

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ H01G 4/06	(45) 공고일자 2004년11월16일
	(11) 등록번호 10-0449603
	(24) 등록일자 2004년09월10일
(21) 출원번호 10-1998-0702428	(65) 공개번호 10-1999-0063955
(22) 출원일자 1998년04월02일	(43) 공개일자 1999년07월26일
번역문제출일자 1998년04월02일	
(86) 국제출원번호 PCT/US1996/015368	(87) 국제공개번호 WO 1997/13263
(86) 국제출원일자 1996년09월25일	(87) 국제공개일자 1997년04월10일
(81) 지정국 국내특허 : 아일랜드 알바니아 오스트레일리아 보스니아-헤르체고비나 바베이도스 불가리아 브라질 캐나다 중국 쿠바 체코 에스토니아 그 루지야 헝가리 이스라엘 아이슬란드 일본 AP ARIPO특허 : 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 케냐 EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스웨덴 오스트리아 스위스 독일 덴마크 스페인 핀란드 영국	
(30) 우선권주장 08/538,475 1995년10월03일 미국(US)	
(73) 특허권자 엔.브이. 베카에르트 에스.에이.	
(72) 발명자 벨기에 즈웨베겜 베-8550 베카에르트스트라아트 2 고열, 아빈드 미국 14214 뉴욕주 버팔로 하이게이트 애비뉴 156 브레이, 도날드, 제이. 미국 14051 뉴욕주 이스트 암허스트 소살리토 드라이브 257 마탄, 스티븐, 씨. 미국 14221 뉴욕주 윌리엄스빌 이. 파인레이크 드라이브 123 블라켈리, 케이트, 에이. 미국 14214 뉴욕주 버팔로 모리스 애비뉴 63	
(74) 대리인 김영, 위혜숙	

심사관 : 김준학

(54) 다이아몬드형나노복합재료를사용한축전성박막

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 축전기의 제조, 구체적으로는 축전기에서 유전층 및 전극층으로서의 다이아몬드형 나노복합 재료의 용도 및 기타 축전성 박막에 관한 것이다.

배경기술

<2> 전자 공학 분야에서는 현재 부품의 크기에 중점을 두고 연구를 계속하고 있다. 부품의 소형화는 소비자에게 편리함의 수준을 높일 수 있다. 결과적으로, 전자제품 제조업자는 전자 부품을 보다 소형으로 제조하여, 보다 소형의 장치, 스테레오 설비, 의료용 이식 장치 등을 생산하는 것을 목적으로 연구를 계속하고 있다. 또한, 군수품 및 우주 장치는 보다 작은 크기, 보다 높은 에너지 밀도 및 감소된 총무게를 요구한다.

<3> 그러나, 부품을 얼마큼 소형으로 할 수 있는가에 대한 많은 제한 요소들이 있다. 예를 들어, 부품에 사용되는 축전기의 제조 기술은 요구되는 전하를 확실하게 보유하고 전달할 수 있으며, 극히 얇은 상태에서 요구되는 전압을 견딜 수 있는 유전성 재료의 이용성에 의해서 제한받는다. 현재, 결정질 유전성 재료의 조립체가 축전기 내에 삽입된다. 축전기 내에 유전체로서 사용되는, 현재 이용가능한 결정질 화합물은 바륨 티타네이트, 산화탄탈륨 및 여러 중합성 액정 혼합물의 조합이다.

<4> 축전기는 전기 에너지를 저장하는 장치이다. 이들은 전형적으로, 전기 도전성 재료들 사이에 개재된 유전성 재료로 구성된다. 다양한 축전기 형태가 가능하다. 축전기의 성능 파라미터는 유전성 재료 특성을 포함하여, 선택되는 재료의 전기적 특성에 의존한다. 그러한 특성은 유전 상수, 절연파괴 강도, 저항, 에너지 소산 인자에 대한 손실, 인덕턴스 등이다. 또한, 축전기 성능은 축전기 제조에 사용되는 재료의 물리적, 기계적, 열적 및 기타 성질에 의존한다.

<5> 전문가용 전자 제품은 종종, 특별히 고안된 축전기를 요구한다. 예를 들어, 전자 제품의 소형화

가 필수적인 경우, 축전기의 부피를 감소시키고 축전기의 에너지 밀도를 증가시킬 필요가 있다. 예를 들어, 축전기는 심장 세동제거기(defibrillator)의 동력 공급원으로 사용된다. "세동" 또는 심박음이 불규칙하게 감지될 때, 이 장치는 고압의 펄스를 세동제거기와 심장을 연결하는 리드를 경유하여 심장에 전달한다. 이러한 고압 펄스는 대개 심장의 정상 리듬 기능을 회복시킨다. 세동제거기가 적합하게 작동하기 위해서는 고에너지 밀도를 갖는 특수 형태의 축전기가 요구된다.

- <6> 그러나, 축전기의 크기가 문제로 남아있다. 현재 세동제거기의 축전기는 세동제거기 내의 보다 큰 부품들 중의 하나이다. 결과적으로, 세동제거기는 통상적으로 환자의 복부에 이식-흉부에 이식하는 것과 비교해서 덜 바람직한 부분-되어야 한다. 흉부강에 이식하는 것은 보다 작은 전기적 리드를 요구하므로 비용과 환자의 불편함을 감소시킨다. 세동제거기 축전기의 전체 크기를 감소시켜 요구되는 상당한 소형화를 달성하기 위하여, 축전기의 에너지 밀도는 상당히 증가되어야 한다. 현재 공지된 재료로는 그러한 소형화를 달성할 수 없었다.
- <7> 소형화가 특별한 용도를 위한 과제가 아닌 경우에 고에너지 밀도 전위 및 전체 부품의 중량 감소는 중요할 것이다. 예를 들어, 전기 자동차는 요구되는 감소된 중량을 가지면서, 가속화 또는 상승을 위한 동력 분출을 위해 고에너지 밀도의 축전기가 설치되어야 한다.
- <8> 효과적으로 작동하는 축전기에 있어서 유전층은 저장된 전하를 조급하게 전달해서는 안된다. 따라서, 유전층은 낮은 누출 전류 또는 고저항을 가져야 한다. 또한, 유전층은 작동 전압하에서 유전체가 절연파괴되지 않아야 한다. 유전체가 너무 얇게 제조되면 고전압 유지(holdoff)가 어렵다. 전압 유지량은 유전체가 절연파괴되기 전에 유전성 재료가 "유지"할 수 있는 전압의 양을 말하는 것으로 이해된다. 다른 한편으로, 두꺼운 유전층은 또한 충두께가 증가함에 따라 유전층 내 결함이 보다 커지는 경향이 있기 때문에, 열등한 (낮은) 절연파괴 강도를 나타낼 수 있다.
- <9> 많은 다이아몬드형 코팅(DLC)이 축전기 내 유전체로서 시도되어 왔지만, 여러 가지 고유한 구조적 이유로 인하여 실패하였다. 성공적인 유전성 축전기 재료의 중요한 특성 중 하나는 우수한 장기간의 접착성이다. 공지된 DLC는 그 자체로 만족할 만한 접착성을 갖지 못한다. 가장 널리 공지된 DLC도 높은 고유 응력과 불충분한 접착성을 나타낸다. 또한, 그들은 비저항을 감소시키고 누출 전류를 증가시키는 흑연 도메인이 존재하는 결점이 있다. DLC는 낮은 열안정성을 가지며, 비교적 저온에서 급속히 흑연화된다. DLC는 흑연화시 도전성으로 되어, 축전기로서 유전성 코팅에 대한 목적을 상실하여 쓸모없게 만든다. 그러한 경우는 세동제거기와 같이 전기적 이식된 의료용 기구에서 밀폐된 축전기는 대참사를 일으킬 수도 있다.
- <10> 충분히 코팅되고 절연되지 못한 전기 부품은 종종 그 부품에 의해서 작동되는 장치의 고장 또는 보다 짧은 수명을 초래한다. 또한, 자외선 조사 및 이온-충격을 포함하는 조사의 효과는 종종 DLC 코팅의 부식 또는 흑연화를 통해 DLC의 악화를 가속화한다.
- <11> 극도로 얇은 층으로 증착되어 현저하게 높은 절연파괴 강도 및 높은 에너지 밀도를 나타내는 반면, 축전기로서 그의 유용성 및 적응성을 증가시키도록 전기적으로 "조정"될 수 있는, 강하고 고도로 접착된 유전층이 바람직할 것이다.
- <12> <발명의 요약>
- <13> 본 발명의 하나의 특징은 축전기내 얇은 유전층으로서 증착된 다이아몬드형 나노복합 재료의 용도에 관한 것이다.
- <14> 본 발명의 또하나의 실시태양은 수소에 의해 안정화된 제1 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 제2 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 원자 규모 네트워크를 갖는 다이아몬드형 나노복합 고상 재료로부터 제조되는 유전성 재료의 층을 도전성 재료에 포함함으로써 축전기의 에너지 밀도를 증가시키는 방법에 관한 것이다.
- <15> 본 발명의 또하나의 실시태양은 다중 전극층에 인접한 층들 사이에 위치한 유전층을 제공하는 것을 포함하는 축전기 제조 방법에 관한 것이다. 상기 유전층은 수소에 의해 안정화된 제1 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 제2 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 원자 규모의 네트워크를 갖는 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조된다.
- <16> 본 발명의 또하나의 실시태양은 수소에 의해 안정화된 제1 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 제2 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 원자 규모 네트워크를 갖는 다이아몬드형 나노복합 고상 재료로부터 제조된 조정가능한 코팅인 유전층을 제공함으로써 축전기내 유전층의 도전성을 선택적으로 변화시키는 방법에 관한 것이다.
- <17> 또하나의 실시태양에서 본 발명은 수소에 의해 안정화된 상호침투성 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소인 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 다이아몬드형 고상 재료로부터 형성된 축전기내 조정가능한 유전성 코팅에 관한 것이다.
- <18> 또하나의 실시태양에서 본 발명은 하나 이상의 전극층과 인접한 전극층들 사이의 유전층을 포함하는 축전기에 관한 것으로, 상기 유전층은 수소에 의해 안정화된 제1 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 제2 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크를 갖는 다이아몬드형 나노복합 고상 재료로부터 제조된다.
- <19> 또하나의 실시태양에서 본 발명은 기관 표면의 전하-보유 용량을 조절하는 방법에 관한 것이다. 기관 표면이 제공되고, 수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형

규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소인 비도전성 도펀트 원소 또는 비도전성 도펀트 원소를 함유하는 비도전성 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크를 갖는 다이아몬드형 나노복합 고상 재료로부터 제조된 하나 이상의 유전층으로 기판 표면에 코팅된다.

- <20> 또한 하나의 실시태양에서 본 발명은 그의 표면에 전하를 보유할 수 있는 부품에 관한 것이다. 그 부품은 수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소인 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크로부터 형성된 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조된, 하나 이상의 유전층을 포함한다.
- <21> 전극층은 전하-보유 부품내에 임의로 삽입될 수 있으며, 그러한 전극층은 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조될 수 있다. 이 경우, 그 안에 도펀트를 함유하는 제3의 네트워크가 포함된다.
- <22> <도면의 간단한 설명>
- <23> 도 1은 2 종의 네트워크 (A), 중간상 (B) 및 3 종의 네트워크 (C) 나노복합체의 주요 미세 구조를 도시하는 개략도이다.
- <24> 도 2는 DLN 증착을 위한 증착 챔버의 단면도이다.
- <25> 도 3는 반사 전극을 이용하는 DLN의 증착을 위한 증착 챔버의 단면도이다.
- <26> 도 4는 챔버 내에 일체로 설치된 플라즈마 공급원을 이용하는 바람직한 증착 챔버의 단면도이다.
- <27> 도 5 내지 7은 단일 및 다중 전극층 및 유전층의 축전기 도안의 개략도를 나타낸다.
- <28> <발명의 상세한 설명>
- <29> 본 발명은 수소에 의해 안정화된 제1 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 제2 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 비도전성 도펀트 원소 또는 비도전성 도펀트 원소를 함유하는 비도전성 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 원자 규모의 네트워크를 갖는 다이아몬드형 나노복합 재료로부터 제조되는 하나 이상의 유전층을 하나 이상의 전극층에 도포함으로써 축전기를 제조하고 에너지 밀도를 증가시키는 방법에 관한 것이다.
- <30> 평행 플레이트 축전기의 전기량은 하기 공식으로 얻어진다.
- <31>
$$C = kA/t$$
- <32> 상기 식에서, C는 정전기 단위(esu)의 전기량이고, k는 유전체의 유전 상수이며, A는 재료의 면적이고, t는 재료의 두께이다. 축전기내 유전층의 두께는 선택된 작동 압력 및 선택된 유전체의 절연 파괴 강도에 의해서 결정된다.
- <33> 전기량은 저장될 에너지량에 직접적인 영향을 준다. 에너지는 하기 공식으로 나타내진다.
- <34>
$$E = CV^2$$
- <35> 상기 식에서 C는 전기량(esu)이고, E는 에너지이며, V는 전압이다. 또한, 축전기 부피는 전기량에 역비례한다. 높은 절연파괴 강도를 갖는 재료는 주어진 작동 압력에 대하여 좀더 얇은 두께로 사용될 수 있으므로, 저장된 전기량 및 에너지를 증가시킬 수 있다. 또한, 에너지 밀도는 축전기 부피에 역비례하고, 축전기 부피는 유전체 두께에 직접적으로 의존하며, 높은 절연파괴 강도를 갖는 유전체는 축전기의 에너지 밀도를 증가시키면서 부피를 크게 감소시킬 수 있다. 또한, 두께가 감소함에 따라 전기량은 증가한다. 그러므로, 주어진 요구 전기량에 대해 좀더 적은 면적이 요구된다. 감소된 두께 및 감소된 면적, 이러한 2 개 요소가 결합하여 주어진 재료에 대하여 달성가능한 에너지 밀도를 증가시킨다.
- <36> 높은 절연파괴 강도를 갖는 본 발명의 DLN은 축전기내의 우수한 유전체로서 그들의 용도에 기여하는 특성을 나타낸다. 본 발명의 DLN의 유전 상수는 증착 조건 및 조성을 (도핑에 의해서) 변화시킴으로써 변할 수 있다. 도핑되지 않은 필름에서, 다양한 증착 조건으로 유전 상수 약 3 내지 약 10의 범위를 달성할 수 있으며, 이러한 범위 외의 값도 가능하다. 제3 네트워크가 DLN 매트릭스 내에 성립되는 도핑된 필름에서 좀더 넓은 범위의 유전 상수값-60 이하 및 이상-이 달성될 수 있다. DLN 필름은 도핑 농도가 증가함에 따라 점차 도전성있게 된다. DLN층내 성립된 도전성의 수준은 예를 들어, 일정량의 전류 누출이 바람직할 수 있는 소정의 용도와 조화를 이룰 것이다.
- <37> 이상적인 축전기 재료는 높은 에너지 밀도 및 높은 절연파괴 강도를 가질 수 있는 재료일 것이다. 이러한 특성들의 결합은 극히 얇은 축전기를 가능하게 할 것이다. 축전기에서 사용되는 공지된 유전성 재료의 절연파괴 강도는 10^6 V/cm이다. 대조적으로, 본 발명의 DLN 필름은 절연파괴 전압이 5×10^8 V/cm 만큼 높다. 이러한 높은 값은 효과적으로 증착될 수 있는 층과 층의 균일성, 흑연 탄소의 부재 또는 기타 결정성, 낮은 고유 응력, 높은 안정성 및 DLN 필름의 독특한 원자 구조를 포함하는 인자에서 기인한다.
- <38> DLN을 증착시킬 때 도펀트 농도를 변화시킴으로써, DLN 층이 연속적으로 성립되어 DLN 재료 자체가 독립형 축전기로서 작용할 수 있는 것으로 이해된다. 이런 방식으로, 도핑되지 않은 DLN 층은 유전체로서 작용하고, 교대하는 도핑된 DLN층은 다양하게 미리 정해진 정도의 "도전성"을 띤다. 축전기로서 DLN 필름의 용도는 반드시 "독립형" 전하 운반 장치의 형태로 존재하는 것은 아닐 것이다.
- <39> 축전성 DLN 필름은 다른 시스템의 필수적인 부분이 될 수 있다. 유전체 필름이 "누출" 축전기 (소량의 전류가 그를 통하여 흐름)로서 사용되는 예로는, 프린팅 또는 복사기 산업에 사용되어, 일정한 전기성을 장치 또는 부품의 표면에 부여한다.
- <40> 축전기는 여러 가지 방식으로 DLN 필름으로부터 제조될 수 있다. 도 5에서 볼 수 있듯이, 가장

단순한 배열은 도전성 기관층 (22)(납 (22a)의 제1 전극) 상에 증착된 유전성 DLN 필름 (21)의 단일층이며, 이의 상부에 제2 도전성 기관층 (23)(납 (23a)의 제2 전극)이 증착된다. DLN 필름의 두께는 약 0.01 내지 약 50 마이크로미터, 보다 바람직하게는 약 0.1 내지 약 2.0 마이크로미터의 범위이다. 도 6 및 7 은 다층 축전기 (24, 25)를 포함하여 보다 복잡한 구조를 나타내며, 여기서 DLN 유전층 (27)은 금속, 세라믹, 중합체 또는 도전성의 도핑된-DLN 층조차 포함할 수 있는 전극층 (26)과 교대하고 있다. 축전기 구조는 수십 또는 수백의 교대하는 박층을 포함하는 다층 구조로 제조될 수 있으며, 전체 두께는 약 1 내지 약 20 마이크로미터의 범위를 갖는다. 각 층은 약 10 내지 약 100 나노미터의 두께를 갖는다. 또한, 매우 얇은 중합체 시트(예를 들어, 1.5 마이크로미터 용매 주조 폴리카르보네이트 필름)를 유전성 DLN 필름으로 코팅할 수 있으며, 여기서 중합체는 주로 높은 절연절연파괴 강도 DLN 필름에 대한 담체로 작용하여, 교대로 금속화될 수 있는 독립된 유전체를 제공한다.

<41> 본 발명의 바람직한 조정가능한 유전성 코팅의 기본적인 구조는 원자 규모 다이아몬드형 나노복합체 (DLN)이다. DLN은 2 종 또는 그 이상의 자기 안정화 랜덤 네트워크(random network)로 구성된다. 각 네트워크는 화학적으로 자체 안정화되며, 또한 2 종 모두의 네트워크가 구조적으로 상호 안정성을 갖는다. 이러한 구조를 갖는 재료의 예는 1994년 5월 24일자로 출원된 미국 출원 제08/249,167호와 미국 특허 제5,352,493호의 주제인 다이아몬드형 나노복합체(DLN)이다. 이러한 DLN에서, 제1 랜덤 "다이아몬드형" 탄소 네트워크는 수소 원자에 의해 화학적으로 안정화된다. 제2 유리형 규소 네트워크는 산소 원자에 의해 화학적으로 안정화되어 완전 비정질 구조를 생성한다. 상기 코팅의 조정성(tunability)은 도펀트 원소 또는 도펀트 화합물로부터 제조된 임의의 추가 네트워크의 함량 및 농도를 변화시킴으로써 달성될 수 있다. 목적하는 조정성은 코팅의 증착 조건을 주의하여 제어함으로써 또한 달성된다.

<42> 본 명세서에 사용된 "비정질"이라는 용어는 장기간의 정기적인 오더링 (regular ordering)이 없어 결정성과 입상도가 없는 고체 상태내 원자의 랜덤 구조 또는 배열을 말한다. 이러한 DLN은 약 10Å보다 큰 클러스터 또는 오더링을 포함하지 않는다. 원자 규모의 클러스터가 존재하지 않는 것이 본 발명의 DLN 코팅의 주요 특징이다. 클러스터는 구조의 비정질성을 훼손할 수 있고, 품질 저하의 실제적 중심 요인으로 작용할 수 있다. DLN의 구조는 전자 투사법, 스캐닝 터널링 현미경법, 원자력 현미경법, 글렌싱 x선 및 전자 회절 기술 및 고해상도 전자 현미경법(TEM)을 통해 확인되었다. 필름 성장 중에, 공급원 내, 주요 플라스마 내, 또 챔버 공간 내에서 클러스터 형성을 방지한다.

<43> 본 발명의 다이아몬드형 나노복합체(DLN) 고상 재료의 원자 구조가 도 1(A)에 도시되어 있다. DLN은 도 1(B) 및 도 1(C)에 도시된 바와 같이, 도펀트의 1 종 또는 그 이상의 부가적인 별도의 랜덤 네트워크를 가질 수 있다. 도펀트는 주기율표의 1-7b족과 8족 중 하나 또는 또는 전이 금속과 비-금속의 결합체일 수도 있으며, 3 종의 네트워크(C-H, Si-O 및 도펀트 네트워크, Me-Me) 모두가 주로 약한 화학적 결합에 의해 상호 결합되어 있다. C-H 네트워크 이외의 네트워크 원소들은 합금 원소로 불릴 수 있다. 또한, 규소 및 산소는 다른 도펀트 원소 또는 도펀트 화합물과 함께 도펀트 네트워크에 사용될 수 있다.

<44> 임의의 부가적인 도펀트-함유 네트워크가 존재하면, 도펀트 네트워크는 전술한 2 종의 상호침투성 네트워크와 함께 분포된다. 이러한 경우, 3 종 이상의 상호침투성 네트워크가 DLN 내에 존재하여 소위 Me-DLN (금속-다이아몬드형 나노복합체) 네트워크를 형성할 것이다. 임의로, C-H 및 Si-O 네트워크를 본 발명의 상호침투성 도펀트 네트워크처럼, 비금속 도펀트 네트워크가 혼입될 수 있음을 알 수 있다. 추가로, 유전성 코팅이 요구될 때 비-도전성 도펀트가 제3의 네트워크로서 혼입될 수 있음을 알 수 있다. 이것은, 반응하여 비도전성 화합물을 생산하는 도전성 원소를 포함할 수 있다. 조정가능한 도전성 코팅이 요구될 때, 도전성 원소 및 화합물은 도펀트 네트워크에서 도펀트로서 사용될 수 있다.

<45> 3 종의 네트워크(C-H 매트릭스, Si-O 매트릭스 및 도펀트 매트릭스)는 주로 약한 화학적 인력에 의해 상호 결합된다. 결정질 카바이드 형성은 50% 정도의 금속 농도에서도 방지될 수 있다 (어거(Auger) 전자 분광법, 화학 분석용 전자 분광법(ESCA), 연장 x선 흡수 미세 구조 분광법(EXAFS) 및 푸리에(Fourier) 변광 적외선 분광법(FTIR)을 사용하여 증명됨). 또한, 특정 DLN 필름에서는 약 20% 미만의 Si-C 또는 Me-C 결합의 증거가 밝혀졌다. 이러한 금속의 특성은 증착 기술 및 파라미터 뿐 아니라, 선택된 농도 및 도펀트에 따라 폭넓게 변할 수 있다. 전술한 바와 같이, 이들 복합체의 구조는 분자 수준에서 조절될 수 있다. 따라서, 바람직한 기계적 강도, 경도 및 내약품성과 함께 독특한 전기적, 광학적 및 다른 바람직한 고체상 특성이 DLN 코팅상에 부여되어 금속 및 비금속 모두를 함유한 기판을 코팅하는데 사용될 수 있다.

<46> Me-DLN 네트워크에서 사용될 바람직한 도펀트 원소는 조정가능한 유전성 Me-DLN 코팅 내의 도펀트로서 특히 효과적이며, B, Li, Na, Si, Ge, Te, O, Mo, W, Ta, Nb, Pd, Ir, Pt, V, Fe, Co, Mg, Mn, Ni, Ti, Zr, Cr, Re, Hf, Cu, Al, N, Ag 및 Au가 있고, 그 중에서도 W, Cr, Zr, Ti 및 Hf가 가장 바람직하다. 도펀트로서 사용될 수 있는 바람직한 화합물로는 TiN, BN, AlN, ZrN 및 CrN이 있고, TiN 및 ZrN이 가장 바람직하다.

<47> 다이아몬드형 나노복합체 중 탄소 함량은 DLN의 약 40 원자%를 초과하며, 바람직하게는 약 40 내지 약 98 원자%, 보다 바람직하게는 약 50 내지 약 98 원자%이다. 비록 DLN이 수소없이도 이론적으로는 제조될 수 있으나, 수소 함량이 바람직하게는 탄소 농도의 약 1 원자% 이상 내지 약 40 원자% 이하이다. 규소, 산소 및 도펀트 원소 및 도펀트 함유 화합물을 합하면 DLN의 약 2 원자%를 넘는다. 바람직한 실시예에서, 탄소 대 규소 원자의 비율은 약 2:1 내지 약 8:1이고, 수소 대 탄소 원자의 비율은 약 0.01:1 내지 약 0.4:1이고, 규소 대 산소 원자의 비율은 약 0.5:1 내지 약 3:1이고, 도펀트 대 탄소 원자의 비율은 약 0:1 내지 약 1.5:1이다. 따라서, DLN 네트워크에서, 탄소 각 1부에 대하여 수소는 약 0.01 내지 약 0.4부이고, 규소는 약 0.125 내지 약 0.5부이며, 산소는 약 0.0375 내지 약 1.0부이다. 그러한 경우, 제3의 도펀트 네트워크가 존재한다면, Me-DLN 네트워크에 부여될 바람직한 특성에 따라서 탄소 각 1부에 대하여 도펀트가 약 0.01 내지 약 1.5부가 존재할 것이다.

<48> 재료를 중 이러한 종류의 DLN 구조의 전기적 특성은 DLN 상태의 특성을 유지하면서 약 10^{-5} Ohm cm에서, 높은 유전성 상태로 약 10^{15} Ohm cm에서 도전성 재료로부터 약 20 등급 이상 계속 변할 수 있다. 특정 3 종-네트워크의 나노복합체 네트워크의 경우 전기 저항없이 초전도 상태로의 전이가 저온에서 관찰

된다. 결과로서, 본 발명의 축전기에서 전극층 및 유전층 중 하나 또는 모두가 본 명세서에 기재된 DLN 코팅으로부터 제조될 수 있다.

- <49> 전술한 바와 같이, 이들 복합체의 구조가 분자 수준에서 조절되거나 "조정"되어 독특한 전기적, 광학적 및 다른 바람직한 고체상 특성을 "조정가능한" 기계적 강도, 경도 및 내약품성과 결합할 수 있다. 본 발명의 코팅은 견고하고 탄성적이며, 전기 부품으로서의 용도와 통상적으로 관련된 마모 및 마찰을 견딜 수 있어야 한다는 것이 중요하다.
- <50> (화학적 함량에 따라) 동일하게 또는 상이하게 도핑되거나 도핑되지 않은 DLN의 단층 또는 다층이 바람직한 내성 및 다른 물리적 특성을 제공하는데 사용될 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 다층 코팅은 매우 높은 전기장을 가질 수 있는 축전기를 제조하는데 유용하다. 그러한 "초용량축전기" 특성의 전기적 용도에 따라서 두께가 약 10nm일 수 있고, 100개 이상의 도핑되거나 도핑되지 않은 층으로 구성될 수 있다. 금속-도핑된 DLN 층은 필요한 도전성을 얻도록 제조될 수 있으므로, DLN의 그러한 적응성은 금속층에 대한 필요를 방지할 수 있었다. 그러므로, 완전 유전성 축전기층이 바람직한 경우, 2 종의 네트워크 DLN이 사용될 수 있다. 전도도가 변화하는 층을 증착시키기 위해서, 3 종의 네트워크 (금속 함유) DLN이 사용될 수 있다. 완전 유전성 코팅은 표면 "절연파괴"를 방지하여 우수한 기판 보호능을 부여한다. 본 발명의 DLN의 절연파괴 강도는 DLN 코팅의 화학적 치환체에 따라 약 10^6 내지 약 10^9 V/cm의 범위이다.
- <51> 접착을 향상시키기 위해서, 공지된 DLC 코팅은 때때로 기판과 DLN 코팅 사이에 중간개재층 또는 중간층을 둔다. 그러나, 중간층의 존재는 DLN 코팅의 유용한 두께를 제한한다. 또한, DLC 코팅이 너무 두꺼우면 표면 박리가 일어난다. 놀랍게도, 본 발명의 DLN 코팅은 접착이 우수하여 중간층이 필요없다. 산소에 의해서 안정화된 유리형 규소 네트워크의 존재는 고온에서 흑연성 탄소의 성장을 방지하고, 금속-함유 3 종의 네트워크 나노복합체에서 금속 클러스터 형성을 방지할 뿐 아니라, 나노복합체 구조에서 내부 응력을 감소시킴으로써 기판에 직접 DLN 접착성을 강화시킨다. 이것이 선택된 기판에 본 발명 DLN 코팅의 우수한 접착성을 제공하는 것이 명백하다.
- <52> 그러나, 또한 중간층이 바람직하다면, 본 발명의 DLN과 함께 사용될 수 있는 것으로 이해된다. 그러한 중간층의 사용으로 DLN의 우수한 접착성을 좀더 향상시킬 수 있다. 그러한 DLN/중간층 결합은 본 발명의 축전기가 세동제거기 축전기와 같은 인체내 장기간 이식을 목적으로 하는 의료용 기구용 전기 제품에 삽입될 때 바람직할 것이다.
- <53> 본 발명의 DLN 필름은 변하는 전하량을 예상가능하게 보유하도록(또는 전하가 전혀 없도록) 증착될 수 있으며, 본 발명은 또한 표면의 전하 보유능을 증가시키는 방법을 고려한다. 전하-보유 DLN층은 다른 기구들, 예를 들어 프린팅 롤 및 작동하는 동안 표면 전하를 보유하고(거나) 방출해야 하는 기타 부품에 제공될 수 있다.
- <54> 또한, 본 발명은 추가로, 도핑된 DLN의 전극층으로 내분산된 축전기내 유전성 DLN층의 총형성을 고려한다. 이 실시태양에서 모든 축전기는 DLN층을 포함한다. 몇몇 층은 예상가능하게 변화하는 정도로 도전성을 띤다. 몇몇 층은 비-도전성 도펀트로 도핑되지 않거나 도핑되거나, 또는 도전성 도펀트로 적은 정도로 도핑되어 유전층으로서 작용한다.
- <55> 유전성 코팅으로서 유용하도록, 코팅은 열과 같은 극한 조건에 대하여 또는 시간에 따라 변하지 않는, 예상가능한 비-도전성 또는 최소한의 도전성을 가져야 한다. 흑연화된 탄소가 네트워크-보호된 DLC보다 좀더 도전성이기 때문에, 탄소의 흑연화를 억제하는 것이 유전성을 보존하는데 중요하다. 따라서, DLN보다 좀더 열적으로 안정한 DLN 코팅성은 조정가능한 유전성 DLN 코팅을 DLC 코팅상에 도전성을 억제하는 관점에서 상당한 잇점을 준다. 그러한 흑연화를 억제하기 위해서, 본 발명의 DLN 코팅은 종래의 다이아몬드형 (DLC) 재료의 온도 안정성을 초과하는 온도 안정성을 갖는다. 결정질 다이아몬드는 흑연화가 발생하기 시작하는 약 1100 °C까지 안정하다. 석영은 1470 °C까지 장기간의 열 안정성과 1700 °C 이하의 단기간의 열안정성을 갖는다. 통상적으로, 비-합금 다이아몬드형 필름은 흑연화가 발생하기 전, 약 250 내지 600 °C에서 안정하다. 잘 알려진 합금된 DLC 필름은 열적으로 훨씬 덜 안정하다. 대조적으로, 본 발명의 조정가능한 유전성 코팅을 제공하는데 사용되는 DLN 구조는 1000 °C 이상에서 장기간의 안정성과 2000 °C에서 단기간의 안정성을 가지며, 즉 DLN의 열적 안정성은 비정질의 다이아몬드형 상태를 유지하면서 결정질 다이아몬드의 열적 안정성을 초과한다.
- <56> 약 600 °C 내지 약 1000 °C의 범위에서, DLN 재료의 탄소 매트릭스의 화학적 결합은 부분적으로 sp^3 로부터 sp^2 로 변한다. 그러나, 나노복합체의 일반적인 구조와 그들의 "다이아몬드형" 특성은 유지된다. 대조적으로, 유사한 조건 하에서 통상의 "다이아몬드형" 탄소(DLC)는 흑연화되고 그의 다이아몬드형 특성을 소실한다. 또한, 400 °C 내지 500 °C의 범위(바람직하게는 430 °C)에서, 역방향의 어닐링 (annealing)이 관찰되어 sp^3 대 sp^2 의 비율은 증가된다.
- <57> C-H 및 Si-O의 2 종-네트워크 DLN의 밀도는 약 1.8 내지 약 2.1 g/cm³ 내에서 변화한다. 그 공간의 나머지 부분은 약 0.28 내지 약 0.35 nm의 범위에서 변화하는 직경을 갖는 나노포어(nanopore)의 랜덤 네트워크에 의해 점유된다. 나노포어 네트워크는 클러스터 또는 미세기공을 형성하지 않는다. 2 종-네트워크 DLN의 특성은 도펀트를 가함으로써 조절될 수 있다. 도펀트는 나노포어 네트워크를 랜덤한 방법으로 충전하여, 결국은 일정한 도펀트 농도에서, 클러스터 또는 미세결정질 알갱이없이 50 원자% 이상의 농도에서조차 추가적인 네트워크를 생성한다. 약 10 원자% 미만의 농도에서, 도펀트는 다이아몬드형 매트릭스의 나노포어 내에 별도의 원자로서 분포된다. 이러한 준랜덤 구조 내의 도펀트 원자들 사이의 평균 거리는 도펀트의 농도에 의해 제어될 수 있다. 도펀트 원소 또는 화합물의 상대 농도가 약 20 내지 25 원자%에 달할 때, 도펀트는 도 1(C)에 도시된 바와 같이 DLN 구조 내에 제3의 (Me-Me) 네트워크를 형성한다.
- <58> 본 발명에 의한 DLN의 또다른 장점은 그들의 상대적 경도 및 내구성이다. DLN, 특히 금속으로 도핑된 DLN은 고탄성과 함께 높은 미세경도(microhardness)를 갖는다. 본 발명의 DLN의 미세경도 값은

약 6 내지 약 30 GPa의 범위일 수 있다.

- <59> 상기 DLN은 관련 원소의 이온, 원자 또는 라디칼의 클러스터없는 빔(beam)에 의한 공동 증착을 통해 합성될 수 있으며, 여기서 각 입자 종류의 평균 자유 경로는 그의 공급원과 성장 입자 필름 표면 사이의 거리를 초과하고, 각 빔은 소정의 에너지를 갖는 입자를 함유한다. 탄소-함유 입자 빔은 플라스마 트론 내 플라스마 방전에 의해 생성될 수 있고, 진공 챔버 내의 고압장에 의해 대전 입자로서 추출되어 기판으로 향한다.
- <60> 도 2는 DLN 코팅 증착 공정을 위하여 사용되는 코팅 챔버 중 하나의 바람직한 실시양태를 나타낸다. 매우 얇은 층들(약 1 마이크로미터 미만)의 적용을 위하여, 기판 및 증착 챔버 표면, 및 챔버 환경으로부터 먼지 입자를 포함하여 오염물을 제거하는 것이 특히 중요하다. 진공 증착 챔버(1)는 도전성 기판 샘플을 코팅하도록 구비된다. 전구체 유입 시스템(13)은 액상 전구체, 바람직하게는 폴리실록산이 주입되는 금속 튜브 및 다공성 세라믹 재료(3)를 포함한다. 전구체 유입 시스템(13) 챔버 기저판(11)을 통해 챔버내로 결합된 것으로 도시된다. 열양극(thermocathode; 2)는 저항적으로 가열되고 토라이트화된 텅스텐 필라멘트(4)를 포함한다. 유전성 DLN 필름으로 코팅될 도전성 기판(5)은 기판 홀더(6)에 부착된다. 동력원(8)은 기판을 바이어싱(biasing) (DC 또는 RF)하는데 사용된다. 사실상, 시스템은 통상의 진공 펌프 감압 공정을 사용하여 "감압"된다. 배출구(7) 상에 위치한 (도시되지 않은) 게이트 밸브는 밀폐되고, 시스템은 챔버가 대기압에 달할 때까지 건조 공기, 질소 또는 아르곤으로 다시 충전된다. 이어서, 챔버(9)의 도어는 개방되고 코팅될 기판(5)은 가능한 다수의 방법(탄성 클립, 나사, 클램프 등) 중 하나 또는 그들을 조합하여 이용함으로써 기판 홀더(6)에 부착된다. 특정 형태의 기판에 대하여 특별한 고정 이 요구될 수도 있다. 기판 홀더는 작동시 증압 구동축(10)의 중심축과 이에 수직인 자체의 중심축에 대해 모두 회전하는 (도시되지 않음) 실린더 샘플을 또한 유지하도록 설계된다. 이러한 방법으로, 실린더의 중심축은 중앙 구동축(10)의 중심축에 수직이 될 것이다.
- <61> 도전성 기판이 장착될 때, 챔버의 도어는 폐쇄되고 챔버는 소기되며 게이트 밸브는 개방되어, 시스템 압력이 시스템 기준 압력의 바람직한 범위인 10^{-5} 내지 10^{-6} Torr까지 하강하게 된다. 상기의 기준 압력이 달성될 때, 챔버 압력이 약 5×10^{-5} 내지 1×10^{-3} Torr, 바람직하게는 약 1×10^{-4} 내지 3×10^{-4} Torr에 도달할 때까지 아르곤 가스는 니들 밸브 또는 유량 제어기를 통해 챔버 내로 투입된다. 이 때, 필라멘트 전류, 필라멘트 바이어스 및 전자석 동력 공급원이 작동된다. 필라멘트 전류(소위 필라멘트 또는 양극으로 불림)는 열양극을 통과하는 전류이다. 필라멘트 바이어스는 필라멘트에 가해지는 일정한 부동 전압(접지 상태에 대해 약 -150 V)이다. 플라스마 전류는 필라멘트와 기저판 또는 접지 상태 사이의 전류로서 측정된다. 이 전압은 필라멘트에 의해 발산된 전자가 기저판(11)으로 이동하는 전기장을 제공한다. 전자석 동력 공급원은 전류를 전자석에 제공하고, 자기장을 형성하여 나선형이 되는 전자 통로를 발생시키며, 전자 통로 길이를 증가시키고, 전구체 증발에 의해 발생된 증기 분자와 전자 사이의 충돌 가능성을 향상시킨다. 기판 바이어스 동력 공급원은 동시에 작동된다.
- <62> 이들 동력 공급원을 작동시키면 증착에 앞서 기판을 세척하는데 사용되는 아르곤 플라스마가 발생하게 된다. 소정의 세척 시간 후, 전구체 공급원이 개방된다. 전구체 흐름은 니들 밸브를 통해 제어되고 챔버와 외부 대기간의 압력차로 인해 발생한다. 챔버내 전구체 흐름과 증발이 안정화되었을 때, 아르곤 가스 흐름이 정지된다. 이온화된 전구체의 증기는 안정한 플라스마를 형성하고, 그의 이온들은 기판 바이어스로 인하여 기판 홀더를 향해 가속화된다. 따라서, DLN 필름의 증착이 발생된다.
- <63> 도펀트 재료의 공동-증착은 다음과 같이 수행된다. 마그네트론으로의 아르곤 가스 흐름이 개시되어, 기준 압력에 도달한 후 마그네트론(8)이 작동된다. 도전성 기판이 스퍼터링을 통해 세척되는 동안에 셔터(12)가 사용되어 증착을 방지한다. 세척이 끝난 후, 셔터(12)는 개방되고 바람직한 동력 수준에서 스퍼터링이 수행된다. 스퍼터링은 어떤 종류의 필름 구조 및 조성이 필요한가에 따라서, DLN 필름 증착의 개시 전, DLN 필름의 증착 중, DLN 필름의 증착 이후, 또는 DLN 필름 증착 중에 간헐적으로 발생할 수 있다. DC 또는 RF 스퍼터링을 이용하여, 모든 종류(금속, 세라믹, 합금 등)의 재료가 공동 증착용으로 사용될 수 있다.
- <64> 도 2를 참조하면, 나노복합체 필름용 성장 조건은 다음과 같다. 증착 챔버(1)내 압력은 플라스마 발생 활성 영역(2)내 압력이 약 1×10^{-3} 내지 약 5.0×10^{-2} torr의 범위인 상태에서 약 10^{-3} torr를 초과해서는 안된다. 기판 온도는 양극 필라멘트의 온도가 약 2100 내지 약 2950 °C인 상태에서 약 200 °C를 초과해서는 안된다. 양극 필라멘트내 전류는 필라멘트를 가로지르는 전압이 약 20 내지 약 30 V인 상태에서 약 70 내지 약 130 Å이다. 접지 상태에 대한 전압은 플라스마 전류가 약 0.5 내지 약 20.0 Å인 상태에서 약 70 내지 약 130 V 범위이다. 탄소 함유 및 규소 함유의 모든 기판 종류의 운동 에너지가 각각 약 100 내지 약 1200 eV의 범위 및 약 25 내지 약 300 eV의 범위인 상태에서, 기판 홀더의 전압은 약 0.1 내지 5.0 Kv이다. 금속 빔은 자유 원자 또는 일원자가 이온으로 구성된다. 금속 원자/이온의 운동 에너지는 약 25 eV를 초과하지 않는다. 전구체 유속이 약 0.5 내지 약 5.0 cc/시인 상태에서, DLN의 성장속도는 약 0.1 내지 약 2.0 μm/시이다.
- <65> 대부분의 이용 분야에서 바람직한 작동 범위는 약 1×10^{-4} 내지 3×10^{-4} Torr의 압력, 약 1 A의 플라스마 전류, 약 60 내지 약 75 A의 필라멘트 전류, 약 600 내지 약 1000 V DC의 기판 전압, 또는 RF 모드에서 약 100 W의 전방 동력이다. RF 모드에 대한 바람직한 주파수는 약 90 내지 약 300 kHz의 범위이다. 바람직한 마그네트론 동력은 DLN 코팅에 필요한 재료, 조성 및 구조의 타입에 의존한다.
- <66> 또다른 바람직한 실시양태에서, 바람직한 증착 방법은 도 3에 개략적으로 도시된 바와 같이, 삼극(triode) 플라스마트론내 플라스마 방전을 이용하며, 이때 플라스마 에너지 밀도는 탄소 원자의 그램당 약 5 Kwh 이상이다. 대전 입자는 진공 챔버내 고압장에 의해 추출되고 기판(5)으로 향한다. 기판 홀더의 전위는 약 -0.3 내지 약 +0.5 Kv, 가장 바람직하게는 1.0 ± 0.2 Kv이고, DC용으로는 주파수가 약 0 내지 약 25 Mhz이고 RF용으로는 약 90 내지 약 300 kHz의 범위에서 변하는 것이 바람직하다. 플라스마트론내 탄소 전구체 흐름으로 전자 발산 속도는 입자당 약 0.5 내지 약 1.5 전자이다.
- <67> 실록산과 같은 유기규소 화합물은 C, H, Si 및 O에 대하여 바람직한 전구체이다. 하나의 바람직

한 유기규소 화합물은 규소 원자 1 내지 10 개를 함유하는 폴리페닐메틸실록산이다. 고비점의 실록산은 열양극(4)으로부터 조사함으로써 가열되는 다공성 세라믹, 금속성 또는 금속-세라믹 헤드 (도 3 및 도 4의 부호 3)를 통해 활성 플라즈마 영역으로 직접 투입될 수 있다. 열양극의 광자 및 전자 발산은 헤드(3) 표면상의 전구체 분자의 증발, 분해 및 이온화에 영향을 미치며, 따라서 플라즈마 발생기를 위한 이온 공급원으로서 작용한다. 실록산 전구체의 주입을 위한 또다른 방법은 확산 펌프로부터 직접 주입법을 사용하는 것이다.

<68> 도펀트 함유 빔의 형성은 (1) 가열식 증발, (2) 이온-스퍼터링, (3) 이온 빔 방법 중 임의의 하나 또는 조합된 방법에 의해 수행될 수 있다. 도펀트-함유 빔은 진공 챔버를 통해 성장하는 필름 표면상으로 향하여 증착 챔버 자체내의 입자간 충돌을 배제한다. 기판은 이중 회전 운동을 보장하는 회전 기판 홀더(에컨대, 드럼) 상의 인접 챔버내에 두고, 상기 인접 챔버는 도 2에 개략적으로 도시된 바와 같이, 원자 빔 또는 이온 빔의 발산을 위한 개구에 의해 플라즈마 발생 챔버에 연결되어 있다. 대안으로, 플라즈마 발생은 기판을 포함하는 챔버내에서 수행될 수 있다. DC 또는 고주파 전위가 통상적으로 증착 공정 중 기판에 가해진다. 외부 기판 가열은 요구되지 않는다. 기판 홀더는 당업자에게 알려진 다양한 형태의 부품을 갖도록 특이적으로 설계될 수 있다. DLN 필름의 증착을 위한 상기 방법의 유용한 변형으로 Si 및 O₂에 대한 전구체로서 스퍼터링된 규소 및 산소 가스의 사용, 탄소 및 수소 전구체로서 사용되는 스퍼터링된 탄소 및 수소 또는 탄화수소 가스의 사용, 또는 그를 조합한 것이 있다.

<69> 비-도전성 기판 상의 증착을 위해서, 도 4에 개략적으로 도시된 바와 같이 중성 라디칼의 흐름이 고압 타겟으로부터 반사되어 기판으로 향하는 방법이 있다. 이 공정은 반사 전극을 사용하여 중성 빔을 발생시키는 것을 제외하고는, 도 3에 도시된 것과 유사한 증착법을 사용한다. 이러한 공정은 성장하는 동안 기판상에 대전되고(거나) 빠른 입자의 충돌로부터 초래되는 기판의 표면 손상을 제거한다.

<70> 본 발명의 전술한 것과 같은 적용성 코팅은 코팅된 기판의 소정의 적용예에 따라 수 나노미터 내지 수 마이크로미터 범위, 바람직하게는 약 20 나노미터 내지 약 12 마이크로미터의 두께로 선택된 기판상에 증착될 수 있다. 본 발명의 얇은 축전기의 사용에 있어서, 바람직한 DLN 층의 두께는 약 0.01 내지 약 100 마이크로미터, 보다 바람직하게는 약 0.05 내지 약 5 마이크로미터의 범위이고, 약 0.1 내지 약 2 마이크로미터의 코팅이 가장 바람직하다. 그러므로, 증착은 각 특정 용도에서 요구되는 특성을 충족시키도록 조절될 수 있다.

<71> 2 중- 또는 3 중-네트워크 DLN의 랜덤 상호침투는 구조의 모든 방향으로 균일한 강도를 보장한다. 이 구조는 80 Å(8 nm)의 두께에서도 미세기공이 없게 된다. 따라서, DLN은 매우 안정하고 화학적, 기계적, 전자적 및 초전도적 특성이 독특하게 결합된다.

<72> 본 발명의 많은 다른 개조 및 변형이 본 명세서에서 교시하는 바에 따라 당업자에 의해 가능하다. 따라서, 청구의 범위 내에서 본 발명은 본 명세서에서 특이적으로 기술된 것과 달리 실시될 수 있는 것으로 이해된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

다중 전극층을 제공하고 인접한 전극층들 사이에 유전층을 제공하는 것을 포함하며, 상기 유전층은 수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 비도전성 도펀트 원소 또는 비도전성 도펀트 원소를 함유하는 비도전성 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크를 갖는 다이아몬드형 고상 재료로부터 형성되는 것인 축전기의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 탄소, 수소, 규소 및 산소가 약 1 내지 약 10 개의 규소 원자를 갖는 오르가노실록산의 분해로부터 얻어지는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 오르가노실록산이 폴리페닐메틸실록산인 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 다이아몬드형 재료의 탄소 함량이 약 40 중량% 내지 약 98 중량%인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 다이아몬드형 재료의 탄소 함량이 약 50 중량% 내지 약 98 중량%인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 다이아몬드형 재료에서 탄소 대 규소의 중량비가 약 2:1 내지 약 8:1인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 다이아몬드형 재료에서 규소 대 산소의 중량비가 약 0.5:1 내지 약 3:1인 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 코팅을 금속 기판상에 증착시키는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 코팅을 비-금속 기판상에 증착시키는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 도펀트 원소가 B, Li, Na, Si, Ge, Te, O, Mo, W, Ta, Nb, Pd, Ir, Pt, V, Fe, Co, Mg, Mn, Ni, Ti, Zr, Cr, Re, Hf, Cu, Al, N, Ag 및 Au으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 탄소 함량이 코팅의 약 40 원자%보다 크고, 수소 함량이 탄소의 약 1 원자% 내지 약 40 원자%이고, 규소, 산소 및 도펀트 모두의 총합은 코팅의 약 2 원자%보다 큰 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 유전층을 약 0.05 내지 약 5 마이크로미터의 두께로 증착시키는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 유전층을 약 0.1 내지 약 2.0 마이크로미터의 두께로 증착시키는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 전극층이 수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 비-도전성 도펀트 원소 또는 비-도전성 도펀트 원소를 함유하는 비-도전성 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크를 갖는 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조되는 방법.

청구항 15

전기 전극층 및 유전층들을 포함하고, 상기 유전층들은 인접 전기 전극층들 사이에 위치하며, 상기 유전층이 수소에 의해서 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크로부터 형성된 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조되는 것인 축전기.

청구항 16

제15항에 있어서, 탄소 함량이 코팅의 약 40 원자%보다 크고, 수소 함량이 탄소의 약 1 원자% 내지 약 40 원자%이고, 규소, 산소 및 도펀트 모두의 총합이 코팅의 약 2 원자%보다 큰 축전기.

청구항 17

제15항에 있어서, 탄소, 수소, 규소 및 산소가 약 1 내지 약 10 개의 규소 원자를 갖는 오르가노실록산의 분해로부터 얻어지는 축전기.

청구항 18

제17항에 있어서, 오르가노실록산이 폴리페닐메틸실록산인 축전기.

청구항 19

제15항에 있어서, 다이아몬드형 재료의 탄소 함량이 약 40 중량% 내지 약 98 중량%인 축전기.

청구항 20

제15항에 있어서, 다이아몬드형 재료에서 탄소 대 규소의 중량비가 약 2:1 내지 약 8:1인 축전기.

청구항 21

제15항에 있어서, 다이아몬드형 재료에서 규소 대 산소의 중량비가 약 0.5:1 내지 3:1인 축전기.

청구항 22

제15항에 있어서, 도펀트 원소가 B, Li, Na, Si, Ge, Te, O, Mo, W, Ta, Nb, Pd, Ir, Pt, V, Fe, Co, Mg, Mn, Ni, Ti, Zr, Cr, Re, Hf, Cu, Al, N, Ag 및 Au으로 이루어진 군으로부터 선택되는 축전기.

청구항 23

제15항에 있어서, 상기 층이 약 0.05 내지 약 5 마이크로미터의 두께로 증착된 축전기.

청구항 24

제15항에 있어서, 상기 층이 약 0.1 내지 약 2.0 마이크로미터의 두께로 증착된 축전기.

청구항 25

제15항에 있어서, 전극층이 수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 비-도전성 도펀트 원소 또는 비-도전성 도펀트 원소를 함유하는 비-도전성 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크를 갖는 다이아몬드형 재료를 포함하는 재료로부터 제조되는 것인 축전기.

청구항 26

기판 표면을 제공하고, 그 기판 표면을 하나 이상의 유전층으로 코팅하는 것을 포함하며, 상기 유전층이 수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크를 갖는 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조되는, 기판 표면의 전하-보유 용량 조절 방법.

청구항 27

수소에 의해 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소로부터의 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 네트워크 하나 이상을 포함하는 상호침투성 네트워크로부터 형성된 다이아몬드형 고상 재료로부터 제조된 하나 이상의 유전층, 및 임의로는 하나 이상의 전극층으로 이루어지는, 부품 표면상에 전하를 보유할 수 있는 부품.

요약

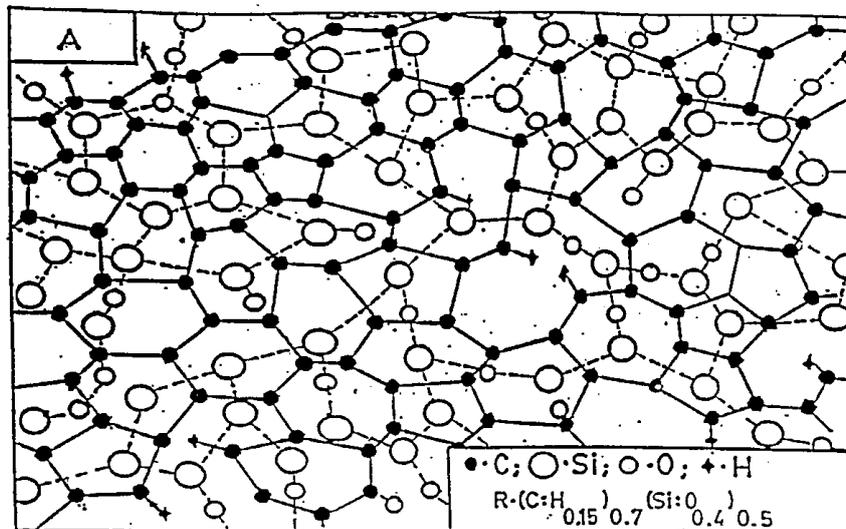
유전층 및(또는) 전극층으로서, 수소에 의해서 안정화된 다이아몬드형 탄소 네트워크, 산소에 의해 안정화된 유리형 규소 네트워크 및 임의로는 주기율표의 1-7b족과 8족 원소인 도펀트 원소 또는 도펀트 원소를 함유하는 도펀트 화합물의 하나 이상의 부가적 네트워크의 상호침투성 원자 규모 네트워크를 갖는 다이아몬드형 나노복합 고상 재료로부터 제조된 재료를 포함하는 축전기의 제조 방법.

대표도

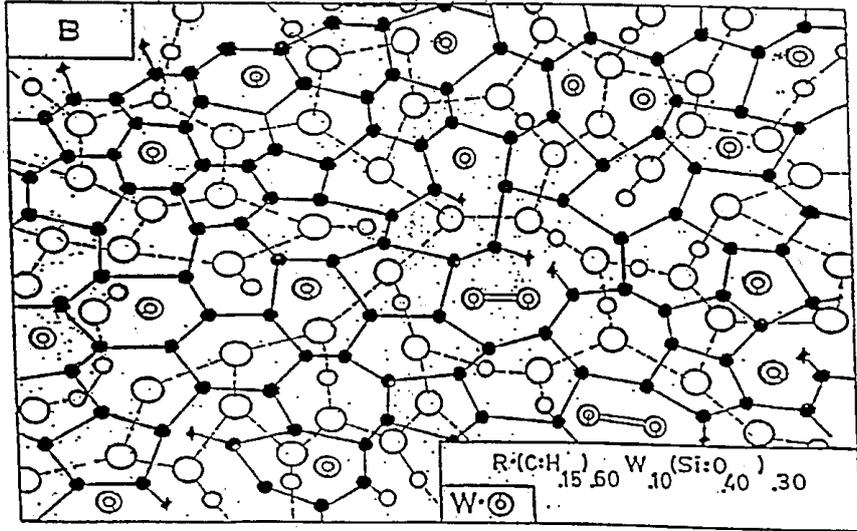
도7

도면

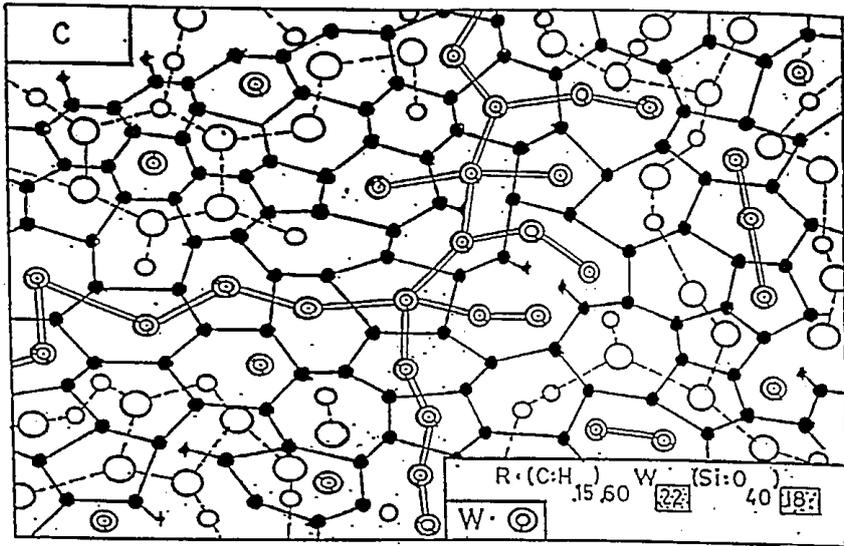
도면1A



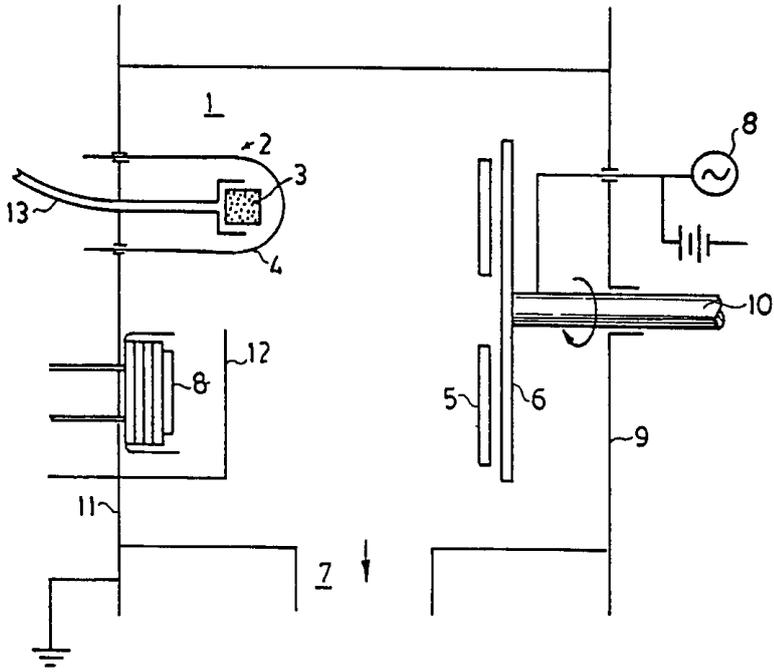
도면 18



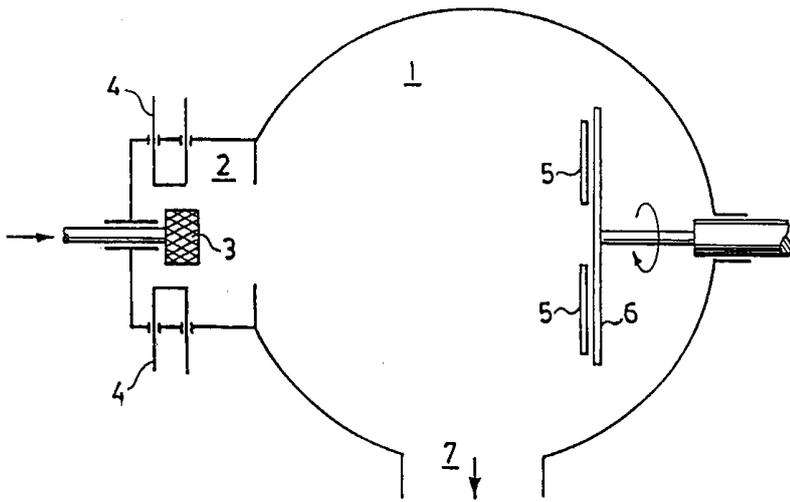
도면 10



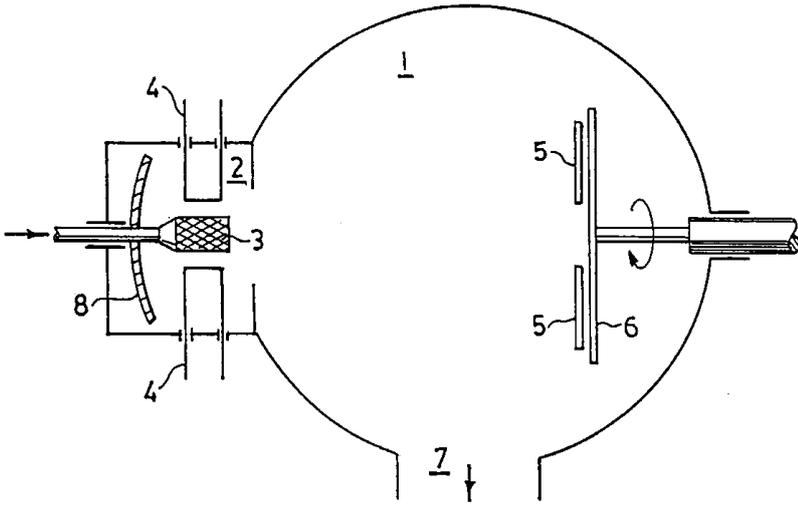
도면2



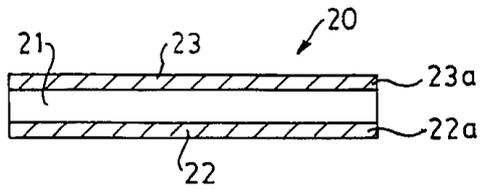
도면3



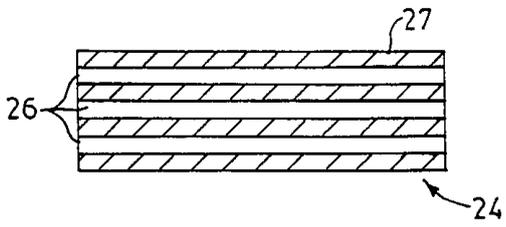
도면4



도면5



도면6



도면7

