(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0115921
(43) 공개일자 2011년10월24일

(51) Int. Cl.
B82B 3/00 (2006.01) *C01B 31/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0035529
(22) 출원일자 2010년04월16일
심사청구일자 2010년04월16일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
(72) 발명자
신관우
서울특별시 강남구 도곡2동 도곡렉슬아파트 401동 1403호
이병노
경기도 용인시 기흥구 보라동 현대아파트 301동 1604호
이미진
서울특별시 마포구 신수동 서강대학교 화학과
(74) 대리인
한라특허법인

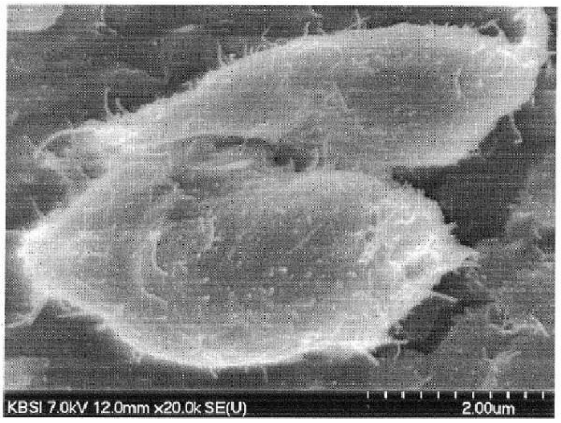
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 건식 입자 혼합을 통한 탄소나노튜브 요오드 전도성 고형제의 제조 방법

(57) 요 약

본 방법에 의해 제조된 고형입자는 액체상 요오드흡착이 갖는 개별 CNT의 전도도를 높이면서도 분말형태의 요오드를 CNT주변에 결합을 유도하여, 단일한 거대 고형으로 제조할 수 있어, 다양한 형태로 성형이 가능하고 직접 흑연과 같이 특정 표면에 도포가 가능한 새로운 물질형태이다. 이는 기존의 문제점인 CNT를 표면에 배향하고 많은 산업적 활용성이 있는 전도성 패터닝 작업을 수월하게 할 수 있는 새로운 방법을 제시하는 것으로서 향후, 전도성 잉크를 대체하여 다양한 분야에서 활용 가능성이 높다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

입경 1 nm ~ 10 ㎛의 탄소나노튜브(CNT)와 입경 0.1 ㎛ ~ 1 ㎜의 요오드(I_2)를 포함하는 혼합물을 각각의 고체상에서, 0 ~ 140 ℃의 온도에서, 10 ~ 500시간 교반하는 것을 포함하는 CNT-I_2 고형제의 건식 제조 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 CNT에 대해 요오드가 10 ~ 10000 중량% 혼합되는 것을 특징으로 하는 CNT-I_2 고형제의 건식 제조 방법.

청구항 3

제 1항의 방법으로 제조된 CNT-I_2 고형제를 1 ~ 100 기압의 압력과 0 ~ 140 $^{\circ}$C 의 온도에서 응고 시키는 CNT-I_2 성형체의 제조 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 CNT-I_2 고형제 응고 시 LiCl, LiBr, LiI, NaCl, NaBr, NaI, KCl, KBr, KI, CsCl, CsBr, CsI 또는 이들의 혼합물을 첨가하는 것을 특징으로 하는 CNT-I_2 성형체의 제조 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 LiCl, LiBr, LiI, NaCl, NaBr, NaI, KCl, KBr, KI, CsCl, CsBr, CsI 또는 이들의 혼합물을 상기 CNT-I_2 고형제 대비 100 ~ 10000 중량% 로 첨가하는 것을 특징으로 하는 CNT-I_2 성형체의 제조 방법.

청구항 6

제 3항에 있어서, 상기 CNT-I_2 고형제 응고 후, PE (polyethylene), PVC (polyvinylchloride), PP (polypropylene), PS (polystyrene), 또는 PC (polycarbonate)로 코팅하는 것을 특징으로 하는 CNT-I_2 성형체의 제조 방법.

청구항 7

제 3항의 방법으로 제조된 CNT-I_2 성형체를 비 전도성 물체에 도포함으로써 패턴 기판을 형성하는 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 도포는 0.1 ~ 10 기압의 압력을 가하는 방법으로 도포하는 것을 특징으로 하는 패턴 기판을 형성하는 방법 .

청구항 9

제 7항에 있어서, CNT-I_2 성형체를 도포하기 전에 CNT-I_2 성형체를 열처리 하는 것을 특징으로 하는 패턴 기판 형성 방법.

청구항 10

제 7항에 있어서, CNT-I_2 성형체를 도포한 이후에 도포 된 비 전도성 물체를 열처리하는 것을 특징으로 하는 패턴 기판 형성 방법.

청구항 11

제 9항 또는 10항에 있어서, 상기 열처리 온도는 50 ~ 150℃인 것을 특징으로 하는 패턴 기판 형성 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 건식으로 탄소나노튜브-요오드 전도성 고형제를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT)는 입경 1 ~ 100 nm 정도이며 길이는 수 nm부터 수십 ㎛에 이르는 높은 아스펙트비(aspect ratio)를 갖는 미세한 탄소재료이다. 이러한 CNT는 구조에 따라 전도성, 반도체성을 나타내어 디스플레이소자, 2차 전지, 수소저장, 또는 전자방출 소자 등 다양한 산업적 활용이 가능하다는 것이 알려져 있다. 특히, CNT가 갖는 높은 전기전도성, 열적 안정성, 인장강도 및 복원성으로 인하여 다양한 복합재료의 첨가제로 활용될 수 있음도 널리 알려져 있다. 최근 양질의 CNT의 새로운 합성법들이 개발됨에 따라 저가의 고순도 CNT의 생산이 가능해져, 이의 다양한 용도개발이 이루어지고 있으며, 특히 고분자나 유기재료의 복합에 의한 초고강도 구조용 복합재료, 전자적 차폐막, 그리고 높은 열 전도성 등을 이용한 기능성 복합재료를 위한 강화재로서의 첨가제로 활용에 많은 가능성을 보이고 있다. 이와 같은 결과들은, CNT가 첨가제로 활용되었을 때, 기계적 성질(Composites Science and Technology, Volume 63, Issue 11, August 2003, Pages 1689-1703). 물리적 성질(Chemical Physics Letters, Volume 337, Issues 1-3, 30 March 2001, Pages 43-47), 외부 전자파 차단 성질(Polymer, Volume 45, Issue 3, February 2004, Pages 825-83), 전자 전도성 성질(Polymer, Volume 45, Issue 3, February 2004, Pages 739-74; Diamond and Related Materials, Volume 12, Issue 9, September 2003, Pages 1524-1531), 열전도성 성질(Synthetic Metals Vol 103, 1999, Pages, 2498) 또한 고분자 메트릭스의 유리전이온도(Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 697, 2002, Materials research society)등에 활용될 수 있다.

[0003] 이러한 CNT가 갖고 있는 높은 표면면적을 이용하여, 수소나 질소와 같은 물질의 흡착 및 저장용도로의 가능성들이 다양한 문헌을 통하여 보고되고 있으며, 고분자나 유기-바이오 물질의 흡착을 통하여, CNT의 기계적인 물성이나, 물리적, 전기적 특성들을 활용하기 위한 다양한 이용 방법들이 보고되고 있다.

[0004] 이러한 다량의 CNT를 산업적으로 활용하기 위하여, 일반적으로 CNT의 기계적, 물리적 특성이 상이한 물질을 혼합한 복합 재료(Composite) 형태의 소재에 활용성이 널리 연구되고 있다. 예를 들면, CNT의 화학적 및 물리적 전처리(pre-treatment)를 통한 고분자재료와의 혼합방법에 관한 기술들이 많이 연구되고 있다. 기본적으로 현재까지 보고된 이러한 기술들은 CNT 표면을 산화시키는 전처리 방법이 보고되어 있으며, 이러한 처리를 바탕으로 다양한 고분자와 합성을 유도한 기능화(functionalization)와 표면 랩핑(wrapping), 그리고 사출(extrusion) 및 당김(stretching)을 통한 다양한 기계적 혼합법이 보고되고 있다.

[0005] CNT는 합성법에 따라서 CNT 내부의 탄소격자의 구조가 달라지며, 형성된 구조에 따라서 전도성 및 반도체 성질을 갖고 있는 CNT의 합성 및 분리 방법도 보고되고 있다. 이러한 CNT를 전기적으로 응용하기 위해서 전도성

CNT가 많은 관심을 받고 있다. 그러나 CNT의 전도도가 낮은 경우에는 이러한 문제를 해결하기 위하여 CNT 표면에 알카리 금속이나 브롬(Br), 요오드(I)와 같은 할로겐족 원소를 도핑하는 방법이 제시되고 있으며, 이러한 도핑이 되었을 때, 금속과 같은 높은 전도도를 갖는 물질로 변화시킬 수 있다. 그 중에서도 특히 요오드는 상온에서 높은 승화성 성질을 띠고 있는 단점이 있어서 CNT 표면에 과량을 흡착하는 방법은 아직 연구 결과가 발표된 것이 많지 않다. 이는 요오드의 승화성을 고려하여, 연구자들이 고체 요오드 상태로 고체 CNT와 고체-고체 간 상호 작용 가능성을 높지 않게 판단하였기 때문으로 생각된다.

[0006] 분말 상태가 아닌, 요오드 액체상으로 높은 온도 하에서 CNT를 섞어서 분산한 결과는 보고된 바 있다. 미국 등록특허 제 6,139,919호에서는 액체상에서 흡착된 요오드가 기체상의 흡착에 비해 흡착의 양이 증가되며, CNT의 전도도를 최소 30배에서 120배까지 높일 수 있다고 제시하였다. 이렇게 흡착된 요오드는 상온에서도 승화되지 않으며 매우 안정된 상태로 유지될 수 있어서 전도성 파이버를 만들기 위한 매우 유용한 방법으로 제시하고 있다. 그러나, 이러한 액체에 의한 흡착은 번들형태로 존재하는 CNT와 CNT 사이에 분자상태로 흡착되어 안정성은 높으나, 최대 CNT 질량대비 46%까지만 흡착이 가능함을 보고하고 있고, I_2 형태가 아닌. I_3^-의 이온형태로 흡착되어 있는 것으로 보고한다. 따라서, 이 방법은 I_3^- 이온들의 전자 캐리어(carrier)로 활용되어 개별 CNT의 전도도를 높이나, 처리된 CNT를 다시 기존에 알려진 강산과 같은 분산처리를 거친 후에, 특정한 계면이나 표면에 배향이 성공해야 비로소 전도도 높은 CNT를 이용한 응용에 활용될 수 있다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 제 1 과제는 분산처리 등 전처리 과정이 필요 없이, 전도성 패터닝 작업을 수월하게 할 수 있는 CNT-I_2 고형제의 건식 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 제 2 과제는 상기 CNT-I_2 고형체를 이용하여 CNT-I_2 성형체의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 제 3 과제는 상기 CNT-I_2 성형체를 사용하여 패턴 기판 형성 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 제 1 과제를 해결하기 위해 입경 1 nm ~ 10 ㎛ 정도의 탄소나노튜브(CNT)와 입경 0.1 ㎛ ~ 1 mm 의 요오드(I_2)를 포함하는 혼합물을 각각의 고체상에서, 0 ~ 140 ℃의 온도에서, 10 ~ 500시간 교반하는 것을 포함하는 CNT-I_2 고형제의 건식 제조 방법을 제공한다.

[0011] 본 발명의 제 2 과제를 해결하기 위해 상기 제조된 CNT-I_2 고형제를 1 ~ 100기압의 압력과 0 ~ 140 ℃의 온도에서 응고 시키는 CNT-I_2 성형체의 제조 방법을 제공한다.

[0012] 본 발명의 제 3 과제를 해결하기 위해 상기 제조된 CNT-I_2 성형체에 압력을 가하여, 비 전도성 물체에 도포함으로써, 패턴 기판을 형성하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0013] 본 방법에 의해 제조된 고형입자는 액체상 요오드흡착과 같은 정도로 개별 CNT의 전도도를 높이면서도 분말형태의 요오드를 CNT주변에 결합을 유도하여, 단일한 거대 고형으로 제조할 수 있어, 다양한 형태로 성형이 가능하고 직접 흑연과 같이 특정 표면에 도포가 가능한 새로운 물질형태이다. 이는 기존의 문제점인 분산처리 등 전처리 과정이 필요 없어, 전도성 패터닝 작업을 수월하게 할 수 있는 새로운 방법을 제시하는 것으로서 향후 전도성 잉크를 대체하여 다양한 분야에서 활용가능성이 높다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 CNT 분말만 넣은 유리병(왼쪽)과 같은 양의 CNT 분말에 질량비 1000%의 요오드 분말을 혼합한 유리병(오른쪽)의 교반 전, 후의 사진이다.

도 2는 CNT와 요오드 분말이 혼합되어 강하게 응축된 입자의 표면을 측정한 전자현미경 사진이다.

도 3은 CNT-I_2 실시예 2에서 제조한 성형 구조체 사진이다.

도 4는 실시예 4에서 CNT-I_2를 종이위에 도포한 후 열처리 한 사진(왼쪽)과 도포 전 열처리 후 종이위에 도포한 사진(오른쪽)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명은 입경 1 nm ~ 10 ㎛ 정도의 탄소나노튜브(CNT)와 입경 0.1㎛ ~ 1 mm의 요오드(I_2)를 포함하는 혼합물을 각각의 고체상에서, 0 ~ 140 ℃의 온도에서, 10 ~ 500시간 교반하는 것을 포함하는 CNT-I_2 고형제의 건식 제조 방법에 관한 것이다.

[0016] 본 발명은 요오드 분말의 녹는점인 약 140℃이하의 온도에서 교반을 수행하는 것에 특징이 있다.

[0017] 상기 CNT 분말은 단층막 탄소나노튜브(SWNT)나 다층막 탄소나노튜브(MWNT) 모두 가능하며, 합성방법을 특별히 제한하지 않고 사용이 가능하고, 산처리나 오존처리와 같은 특별한 전처리 여부에도 관계없이 사용 가능하다. CNT 분말은 질량대비 매우 높은 부피를 차지하며, 쉽게 교반이 가능한 상태로 준비한다.

[0018] 상기 I_2 분말은 입경 1 mm 이하인 것이 바람직한데, 입경이 1 mm를 초과할 경우 흡착이 쉽게 일어나지 않는 문제가 있기 때문이다.

[0019] 분말 상태로 존재하는 반복적인 혼합과정 중에 CNT가 강하게 결합하면서, 물리적으로 흡착된 단일 CNT-I_2 고형제가 제조 가능하다. CNT 대비 요오드 분말이 10 ~ 10000 중량% 흡착된 고밀도의 고형제를 형성하게 된다. 바람직하게는 50 ~ 5000의 중량%로 제조하는 것이 전도성의 향상 측면에서 바람직하다. 이 같이 거대 고형으로 응집되는 현상은 CNT 주변에 미량의 철(Fe) 입자가 일부 역할을 하기 때문이다.

[0020] 본 발명은 상기의 방법으로 제조된 CNT-I_2 고형제를 1 ~ 100기압의 압력과 0 ~ 140 ℃의 온도에서 응고시키는 CNT-I_2 성형체의 제조 방법에 관한 것이다. 상기 간단한 방법으로 원하는 모양으로 성형이 가능하다.

[0021] 상기 응고 과정은 첨가제가 없어도 가능하나, 바람직하게는 첨가제로 LiCl, LiBr, LiI, NaCl, NaBr, NaI, KCl, KBr, KI, CsCl, CsBr, CsI 또는 이들의 혼합물을 CNT-I_2 고형제 대비 100 ~ 10000 중량%로 첨가하여 빠르고 강하게 응고시킬 수 있다.

[0022] 또한 응고 후에 I_2의 기화를 방지하기 위하여 PE (polyethylene), PVC (polyvinylchloride), PP (polypropylene), PS (polystyrene), 또는 PC (polycarbonate) 등의 고분자 물질을 성형체에 코팅할 수 있다. 이 같은 코팅은 점착제 또는 접착제가 도포 된 상기 PE (polyethylene), PVC (polyvinylchloride), PP (polypropylene), PS (polystyrene), 또는 PC (polycarbonate) 필름을 성형체 위에 놓고 점착 또는 접착을 하는 방법으로 할 수 있다.

[0023] 본 발명은 상기 제조된 CNT-I_2 비 전도성 물체에 도포함으로써, 패턴 기판을 형성하는 방법에 관한 것이다. 도포하는 방법으로는 0.1 ~ 10 기압의 압력을 가하는 방법이 있을 수 있다. 종래 액상 전도성 잉크를 잉크젯을 이용하여 도포하는 방식에 비해, 훨씬 간단하며 복잡한 패턴 기판도 형성할 수 있는 장점이 있다.

[0024] 또한 도포전 CNT-I_2 고형제를 50 ~ 150℃의 온도로 열처리할 시 전기 전도도가 향상하는 것을 확인하였으며, 더욱 바람직하게는 도포 후, CNT-I_2 고형제가 도포된 비 전도성 물체를 열처리함으로써 더욱 뛰어난 전기 전도도 향상 효과가 있음을 확인하였다. 이 같이 열처리에 의한 전도성 향상은 CNT 내에서 I^- 또는 I_3^- 생성에 의한 것으로 생각된다. 이와 같이 본 기술은 기존의 전도성 잉크를 대체하여 다양한 분야에서의 활용 가능성이 높다.

[0025] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하기로 하나, 하기한 실시예는 본 발명을 예증하기 위한 것

일 뿐, 본 발명을 제한하는 것은 아님을 이해하여만 할 것이다.

[0026] **실시예 1 : CNT-I_2 고형제 제조**

[0027] 입경 약 0.1 ㎛의 CNT 분말(일진나노텍사, C-95) 0.1g 과, 입경 약 1 ㎛의 요오드 분말 1.0g 을 교반기(Corning사, PC-410) 에 놓고 1000rpm으로 상온에서 약 72시간 동안 교반하였다. 교반 전, 후의 사진을 도 1에서 나타내었으며, 이의 전자현미경 사진을 도 2에서 나타내었다.

[0028] **비교예 1**

[0029] CNT 분말 1.1g을 교반기에 넣고 25 ℃에서 약 72시간 동안 교반하였다. 교반 전, 후의 사진을 도 1에서 나타내었다.

[0030] **평가 1 : 응집현상**

[0031] 도 1에서도 볼 수 있듯이 비교예 1(왼쪽 유리병)의 경우, 오랜 교반에 의해 분말간의 공간 부피가 약간 감소한 정도에 불과하며, 여전히 같은 분말형태로 존재한다. 그러나 실시예 1(오른쪽 유리병)의 경우는 부피가 급격히 감소한 것을 볼 수 있다. 이는 CNT 분말만이 존재할 때는 교반을 통해서 응집되지 않으나 요오드 분말의 첨가로 인하여 급격한 응집현상이 일어나기 때문이다.

[0032] 도 2에서도 CNT-I_2 고형제 내부에 CNT가 삽입된 고형구조가 형성되는 것을 확인할 수 있다.

[0033] **실시예 2 : CNT-I_2 고형제 성형(1)**

[0034] 실시예 1에서 제조한 고형제 0.1g과 KBr 0.5g을 펠레타이저(pelletizer)에 넣어 약 25 ℃에서 약 10기압 압력으로 지름 13 mm, 두께 2 mm으로 성형하였다. 성형체의 사진을 도 3에 나타내었으며, 길이 방향 및 두께 방향의 전도도 측정값을 하기 표 1에 정리하였다.

[0035] **실시예 3 : CNT-I_2 고형제 성형(2)**

[0036] 입경 약 0.1 ㎛의 CNT 분말(일진나노텍사, C-95) 0.1g과, 입경 약 1 ㎛의 요오드 분말 0.1g을 교반기에 넣고 약 25 ℃에서 약 72시간 동안 교반하였다.

[0037] 상기 고형제 0.014g과 KBr 0.5g을 펠레타이저(pelletizer)에 넣어 지름 13 mm, 두께 2 mm으로 성형하였다. 성형체의 길이방향 및 두께 방향의 저항값을 하기 표 1에 정리하였다.

[0038] **비교예 2**

[0039] 입경 약 0.1 ㎛의 CNT 분말(일진나노텍사, C-95) 0.01g과 KBr 0.5g을 펠레타이저(pelletizer)에 넣어 지름 13 mm, 두께 2 mm으로 성형하였다. 성형체의 길이방향 및 두께 방향의 저항값을 하기 표 1에 정리하였다.

[0040] **평가 2 : 성형체의 전도도 평가**

표 1

[0041]

	CNT(g)	I_2(g)	KBr(g)	CNT의 질량%	저항값(Ω)	
					길이(13mm)	두께(2mm)
실시예 2	0.01	0.1	0.5	1.64	50	20
실시예 3	0.007	0.007	0.5	1.34	250	30
비교예 2	0.01	-	0.5	1.96	2500	400

[0042] 상기 표 1에서 볼 수 있듯이, I_2를 혼합하지 아니한 성형체 (비교예 2)에 비하여 I_2를 혼합한 성형체 (실시예 2, 3)가 수 ~ 수십배의 전도도 향상이 있음을 확인할 수 있다. 특히 실시예 3의 경우 성형체 내의 CNT 질량 %가 비교예 2보다 낮으나 전도도는 증가하는 것을 볼 수 있다.

[0043] **실시예 4 : CNT-I_2 고형제의 도포**

[0044] 실시예 2에서 제조한 성형체를 약 1 기압의 압력으로 세로 길이 3 ㎜의 종이 위에 도포하였다. 도 4에서는 이의 전자현미경 사진을 표시하였다. 도 4에서 볼 수 있듯이 CNT와 I_2가 종이 표면에 얇게 도포 되어 CNT와 CNT가 물리적으로 네트워킹 되면서 종이 표면에 도포 되었음을 알 수 있다. 이렇게 도포 된 종이의 길이방향의 저항값을 표 2에서 정리하였다.

[0045] **실시예 5 : CNT-I_2 고형제의 도포**

[0046] 실시예 2에서 제조한 성형체를 약 1 기압의 압력으로 세로 길이 3 ㎜의 종이 위에 도포하였다. 도포 된 종이를 약 130℃에서 가열하여 후처리 하였다. 이렇게 도포된 종이의 길이방향의 저항값을 표 2에서 정리하였다.

[0047] **실시예 6 : CNT-I_2 고형제의 도포**

[0048] 실시예 2에서 제조한 성형체를 약 130℃에서 가열한 후, 약 1 기압의 압력으로 길이 3㎜의 종이 위에 도포하였다. 이렇게 도포 된 종이의 길이방향의 저항값을 표 2에서 정리하였다.

[0049] **평가 3 : 열처리 방법에 따른 전도도의 변화**

표 2

[0050]

	열처리 방법	저항값(Ω)
실시예 4	열처리 없음	1700
실시예 5	도포후 열처리	430
실시예 6	도포전 열처리	700

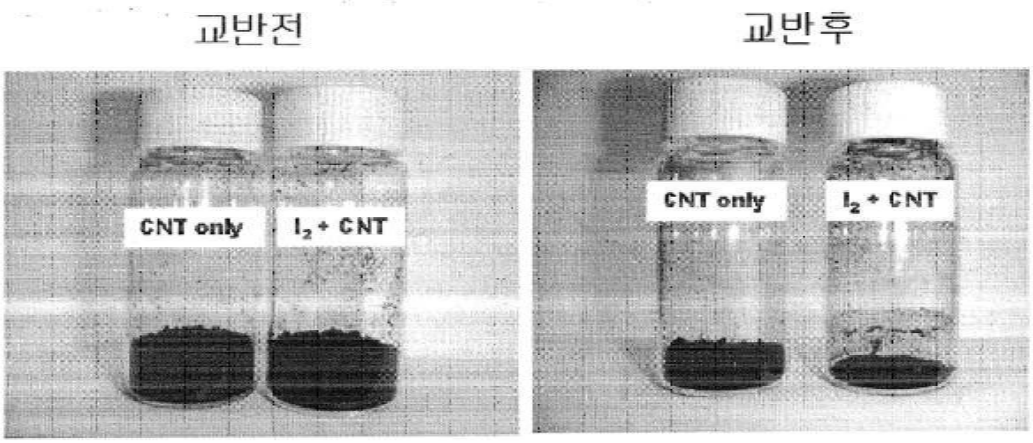
[0051] 실시예 4와 같이 열처리하지 않은 경우 저항값이 1700 Ω으로 열처리 한 경우(실시예 5, 6)에 비해 2 ~ 4배 높음을 확인할 수 있었다. 또한 열처리를 한 경우에도 열처리를 고형제 도포 이전(실시예 6)에 하였는지, 도포 이후(실시예 5)에 하였는지에 따라 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 차이는 I^- 또는 I_3^- 생성에서 오는 것으로 판단된다.

[0052] 따라서 CNT와 I_2 분말을 건식 혼합 방법에 의하여 CNT-I_2 고형체를 제조하고 이를 성형하면, 전도성 잉크를 잉크젯으로 도포하는 것과는 달리 성형체의 압력을 가하는 간단한 방식으로 비전도 물질의 표면에 도포가 가능하며 또한, 복잡한 패턴도 도포가 가능하여 이에, 장점이 있다.

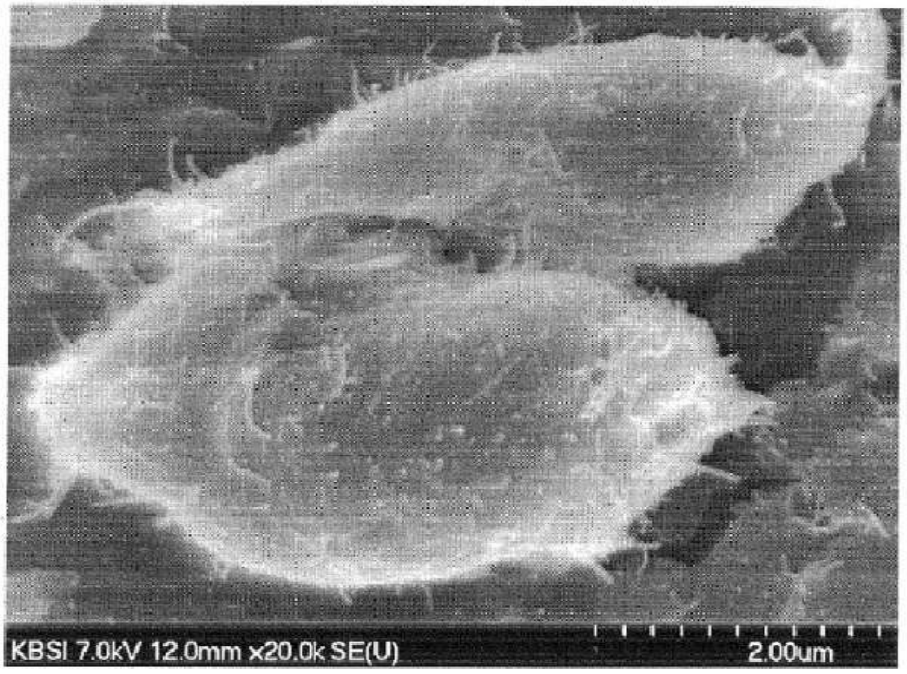
[0053] 또한, CNT-I_2의 도포 전, 또는 도포 이후에 열처리를 수행하면, 표 2에서 확인한 것과 같이 전기 전도도가 비약적으로 향상하여 패턴 기판에 유용하게 활용 가능함을 확인하였다.

도면

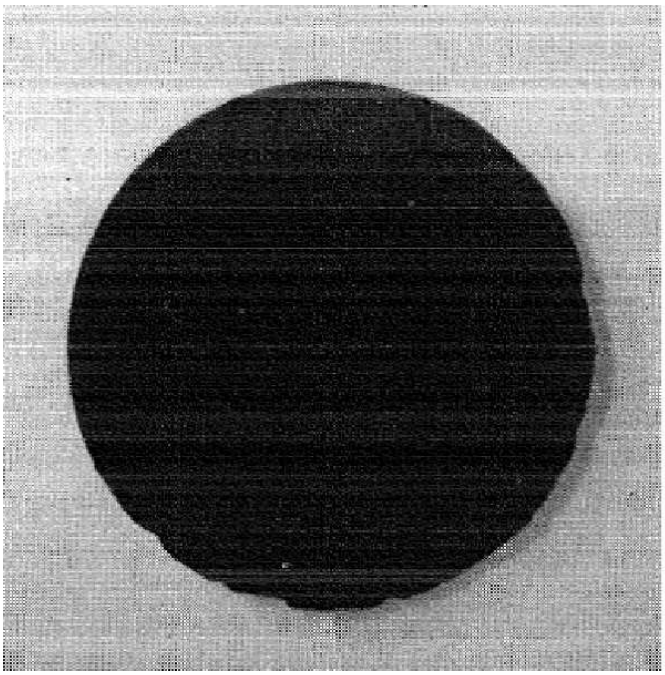
도면1


교반전
교반후
CNT only
I2 + CNT
CNT only
I2 + CNT

도면2


KBSI 7.0kV 12.0mm x20.0k SE(U)
2.00um

도면3



도면4

