(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
C07D 219/14

(11) 공개번호 10-2004-0023584
(43) 공개일자 2004년03월18일

(21) 출원번호 10-2003-7009320
(22) 출원일자 2003년07월11일
번역문 제출일자 2003년07월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2002/000266
(87) 국제공개번호 WO 2002/55503
(86) 국제출원출원일자 2002년01월04일
(87) 국제공개일자 2002년07월18일

(30) 우선권주장 09/759,438 2001년01월12일 미국(US)

(71) 출원인 휴렛-팩커드 컴퍼니(델라웨어주법인)
미합중국 캘리포니아주 (우편번호 94304) 팔로 알토 하노버 스트리트 3000

(72) 발명자 브라토브스키엠알렉산드레
미국캘리포니아주94040마운틴뷰라우렐웨이127

코르닐로비치파벨
미국캘리포니아주94040마운틴뷰#10델메디오애비뉴439

윌리암스알스탠리
미국캘리포니아주94040마운틴뷰라우렐웨이105

장치아오-안
미국캘리포니아주94086서니베일#2그랜드퍼애비뉴689

(74) 대리인 김창세
장성구

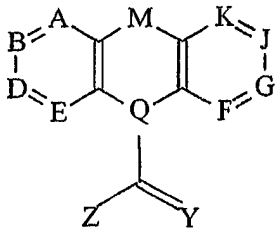
심사청구 : 없음

(54) 전자 스위칭 장치, 게이팅 장치 및 기억장치 적용을 위한,전기장에 의해 활성화된 회전자가 부착된 이중안정성삼환식 분자

요약

본 발명에 따라, 나노미터-규모의 가역적 전자 스위치는 조립되어 기억장치, 논리 및 통신 기능을 제공하는 크로스-바 회로를 형성할 수 있도록 제공된다. 전자 스위치 또는 교차된-와이어 디바이스는, 하나의 와이어가 다른 와이어를 0 ° 이외의 각으로 교차하는 접합부를 형성하는 한쌍의 교차된 와이어 및 상기 접합부에서 교차된 와이어 쌍을 연결시키는 하나 이상의 연결기 종을 포함한다. 상기 접합부는 나노미터 단위의 기능적 치수를 갖고, 이때 하나 이상의 연결기 종 및 교차된 와이어 쌍은 전기화학적 셀을 형성한다. 상기 연결기 종은 하기 화학식 I의 이중안정성 분자를 포함한다. 상기 이중안정성 분자는 높은 스위칭 속도를 명백히 나타낸다. 이러한 분자는 열적 변동으로 인한 스위칭에 대해 본질적으로 안정하다.

화학식 I



명세서

관련 출원의 교차 참조

본 출원은 2000년 12월 14일자로 출원된 특허원 제 _____ 호의 부분 계속 출원[출원인의 관리번호: PD-10004762]이다.

본 출원은 또한 하기 출원 및 특허와 관련된다: 모두 1999년 3월 29일자로 출원된 것으로, 특허원 제 09/280,048 호(발명의 명칭: 'Chemically Synthesized and Assembled Electronic Devices'); 제 09/280,225 호(발명의 명칭: 'Molecular Wire Crossbar Interconnects for Signal Routing and Communications'); 제 09/282,045 호(발명의 명칭: 'Molecular Wire Crossbar Logic'); 제 09/282,049 호(발명의 명칭: 'Demultiplexer for a Molecular Wire Crossbar Network'); 및 제 09/280,188 호(발명의 명칭: 'Molecular Wire Transistors'), 및 2000년 10월 3일자로 허여된 미국 특허 제 6,128,214 호(발명의 명칭: 'Molecular Wire Crossbar Memory').

본 출원은, 새로운 유형의 스위칭 메카니즘, 즉 큰 쌍극자 모멘트를 수송하 는 분자 그룹 또는 회전자의 전기장-유도된 회전을 이용하는데 있어서 전술한 출원 및 특허에 비해 개선점을 나타낸다.

기술분야

본 발명은 일반적으로 기능적 길이 규모가 나노미터 단위로 측정되는 전자 디바이스에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 더욱 복잡한 구조를 형성하기 위한 빌딩 블록(building block)으로서 사용되는 간단한 디바이스, 및 이러한 디바이스의 형성방법에 관한 것이다. 마이크로미터 및 나노미터 규모의 디바이스는 둘다 본원의 교시내용에 따라 제조될 수 있다.

배경기술

분자 전자장치 분야는 초기 단계에 있다. 현재까지, 공개된 문헌 [콜리어(C.P. Collier)의 문헌 ' Science , Vol.285, pp.391-394(1999년 7월 16일)']에 간행된 전자 스위치로서 작용하는 분자의 확실한 논증이 단지 하나밖에 존재하지 않지만, 1970년대 중반 이후로 이러한 주제를 둘러싼 과학 단체내에서의 많은 고찰과 관심이 있어 왔다. 상기 간행된 문헌에서, 로탁산으로 불리는 분자의 단층 필름은 2개의 금속 전극 사이에 끼워지며 분자를 가로지르는 양의 바이어스 전압의 인가에 의해 ON 상태에서 OFF 상태의 개폐조작을 일으켰다. ON 및 OFF 상태는, 인가된 전압으로 분자를 산화시킴으로써 유발된 분자를 통하는 터널링 속도가 변하기 때문에 약 100의 인자에 의해 저항이 상이하게 되었다.

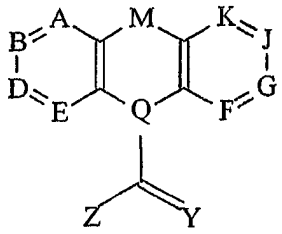
로탁산이 갖는 첫 번째 문제는 이러한 예가 비가역적 개폐조작이었다는 점이었다. 이는 한번만 토글링(toggling)될 수 있다. 따라서, 프로그래밍가능 판독 전용 기억장치(Programmable read-only memory, PROM)에서 사용될 수 있지만, ROM과 같은 디바이스 및 재배열가능한 시스템, 예컨대 무결점(defect-tolerant) 통신 및 논리 네트워크에서는 사용될 수 없다. 로탁산은 스위치가 토글링될 수 있기 전에 산화 및/또는 환원 반응시킴을 요구한다. 이는 스위치를 토글링시키기 위한 상당량의 에너지의 소비를 요구한다. 또한, 크고 복잡한 속성의 로탁산 분자 및 관련 화합물은 강력하게 분자의 스위칭 시간을 느려지게 만든다.

따라서, 한 상태에서 다른 상태로 가역적으로 스위칭시킬 수 있는, 2개의 안정한 상태를 갖는 분자 종이 요구된다. 이러한 이중안정성 분자는 마이크로-규모 및 나노-규모 디바이스에 유용하도록 빠른 스위칭 시간을 명백히 나타내야 한다.

발명의 요약

본 발명에 따라, 기억장치, 논리 및 통신 기능을 제공하는 크로스-바 회로를 제조하도록 조립될 수 있는 나노미터-규모의 가역적 전자 스위치가 제공된다. 전자 스위치 또는 교차된-와이어 디바이스는, 하나의 와이어가 다른 와이어와 0° 이외의 각으로 교차하는 접합부를 형성하는 교차된 와이어 및 상기 접합부에서 교차된 와이어 쌍을 연결시키는 하나 이상의 연결기 종을 포함한다. 접합부는 나노미터 단위의 기능적 치수를 가지며, 이때 하나 이상의 연결기 종 및 교차된 와이어 쌍은 전기화학적 셀을 형성한다. 상기 연결기 종은 하기 화학식 I의 이중안정성 분자를 포함한다.

화학식 I



상기 식에서,

A는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

B는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

D는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

E는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

F는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

G는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

J는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

K는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

M은 CH_2, CF_2, CCl_2, $CHOCH_3$, CHOH, CHF, CO, CH=CH, CH_2-CH_2, S, O, NH, NR, NCOR 또는 NCOAr이고,

Q는 CH, 질소, 인 또는 붕소이며,

Y는 O 또는 S이고,

Z는 R(H, 알킬), NHR, OR, SR, CHR-NHR, CHR-OR, CHR-SR, CHR-X(할로겐), NR-NHR, NR-OR 또는 NR-SR이다.

이중안정성 분자는 높은 스위칭 속도를 명백히 나타낸다. 이러한 분자는 열적 변동으로 인한 스위칭에 대해 본질적으로 안정하다.

도면의 간단한 설명

도 1a는 2개의 와이어의 교차점에서 하나 이상의 분자를 갖는 2개의 교차된 와이어를 개략적으로 도시한 것이다.

도 1b는 도 1a에 도시된 디바이스의 정면 투시도이다.

도 2a 및 2b는 전체 분자의 배향 또는 전류 운반 축에 수직으로 부착된 회전자를 갖게 고안된 볼-및-스틱 도면으로서, 도 2a는 하나의 안정된 상태에서의 분자를 나타낸 것이고, 도 2b는 제 2 안정한 상태에서의 도 2a와 동일한 분자를 나타낸 것이다.

도 3a 내지 3c는 도 2a 및 2b에 도시된 유형의 분자에 대한 에너지 이력현상 루프를 전류와 전압의 좌표계 상에 플롯팅한 것으로, 도 3a는 회전자에 대한 하나의 안정한 배향에서의 I-V(전류-전압) 특성을 나타낸 것이고, 도 3b는 회전자가 제 2 안정한 상태로 플리핑(flipping)된 경우의 I-V 특성을 나타낸 것이고, 도 3c는 완전한 이력현상 루프를 나타낸 것이다.

도 4는 6×6 크로스바 스위치를 나타낸 것으로, 본 발명의 스위치의 2차원 배열을 개략적으로 도시한 것이다.

발명의 상세한 설명

정의

본원에 사용된 바와 같이, '접합(부)'에 적용되는 '자가 정렬된'이란 용어는 2개 와이어들 사이에 스위치 및/또는 다른 전기적 연결을 형성하는 접합부가 접합을 생성시키는 교차 작용을 하므로 2개의 와이어(이중 하나는 코팅되거나 작용화될 수 있다)가 서로 교차되는 곳이면 어디에서나 생성됨을 의미한다.

본원에 사용되는 '자가 조립된'이란 용어는 시스템 구성요소의 식별로 인해 임의의 기하학적 패턴을 자연스럽게 채택하는 시스템을 지칭하는 것으로, 상기 시스템은 이러한 배열을 채택함으로써 그의 에너지내에서 적어도 국부 최소값을 성취한다.

'단일 배열가능한'이란 용어는 스위치가 산화 또는 환원 반응과 같은 비가역적 공정을 통해서만 단지 한번만 그의 상태를 변화시킬 수 있는 것을 의미하는 것 으로, 이러한 스위치는 예컨대 프로그래밍가능 판독 전용 기억장치(PROM)의 기초가 될 수 있다.

'재배열가능한'이란 용어는 스위치가 산화 또는 환원과 같은 가역적 공정을 통해 여러번 그의 상태를 변화시킬 수 있는, 즉 스위치가 랜덤 접근 기억장치(RAM)에서 메모리 비트와 같이 여러번 개폐될 수 있는 것을 의미한다.

분자에 적용되는 것으로 '이중-안정성'이란 용어는 에너지(또는 활성화) 장벽에 의해 분리된 2개의 비교적 낮은 에너지 상태를 갖는 분자를 의미한다. 분자는 한 상태에서 다른 상태로 비가역적으로 스위칭되거나(단일 배열가능), 한 상태에서 다른 상태로 가역적으로 스위칭될 수 있다(재배열가능).

마이크로미터 규모 치수는 1㎛ 내지 수㎛ 크기 범위의 치수를 지칭한다.

마이크로미터 이하 규모 치수는 1㎛ 내지 0.05㎛ 범위의 치수를 지칭한다.

나노미터 규모 치수는 0.1㎚ 내지 50㎚(0.05㎛) 범위의 치수를 지칭한다.

마이크로미터 규모 및 마이크로미터 이하 규모의 와이어는 폭 또는 직경 1 내지 10㎛ 치수, 높이 수십㎚ 내지 1㎛, 및 길이 수㎛ 이상을 갖는 막대형 또는 리본형 전도체 또는 반도체를 지칭한다.

교차된 와이어 스위치에 대한 기본 정보

필수적인 디바이스 특징부가 도 1a 및 1b에 도시되어 있다. 교차된 와이어 스위치(10)는 임의의 0° 이외의 각으로 교차되는 각각 금속 또는 반도체 와이어인 2개의 와이어(12 및 14)를 포함한다. 이러한 와이어들 사이에는 도 1a 및 1b에 R로 표시한 분자 또는 분자 화합물의 층(16)이 있다. 2개의 와이어(12 및 14)의 교 차점에 끼워져 있는 특정 분자(18)(R_s로 표시되어 있음)는 스위치 분자로서 확인되며, 또한 본원에서는 접합부로서 상호교환가능하게 지칭된다. 적절한 전압이 와이어를 가로질러 인가되는 경우, 스위치 분자는 산화 또는 환원된다. 한 분자가 산화(환원)되는 경우, 이후 제 2 종이 환원(산화)되어 전하가 균형을 이루게 된다. 따라서, 이들 2개의 종은 산화환원 쌍으로 언급된다. 이

디바이스의 예는 한 분자가 환원된 후 제 2 분자(산화환원 쌍의 다른 절반)가 산화되는 경우이다. 다른 예로, 한 분자가 환원되고, 와이어중 하나가 산화된다. 세 번째 예로, 한 분자가 산화되고, 와이어중 하나가 환원된다. 네 번째 예로, 하나의 와이어가 산화되고, 다른 와이어와 회합된 산화물이 환원된다. 모든 경우에서, 산화 또는 환원은 2개의 와이어들 사이의 터널링(tunneling) 거리 또는 터널링 장벽 높이에 영향을 줌으로써, 와이어 접합부를 가로지르는 전하 수송 속도를 지수함수적으로 변화시키고 스위치의 기초로서 작용한다.

이들 디바이스에 의해 수행되는 전기적 과제는 사용되는 와이어(전극)의 유형 및 와이어간의 물질에 의해 주로 결정된다. 하기 표 1은 도 1a 및 1b에서의 와이어(12 및 14)의 다양한 조합으로부터 제조될 수 있는 다양한 유형의 디바이스를 제시하고 있다.

[표 1]

와이어(전극) 물질					
디바이스 유형	금속-금속 (동일함)	금속-금속 (상이함)	금속-반도체 또는	반도체-반도체 (p-n 접합)	반도체-반도체 (헤테로접합)
레지스터	X	X	X		
터널링 레지스터	X	X	X		
공명 터널링 레지스터	X	X	X		
다이오드		x	X	X	X
터널링 다이오드		X	X	X	X
공명 터널링 다이오드		X	X	X	X
배터리		X	X		X

와이어(전극)들 사이에 사용되는 분자 또는 물질에 따라, 각각의 접합부는 와이어의 접촉시 바로 후술되는 유형의 전기적 기능을 나타내거나, 2개의 와이어를 함께 전기적으로 연결시키거나 단절시키는 스위칭 기능을 할 수 있다. 이 스위치는 단일 배열가능하거나 재배열가능할 수 있다. 단일 배열가능한 경우, 스위치의 초기 상태는 개방 또는 폐쇄 상태이다. 본질적으로 전기화학적 셀인 접합부에서의 물질에 의해 결정되는 특정 임계 전압 이상으로 스위치를 전기적으로 편향시키면 와이어들 사이의 물질 또는 분자가 산화 또는 환원되어 스위치가 각각 비가역적으로 폐쇄 또는 개방되어, 초기 상태를 영구적으로 바꿔놓을 수 있다. 재배열가능한 경우, 스위치에 대한 전압의 극성 및 크기를 적절한 임계치 이상으로 순환시킴으로써, 적절히 선택된 물질 또는 분자를 가역적으로 산화 또는 환원시켜 스위치를 여러번 폐쇄 또는 개방시킬 수 있다. 어느 경우에나, 폐쇄시 와이어들 사이에서 만들어지는 전기적 연결의 유형은 와이어(또는 전극)를 형성하는 재료뿐만 아니라 와이어들 사이의 분자 또는 물질에 따라 달라진다.

표 1은 전극 물질과 접합부에 사용되는 물질 또는 분자의 다양한 조합으로부 터 수득될 수 있는 다양한 유형의 기능의 매트릭스를 나타낸다. 레지스터는 선형 전류-전압 특성을 갖고, 다양한 유형의 와이어들 사이의 접합부를 의도적으로 과도하게 환원시켜 본질적으로 와이어들 사이에 짧은 회로를 형성함으로써 만들어진다. 이 공정에 상대되는 공정은 접합부를 과도하게 산화시키는 것이며, 이는 국부 영역에서 와이어를 소비하고 접합 위치에서 상기 와이어내에서 와이어를 효과적으로 끊을 것이다(개방 회로를 생성시킴). 터널링 레지스터는 와이어들 사이에 대략 2㎚ 두께의 얇은 절연 장벽을 유지시키고 지수함수적인 전류-전압 특성을 갖는다. 접합부 분자 또는 물질이 접합부를 전기적으로 편향시킴으로써 접근될 수 있는 전기적 절연 장벽의 밴드 갭 내측에 급격히 한정된 에너지 상태를 갖는 경우, 와이어들 사이의 연결은 공명 터널링 공정에 의해 지배되는 전류의 흐름을 나타낼 수 있다. 공명 터널링은 터널링 레지스터의 다른 지수함수적 전류-전압 특성에서 하나 이상의 변곡점을 생성시킬 수 있다. 다이오드는 다른 방향으로보다는 한 방향으로 더욱 쉽게 전류를 통과시키는 접합부이며, 따라서 양의 전압 및 음의 전압에 대한 전류-전압이 비대칭인 특성을 갖는다. 터널링 다이오드는 다이오드의 양-음 전압 비대칭 및 터널링 레지스터의 지수함수적 전류-전압 특성을 둘다 갖는다. 공명 터널링 다이오드는 양-음 전압 비대칭을 가지며 이에 더하여 전류-전압 특성에서 피크를 가져, 전압의 크기를 증가시키는 제한된 범위에 걸쳐 전류의 크기가 실제적으로 감소하는, 음성 차등 저항성으로 공지된 현상이 나타난다. 최종적으로, 배터리는 충분히 충전되는 한, 예컨대 절연 장벽에 의해 분리되는 산화제 및 환원제의 충분한 공급이 존재하는 한 전극들 사이에 일정한 전압차를 유지시키는 작용을 하는 회 로 요소이다. 배터리를 충전하는 것은 전술한 바와 같이 전기화학적 셀인 접합부를 가로질러 적절한 전압을 걸어 접합부내 물질 또는 분자를 단지 부분적으로만 산화 또는 환원시킴으로써 성취된다. 일반적으로, 전술한 공정에 의해 형성된 와이어들 사이의 임의의 실제 접합부는 직렬로 연결된 효율적인 회로 요소와 함께 사실상 전술한 전기적 기능을 2개 이상 가질 것이다.

따라서, 본 발명은 조립된 회로로부터 목적하는 디바이스 특성에 따라 임의의 수의 금속 또는 반도체 와이어/분자 조합으로 수행될 수 있다.

와이어 전극의 제조에 대한 기본 정보

공정-한정된 와이어 (종래의 전자-회로 처리 기법에 의해 제조된 와이어로 한정됨; 와이어는 전형적으로 회로의 부품으로서 기판상에 제조된다)

수㎛ 내지 1㎛ 범위(마이크로미터 규모로서 정의됨)의 직경 또는 1㎛ 내지 40㎚ 범위(마이크로미터 이하 규모로 정의됨)의 직경을 갖는 금속 및 반도체 와이어는 리쏘그래피(lithographic)(광학, 자외선 또는 전자빔) 기법을 비롯한 당해 분야에 익히 확립된 기술을 사용하여 제조될 수 있다. 이들 와이어는 보통 리본형 또는 직사각형 단면을 가지나, 원형 단면이 배제되는 것은 아니며, 와이어의 폭은 와이어를 한정하는데 사용되는 리쏘그래피 공정에 의해 결정되고 와이어의 높이는 리쏘그래피에 의해 한정된 영역에서 침착된 물질의 양에 의해 한정된다.

화학적으로 제조된 와이어 (이들 와이어는 종래의 전자 처리 기법 이외의 다른 기법에 의해 제조된다; 와이어는 전형적으로 회로판의 일부로서라기보다 벌크 물질로서 제조된다)

금속 및 반도체 나노와이어는 50㎚ 미만(전형적으로 2 내지 20㎚)의 직경 및 0.1 내지 50㎛(전형적으로 5 내지 10㎛) 범위의 길이를 갖는 와이어로 한정된다. 이러한 나노와이어는 후술되는 문헌에 기술된 다수의 기법중 임의의 한 기법을 사용하여 화학적으로 제조될 수 있다.

반도체성 원소인 게르마늄의 반도체 나노와이어의 제조를 위해 보고된 기법중 한 예는, 불활성 환경하에 수일 동안 밀폐된 용기내에서 약 300℃에서 게르마늄 테트라클로라이드 및 페닐트리클로로게르마늄을 톨루엔 용매중의 나트륨 금속의 분산액과 반응시키는 것이다. 상기 제조방법은 직경 3 내지 30㎚ 및 길이 0.5 내지 10㎛의 단결정 게르마늄 나노와이어를 생성시킨다.

반도체성 원소인 규소의 반도체 나노와이어의 제조를 위해 보고된 기법의 두 번째 예는 규소 및 철 원소를 함유하는 표적을 레이저 증발시키는 것이다. 상기 표적을 1300℃ 진공 오븐에 위치시키고 증발 공정 동안 오븐에 불활성 기체를 흘려준다. 이 기법은 직경 20 내지 30㎚ 및 길이 1 내지 20㎛를 갖는 규소 와이어를 생성시킨다.

금속 원소인 금의 금속 나노와이어의 제조를 위해 보고된 기법의 한 예는 애노드성으로 에칭된 알루미늄 산화물 박막의 공극내에 금 와이어를 전기화학적으로 성장시키는 것이다. 알루미늄 산화물을 산성 용액중에 용해시켜 금 나노와이어를 방출시키고 이를 수거한다. 이러한 방식으로 성장된 금 나노와이어는 직경 20 내지 30㎚ 및 길이 0.5 내지 5㎛를 특징으로 한다.

다양한 금속 및 반도체 물질의 나노와이어는 다양한 유형으로 제조될 수 있 다. 이들 디바이스중 일부는 도핑된 반도체 와이어, 예컨대 도핑된 Si를 필요로 할 것이다.

Si 와이어의 경우, 와이어는 물리적으로 제조되는 경우에 도핑될 수 있다. 이 경우, 와이어가 형성될 때 반응 용기내로 도판트를 첨가하는 것이 필요하다. 예를 들어, 전술한 바와 같은 레이저 어블레이션(ablation)/진공 오븐 제조 기법에서, 소량의 도판트 기체, 예컨대 인 트리하이드라이드(PH_3) 또는 비소 트리하이드라이드(AsH_3)가 레이저 어블레이션/와이어 형성 공정 중에 진공 오븐을 통해 흐르는 불활성 기체(예컨대 아르곤)내로 첨가된다.

역으로, 이들 와이어는 그의 표면을 적절한 분자(전자-구인 그룹(루이스 산, 예컨대 붕소 트리플루오라이드(BF_3)) 또는 전자-공여 그룹(루이스 염기, 예컨대 알킬아민))으로 피복하여 상기 표면을 각각 p형 또는 n형 전도체로 형성시킴으로써 변조-도핑될 수 있다. 하기에 열거되는 와이어 제조 경로를 참조한다. 도 1b는 와이어(12) 상의 피복물(20) 및 와이어(14) 상의 피복물(22)을 나타낸다. 피복물(20 및 22)은 변조-도핑 피복물, 터널링 장벽(예: 산화물) 또는 기타 나노-규모의 기능상 적합한 물질일 수 있다. 다르게는, 와이어(12 및 14)는 그 자체로 하나 이상의 R 종(16)으로 피복될 수 있고, 이 때 와이어 교차부 R_s(18)가 형성된다. 다르게는, 와이어(12 및 14)는, 예컨대 후술되는 바와 같이 하나 또는 두 개의 와이어를 현탁시켜 콜로이드성 현탁액을 형성하는 분자 종(20 및 22)으로 각각 피복될 수 있다.

변조-도핑을 통해 와이어를 도핑하기 위해, 와이어의 표면에서 Si-O-H 그룹에 공유결합하는 유기 또는 무기 분자를 사용하여 와이어의 표면을 화학적으로 작용화시킬 필요가 있다. 규소 나노와이어가 공기에 노출되는 경우, SiO_2의 얇은 표면 층(1㎚)이 자연적으로 형성되고, SiO_2/공기 계면에서 SiO_2 표면이 Si-O-H 결합에 의해 종결된다. Si-O-H 그룹에 결합하거나 이를 대체하는 그룹으로는 $R\text{-}Si(CH_3)_x(OCH_{3-x})$, $R\text{-}Si(CH_3)_x(OCH_2CH_{3-x})$, $R\text{-}Si(CH_3)_xCl_{3-x}$ 등이 포함되나 이로써 제한되는 것은 아니다. 이 경우, R은 전자-구인 그룹(루이스 산) 또는 전자-공여 그룹(루이스 염기)을 함유할 수 있는 유기 또는 무기 잔기이다. 이러한 SiO_2-패시베이팅(passivating)된 규소 표면에 분자를 결합시키는 화학은 익히 확립되어 있다. SiO_2-패시베이팅된 규소의 표면에 분자를 결합시키는

공개된 반응예는 다음과 같다:

$$Si\text{-}O\text{-}H_{(표면)} + R\text{-}Si(CH_3)_2Cl \rightarrow Si\text{-}O\text{-}Si(CH_3)_2R + HCl$$

다른 반도체 와이어는 오가노-아민 또는 오가노-티올, 오가노-포스페이트 등으로 작용화될 수 있다.

명백히, 화학적으로 합성된 반도체 와이어를 변조-도핑하는 방법에 대해서는 관련 기술 문헌에 아직까지 개시된 바 없다.

다른 나노와이어, 예컨대 금속 나노와이어의 경우, 와이어는 R-SH(금 또는 은 와이어의 경우), $R\text{-}NH_2$ (백금 와이어 및 팔라듐 와이어의 경우), 또는 $R\text{-}CO_2H$(Al_2O_3-피복된 알루미늄 와이어 또는 티탄 와이어와 같은 기타 금속의 경우)로 화학적으로 작용될 수 있으며, 여기서 R 그룹은 와이어에 특정한 화학 특성(당해 분야의 숙련자가 용매 중에 콜로이드로서 와이어를 분산시킬 수 있는 특성)을 제공하는 임의의 유기 잔기를 의미한다. 한 예에서, 금 와이어는 도데칸티올($C_{12}H_{25}SH$)로 작용화될 수 있다. 도데칸티올은 와이어에 얇은 표면 터널링 장벽을 제공할 뿐만 아니라 와이어가 헥산 또는 클로로포름과 같은 간단한 유기 용매중에 분산될 수 있게 할 것이다.

와이어 제조 경로에 대한 기본 정보

하기 물질은 열거한 참조문헌에 따라 나노와이어로서 제조될 수 있다.

규소: 모레일즈(A.M. Morales) 등의 문헌 ['A laser ablation method for the synthesis of crystalline semiconductor nanowires', Science , Vol. 279, pp. 208-211(1998.1.9.)]

게르마늄: 헤스(J.R. Heath) 등의 문헌 ['A liquid solution synthesis of single crystal germanium quantum wires', Chemical Physics Letters, Vol. 208, pp. 263-268(1993.6.11.)]

금속 나노와이어: 메논(V.P. Menon) 등의 문헌 ['Fabrication and Evaluation of Nano-electrode Ensembles', Analytical Chemistry , Vol. 67, pp. 1920-1928(1995.7.1.)]

작용화 규소: 보스메이어(T. Vossmeyer) 등의 문헌 ['Combinatorial approaches toward patterning nanocrystals' , Journal of Applied Physics , Vol. 84, pp. 3664-3670(1998.10.1)])(많은 참조문헌 중의 하나)

금 나노구조체 표면의 작용화: 레프(D.V. Leff) 등의 문헌['Thermodynamic Size Control of Au Nanocrystals: Experiment and Theory', The Journal of Physical Chemistry , Vol. 99, p. 7036-7041(1995.5.4.)]

분자 스위칭 성분은 또한 디바이스의 목적하는 특성에 따라 임의의 수의 상이한 부류의 분자로부터 유래될 수 있다. 분자의 주된 요건은, 분자는 2개 와이어들 사이에 끼워져있는 경우 와이어를 가로질러 전압을 인가함으로써 전기화학적으로 개질(즉, 산화 또는 환원됨)될 수 있다는 것이다. 분자 성분이 상기와 같이 개질되는 경우, 최종 효과는 2개 와이어들 사이의 터널링 장벽이 개질되어 전류 흐름 속도가 변한다는 것이다. 이는 기억, 논리연산, 및 통신 및 신호 루팅(routing) 네트워크용으로 차례로 사용될 수 있는 스위치의 기초를 형성한다. 분자 스위치는 분자의 산화환원 쌍을 포함할 수 있으며, 여기서 전압을 인가하면 분자들 중 하나가 환원되고 나머지가 산화된다. 이러한 분자 산화환원 쌍의 예로는 니켈로센(디-사이클로펜타디에닐 니켈) 또는 Cp_2Ni과 테트라부틸암모늄 헥사플루오로포스페이트(Bu_4NPF_6)가 있다. 반응은 다음과 같다:

(환원) $Cp_2Ni + Bu_4NPF_6 \rightarrow Cp_2Ni^{-} + Bu_4NPF_6^{+}$

또는

(산화) $Cp_2Ni + Bu_4NPF_6 \rightarrow Cp_2Ni^{+} + Bu_4NPF_6^{-}$

니켈로센 시스템은 용액상 순환 전압전류계에 의해 조사한 바와 같이 환원이 매우 비대칭적이라는 점에서 특히 흥미롭다. 이러한 비대칭은 안정한 재기록가능 자기 기억장치를 위한 기초를 형성하는 자화 이력현상 곡선과 유사하다. 그러나, 산소의 존재하에서 니켈로센의 환원은 용액상 전압전류계에 의해 조사한 바와 같이 비가역성이다. 어느 경우에나, 이 시스템의 환원 또는 산화는 분자들 사이에 끼워져있는 2개의 와이어들 사이의 터널링 장벽을 변형시킬 것이다. 따라서, 이 시스템은 재배열가능하거나 또는 단일 배열가능한 분자 스위치로서 작동할 수 있다. 메탈로센 시스템에 대해서는 예컨대 홀로웨이(J.D.L. Holloway) 등의 문헌 ['Electron-transfer reactions of metallocenes: Influence of metal oxidation state on structure and reactivity', Journal of the American Chemical Society , Vol. 101

, pp. 2038-2044(1979.4.11)]을 참조한다.

연결기 종(16)은, 고체상태 접합부에서 전류-전압 특성 또는 용액 전기화학 특성으로부터 얻어진, 전류-전압 곡선에서의 중요하거나 또는 측정가능한 이력현상을 나타내는 물질을 포함한다. 이러한 종의 예로는 분자내 수소결합에 따르는 메탈로센, 로탁산, 모조-로탁산 및 카테난이 포함된다. 그러나, 이러한 분자는 개시된 목적에 유용하지만, 간단한 분자내 수소결합력이 전술한 바와 같이 특정 조건하에서 비교적 쉽게 초과된다.

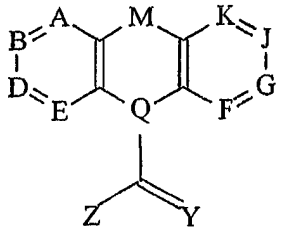
본 발명

본 발명은 새로운 유형의 스위칭 메카니즘, 즉 큰 쌍극자 모멘트를 수송하는 분자 그룹 또는 회전자의 전기장-유도된 회전을 이용한다. 따라서, 분자는 스위치 의 토글링시 산화되거나 환원되지 않는데, 이는 비가역적 반응의 개시를 강력히 피할 수 있다. 운동하는 분자의 부분은 대단히 작아서 스위칭 시간이 1 ps의 차수에서 매우 빨라야한다. 또한, 분자는 더욱 단순해지므로 로탁산 및 관련 화합물보다 만들기 용이하고 저렴하다.

본 발명은 분자를 외부 전기장으로 스위칭될 수 있는 능동형 전자 디바이스로 변화시킨다. 일반적인 견해는 2개의 전극(고정자)를 브릿징할 고정부 및 큰 쌍극자 모멘트를 갖는 형태적으로 이중안정성 그룹(회전자)과 분자들을 합성시키는 것이다. 분자는 분자내 힘(예: 수소 결합) 및 입체적 반발력이 고정자에 대해 비대칭적으로 회전자를 안정화시킬 수 있게 설계된다. 고정자는 회전자의 회전 축에 대해 대칭적으로 설계된다. 그러므로, 안정하지만 한 상태에서 다른 상태로 플리핑되는 큰 에너지 장벽을 갖는 회전자의 2개의 특정 배향이 항상 존재한다(도 2a 및 2b를 참조함). 장벽의 높이는 스위치는 랜덤한 열적 요동에 의해 활성화되지 않을 정도로 디바이스의 작동 온도보다 충분히 크도록 요구된다. 이들 조건하에서, 회전자가 특정 배향으로 놓여질 경우 그 상태로 남게되어 다른 안정한 상태로 우발적으로 스위칭하지 않을 것이다. 그러나, 2개의 전극사이에 바이어스 전압을 인가시켜 외부 장으로 스위칭될 수 있다. 회전자의 쌍극자 모멘트는 분자 상에 가해진 외부 장에 평행하게 정렬하는 경향을 가질 것이다. 쌍극자의 초기 방향이 인가된 장의 초기 방향에 대해 반대 방향이면, 이는 고정자에 대해 회전하고 임의의 임계 바이어스 전압에서 제 2 안정한 상태로 스위칭하도록 강제화될 것이다. 회전자는 충분한 크기의 외부 장이 반대 방향으로 인가될 때까지 상기 상태로 남게될 것이다.

하기 화학식 I는 E 또는 D 부위에 결합되어 있는 수소에 의해 특정 배열로 유지되는, 단일 활성(스위칭가능한) 쌍극자 그룹을 갖는 스위칭가능한 분자이다.

화학식 I



상기 식에서,

A는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

B는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

D는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

E는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

F는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

G는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

J는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

K는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

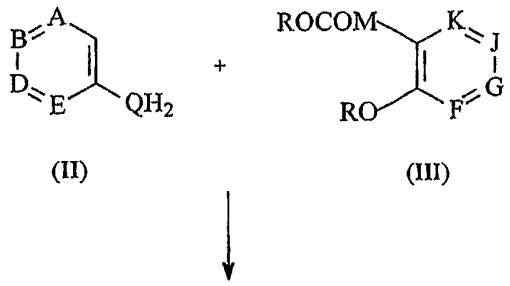
M은 CH_2, CF_2, CCl_2, $CHOCH_3$, CHOH, CHF, CO, CH=CH, CH_2-CH_2, S, O, NH, NR, NCOR 또는 NCOAr이고,

Q는 CH, 질소, 인 또는 붕소이며,

Y는 O 또는 S이고,

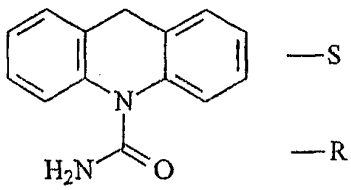
Z는 R(H, 알킬), NHR, OR, SR, CHR-NHR, CHR-OR, CHR-SR, CHR-X(할로겐), NR-NHR, NR-OR 또는 NR-SR이다.

화학식 I를 갖는 분자의 제조시 하나의 가능한 합성 경로를 하기에 제시하고 있다. 출발 화합물(II 및 III)을 축합-사이클로-첨가 이후 필수적 환원을 경유하여 반응시켜 중간 화합물(III)을 형성할 수 있다. 화합물(II 및 III)은 상업적으로 입수가능하다. 그 다음, 예시된 바와 같이 중간물(II)을 염기성 조건하에서 Z(Y=)C-X와 반응시켜 화합물(I)을 형성한다.



도 2a 및 2b에 제시된 분자는 하기 화학식 IA의 화합물이다.

화학식 IA



화학식 IA로 표시되는 분자는 전제 분자의 배향 또는 전류 운반 축에 수직으로 부착된 회전자(R) 및 고정자 부위(S)로 이루어져 있다.

도 2a 및 2b에서, 분자는 상기 화학식으로부터 90° 회전된 상태로 제시되어 있는데, 이 경우 그림과 같이 외부 장은 분자의 배향(수직 방향)을 따라 인가된다(전극은 수평방향으로 및 지면에 대해 수직으로 배향된다). 도 2a의 하부에서 상부로 배향되는 전기장은 도 2a에 도시된 회전자(R)를 도 2b에 제시된 위치로 회전시킬 것이다. 도 2b에서 상부에서 하부로 전기장을 인가시키면 회전자(R)는 도 2b에 도시된 위치에서 도 2a에 도시된 위치로 회전할 것이다. 하나의 안정한 상태에서 다른 안정한 상태로의 스위칭은 가역적이지만, 열적 변동에 의해 쉽게 영향을 받지 는 않고 약 0.3 eV 이상의 스위칭 장벽을 갖는다.

분자 설계의 핵심 성분은 회전자와 고정자의 비대칭적 상호 배향 및 그들의 강한 상호작용이 비대칭 다이오드-유사 전류-전압(I-V) 특성을 얻게될 것이라는데 있다(회전자가 고정자에 대해 하나의 안정한 배향으로 있는 경우에서의 분자의 I-V 특성을 나타내는 도 3a를 참조한다).

분자를 가로지르는 장이 회전자의 배향을 뒤바꿀 경우 I-V 특성은 인가된 전압에 대해 전환할 것이다(회전자가 제 2 안정한 상태로 플리핑되는 경우의 I-V 상태를 나타내는 도 3b를 참조한다).

따라서, 이중안정성 분자의 I-V 특성은 한 쌍의 동일한 전극의 I-V 특성에 대해 강하고 대칭적인 이력현상 루프를 생성시킬 것이며 이러한 유형의 분자는 내측에 끼워져 있다(완전 이력현상 루프를 나타내는 도 3c를 참조한다). 루프의 구별된 특징은 루프 부분 둘다가 모두 시계반대 방향 또는 시계 방향으로 횡단하는 것이다.

이들 분자는 예컨대 크로스-포인트(cross-point) 기억장치에서의 활성 매질로서 또는 스위칭 요소로서 사용될 수 있다.

본 발명은 플로리(Flory) 및 윌리암스(R.S. Williams)에게 1999년 5월 11일자로 허여되고 본 출원과 동일한 양수자에게 양도된 미국 특허 제 5,903,010 호(발명의 명칭: 'Quantum wire Switch and Switching Method')에 기술된 양자 간섭 디바이스에 관한 것이다. 그러나, 본 발명에서는, 파장-함수의 분동은 전체적으로 분자의 '상부'(고리)로부터 '하부'(고리)로 이동하고, 반대로 (도 2a 및 2b에 도시 된 분자로서의) 쌍극자의 배향을 변화시킴으로써 이동한다. 분자들의 2개의 팔 사이의 커플링은 매우 강하며, (분자 오비탈 분동에 의해 주어진) 전자 간섭 패턴은 분자의 중반부쯤에 간단히 반영된다. 그러므로, 이력현상 루프에 의해 특징지워지는 분자내에서의 '스위칭'은, I-V 곡선의 다이오드 거동을 이용하고 전체적으로 분자의 비대칭성으로부터 유래하지만 파장 함수의 결절점을 정성적으로 변화시키지는 않음으로써 처리될 수 있다.

화학식 I로 표시되는 대표적인 분자는, 다양한 기법에 의해 제조되어 마이크로규모 및 나노규모 분야에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 단층 분자 단일 막은 예컨대 랭뮤어-브로젯(Langmuir-Blodgett) 기법 또는 자가-조립된 단층(또한 SAM으로도 지칭됨)을 사용하여 전극 또는 와이어 상에서 성장되어 분자의 배향 또는 전류 운반 축은 분자를 스위치시키는데 사용된 전극의 면에 수직이 된다. 하부 및 상부 전극은 콜리어 등에 의해 문헌 ' supra '에 기술된 방법, 또는 앞서 열거된 관련 특허원 및 허여된 특허에 기술된 방법으로 침착될 수 있다.

교차된 와이어(마이크로미터 또는 나노미터)를 형성하기 위한 본원에 개시되고 청구된 기법은 다양한 기능을 수행하고 마이크로규모 및 나노규모로 계산(computing)을 수행하는데 유용한 각종 디바이스 및 회로를 형성하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 응용분야는 신호 루팅 및 통신용 분자 와이어 크로스바 상호연결(molecular wire crossbar interconnect, MWCI), 분자 와이어 크로스바 기억장치(미국 특허 제 6,128,214 호), 프로그래밍가능한 논리 어레이를 사용하는 분자 와이어 크로스바 논리장치(molecular wire crossbar logic, MWCL), 마이크로 와이 어 크로스바 네트워크용 디멀티플렉서(demultiplexer), 및 분자 와이어 트랜지스터를 포함한다.

도 4에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 스위치(10)는 2차원 어레이로 반복되어 다수의 스위치 또는 스위치들의 어레이(60)를 형성하여 크로스바 스위치를 형성할 수 있다. 도 4는 6×6 어레이(60)를 나타내지만, 본 발명은 어레이에 대해 특정한 수의 원소 또는 스위치로 제한되지 않는다. 단일 지점, 예를 들어 2b로의 접근은 와이어(2) 및 와이어(b) 상에 전압을 가하여 전술한 바와 같이 그의 접합부에서 분자 종(18)의 상태에 변화시킴으로써 수행된다. 따라서, 각각의 접합부로의 접근은 본원의 교시내용에 따라 미리-선택된 접합부만을 배열하는데 용이하게 이용될 수 있다. 크로스바 스위치 어레이(60)의 작동에 대한 보다 상세한 내용은 상기 언급된 미국 특허 제 6,128,214 호에 추가로 기술되어 있다.

산업상 이용 가능성

본원에 개시된 이중안정성 분자는 마이크로-규모 및 나노-규모 디바이스에서의 용도를 사용할 수 있는 것으로 기대된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

하나의 와이어가 다른 와이어와 0 ° 이외의 각으로 교차하는 접합부를 형성하는 한쌍의 교차된 와이어 및 상기 접합부에서 교차된 와이어 쌍을 연결시키는 하나 이상의 연결기 종을 포함하는 교차된-와이어 디바이스를 위한 이중안정성 분자로서,

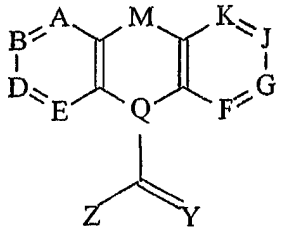
상기 접합부가 나노미터 단위의 기능적 치수를 갖고,

상기 하나 이상의 연결기 종 및 교차된 와이어 쌍은 전기화학적 셀을 형성하며,

상기 하나 이상의 연결기 종이 하기 화학식 I의 상기 이중안정성 분자를 포함하는

이중안정성 분자.

화학식 I



상기 식에서,

A는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

B는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

D는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

E는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

F는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

G는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

J는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

K는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

M은 CH_2, CF_2, CCl_2, $CHOCH_3$, CHOH, CHF, CO, CH=CH, CH_2-CH_2, S, O, NH, NR, NCOR 또는 NCOAr이고,

Q는 CH, 질소, 인 또는 붕소이며,

Y는 O 또는 S이고,

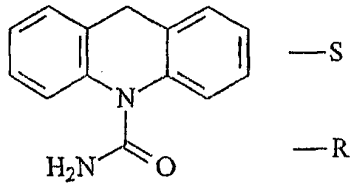
Z는 R(H, 알킬), NHR, OR, SR, CHR-NHR, CHR-OR, CHR-SR, CHR-X(할로겐), NR-NHR, NR-OR 또는 NR-SR이다.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

하기 화학식 IA의 화합물인 이중안정성 분자.

화학식 IA



청구항 3.

하나의 와이어가 다른 와이어와 교차하는 접합부를 형성하는 한쌍의 교차된 와이어 및 상기 접합부에서 교차된 와이어 쌍을 연결시키는 하나 이상의 연결기 종을 포함하는 교차된-와이어 디바이스의 형성방법으로서,

상기 접합부가 나노미터 단위의 기능적 치수를 갖고,

상기 하나 이상의 연결기 종 및 교차된 와이어 쌍이 전기화학적 셀을 형성하며,

(a) 상기 제 1 와이어를 형성하는 단계,

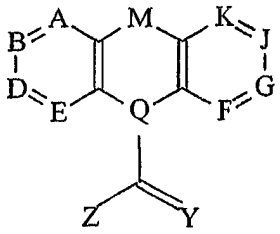
(b) 상기 하나 이상의 연결기 종을 제 1 와이어의 적어도 일부에 침착시키는 단계, 및

(c) 상기 제 1 와이어에 접합부를 형성하도록 제 2 와이어를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 하나 이상의 연결기 종이 하기 화학식 I의 이중안정성 분자를 포함하는

교차된-와이어 디바이스의 형성방법.

화학식 I



상기 식에서,

A는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

B는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

D는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

E는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

F는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

G는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

J는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

K는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

M은 CH_2, CF_2, CCl_2, $CHOCH_3$, CHOH, CHF, CO, CH=CH, CH_2-CH_2, S, O, NH, NR, NCOR 또는 NCOAr이고,

Q는 CH, 질소, 인 또는 붕소이며,

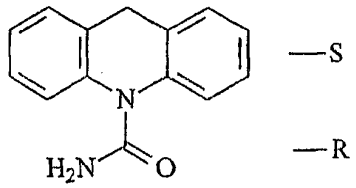
Y는 O 또는 S이고,

Z는 R(H, 알킬), NHR, OR, SR, CHR-NHR, CHR-OR, CHR-SR, CHR-X(할로겐), NR-NHR, NR-OR 또는 NR-SR이다.

청구항 4.
제 3 항에 있어서,

상기 이중안정성 분자가 하기 화학식 IA의 화합물인 교차된-와이어 디바이스의 형성방법.

화학식 IA



청구항 5.
하나의 와이어가 다른 와이어를 교차하는 접합부를 형성하는 한쌍의 교차된 와이어 및 상기 접합부에서 교차된 와이어 쌍을 연결시키는 하나 이상의 연결기 종을 포함 하는 교차된-와이어 디바이스의 작동 방법으로서,

상기 접합부가 나노미터 단위의 기능적 치수를 갖고,

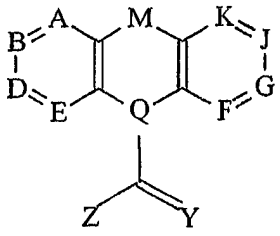
상기 하나 이상의 연결기 종 및 교차된 와이어 쌍이 전기화학적 셀을 형성하며,

와이어 둘다를, 상기 연결기 종에서 전기화학 반응시키고 그의 상태를 스위칭시키기에 충분한 제 1 전압으로 1회 이상 편향시키는 단계를 포함하고,

상기 하나 이상의 연결기 종이 하기 화학식 I의 이중안정성 분자를 포함하는

교차된-와이어 디바이스의 작동 방법.

화학식 I



상기 식에서,

A는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

B는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

D는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

E는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

F는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

G는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

J는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이고,

K는 CH, N, C-알킬, C-할로겐, C-OH, C-OR(에테르), C-SR(티오에테르), C-아미드, C-에스테르 또는 C-티오에스테르이며,

M은 CH_2, CF_2, CCl_2, $CHOCH_3$, CHOH, CHF, CO, CH=CH, CH_2-CH_2, S, O, NH, NR, NCOR 또는 NCOAr이고,

Q는 CH, 질소, 인 또는 붕소이고,

Y는 O 또는 S이며,

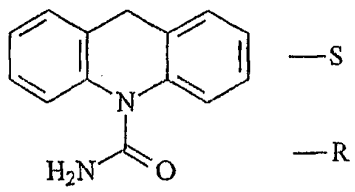
Z는 R(H, 알킬), NHR, OR, SR, CHR-NHR, CHR-OR, CHR-SR, CHR-X(할로겐), NR-NHR, NR-OR 또는 NR-SR이다.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

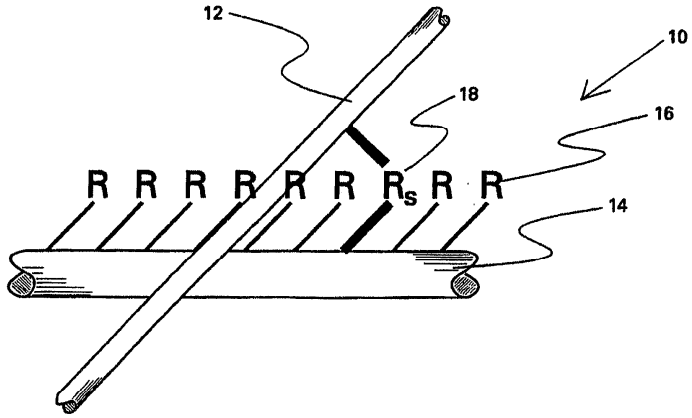
이중안정성 분자가 하기 화학식 IA의 화합물인 교차된-와이어 디바이스의 작동 방법.

화학식 IA

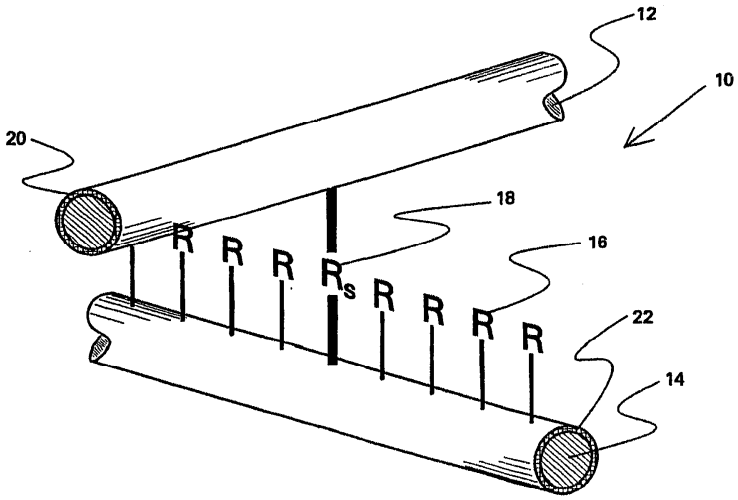


도면

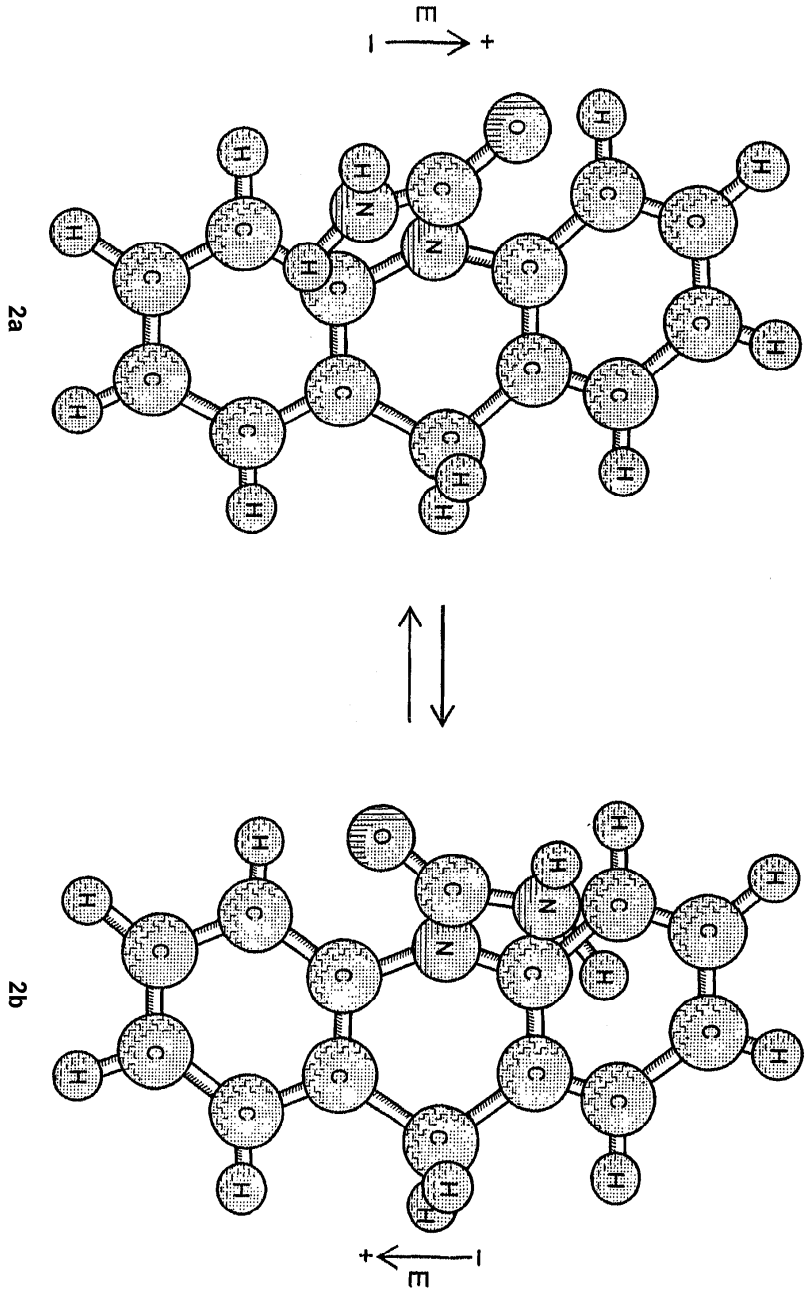
도면1a



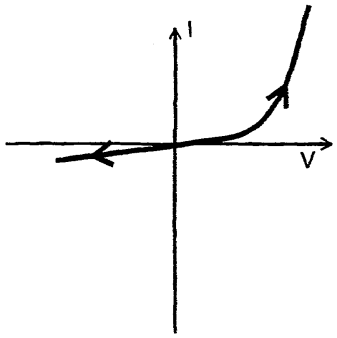
도면1b



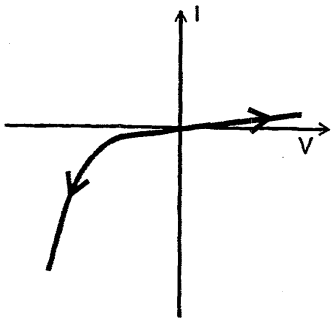
도면2



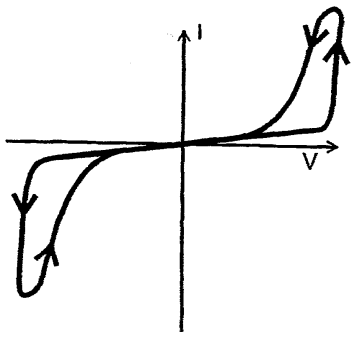
도면3a



도면3b



도면3c



도면4