어진 은 나노와이어의 평균 지름은 90nm이며, 평균 길이는 44 μ m였다. 은 나노와이어의 평균 지름은 주사형 전자 현미경(FE-SEM SU8020, 히타치하이테크놀로지스사제)을 이용하여 10개의 은 나노와이어를 측정하고, 또한 평균 길이는 광학 현미경(VHX-600, 키엔스사제)을 이용하여 200개의 은 나노와이어를 측정하여 각각 상가 평균값을 구했다.
- [0056] 얻어진 은 나노와이어/에탄올 분산액을 가요성을 갖는 기재로서 폴리우레탄 기재(MG90, 길이 120mm, 폭 50mm, 두께 50 μ m 타케다산교제) 상에 전면 스프레이 도포(PEACE 3, Airtex사제 도포 장치를 사용)하여 도포 전면을 덮도록 두께 1mm의 유리 기관을 얹고, 100 $^{\circ}$ C에서 2분간 열풍 순환식의 오븐에서 열처리를 하여 은 나노와이어의 일부가 기재에 매입된 폴리우레탄 기재를 얻었다. 또한, 이하 실시예 및 비교예에 있어서 소망의 초기 시트 저항으로 되도록 기재 상의 은 나노와이어양이 1cm 2 당 0.0001~100 μ g의 범위로 되도록 임의로 도포량을 변경했다. 상기 폴리우레탄 기재를 0.1 규정으로 조제한 희황산으로 10초간 처리, 소정량의 Pd 촉매액(JX 킨조쿠쇼지사제 KG-529)과 0.1 규정으로 조제한 희염산의 혼합액으로 1분간 처리, 그 후 100 $^{\circ}$ C에서 5분간 열풍 순환식의 오븐에서 열처리, 80 $^{\circ}$ C의 무전해 Ni-P 도금액(JX 킨조쿠쇼지사제 KG-531과 KG-531H)으로 10초간 처리, 80 $^{\circ}$ C의 소정량의 비시안계 Au 도금액(JX 킨조쿠쇼지사제 CF-500SS)과 아황산금나트륨 수용액의 혼합액에서 1분간 처리를 행함으로써, 은 나노와이어의 표면에 니켈층(약 10~30nm)과 금층(약 1~30nm)의 무전해 도금층을 형성했다.

- [0057] 샘플의 외관(지름 및 길이) 관찰은 주사형 전자 현미경(FE-SEM SU8020, 히타치하이테크놀로지스사제)으로, 도금층의 두께 측정은 원자 분해능 분석 전자 현미경(JEM-ARM200F, 닛폰덴시사제)을 이용하여 행했다.
- [0058] 도 2에는 실시예 1에 따른 무전해 니켈/금 도금된 은 나노와이어가 기재에 매입된 폴리우레탄 기재의 SEM 사진이 나타내어진다. 도 2에 있어서, 은 나노와이어의 일부는 도금막이 형성되어 있지 않고, 외부 에너지(실시예 1에서는 열처리)에 의해 기재에 포함되어 있는 상태를 확인할 수 있다(회선으로 둘러싼 부분). 또한, 표층에 노출되어 있는 은 나노와이어에만 도금막이 형성되어 있는 것도 동 도면으로부터 아울러 확인할 수 있다.
- [0059] 또한, 도 3에는 실시예 1에 따른 무전해 니켈/금 도금된 은 나노와이어의 단면 TEM 사진이 나타내어진다. 도 3에 있어서, 단면이 오각형인 은 나노와이어의 외층에 니켈이 약 10~30nm의 두께로 도금되고, 또한 그 외층에 금 도금층이 형성되어 있는 것을 알 수 있다.(TEM상의 농도에 의해 각각의 층이 구별된다.)
- [0060] 실시예 2.
- [0061] 혼합액의 유지 온도를 150℃로 변경한 것 이외에는 실시예 1과 마찬가지로 은 나노와이어를 제작하고, 기재를 PET 기재(루미러(등록상표) S, 폭 30mm, 길이 50mm, 두께 100 μ m, 도레이사제)로 변경한 것 이외에는 마찬가지로 기관 전면에는 은 나노와이어층을 형성하고, 그 후 레이저 에칭 가공에 의해 폭 10mm, 길이 50mm의 은 나노와이어의 패턴을 형성했다.
- [0062] 이 기재를 0.1 규정으로 조제한 회황산으로 10초간 처리, 소정량의 Pd 촉매액(JX 킨조쿠쇼지사제 KG-529)과 0.1 규정으로 조제한 회염산의 혼합액으로 1분간 처리, 그 후 100℃에서 5분간 열풍 순환식의 오븐에서 열처리, 무전해 Ni-P 도금액 (JX 킨조쿠쇼지사제 KG-531과 KG-531H)으로 80℃에서 10초간 처리, 소정량의 시안계 Au 도금액(JX 킨조쿠쇼지사제 KG-545Y)과 0.1-1g/L의 농도 범위에서 조제한 KAu(CN)₂의 혼합액으로 80℃에서 1분간 처리를 행함으로써 무전해 도금하여 니켈층(15nm) 및 금층(15nm)을 형성했다.
- [0063] 굽힘 시험으로서, 상기 샘플의 양단(폭측)을 탁상 인장 시험기(EZ-TEST, 시마즈세이사쿠쇼제, 척 사이 15mm)의 상하 척부에 장착하고, 절곡부가 대략 반경 2.5mm인 반원주 형상으로 뒤틀(은 나노와이어층이 절곡부의 외측으로 뒤틀) 때까지 상하동시시키고, 이것을 사이클 시간 13.2초로 반복했다. 소정 횟수마다 양단에 장착된 단자를 통해서 저항값을 측정했다.
- [0064] 비교예 1.
- [0065] 도금 처리하지 않은 것 이외에는 실시예 2와 마찬가지로의 처리에 의해 은 나노와이어를 도포한 PET 기재를 제작하고, 굽힘 시험 평가를 실시했다.
- [0066] 표 1에는 실시예 2 및 비교예 1에 따른 굽힘 시험 평가 결과를 나타낸다. 비교예 1에 있어서는 굴곡 횟수가 증가함에 따라 저항값이 상승해 가는 반면, 실시예 2에서는 굽힘 시험 중에서도 낮은 저항값을 유지하고 있으며, 기계적 강도가 향상되어 있는 것을 알 수 있다.

표 1

샘플	초기 저항[Ω]	10회	100회
실시예 2	35	37	38
비교예 1	620	680	740

- [0067]
- [0068] 실시예 3.
- [0069] 30mm×30mm×1mm 두께의 유리 기관에 dix(등록상표)-SR(KISCO사제)를 진공 하의 화학 증착에 의해 성막하고, 두께 3 μ m의 파릴렌(등록상표)의 코팅막을 얻었다. 그 유리 기관 상에 형성된 파릴렌(등록상표)을 기재로서 사용하여 무전해 니켈 도금을 하지 않고 무전해 금 도금(약 5nm)만 한 점 이외에는 실시예 1과 마찬가지로 처리하여 은 나노와이어의 일부가 파릴렌(등록상표)의 코팅막에 매입된 은 나노와이어층에 무전해 도금이 실시된 기재를 얻었다.

[0070] 이어서, 이 기재 상에 무전해 도금이 실시된 나노와이어층을 레이저 에칭 가공함으로써 배선(폭 0.5mm, 길이 4 mm)을 형성했다. 은의 마이그레이션을 가속시키기 위해 금 도금된 은 나노와이어 배선에 증류수를 배선 중앙부에 1방울 드롭하여 0.5mm 길이의 배선을 물방울로 덮은 후, 전류값 1mA에서 20분간 통전 후 10mA에서 20분간, 20mA에서 20분간, 30mA에서 20분간, 40mA에서 20분간으로 단계적으로 전류값을 증가시켜 통전하고, 도중의 배선 저항값 변화를 연속적으로 측정했다. 배선 저항 측정에 사용된 기기는 B2900A(Keysight사제)이며, 시험 전의 저항값 측정에는 미쓰비시애널리테크사제, LorestaGP T610을 사용했다. 배선의 초기 저항값은 150Ω였다. 내마이그레이션 시험 결과를 표 2에 나타낸다.

[0071] 실시예 4.

[0072] 은 나노와이어의 도포량을 변경한 것 이외에는 실시예 3와 마찬가지로 처리한 유리 기판에 성막한 파릴렌(등록상표) 기재를 준비했다. 배선의 초기 저항값은 35Ω이었다. 내마이그레이션 시험 결과를 표 2에 나타낸다. 단면이 오각형인 은 나노와이어의 외측에 금이 5nm 이하의 두께로 도금되어 있다.

[0073] 비교예 2.

[0074] 무전해 금 도금을 하지 않는 것 이외에는 실시예 3과 마찬가지로 처리한 유리 기판에 성막한 파릴렌(등록상표) 기재를 준비하고, 내마이그레이션 시험을 실시했다. 배선의 초기 저항값은 140Ω였다. 내마이그레이션 시험 결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

샘플	초기 시트 저항값 [Ω/□]	1mA 20분간	10mA 20분간	20mA 20분간	30mA 20분간	40mA 20분간
실시예 3	150	단선하지 않음	단선하지 않음	약 5분 후 단선	—	—
실시예 4	35	단선하지 않음	단선하지 않음	단선하지 않음	단선하지 않음	단선하지 않음
비교예 2	140	단선하지 않음	곧바로 단선	—	—	—

[0075]

[0076] 표 2에 나타내는 바와 같이, 비교예 2의 배선은 일정 전류(1mA)를 20분간 흘린 후, 10mA까지 전류값을 상승시키면 곧바로 배선은 단선했다. 한편, 실시예 3의 배선은 10mA의 일정 전류를 20분간 흘리고 있는 동안에는 단선하지 않고, 20mA로 전류값을 상승시킨 후에 단선했다. 마이그레이션이 진행되면, 배선의 일부가 용해되어 단자 사이의 단선이 생기는 현상을 평가하고 있다. 이것에 의해, 도금함으로써 은의 마이그레이션을 억제하는 효과가 있어 은 나노와이어의 내마이그레이션 특성이 향상되었다고 생각된다. 또한, 초기 저항값이 낮은, 실시예 4에서 준비한 배선은 40mA까지 전류값을 증가시켜도 단선이 확인되지 않고, 더욱 특성이 향상되어 있는 것을 알 수 있다.

[0077] 실시예 5.

[0078] 도금 방법이 다른 것 이외, 실시예 1과 마찬가지로 처리를 행하여 기재에 일부 은 나노와이어가 매입된 폴리우레탄 기재를 제작했다.

[0079] 은 나노와이어가 형성된 폴리우레탄 기재에 Ag 변색 제거제(닛폰일렉트로플레이팅·엔지니어스(EEJA)사제 EETOREX70)로 10초간 처리, 0.1 규정의 회황산으로 10초간 처리, 70℃의 Pt 도금액(EEJA사제 PRECIOUSFAB Pt3000)으로 처리를 실시하여 Pt 도금층을 형성했다. Pt 도금 중, 대극에 대하여 피도금물에는 약 1.0A/dm²의 전류를 약 10초간 인가하고 있다. 이것에 의해, 은 나노와이어의 표면에 Pt 층(약 1~100nm)의 전체 도금층을 형성했다.

[0080] 샘플의 관찰은 주사형 전자 현미경(FE-SEM SU8020, 히타치하이테크놀로지스사제) 및 원자 분해능 분석 전자 현미경(JEM-ARM200F, 닛폰덴시사제)을 이용하여 행했다.

[0081] 도 4에는 실시예 5에 따른 Pt 도금된 은 나노와이어가 기재에 매입된 폴리우레탄 기재의 SEM 사진이 나타내어진다. 도 4는 상기 주사형 전자 현미경(FE-SEM SU8020, 히타치하이테크놀로지스사제)을 사용하여 취득한 사진이다. 도 4에 있어서, 은 나노와이어의 일부는 도금막이 형성되어 있지 않고, 외부 에너지(실시예 1과 마찬가지로 열처리)에 의해 기재에 매입되어 있는 상태를 확인할 수 있다. 또한, 표층에 노출되어 있는 은 나노와이어

어에만 도금막이 형성되어 있는 것도 동 도면으로부터 아울러 확인할 수 있다.

[0082] 또한, 도 5에는 실시예 5에 따른 Pt 도금된 은 나노와이어의 단면 TEM 사진이 나타내어진다. 도 5는 상기 원자 분해능 분석 전자 현미경(JEM-ARM200F, 닛폰텐시사제)을 사용하여 취득한 사진이다. 도 5에 있어서, 단면이 오각형인 은 나노와이어의 외층에 Pt가 평균 약 30nm의 두께로 도금되어 있는 것을 알 수 있다(TEM상의 농담으로 각각의 층이 구별된다).

[0083] 이어서, 실시예 3과 마찬가지로 레이저 에칭 가공으로 배선(폭 0.5mm, 길이 4mm)을 형성했다. 은의 마이그레이션을 가속화시키기 위해 백금 도금된 은 나노와이어 배선에 생리 식염수를 1방울 드롭하여 배선 0.5mm 길이를 물방울로 덮은 후 일정 전압 1V에서 20분간 전압을 인가하고, 도중의 배선 저항값 변화를 연속적으로 측정했다. 배선 저항 측정에 사용한 기기는 B2900A(Keysight사제)이며, 내마이그레이션 시험 결과를 표 3에 나타낸다.

[0084] 비교예 3.

[0085] 전해 도금 처리하지 않은 은 나노와이어의 폴리우레탄 기재를 이용한 것 이외에는 실시예 5와 마찬가지로의 평가를 행했다. 내마이그레이션 시험 결과를 표 3에 나타낸다.

표 3

샘플	초기 저항값[Ω]	1V 5분간	1V 20분간
실시예 5	500	단선하지 않음	단선하지 않음
비교예 3	70	단선	—

[0086]

[0087] 표 3에 나타내는 바와 같이, 비교예 3의 배선은 일정 전압(1V)을 5분간 인가하면 배선이 단선한 반면, 실시예 5의 배선은 1V의 일정 전압을 5분간 인가하고 있는 동안에는 단선하지 않고, 또한 동일 전압을 20분간 추가하여 인가해도 단선은 확인되지 않았다. 도금함으로써 은의 마이그레이션을 억제하는 효과가 있어 은 나노와이어의 내마이그레이션 특성이 향상되었다고 생각된다.

[0088] 실시예 6.

[0089] 실시예 1과 마찬가지로, 무전해 금 도금된 은 나노와이어/폴리우레탄 기재를 준비했다. 이 기재에, 펄스광 조사 장치 PulseForge3300(Novacentrix사제)를 이용하여 대기 실온 분위기 하 655V, 50msec의 조건에서 펄스광을 단발 조사했다.

[0090] 샘플(폭 15mm, 길이 30mm의 기관 상에 은 나노와이어층이 전면 형성되어 있음)을 탁상 인장 시험기(EZ-test, 시마즈세이사쿠쇼사제, 시험 속도 : 15-60mm/min, 척 간격 : 12mm, 부하 : 0%-20% 변형)에 장착하여 반복하여 신축 시험을 행하고, 34410A multimeter and 11059A(Agilent Technologies사제)를 지그에 장착한 단자에서 샘플의 저항값을 측정했다. 신축 시험의 결과를 표 4에 나타낸다.

[0091] 비교예 4.

[0092] 무전해 도금 처리하지 않고, 또한 펄스광 조사(금속 나노와이어의 연결 처리)하지 않은 은 나노와이어의 폴리우레탄 기재를 이용한 것 이외에는 실시예 6과 마찬가지로의 평가를 행했다. 신축 시험 결과를 표 4에 나타낸다.

표 4

샘플	초기 저항값 [Ω]	20 회	100 회
실시에 6	120	560	1400
비교예 4	7	단선	—

[0093]

[0094]

비교예 4에서는 20회의 신축 시험에서 단선이 발생되어 있는데 반해, 도금 및 펄스광 조사(금속 나노와이어의 연결 처리)한 실시에 6에서는 비교예 4에 비해 초기 저항값은 커지지만, 100회 후에도 저항값 측정이 가능하며, 내탄력성이 향상되어 있는 것을 알 수 있다.

[0095]

실시에 7.

[0096]

은 나노와이어/에탄올 분산액의 도포량을 변경한 것 이외에는 실시에 1과 마찬가지로 은 나노와이어/폴리우레탄 기재를 준비하고, 실시에 2에 기재된 무전해 금 도금(무전해 Ni-P 도금 처리하지 않고 직접 시안계 Au 도금액 (JX 킨조쿠쇼지사제 KG-545Y)과 KAu(CN)₂의 혼합액으로 무전해 금 도금 처리)을 마찬가지로 실시했다. 도금 전 후의 배선 저항은 B2900A(Keysight사제)를 이용하여 측정했다. 그 결과를 표 5에 나타낸다.

[0097]

비교예 5.

[0098]

기재 상에의 은 나노와이어/에탄올 분산액 도포 후의 열처리(100℃, 2분간) 및 Pd 촉매 처리 후의 오븐 열처리(100℃, 5분간) 모두 생략한 것 이외에는 실시에 7과 마찬가지로 은 나노와이어/폴리우레탄 기재를 준비하고, 무전해 금 도금을 실시하여 실시에 7과 마찬가지로 저항 평가했다. 그 결과를 표 5에 나타낸다.

표 5

샘플	도금 전의 초기 저항값 [Ω]	Pd처리 후 열처리 조건	도금 후 저항값 [Ω]
실시에 7	3.2	100℃—5min	2.5
비교예 5	3.0	없음	박리에 의해 측정할 수 없음

[0099]

[0100]

표 5로부터, 은 나노와이어/에탄올 분산액 도포 후의 열처리에 의해, 은 나노와이어가 기재 중에 매입되고, 그 후의 은 나노와이어에의 금 도금이 안정적으로 실시된 것을 알 수 있다.

[0101]

실시에 8.

[0102]

실시에 7과 마찬가지로 무전해 금 도금된 은 나노와이어/폴리우레탄 기재를 준비했다. 도금 전의 초기 저항값과 8,000시간 대기 중에 방치한 후의 저항값을 표 6에 나타낸다.

[0103]

비교예 6.

[0104]

무전해 금 도금을 생략한 것 이외에는 실시에 7과 마찬가지로 무전해 금 도금을 하지 않는 은 나노와이어/폴리우레탄 기재를 준비했다. 초기 저항값과 8,000시간 대기 분위기 중에 방치한 후의 저항값을 표 6에 나타낸다.

표 6

샘플	도금 전의 초기 저항값 [Ω]	대기 방치 8000 시간 저항값 [Ω]
실시에 8	4.6	2.3
비교예 6	3.9	53

[0105]

[0106] 표 6으로부터, 대기 하 보존에 있어서도 도금 후의 기재는 저항값에 변화가 없는 것으로부터도 대기 분위기 중 방치에 의한 산화, 황화의 영향을 받지 않는 내구성을 갖고 있는 것을 알 수 있다.

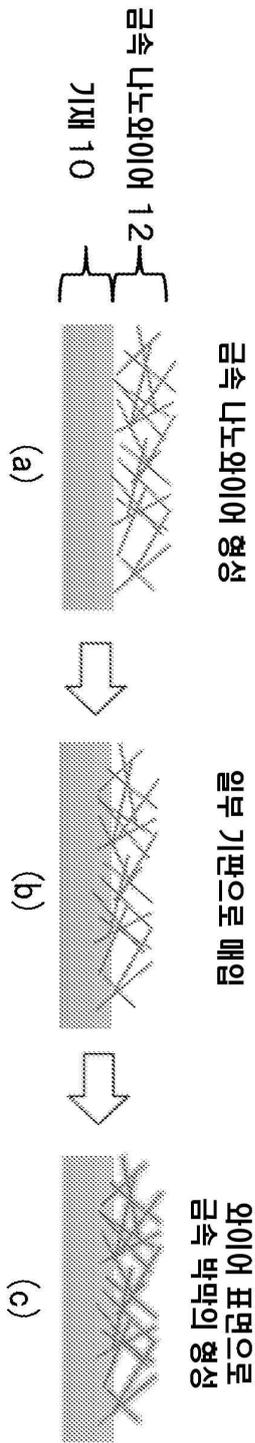
부호의 설명

[0107]

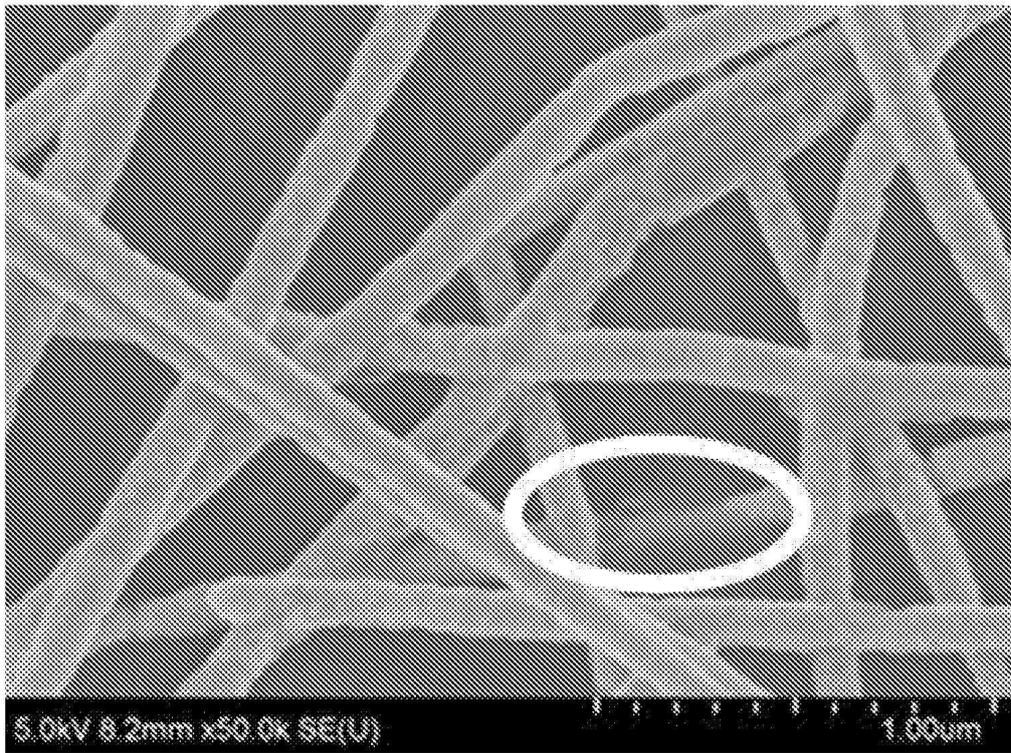
10 : 기재

12 : 금속 나노와이어층

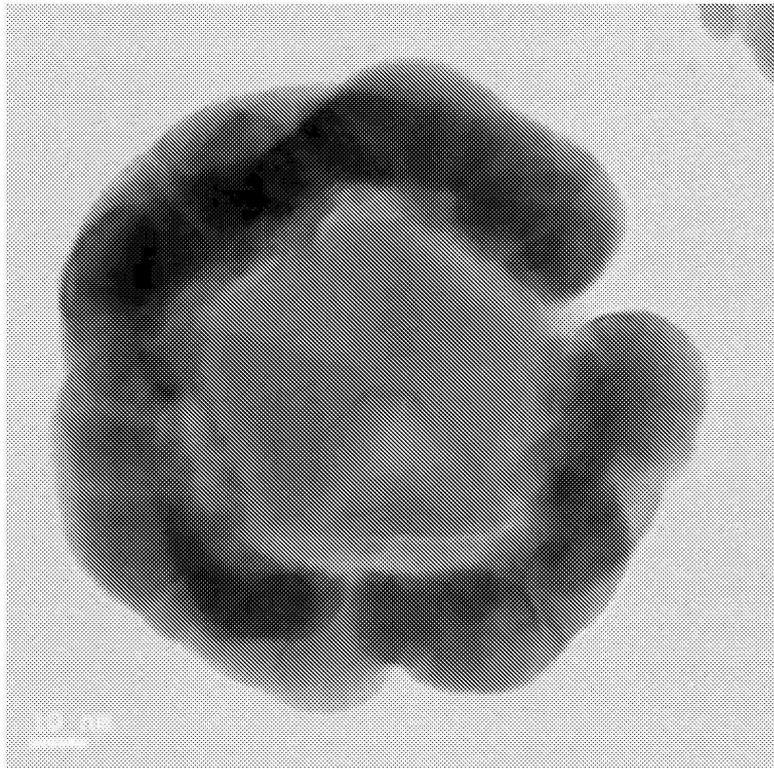
도면
1면도



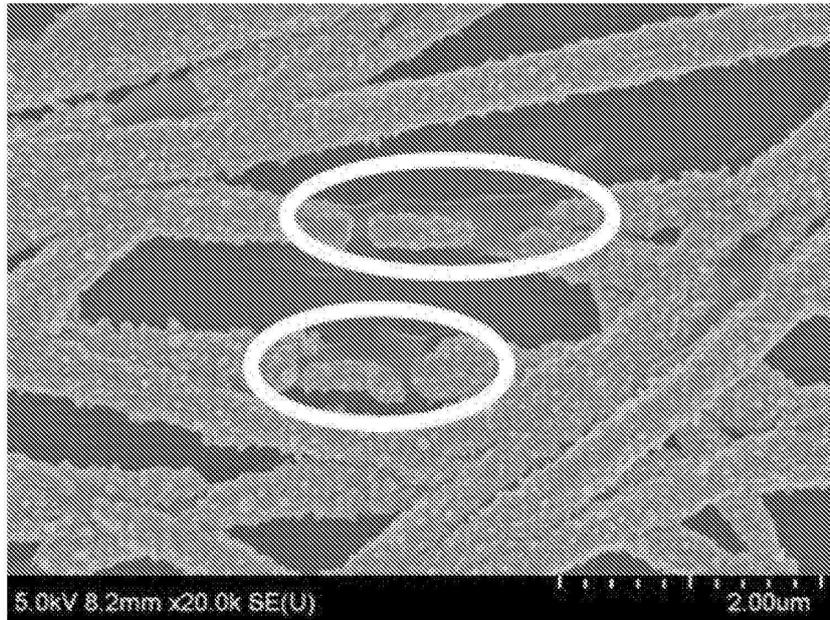
도면2



도면3



도면4



도면5

