

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-205868

(P2017-205868A)

(43) 公開日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)	
B 8 2 B	1/00	(2006.01)	B 8 2 B	1/00	2 G 0 6 0
G 0 1 T	1/24	(2006.01)	G 0 1 T	1/24	2 G 1 8 8
G 0 1 T	1/04	(2006.01)	G 0 1 T	1/04	
G 0 1 T	1/10	(2006.01)	G 0 1 T	1/10	
G 0 1 T	5/06	(2006.01)	G 0 1 T	5/06	

審査請求 有 請求項の数 7 O L 外国語出願 (全 53 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-108538 (P2017-108538)	(71) 出願人	505320919 ジェイビー ラボラトリーズ インコーポ レイテッド アメリカ合衆国, 08846 ニュージャ ージー州, ミドルセックス, ウッド アベ ニュー 120
(22) 出願日	平成29年5月31日 (2017.5.31)	(74) 代理人	110000671 八田国際特許業務法人
(62) 分割の表示	特願2015-147151 (P2015-147151) の分割	(72) 発明者	パテル, ゴルドハンプハイ アメリカ合衆国, 08846, ミドルセッ クス, ウッズ アベニュー 120
原出願日	平成22年9月10日 (2010.9.10)	Fターム(参考)	2G060 AA01 AA05 AA15 AA16 AB02 AB24 AD06 AE01 AE26 2G188 BB02 BB04 BB05 BB06 BB09 CC29 CC31 CC39 DD09 DD43 DD44 KK02
(31) 優先権主張番号	61/276,349		
(32) 優先日	平成21年9月11日 (2009.9.11)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

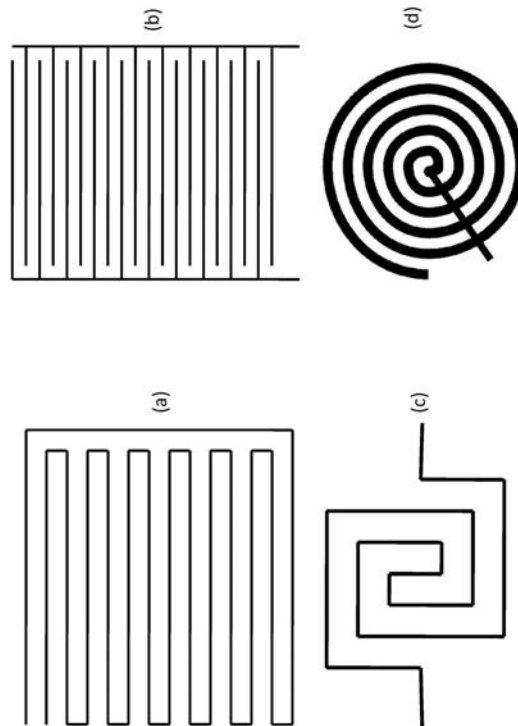
(54) 【発明の名称】 ナノ構造の変形、破壊、および変換に基づくモニタリング装置およびモニタリング方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ナノ構造を用いた、有機、無機、有機金属および生体の化合物および作用因子への総曝露量を分析するための指示システムを提供する。

【解決手段】 化学的因子または生物学的因子等の被分析物によって破壊される、反応性または不安定な、有機材料、無機材料、有機金属材料、または生体材料により形成され、時間、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、温度、マイクロ波、殺菌、化学物質、のモニタリングを行う、ナノアンテナやナノボール、ナノベルト等のナノ構造であり、少なくとも1次元において1,000 nm未満であるナノ構造。

【選択図】 図15



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ナノ構造と、
前記ナノ構造の破壊時の前記ナノ構造の特性の変化を測定する手段と、
を含む指示システム。

【請求項 2】

前記破壊は、融解、融合、溶解、膨潤、乾燥、エッチング、凝固、変換、変形、結晶化、欠陥形成、分解、反応、拡散、複合体または付加物形成、変形、相、反応性、状態、サイズ、形状、ドーピングの性質、磁性、多孔性、透過性低下、放射性崩壊、腐食、分解、崩壊、悪化、脱金属、合体、吸着、脱離、融解、結晶化、相転移、電子または核構造、磁性および光学特性のうちの 1 以上に起因する、請求項 1 に記載の指示システム。

10

【請求項 3】

前記ナノ構造は少なくとも 1 次元において 1 , 0 0 0 n m 未満である、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 4】

前記ナノ構造は、ナノアンテナ、ナノボール、ナノベルト、ナノパイポッド、ナノカプセル、ナノクラスター、ナノ結晶、分枝状ナノ結晶、ナノデンドリマー、ナノドット、ナノフィルム、ナノファイバー、ナノフレクノシート、ナノ流体、ナノレイヤー、ナノ粒子、ナノロッド、ナノスフェア、ナノスプリング、ナノテトラポッド、分枝状テトラポッド、ナノトリポッド、ナノチューブ、ナノワイヤ、プラズモン、量子ドット、および量子井戸からなる群から選択される 1 以上の構造である、請求項 1 に記載の指示システム。

20

【請求項 5】

前記ナノ構造は、反応性または不安定な、有機材料、無機材料、有機金属材料、または生体材料である、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 6】

前記ナノ構造は金属から製造される、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 7】

前記金属は銅、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、金、銀、シリコンまたはこれらの合金である、請求項 6 に記載の指示システム。

【請求項 8】

前記ナノ構造は被分析物または活性体によって破壊される、請求項 1 に記載の指示システム。

30

【請求項 9】

前記ナノ構造は被分析物によって破壊される、請求項 8 に記載の指示システム。

【請求項 10】

前記被分析物は化学的因子または生物学的因子である、請求項 9 に記載の指示システム。

【請求項 11】

前記化学的因子は有毒または有害な化学物質である、請求項 10 に記載の指示システム。

40

【請求項 12】

前記生物学的因子はウイルスまたは細菌である、請求項 10 に記載の指示システム。

【請求項 13】

前記被分析物はエネルギー、電磁放射線、圧力、または磁性である、請求項 9 に記載の指示システム。

【請求項 14】

ナノ構造の破壊中の特性の変化を測定する方法。

【請求項 15】

指示システム中のナノ構造のサイズ分布を増大させることにより、前記指示デバイスの非線形性能を線形性能へと変化させる工程を含む、ナノ構造指示デバイスの性能を変化さ

50

せる方法。

【請求項 16】

有機、無機、有機金属および生体の化合物および作用因子または被分析物への総曝露量を分析方法を用いてモニタリングするのに用いるために設計される、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 17】

時間、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、温度、マイクロ波、殺菌、化学物質、生物学的因子または化学的因子のモニタリングのために設計される、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 18】

前記殺菌は、蒸気、エチレンオキシド、プラズマ、ホルムアルデヒド、乾式加熱、過酸化水素または過酢酸を用いて行われる、請求項 17 に記載の指示システム。

【請求項 19】

放射線量計である、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 20】

前記放射線量計はキャパシタである、請求項 19 に記載の指示システム。

【請求項 21】

前記ナノ構造は電極である、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 22】

前記電極は有機または無機の、導体、半導体または金属である、請求項 21 に記載の指示システム。

【請求項 23】

前記ナノ構造は前駆体、活性体、または透明な導体である被覆材料または安定化材料によって保護される、請求項 22 に記載の指示システム。

【請求項 24】

前記前駆体はハロゲン化合物である、請求項 23 に記載の指示システム。

【請求項 25】

前記破壊は分析方法により測定される、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 26】

前記分析方法は電気分析法である、請求項 25 に記載の指示システム。

【請求項 27】

前記電気分析法はエリブソメトリーである、請求項 26 に記載の指示システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、米国特許出願第 12 / 478 , 232 および当該出願で引用された米国仮特許出願の一部継続出願であり、これらの出願は全体として参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本出願は、2008年12月15日に出願された米国仮特許出願第 61 / 132 , 799 号 ; 2009年3月23日に出願された米国仮特許出願第 61 / 162 , 539 号 ; 2009年5月12日に出願された米国仮特許出願第 61 / 215 , 982 号 ; および 2009年9月11日に出願された米国仮特許出願第 61 / 276 , 349 号の優先権を主張する。

【0003】

本発明の技術分野

本発明はナノ構造の物理的破壊、化学的破壊、および生物学的破壊に基づくデバイスおよびこれに関連する方法に関する。本発明は、不安定な、反応性の高い、または破壊性のナノ構造を用いた有機、無機、有機金属および生体の化合物および作用因子への総曝露量

10

20

30

40

50

を分析方法を用いてモニタリングすることにも関する。

【背景技術】

【0004】

本発明の背景

米国特許出願第12/478,232号は、金属および微粒子(1~50ミクロン)の薄層(10~100nm)のエッチング(ナノ構造の破壊)に基づく特定の配合物およびデバイスを開示し、化学的および生物学的な作用因子の濃度をモニタリングおよび測定するためのいくつかの方法を含む。

【0005】

ナノ構造は原子または分子から顕微鏡サイズにわたって製造される物体である。量子ドットを除き、ナノ構造は少なくとも1つの次元が通常1~100ナノメートルであり、通常サイズ分布が狭い。軽金属化プラスチックフィルムは1つの次元がナノスケールである。すなわち、金属層の厚さのみが0.1~100nmである。ナノワイヤは1つの次元がナノスケールであり、ナノチューブは2つの次元がナノスケールである。すなわち、チューブの直径が0.1~100nmであるが、チューブの長さをはるかに大きくなりうる。最後に、球状ナノ粒子は3つの次元がナノスケールである。すなわち、粒子は各空間次元で0.1~100nmである。

【0006】

ナノスケールへと縮小された材料はマクロスケールで示す特性と比較して極めて異なる特性を示すことができ、独特の応用が可能となる。例えば、不透明物質が透明となったり(銅)、不活性材料が触媒特性を獲得したり(白金)、安定な材料が可燃性に变化したり(アルミニウム)、固体が室温で液体となったり(金)、絶縁体が導体となったりする(シリコン)。標準スケールでは化学的に不活性である金のような材料はナノスケールでは強力な化学触媒として機能しうる。ナノテクノロジーにおける興味の多くはある物質がナノスケールで示す特有の量子および界面現象から起こる。

【0007】

ナノ構造は電子を拘束して量子効果を引き起こすほど小さいため、珍しい視覚的特性を有することが多い。例えば、金のナノ粒子は溶液中で深紅~黒色を呈する。標準的なナノ(例えば10nm)から1ナノメートル以下へと段階的に移行する際に原子レベルでの特性の変化が他にもいくつか生じるであろうし、したがって多様な変化を起こしうる。

【0008】

ナノテクノロジーは多くの商業的な製品および方法で使用されている。ナノ材料は軽量のテニスラケット、野球バット、および自転車の製造に用いられる複合材料の強度を増すために用いられる。ナノ構造化触媒は、化学製造工程の高効率化、省エネルギー化、および廃棄物削減のために使用される。少数の医薬品はナノサイズ粒子を用いて改質されて、吸収を向上させたり、投与を容易としたりされてきた。光学技術者はナノコーティングを眼鏡に適用して、清浄を維持しやすくしたり、傷付きにくくしたりする。ナノ材料は織物上に被覆物として塗布され、衣類を耐汚染性としたり、手入れしやすくしたりする。ナノセラミックスは、その機械的および化学的特性を周囲組織の特性と適合するように調整することができるため、一部の歯科インプラントや骨腫瘍の除去後に骨の穴を埋めるために使用される。最近10年間に製造された多くの電子デバイスがナノ材料を用いている。ナノテクノロジーははるかに広範に使用されて、最速で最先端のコンピューティングチップ用の新たなトランジスタ構造およびインターコネクトを構築する。ナノ構造の特性評価は、電子顕微鏡、原子間力顕微鏡(AFM)、動的光散乱、X線光電子分光法、粉末X線回折、フーリエ変換IR、マトリックス支援レーザー脱離、飛行時間型質量分析法、およびUV可視分光法のような様々な異なる技術を用いて行われる。

【0009】

ナノ構造に基づく多数のデバイスおよび製品が報告されている。これらのデバイスおよび製品は安定なナノ構造に基づいている。

【0010】

ナノ構造はこれとは反対のミクロ構造と比べて本質的に安定ではない。

【0011】

ナノ構造の製造、ナノ構造特有の特性、およびナノ構造から製造される製品について多くの報告がある。例えば、A. Henglein, Chem. Rev., 89 (1989) 1861; M. B. Mohamed, C. Burda, and M. A. El-Sayed, Nanolett, 1 (2001) 589; J. H. Fendler, Chem. Mater., 8 (1996) 1616; C. R. Henry, Surf. Sci. Rep. 31, 231 (1998)。しかし、ナノ構造の破壊に基づくデバイスおよび方法についての報告はない。

【発明の概要】

【0012】

発明の概要

したがって、本発明の目的は、この現象を利用して多様なデバイス、製品および方法を創出することである。本発明の目的は、また、(1) ナノ構造のサイズの減少を含む破壊、(2) ナノ構造のより高い反応性、(3) ナノ構造のサイズ変化時の特性の急速な変化、(4) 不安定なナノ構造の使用などに基づくデバイス、製品、および方法を開発することでもある。

【0013】

したがって、本発明はナノ構造を含む指示システム、および、ナノ構造の破壊時のナノ構造の特性の変化を測定する手段に関する。指示システムにおいて、破壊は、融解、融合、溶解、膨潤、乾燥、エッチング、凝固、変換、変形、結晶化、欠陥形成、分解、反応、拡散、複合体または付加物形成、変形、相、反応性、状態、サイズ、形状、ドーピングの性質、磁性、多孔性、透過性低下、放射性崩壊(decay)、腐食、分解、崩壊、悪化、脱金属、合体、吸着、脱離、融解、結晶化、相転移、電子または核構造、磁性および光学特性のうち1以上に起因する。ナノ構造は通常、少なくとも1次元において約1,000 nm未満である。

【0014】

ナノ構造は、ナノアンテナ、ナノボール、ナノベルト、ナノバイポッド、ナノカプセル、ナノクラスター、ナノ結晶、分枝状ナノ結晶、ナノデンドリマー、ナノドット、ナノフィルム、ナノファイバー、ナノフレック/シート、ナノ流体、ナノレイヤー、ナノ粒子、ナノロッド、ナノスフェア、ナノスプリング、ナノテトラポッド、分枝状テトラポッド、ナノトリポッド、ナノチューブ、ナノワイヤ、プラズモン、量子ドット、および量子井戸からなる群から選択される1以上の構造からなる。ナノ構造は一般に、反応性または不安定な、有機材料、無機材料、有機金属材料、または生体材料であり、例えば、銅、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、金、銀、シリコンまたはこれらの合金のような金属から製造することもできる。

【0015】

本発明の指示システムはナノ構造の破壊に基づいており、このナノ構造は被分析物または活性体によって破壊される。被分析物は化学的因子または生物学的因子から選択される。一実施形態において、化学的因子は有毒または有害な化学物質である。他の実施形態において、生物学的因子はウイルスまたは細菌である。

【0016】

さらに他の実施形態において、被分析物はエネルギー、電磁放射線、圧力、または磁性である。

【0017】

本発明は、以下に詳述するように、ナノ構造の破壊中の特性の変化を測定する方法にも関する。

【0018】

他の実施形態はナノ構造指示デバイスの性能を変化させる方法に関し、該方法は指示システム中のナノ構造のサイズ分布を増大させることにより、指示デバイスの非線形性能を

10

20

30

40

50

線形性能へと変化させる工程を含む。

【0019】

本発明の一実施形態において、指示システムは、有機、無機、有機金属および生体の化合物および作用因子または被分析物への総曝露量を分析方法を用いてモニタリングするのに用いるために設計される。

【0020】

本発明の他の実施形態において、指示システムは時間、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、温度、マイクロ波、殺菌、化学物質、生物学的因子または化学的因子のモニタリングのために設計され、この際、殺菌は、蒸気、エチレンオキシド、プラズマ、ホルムアルデヒド、乾式加熱、過酸化水素または過酢酸を用いて行われる。

10

【0021】

さらに他の実施形態において、本発明の指示システムはキャパシタのような放射線量計である。

【0022】

本発明の指示システムにおいて、ナノ構造は電極、例えば有機または無機の、導体、半導体または金属の電極、でありうる。

【0023】

本発明の一部の形態において、ナノ構造は前駆体、活性体、または透明な導体である被覆材料または安定化材料によって保護される。好ましい前駆体はハロゲン化合物である。

【0024】

本発明の一形態において、ナノ構造の破壊は、例えば、エリブソメトリーのような電気分析法を含む分析方法により測定される。

20

【0025】

本発明の主目的は、ナノ構造の破壊に基づく、時間、温度、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、マイクロ波、殺菌（蒸気、エチレンオキシド、プラズマ、ホルムアルデヒド、乾式加熱、過酸化水素および過酢酸など）、化学物質、生物学的因子および化学的因子のような材料および過程をモニタリングするための指示デバイスのシステム；ならびにRFID（無線周波数識別装置）およびEAS（電子商品監視）のような電子デバイスならびに印刷電極など；を提供することである。

【0026】

本発明の一形態において、ナノ構造の破壊に基づく、時間、温度、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、マイクロ波、殺菌（蒸気、エチレンオキシド、プラズマ、ホルムアルデヒド、乾式加熱、過酸化水素および過酢酸など）、化学物質、生物学的因子および化学的因子のような様々な過程をモニタリングするための反応性/破壊性ナノセンサシステム；ならびに、RFID（無線周波数識別装置）およびEASのような電子デバイスならびに印刷電極など；が提供される。

30

【0027】

物理的入力、生物学的入力、または化学的入力を電気信号または光信号へと変換する破壊性ナノ構造から製造されるセンサおよび類似のデバイスも提供される。信号は測定し、コンピュータによってその後効率的に処理・分析することができるデジタル形式へと変換する。情報は人間、または、活動をモニタリングして行動方針を維持または変更する決定を行うインテリジェントデバイスによって用いられうる。

40

【0028】

また、ナノ構造の物理的特性または化学的特性の実質的に不可逆な変化を測定し、観察者または計器によって読み取ることのできる信号を与えるシステム/デバイスが提供される。

【0029】

被分析物に関連する本発明の形態において、被分析物または活性体に対して不安定でありかつ反応性を有するナノ構造が好ましい。

【0030】

50

特定のイオンおよび金属、例えば、破壊可能なナノ構造とともに給水中に存在する場合に重大な健康上の危険をもたらすような、鉛 (Pb)、水銀 (Hg)、ヒ素 (As)、クロム (Cr)、カドミウム (Cd)、バリウム (Ba)、銀 (Ag)、およびセレン (Se) のような有毒元素のイオンおよび金属、からなる被分析物のモニタリング方法もまた提供される。

【0031】

本発明の追加の目的は、破壊可能なナノ構造を有するセンサを用いて作用因子をモニタリングする方法を提供することである。本方法は、光学技術、分光法、およびエリプソメトリーのような非接触方法および非破壊的方法を含む。

【0032】

分析機器または分析手法を用いたナノ構造の破壊に起因する特性変化の測定のためのデバイスおよび方法もまた提供される。

【0033】

例えば、金属およびその合金、半金属、半導体、ならびに半導体材料および導体材料 (例えば導電性ポリマー) などのドーパされた有機材料および無機材料のエッチングまたは溶解による、ナノ構造および量子デバイス (例えば、ナノアンテナ、ナノワイヤ、ナノドット、量子ドットなど) の生成のための方法およびデバイスもまた提供される。

【0034】

破壊性ナノ構造、例えば、金属、合金のような導電性材料の極薄層もしくはナノサイズ粒子および/またはこれらの上部の酸化物層、を用いて、化学的因子および生物学的因子のような被分析物をモニタリングする方法が提供される。これらの方法は該組立品の電極または電気化学センサとしての使用をも含む。

【0035】

ナノ構造またはナノ構造を有する層または構成要素の破壊によって、発光素子、キャパシタ、電池、触媒、電気化学センサ、バイオセンサ、および構造材料などの材料のような多様なデバイスを製造する方法が提供される。

【0036】

ナノ構造の破壊に基づく指示デバイスの特性の非線形変化を特性の線形変化にする方法が提供される。

【0037】

ナノ構造の幅広い分布を用いることによって、ナノ構造の破壊に基づく指示デバイスの特性の線形変化を特性の線形変化にする方法が提供される。

【0038】

少なくとも1つの前駆体で被覆されたナノ構造が提供される。

【0039】

前駆体を用いてナノ構造を被覆する方法が提供される。

【0040】

視覚的方法および分析方法によって破壊性ナノ構造の変化をモニタリングする方法が提供される。

【0041】

5 nm未満の破壊性ナノ構造に基づく指示デバイスが提供される。

【0042】

作用因子または被分析物への曝露量に応じて劣化するナノ構造の積層体もまた提供される。

【0043】

本発明の反応性/破壊性ナノセンサは、放射線、電離放射線、X線、ガンマ線、電子、陽子、および中性子のモニタリング用の線量計でありうる。電離放射線のモニタリング用線量計は、電気抵抗、電気容量、光学特性および厚さの変化を、例えば、反応性/破壊性ナノセンサを含む、LED、キャパシタ、回折格子、ダイオード、および光電セルを用いてモニタリングする。

10

20

30

40

50

【0044】

反応性／破壊性ナノセンサを線量計として用いて電離放射線をモニタリングする方法もまた提供される。

【0045】

これに加えて、少なくとも1つのナノ構造を含むナノ構造の破壊性層であって、該ナノ構造の層が光学的に透明、半透明、半導電性および／または導電性である、破壊性層が提供される。

【0046】

電源に接続された指示体／電極／導体を含む、破壊性ナノ構造に対する活性体の影響を測定するための機械、器具、設備もまた提供される。

10

【0047】

電磁特性の変化を測定することによって、指示体／電極／導体を含む、破壊性ナノ構造に対する活性体の影響を測定する、機械、器具、設備が提供される。

【0048】

本発明の他の形態において、破壊可能な量子ドット(QD)を用いてサンプル中の複数の被分析物を同時にモニタリングするためのシステムが提供される。

【0049】

サンプル中の複数の被分析物を同時にモニタリングするための指示システムであって、第1の被分析物に反応する第1の不可逆反応性QD；第2の被分析物に反応する第2の反応性QD；などを含む、指示システムもまた提供される。QDの発光を消光するための、1以上の消光剤があってもよい。

20

【0050】

CdS、CdSe、CdTe、ZnS、ZnSe、ZnTe、PIn、PbSe、CdZnSeからなる群から選択される少なくとも1つの要素および破壊可能なナノ構造を含む量子ドットを含む破壊性ナノ構造を1以上有する指示システムもまた提供される。

【0051】

被分析物の影響を受けやすい材料からナノ構造を製造する方法および大型のナノ構造をエッチングすることによって破壊可能なナノ構造を製造する手法などの破壊方法もまた提供される。

【0052】

本発明のダイオードおよび電子デバイスは1以上の破壊可能な構成要素を有する無機半導体および有機半導体から製造される破壊可能なショットキーダイオードを含む器具を含む。かようなダイオードは、シリコン基板；該シリコン基板の一部上に位置する破壊可能な超薄金属膜であって、該超薄金属膜と該シリコン基板とが組み合わさってダイオードの電流-電圧特性を有するショットキー障壁を形成することにより破壊可能な該超薄金属膜上の表面吸着物／反応の検出が可能となり、この際、該表面吸着物が存在することによって該超薄金属膜を横断して該ショットキー障壁を乗り越えるのに十分なエネルギーを有する電子または正孔の生成に由来する測定可能な電流が生じる、超薄金属膜；該シリコン基板上に形成され内部に勾配が形成された酸化物層；および該破壊可能な超薄金属膜に電氣的に接続された金属化接点を含む少なくとも1つのゼロフォース(zero force)の電気接点であって、該金属化接点が該酸化物層上に蒸着された電気接点；から構成することができ、この際、該超薄金属は該金属化接点に接続される前に該酸化物中の勾配の上端上に蒸着された部分を含む。

30

40

【0053】

ナノメートル単位の厚さを有する2つの反応性金属層と、電磁放射線(例えばX線)や磁性のような被分析物にさらされた場合に活性体を生成する能力を有する誘電体層と、を有する破壊可能なキャパシタもまた提供される。

【0054】

さらに他の目的は、異なる領域で生成した熱を精密制御することができ、異なる量の熱を生成する別個の領域に任意の所望の形状を与えることのできるマイクロ波指示体用の部

50

分的に脱金属化された半導性金属サセプタを提供することである。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】図1はナノ構造のサイズに伴うナノ材料の一部の特性の変化を示す概略図である。

【図2】図2は、エッチング処理中の金属化（アルミニウム化）プラスチックフィルムまたはアルミニウム粒子の厚さに応じた透明性または電気抵抗などの特性の変化を示す概略図である。

【図3】図3はナノ構造の破壊に基づく特性（の消失または欠如）の変化を示す概略図である。

【図4】図4は、基板上的ナノフィルム（a）（例えば、金属化プラスチックフィルム）の選択的エッチングによる、ナノウォール（b）、ナノロッド（c）、ナノ薄膜（d）、ナノワイヤ/ファイバ（e）、および量子ドット/ナノドット（f）の製造を示す概略図である。

【図5】図5は、基板（3）上の、ナノワイヤ（1）および端子を有する2つの電極（2）から製造される線量計センサデバイスの概略図を示す。デバイスは前駆体の被覆層（図示せず）を有してもよい。

【図6】図6は、狭いサイズ分布（上部曲線）および広いランダム分布（下部直線）を有するナノ構造のサイズに伴う特性の変化を概略的に示す。

【図7】図7はカソード（1）および電気活性層（3）の間の電子の輸送/注入のための層（2）と、電気活性層およびアノード（5）の間の正孔輸送のための層（4）とを有する線量計センサの概略断面図を示す。

【図8】図8は異なる変換可能な半導体層、絶縁体/誘電体層、および導体から製造される線量計センサデバイスの異なる積層体の概略断面図を示す。

【図9】図9は脱活性化可能な磁気EASシステムの概略断面図を示す。

【図10】図10は脱活性化可能なパイロまたはピエゾ電気変換器の概略断面図を示す。導電層はインジウムスズ酸化物（ITO）でありうる。

【図11】図11はナノ回折格子をセンサとして有する器具のフローチャートを示す。格子センサは光学ファイバでありうる。

【図12】図12はX線のような被分析物の投与の前（a）、中程度の線量（b）、および高線量（b）の投与後の、変換可能な蛍光体層を有する線量計発光ダイオード（LED）を示す概略断面図である。

【図13】図13はX線などの被分析物への曝露前（a）および後（b）の、感受性光吸収層を有する線量計光電セルの概略断面図を示す。

【図14】図14は少なくとも1つの感受性要素を有する線量計/検出器ダイオードの概略図を示す。

【図15】図15は様々な種類の感受性ナノアンテナまたはセンサの一部の代表例を示す概略図である。

【図16】図16は様々な作用因子をモニタリングするための、様々な感受性材料から製造された、または、様々な前駆体で被覆された、線量計ナノアンテナ/センサを示す概略図である。

【図17】図17は様々な作用因子をモニタリングするための様々な前駆体で被覆された、感受性ナノアンテナ/センサを示す概略図である。

【図18】図18は直列接続された多数の破壊性ナノアンテナ/センサを示す概略図である。

【図19】図19は直列接続され、かつ、様々な作用因子をモニタリングするための様々な前駆体で被覆された、多数の破壊性ナノアンテナ/センサを示す概略図である。各アンテナ/センサは個別にアドレス可能とすることができる。

【図20】図20は被分析物への曝露に起因する導体または半導体のナノ層の抵抗のような、パラメータの変化を測定するための線量計デバイスを示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】図 2 1 は感受性ナノ薄電極の抵抗およびデバイスの電気容量などの 1 以上のパラメータの、X 線などの高エネルギー放射線への露出に起因する変化を測定するための放射線量計デバイス（キャパシタ）および器具を示す概略図である。一例を実施例 1 に記載する。

【図 2 2】図 2 2 は感受性ナノ薄電極と前駆体を含有する誘電体層との 2 つの交互積層体を有する放射線量計 / センサ（巻き込み型キャパシタ）を示す概略図である。

【図 2 3】図 2 3 は感受性ナノ薄電極と安定な誘電体層との 2 つの層間に前駆体を含有する誘電体層を有する放射線量計 / センサ（巻き込み型キャパシタ）を示す概略図である。

【図 2 4】図 2 4 は破壊可能ではない薄電極と安定な誘電体層との 2 つの層間に前駆体を含有する誘電体層を有する放射線量計 / センサ（巻き込み型キャパシタ）を示す概略図である。

【図 2 5】図 2 5 a は前駆体（ハロカーボン）の薄い被覆層を有し、その後に短波長 UV 光（青色光）に露出される感受性電極としての金属化 PET フィルムの抵抗の変化を測定するための実験装置を示す写真である。図 2 5 b は、図 2 5 a のデバイスを 2.5 時間 UV に露出させた後の写真を示す。電気抵抗は 0.56 キロオーム（図 2 5 a）から 21.6 メガオームへと変化した。

【発明を実施するための形態】

【0056】

定義

別途定義する場合を除き、本明細書で用いる技術的用語および科学的用語はすべて本発明が属する技術分野における通常の技術を有する人に一般に理解されるのと同じ意味を有する。本明細書で用いる専門用語は特定の実施形態のみを記述する目的ではなく、限定的であることを意図していない。

【0057】

ナノ構造：「ナノ構造」とは約 1,000 nm 未満、例えば、約 200 nm 未満、約 100 nm 未満、約 50 nm 未満、約 10 nm 未満、さらには、1 ナノメートル未満の寸法を有する少なくとも 1 つの領域または特性寸法（characteristic dimension）を有する構造である。通常、領域または特性寸法は構造の最も短い軸に沿ったものであろう。かかる構造の例としては、ナノアンテナ、ナノボール（例えば、フラレンまたはバッキーボール）、ナノベルト、ナノパイポッド、ナノカプセル、ナノクラスタ、ナノ結晶、分枝状結晶、ナノ dendリマー、ナノドット、ナノフィルム、ナノファイバー、ナノフレック / シート、ナノ流体、ナノレイヤー、ナノ粒子、ナノロッド、ナノスフェア、ナノスプリング、ナノテトラポッド、分枝状テトラポッド（例えば dendリマー）、ナノトリポッド、ナノチューブ、ナノワイヤ、量子ドット、量子井戸、および本明細書に記載した他のものなどが挙げられる。

【0058】

ナノ構造は材料特性が実質的に均質であってもよいし、あるいは、特定の実施形態において不均一（例えばヘテロ構造）であってもよい。ナノ構造は、例えば、実質的に結晶質、実質的に単結晶、多結晶、非晶質、またはこれらの組み合わせでありうる。ナノ構造の材料は有機、有機金属、生体、または無機（金属、半導体、または誘電体）の化学物質でありうる。ナノ構造は天然または人工的なバイオナノ構造でありうる。ナノ構造は官能性であっても非官能性であってもよい。これらは分散していても凝固していてもよい。ナノ構造は多孔性、中空、固体、単層または多層でありうる。本明細書において、特に指示体、活性体、前駆体、添加剤または被覆材料が液体または半固体である場合、ナノ構造はコロイド、ナノエマルジョン、マイクロエマルジョン、およびナノサイズ液晶を含む。

【0059】

作用因子および被分析物：作用因子または被分析物はナノ構造または活性体の前駆体と反応または相互作用する能力を有し、その特性を変化させるものである。作用因子または被分析物は、電磁放射線、圧力、磁性のような非材料 / エネルギー、ならびに、有機、無機、有機金属、および生体の化合物などの化学物質のような材料を含む。「被分析物」、

10

20

30

40

50

「生物学的被分析物」、または「化学的被分析物」との語は分析操作において測定される物質を意味する。ナノ構造およびナノ構造から製造されるデバイスの構成要素を貫通する実質的な能力を有する電離放射線、圧力、および磁性などのような非材料またはエネルギータイプの被分析物、および他のタイプの被分析物は、通常ナノ構造の表面と反応/相互作用する化学物質、生物学的因子を含む。時間も、例えば、時間、時間 - 温度、ならびに他のデバイスおよび方法の場合に、被分析物でありうる。

【0060】

本明細書で用いられる、指示体、線量計、活性体、前駆体、バインダー、金属の、透過性などの語は、米国特許出願第 1 2 / 4 7 8 , 2 3 2 号で定義されるかまたは説明されている。

10

【0061】

破壊可能性：破壊可能性、感受性（影響を受けやすい）等のナノ構造は、融解、融合、溶解、膨潤、乾燥、エッチング、凝固、変換、変形、結晶化、欠陥形成、分解、反応、拡散、複合体または付加物形成、変形、相、反応性、状態、サイズ、形状、ドーピングの性質（例えば「p」型および「n」型）、磁性、多孔性、または透過性などを含む、物理的、生物学的、または化学的特性における 1 以上の、十分に、通常不可逆的な、顕著な、または測定可能な変化を起こすナノ構造を意味する。

【0062】

実質的に不可逆的な劣化、放射性崩壊、消滅、腐食、腐敗、化膿、分解、破碎、崩壊、悪化、破壊、不安定化または脱金属化、物理的または化学的特性の一部変化を起こすナノ層もまた破壊性ナノ構造の定義に含まれる。

20

【0063】

ナノ構造の破壊は、指示体、活性体、添加剤、および前駆体を含む多くの工程および材料に起因しうる。破壊は多くの物理的、化学的、および生物学的工程および材料に起因しうる。エッチングのような化学反応はこれらのうちの一つに過ぎない。破壊はナノ構造の破壊を完了する必要はない。しかも物理的でありうる。合体、吸着、脱離、融解、結晶化、相転移、電子または核構造、磁性および光学特性などである。

【0064】

分析機器または分析方法：分析科学で通常使用される 1 以上の方法/手法であり、本明細書に記載されたものを含む。

30

【0065】

センサ/線量計/指示体/指示デバイス：センサは放射線、化学的刺激または生物学的刺激のような刺激に応答するナノ構造から製造されるデバイスを意味する。ナノ構造は破壊可能でありうる。センサ、デバイス、線量計、指示体、指示デバイス等の語は本明細書において互換的に用いられる。本発明の指示デバイスは、時間、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、温度、マイクロ波、殺菌（蒸気、エチレンオキシド、プラズマ、ホルムアルデヒド、乾式加熱、過酸化水素および過酢酸を用いた殺菌を含む）、化学物質、生物学的因子または化学的因子、マイクロ波を測定するためのデバイス、ならびに上記および本明細書中で定義されたものを含むその他の全てのデバイス（例えば印刷回路基板、RFID および EAS）を含む。指示デバイスまたは指示システムは、本明細書に開示される他の配合物、デバイス、および方法（工程）をも含む。我々は、積分器、積分デバイス、センサ、検出器およびモニター、ならびにモニタリングデバイスの語についても指示デバイスおよび指示システムと互換的に使用してきた。

40

【0066】

本発明を図面を参照して説明することができる。ナノ構造のサイズに伴うナノ材料の一部の特性の変化を示す概略図を図 1 に示す。ナノ構造のサイズが減少するにつれて、通常、融点、バンドギャップ、色、蛍光発光、透明性、および導電性などの多くの特性が急激かつ非線形に変化する。これらの特性の急激な変化は通常約 5 nm 未満で生じる。金、銅、および銀のような多くの金属はナノ粒子のサイズが減少するにつれて色および蛍光発光に急激な変化を起こす。

50

【 0 0 6 7 】

エッチング処理中の金属化（アルミニウム化）プラスチックフィルムまたはアルミニウム粒子の厚さに応じた透明性または電気抵抗などの特性の変化を示す概略図を図 2 に示す。金属層の破壊時に、形成される生成物は通常、図 2 5 a および図 2 5 b に示すように電気抵抗の数オーダー単位の変化を伴い、透明である。ナノ構造が破壊されると同時に、別のナノ構造（ナノ生成物）が形成されてもよいし、されなくてもよい。

【 0 0 6 8 】

ナノ構造の破壊に基づく特性（の消失または欠如）の変化を示す概略図を図 3 に示す。最小のナノ構造の破壊時に得られる生成物はナノ構造とは全く異なる一連の特性（図中、矢印およびクエスチョンマーク「？」により表示）を有しうる。粒子サイズの変化時に、ナノスケールのサイズの変化に伴って色および/または蛍光発光が変化することが多い。ナノ構造は任意の形状、例えば、チューブ、ファイバ、ロッド等、を有しうる。

10

【 0 0 6 9 】

逆過程では、小さなナノ粒子が融解、融合、または合体/凝固するときに、例えば色/蛍光発光などの特性の変化が生じるであろう。

【 0 0 7 0 】

基板上的のナノフィルム（a）の選択的エッチングによる、ナノウォール（b）、ナノロッド（c）、ナノ薄膜（d）、ナノワイヤ/ファイバ（e）、および量子ドット/ナノドット（f）の製造を示す概略図を図 4 に示す。これらのナノ構造を、保護/安定化材料（活性体、前駆体または透明導体を含む）で被覆するか、または、該保護/安定化材料中に埋め込むこともできる。活性体はこれらのナノ構造を破壊しうる。これらのナノ構造の一部は選択的エッチングによって製造されうる。金属が合金である場合、ある金属を選択的にエッチングし、他の金属のナノ構造を製造することができる。これらの構造は例えば最初にフォトレジストで表面を被覆し、該レジストをイメージングし、金属をエッチングすることによって製造することができる。多くの活性体またはその前駆体を用いてナノ構造を被覆したりまたは埋め込んだりすることができる。

20

【 0 0 7 1 】

最終のナノ構造は原子または分子でありうる。最も好ましくは、少数の原子または分枝であろう。ナノ構造が反応物質（例えばエッチャント）と反応すると、ナノ構造がナノドットまたは量子ドットの特性を失うであろう段階に到達するだろう。このような熱力学的に安定な最小のナノ（サブナノ）構造が消滅するとナノドットの特性は完全に消滅する。生成物が同時に別のナノ構造を形成する場合には、新規ナノの新たな特性が出現するであろう。したがって、ナノ構造の消滅は 1 以上の特性の極限の変化と関連するだろう。これは、ナノ構造のサイズの減少に伴ってナノ構造の特性に急速かつ劇的な変化が生じた後にその特性が突然消滅するという特異なケースであるだろう。

30

【 0 0 7 2 】

適切な前駆体を選択されれば、それは周囲条件からナノ構造を保護し、選択された被分析物にのみ反応するだろう。

【 0 0 7 3 】

所望の厚さの金属化プラスチックフィルムをエッチングマスクで被覆し、不要な部分をエッチングすることができる。基板は通常ポリマー/誘電体であり、金などのエッチングできない導電材料であってもよい。

40

【 0 0 7 4 】

多数のナノ構造は適切なパターンを有するエッチングマスクの被覆後にエッチングを行うことにより得ることができる。

【 0 0 7 5 】

前駆体の希釈溶液を用いてまたは前駆体の真空蒸着によってナノ構造を被覆し、ナノ構造のみを覆うことができる。ナノ構造はすべて、同一の前駆体の被覆層を有しうる。

【 0 0 7 6 】

ナノ構造は前駆体で完全に覆われてもよいし、ナノリソグラフィにより様々な前駆

50

体を用いて被覆されてもよい。ナノ構造は分離していてもよいし、結合していてもよい。ナノワイヤは前駆体で完全に覆われていてもよいし、ナノリソグラフィ法により様々な前駆体を用いて被覆されてもよい。

【0077】

基板53上の、ナノワイヤ51および端子54を有する2つの電極52から製造される線量計センサデバイス50の概略図を図5に示す。デバイスは前駆体の被覆層(図示せず)を有してもよい。ナノ構造はナノワイヤ以外のものであってもよい。

【0078】

端子を分析機器に接続することができる。なお、デバイスを非接触的な方法や機器を用いて読み取することもできる。

10

【0079】

狭いサイズ分布(上部曲線)および広いランダム分布(下部直線)を有するナノ構造のサイズに伴う特性の変化を図6に概略的に示す。ナノ粒子が適切な分布を有することにより、特性の線形的変化がそれとは反対の特性の急速な変化に置き換わる。ナノ構造の広い分布と狭い分布とを使用することもできる。基板上に広い分布または狭い分布のナノ構造を被覆することにより、多様なデバイスを製造することができる。必要ならバインダー、活性体、および前駆体を使用することができる。

【0080】

破壊性ナノ構造はランダム分布を有する場合エッチング/破壊時に特性の線形変化をもたらすことができる。特性の線形変化が望ましい。

20

【0081】

図7はカソード71および電気活性層73の間の電子の輸送/注入のための層72と、電気活性層およびアノード75の間の正孔輸送のための層74とを有する線量計センサ70の概略断面図を示す。

【0082】

デバイスは他の層、例えば前駆体を有してもよいし、または、電気活性層が前駆体を有してもよい。

【0083】

図8は異なる半導体特性を有する感受性半導体層81、82、および83と、絶縁体/誘電体層85と、導体84とから製造される線量計センサデバイスの異なる積層体の概略断面図を示す。

30

【0084】

図9は脱活性化可能な磁気EASシステム90の概略断面図を示す。デバイスは層状の感受性ナノ硬磁石92、支持体(base)93、感受性ナノ軟磁石94、および頂部保護層95を有する基板91から構成されうる。感受性ナノ磁石の特性はデバイスに応じて調整されうる。磁石は活性体または前駆体の被覆層(図示せず)を有しうる。

【0085】

図10は脱活性化可能なパイロまたはピエゾ電気変換器100の概略断面図を示す。デバイスは、感受性のパイロまたはピエゾ電気ナノ構造103が2つの導体に挟持されてなるものであってよく、該導体はガラスまたはプラスチック基板101上の導電性インジウムスズ酸化物(ITO)102でありうる。

40

【0086】

感受性ナノ回折格子をセンサとして有する器具のフローチャートを図11に示す。格子センサは感受性ナノ構造の被覆層を有する光学ファイバでありうる。光源、連結器、光検出システム、およびコンピュータ/モニターを出力システムとして用いて、格子の特性の何らかの変化をモニタリングすることができる。

【0087】

図12はX線のような被分析物の投与の前(a)、中程度の線量(b)、および高線量(b)の投与後の、感受性蛍光体層123を有する線量計発光ダイオード(LED)120を示す概略断面図である。蛍光体123は片面に誘電体層122および電極121を有

50

し、かつ、他の面に透明導体 1 2 4 および透明基板 1 2 5 を有する。LED は適切な電源に接続された場合に光 1 2 6 を放射するのである。蛍光体は X 線のような被分析物 / 放射線に対して感受性を有するため、放射線への曝露量に応じて、蛍光体は損傷し (1 2 3 1)、発光の効率が低下し、これにより光の放射量が減少 (1 2 6 1) するのである。線量が増加するにつれて、蛍光体の効率が低下し (1 2 3 2)、光の放射量が減少するのである。光の放射量は光検出器によって測定することができる。線量対光放射量について検量化すれば、線量を測定することができる。

【 0 0 8 8 】

X 線などの被分析物 / 放射線への曝露前 (a) および後 (b) の、感受性光吸収層を有する線量計光電セル 1 3 0 の概略断面図を図 1 3 に示す。線量計は光吸収層 1 3 3 中の感受性半導体 1 3 1 で構成することができ、該光吸収層 1 3 3 は片面に透明導体 1 3 4 および透明基板 1 3 5 を有し、かつ、他面に正孔用電極 1 3 2 を有しうる。検量された光源に曝露された場合に線量計光電セルは測定可能な電流 1 3 7 を生成するのである。被分析物 / 放射線への曝露量に応じて、半導体ナノ構造は損傷し (1 3 1 1)、これにより電流生成量が減少する (1 3 7 1)。線量対電流生成量について検量化すれば、線量を測定することができる。

10

【 0 0 8 9 】

図 1 4 は少なくとも 1 つの感受性要素を有する線量計 / 検出器ダイオード 1 4 0 の概略図を示す。ダイオードは絶縁体 1 4 1、ゲート 1 4 2、チャンネル 1 4 3、ソース 1 4 4、ドレイン 1 4 5、およびシリコンウエハ 1 4 6 で構成することができる。電子 1 4 7 の移動はソース 1 4 4 とドレイン 1 4 5 との間で生じるであろう。ダイオードの破壊性層が放射線または有毒な作用因子のような被分析物によって十分に損傷された場合にはダイオードとして機能しないであろう。

20

【 0 0 9 0 】

アンテナ、電極、またはセンサは要求に応じて様々な形状、サイズ、構造、配置、および厚さを有していてもよい。様々な種類の感受性ナノアンテナまたはセンサの一部の代表例を示す概略図を図 1 5 に示す。アンテナ、電極、またはセンサはデバイスおよび工程に応じて様々なナノ材料、例えば、金属、半金属、半導体、および非金属、から製造することができる。様々な作用因子をモニタリングするための様々な感受性材料から製造される線量計ナノアンテナ / センサの概略図を図 1 6 に示す。

30

【 0 0 9 1 】

多数のその他の形状も使用することができる。アンテナ、電極、およびセンサは、例えば薄くかつ平坦な正方形や三角形の形状であってよく、本明細書に記載されるものを含む。アンテナは被分析物によって破壊される材料から製造することができる。

【 0 0 9 2 】

様々な作用因子をモニタリングするための様々な前駆体 1 7 1 ~ 1 7 6 で被覆された感受性ナノアンテナ / センサの概略図を図 1 7 に示す。様々な前駆体を様々な被分析物のモニタリングに使用することができる。例えば、湿度のモニタリング用の、放射線および湿度に対して敏感な固体の活性体をモニタリングするために、ハロカーボンを使用することができる。

40

【 0 0 9 3 】

デバイスの感度を向上させる目的で、一以上のアンテナ / 電極を直列または並列で使用することができる。直列接続された多数の破壊性ナノアンテナ / センサの概略図を図 1 8 に示す。

【 0 0 9 4 】

直列接続され、かつ、様々な作用因子をモニタリングするための様々な前駆体 1 9 1 ~ 1 9 8 で被覆された、多数の多感覚的破壊性ナノアンテナ / センサの概略図を図 1 9 に示す。各アンテナ / センサは個別にアドレス可能とすることができる。アンテナは異なる形状を有しうる。アンテナ / 電極は必要に応じて電子チップおよび回路を備えることができる。例えば、RFID は電子チップおよびアンテナを備える。

50

【0095】

アンテナ / 電極の性質に応じて、本明細書に記載する接触法または非接触法によって変化をモニタリングすることができる。

【0096】

高エネルギー放射線、湿度、および化学的因子などの被分析物への曝露に起因する、基板 204 上の導体または半導体のナノ層 203 の抵抗のようなパラメータの変化を測定するための線量計デバイス 20 の概略図を図 20 に示す。デバイスは保護層または透過層 201 を備えてもよい。被分析物は前駆体層 202 と相互作用 / 反応し、活性体を生成するであろう。活性体は電極またはアンテナ 203 の測定可能な特性をエッチング / 破壊または減少させるであろう。電極の特性の変化の測定によって、被分析物への曝露量を測定することができる。

10

【0097】

図 21 は感受性ナノ薄電極 212 の抵抗 215 および電気容量 216 などの 1 以上のパラメータの、X 線のような高エネルギー放射線への曝露に起因する変化を測定するための放射線量計デバイス (キャパシタ) 21 および器具を示す概略図である。デバイスは保護層 211 および基板 214 を有してもよい。前駆体層は 2 つの電極の間に挟持されている。その構想の実例を実施例 1 に示す。被分析物との反応により前駆体は電極と反応することのできる活性体を生成するであろう。前駆体層がその誘電特性を変化させるにつれ、電気容量が変化するであろう。そして、電極がエッチングにより除去されるにつれ、その抵抗が変化するであろう。したがって、電気容量および抵抗を測定することにより、被分析物への曝露量をより正確に測定することができる。

20

【0098】

キャパシタタイプの線量計は多様な公知の構成を有しうる。これらの 1 つがロール型キャパシタである。表面積がより大きいため、ロール型キャパシタは被分析物に対するより低い濃度 / 曝露量のモニタリングに対して感度がより高いであろう。いくつかの構造を図 22 ~ 24 に示す。

【0099】

図 22 は感受性ナノ薄電極 221 と前駆体を含有する誘電体層 222 との 2 つの交互積層体を有するロール型キャパシタ形状の放射線量計 / センサ 22 を示す概略図である。

【0100】

図 23 は感受性ナノ薄電極 232 と安定な誘電体層 233 との 2 つの層間に前駆体を含有する誘電体層 231 を有するロール型キャパシタ形状の放射線量計 / センサ 23 を示す概略図である。

30

【0101】

図 24 は破壊可能ではない薄電極 242 と安定な誘電体層 243 との 2 つの層間に前駆体を含有する誘電体層 241 を有するロール型キャパシタ形状の放射線量計 / センサ 24 を示す概略図である。

【0102】

図 25 a は前駆体 (ハロゲン化合物) の薄い被覆層を有し、その後に短波長 UV 光に露出される、感受性 / 破壊可能電極としての金属化 PET (ポリエステル) フィルムの電気抵抗の変化を測定するための実験装置を示す写真である。図 25 b は図 25 a のデバイスを 2.5 時間 UV に曝露させた後の写真を示す。電気抵抗は 0.56 キロオーム (図 25 a) から 21.6 メガオームへと変化した。電極および適合する容器は、平面、正方形、折り畳み形、ジグザグ形、円柱状、らせん状等の任意の形状でありうる。前駆体 (例えばハロゲン化合物) は、液体、エマルジョン、粘性液体、ゲル、乾燥塗膜、ペースト等でありうる。通常、導体は金属化プラスチックフィルムでありうる。容器は不透明であることが好ましいが、UV 吸収剤を有すれば、すなわち、光に影響を受けないのであれば、透明とすることもできる。放射線に基づく抵抗の変化は直接接触法または非接触法によって測定することができる。好ましい破壊性金属はアルミニウム、亜鉛および銅である。酸化物質層が酸または塩基により破壊されれば水がアルミニウムなどの金属の一部を破壊することが

40

50

できる。

【0103】

上記図面では、特性の変化を、ロッド、ドット、球体、フィルムなどの特定のナノ構造を用いて説明しているが、ナノ構造は用途に適する他の適切な構造でありうる。

【0104】

分析方法：ナノ構造およびそれに由来するデバイスの特性の変化を測定する目的で、1以上の分析方法を用いることができる。下記の分析方法の1以上を、破壊性および非破壊性ナノ構造の変化の測定に用いることができる：サイクリック・ボルタンメトリー、電子常磁性共鳴（EPR）（電子スピン共鳴（ESR）ともいう）、エネルギー分散分光法、イオン選択電極（例えばpH測定）、屈折率、共鳴増強多光子イオン化、磁化率、原子蛍光分光法、減衰全反射、カソードルミネッセンス、誘電分光法、動的蒸気吸着、差分反射分光法、エレクトロルミネッセンス、電気泳動光散乱、電子核二重共鳴、電子常磁性共鳴分光法、蛍光相関分光法、蛍光相互相関分光法、グロー放電質量分析法、グロー放電分光法、イオン中和分光法、低エネルギーイオン散乱、核磁気共鳴分光法、光ビーム誘導電流、光検出磁気共鳴、発光分光法、光電流分光法、動電位電気化学インピーダンス分光法、ポロシメトリー、共鳴非弾性X線散乱、共鳴ラマン分光法、熱音響トモグラフィー、全反射蛍光顕微鏡、全反射蛍光X線分析、超音波減衰分光法、超音波検査、X線散漫散乱、X線光電子放出顕微鏡、X線光電子分光法、X線反射率、X線回折、X線ラマン散乱、蛍光X線分析、X線定在波、およびこれらの方法の混合方法または改良方法。使用方法は、ナノ構造、ナノ構造と作用因子との反応のような多くのパラメータによって決定される。

10

20

【0105】

上記方法の多くはいくつかの他の区分的な方法をも有する。例えば、電気分析法は、吸着溶出ボルタンメトリー、電流滴定、陽極溶出ボルタンメトリー、バルク電解、陰極溶出ボルタンメトリー、定電位電解法、クーロメトリー、サイクリック・ボルタンメトリー、微分パルスボルタンメトリー、電解重量法、線型掃引ボルタンメトリー、正規パルスボルタンメトリー、ポーラログラフィー、ポテンシオメトリー、回転電極ボルタンメトリー、およびステアケースボルタンメトリーを含む。

【0106】

同様に、上記方法および機器の多くは部品を有する。例えば、電気分析機器は、補助電極、水銀滴下電極、電解セル、ガルバニセル、つり下げ水銀滴電極、イオン選択電極、水銀クーロメーター、ポテンシオスタット、参照電極、回転ディスク電極、回転リングディスク電極、塩橋、飽和カロメル電極、塩化銀電極、標準水素電極、超微小電極、および作用電極を有しうる。

30

【0107】

同様に上記各方法について多くの理論がある。

【0108】

本明細書に開示される発明に使用することのできる分析機器、方法、それらの部品、および理論をすべて列挙することは本願の範囲を超える。

【0109】

破壊性的方法および直接接触法を用いることができるが、好ましい方法および機器はセンサを破壊することなく非接触で特性の変化を測定する方法である。

40

【0110】

本発明の目的は、破壊性および非破壊性のナノ構造を用いて作用因子をモニタリングするために、これらの方法およびこれを混合したものを使用もしくは修正し、またはこれを混合したものを生成することである。例えば、作用因子が導体または金属の薄層または活性体の前駆体と反応すると、これらの方法の1以上を用いてモニタリングすることのできる化合物を生成することができる。その上部の金属または酸化物は触媒として作用でき、これらの方法の1以上によってモニタリングすることのできる化学物質を生成する。これらの方法は多くの書籍および報告に詳細に記載されている。

【0111】

50

上記およびその他の分析手法および分析機器を本明細書に開示される用途 / 線量計に適したナノ構造の特性の変化をモニタリングするために使用することができる。

【0112】

電気分析法：被分析物を含有する電気化学セル中の電位（ボルト）および / または電流（アンペア）を測定する電気分析法を本発明に使用することができる。使用可能なこれらの方法はセルをどのような状態に制御するのか、および、どちらを測定するのかに応じて分類することができる。3つの主な分類は、ポテンシオメトリー（電極の電位差を測定する）、クーロメトリー（セル電流を経時的に測定する）、およびボルタンメトリー（セル電位を積極的に変化させている間のセル電流を測定する）である。本発明の目的は、ナノ構造、特に破壊可能なナノ構造、例えば、測定可能な特性の少なくとも1つの変化を起こす、反応性金属の薄層および該金属上の保護層または検出器 / 前駆体層、を用いるこれらの方法、その修正、変形、さらにはこれらを混合したものを使用することである。

10

【0113】

電極：導電性ナノ材料のナノ層を有する基板を本明細書に記載される1以上の電気分析法および非電気分析法用の電極または電気化学センサとして使用することができる。電極は実質的に破壊性でありうる。導電層は本明細書において金属、有機金属、および / または半導体の層ともいう。導電性ナノフィルムを選択的エッチングおよびその他の方法によって他のナノ構造へと変換することができる。電極用基板は不透明、半透明、または透明でありうる。電極、金属層、および基板は、任意の形状、例えば、極薄フィルム / 被覆層、ファイバ、ロッド、平面、パターン状、中空状、折り畳み形、らせん状、ジグザグ形、巻きつき形またはロール状、円柱状、任意の不規則形状、とすることができ、かつ、アドレス可能とすることができ。これらはゼロ次元（例えばナノドット）、1次元（例えば薄いファイバ）、2次元（例えば薄いフィルム）または3次元でありうる。基板は絶縁体、半導体、半金属、金属、またはこれらの合金でありうる。好ましい基板はプラスチックまたはガラスである。基板は多孔質でありうる。電極は単層、二層、または多層でありうる。金属または導電層の厚さは数オングストロームから1ミクロン、好ましくは10~1,000オングストロームでありうる。金属化プラスチックフィルムを電極として使用することができる。金属層は多孔質、連続的、または微粒子でありうる。電極をホログラムまたは格子の形状としてもよい。

20

【0114】

カーボン、活性炭、フィルム、ファイバ等を電極として使用することができる。インジウムスズ酸化物のような透明導体を電極として使用することもできる。電極は多孔質または微細構造でありうる。

30

【0115】

アルミニウム、銅、およびその合金を電極用の高抵抗の金属または合金上に被覆することができる。これによりナノ構造が破壊された場合であっても特性の測定が可能となる。被分析物の定量または検出の電気化学的方法は、デバイスの製造面および使いやすさの面の両方で簡単であるため、好ましい方法の1つである。電気化学センサはポテンシオメトリーデバイスまたはアンペロメトリーデバイスの形態であることが多かった。ポテンシオメトリーデバイスは原子の電荷およびそれらの位置の効果を測定する。例を挙げると、chemFET（化学的電界効果トランジスタ）およびイオン選択電極（pH電極など）がある。アンペロメトリーデバイスは電位を印加し、その結果流れる電流を測定するという原理に基づき動作し、その際、通常は発生する電流の大きさが被分析物の存在量に関係するが、その代わりに、経時的に通過した全電荷を用いてサンプル領域中の被分析物の量を表してもよい。電気化学的電流を発生することのできる化合物の範囲が電荷を有する化合物よりも小さいため、アンペロメトリーデバイスはしばしば優れた選択性を与えることができる。

40

【0116】

サンプル中の被分析物の存在は導電セルタイプの装置を用いた電気化学システムで評価される。電位または電流はセルの2つの電極間に、被分析物検出酸化還元系における被分

50

析物または媒介物質の酸化または還元を引き起こすのに十分な量発生し、これにより、2つの電極間に被分析物または媒介物質の化学ポテンシャルの勾配が形成されるであろう。勾配の形成後、印加電位または電流が中断され、化学ポテンシャル勾配の緩和に由来する被分析物に依存しない信号が得られる。被分析物に依存しない信号を用いて、電位または電流の印加時に得られた被分析物に依存する信号を補正することができる。当該補正は、別途の較正值を必要とせずに、被分析物および/または媒介物質の輸送（移動度）、有効電極面積、および電極間隔（その結果としてサンプル体積）のようなデバイスに特有の因子や検査法に特有の因子を補正するため、被分析物の濃度の測定を向上させることができる。

【0117】

セルまたは電気化学セルは参照電極を有してもよい。

【0118】

(1)天然または人工的に塗布された保護層、透過層、または吸収/吸着層；(2)活性体、その前駆体、触媒、または調節剤の層；の1以上を有するナノ構造、例えば金属、有機金属、または半導体のような導電性材料の薄層、を電極または電極アセンブリとして使用することもできる。保護層は天然に形成された、または、意図的に追加された、酸化物層または、リン酸塩、亜鉛酸塩、クロム酸塩等のようなその他の層でありうる。電気化学的電極/検出器は水疱、神経、血液、および窒息因子を検出するための移動性検出器に使用することができる。

【0119】

熱伝導度：特定の材料の電気伝導度は様々な化学物質の表面吸着を受けて強く変調される。加熱金属酸化物半導体および室温導電性ポリマーは商業利用されてきた前記材料の2つである。センサの導電性の変化は、特に、電極が破壊可能なナノ構造であるかまたは導電性の変化を生じる場合に、簡単な電子回路を用いて測定することができ、この抵抗の変化の定量がセンサ技術の基礎となる。

【0120】

電極の破壊：気体または液体状態の作用因子に曝露される時に、該作用因子は薄いナノ酸化物/保護層が存在する場合にはまずこれと反応した後で、金属または導電ナノ層と反応するであろう。したがって、この種の反応性電極は反応の進行とともに崩壊するであろう。これらの種の電極またはナノ層は、劣化、放射性崩壊、消滅、腐食、腐敗、化膿、分解、破碎、崩壊、悪化、破壊、不安定化または脱金属化、物理的または化学的特性の一部変化を起こし、本明細書において破壊可能な電極/センサ/ナノ構造と称される。

【0121】

酸化物層の破壊：金属が酸化物層であれば、酸化物層と選択的に反応する作用因子を添加することにより、これを除去、薄層化、変化、および作用因子に対して透過性を有するようになることができる。好ましい試薬はキレートである。酸化物層は不透明、透明、透過性、半透過性、選択的透過性、反応性または破壊可能でありうる。

【0122】

我々の米国特許出願第12/478,232号に開示される指示デバイスについては、金属が酸化されて酸化物層が該指示層上に蒸着されるような酸素の制御雰囲気下での金属の真空蒸着により酸化物層を得ることができる。

【0123】

適当な金属または合金を選択することにより、酸化物層または不透過性の酸化物層の形成を最小化または排除することができる。インジウムスズ酸化物およびアンチモンズズ酸化物の透明導電層のような特定の透明導電層については、導電層と酸化物層とが同一であるだろう。

【0124】

電極の金属ナノ層は酸化物層であってもよい。金属および酸化物層は基板の片面、両面またはすべての面上に存在しうる。金属層は1以上の追加の有機層、無機層、または有機金属層、例えば半透過性の、保護層または選択層、を有してもよい。追加の層は、吸収性

10

20

30

40

50

材料、吸着性材料、超吸収性材料、または超吸着性材料、特にポリマー材料でありうる。

【0125】

電極のナノ層は活性体、前駆体、触媒、促進剤、添加剤、抑制剤、反応剤、または共反応剤の層を有してもよい。活性体、前駆体、触媒、促進剤、反応剤、および共反応剤の一部は、我々の米国特許出願第12/478,232号に列挙され、定義され、または記載されており、本明細書に参照により引用される。水または他の溶媒/液体またはイオン性液体を媒体、触媒、促進剤、または調節剤として使用することができる。媒体は固体、液体、半固体、ゲル、エマルジョン、気体、またはプラズマでありうる。

【0126】

本明細書で用いる「導電セル」または「伝導性セル」との語は、媒体（例えば空気、気体、溶液、ゲル、固体）の伝導度を電極間に電流を流すことにより計算できるように媒体と接触した2つの電極を含むデバイスをいう。

10

【0127】

本明細書で用いる「有効電極面積」との語は、電解/活性体/前駆体がサンプルと接触している電極面積をいう。電極形状を変更することにより、または、電極をサンプルへ部分接触させることにより、有効電極面積を変化させてもよい。

【0128】

本明細書で用いる「電解接触」との語は、サンプルからの電気化学的情報を収集するように配置される少なくとも1つの電極で構成される電気化学システムを有することをいう。その例としては、以下に限定されないが、サンプルと物理的に接触する電極；膜、フィルム、または他の材料によってサンプルと隔離する電極；および水性媒体によってサンプルと隔離する電極が挙げられる。電気化学的情報の例としては、ファラデー電流、非ファラデー電流、および化学ポテンシャルが挙げられる。

20

【0129】

電極の表面処理および前処理：必要に応じて電極表面を前処理して、天然酸化物層または類似の保護層、その効果または現象を破壊することができる。例えば、酸化物層が前駆体によって破壊されるまで、初回線量の放射線に電極を露出する。電極を媒体、環境、または作用因子に浸漬または露出する際に容易に破壊される層を用いて電極の表面を保護することができる。これは、酸化物層を形成しないかまたは前駆体に透過性の極薄層、単層を形成するかのどちらかの金属または合金または水銀合金を選択することによっても可能である。システムの活性化時に破壊される、単層などの極めて脆弱な層によって表面を保護することができる。別の方法としては、保護酸化物層が容易に破壊され、および/または、透過性層に変換されるように、作用因子（例えば塩素または類似の作用因子）で表面を前処理することができる。

30

【0130】

電極を備えるデバイス：少なくとも1つの電極、特に高い電気伝導度および光学的透明性を必要とするデバイスとしては、以下に限定されないが、タッチスクリーン（例えば、アナログ式、抵抗型、4-ワイヤ抵抗型、5-ワイヤ抵抗型、表面型電気容量方式、投影型電気容量方式、マルチタッチ型など）、ディスプレイ（例えば、フレキシブル、リジッド、電気泳動、エレクトロルミネセンス、エレクトロクロミック、液晶（LCD）、プラズマ（PDP）、有機発光ダイオード（OLED）など）、太陽電池（例えば、シリコン（アモルファス、プロト結晶、ナノ結晶）、テルル化カドミウム（CdTe）、セレン化銅インジウムガリウム（CIGS）、セレン化銅インジウム（CIS）、ガリウムヒ素（GaAs）、光吸収色素、量子ドット、有機半導体（例えば、ポリマー、低分子化合物）、固体照明、光ファイバ通信（例えば、電気光学変調器および光電気変調器）、ならびにマイクロフルイディクス（例えば、誘電体上でのエレクトロウエッチング（EWD））が挙げられる。これらのデバイスは、電極が化学物質や放射線などの作用因子によって破壊可能であるか、または、破壊されるかの場合には機能しないであろう。そのため、これらのデバイスの非機能化、機能制限、または機能異常を判定することにより、作用因子をモニタリングすることができる。本明細書に記載したものを含む他の多くの分析手法お

40

50

よび分析設備を使用することができる。

【0131】

イオン移動度分光法 (IMS) : IMS はサンプルの構成要素がイオン化される反応領域に大気圧で空気を引き込むことにより動作する。イオン化は一般に衝突的電荷交換またはイオン・分子反応であり、低エネルギーで安定な荷電分子 (イオン) の形成をもたらす。作用物質イオンは検出器プレートと衝突して電荷 (電流) が検知される荷電チューブを通過する。経時的発生する電流のプロットは一連のピークを有する特徴的なイオン移動度スペクトルを与える。スペクトルのピーク強度 (高さ) は電荷量に関係しており、存在する作用物質の相対濃度の指標を与える。この技術は主として、神経、水疱、および血液の作用物質を検出するための移動性検出器において使用される。荷電チューブおよび検出器プレートが薄くて導電性を有し、かつ、反応性 / 破壊可能性ナノ層であるか、該ナノ層を有する場合に、これらは作用物質と反応し、反応の進行とともに破壊され、スペクトルおよび他の多くの特性が不可逆的に変化するであろう。本発明の目的は、荷電チューブおよび検出器プレートを薄くて導電性を有する反応性 / 破壊可能性ナノ層で置き換えることにより、IMS 技術を修正することである。

10

【0132】

光イオン化検出器 (PID) : PID は、紫外線が照射された真空中の2つの荷電金属電極間に大気サンプルを通過させ、これによりイオンおよび電子が発生することによって動作する。負に帯電した電極は正イオンを収集し、これにより、電位計タイプの電子回路を用いて測定される電流が発生する。この際、測定された電流は存在する分子種の濃度と関係しうる。荷電電極は薄くて導電性を有する反応性 / 破壊可能性ナノ層である場合、作用因子と反応し、反応の進行とともに破壊されるであろう。

20

【0133】

色変化指示体 : この技術は作用因子が (溶液中に存在する、または、基板上に被覆される) 様々な化学物質と相互作用する際に生じる化学反応に基づく。最も一般的な指示体 (肯定応答に対するもの) は色変化である。検出チューブ、ペーパー、またはチケットは試薬溶液が塗布される表面または基板の一部の形態を利用する。

【0134】

ナノレベルではこれらの指示用材料ははるかに感度が高くなり、UV から IR にかけて色変化を生じうる。これらの指示体の多くは色変化とともに蛍光発光の変化も引き起こすであろう。色変化は視覚および分光光度計によってモニタリングすることができる。

30

【0135】

本発明の目的は、化学的因子および生物学的因子と反応する化学物質のナノ層を作製し、色または蛍光発光において、または、本明細書に記載される他の方法によって、不可逆変化を引き起こすことである。

【0136】

エリプソメトリー : 「エリプソメトリー」との名称は、分極の最も一般的な状態が楕円 (エリプス) 形であるという事実に由来する。エリプソメトリーは、サンプルから反射される偏光の変化の分析に基づき、プローブ光自体の波長よりも薄く、単原子層にさえも至るほどの薄層に関する情報を得ることができる。エリプソメトリーは複素屈折率または誘電関数テンソルを調べることができ、この複素屈折率または誘電関数テンソルは基礎的な物理パラメータを利用可能とし、モルフォロジー、結晶品質、化学組成、または電気抵抗などの多様なサンプル特性に関係する。これは、数オングストロームまたは1ナノメートルの10分の1から数マイクロメートルの範囲の単層または複雑な多層積層体のフィルムの厚さを極めて優れた精度で特性化するためによく使用される。

40

【0137】

作用因子がナノ構造と反応する際に、その構造、厚さ、抵抗等が変化するであろう。これらの変化はエリプソメトリー測定によって検出することができ、この際、偏光解析パラメータが測定される。本発明の目的は、エリプソメトリーの技術および設備を用いて、ナノ構造 (特にナノフィルム) が被分析物 / 作用因子と反応する際の構造、厚さ、抵抗の変

50

化を測定することである。

【0138】

電子鼻および電子舌：金属酸化物センサの市場で利用可能な気体センサがいくつかあり、タグチセンサと呼ばれることが多い。これらは、多孔質形態を有し、一般に金属がドーブされた金属酸化物で構成される。これらは、金属酸化物表面での被分析物の燃焼が生じ、酸素濃度の変化およびこれによる伝導度の変化を誘導できるように、100～600の高温で動作する。金属酸化物センサは一般に有毒ガスまたは可燃性気体の検出のための単一デバイスとして使用される。

【0139】

酸化物またはその他のナノ層は、被分析物との反応時に抵抗およびその他の特性に不可逆変化を生じる場合、被分析物への総曝露量のモニタリングに使用することができる。破壊可能なナノ構造は電子鼻および電子舌として使用される場合に食物の劣化/損傷のモニタリングに用いることができ、この際、ナノ層は食物（食物の上部を含み、包装内部を除く）と直接接触している。色または透明性の変化がある場合には視覚により、または、非接触もしくは接触分析機器を用いて、変化をモニタリングすることができる。

10

【0140】

基本的機器：本明細書で提案される検出/モニタリングシステムを基本的な以下のサブシステムで構成することもできる。（1）供給源/供給ユニット：ソースは電流、電磁電離放射線または電磁非電離放射線（マイクロ波/ラジオ波、赤外線、電子線、ガンマ線、中性子）、および気体などでありうる。電源はデバイスに応じてACまたはDCでありうる。（2）セル：これはナノ構造を支持するための多くの構成要素を含有しうる。（3）検出器/センサ：セル/ナノ構造で生じた変化をモニタリングする。（4）分析器：分光光度計（X線、可視光、IR、マイクロ波、FTIR、ラマン分光法）などの分析法または分析機器、電位計など。（5）プロセッサ：データ処理のための適当なソフトウェアを有するコンピュータ。（6）ディスプレイ：変化を表示するためのモニターまたはプリンタ。

20

【0141】

キャパシタ：キャパシタ、すなわち、誘電体によって離隔された2つの並列導体は誘電体として機能するプラスチックフィルムと電極として機能する2つの金属層とを含む金属化プラスチックフィルムを巻くことにより形成されうる。キャパシタの長寿命化のために、誘電体として機能するプラスチックフィルムは、ポリエチレンテレフタレート樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリエチレンナフタレート樹脂、ポリカーボネート樹脂などからなる群から選択される。電極として機能する金属は亜鉛（Zn）、アルミニウム（Al）、アルミニウム合金などからなる群から選択される。

30

【0142】

本発明のキャパシタは、ナノメートル単位の厚さを有する2つの極めて薄い反応性金属層と電磁放射線および磁性などの被分析物にさらされた時に活性体を生成する能力を有する誘電体層とから構成されうる。電離放射線のモニタリング用の破壊可能なキャパシタは、ナノ薄導電層上またはナノ薄金属化薄プラスチックフィルムの間の、ポリ塩化ビニリデン（PVDC）などの放射線に反応する材料の極薄層で構成されうる。キャパシタについて多くの変更がある。例えば、PVDC薄膜の両面を金属化することができる。破壊可能なキャパシタを他のキャパシタと同様にロール状とすることができる。この場合、前駆体フィルム、例えばPVDCの前駆体フィルム、は放射線に基づきHClのような酸を生成するであろう。HClはPVDCの誘電特性を変化させ、かつ/または、薄い金属層と反応すると同時に電極の抵抗を変化させることができる。放射線に基づき誘電特性を変化させる材料を誘電体層の材料として用いることができ、これには、劣化、架橋、重合およびラジカル形成を生じる材料が含まれる。

40

【0143】

なお、キャパシタはナノキャパシタでもありうる。キャパシタの構成要素のサイズは形状がナノサイズから所望の任意の大きさでありうる。破壊性キャパシタを直列もしくは並

50

列または必要に応じてこれらの組み合わせで接続することができる。

【0144】

伝導度 / 抵抗、電圧、電流、電気容量、電荷保持能力、および / またはこれらの組み合わせにおける変化などの特性変化を放射線などの作用因子の作用をモニタリングするために使用することができる。放射線線量計キャパシタは電気 / 電解二重層またはイオンタイプでありうる。

【0145】

破壊可能なキャパシタは、キャパシタ中を拡散または通過できる任意のもの、特にレーザー / ラジオ (10^3 メートル ~ 10^{-12} メートル) 波からメガおよびギガボルトエネルギーの宇宙波に至る電磁電離放射線または電磁非電離放射線、をモニタリングするのに用いることができる。ラジオ波 (10^3 メートル)、マイクロ波、IR、可視光線、UV、X線、ガンマ線 (0.1オングストローム) である。放射線のモニタリングは使用前駆体または活性体に依存するであろう。

10

【0146】

piezo電気：被分析物に対して感応的であり、piezo電気特性を変化させるpiezo電気ナノ材料を選択することにより、線量計を製造することもできる。本発明によると、製造工程は少なくとも1つの破壊可能なpiezo電気要素と少なくとも2つの金属電極とを積層させる工程を含む。

【0147】

放射線線量計用のフィルター：線量計デバイスは1以上の線量計システム、すなわち、フィルターを有しないもの1つと、特定のエネルギーの一部放射を選択的に濾過するための、異なる厚さを有する、鉛、カドミウム、銅、ホウ素等のフィルターを有するその他のものと、から構成されうる。

20

【0148】

中性子：中性子のモニタリングのために、誘電体層は、中性子との相互作用時にアルファ粒子を生成するホウ素およびリチウム化合物のような中性子断面積の高い化合物を含有することができる。

【0149】

血液RAD / TTI：新鮮な血液および一部の食物のような特定の腐敗しやすいものに放射線を照射する。放射線を受けるとこれらは保存可能期間を有するようになる。この種の腐敗しやすいものは2つの指示体を必要とする。一方は放射線曝露量を指示するものであり、他方は保存可能寿命を指示するものである。この種の腐敗しやすいものに対する異なる感度を有する2つの放射線線量計を使用する可能性もある。より高い感度は放射線に基づく変化を示すであろうし、他方は放射線および保存可能寿命を示すであろう。ハロゲン化合物を前駆体として有するデバイスを放射線および / または時間 - 温度のモニタリングに使用することができる。放射線は酸を生成し、これがその後に金属をエッチングするであろう。遅延が生じるため、このことは放射線を受けた血液および他の食物 / 腐敗しやすいものにとって効果的であり、放射後にこれらは保存可能期間を有する。時間 - 温度指示体によって追跡されるこのような放射の結果を図25(a)および図25(b)に示す。両方とも可視的であり、金属のナノ厚層の抵抗を測定する。

30

40

【0150】

高感度線量計：キャパシタを放射前に荷電させることができる。放射時に荷電電極は破壊可能な誘電体層を劣化させるであろう荷電種を生成するであろう。ナノ誘電体層およびナノ金属層の電荷・抵抗、または、キャパシタの電気容量を測定することにより線量を測定することができる。

【0151】

誘電体層：キャパシタの誘電体層はクロロホルムまたはトリクロロエタンなどのハロゲン化合物を含有するPVCなどの破壊可能なポリマーでありうる。

【0152】

自己触媒：活性体の生成は、自己触媒連鎖反応、例えば、ポリ塩化ビニルおよびポリ塩

50

化ビニリデンなどのポリマーならびに 1, 2, 3, 4, 5, 6 - ヘキサクロロシクロヘキサンおよび過塩素化炭化水素などのその他のハロゲン化合物の脱ハロゲン化水素化、によって加速させることができる。

【0153】

構造：線量計は多様な方法で製造することができ、多くの構造を有しうる。センサは使い捨てかつ電子的なものでありうる。それはバッジまたはテーブルトップユニットの形状でありうる。保持材は先行文献および米国特許出願第 12 / 478, 232 号に記載される市販品と同様でありうる。保持材は要素 / センサを入れる領域で構成されうる。線量計は、伝導度、電気容量、電荷等の特性を読み取り、かつ、検量から線量を読み取ることのできるユニット中に挿入されうる。適切なソフトウェアおよび検量を開発し、線量の計算に使用することができる。

10

【0154】

疑似信号：線量計は疑陽性、疑陰性、周囲条件および不正変更のその他の望ましくない効果をモニタリングするために設計されうる。システムは、時間、温度、時間 - 温度、保存可能期間、湿度、UV / 太陽光、大気汚染物質およびその他の望まない周囲条件などの周囲条件の望まない効果を補正するためのデバイスおよび方法をも含むことができる。

【0155】

2つのセンサ：2つのセンサを利用者に提供することができる。一方はユーザーの供給源から貯蔵されるもの、他方はバックグラウンド線量をモニタリングするものである。

【0156】

測定方法および基準：特性変化の測定に ASTM 方法を使用することができる。例えば、体積または表面抵抗率の変化はそれぞれ ASTM D 991 および ASTM D 257 によって測定することができる。

20

【0157】

導電性ポリマーの使用：ポリフェニレンビニレン、ポリアセチレン、ポリチオフェン、ポリピロール、ポリアニリンおよびポリフェニレンスルフィドなどの導電性ポリマー / ドープポリマーを電極の製造に使用することができる。ハロゲン化合物を含有する非ドープ導電性ポリマーは誘電体層として使用しうる。放射により、HCl、HF、ヨウ素などの酸が層の伝導度を増大させるであろう。

【0158】

容器 / 保持材：線量計またはセンサの容器は好ましくは不透明かつ不透過性とし、UV 光およびその他の周囲条件から保護する（例えば酸素および水 / 湿度に不透過とする）べきである。

30

【0159】

媒体：誘電体層 / 媒体は固体である必要はない。媒体は液体、ゲル、半固体、気体、蒸気、さらにはプラズマ状態、またはこれらの混合でありうる。媒体はハロゲン化合物のエマルジョンまたはこれと水との混合物（好ましくは非イオン性界面活性剤を用いる）でありうる。媒体は反応を加速または妨害するように制御するための 1 以上の添加物を有しうる。水は好ましい添加物であり、溶液またはエマルジョンの形態が好ましい。誘電体層はマイクロエマルジョンおよびナノエマルジョンで構成することができる。

40

【0160】

厚さ：導電層は金属、合金、導電性ポリマー、または導電性ポリマーの混合物でありうる。導電層および誘電体層の厚さは 1 ナノメートルからミクロン単位以上でありうる。ただし、これらの一つは薄く、好ましくはナノメートル単位の範囲とするべきである。

【0161】

ハロゲン化合物：ハロゲン化有機化合物の例としては、ハロゲン化炭化水素、ハロゲン化アルコール、ハロゲン化ケトン、ハロゲン化エーテル、ハロゲン化エステル、ハロゲン化アミド、ハロゲン化スルホン、ハロゲン化ホスフェート、およびハロゲン化複素環化合物が挙げられる。ハロゲン化合物において、2 以上のハロゲン原子が 1 つの炭素原子と結合することが好ましい。より好ましくは 3 以上のハロゲン原子が 1 つの炭素原子と結合す

50

る。

【0162】

ハロゲン化炭化水素の例としては、四臭化炭素、ヨードホルム、臭化エチレン、臭化メチレン、臭化アミル、臭化イソアミル、ヨウ化アミル、臭化イソブチレン、ヨウ化ブチル、臭化ジフェニルメチル、ヘキサクロロエタン、1, 2 - ジブロモエタン、1, 1, 2, 2 - テトラブロモエタン、1, 2 - ジブロモ - 1, 1, 2 - トリクロロエタン、1, 2, 3 - トリブロモプロパン、1 - ブロモ - 4 - クロロブタン、1, 2, 3, 4 - テトラブロモブタン、テトラクロロシクロプロパン、ヘキサクロロ - シクロペンタン、ジブロモシクロヘキサン、および1, 1, 1 - トリクロロ - 2, 2 - ビス(4 - クロロフェニル)エタンが挙げられる。

10

【0163】

ハロゲン化アルコールの例としては、2, 2, 2 - トリクロロエタノール、トリブロモエタノール、1, 3 - ジクロロ - 2 - プロパノール、1, 1, 1 - トリクロロ - 2 - プロパノール、ジ(ヨードヘキサメチレン)アミノイソプロパノール、トリブロモ - t - ブチルアルコール、および2, 2, 3 - トリクロロブタン - 1, 4 - ジオールが挙げられる。

【0164】

ハロゲン化ケトンの例としては、1, 1 - ジクロロアセトン、1, 3 - ジクロロアセトン、ヘキサクロロアセトン、ヘキサプロモアセトン、1, 1, 3, 3 - テトラクロロアセトン、1, 1, 1 - トリクロロアセトン、3, 4 - ジブロモ - 2 - ブタノン、1, 4 - ジクロロ - 2 - ブタノン、およびジブロモシクロヘキサノンが挙げられる。

20

【0165】

ハロゲン化エーテルの例としては、2 - ブロモエチルメチルエーテル、2 - ブロモエチルエチルエーテル、ジ(2 - ブロモエチル)エーテル、および1, 2 - ジクロロエチルエーテルが挙げられる。

【0166】

ハロゲン化エステルの例としては、酢酸プロモエチル、トリクロロ酢酸エチル、トリクロロ酢酸トリクロロエチル、アクリル酸 - 2, 3 - ジブロモプロピルのホモポリマーまたはコポリマー、ジブロモプロピオン酸トリクロロエチル、および , - ジクロロアクリル酸エチルが挙げられる。

【0167】

ハロゲン化アミドの例としては、クロロアセトアミド、プロモアセトアミド、ジクロロアセトアミド、トリクロロアセトアミド、トリブロモアセトアミド、トリクロロエチルトリクロロアセトアミド、2 - ブロモイソプロピオンアミド、2, 2, 2 - トリクロロ - プロピオンアミド、N - クロロスクシンイミド、およびN - プロモスクシンイミドが挙げられる。

30

【0168】

ハロゲン化スルホンの例としては、トリブロモメチルフェニルスルホン、4 - ニトロフェニルトリブロモメチルスルホン、および4 - クロロフェニルトリブロモメチルスルホンが挙げられる。

【0169】

ハロゲン化ホスフェートの例としては、トリス(2, 3 - ジブロモプロピル)ホスフェートが挙げられる。

40

【0170】

ハロゲン化複素環化合物の例としては、2, 4 - ビス(トリクロロメチル) - 6 - フェニルトリアゾールが挙げられる。

【0171】

特に好ましいハロゲン化合物は、トリブロモメチルフェニルスルホンおよび2, 4 - ビス(トリクロロメチル) - 6 - フェニルトリアゾールである。

【0172】

農薬には、例えば、エチル - 4 - [4 - (4 - トリフルオロメチルフェノキシ)フェノ

50

キシ] - 2 - ペンテノエート、ブチル - 2 - [4 - (5 - トリフルオロメチル - 2 - ピリジルオキシ)フェノキシ]プロピオネート、N - ベンジル - 2 - イソプロピルピバルアミド、N, N - ジアルキル - 2 - クロロアセトアミド、S - エチル - N, N - ジエチルカルバメート、4 - オクタノイルオキシ - 3, 5 - ジブromoベンゾニトリル、2 - クロロ - 2', 6' - ジエチル - N - (N - プロボキシエチル) - アセトアニリド、2 - (2 - クロロベンジルチオ) - 5 - プロピル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール、2 - (1, 2 - ジメチルプロピルアミノ) - 4 - エチルアミノ - 6 - メチルチオ - 1, 3, 5 - トリアジン、ヘキサクロロアセトン、トリス - [2 - (2, 4 - ジクロロフェノキシ)エチル]ホスファイト、および 2 - (2 - クロロフェニル)メチル - 4, 4 - ジメチル - 3 - イソオキサゾリジノンが含まれ、これらもまた使用することができる。

10

【0173】

好ましくは、すべてのハロゲン原子が同一であるトリハロアセテートであり、特にトリクロロアセテートである。本発明を実施する際に使用できる化合物の具体例は、トリクロロ酢酸メチル、トリブromo酢酸エチル、トリフルオロ酢酸イソプロピル、トリヨード酢酸tert - ブチル、ジブromoクロロ酢酸n - オクチル、ジクロロフルオロ酢酸n - デシル、クロロジヨード酢酸1 - エチル - 1 - n - プロピルヘブチル、トリクロロ酢酸n - ペンタデシル、トリクロロ酢酸n - エイコシル、トリクロロ酢酸シクロペンチル、トリクロロ酢酸シクロヘキシル、トリクロロ酢酸フェニル、トリクロロ酢酸1 - ナフチル、トリクロロ酢酸2 - ナフチル、トリクロロ酢酸シクロペンチルメチル、トリクロロ酢酸7 - シクロヘキシルヘブチル、トリクロロ酢酸ベンジル、トリクロロ酢酸3, 4 - ジフェニルブチル、トリクロロ酢酸2 - メチルシクロペンチル、トリクロロ酢酸3, 4 - ジ - n - ブチルシクロペンチル、トリクロロ酢酸2, 3, 4 - トリ - n - ペンチルシクロペンチル、トリクロロ酢酸4 - メチルシクロヘキシル、トリクロロ酢酸2, 4, 6 - トリイソプロピルシクロヘキシル、トリクロロ酢酸4 - n - ドデシルシクロヘキシル、トリクロロ酢酸4 - フェニルシクロヘキシル、トリクロロ酢酸4 - テトラデシルフェニル、トリクロロ酢酸4 - メチルフェニル、トリクロロ酢酸2, 4, 6 - トリエチルフェニル、トリクロロ酢酸3, 5 - ジ - n - ブチルフェニル、およびトリクロロ酢酸4 - シクロヘキシルフェニルなどである。

20

【0174】

前処理：デバイスは予め放射線照射されて、溶解したりまたは酸化物層を薄層化することができる。あるいは、HClまたは他のエッチャントなどの活性体/添加物を規制量だけ添加することにより容易に所望の層へと破壊されまたは薄層化できる。この場合、酸化物層が破壊された時点で水が反応して金属層を溶解することができる。好ましい活性体/添加物は(存在する場合には)酸化物層上に吸着するものである。

30

【0175】

保護層：必要に応じて酸化物層の形成から金属層を保護する目的で、酸素および水分に不透過な層または容易に破壊することのできる銅などの金属の追加の極薄層で金属層を被覆することができる。

【0176】

導電性ポリマー：導電層は金属または導電性ポリマーなどの導電性材料の微粒子を含有する導電性インクまたは塗料から製造することもできる。導電性インクに使用される材料としては、炭素、銅、銀、アルミニウム、銀 - アルミニウム、インジウムスズ酸化物、フッ素ドーブスズ酸化物、および、一部のPV(太陽光発電)における活性層のためのジセレン化銅インジウムガリウム(CIGS)のような特殊材料が挙げられる。

40

【0177】

導電性は、置換または非置換のポリアニリン、ポリパラフェニレンビニル、置換または非置換のポリチオフエン、置換または非置換のポリ - p - フェニレンスルフィド、置換のポリフラン、置換ポリピロール、置換のポリセレノフェン、可溶性前駆体から形成されたポリアセチレン、これらの組み合わせ、およびこれらと他のポリマーとのブレンドからなる群から選択されるポリマーにおいて誘導されうる。

50

【 0 1 7 8 】

ポリマーは、オニウム塩、ヨードニウム塩、トリフル酸塩、ホウ酸塩、トシレート塩、およびスルホニルオキシイミド (s u l f o n o x y l i m i d e) からなる群から選択されるドーピング前駆体を含んでもよい。電磁放射線 (例えば、電子ビームまたは X 線) などのエネルギー源に選択的に露出されることによる選択的ドーピングにより、導電性がポリマーに選択的に誘導されうる。

【 0 1 7 9 】

ドーパント：ポリマーを導電性とするためのドーパントは、ヨウ素、臭素、五フッ化アンチモン、五塩化リン、酸化三塩化バナジウム、フッ化銀 (I I)、2, 1, 3 - ベンズオキサジアゾール - 5 - カルボン酸、2 - (4 - ビフェニル) - 5 - フェニル 1, 3, 4 - オキサジアゾール、2, 5 - ビス - (4 - アミノフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール、2 - (4 - プロモフェニル) - 5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール、4 - クロロ - 7 - クロロスルホニル - 2, 1, 3 - ベンゾオキサジアゾール、2, 5 - ジフェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール、5 - (4 - メトキシフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - チオール、5 - (4 - メチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - チオール、5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - チオール、5 - (4 - ピリジル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - チオール、メチルピオロゲンジクロリド水和物、フラレン C 6 0、N - メチルフラロピロリジン、N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニルベンジジン、トリエチルアミン、トリエタノールアミン、トリオクチルアミン、トリフェニルホスフィン、トリエチルホスフィン、トリナフチルホスフィン、テトラジメチルアミノエテン、トリス (ジエチルアミノ) ホスフィン、ペンタセン、テトラセン、N, N' - ジ - [(1 - ナフチル) - N, N' - ジフェニル] - 1, 1' - ビフェニル) - 4, 4' - ジアミン、4 - (ジフェニルアミノ) ベンズアルデヒド、ジ - p - トリルアミン、3 - メチルジフェニルアミン、トリフェニルアミン、トリス [4 - (ジエチルアミノ) フェニル] アミン、トリ - p - トリルアミン、アクリジンオレンジベース、3, 8 - ジアミノ - 6 - フェニルフェナントリジン、4 - (ジフェニルアミノ) ベンズアルデヒドジフェニルヒドラゾン、ポリ (9 - ビニルカルバゾール)、ポリ (1 - ビニルナフタレン)、トリフェニルホスフィン、(4 - カルボキシブチル) トリフェニルホスホニウムプロミド、テトラブチルアンモニウムベンゾアート、テトラブチルアンモニウムヒドロキシド 3 0 水和物、テトラブチルアンモニウムトリヨージド、テトラブチルアンモニウムビス - トリフルオロメタンスルホンイミダート、テトラエチルアンモニウムトリフルオロメタンスルホナート、発煙硫酸、トリフルオロメタンスルホン酸および / またはマジック酸のうち 1 以上を含んでもよい。ドーパントはフィルムに共有結合してもよいし非共有的に結合してもよい。フィルムは安定剤を有しうる。安定剤は比較的弱い還元剤 (電子ドナー) または酸化剤 (電子アクセプター) であってもよい。これに加えてまたは替えて、安定剤およびドーパントはルイス塩基およびルイス酸を含んでもよい。

【 0 1 8 0 】

被覆方法：化学蒸着、物理蒸着、レーザーアシスト熱分解蒸着、電子ビーム物理蒸着、および溶射などの方法に加えて、スプレーコーティング、ディップコーティング、ドロップコーティングおよび / もしくはキャストリング、ロールコーティング、転送スタンピング、スロットダイコーティング、カーテンコーティング、(マイクロ) グラビア印刷、フレキソ印刷、ならびに / またはインクジェット印刷を本明細書で必要とされる 1 以上の層を製造するために使用することができる。

【 0 1 8 1 】

基板：基板の使用はデバイス次第である。基板はフレキシブルであってもリジッドであってもよく、以下に限定されないが、ガラスならびに / またはプラスチック (例えば、ポリエチレンテレフタレート (P E T)、ポリエチレンナフタレート (P E N)、ポリカーボネート (P C) および / もしくはポリエーテルスルホン (P E S)) または金属が挙げられる。

10

20

30

40

50

【0182】

湿度および相対湿度指示体：実施例4に示すように、我々は、金属のナノ層を用い、特定の相対湿度に到達した時に溶解し、かつ、活性体/金属層をエッチング/溶解する活性体として酸性または塩基性の化合物を選択することにより、湿度および相対湿度の指示体を開発した。吸湿性材料は活性体の溶解および金属層のエッチング/溶解の継続する際の総曝露量のモニタリングにとって理想的である。酸化物層が溶解した時点で水はアルミニウムなどの特定の金属をエッチング/反応/溶解する能力を有する。

【0183】

湿度のための層および他の指示体は、指示体/金属層をエッチング/溶解する材料のような活性体の微粒子をポリマー中に、融解処理、または、UV硬化等後の指示体テープおよび保護フィルム間への積層加工によって分散させることによって製造されうる。

10

【0184】

水/湿度以外の化学物質の検出には、適当な活性体およびナノ指示体構造が必要とされる。

【0185】

食器洗浄指示体：同様に、湿度または水の反応性が小さく、より高濃度またはより高温で反応でき、測定可能なまたは顕著な色変化を起こす前駆体、活性体、および指示体のナノ構造を用いて、食器洗浄機中の食器洗浄の進行具合および乾燥機中の衣類の乾燥をモニタリングすることができる。

20

【0186】

蒸気殺菌指示体：同様に、水または蒸気への反応性が小さいかまたは全くなく、かつ、より低濃度またはより高温(100未満)で蒸発するが、より高濃度またはより高温(例えば120以上の飽和蒸気)で反応し、かつ、測定可能なまたは顕著な色変化を起こす前駆体、活性体、および指示体のナノ構造を用いて、蒸気殺菌をモニタリングすることができる。

【0187】

米国特許出願第12/478,232号に開示される前駆体を用いて、エチレンオキシド、過酸化水素およびペルクロロ酢酸などの酸化剤、プラズマ、乾式加熱、放射線、およびホルムアルデヒドなどのアルデヒドのための殺菌指示体を開発することができる。ナノ金属層を使用する代わりに、指示体としての色素および顔料のような適切な着色材料と適当な活性体または前駆体とを用いることができる。

30

【0188】

ナノアンテナおよびナノRFID：ナノアンテナは共鳴を通じて短波長の電磁放射線を吸収するデバイスである。ナノアンテナは約10ナノメートルの厚み～またはおおよそ100原子(または5～100nm)の幅しかない金属ワイヤおよび球体から製造される。これらは「左手系(left-handed)」材料の例であり、可視光および他の形態の電磁放射線の正常な振る舞いを反転できることを意味する。

【0189】

我々は、金属化プラスチックフィルムをマスクした後にマスクされていない金属層を活性体テープを用いて選択的にエッチングすることにより、マクロサイズのアンテナおよび他の電子経路を製造することができることを示した(米国特許出願第12/478,232号)。同一の手法を用いて、マイクロアンテナおよびナノアンテナをも製造することができる。ナノアンテナを製造するために、インプリントソフトライト、ディップペン、フォトリソグラフィーおよび電子ビームによる穏やかな自己組織化、ならびに微小接触リソグラフィーなどの手法を用いてマスク/レジストナノリソグラフィーを印刷することができる。

40

【0190】

金属化プラスチックフィルムはナノリソグラフィーを用いて選択的に印刷された後に、レーザーによって(例えば、アブレーションによって)エッチングするかまたはエッチングされることで任意の形状のアンテナを製造することができる。アンテナは金属化プラスチックフィルム上に、ウイングまたはライン、例えば、微小な四角または他の形状のらせ

50

ん、の形状に製造されうる。エッチングは、気体、蒸気、液体、またはプラズマを用いて実施できる。ナノアンテナは赤外スペクトルを通じて生成されるエネルギーを吸収することができる。赤外エネルギーは太陽により大量に生成されており、その一部は地面に吸収されて結局は太陽が沈んだ後に放射線として放出される。これらのナノアンテナは日中の太陽光と地面から放射される熱との両方から最新の太陽電池よりも高い効率でエネルギーを吸収することができる。

【0191】

原則として、任意の金属、金属合金、または導電材料を使用できるが、好ましい金属は銀もしくは金またはこれらの合金のような環境安定性の高い金属である。プラスチック基板も任意であるが、寸法安定性を有し、かつ、過酷な環境条件下でも金属アンテナがプラスチックに結合した状態を維持するように処理されることが好ましい。アンテナはIR放射線を吸収しない2つのフィルム間に挟持されることが好ましいだろう。

10

【0192】

好ましい金属はアルミニウム、金、マンガン、銅、およびこれらの合金である。適切な条件下でこれらはIR光線の大部分を吸収することができる。

【0193】

赤外線は1秒につき何兆回も振動するナノアンテナ中で交流を生成するため、交流から直流へと変換する整流器と呼ばれる部品が必要となる。我々のナノアンテナと同調するナノ整流器が必要である。

【0194】

二次加工ナノ光学素子：ナノ光学デバイスを半導体のような蒸着、リソグラフィー、エッチング、およびコーティング処理を用いて加工することができる。一般に、リソグラフィーのマスクはその上にパターンされた所望のナノサイズの特徴を用いて製造される。最初のマスクを電子ビームリソグラフィー、干渉リソグラフィーを用いて、または、複数の部分的マッピングと露光とを組み合わせることによってパターンし、空間変化や配列された光学素子を製造することができる。

20

【0195】

化学的線量計：100万分の1 (ppm) から10億分の1 (ppb) レベルの高い感度を有する化学的線量計が強く必要とされている。化学的線量計は工業化学物質や戦争用化学物質のような有毒な作用因子への総曝露量のモニタリングに必要とされる。ナノ材料は一般に非常に大きな表面積 (例えば、約 $1600 \text{ m}^2 / \text{g}$) を有する。この大表面積は反応に利用できる大きな表面積、およびこれによる高速・高濃度の総曝露量モニタリングにつながる。ナノ構造の反応または破壊はデバイスの特定の特性の一部の変化、例えば、光学変化および電気的变化をもたらす。

30

【0196】

エッチング手法を用いてナノアイテム材料およびデバイスをエッチングにより破壊することができる。各材料はナノ材料の性質に応じて異なるエッチャントであるだろう。

【0197】

破壊性ナノ構造を有するデバイスを用いて我々の米国特許出願第12/478,232号に記載される戦争およびバイオ作用因子をモニタリングすることができる。

40

【0198】

くさび形ナノ構造：ナノ構造のくさび形層または階段状のナノ構造を有すると、曝露量の記録を連続的にモニタリングし、保持することができる。

【0199】

濃度および総曝露量：安定な (例えば ZnO) ナノ構造デバイスおよび不安定な (例えば不可逆反応性の) ナノ構造デバイスの両方を組み合わせて濃度および総曝露量をモニタリングすることができる。

【0200】

反応性ナノ構造：線量計タイプのモニタリングシステムについては、作用因子の被分析物と反応し、ナノ構造の形態の材料を使用する必要がある。

50

【0201】

線量計としてのコンピュータチップ：例えば、コバルト、銅、およびパーマロイ（ニッケル - 鉄）のサンドイッチ構造から構成され、磁場に露出されたときの電気抵抗が変更する巨大磁気抵抗（GMR）と呼ばれることが多い磁性多層膜を線量計として使用できる。サンドイッチ構造は1つのスピン配向の電子を優先的に伝達するため、スピンバルブとして知られている。関連する現象は振動磁気カップリング、すなわち、フィルム厚さを有する2層の磁性配向中の振動である。保護されない場合、これらの金属層は多くの化学物質と反応でき、構造を破壊できる。したがって、残存部分を測定することにより総曝露量を測定することができる。同様に、酸化鉄の磁気テープを使用することができる。

【0202】

用途：本明細書に開示される材料および方法を用いて、活性体層と反応するとすぐに、一時的で、廃棄可能な、かつ、自己破壊的な電子デバイスを製造することが可能である。

【0203】

利点：本明細書に開示される線量計は安価であり、個人IDに組み込むことができる。

【0204】

ウイルス検出：ウイルスに付着する能力を有する基板 / 電極上に破壊可能なナノ構造を被覆することにより、ウイルスを検出することもできる。これらのナノ構造は自己破壊的であり、このため特性変化をモニタリングすることができる。水のような媒体中のナノ構造分散物に気体のサンプルを通すことによりウイルスをモニタリングすることもできる。ナノ構造はウイルスに吸着 / 付着する際に反応し、特性の変化を起こしてもよい。

【0205】

モニタリング可燃性ガス：破壊性ナノ構造を有するデバイスを、一酸化炭素、酸素、炭化水素、有機溶媒および硫化水素などの可燃性ガスのモニタリング用線量計として用いることができる。これらのデバイスを火災時に生成される気体 / 焼成物のモニタリングに用いることもできる。

【0206】

ワイヤレス通信：本明細書に開示される結果、すなわち、デバイスのデータをワイヤレス通信によって送信することができる。

【0207】

必要な量：アルミニウムなどの金属の1cm角の厚さ100 の層は約 1×10^{-7} モルまたは 6.029×10^{16} もしくは 4.59×10^{16} 原子である。1mm x 1mm 領域は 1×10^{-9} モルであろう。これは約1 / 1000 ミリグラムの重さであろう。したがって、作用因子は ppm および ppb の単位で検出することができる。

【0208】

解凝集：ナノ構造は通常塊（「凝集体」）を形成する傾向がある。クエン酸アンモニウム（水性）およびイミダゾリンまたはオレイルアルコール（非水性）などの分散剤 / 界面活性剤を解凝集またはナノ構造の表面改質のために用いることができる。

【0209】

特性変化および機器：導電性ナノ構造および半導電性ナノ構造は、電気特性、強誘電特性、誘電特性、磁性、光学特性、量子閉じ込め特性、半導電性、表面プラズモン共鳴特性脆性、展性、延性およびその他の特性の変化を起こしてもよい。本明細書に記載したこのような他の特性をモニタリングできる機器を定量分析に使用することができる。

【0210】

ナノ構造の製造のためのエッチング：ナノ構造は、気体エッチング、蒸気エッチング、プラズマエッチング、および液体エッチングによって製造することもできる。文献で報告されたドライ / プラズマエッチングを、例えば酸素および四フッ化炭素のプラズマを用いて使用することができる。我々の特許出願において報告されたエッチャントまたは活性体もまた使用できる。

【0211】

選択する材料およびエッチングに用いる手法に応じて、ナノおよび量子のドット、チュ

10

20

30

40

50

ープ、井戸、ならびに量子ワイヤを含む多様なナノ構造を製造することができる。

【0212】

酸化物層の製造または増大：酸化剤を用いた酸化によってまたは誘導期間を増加させるために厚いアルミニウム層を有する金属化／アルミニウム化プラスチックフィルムを陽極酸化処理することによって、酸化物および他の層（例えば硫酸塩／リン酸塩など）を製造したり、または、既存の酸化物層の厚さを増大させたりすることができる。次いで、酸化物層をエッチングし、ナノ構造を製造することができる。

【0213】

量子ワイヤの抵抗：量子ワイヤは導電性ワイヤであり、該ワイヤ中では量子効果が輸送特性に影響を与えている。量子ワイヤにおいて、ワイヤの電気抵抗を計算するための古典的な公式 ($R = l / A$ 、式中、 R はワイヤの抵抗率であり、 l はワイヤの長さであり、 A はワイヤの断面積である。) は通用しない。

10

【0214】

金属化プラスチックフィルムおよびアスペクト比：アスペクト比（幅／表面積を高さ／厚さで割ったもの）は金属化プラスチックフィルムなどのナノ構造については非常に高かつ本質的に無限である。

【0215】

選択的金属化および脱金属化：非マスク領域の選択的エッチング／脱金属化、すなわち、金属化の前に真空蒸着時に金属が堆積しない真空ポンプ油などの耐蒸着材料 (*deposition-resistant material*) を印刷してマスクを通して金属化することにより、選択的金属化を達成することができる。

20

【0216】

金属フィルムの領域によって金属の除去量が異なり、多様な用途に向けて領域ごとに光学密度が段階的に異なるフィルムを与える、選択的に脱金属化された金属フィルムが提供される。フィルム中に存在する金属の量を、徐々に、連続的に、または段階的に変化させることができ、一連の帯または斑点をもたらす。

【0217】

量子ドット

箱の中の粒子：強力な化学結合が存在する材料では、価電子の非局在化が広範囲にまで及ぶことができる。非局在化の程度は系のサイズによって変化する。構造もサイズによって変化する。サイズの減少に伴い（ドブロイ波長）、電子（および正孔）が閉じ込められる（「箱の中の粒子」）。電子-正孔ペア（励起子）は、半導体中のはるかに長波長の励起子（金属の0.5ナノメートルに対して1 μm ）のサイズの閉じ込めのために、 $N = 10,000$ 原子に対して生じる。そのため、より大きなナノ構造のサイズが例えばエッチングにより減少するにつれて、電子および正孔が、減少したサイズのナノ構造内に閉じ込められるであろう。そして特性の劇的変化を確認することができる。

30

【0218】

半導体ナノ構造は光ルミネッセンス特性およびエレクトロルミネッセンス特性で知られている。本明細書中のデバイスおよび方法に用いることができる量子ドット (QD) は、独特なルミネッセンス特性を有する標準直径1～10 nmの無機半導体ナノ結晶である。これらは一般に周期表の第II族元素および第VI族元素（例えばCdSeおよびCdTe）または第III族元素および第V族元素（例えばInPおよびInAs）由来の原子から構成される。最も一般的に用いられるQDシステムはZnSの外殻で被覆されたCdSeの内部半導体コアである。ZnS殻はCdSeコアの化学的および光学的安定性に関与している。QDはサイズを変更するだけで紫外から赤外のスペクトルの蛍光を発するように構成することができる。量子ドットは通常、おおよそ一電子～数千電子の電荷を含む。

40

【0219】

基本的に、QDナノ結晶は光の光子を吸収し、次いで異なる波長で光子を再放出する蛍光物質である。生物学的実験における蛍光標識に用いられる従来の有機蛍光体と比べて、

50

QDは光退色に対する耐性が高いために広範な用途を有し、より長い時間の生体材料の可視化を可能とする。蛍光体は局所環境に非常に敏感であり、光退色、すなわちこれらを非蛍光性にする不可逆的光酸化工程を引き起こしうる。蛍光体は狭い範囲の波長内でのみ光学的に励起されうる。蛍光発光も特定範囲の波長に制限されるが、QDは蛍光の波長よりも短い波長を有する単一光源を用いて励起することができる。これらの蛍光寿命は（依然としてナノ秒単位で測定されるけれど）より大きく、光退色は低減される。

【0220】

QDを形成する能力を有する半導体材料の薄膜は、適切なエッチャントを用いてエッチングされる際に、ある段階でQDを形成し、その後さらにエッチングされ破壊される。したがって、エッチング工程中のQD形成およびQD破壊の間に蛍光の出現または消失の有意な変化があるであろう。安定化されない限りQDは周囲条件に対して高い反応性を有する。ZnSのような材料で安定化された場合でさえ、QDは、インサイチュ(*in situ*)でのZnS被覆層を破壊することによって、または、他の透過性被覆材料を用いることによって、周囲条件や環境と反応するように構成されうる。そのため、これらを本明細書および我々の米国特許出願第12/478,232号に記載した過程および材料の大部分をモニタリングするのに用いることができる。本明細書に記載した蛍光変化を含む多くの手法を用いて変化をモニタリングすることができる。

10

【0221】

破壊性ナノ構造を、ナノホールを有する多孔性基板上の金属のような材料の蒸着または溶液もしくは液体への浸漬によって製造することもできる。

20

【0222】

液体ナノ結晶は、他のナノ構造中に拡散させることによって他のナノ構造にドーブするために用いられうる。したがって、p型およびn型のデバイスを製造することがより容易となりうる。

【0223】

ナノ結晶は、酸素および二酸化炭素、例えば、ペルフルオロ化合物から製造されるものを可逆的に吸着する場合には、酸素供給用の合成血液として用いられうる。

【0224】

反応性ナノ結晶を有毒材料の迅速な除去のために用いることができる。

【0225】

QDを用いた放射線モニタリング：QDは、ZnSのような安定剤のコアで安定化されない限り、基本的に不安定である。QDを放射線モニタリングのために前駆体を用いて被覆することができる。前駆体で被覆されたQDはX線、ガンマ線、電子、中性子、陽子、およびアルファ粒子などの高エネルギー放射線への曝露時に有意な変化を引き起こしてもよい。変化はエネルギーおよび線量率に依存する可能性すらある。適切な安定剤材料の選択によって、ならびに、ZnSのような安定剤の性質および被覆厚さによって、電離放射線に対する安定性を調節することができる。前駆体および活性体などの安定剤を用いることができ、これらはQDを安定化することができるが電離放射線および本明細書に記載した他の影響に対して感応的になってもよい。蛍光体を用いることによりQDを安定化することもできる。後にQDを励起することのできるUV可視光を発光するために蛍光体を使用されたい。

30

40

【0226】

同じ原理を用いて、他の被分析物、有機作用物質、無機作用物質、有機金属物質および、生物学的因子をモニタリングすることもできる。

【0227】

特性の同時変化：ナノ構造が破壊されていくにつれ、1以上の特性の同時変化が生じる可能性がある。一部の特性が増加するとともに、他の特性が減少する可能性がある。例えば、アルミニウムの薄膜が溶解するにつれ、その透明性および抵抗は増大し、換言すると、その不透明性および導電性は減少する。破壊/変換の最終段階（例えば最後の1nmまたは最後の1原子/分子）では、透明性は徐々に変化するが電気抵抗は急速に上昇する。

50

したがって、特性の変化は類似することもあるし、不均衡であることもある。

【0228】

破壊されていく時、すなわち、別の化合物へ変換されていく時に、ナノ構造の性質の変化があってもよい。ナノフィルム（例えば10nm厚のアルミニウム層）を破壊してもよく、そうすることでナノロッドおよび/またはナノドットを形成してもよい。生成物がナノ構造である必要はない。

【0229】

ナノ構造が破壊されていくのと同時に1以上の特性を測定することができ、これらの関係を構築することができる。例えば、電気伝導度および電気容量の変化は、キャパシタをベースとする放射線量計の場合には、変化すると同時に電位計を用いて測定することができる。したがって、本明細書で提案される線量計デバイスはより正確で信頼性があるであろう。

10

【0230】

本明細書においてしばしば、ナノ構造を基板といい、反応生成物を生成物という。

【0231】

プラズモンの変化：プラズモン、すなわち、伝導電子の集団振動は金属のナノ構造の光学特性を決定する。ナノ粒子におけるプラズモン共鳴は、粒子を形成する金属または合金の性質によってのみならず粒子のサイズおよび形状によっても決定される。小さいサイズに起因して、個々のナノ結晶の形状と光学特性との相関は単純ではない。線量計ベースのプラズモンの変化を起こすこともでき、正確なものとする事ができる。

20

【0232】

様々なタイプ/性質のナノ構造の混合物：適切に選択され、様々な材料、特性、および性質から製造されたナノ構造の混合物を線量計の製造に用いることができる。混合物は本質的に2以上の材料、例えば2つの異なる金属/半金属/非金属、金属および非金属、金属および半金属、半金属および非金属、ならびに有機物および無機物、の任意の混合物でありうる。例えば、銅および金のナノ構造の混合物が拡散して合金を形成してもよい。線量計を含む多様なデバイスは、一部の独特かつ突発的な特性を求めて2つの異なる材料のナノ構造の混合物から製造することができる。

【0233】

結晶の表面処理、核生成、成長：金属化プラスチックフィルム用基板の表面を前処理、例えば化学的または物理的に、例えばエッチングまたはプラズマ処理した後に、金属化して核形成およびその成長を制御することができる。蒸着は、任意の、角度すなわち直角(90°)または傾斜角度、蒸着速度、蒸着温度等であってよい。好ましい金属層は非晶質であるか、または、極小結晶を有する。半導体などの他の材料は好ましくは結晶質であろう。

30

【0234】

放射線：アルミニウムなどの金属は表面に酸化物の薄層を有することが多い。酸素および湿気への露出を金属化後に最小化するか、あるいは、酸化物層と反応する配合物中に化学物質を添加することによりこれを除去すべきである。酸化物層が薄いほど、デバイスは高感度となる。デバイスは無酸素とすることができ、十分量のエッチャントを添加して金属ではなく酸化物層を溶解する。かような場合、水は、配合物中に存在する場合にはアルミニウムのような一部の金属を溶解させることができる。

40

【0235】

被覆物に応じて、蛍光発光、色、電気容量および抵抗などの多くのパラメータの、放射線に起因した変化を測定して、曝露量を決定することができる。利用者は被覆物の不透明性の変化に由来する高線量を確認することができ、抵抗、透明性を測定することによってまたは本明細書に記載した方法を含む他の高感度法によって、正確に低い線量および任意の線量をモニタリングすることができる。活性体と反応する色素が放射線によりまたは金属塩のような副生成物とともに生成する場合に色変化を引き起こすようにデバイスを構成することができる。

50

【0236】

1, 1, 1 - トリクロロエタンのようなハロゲン化合物は、酸化物層が破壊されると同時にアルミニウムと反応することが知られている。そのため、酸化物層が破壊されると同時に、四塩化炭素などのハロ材料は金属と反応するかもしれない。

【0237】

金属は、線量との線形性を得ることができるよう、水による影響を受けないアルミニウム以外の金属でありうる。

【0238】

エッチングによるナノ構造の核生成および製造：金属化の際に高密度の核生成が生じればエッチングにより高密度のナノ構造が製造されうる。高密度の核生成は種々の方法、例えば金属蒸気を基板衝突時に急速冷却することにより、例えば形成される核を大きく成長しすぎないようにすること（すなわち制御成長）によって得ることができる。

10

【0239】

添加剤：活性体、前駆体、バインダー、および添加剤ならびに我々の米国特許出願第 12 / 478 , 232 号に記載した他の化合物 / 配合物を添加して、本明細書に記載したデバイスおよび方法の感度を向上させることができる。

【0240】

ナノ構造の混合物：線量計デバイスを、様々な金属、合金、半導体、酸化物などのような様々な形状および材料のナノ構造の蒸着により製造することもできる。これらの種類の構造は基板上に材料を蒸着させることによって製造することができる。積層体は、他のまたは類似の 1 以上の金属もしくは合金上の金属、金属 / 半導体 / 金属でありうる。層は透明であっても不透明であってもよく、異なる方向に配向させることもできる。

20

【0241】

測定ゾーン：ナノ構造のエッチングの際に、電気抵抗などの多くの特性の変化は、粒子サイズがゼロへと減少するにつれて、非常に高くなる。結晶サイズがナノから数原子または分子へと、さらには本質的に存在しない状態へと減少する際に主要な変化が起こる。特性変化の測定ゾーンは狭く、当該ゾーンで最大の変化が起こる。このためナノ構造の破壊に基づくデバイスは極めて高感度であり、おそらく中でも最も高感度であろう。

【0242】

我々は抵抗変化を測定したが、同様の变化は、本明細書に記載された、および、文献で報告された、他の特性および分析方法の大部分を用いて予測されると考えており、これを用いることができる。例えば、透明性の変化は米国特許出願第 12 / 478 , 232 号で報告されている。

30

【0243】

電磁放射線（X線）フィルム：X線フィルムを、薄く金属化されたフィルム上にハロゲン化合物を被覆することにより、または、基板上にナノ構造とハロゲン化合物との混合物を被覆することにより製造することができる。色変化が必要な場合、被覆配合物は色素を含有してもよい。電磁放射線への曝露時にハロゲン化合物は層をエッチングできる酸を生成するだろう。かかるフィルムは透明性の変化または色変化を引き起こすことができる。半透明性金属化フィルムを用いる場合、変化は誘導期が長いというよりむしろ緩やかでありうる。

40

【0244】

ナノ構造および変化：ナノ構造サイズのエッチングまたは低減は多様な変化をもたらさう。ナノ構造のサイズに依存する特性には、物理的特性、化学的特性、生物学的特性、医薬的特性、毒物学的特性、機械特性、原子核の特性、電気特性、電子特性、光学特性、熱特性、量子特性、磁気特性、電磁気特性、強誘電特性、磁気輸送特性、励起特性、超伝導特性、結晶構造、結晶化特性、ある特性から他の特性への、例えば導電性から超伝導性への遷移、色特性、光沢特性、展性、延性、抵抗特性、硬度、融点 / 凝固点、沸点、密度および他の特性の変化が含まれる。他の特性としては、電磁放射線の吸収、音響特性、吸着、引力、バンドギャップ、触媒作用、キラリティ、クーロン力、密度、脱着、拡散、電

50

気抵抗、電子スピン、凝固、硬度、電磁放射線との相互作用、イオン、融解、臭気性、相転移、プラズマ、圧力、反応性、反応速度および反応機構、反射率、屈折率、反発力、サイズ、比熱、溶解度、比熱、スペクトル（新たなピークが出現および増大しうる一方で旧ピークが消滅しうる）、昇華、表面積、表面反応性、表面張力、熱伝導性、光伝導性、試験特性、熱力学特性、透過率、ならびに粘性／流動性が挙げられる。これらの変化は本明細書および我々の米国特許出願第12/478,232号に記載されたデバイスおよび方法のために、本明細書に記載された手法および機器を用いて測定されうる。デバイスおよびセンサは固体（例えば固体の被覆物）、半固体、液体、溶液、ゲルおよび気体の状態でありうる。

【0245】

放射線感応性材料のナノ構造：多くの材料は本質的に放射線感応性である。例えば、ハロゲン化合物およびラジクロミック色素である。これらの放射線の感度が変化してもよいし、これらの特性が放射線に応じて変化してもよい。他の例は蛍光変化である。かような放射線感応性ナノ構造の被覆物もしくはフィルムを製造することができる。または、金属、合金または他の高原子番号の化合物（例えばバリウムの塩）のナノ構造の混合物を用いてそれらのX線に対する感度を高めることができる。半導電性材料およびハロゲン化合物のナノ構造の混合物を放射線のモニタリングに用いることができる。

10

【0246】

CCDおよび放射線：電離放射線に対して安定でない材料から製造された電荷結合素子（CCD）を放射線のモニタリングに使用することができる。

20

【0247】

ナノ構造をその表面で活性体と反応させることによるサブナノ構造の製造：活性体はエッチャントでありうる。金属または他のナノ材料の薄層のエッチングはナノ構造の特性を生成し、次いで観察し、測定する工程の一つである。ナノ構造がエッチング時に色変化する場合、それらを視覚的に確認することができる。例えば、アルミニウムのような金属は光沢のある白から灰色さらには透明となると同時に伝導性が変化する。銀のような光沢のある白から灰色への変化はナノフィルムがほぼナノドットに変換されたことを示す。

【0248】

このタイプのエッチングおよび他の方法によって、量子ドットのようなサブナノ構造を製造して、最終的には金属および半導体のナノ構造／量子ドットを破壊することも可能である。基板または金などの電極層上のナノ構造から、量子ドットのようなサブナノ構造を製造する方法が提供される。

30

【0249】

量子ドットのようなサブナノ構造を基板上に製造すればすぐに、太陽電池、LEDおよびその他多くのものの製造のような多くの用途に使用することができる。

【0250】

通常、ナノ層は誘電体基板上にある。基板がエッチャントによりエッチングされる金属をも有する場合、金電極の直上にある量子ドットのようなサブナノ構造を製造することができる。

【0251】

量子ドットおよびナノドットを任意の他の適切な材料からそのように製造してもよい。

40

【0252】

放射線デバイスのためのシンチレーションおよび他の蛍光発光：放射線の測定に用いることができる物理的現象および化学的現象としては、原子および分子のイオン化、原子および分子の励起、シンチレーション、蛍光発光、熱ルミネッセンス（TL）、固相誘起化学反応およびシンチレーションが挙げられる。

【0253】

ナノOSL：適切にドーブされた、有機材料、有機金属材料、および無機材料からナノ構造を製造し、ナノOSL（ナノ光刺激ルミネッセンス）およびナノTLD（ナノ熱ルミネッセンス線量計）を製造することができる。照射により電子を当該ナノ構造の価電子帯

50

と電子帯との間に捕捉することができる。電離放射線は、電子 - 正孔ペア、すなわち、伝導帯中の電子と価電子帯中の正孔とを生成することができる。伝導帯に励起した電子は電子または正孔トラップ中にトラップされてもよい。OSL (光刺激ルミネッセンス) 線量計の場合には、光の刺激を受け、電子がトラップから解放され、伝導帯に入ってもよい。伝導帯からそれらは正孔トラップに捕捉された正孔と再結合してもよい。正孔との中心 (center) がルミネッセンス中心 (放射再結合中心) である場合、光の放射が生じるであろう。光子を光電子倍增管および CCD カメラのようなデバイスを用いて検出 / 画像化することができる。次いで検出システムからの信号を用いて材料が吸収した線量を計算する。

【0254】

ナノOSL材料が破壊可能なナノOSLである (すなわちそのOSL特性を消失する) 場合、その過程は不可逆的であるであろうし、線量を残存する破壊可能な材料から読み出すことができる。

【0255】

ナノOSLおよび他の放射線感応性デバイスを、ヘルスケア、原子核、研究および他の労働者の組織における放射線量の測定に使用することができる。

【0256】

OSLナノ構造を製造することのできる材料および線量計の推算に用いることができる方法は、文献、例えば、“Optically Stimulated Luminescence Dosimetry” L. Boetter-Jensen, S.W. S. McKeever, and A.G. Wintle, ISBN-13: 978-0-444-50684-9, ISBN-10: 0-444-50684-5, ELSEVIER, 2003、に記載されている。

【0257】

ナノTLD: 適切にドーブされた、有機材料、有機金属材料、および無機材料、特にフッ化カルシウムおよびフッ化リチウムのような材料、からナノ構造を製造することができる。かかる材料の薄層をドーブまたはエッチングすることにより欠陥を導入することができる。高エネルギー放射線は結晶と相互作用することができる。これにより結晶の原子中の電子はより高いエネルギー状態へと移動し、不純物 (加熱するまでは通常結晶中のマンガンをまたはマグネシウム) のためにそこにトラップされた状態で留まる。ナノ構造の加熱により、電子を基底状態へと戻すことができ、トラップ状態と基底状態とのエネルギー差に等しいエネルギーの光子が放出される。ナノOSLと同様に、ナノTLDは、他の応用例の中でも、環境モニタリングと放射線曝露を伴う機関でのスタッフ作業員との両方に用いることができる。

【0258】

断面積が大きいリチウム8およびホウ素12から製造される適切な無機材料を選択することにより、ナノOSLおよびナノTLDを中性子よりもはるかに高感度に行うことができる。

【0259】

ナノTLD材料が破壊可能なナノTLDである (すなわちその熱ルミネッセンス特性を消失する) 場合、その過程は不可逆的であるであろうし、残存する破壊可能な材料から線量を読み出すことができる。

【0260】

ナノ構造TLDおよびOSLは適切な材料およびドーパントを選択することによってはるかに高感度かつ安定なものとなる。

【0261】

ナノOSLおよびナノTLDデバイスは任意の形状およびサイズであってよく、マイクロ線量計およびフィルムを含む。

【0262】

半導体ナノ構造、例えばGe、Si、Ge(Li)およびSi(Li)のナノ構造、を

10

20

30

40

50

放射線のモニタリングに用いることができる。

【0263】

我々の過去の特許出願への適用性：本明細書に開示するナノデバイスの製造およびこれに関連する方法をモニタリングデバイスの製造に用いることもでき、我々の米国特許出願第12/478,232号で開示された方法（時間、温度、時間-温度、凍結、融解、湿度、マイクロ波と用いた食品の出来具合、殺菌の指示体など）を本明細書に開示するナノ構造の破壊および方法によって作り出すこともできる。これらのデバイスを2次元のナノ構造によってのみ製造できることは必須ではない。

【0264】

指示体の製造に用いられる破壊性金属：一般的に、高純度のアルミニウムおよび銅はRFIDアンテナおよび他の環境安定性を求める電子回路の製造に用いられる。特定の厚さが必要であり、例えば、RFIDアンテナについては5~15ミクロンである。厚さが厚いほど、弱酸および塩基によるエッチングは困難となる。しかしながら、アルミニウムおよびインジウムのような特定の金属合金は湿度および他の化学物質、特に塩、酸、および塩基に対してより脆弱である。同様に、これらの電子回路は酸素；水；塩、酸、および塩基のような非毒性および/または有害な化合物などの活性体により容易に攻撃されうる金属で製造することができる。このため、導体が破壊される場合、電子デバイスは機能しないであろうし、不適切であるが予想通りに機能するかもしれない。作業を実施するものの容易に破壊可能であるためには、これらの導電パスは厚くなるであろう。破壊性または脆弱性材料から製造される電子デバイスを用いることができる。反応性金属または金属合金を用いたこれらのデバイスは不活性雰囲気下に存在することができる。同様に、このような反応性の高い合金を他の指示デバイスの製造に用いることができる。

10

20

【0265】

Al₂O₃の被覆層の誘導期間および工程：我々の米国特許出願第12/478,232号で開示した指示デバイスの誘導期間は酸化アルミニウムのような酸化物層の低速エッチングに基づく。これらの指示デバイスは金属以外の任意の指示層上に当該酸化物層を意図的に形成することによっても製造されうる。アルミニウムの酸化物(Al₂O₃)のような酸化物を、文献に報告された工程を用いて、本明細書に記載され酸化物層の被覆層および/または他の無機被覆層を必要とするデバイスのために被覆することができる。スパッタコーティングおよび他の方法は蒸着されたアルミニウムを酸化アルミニウムへと変換する工程に含まれる。酸素の制御雰囲気下でアルミニウムを真空蒸着することによっても酸化アルミニウムを製造することができる。活性体/エッチャントが酸化物層を破壊する際に指示層の色または透明性を変化させることができる。

30

【0266】

マイクロカプセル化された活性体を我々の米国特許出願第12/478,232号で開示される指示デバイスの活性化に用いる代わりに、活性体または前駆体を充填したナノチューブを用いることができる。ある工程にさらされる際に、これらは金属または支持層を溶解するであろうエッチャント/活性体を生成または放出するであろう。

【0267】

ナノチューブおよび凍結指示体：ナノチューブを色素の水溶液で充填することができる。凍結時にこれらはナノチューブを破裂させて液体が流れ出るであろう。1セットのナノチューブを無色のpH色素および酸または塩基を有する他の色素で充填することができ、これらは、凍結時に破裂し、色変化が生じるであろう。反応速度をバインダーにより制御することができる。ナノチューブは酸化亜鉛のような酸化物のナノチューブでありうる。

40

【0268】

凍結によりナノ粒子は凝集しうる。簡単な例は、金粒子がシステインで修飾され、溶液中のCu(II)に対して選択性を有するようにされた場合である。Cu(II)の存在によりナノ粒子は凝集すると同時に赤色から青色への色変化が生じる。

【0269】

高感度方法の必要性：材料および過程をモニタリングするための高感度かつ高選択性の

50

デバイスの必要性は常にある。方法の感度は使用またはモニタリングする特性に依存する。多数の特性およびこれらの特性の変化の大きさはナノ構造をナノドットのサイズへと縮小するかまたは完全に破壊する場合に非常に大きくなる。原則的に任意の固体材料のナノ構造を製造することができる。

【0270】

モニターとしての金属または着色材料：ナノ構造モニターが金属、半金属、または色素もしくは顔料などの他の着色材料であるとき、価電子の非局在化が広範囲に及びうる。非局在化の程度はシステムのサイズに応じて変化する。サイズおよび非局在化/励起子の変化は、光学特性、バンドギャップ、融点、比熱、表面反応性、および本明細書に記載したより多くの特性などの様々な物理的特性および化学的特性をもたらす。

10

【0271】

指示体としての半導体：バンドギャップは電子を価電子帯から伝導帯へと推進させるのに必要なエネルギーである。バンドギャップはZnO、CdS、およびSiなどの半導体をモニターとして用いる際にサイズに応じて変化する。バンドギャップが可視スペクトルに位置するとき、サイズに応じたバンドギャップの変化は色および他の光学特性の変化を意味する。古典的な意味では、色は物質中の電子による光の部分的吸収によって生じ、光の相補部分の可視性をもたらす。平滑な金属表面上では、光は高密度の電子の無色、まさに鏡のような外観によって全反射される。小さな粒子は吸収して一部の色をもたらす。これはサイズに依存する特性である。例えば、金はナノ粒子を容易に形成するが容易には酸化されず、粒子サイズに応じて異なる色を呈する。金コロイドは色メガネへと作られる初期のガラスから使用されてきた。ルビーガラスは微細分散した金コロイドを含有する。銀および銅も魅力的な色を与える。無溶媒の印刷インクおよび印刷織物の製造に、特定の金属、色素および顔料の保護されたナノ粒子を用いることができる。

20

【0272】

色素および顔料のナノ構造：色素および顔料のナノ構造はバルクとは異なる色を有する。線量計および他のデバイスはこれらのナノ着色材料から製造することができる。これらのナノ構造の一部は液体でありうる。これらは色素および顔料を使用する場合に使用でき、極めて高感度の指示体、検出器、および線量計を含む。当該ナノ構造は処理される際に色変化を起こしてもよい。

【0273】

多くの固体はナノサイズである場合に液体、半液体となり、または流動特性を有するであろう。色素、顔料、これらの中間体または反応物および調節剤はナノ形態で液体であり、かつ、無色または異なる色でありうる。液体ナノは表面活性剤/界面活性剤を用いて安定化されうる。汚染を最小化しつつ印刷するためにこれらを使用することができる。紙および織物を印刷する工程を無公害にでき、エネルギーを節約できる。異なる色および濃淡を適切な混合により得ることができる。

30

【0274】

印刷および画像化：ナノ構造またはナノドットおよび活性体または前駆体で被覆した基板を多数の印刷および画像化関連製品に用いることができる。被覆層が不可逆的に色変化、例えばナノ構造の融解により白から黒またはその逆の変化を起こす場合、これを直接感熱印刷に用いることができる。被覆層はUV光またはX線のような放射線に応じて変化する場合には印刷または画像化に使用することができる。被覆層は超音波放射に応じて変化する場合には超音波を用いた画像化および印刷ならびに超音波のモニタリングに用いることができる。基板が衣類である場合にはこれを染色すなわち織物の印刷に用いることができる。静電力に応じて顕著な色変化を起こすナノ構造をXeroxタイプの印刷に用いることができる。

40

【0275】

ナノエレクトロクロミック材料：ナノサイズの破壊可能なエレクトロクロミックを、本明細書に開示される1以上の方法および材料のモニタリングに用いることができる。エレクトロクロミック材料から製造されるナノ構造は被分析物への曝露時に特性も変化できる

50

ため線量計としても使用することができる。

【0276】

ナノ熱クロミック材料および温度指示体：熱クロミックナノ構造は特定温度に到達した際に色変化を起こしてもよい。多くのナノ構造金属、合金、半導体、および他の着色または不透明材料は融点がより低い。これらを融点を超えるまで加熱すると、これらは合体/融合を引き起こし、これにより色および不透明性/透明性の変化などのナノ構造特性を消失するであろう。この変化のための温度は適切な反応性添加剤および非反応性添加剤、特に表面活性剤およびポリマーまたは他のナノ構造を添加することにより変化しうる。これらの熱クロミックナノ構造はナノ液晶を含む。標準的な熱クロミック材料を使用する/使用できる場合にこれらの熱クロミックナノ構造を使用することができる。

10

【0277】

ナノ熱クロミック材料のサーモクロミズムは可逆的であっても、不可逆的であっても、その中間であってもよい。

【0278】

光クロミックナノ構造：多数の有機および無機の可逆的および不可逆的な光クロミック材料が文献で報告されており、使用される。可逆的な光クロミックナノ構造は通常より安定であるが、これらのナノ構造は安定なものでもなくともよい。不可逆的材料および反応性の可逆的材料のナノ構造を線量計としても使用できる。

【0279】

ラジオクロミックナノ構造：不可逆的な光クロミックナノ構造と同様に、ラジオクロミックナノ構造を作製することができる。これらはUV、X線、ガンマ線、電子、陽子、および中性子などの電離放射線の放射時に色および他の特性変化を引き起こすであろう。これらの材料を1次元、2次元および3次元の線量測定に使用することができる。ラジオクロミックナノ構造に用いることのできる材料例は本明細書および我々の米国特許出願第12/478,232号において報告され、与えられている。変化が可逆的である場合にはこれをエネルギー、放射線の種類、線量率のモニタリングに用いることができる。

20

【0280】

表面張力の変化：プラスチックフィルムおよび金属の表面は水濡れ性を有さない。我々は、金属化/アルミニウムプラスチックフィルムをリン酸でエッチングする際に、フィルムが灰色を帯びるまたはほとんど透明となる時にエッチングされた表面の濡れ性が増加することを観測した。この結果は粒子サイズが約3nm未満まで減少したときに表面エネルギーが大幅に増加することを示す。

30

【0281】

磁気モニター：Fe、Co、Ni、およびFe₃O₄などの磁性材料をモニターとして使用する際、磁気特性もサイズに依存する。粒子の内部磁場を反転するのに必要な「保持力」（または磁気メモリ）はサイズに依存する。粒子の内部磁場の強度はサイズに依存しうる。これらの磁性材料のナノ構造が作用因子に攻撃された場合に磁気特性は変化するであろうし、このためこれを作用因子/被分析物のモニタリング時に用いることができる。

【0282】

電気抵抗およびサイズ：金属において導電性はバンド構造に基づく。伝導帯が電子によって部分的にしか占有されていない場合には（理想的な金属結晶格子であるという条件のもとで）抵抗なく全方向に移動することができる。電流はバルクの金属中の電子の集団運動であり、オームの法則 $V = RI$ が通用する。バンド構造は金属粒子が小さくなる際に変化し始める。離散エネルギー準位が支配的となり始め、オームの法則はもはや通用しない。電子が（3次元の代わりに）2次元のみを運動できるようになるまでバルクの金属をどんどん薄くしたのが2次元量子閉じ込めである。次の段階は量子ワイヤ、および、究極的には量子ドットである。したがって、3次元または2次元のナノ構造が例えばエッチングによって徐々に破壊される時に特性の急激な変化を期待することができる。

40

【0283】

ナノ構造の形状：ナノ構造は（1）クラスター；すなわちユニット（原子または反応性

50

分子)、例えば約50ユニットまで、の集合体、(2)コロイド;すなわち1~1000nm範囲の粒子を含有する安定な液相、(3)コロイド粒子はそのような一つの1~1000nm粒子のである、(4)ナノ粒子;すなわち非結晶質、結晶子の凝集体、または単結晶でありうる1~100nm範囲の固体粒子、および(5)ナノ結晶;すなわちナノメートル範囲の単結晶である固体粒子でもありうる。

【0284】

吸着/触媒作用:吸着は、吸着材料を内部ではなく表面近傍に拘束することを除いて吸収と同様である。バルクの固体では、すべての分子が隣接原子に取り囲まれるか結合しており、力がバランスする状態にある。表面原子は片側のみで結合しており、平衡していない原子および分子の力が表面上に残されたままである。これらの力(ファンデルワールス力、物理吸着または物理収着)が気体および分子を引き付ける。

10

【0285】

表面化学は材料の触媒作用および検出において重要である。ナノ構造材料はいくつかの利点、例えば大型表面積、表面上の高い原子比率を有する。サイズが小さくなるにつれ結晶形状の変化に起因して固有化学活性の向上が生じうる。例えば、形状が立方体から多面体へと変化する際にエッジおよびコーナー部分の数が有意に増大する。結晶サイズが小さくなるにつれ、陰イオン/陽イオンの空孔が増大し、このため表面エネルギーに影響を与えうる。また、表面原子の結合パターンを歪ませることもできる。

【0286】

このため、被分析物がナノ構造を反応または破壊させる場合に被分析物の分子は容易に反応するであろうし、その曝露量をナノ構造の特性の急激な変化によってモニタリングすることができる。

20

【0287】

ナノ粒子触媒の利点は巨大な表面積、向上した固有化学活性、エッジおよびコーナー効果、陰イオン/陽イオン空孔、結合パターンの歪みである。触媒材料の例は、Pt(またはPd)、Auベースの材料、他の金属(Cu、V、Rh)、非金属材料:MgO、MoS₂、CeO_{2-x}、NiO、Cr₂O₃、Fe₂O₃、Fe₃O₄、Co₃O₄およびBi₂Mo₂O₉である。均一系触媒の例は、酸、塩基およびキャップナノ粒子であり、不均一系触媒であって高度多孔質担体上へ分散された例は多孔質シリカ、チタニア、アルミナ、ゼオライトである。ナノ結晶は被分析物から後にナノ構造と反応することのできる活性体への変換に使用することができる。

30

【0288】

粒子サイジング方法:ふるいサイズ分析、沈降、レーザー回折光、散乱、動的光散乱および光子相関、分光法、光遮蔽(light obscuration)、エレクトロゾーン検知、顕微鏡/画像分析、電子音響、音響減衰、および流動場分離などのようないくつかの方法をナノモニター/ナノ構造および被分析物の反応時のこれらの変化の測定に使用することができる。

【0289】

表面修飾剤/安定剤:ナノ構造から製造されたモニタリングシステムは、界面活性剤、カップリング剤(シラン)およびポリマー[天然高分子(ゼラチン、寒天、酢酸セルロース、硝酸セルロース、シクロデキストリンなど)、合成高分子(ポリビニルピロリドン、ポリビニルアルコール、ビニルピロリドン-ビニルアルコール、高分子電解質のような極性側基を有するビニルポリマーなど)などの]、長鎖アルキルアンモニウム陽イオンおよび界面活性剤、スルホン化トリフェニルホスフィンおよびアルカンチオールなどの表面修飾剤/安定剤を含有してもよい。

40

【0290】

シラン:ナノモニターのナノ構造の安定化に用いることができるシランとしては、シリコン-水素結合を含有する化合物、すなわち、SiH₄、トリクロロシラン:HSiCl₃、ジシラン:H₃SiSiH₃、メチルシラン:CH₃SiH₃、メチルジクロロシラン:CH₃SiHCl₂、トリエチルシラン:(C₂H₅)₃SiH、チオール:アルコ

50

ールの硫黄類似物、メルカプタン、2-メルカプトエタノール： $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 、メルカプト酢酸： HSCH_2COOH 、1-アミノ-2-プロパンチオール： $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}(\text{SH})\text{CH}_3$ 、チオフェノール： $\text{C}_6\text{H}_5\text{SH}$ およびジチオール、1,2-エタンジチオール： $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{SH}$ 、が挙げられる。

【0291】

凍結指示体：米国特許第6,472,214号に記載されるもののような凍結時に相分離を起こすか、または、凍結により相分離する材料と反応するナノ構造および材料を凍結指示体として使用することができる。透明から不透明になるかその逆となる；凍結時に色変化を起こす；または化学的もしくは物理的特性の可視的もしくは測定可能な変化を起こす；ナノ構造を、凍結指示体として使用することができる。凍結されたシステムがさらに変化、例えば融解に基づく色変化を起こす場合、これを融解またはTTI指示体として同様に使用することができる。エッチャントまたは溶液相が凍結時に分離して金属層または金属微粒子をエッチングする場合、これを凍結指示体として使用することができる。

10

【0292】

融解指示体：安定化ナノ構造は、室温のような周囲条件下では安定なままであってもよいが、凍結されると不安定となってもよく、蛍光発光の色または変化を生じてもよい。このような凍結システムを融解する際に色変化または他の変化が生じてもよい。このようなシステムを融解指示体として使用することができる。

【0293】

乾式加熱殺菌指示体：高温、例えば160（殺菌に利用される）に融点を有するナノ構造は、融解による色変化およびより大きな構造の形成などのようないくつかの変化を引き起こすこともできる。このような有機、無機、または他のシステムを乾式加熱指示体として使用することができる。

20

【0294】

エチレンオキシド殺菌指示体：反応するナノ構造、または、ナノ構造と前駆体とから構成されエチレンオキシドおよび過酸化水素または他の酸化剤との反応時に活性体を生成して測定可能なまたは顕著な（例えば色）変化を起こすシステムを、これらを用いた殺菌のモニタリングに使用することができる。これらのシステムは我々の米国特許出願第12/478,232号において金属化プラスチックフィルムおよびマイクロサイズの金属粒子として開示されている。低レベルのエチレンオキシドガスのモニタリングにもこれを使用することができる。適切な前駆体を選択することにより本明細書に記載した方法および設備を用いて他の有毒な作用因子をモニタリングすることができる。

30

【0295】

アルコール指示体：ナノ構造またはナノ構造と活性体/前駆体の混合物はアルコール感応性である場合には例えば呼気および他の類似の化学物質中のアルコールのモニタリングに使用することができる。

【0296】

pH指示体：ナノ構造またはナノ構造と活性体/前駆体の混合物はpH（酸または塩基、 H^+ または OH^- ）感応性である場合にはpH指示体としてまたは酸、塩基およびその強度のモニタリングに使用することができる。

40

【0297】

バインダーへの埋め込み：本明細書に記載されるシステムのナノ構造を高分子バインダー中に分散することもできる。バインダーが特性およびナノ構造の性質を変化させてもよい。

【0298】

ナノリソグラフィー：ナノリソグラフィーを本明細書に開示されるナノ構造およびデバイスの製造に使用することができる。インプリントソフトライト、ディップペン、フォト/レーザーおよび電子ビームによる穏やかな自己組織化ならびに微小接触リソグラフィーなどの手法をナノ構造の製造に使用することができる。

【0299】

50

10 nm未満の線、点、および他の形状を生成する様々なマスクング技術を用いて表面をマスクした後でエッチングすることにより多様なナノ構造を製造することができる。これらは多層、すなわち金属、マスク、金属マスク等、および、様々な選択的エッチャント、例えばあるものための酸および他のものための塩基など、を用いてエッチングされた様々なマスクでありうる。

【0300】

異常なほど長いナノワイヤ：ナノリソグラフィーによって所望の領域を選択的にマスクし、保護されていない金属化プラスチックフィルムをエッチングすることによって、または、領域をオイルを用いてめっき化不可能/金属化可能とした後に金属化することによって、驚異的な長さのナノワイヤを製造することができる。

10

【0301】

線形性：理想的なセンサは線形性能を有するように設計される。このようなセンサの出力信号は時間、濃度、および総曝露量などのパラメータを有する測定特性値に対して直線的に比例する。感度は出力信号と測定された特性との比率として定義される。特性変化は通常はナノ構造のサイズに応じて線形ではない。提案されるナノ構造に基づくセンサ/線量計/指示体は特性の突然の変化を起こすため、これらの性能は主として非線形であろう。しかしながら、ナノ構造の分布をより広範なものとすることによってその性能を線形とすることができ、このためナノ構造の消失は線形でありうる。より薄く、より短く、より小さなナノ構造が最初に消失し、次に大きいものが後に続き、さらに、最大のものが消失するまでこれが続くであろう。

20

【0302】

使い捨てタイプのChemFET：ChemFET、すなわち化学的電界効果トランジスタは化学センサとして作用する電界効果トランジスタの一種である。これはMOSFETトランジスタの構造類似体であり、ゲート電極の電荷を化学的方法により供給する。これを用いて、液体および気体中の原子、分子、およびイオンを検出してもよい。ChemFETおよびMOSFETの製造に用いられる材料が被分析物によって影響を受けやすい（破壊可能である）場合、トランジスタは破壊されるであろうし、被分析物への総曝露量を測定することができる。

【0303】

ナノ波ガイド：金属の極薄被覆層を有する光学ファイバは、他の破壊可能な指示材料であり、作用因子/被分析物への総曝露量のモニタリング用のナノ波ガイドとして用いることができる。ナノ波ガイドは我々の米国特許出願第12/478,232号に指示体としての薄い金属として記載されているものに類似するであろう。

30

【0304】

好ましいナノ構造：ナノ構造の大部分を提案された用途に用いることができるが、最も好ましいナノ構造はナノフィルム、ナノワイヤ/ロッド、およびナノドットである。

【0305】

金属酸化物センサ：酸化物の導電性の変化は酸化物表面での触媒的酸化還元反応に起因するため、半導体金属酸化物による気体検知が可能である。半導体金属酸化物または他の材料が被分析物に対して反応性を有する場合、これらは導電性に不可逆変化をもたらすであろうし、線量計として用いることができる。反応を電子構造、化学組成、および結晶構造によって制御することができる。

40

【0306】

ナノ酸化還元システム：ナノ酸化還元システムは被分析物によって酸化または還元される酸化/還元材料のシステムである。

【0307】

センサ/検出器の種類：多数のセンサおよび検出器を破壊性ナノ構造から製造することができる。当該センサおよび検出器としては、以下に制限されることはないが、音響、プレサライザー、泡箱、電気容量プローブ、電荷結合素子、化学物質、化学電界効果トランジスタ、霧箱、色差計、密度、電流、電位、電解質、電子鼻、電気光学、半導体、繊維光

50

学、力、検流計、ガイガーカウンター、ホール効果、ホールプローブ、赤外線、画像化、誘導、絶縁体、電離放射線、イオン選択電極、箔検電器、磁性、磁気異常検出器、磁力計、金属検出器、マイクロ波、マルチメータ、中性子検出器、ニコルス放射計、非分散型赤外線、抵抗計、光学、オプトロード、粒子検出器、光ダイオード、光電、光イオン化検出器、フォトマルチプライヤ、光電子増倍管、光抵抗器、光スイッチ、光トランジスタ、光電管、電位差、圧力、近接 (proximity)、無線、酸化還元電極、シンチレーションカウンター、シンチレーション、シンチロメータ、亜原子粒子、熱、電圧計および波面が挙げられる。

【0308】

優位性：本明細書で提案した線量計、指示体、検出器、モニターなどは、製造が容易、簡単、高感度、正確、使い捨て可能、保管可能、および安価であるだろう。

10

【0309】

特異性：2次元のナノ構造 (ナノフィルム) はサブナノになり、ナノ粒子へと壊れ、次いで原子レベルとなった後、完全に別の化学物質に変換される。

【実施例】

【0310】

下記の実施例は、特許請求の範囲に記載された発明の実施例であるが、本発明の範囲または精神を制限するものと解釈すべきではない。

【0311】

実施例 1：ハロゲン化合物の被覆によるキャパシタの製造

20

金属化プラスチックフィルム (2ミルのポリエステルフィルム上の厚さ約 3 nm のアルミニウム層) をポリ酢酸ビニル (15 g) のトリクロロ酢酸エチル (25 g) 溶液で被覆した。被覆層をもう一つの金属化プラスチックフィルムと貼り合わせた。このサンドイッチ構造の電気容量は 16.4 マイクロファラデーであった。キャパシタに 400 ラジアン の 100 KeV の X 線を放射した。電気容量は 6.1 ナノファラデーへと変化し、約 2 時間後に金属化フィルムは透明となった。

【0312】

実施例 2：電離放射線を用いた電気抵抗の変化

金属化プラスチックフィルム (4ミルのポリエステルフィルム上の厚さ約 10 nm のアルミニウム層) を #3 ギャップバー (gap bar) を用いてポリ酢酸ビニル (15 g) のトリクロロ酢酸エチル (25 g) 溶液で被覆した。被覆層をセロファンフィルムと貼り合わせた。組立品を電位計 / マルチメータに接続した。図 25 (a) に示すように、254 nm 4 ワット UV ランプを数分間、5 cm の距離でフィルムに照射した。電気抵抗の変化をビデオカメラで記録した。抵抗は数時間のうちに 0.56 キロオームから 21.6 メガオームへと変化し、フィルムはほとんど透明になった (図 25 (b) 参照)。

30

【0313】

実施例 3：TTI デバイスの電気抵抗の変化

TTI (時間 - 温度指示体) デバイスを我々の米国特許出願第 12 / 478, 232 号の実施例 6 の通りに製造した。電気抵抗の変化を室温でビデオカメラを用いて記録した。抵抗は約 18 時間後に 4.2 オームから 18.4 メガオームへと変化し、フィルムはほとんど透明となった。

40

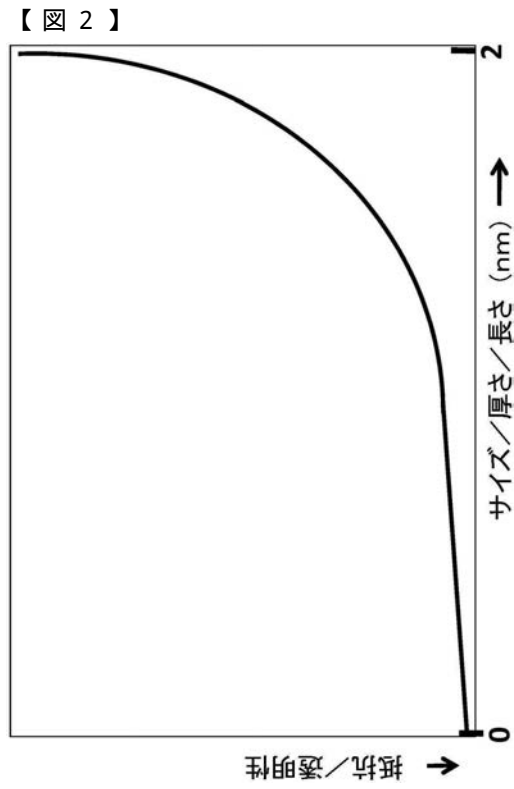
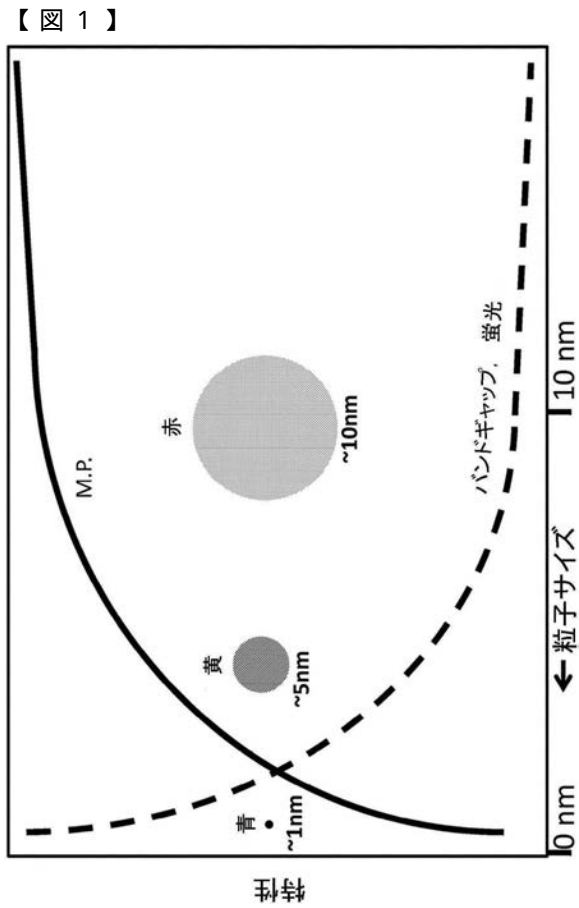
【0314】

実施例 4：湿度による電気抵抗の変化

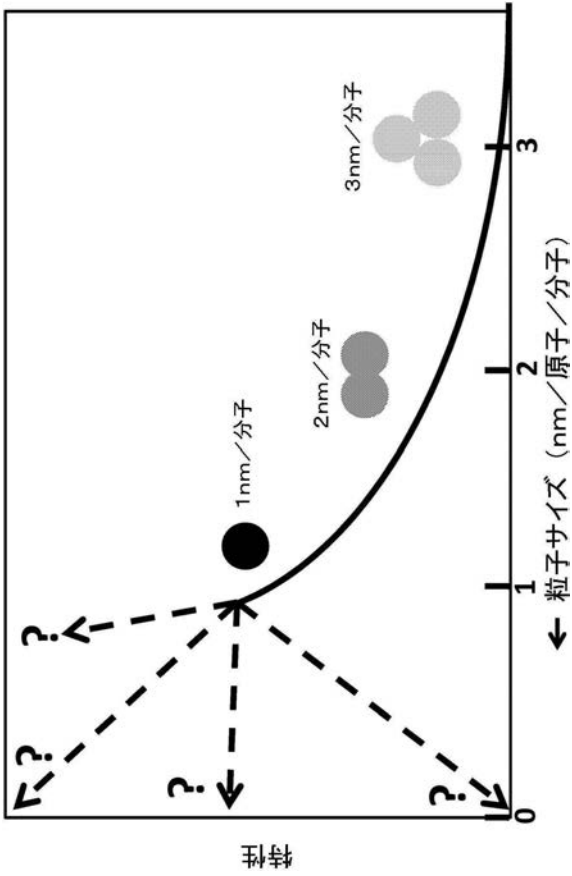
0.5 g の炭酸カリウムを 2 g の水に溶解させた。この溶液をポリビニルピロリドン (イソプロパノール 100 g およびメチルエチルケトン 50 g 中に 33 g) 25 g 中に均質化しながら徐々に添加した。溶液を金属化プラスチックフィルム (2ミルのポリエステルフィルム上の厚さ約 9 nm のアルミニウム層) 上に被覆し、90 で 15 分間乾燥させた。乾燥フィルムのストリップ片を感圧性テープを用いて両端を切断封止し、湿度の拡散を防止 / 最小化した。該ストリップ片を電位系に接続した。周囲湿度 (約 30) および温度 (25) 下での電気抵抗の変化をビデオカメラを用いて記録した。抵抗は 34 分のう

50

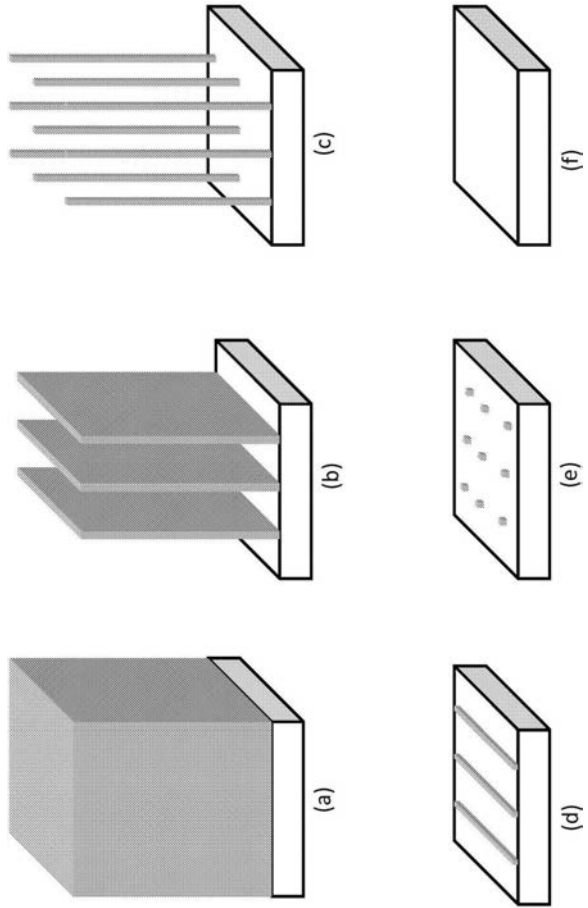
ちに35.8オームから2.52メガオームへと変化し、フィルムはほとんど透明になった。



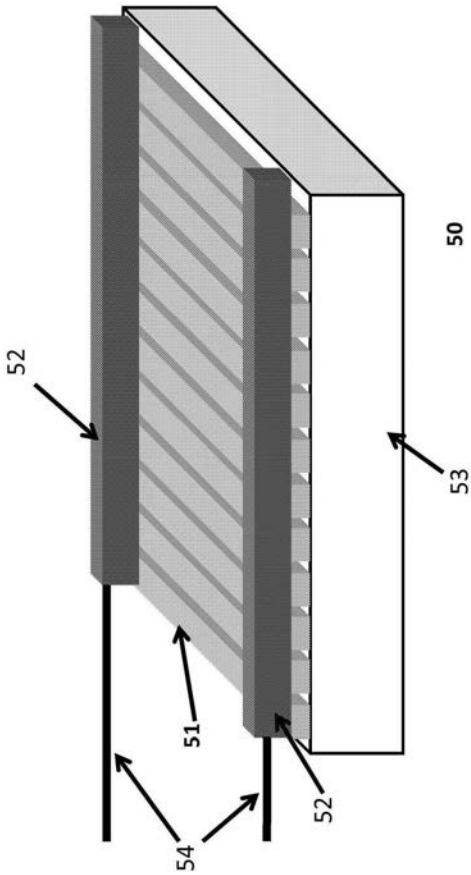
【 図 3 】



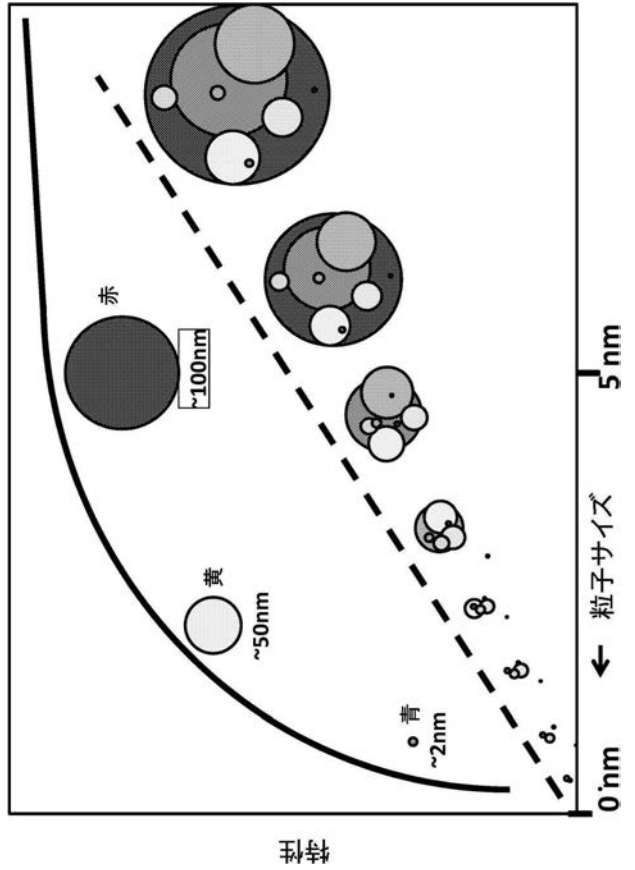
【 図 4 】



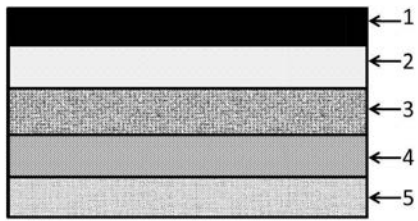
【 図 5 】



【 図 6 】

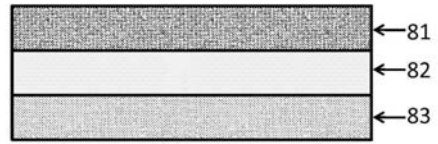


【 図 7 】



70

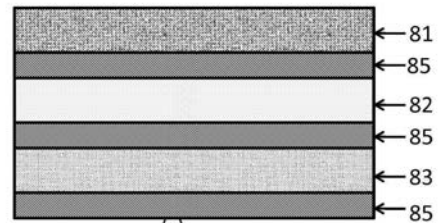
【 図 8 】



(a)

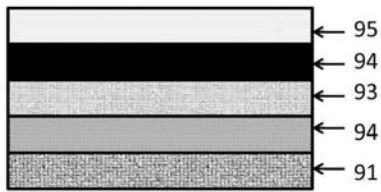


(b)



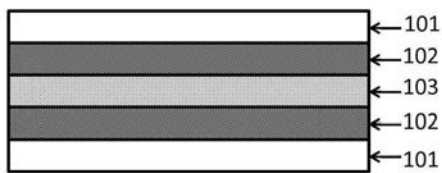
(c)

【 図 9 】



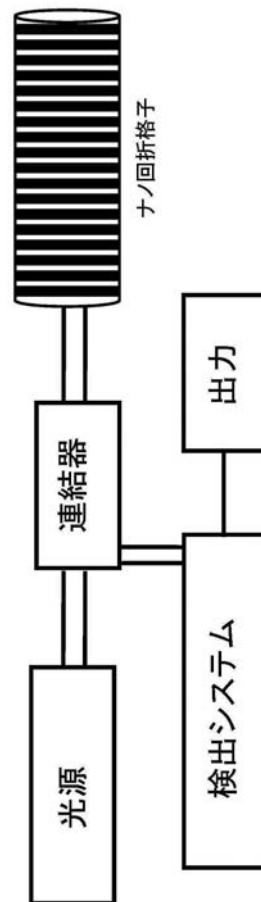
90

【 図 1 0 】

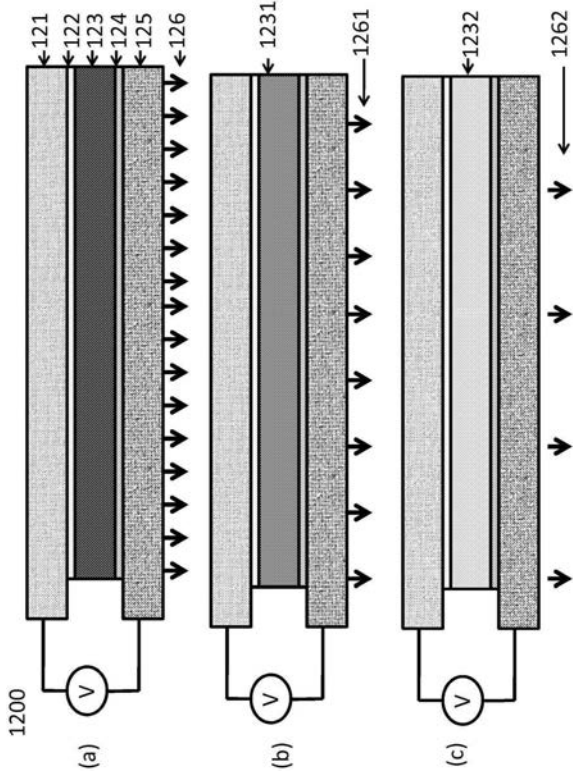


100

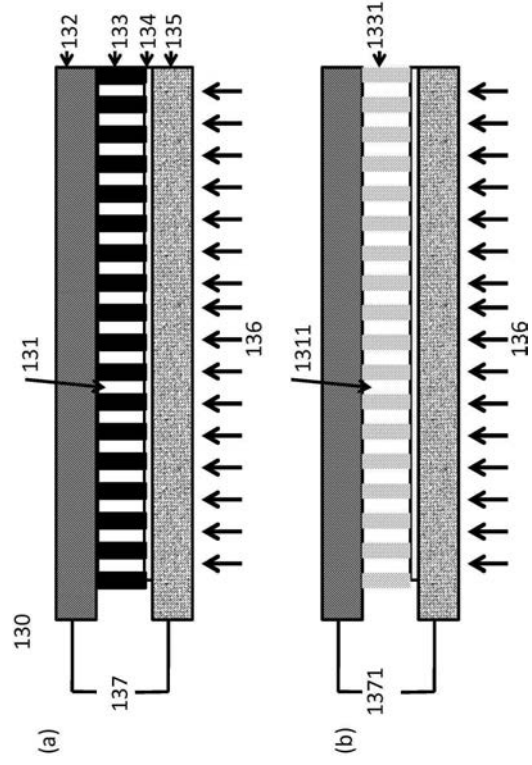
【 図 1 1 】



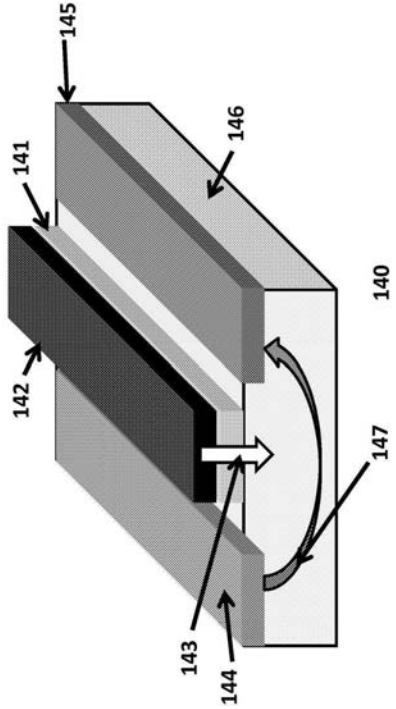
【 図 1 2 】



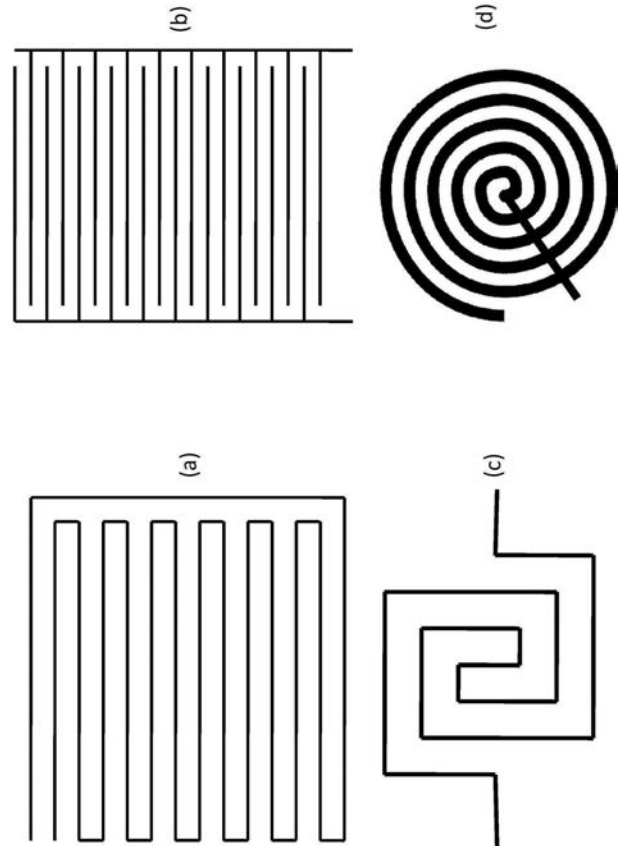
【 図 1 3 】



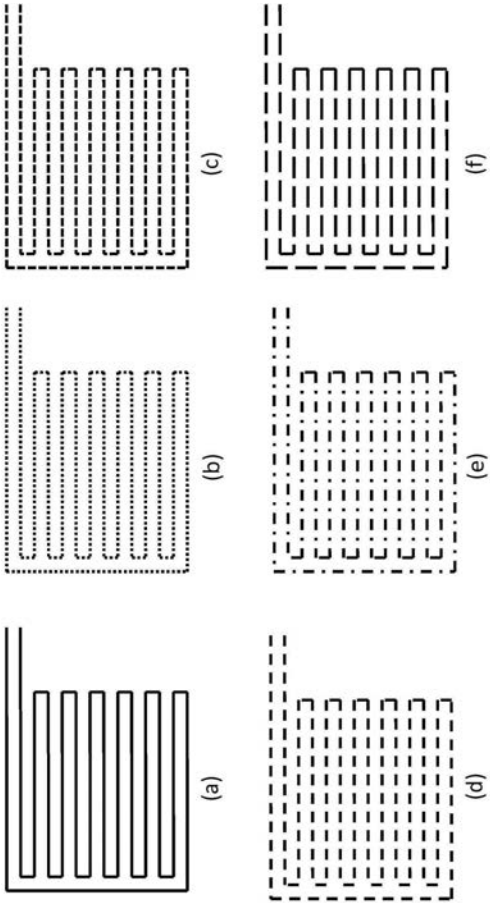
【 図 1 4 】



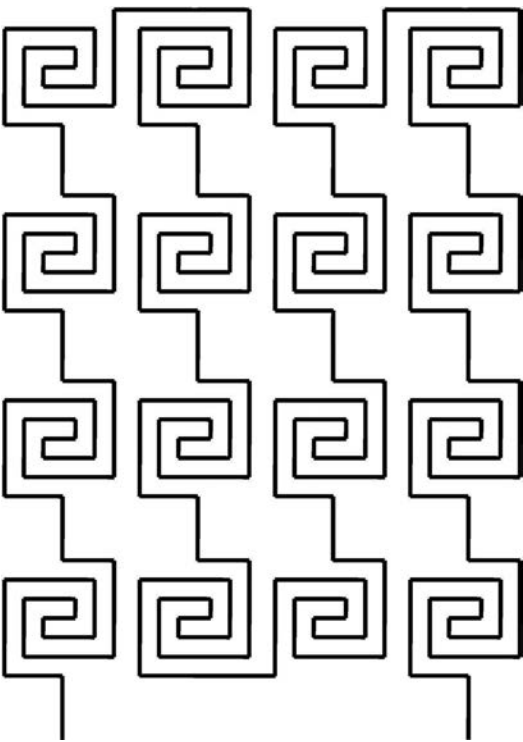
【 図 1 5 】



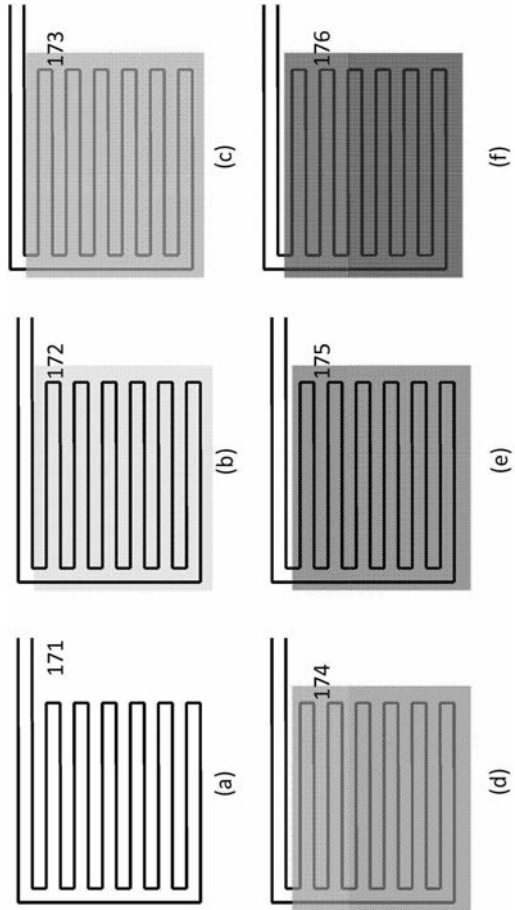
【 図 1 6 】



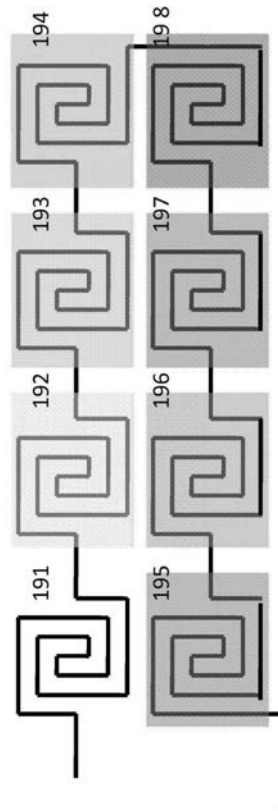
【 図 1 8 】



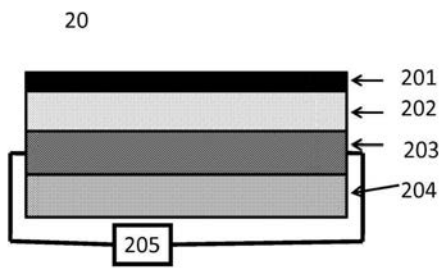
【 図 1 7 】



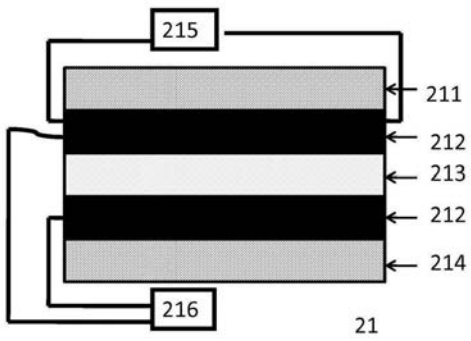
【 図 1 9 】



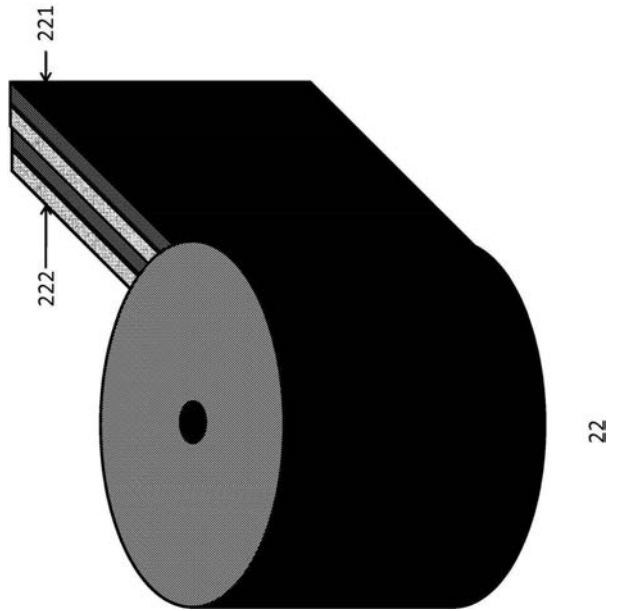
【 図 2 0 】



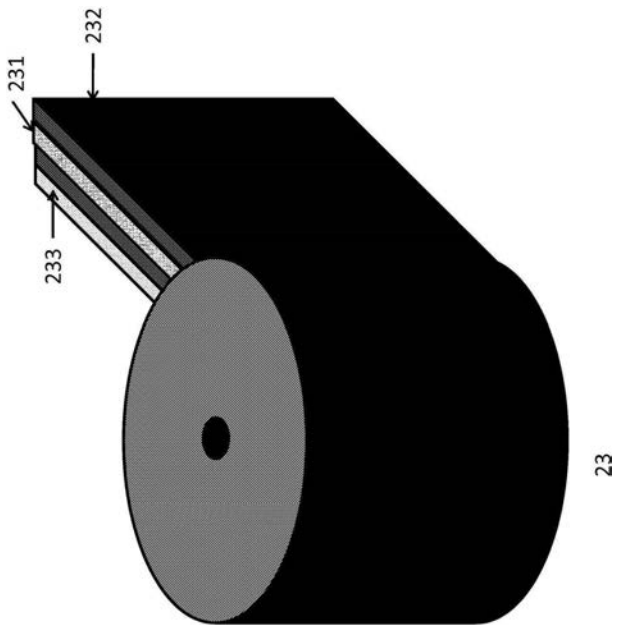
【 図 2 1 】



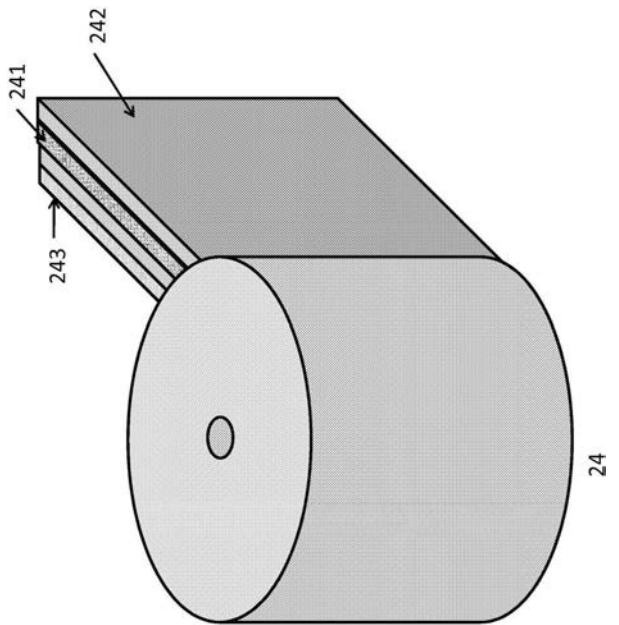
【 図 2 2 】



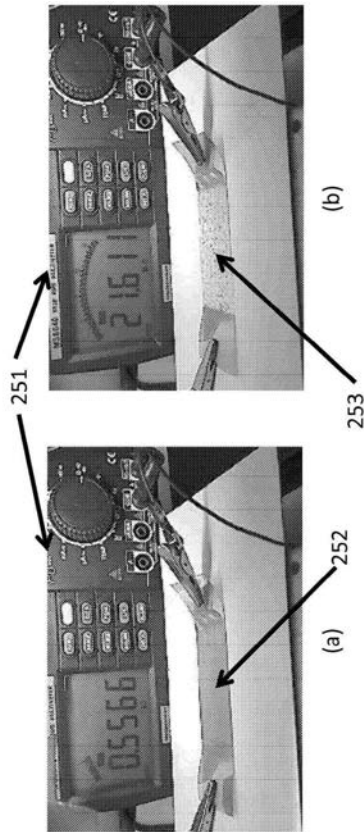
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【図 2 5】



【手続補正書】

【提出日】平成29年6月30日(2017.6.30)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ナノ構造と、
前記ナノ構造の破壊時の前記ナノ構造の特性の変化を測定する手段と、
を含む指示システム。

【請求項 2】

前記破壊は、融解、融合、溶解、膨潤、乾燥、エッチング、凝固、変換、変形、結晶化、欠陥形成、分解、反応、拡散、複合体または付加物形成、変形、相、反応性、状態、サイズ、形状、ドーピングの性質、磁性、多孔性、透過性低下、放射性崩壊、腐食、分解、崩壊、悪化、脱金属、合体、吸着、脱離、融解、結晶化、相転移、電子または核構造、磁性および光学特性のうちの 1 以上に起因する、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 3】

前記ナノ構造は少なくとも 1 次元において 1 , 0 0 0 n m 未満である、請求項 1 に記載の指示システム。

【請求項 4】

前記ナノ構造は、ナノアンテナ、ナノボール、ナノベルト、ナノバイポッド、ナノカプセル、ナノクラスター、ナノ結晶、分枝状ナノ結晶、ナノデンドリマー、ナノドット、ナノフィルム、ナノファイバー、ナノフレクノシート、ナノ流体、ナノレイヤー、ナノ粒

子、ナノロッド、ナノスフェア、ナノスプリング、ナノテトラポッド、分枝状テトラポッド、ナノトリポッド、ナノチューブ、ナノワイヤ、プラズモン、量子ドット、および量子井戸からなる群から選択される1以上の構造である、請求項1に記載の指示システム。

【請求項5】

前記ナノ構造は、反応性または不安定な、有機材料、無機材料、有機金属材料、または生体材料である、請求項1に記載の指示システム。

【請求項6】

前記ナノ構造は金属から製造される、請求項1に記載の指示システム。

【請求項7】

前記金属は銅、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム、金、銀、シリコンまたはこれらの合金である、請求項6に記載の指示システム。

【手続補正書】

【提出日】平成29年8月21日(2017.8.21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

1000nm未満の、反応性または不安定な、有機材料、無機材料、有機金属材料、または生物学的材料からなるナノ構造と、

活性化剤の前駆体と、

を含む指示システムであって、

有毒または有害な、化学的、生物学的または放射的な、被分析物、作用因子または活性化剤によって前記ナノ構造の破壊が引き起こされ、それによって化学的に異なる化合物が生じ、その結果としての特性の変化を分析的な装置または方法を用いてモニターする、指示システム。

【請求項2】

前記破壊は、融解、融合、溶解、膨潤、乾燥、エッチング、凝固、変換、変形、結晶化、欠陥形成、分解、反応、拡散、複合体または付加物形成、変形、反応性、状態、サイズ、形状、ドーピングの性質、磁性、多孔性、透過性、分解、放射性崩壊、腐食、分解、崩壊、悪化、合体、吸着、脱離、融解、結晶化、相転移、電子または核構造、磁性および光学特性のうちの1以上に起因する、請求項1に記載の指示システム。

【請求項3】

前記ナノ構造は、ナノアンテナ、ナノボール、ナノベルト、ナノバイポッド、ナノカプセル、ナノクラスター、ナノ結晶、分枝状ナノ結晶、ナノ dendリマー、ナノドット、ナノフィルム、ナノファイバー、ナノフレック/シート、ナノ流体、ナノレイヤー、ナノ粒子、ナノロッド、ナノスフェア、ナノスプリング、ナノテトラポッド、分枝状テトラポッド、ナノトリポッド、ナノチューブ、ナノワイヤ、プラズモン、量子ドット、および量子井戸からなる群から選択される1以上の構造である、請求項1または2に記載の指示システム。

【請求項4】

前記生物学的な作用因子がウイルスまたは細菌である、請求項1～3のいずれか1項に記載の指示システム。

【請求項5】

有機、無機、有機金属および生体の化合物および作用因子または被分析物への曝露を分析方法を用いてモニタリングするのに用いるために設計されている、請求項1～4のいずれか1項に記載の指示システム。

【請求項6】

時間、時間 - 温度、融解、凍結、湿度、電離放射線、温度、マイクロ波、殺菌、化学物質、生物学的因子または化学的因子のモニタリングのために設計されている、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の指示システム。

【請求項 7】

前記殺菌は、蒸気、エチレンオキシド、プラズマ、ホルムアルデヒド、乾式加熱、過酸化水素または過酢酸を用いて行われる、請求項 6 に記載の指示システム。

フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード(参考)	
G 0 1 T	5/04	(2006.01)	G 0 1 T	5/04	
B 8 2 Y	35/00	(2011.01)	B 8 2 Y	35/00	
G 0 1 N	27/04	(2006.01)	G 0 1 N	27/04	Z
G 0 1 N	27/22	(2006.01)	G 0 1 N	27/22	Z
			G 0 1 N	27/04	A

【外国語明細書】

2017205868000001.pdf

2017205868000002.pdf

2017205868000003.pdf

2017205868000004.pdf