

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3961025号
(P3961025)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月25日(2007.5.25)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 G	4/33	(2006.01)	HO 1 G	4/06 1 O 2
HO 1 B	5/16	(2006.01)	HO 1 B	5/16
HO 1 G	4/30	(2006.01)	HO 1 G	4/30 3 O 1 E

請求項の数 23 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平9-514314	(73) 特許権者	592014377
(86) (22) 出願日	平成8年9月25日(1996.9.25)		ナムローゼ・フェンノートシャップ・ペー
(65) 公表番号	特表平11-512885		カート・ソシエテ・アノニム
(43) 公表日	平成11年11月2日(1999.11.2)		N V BEKAERT SOCIETE
(86) 国際出願番号	PCT/US1996/015368		ANONYME
(87) 国際公開番号	W01997/013263		ベルギー国、ペー 8550 ズウェーヴ
(87) 国際公開日	平成9年4月10日(1997.4.10)		エゲム、ペーカートストラート 2
審査請求日	平成15年9月24日(2003.9.24)	(74) 代理人	100081422
(31) 優先権主張番号	08/538,475		弁理士 田中 光雄
(32) 優先日	平成7年10月3日(1995.10.3)	(74) 代理人	100100158
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 鯨島 睦
		(74) 代理人	100083356
			弁理士 柴田 康夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダイヤモンド状ナノコンポジット物質を使用する容量性の薄いフィルム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の導電性層を供給する工程、および隣接導電性層の間の誘電性層を供給する工程、を含んでなるコンデンサーの製造方法であって、誘電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および周期表の 1 - 7 b および 8 族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも 1 種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成され、炭素含量が、誘電性層の 40 原子%より多く、水素含量が、炭素の 1 ~ 40 原子%であり、シリコン、酸素およびドーパントの合計が誘電性層の 2 原子%より多い、方法。

【請求項 2】

炭素、水素、シリコンおよび酸素が、1 ~ 10 のシリコン原子を有する有機シロキサンの分解から得られる請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

有機シロキサンが、ポリフェニルメチルシロキサンである請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

ダイヤモンド状固体物質の炭素含量が、40 原子% ~ 98 原子%である請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

ダイヤモンド状固体物質の炭素含量が、50 原子% ~ 98 原子%である請求項 1 に記載の

方法。

【請求項 6】

炭素とシリコンの比が、 $2 : 1 \sim 8 : 1$ である請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

炭素とシリコンの比が、 $0.5 : 1 \sim 3 : 1$ である請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

被覆物を、金属基材上に蒸着することにより誘電性層を形成する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

被覆物を、非金属基材上に蒸着することにより誘電性層を形成する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 10】

誘電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および周期表の 1 - 7 b および 8 族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも 1 種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成され、ドーパント元素が、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 および Au からなる群から選択される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

誘電性物質が、 $0.05 \sim 5 \mu\text{m}$ の厚さで蒸着される請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 12】

誘電性物質が、 $0.1 \sim 2.0 \mu\text{m}$ の厚さで蒸着される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

導電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および更に周期表の 1 - 7 b および 8 族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも 1 種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

導電性物質および誘電性物質の層を含んでなるコンデンサーであって、誘電性物質の層が、導電性物質の隣接層の間に配置され、誘電性物質が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および周期表の 1 - 7 b および 8 族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも 1 種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成され、炭素含量が、誘電性層の 40 原子%より多く、水素含量が、炭素の 1 ~ 40 原子%であり、シリコン、酸素およびドーパントの合計が誘電性層の 2 原子%より多い、コンデンサー。

30

【請求項 15】

炭素、水素、シリコンおよび酸素が、1 ~ 10 のシリコン原子を有する有機シロキサンの分解から得られる請求項 14 に記載のコンデンサー。

40

【請求項 16】

有機シロキサンが、ポリフェニルメチルシロキサンである請求項 15 に記載のコンデンサー。

【請求項 17】

ダイヤモンド状固体物質の炭素含量が、40 原子% ~ 98 原子%である請求項 14 に記載のコンデンサー。

【請求項 18】

炭素とシリコンの原子比が、 $2 : 1 \sim 8 : 1$ である請求項 14 に記載のコンデンサー。

【請求項 19】

50

炭素とシリコンの原子比が、0.5 : 1 ~ 3 : 1である請求項14に記載のコンデンサー。

【請求項20】

誘電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成され、ドーパント元素が、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およびAuからなる群から選択される請求項14に記載のコンデンサー。

10

【請求項21】

誘電性物質の層が、0.05 ~ 5 μmの厚さで蒸着される請求項14に記載のコンデンサー。

【請求項22】

誘電性物質の層が、0.1 ~ 2.0 μmの厚さで蒸着される請求項14に記載のコンデンサー。

【請求項23】

導電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および更に周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質を含んでなる物質から形成される請求項14に記載のコンデンサー。

20

【発明の詳細な説明】

発明の分野

本発明は、コンデンサーの製造、特にコンデンサー中の誘電性層および導電性層ならびに他の容量性薄フィルムとしてのダイヤモンド状ナノコンポジット物質の使用に関する。

従来技術

電子部品の分野における努力は、素子サイズに重点が置かれている。素子の小サイズ化は、高い利便性を消費者に与える。結果として、電子部品の製造業者は、よりコンパクトな家庭用電化製品、ステレオ装置、医療用移植デバイスなどの製造を可能にするより小さい電子素子を製造する方法を求めている。さらに、軍事デバイスおよび宇宙デバイスの要求には、より小さいサイズ、より高いエネルギー密度、および減少した総重量が含まれる。しかしながら、どれくらい小さい素子にできるかを制限する多くの因子がある。例えば、素子に使用されるコンデンサーの製造技術は、要求される電荷を確実に保持し運搬でき、きわめて薄い要求された電圧に保つことができる誘電性物質の利用可能性によって制限される。現在、結晶性誘電性物質類がコンデンサーに組み込まれている。コンデンサー中で誘電体として使用される結晶性化合物には、チタン酸バリウム、酸化タンタル、ならびにさまざまな重合性および液晶混合物がある。

30

コンデンサーは、電気エネルギーを貯えるデバイスである。コンデンサーは、典型的には、導電性物質の間に挟まれた誘電性物質からなる。コンデンサーの形状は、大きく変えることができる。コンデンサーの性能パラメーターは、選択された物質の電気的特性、例えば誘電性物質の特性に依存する。このような特性としては、誘電率、絶縁破壊の強さ、抵抗率、誘電正接損失、インダクタンスなどが挙げられる。コンデンサーの性能は、コンデンサーを製造するのに使用される物質の物理的、機械的、熱的及び他の特性にも依存する。

40

特殊電子部品は、しばしば、特別に設計されたコンデンサーを要する。例えば、電子部品の小サイズ化が必要な場合、コンデンサーの体積を減少させる必要があり、コンデンサーのエネルギー密度を増加させる必要がある。例えば、コンデンサーは、心臓の細動除去器の電源に使用される。細動除去器は、患者の心臓の性能を連続的にモニターする移植医療

50

用デバイスである。「細動」または不整脈が検出された場合、そのデバイスが、細動除去器を心臓に接続するリード線によって、心臓に高電圧パルスを送る。この高電圧パルスが、心臓の通常のリズムを回復させる。適切に機能する細動除去器にとって、高いエネルギー密度を有する特殊なタイプのコンデンサーが要求される。

しかしながら、コンデンサーのサイズには問題が残る。一般的な細動除去器コンデンサーは、細動除去器のより大きな素子の1つである。結果として、細動除去器は、通常、胸部での移植に比べて望ましくない位置である患者の腹部に移植しなくてはならない。胸部への移植は、より短い電気リード線しか必要とせず、費用および患者の不快を減少させる。細動除去器コンデンサーの全体のサイズを減少させるように望む十分な小サイズ化を達成するために、コンデンサーのエネルギー密度を実質的に増加させねばならない。既知の物質では、そのような小サイズ化ができない。

10

特定の用途で小サイズ化が問題にならない場合でさえ、高いエネルギー密度ポテンシャルおよび総部品の重量の減少が重要である。例えば、電気自動車は、重量を減少させることが望ましいが、一方で、加速または登行のためのパワーを供給する高いエネルギー密度を可能にするコンデンサーを組みこまねばならない。

コンデンサーが効果的に作動するには、貯えられた電荷が早期に移動してはならない。それゆえに、誘電性層が、低い漏れ電流または高い抵抗率を有さなければならない。さらに、層は、作動電圧で絶縁破壊を受けてはいけぬ。誘電性物質があまりにも薄く作られている場合、高電圧ホールドオフを達成することが困難である。電圧ホールドオフは、破壊が起こる前に、物質が抑制 (hold off) できる電圧量であると理解されている。一方で、厚い誘電性層も、層が厚くなるにつれて、誘電性層において欠点が生じやすくなるために、乏しい (低い) 絶縁破壊の強さを示す。

20

多くのダイヤモンド状被覆 (DLC) は、コンデンサー中の誘電性物質として試されているが、さまざまな本質的な構造上の理由から機能しない。成功する誘電性コンデンサーの重要な性質の1つは、より優れた長期付着性である。既知のDLCは、それ自体で十分な付着性を有さない。多くの既知のDLCは、高い固有応力および不十分な付着性を示す。既知のDLCには、抵抗率を低下させ、漏れ電流を増加させる黒鉛ドメインの存在の欠点もある。DLCは、低い熱安定性を有し、比較的低い温度ですばやく黒鉛化する。黒鉛化によって、DLCは、導電性になり、それゆえにコンデンサーとしての誘電性被覆の目的を果たさず、コンデンサーを無用なものとする。そのような故障は、移植医療用電気デバイス、例えば細動除去器に封入されるコンデンサーにとって大問題である。

30

適切に被覆され絶縁された電気素子を欠くと、しばしば、その素子を使用しているデバイスは機能を失うか、またはより短寿命となる。さらに、照射効果は、紫外線照射およびイオン衝撃を含めて、DLC被覆の腐食または黒鉛化によってDLCの劣化を促進する。コンデンサーとしての有用性および柔軟性を増すように、電氣的に調節でき、一方で非常に薄い層に蒸着され、高い絶縁破壊の強さおよび高いエネルギー密度を示す強い、高い付着性の誘電性物質が望まれている。

発明の概要

本発明の1つの要旨は、コンデンサー中の薄い誘電性層として蒸着されたダイヤモンド状ナノコンポジット物質の使用に関する。

40

本発明の他の要旨は、水素によって安定化された第1ダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化された第2ガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1-7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入した原子規模のネットワークを有するダイヤモンド状ナノコンポジット固体状態物質から形成される誘電性層を導電性物質に適用することによって、コンデンサーのエネルギー密度を増加させる方法に関する。

本発明のさらに他の要旨は、隣接層の間に配置した複数の誘電性層を導電性層に供給することを含んでなるコンデンサーの製造方法に関する。誘電性層は、水素によって安定化された第1ダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化された第2ガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1-7bおよび8族からの元素を含むドー

50

パント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入した原子規模のネットワークを有するダイヤモンド状ナノコンポジット固体状態物質から形成される。

本発明の別の要旨は、水素によって安定化された第1ダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化された第2ガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入した原子規模のネットワークを有するダイヤモンド状ナノコンポジット固体状態物質から形成される調節可能な被覆を誘電性層として供給することによって、誘電性層の導電率を選択的に変化する方法に関する。

本発明の他の要旨において、本発明は、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを相互侵入することを含んでなるダイヤモンド状固体状態物質から形成されるコンデンサー中の調節可能な誘電性被覆に関する。

本発明の他の要旨において、本発明は、2以上の導電性層および隣接する導電性層の間に配置された誘電性層を含んでなるコンデンサーであって、誘電性層が、水素によって安定化された第1ダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化された第2ガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークから形成されるダイヤモンド状ナノコンポジット固体状態物質から形成されるコンデンサーに関する。

本発明の他の要旨において、本発明は、基材表面の静電容量を制御する方法に関する。基材表面は、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状ナノコンポジット固体状態物質から形成される少なくとも1つの誘電性層によって供給され、被覆される。

本発明の他の要旨において、本発明は、表面上に帯電できる素子に関する。素子は、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体状態物質から形成される。導電性層は、要すれば、帯電素子に組み込まれてよく、そのような導電性層も、ダイヤモンド状固体状態物質から形成されてよい。この場合、ドーパントを含有する第3ネットワークが含まれる。

【図面の簡単な説明】

図1は、2ネットワーク(A)、中間体(B)および3ネットワーク(C)ナノコンポジットの模式的ミクロ構造を示す図である。

図2は、DLNを蒸着するための蒸着炉の断面図である。

図3は、反射用電極を使用する、DLNを蒸着するための蒸着炉の断面図である。

図4は、炉内に一体配置されたプラズマ源を使用する好ましい蒸着炉の断面図である。

図5～7は、1つおよび複数の導電性層および誘電性層のコンデンサー設計を示す図である。

発明の詳細な説明

本発明は、水素によって安定化された第1のダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化された第2のガラス状シリコンネットワーク、および要すれば、周期表の1 - 7bおよび8族からの元素を有するドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入した原子規模のネットワークを有するダイヤモンド状固体状態物質から形成された少なくとも1つ誘電性物質の層を少なくとも1つの導電性層に適用することによって、コンデンサーを製造し、コンデンサへのエネルギー密度

10

20

30

40

50

を増加させる方法に関する。

平行平板コンデンサーのキャパシタンスは、式：

$$C = k A / t$$

[式中、C は、静電容量 (e s u) 単位のキャパシタンスであり、k は、誘電性物質の誘電率であり、A は、物質の面積であり、t は、物質の厚さである。]

によって示される。コンデンサー中の誘電性層の厚さは、選択された作動電圧および選択された誘電体の絶縁破壊の強さによって決定される。キャパシタンスは、直接、貯えるエネルギーの量に影響する。エネルギーは、式：

$$E = C V^2$$

[式中、C は、キャパシタンスであり、E は、エネルギーであり、V は、電圧である。]

によって示される。さらに、コンデンサー容積は、キャパシタンスに反比例する。高い絶縁破壊を有する物質は、特定の作動電圧に対してより小さな厚さで使用する事ができ、それゆえに、キャパシタンスおよび貯えられるエネルギーを増加させる。さらに、エネルギー密度が、コンデンサー容積に反比例し、コンデンサー容量が誘電体の厚さに直接依存するので、高い絶縁破壊の強さを有する誘電性物質は、コンデンサーのエネルギー密度を増加させながら、容積をかなり減少させることができる。さらに、厚さが減少するにつれて、キャパシタンスが増加する。それゆえに、一定の要求されたキャパシタンスに対して、より小さい面積が要求される。2つのファクター、減少した厚さおよび減少した面積は、組み合わせさせて、特定の物質に対して得られるエネルギー密度を増加させる。

高い絶縁破壊の強さを有する本発明のDLNは、コンデンサー中のより優れた誘電性物質としての使用の助けとなる特性を示す。意図されたDLNの誘電率は、蒸着条件および組成を変えることによって(ドーピングによって)変化しうる。ドーピングしていないフィルムでは、変化する蒸着条件は、約3～約10の範囲の誘電率を達成することできる(この範囲の外側の値も可能)。第3ネットワークが、DLNマトリックス中に形成される場合、ドーピングしたフィルムに対して、より広い範囲の値(60までおよび60を超えて)の誘電率を達成できる。DLNフィルムは、ドーピング濃度が増加するにつれて、導電性が増加する。特定量の漏れ電流が望まれる場合、DLN層で設定されるコンダクタンスのレベルは、所望の用途に適用しうると考えられている。

理想的なコンデンサー材料は、高いエネルギー密度および高い絶縁破壊の強さを有するものである。この特性の組み合わせは、きわめて薄いコンデンサーを可能にする。コンデンサーに使用される既知の誘電性物質の絶縁破壊の強さは、 10^6 V / cmの範囲である。対照的に、本発明のDLNフィルムは、 5×10^8 V / cmほどの高い絶縁破壊電圧を示す。この高い値は、効果的に蒸着された層、層の均一性、黒鉛炭素または他の結晶の欠如、低い固有応力、高い安定性およびDLNフィルムの独特な原子構造のファクターによる。DLNが蒸着するにつれて、ドーパントの濃度を変えることによって、DLN層の連続性が構築され、DLN物質が、それだけでコンデンサーとして機能できる。この方法において、ドーピングしていないDLN層は、誘電体として作用し、他のドーピングしたDLN層は、前もって選択された種々の程度の「導電性」である。コンデンサーとしてのDLNフィルムの使用は、「独立の」帯電するデバイスの形態である必要性はない。容量性DLNフィルムは、他のシステムの一体化部品であってよい。例えば、誘電性フィルムが「漏れ」コンデンサー(少量の電流の流れを可能にする)として使用され、特定の電気的特性をデバイスまたは素子の表面に与える、印刷またはコピー機械産業に、用途がある。

コンデンサーは、さまざまな方法でDLNフィルムから作られてよい。図5に示すように、最も単純な配置は、導電基材層22(リード線22aを有する第1電極)上に蒸着した誘電性DLNフィルム21の単一層であり、DLNフィルム21の上に、第2の導電基材層23(リード線23aを有する第2電極)が蒸着されている。DLNフィルムの厚さは、約0.01～約50 μmで変化し、さらに好ましくは約0.1～約2.0 μmである。図6および図7は、多層コンデンサー24、25を含むより複雑な配置を示し、ここでは、DLN誘電性物質の層27は、金属、セラミック、ポリマーまたは導電性のドーピングしたDLN層を含みうる導電層26と交互に存在する。コンデンサー構造は、数十または数百

10

20

30

40

50

の交替層を含んでなる複数の層構造から構築され、総厚さは、約 1 ~ 約 20 μm である。各層は、約 10 ~ 約 100 nm の厚さを有する。非常に薄いポリマーシート（例えば、1.5 μm 溶媒キャストポリカーボネートフィルム）を誘電性 D L N フィルムで被覆することはさらに可能であり、この場合、ポリマーは、高い絶縁破壊の強さの D L N フィルムに対するキャリアとして主として作用し、代わりに金属化されうる自立誘電性物質を供給する。

本発明の好ましい調節可能な誘電性被覆の基本的な構造は、原子規模のダイヤモンド状ナノコンポジット（diamond-like nanocomposite: D L N）である。D L N は、2 またはそれ以上の自己安定化されたランダムネットワークからなる。各ネットワーク自体が化学的に安定化され、一方、両方のネットワークが相互に構造的に安定化される。そのような構造を有する物質の例としては、米国特許第 5,352,493 号および米国特許第 08/249,167 号（1994 年 5 月 24 日出願）の主題であるダイヤモンド状ナノコンポジット（D L N）が挙げられる。D L N において、第 1 のランダム「ダイヤモンド状」炭素ネットワークは水素原子によって化学的に安定化される。第 2 のガラス状シリコンネットワークは、酸素原子によって化学的に安定化され、その結果、純粋にアモルファスな構造になる。被覆の調節可能性は、ドーパント元素またはドーパント化合物から形成される任意の付加的なネットワークの含量および濃度を変えることによって達成される。所望の調節可能性は、被覆の蒸着条件を綿密に制御することによっても達成される。

ここで使用される「アモルファス」とは、固体状態での原子のランダムな構造または配置であって、長距離の規則的な配列がなく、結晶性または顆粒性を欠いている構造または配置である。そのような D L N は、約 10 \AA より大きいクラスターまたは規則的配列を含まない。原子規模のクラスターがないことは、本発明の D L N 被覆の重要な特徴である。クラスターは、構造のアモルファス特性を壊し、分解の活性中心として作用しうる。D L N 構造は、電子投影法、走査型トンネル電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、視射 X 線および電子回折法ならびに高分解能透過型電子顕微鏡（TEM）によって確認される。クラスター形成が、原料において、主プラズマにおいて、炉空間において、およびフィルムの成長中に、妨げられる。

本発明のダイヤモンド状ナノコンポジット（D L N）固体状物質の原子構造を図 1（A）に示す。D L N は、図 1（B）および図 1（C）に示されるように、1 またはそれ以上の付加的な別の無秩序なドーパントのネットワークを有してよい。ドーパントは、周期表の 1b - 7b および 8 族の遷移金属および非金属のいずれか 1 種またはそれらの組み合わせであってよく、3 種すべてのネットワーク（C - H；Si - O およびドーパントネットワーク、Me - Me）は、主に弱い化学結合によって相互に結合される。C - H ネットワーク以外のネットワーク元素は、合金元素と呼ばれることもある。シリコンおよび酸素は、他のドーパント元素またはドーパント化合物と共にドーパントネットワークに使用されてもよい。

任意の付加的なドーパント含有ネットワークが存在する場合に、ドーパントネットワークが、上記の 2 つの相互侵入したネットワークに沿って配置される。例えば、3 またはそれ以上の相互侵入したネットワークが D L N 中に存在して、いわゆる Me - D L N（金属 - ダイヤモンド状ナノコンポジット）ネットワークを形成してよい。非金属ドーパントネットワークが、C - H および Si - C ネットワークに相互侵入する、要すれば存在するドーパントネットワークとして組み込まれてよいと理解される。誘電性被覆が望まれる場合、ドーパントが第 3 のネットワークとして組み込まれてよい。これは、反応して非導電性化合物を生成する導電性元素も含んでよい。調節可能な導電性被覆が望まれる場合、導電性元素および化合物は、ドーパントネットワークにドーパントとして使用されてよい。

3 つのネットワーク（C - H マトリックス、Si - O マトリックスおよびドーパントマトリックス）が、主に弱い化学的引力によって相互に結合される。（オージェ電子分光法、化学分析用電子分光法（ESCA）、拡張 X 線吸収微細構造解析法（EXAFS）およびフーリエ変換赤外分光分析（FTIR）を使用して確認されうる）50% ほどの高い金属濃度においてさえ、結晶性カーバイド形成が妨げられる。さらに、ある D L N フィルムに

10

20

30

40

50

において、約20%までのSi-CまたはMe-C結合の形跡が見つけれられた。また、これらの物質の特性は、選択されたドーパントおよび濃度ならびに蒸着技術およびパラメータに依存して、広い範囲で変化しうる。上記したように、これらのコンポジットの構造は、分子レベルで設計される。したがって、独特の電気的性質、光学的性質、並びに所望の機械強度、硬度および化学的耐性を伴う他の所望の固体特性を、金属および非金属含有基材の両方に使用できるDLN被覆に与えることができる。

Me-DLNネットワークに使用され、調節可能な誘電性Me-DLN被覆中のドーパントとして特に効果的である好ましいドーパント元素は、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およびAuであり、W、Cr、Zr、TiおよびHfが最も好ましい。ドーパントとして使用されてよい好ましい化合物は、TiN、BN、AlN、ZrNおよびCrNであり、TiNおよびZrNが最も好ましい。

10

ダイヤモンド状ナノコンポジット物質中の炭素含量は、DLNの約40原子%より多く、約40~98原子%が好ましく、約50~98原子%がさらに好ましい。DLNは、理論的に水素なしでも調製されるが、水素含量は、好ましくは炭素濃度の約1~約40原子%である。シリコン、酸素ならびにドーパント元素およびドーパント含有化合物の合計は、DLNの約2原子%より大きい。1つの好ましい態様において、炭素対シリコンの比は、約2:1~約8:1であり、水素対炭素の比は、約0.01:1~約0.4:1であり、シリコン対酸素の比は、約0.5:1~約3:1であり、ドーパント対炭素の比は、約0:1~約1.5:1である。従って、DLNネットワークにおいて、炭素各1部に対して、水素約0.01~約0.4部、シリコン約0.125~約0.5部、および酸素約0.0375~約1.0部が存在する。そのような体系において、第3のドーパントネットワークが存在する場合、炭素各1部に対して、Me-DLNネットワークに与えられる所望の特性に依存して、約0.01~約1.5部のドーパントが存在し得る。

20

この種の物質のDLN構造の電気的特性は、DLN状態の特性を保ちながら、少なくとも約 10^{-5} ・cmの導電性物質から約 10^{15} ・cmの高い誘導性状態まで、少なくとも20桁にわたって連続的に変化できる。電気的抵抗がない状態の超電導状態への転移は、3ネットワークナノコンポジットネットワークでは低い温度で観察される。結果として、本発明のコンデンサー中の導電性層および誘電性層の両方またはいずれかは、ここで記載したDLN被覆から形成されてよい。

30

先に説明したように、これらのコンポジットの構造は、分子レベルで、設計または「調節」され、独特の電気的性質、光学的性質、および「調節可能な」機械的強度、硬度および耐薬品性を有する他の所望の固体特性を組み合わせることができる。本発明の被覆が、堅く、弾性であり、電気素子としての使用に通常伴う摩耗および摩擦に耐えることができる。

同一または異なる（化学種の含有量に基づいて）ドーブされまたはドーブされていないDLNの単一層または複数層を使用して、所望の抵抗および他の物理的性質を得てもよい。そのような多層被覆は、非常に高いキャパシタンスを可能にするコンデンサーを製造するのに有用である。そのような「ウルトラコンデンサー」は、特定の電子用途に依存して、約10nmの厚さであってよく、100またはそれ以上のドーブしたおよびドーブしていない層からなっていてよい。DLNの可撓性から、金属ドーブしたDLN層を、必要な導電率に達成するように製造することができるので、金属層を必要としない。それゆえに、完全な誘電性コンデンサー層が望まれる場合、2ネットワークDLNが使用されてよい。異なる導電率の層を蒸着するために、3ネットワーク（金属含有）DLNが使用されてよい。完全に誘電性の被覆は、表面「絶縁破壊」を防止し、優れた基材保護を与える。本発明のDLNの絶縁破壊強度は、DLN被覆の化学的置換基に依存して、約 $10^6 \sim 10^9$ V/cmで変化する。

40

付着性を改良するために、既知のDLC被覆は、基材およびDLC被覆の間に中間介在層または中間層をしばしば有する。しかしながら、この中間層の存在はDLC被覆の有用な

50

厚さを制限する。さらに、DLC被覆があまりにも厚い場合、剥離が生じる。驚くべきことに、本発明のDLN被覆を用いると、付着性が良好であるために、中間層を必要としない。酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワークの存在が、高温での黒鉛炭素の成長の防止し、金属含有3ネットワークナノコンポジットにおいて金属クラスター形成を防止し、さらにナノコンポジット中の内部応力を減少するのに役立ち、したがって、DLNの基材への直接付着を促進する。このことが、選択された基材物質への本発明のDLNの優れた付着性をもたらすと考えられる。

しかしながら、所望により中間層を、本発明のDLNと共に使用してもよい。そのような中間層の使用は、さらにDLNの優れた付着性を改良しうる。本発明のコンデンサーが、人体に長期移植が予定される医療用デバイスのための電気部品、例えば細動除去器コンデンサーに組み込まれる場合、そのようなDLN/中間層の組み合わせは望ましい。

本発明のDLNフィルムを、変化する量の電荷を予想どおりに保持する（または、全く電荷を保持しない）するように蒸着できるので、本発明は、表面帯電容量を増加させる方法とも考えられる。帯電DLNの層は、他の装置、例えば印刷ロールおよび作業中の表面電荷を保持および/または解放しなければならない他の要素を与えうる。

さらに、本発明は、ドーピングしたDLNの導電性層を散在させたコンデンサー中の誘電性DLN層を積層することさえも意図する。この態様において、全コンデンサーは、DLN層を含んでなる。層のいくつかは、予想できる変化の程度で導電性である。いくつかの層は、ドーピングしていない層、ドーパントによってドーピングした層、または少量の導電性ドーパントによってドーピングした層であり、誘電性層として作用する。

誘電性被覆として有用であるためには、被覆は、時間経過と共に、または極端な条件、例えば熱に対して、変化してはならない、予想できる非導電性または最小の導電性特性を有さなければならない。黒鉛化炭素がネットワーク保護DLCより導電性であるので、炭素の黒鉛化の抑制が誘電特性を保つために重要である。それゆえに、DLN被覆がDLCより熱的に安定である能力は、調節可能な誘電性DLN被覆をDLC被覆よりも、導電率を低下させる点で、かなり有用にする。そのような黒鉛化を抑制するために、本発明のDLN被覆は、従来のダイヤモンド状(DLC)物質より優れた温度安定性を有する。結晶性ダイヤモンドは、黒鉛化が生じる約1100℃まで安定である。石英は、1470℃までで長期間熱安定性であり、1700℃までで短期間熱安定性である。従来の非合金ダイヤモンド状フィルムは、黒鉛化が生じる前の約250~600℃まででのみ安定である。既知の合金DLCフィルムの熱安定性はかなり低い。対照的に、本発明の調節可能な誘電性被覆を供給するのに使用されるDLN構造は、1000℃までで長期熱安定性を、2000℃までで短期熱安定性を有する。即ち、DLNの熱安定性は結晶ダイヤモンドの熱安定性より優れ、アモルファスダイヤモンド状態を保つ。

約600~約1000℃の範囲では、DLN物質の炭素マトリックスの化学結合が、 sp^3 から sp^2 に部分的に変化する。しかしながら、ナノコンポジットの一般構造およびそれらの「ダイヤモンド状」特性は保持される。対照的に、同様の条件において、通常の「ダイヤモンド状」炭素(DLC)は、黒鉛化され、ダイヤモンド状特性を損なう。さらに、400~500℃の範囲（好ましくは430℃）において、逆アニーリングが見られ、 sp^3 の sp^2 に対する比が増加する。

C-HおよびSi-Oの2ネットワークDLNの密度は、約1.8~約2.1 g/cm³で変化する。残りの空間は、約0.28~約0.35 nmの直径を有するナノ孔を有するランダムネットワークによって埋められている。ナノ孔ネットワークは、クラスターまたはミクロ孔を形成しない。次いで、2ネットワークDLNの特性を、ドーパントを添加することによって調整してよい。ドーパントは、ランダムにナノ孔を充填し、結果として、あるドーパント濃度で、50原子%程度の高い濃度でさえ、クラスターまたは微結晶を伴うことなく、付加的ネットワークを形成する。約10原子%未満の濃度では、ドーパントは、ダイヤモンド状マトリックスのナノ孔中で、独立した原子として分布する。この擬ランダム構造におけるドーパント原子間の平均距離は、ドーパントの濃度によって制御することができる。ドーパント元素または化合物の相対濃度が約20~25原子%に達する場合

10

20

30

40

50

合、ドーパントは、図 1 (C) に示されるように、DLN 構造に第 3 の (Me - Me) ネットワークを形成する。本発明の DLN の他の利点は、相対的な硬度および耐久性である。DLN、特に金属ドーパントした DLN は、高い弾性ととも高い微小硬度を組み合わせで有している。本発明の DLN の微小硬度値は、約 $6 \sim 30 \text{ GPa}$ である。

各粒子種の平均自由行程が、その光源と成長粒子フィルム表面の間の距離を越え、各ビームがよく規定されたエネルギーの粒子を含む場合、DLN は、適切な元素のイオン、原子またはラジカルの無クラスタービームによる共蒸着により合成されてよい。炭素含有粒子ビームは、プラズマトロン中で、プラズマ放電によって製造され、真空炉で高い電場によって荷電された粒子として抽出され、基材に向けられる。

図 2 は、DLN 被覆の蒸着のために使用される被覆炉の好ましい態様の 1 つを示す。非常に薄い層 (約 $1 \mu\text{m}$ 未満) の適用のために、基材および蒸着炉表面および炉環境から塵粒子を含む汚染物を除去することが特に重要である。真空蒸着炉 1 は、導電性基材試料を被覆するために備えられている。先駆体導入系 13 は、液体先駆体、好ましくはポリシロキサンが注入される多孔質セラミック材料 3 および金属チューブを含んでなる。先駆体導入系 13 は、図示されているように、炉ベースプレート 11 を介して炉に組み込まれている。熱陰極 2 は、抵抗加熱されたトリウムタングステンフィラメント 4 を含んでなる。誘電性 DLN フィルムによって被覆される導電性基材 5 は、基材ホルダー 6 に取り付けられる。電源 8 は、基材にバイアスを与えるために使用される (DC または RF)。実際には、系は、通常の真空ポンプ排気工程を使用して、「排気する」。ポート 7 に配置されたゲートバルブ (図示せず) は閉じられ、炉が大気圧になるまで、系は、乾燥空気、窒素またはアルゴンによって再充填される。次いで、炉の扉 9 を開き、被覆される基材 5 を基材ホルダー 6 に、多数の可能な方法 (スプリングクリップ、ネジ、クランプなど) のいずれかを使用して取り付ける。特別な形状の基材には、特別な固定用具が必要である。基材ホルダーは、円筒形試料 (図示せず) を保持するように設計され、作業中、円筒形試料は、中央ドライブシャフト 10 の軸の周りおよび 10 に垂直な軸の周りで回転する。このようにして、円筒の軸は 10 の軸に垂直になる。

導電性基材が装着された時、炉の扉を閉じ、炉を排気し、ゲートバルブを開け、系を、所望の範囲の系ベース圧力である少なくとも $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ Torr}$ に下げる。上記のベース圧力に達成したとき、炉圧力が約 $5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ 、好ましくは $1 \sim 3 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ に達するまで、アルゴンガスを、ニードル弁またはマス流量コントローラーを経て炉に送り込む。この時点で、フィラメント電流、フィラメントバイアスおよび電磁力電源のスイッチを入れる。フィラメント電流は、熱陰極 (フィラメントまたは陰極とも言われる) を流れる電流である。フィラメントバイアスは、フィラメントに印加される一定の浮動電圧 (接地に対して約 -150 V) である。プラズマ電流は、フィラメントとベースプレートまたは接地との間の電流として測定される。この電圧は、フィラメントによって発射される電子をベースプレート 11 に移動させる電場を与える。電磁力供給電源は、電磁石に電流を供給し、磁場を形成し、その結果、電子行路が螺旋状になり、電子行路の長さが増大し、先駆体の蒸発によって作り出された蒸気分子と電子との間の衝突確率が改良される。同時に、基材のバイアス電力供給電源のスイッチを入れる。

これらの電源のスイッチを入れると、アルゴンのプラズマが作り出され、このプラズマは蒸着の前に基材を洗浄するのに使用される。洗浄に要求される持続時間後、先駆体の供給が開始される。先駆体の流れは、ニードル弁により制御され、炉と外部大気との間の圧力差によって生じる。炉内の先駆体の流れおよび蒸発が安定化されたとき、アルゴンの流れを止める。イオン化された先駆体の蒸気が、安定したプラズマを形成し、プラズマからのイオンが基材バイアスの故に基材ホルダーに向けて加速される。そして、DLN フィルムの蒸着が起こる。

ドーパント物質の共蒸着は、以下のように行われる。ベース圧力に達した後に、マグネトロンへのアルゴン流を開始し、マグネトロン 8 のスイッチを入れる。シャッター 12 は、スパッタリングにより導電性基材が洗浄される間、蒸着を防ぐために使用される。洗浄が終わった時、シャッター 12 を開け、スパッタリングを所望の電力レベルで行う。これは

10

20

30

40

50

、どのようなフィルム構造の種類および組成が望まれるかに依存して、DLNフィルム蒸着の前、間、後に、またはDLNフィルム蒸着中に断続的に、行ってよい。DCまたはRFスパッタリングを使用して、すべての種類の物質（金属、セラミック、合金など）が共蒸着のための使用され得る。

ナノコンポジットフィルムの成長条件は、図2については、以下のとおりである。蒸着炉1の圧力は、 10^{-3} torrを越えることはなく、プラズマ発生の活性ゾーン2での圧力は、約 $1.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-2}$ torrである。基材の温度は約200 を越えることはなく、陰極フィラメントの温度は約2100 ~ 2950 の範囲である。陰極フィラメントでの電流は、約70 ~ 約130 Aであり、フィラメントにかかる電圧は、約20 ~ 約30 Vである。接地に対する電圧は、約70 ~ 約130 Vであり、プラズマ電流が約0.5 ~ 約20.0 である。基材ホルダーの電圧は、約0.1 ~ 約5.0 kVであり、すべての炭素含有およびSi含有種は、それぞれ約100 ~ 約1200 eVおよび約25 ~ 約300 eVの範囲の運動エネルギーを有する。金属ビームは、自由原子または単原子イオンからなる。金属原子/イオンの運動エネルギーは、約25 eVを越えない。先駆体の流速が約0.5 ~ 約5.0 c c / 時間である場合、DLNの成長速度は、約0.1 ~ 約2.0 μm / 時間である。

多くの用途にとって好ましい操作条件範囲は、約 $1 \sim 3 \times 10^{-4}$ Torrの圧力、約1 アンペアのプラズマ電流、約60 ~ 約75 アンペアのフィラメント電流、約600 ~ 約1000 V DCの基材電圧、またはRFモードでの約100 Wの順方向電力である。RFモードでの好ましい周波数は、約90 ~ 約300 kHzである。好ましいマグネトロン電力は、DLN被覆のために所望される物質、組成および構造に依存する。

さらに好ましい態様において、好ましい蒸着方法は、図3に概略的に示すように、約5 kWh / g・原子を越える炭素のプラズマエネルギー密度で、トリオードプラズマトロン内でプラズマ放射を使用する。荷電粒子は、真空炉において高電場によって抽出され、基材5に向けられる。基材ホルダーの電位が約-0.3 ~ 約+5.0 kV、さらに好ましく約 1.0 ± 0.2 kVであり、周波数の変化がDCでは約0 ~ 約25 MHzであり、RFでは約90 ~ 約300 kHzであることが好ましい。プラズマトロンにおいて電子放射の炭素先駆体流の比は、1粒子につき約0.5 ~ 約1.5 電子である。

有機シリコン化合物、例えばシロキサンは、C、H、SiおよびOのための好ましい先駆体である。好ましい有機シリコン化合物の1つは、1 ~ 10 個のSi原子を含有するポリフェニルメチルシロキサンである。高い沸点のシロキサンを、放射熱陰極4により加熱されている多孔質セラミックまたは金属セラミックヘッド（図3および図4での3）を通して、活性プラズマ領域に直接導入してよい。熱陰極の光子および電子放射が、ヘッド3の表面での先駆体分子の蒸発、フラグメンテーション、イオン化に影響を与え、プラズマ発生器のためのイオン源として働く。シロキサン先駆体の注入の別の方法は、拡散ポンプからの直接注入を使用することである。

ドーパント含有ビームの形成は、以下の方法のいずれか1つまたは組み合わせによって行われる：1) 熱蒸発；2) イオンスパッタリング；3) イオンビーム。ドーパント含有ビームは、真空炉を通して成長しているフィルム表面に向けられ、蒸着炉内での粒子間衝突を排除する。図2に概略的に示されるように、基材は、隣接する炉中、2軸回転を与える回転基材ホルダー（例えばドラム）上に配置され、該隣接炉は、原子またはイオンビームの放射のための開口によってプラズマ発生炉に接続されている。あるいは、プラズマ発生は、基材を含んでいる炉内で行ってよい。一般に、DCまたは高周波電位が、蒸着工程の間基材に適用される。外部からの基材の加熱は必要ではない。当業者には明らかなように、基材ホルダーは、異なった形の部分を支持するように、特別に設計されてよい。DLNフィルムを蒸着するための上記の方法の有用な改変例には、SiおよびO₂のための先駆体としてのスパッターシリコンおよび酸素ガスの使用、炭素および水素の先駆体としてのスパッター炭素および水素または炭素水素ガスの使用またはそれらの組み合わせを含む。図4に示されるように、中性ラジカルの流れを高電圧ターゲットにより反射し、基材に向ける方法が、非導電性基材、例えばプラスチックに蒸着するために挙げられる。この方法

10

20

30

40

50

は、反射電極が中性ビームを発生するために使用されること以外は、図3で示したのと類似の装置を使用する。この方法は、成長の間に、基材に衝突する荷電および/または高速粒子により生じる基材表面の損傷を排除する。

上記の可撓性被覆は、被覆された基材の所望の適用にのみ依存して、選択された基材上に、数nm～数μm、好ましくは約20nm～約12μmの厚さで蒸着されてよい。蒸着は、特定の用途に要求される特性を満足するように設計されてよい。本発明の薄いコンデンサーの使用にとって、好ましいDLN層の厚さは、約0.01～約100μm、好ましくは約0.05～約5μmであり、約0.1～2μmの被覆が好ましい。蒸着は、特定の用途に要求される特性を満足するように設計されてよい。

2また3のネットワークDLNのランダムな相互侵入が、すべての方向で、構造に均一な強度を与える。構造には、80 (8nm)の厚さでさえ、ミクロ孔がない。それゆえに、DLNは、極めて安定であり、化学的性質、機械的性、電子的性質および超伝導性の独特な組み合わせを有する。

本発明の多くの他の変更および変化は、当業者には明らかであろう。請求の範囲内で、本発明は、ここに特に記載したもの以外に実施してよい。

本発明の主たる態様および好ましい態様は、以下を包含する。

1. 複数の導電性層および隣接導電性層の間の誘電性層を含んでなるコンデンサーの製造方法であって、誘電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、および酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成される方法。

2. 炭素、水素、シリコンおよび酸素が、1～10のシリコン原子を有する有機シロキサン分解から得られる上記1に記載の方法。

3. 有機シロキサンが、ポリフェニルメチルシロキサンである上記2に記載の方法。

4. ダイヤモンド状物質の炭素含量が、40原子%～98原子%である上記1に記載の方法。

5. ダイヤモンド状物質の炭素含量が、50原子%～98原子%である上記1に記載の方法。

6. 炭素とシリコンの比が、2:1～8:1である上記1に記載の方法。

7. 炭素とシリコンの比が、0.5:1～3:1である上記1に記載の方法。

8. 被覆を、金属基材上に蒸着する上記1に記載の方法。

9. 被覆を、非金属基材上に蒸着する上記1に記載の方法。

10. ドーパント元素が、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およびAuからなる群から選択される上記1に記載の方法。

11. 炭素含量が、被覆の40原子%より多く、水素含量が、炭素の1～40原子%であり、シリコン、酸素およびドーパントの合計が被覆の2原子%より多い上記1に記載の方法。

12. 誘電性物質が、0.05～5μmの厚さで蒸着される上記1に記載の方法。

13. 誘電性物質が、0.1～2.0μmの厚さで蒸着される上記1に記載の方法。

14. 導電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および更に周期表の1-7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状固体物質から形成される上記1に記載の方法。

15. 導電性物質および誘電性物質の層を含んでなるコンデンサーであって、誘電性物質の層が、導電性物質の隣接層の間に配置され、誘電性物質が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、および酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークから形成されるダイヤモンド状固体物質から形成されるコンデンサー。

16. 炭素含量が、被覆の40原子%より多く、水素含量が、炭素の1～40原子%であ

10

20

30

40

50

り、シリコン、酸素およびドーパントの合計が被覆の2原子%より多い上記15に記載のコンデンサー。

17. 炭素、水素、シリコンおよび酸素が、1~10のシリコン原子を有する有機シロキサン分解から得られる上記15に記載のコンデンサー。

18. 有機シロキサンが、ポリフェニルメチルシロキサンである上記17に記載のコンデンサー。

19. ダイヤモンド状物質の炭素含量が、40原子%~98原子%である上記15に記載のコンデンサー。

20. 炭素とシリコンの原子比が、2:1~8:1である上記15に記載のコンデンサー。

10

21. 炭素とシリコンの原子比が、0.5:1~3:1である上記15に記載のコンデンサー。

22. ドーパント元素が、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およびAuからなる群から選択される上記15に記載のコンデンサー。

23. 層が、0.05~5μmの厚さで蒸着される上記15に記載のコンデンサー。

24. 層が、0.1~2.0μmの厚さで蒸着される上記15に記載のコンデンサー。

25. 導電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワーク、および更に周期表の1-7bおよび8族からの元素を含むドーパント元素またはドーパント化合物の少なくとも1種のネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状物質を含んでなる物質から形成される上記15に記載のコンデンサー。

20

26. 基材表面を供給すること

および少なくとも1種の誘電性層で基材表面を被覆することを含んでなる基材の静電容量を制御する方法であって、誘電性層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、および酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワークを有するダイヤモンド状固体状態物質から形成される方法。

27. 素子表面に帯電できる素子であって、

素子が、少なくとも1つの誘電性層を含んでなり、

30

誘電性の層が、水素によって安定化されたダイヤモンド状炭素ネットワーク、および酸素によって安定化されたガラス状シリコンネットワークを含んでなる相互侵入したネットワークを有するダイヤモンド状物質を含んでなる素子。

【 図 1 A 】

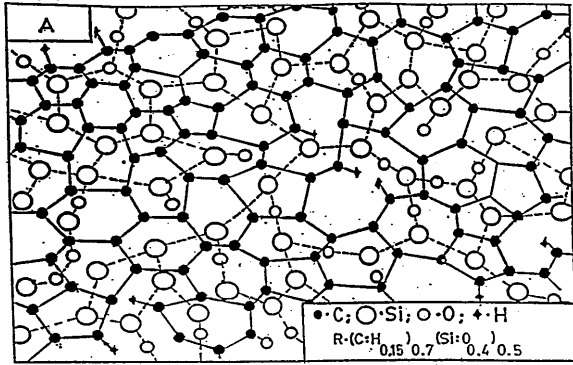


FIG. 1A

【 図 1 C 】

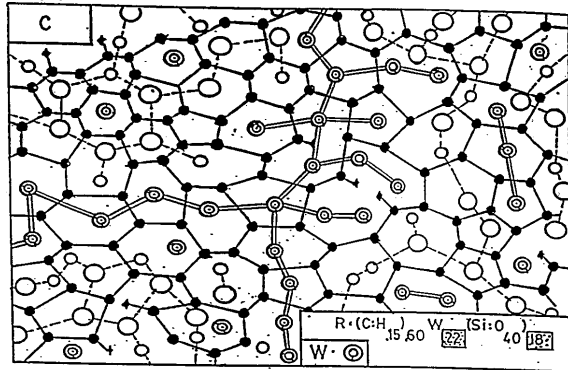


FIG. 1C

【 図 1 B 】

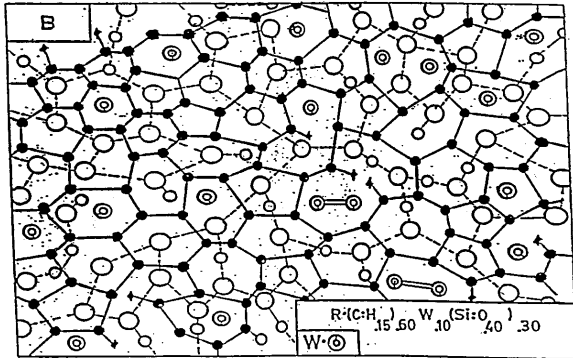


FIG. 1B

【 図 2 】

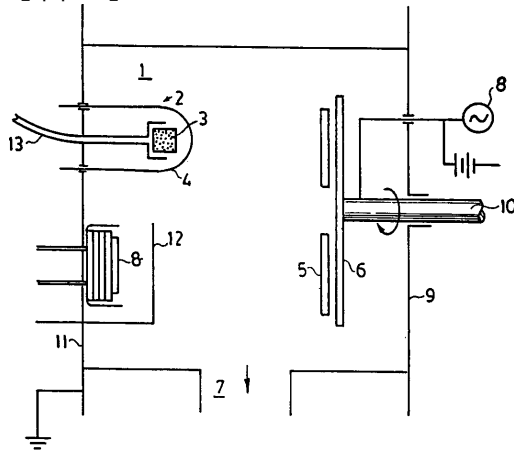


FIG. 2

【 図 3 】

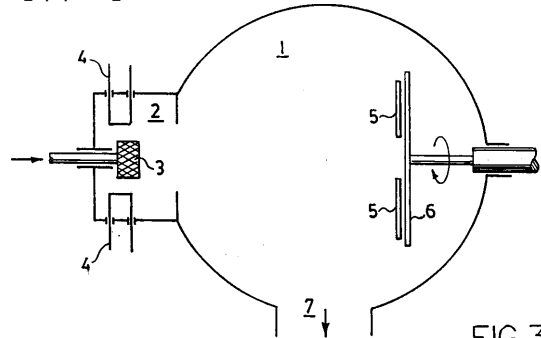


FIG. 3

【 図 4 】

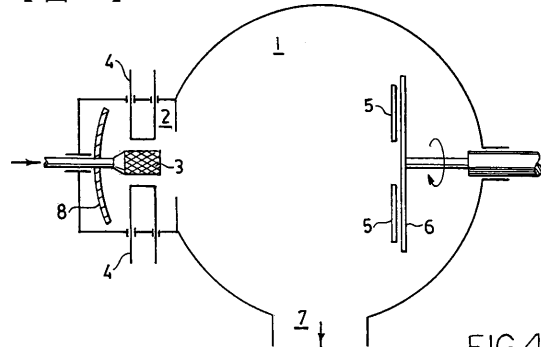
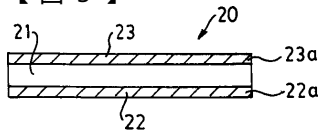
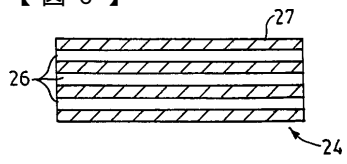


FIG. 4

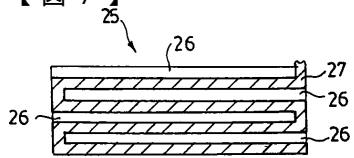
【 図 5 】

FIG. 5

【 図 6 】

FIG. 6

【 図 7 】

FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 ゴール,アービンド
アメリカ合衆国14214ニューヨーク州 バッファロー、ハイゲイト・アベニュー156番
- (72)発明者 ブレイ,ドナルド・ジェイ
アメリカ合衆国14051ニューヨーク州 イースト・アムハースト、サウサリート・ドライブ
257番
- (72)発明者 マーティン,スティーブン・シー
アメリカ合衆国14221ニューヨーク州 ウィリアムズビル、イースト・パインレイク・ドライ
ブ 123番
- (72)発明者 ブレイクリー,キース・エイ
アメリカ合衆国14214ニューヨーク州 バッファロー、モリス・アベニュー63番

審査官 岸本 泰広

- (56)参考文献 特開平05-326315(JP,A)
特開平07-278787(JP,A)
特開平05-078844(JP,A)
特開平04-305237(JP,A)
特開昭63-215578(JP,A)
特開平08-288172(JP,A)
特開平07-195377(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01G 4/33

H01B 5/16

H01G 4/30