

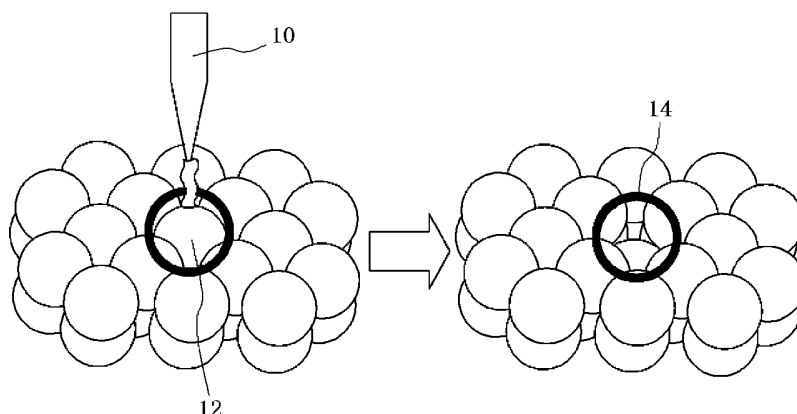


- (51) 国際特許分類:
B82B 3/00 (2006.01) *C01B 31/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/023923
- (22) 国際出願日: 2005 年 12 月 27 日 (27.12.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2004-377257
2004 年 12 月 27 日 (27.12.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人岡山大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION OKAYAMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市津島中一丁目 1 番 1 号 Okayama (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 久保園 芳博 (KUBOZONO, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市津島中三丁目 1 番 1 号 岡山大学大学院自然科学研究科内 Okayama (JP). 杉山 博行 (SUGIYAMA, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市津島中三丁目 1 番 1 号 岡山大学大学院自然科学研究科内 Okayama (JP). 藤木 聡 (FUJIKI, Satoshi) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市津島中三丁目 1 番 1 号 岡山大学理学部内 Okayama (JP). 増成 宏介 (MASUNARI, Kosuke) [JP/JP]; 〒7008530 岡山県岡山市津島中三丁目 1 番 1 号 岡山大学理学部内 Okayama (JP).
- (74) 代理人: 杉村 興作, 外 (SUGIMURA, Kosaku et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 2 番 4 号 霞山ビルディング 7 F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

/ 続葉有 /

(54) Title: METHOD OF REMOVING/TRANSFERRING FULLERENE ON MOLECULAR SCALE AND METHOD OF MOLECULAR-SCALE PATTERN RECORDING

(54) 発明の名称: フラーレンを分子スケールで除去/移動する方法および分子スケールのパターン記録方法



(57) Abstract: In the closest packed structure of fullerene, there is provided a method of removing/transferring fullerene molecules on a molecular scale. A probe of STM is drawn near a fullerene molecule to be removed. At that time, the distance between the probe and the fullerene molecule is set so as to realize such a positioning that under application of a bias voltage, there is observed a tunnel current of given value. Subsequently, when bias voltage V_s is applied so as to influence the fullerene molecule, the fullerene molecule is removed, resulting in formation of a void. Bias voltage is applied to a molecule adjacent to the void so as to transfer the molecule into the void. In this manner, a pattern formation can be accomplished.

(57) 要約: フラーレンの最密充填構造において、フラレン分子を分子スケールで除去/移動する方法を提供する。STMの探針を、除去を目的とするフラレン分子に近づける。こ

/ 続葉有 /





BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

の場合に、探針とフラレン分子との間の距離は、バイアス電圧を印加しておいて、所定値のトンネル電流を観測する位置にセットする。続いて、バイアス電圧 V_0 を印加して、フラレン分子に影響を与えるとフラレン分子が除去され空隙が形成される。空隙に隣接する分子にバイアス電圧を印加して、分子を空隙に移動させることによりパターンを形成できる。

明 細 書

フラーレンを分子スケールで除去／移動する方法および分子スケールのパターン記録方法

技術分野

- [0001] 本発明は、フラーレンの最密充填構造から、フラーレンを分子スケールで除去／移動する方法に関し、さらにはこの方法を用いて、分子スケールの文字、図形、パターンを記録する方法に関する。

背景技術

- [0002] 原子スケールで文字、画像、パターン(以下、これらを総称してパターンと言う)を記録する従来の技術としては、原子をマニピュレーションすることや、空隙を空けることによって、パターンの記録を低温で行っているが、この方法では、自在なパターン再構成を行うことは不可能であった。これは、原子の配列・集合が共有結合やイオン結合などによって形成されており、自在に移動させることが困難であり、空隙を空けた後の歪みが、配列・集合体の不安定化をもたらすからである。
- [0003] 一方、分子スケールでパターンを記録する技術の確立は、ナノテクノロジーの究極の技術として、近年盛んに議論されてきた。たとえば、分子を1ビットとする情報記録デバイスでは、 $10\text{Tb}/\text{cm}^2$ 以上の集積度を有することになるが、その他にも分子を自在に制御してナノスケールの配線を行う可能性が期待される。“松本和彦著 ナノカーボン材料と有機分子の素子応用, 柳裕之, 横山直樹共編‘ナノエレクトロニクス’オーム社(東京), 第9章”を参照されたい。
- [0004] 特に、フラーレンは、1nmスケールのサイズを有するので、他の有機分子に比べて大きく、走査トンネル顕微鏡(STM)を始めとするプローブ技術で比較的簡単に観察できるとともに、最密充填構造を作れることが報告されている。また、STMの探針からの電場印加によって、容易にポリマー化することなどが報告されている。“Y.B.Zhao, D.M.Poirier, R.J.Pechiman, J.H.Weaver, Appl.Phys.Lett.64,31(1994)”および“Y.Nakamura, F.Kagawa, K.Kasai, Y.Maera, K.Maeda, Surface Science, 528,151(2003)”を参照されたい。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0005] フラーレンの最密充填構造をパターン記録に用いる場合には、1個の分子を取り除いたり、移動させる技術が必要になる。しかし、現在のところ、単一分子に限って、分子を除去したり、移動させる技術は存在しない。
- [0006] 本発明の目的は、フラーレンの最密充填構造において、フラーレン分子を分子スケールで除去および／または移動する方法を提供することにある。
- [0007] 本発明の他の目的は、フラーレンの最密充填構造において、フラーレン分子を分子スケールで除去および移動することによりパターンを記録する方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0008] フラーレンの最密充填構造を形成し、これをSTMで観測した後に、目的とするフラーレン分子1個に対してSTM探針から静電場を印加することによって、1分子に限って影響を与えて、1分子の特性を変化させる、分子を取り除く、あるいは移動させることができる。
- [0009] 前述したように、原子をマニピュレーションする方法では、自在なパターン再構成を行うことは不可能であった。これは、原子の配列・集合が共有結合やイオン結合などによって形成されており、自在に移動させることが困難であり、空隙を空けた後の歪みが配列・集合体の不安定化をもたらすためであった。これに対し、ファンデルワールス力が支配的しているフラーレン分子の配列・集合体では、自在な移動が可能であり、空隙を空けた後にも歪みエネルギーを最低にするための自己再組織化が起こるからである。
- [0010] 原子のマニピュレーションは、低温で行う必要があるが、本発明の方法は、少なくとも常温(15～20℃)で行うことができる。0～50℃の範囲でも可能である。
- [0011] また、フラーレンを使って最密充填構造を形成した後に、1分子に限って静電場を加えて、分子を制御すれば分子を利用したパターンを記録することが可能となる。
- [0012] さらに、空隙に隣接する分子に静電場を加えて分子を移動させることにより、パターンを再構成することが可能となる。

- [0013] なお、本発明に用いられるフラーレンは、 C_{60} を始めとして、 C_{70} 、 C_{82} 、 C_{84} 、 C_{86} 、 C_{88} 、 C_{90} などである。さらには金属原子 (Ce, Dy, Pr) を内包するフラーレンも用いることができる。

発明の効果

- [0014] 本発明によれば、フラーレン1分子に絞って静電場を与えることにより、1分子を取り除き、さらに移動させることによって、フラーレンの最密充填構造に自在にパターンを構成することが可能となる。すなわち、最密充填構造に1分子レベルで分子を取り除いて、数個の穴を空けて、パターンを構成するとともに、それを移動させることによってパターンを再構成することが可能となる。これにより、高密度の情報蓄積、ナノスケールでのパターンニング、ナノスケールでのアニメーション等のナノテクノロジーの究極の形態である分子を利用したデバイス、デバイスのための素材形成が可能となる。また、原子のマニピュレーションなどに比べて簡単にナノスケールのパターンの記録ができ、得られるパターンも原子によるものに比べて鮮明である。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]シリコン基板の清浄表面に数モノレイヤー蒸着した C_{60} 分子の最密充填構造のSTMイメージである。
- [図2]分子を除去する様子を示す図である。
- [図3]バイアス電圧の波形図である。
- [図4]分子が除去されたSTMイメージである。
- [図5]作製されたオリオン座のパターンSTMイメージである。
- [図6]作製された北斗七星のパターンSTMイメージである。
- [図7]分子を移動させる様子を示す図である。
- [図8A]パターン再構成の一例を示すSTMイメージである。
- [図8B]パターン再構成の一例を示すSTMイメージである。
- [図9]バイアス電圧 V_s の波形を示す図である。
- [図10]トンネル電流を変化させた場合の空隙形成確率を示す図である。
- [図11]探針位置を示す図である。
- [図12]バイアス電圧の印加時間を変化させた場合の空隙形成確率を示す図である。

[図13]バイアス電圧の値を変化させた場合の空隙形成確率を示す図である。

[図14A]空隙を移動させることによって文字を変化させたSTMイメージである。

[図14B]空隙を移動させることによって文字を変化させたSTMイメージである。

[図14C]空隙を移動させることによって文字を変化させたSTMイメージである。

発明を実施するための最良の形態

- [0016] Si(111) – (7x7) 清浄表面上にフラーレンを数層蒸着し、基板温度を120℃に加熱することによって、最密充填構造を形成する。これをSTMにより観測した後に、目的とするフラーレン分子の位置にSTM探針を固定して、バイアス電圧が正または負となるように、STM探針と最密充填構造表面との間に静電場を印加して、フラーレン分子を取り除く。あらかじめ決定した複数個の分子を取り除くことによって、パターンを構成する。さらに穴の空いた空隙に隣接したフラーレン分子を目標として、STM探針により静電場を印加することによって、フラーレン分子を移動させることができる。これにより、パターンの再構成が可能であり、自在な書き込み、読み取りを行うことができる。

以下に、本発明の実施例について詳細に説明する。

実施例 1

- [0017] 図1は、シリコン基板の清浄表面に数層蒸着したC₆₀分子の最密充填構造6の走査トンネル顕微鏡 (STM) イメージである。小さい丸いボール8がC₆₀分子であり、これが最密充填構造を構成して規則的に配列している。
- [0018] 図2は、分子を除去する様子を示す図である。STMの探針10を、除去を目的とする分子12に近づける。この場合に、探針10と分子12との間の距離は、2Vのバイアス電圧を印加しておいて、トンネル電流を1.4～1.6nA、好ましくは1.5nA観測する位置にセットする。
- [0019] 続いて、フラーレン分子に対してバイアス電圧V_sを印加する。バイアス電圧V_sは、図3に示すように、-2Vから0Vまで3msずつ2mVのステップで上昇する階段状に変化する連続電圧である。
- [0020] フラーレン分子に印加されるバイアス電圧V_sは負であるので、探針側は正電圧となり、C₆₀分子の価電子帯に正孔が注入される形で正電場印加が行われる。

- [0021] このバイアス電圧の印加を終了して、STMで観察すると、目的としたフラーレン分子1個が除去されて、空隙ができているのを確認できた。図2に、1個のフラーレン分子が除去されたSTMイメージを示す。図において、14はフラーレン分子が除去されてできたあとの分子空隙を示している。
- [0022] 大きな空隙を作るためには、既に形成された空隙に隣接する分子に、1個の分子を除去するのと同じ条件で静電場を加えることにより行うことができる。図4には、4個のフラーレン分子を除去することにより形成された空隙を15で示している。
- [0023] 以上のようにして、複数個の分子を除去すれば、パターン(画像)を作製可能である。図5に、作製されたオリオン座のパターンのSTMイメージを示す。また図6に、作製された北斗七星のパターンのSTMイメージを示す。
- [0024] 次に、空隙の空いた部分の隣のフラーレン分子に静電場を印加して、フラーレン分子を空隙へ移動(スライド)させる方法について説明する。
- [0025] 図7は、フラーレン分子を移動させる様子を示す図である。空隙14の隣のフラーレン分子16に白金-イリジウム(Pt-Ir)合金よりなる探針を近づけて、2Vのバイアス電圧を印加してトンネル電流を1.1~1.3nA、好ましくは1.2nA観察する位置に探針をセットする。この場合の分子と探針との間の距離は、前述した分子を除去する場合の距離と比べて、大きくなる。また、STMを観測する場合よりは、小さい距離である。
- [0026] 図3に示した階段状バイアス電圧を印加して、フラーレン分子に影響を与えると、図7に示すように、フラーレン分子16が空隙14へ移動する。フラーレン分子16の元の位置には、新たな空隙ができている。これは、あらかじめ書き込んでおいたパターン(画像)を容易に再構成できることを意味する。
- [0027] パターン再構成の一例を以下に示す。図8A、図8Bは、ランダムに分子空隙を作っておいた画像(図8A)から、分子を移動させることにより、"I. Y."と言う文字(図8B)を描いた例を示す。このように、分子空隙の作製と分子移動を行うことにより自在なパターンの書き込み、再構成が可能となる。
- [0028] 以上の各実施例では、バイアス電圧 V_s は負としたが、0Vから+2Vまで3msずつ2mVのステップで上昇する正のバイアス電圧 V_s を印加しても分子は除去される。この

場合には、探針側は負電圧となり、 C_{60} 分子の伝導帯に対して電子が注入される形で静電場が印加される。なお、本実施例は、すべて室温で行ったものである。

実施例 2

- [0029] 本実施例では、STM探針としてタングステン(W)よりなる探針を用いる。また、フラーレン分子に印加されるバイアス電圧 V_s は、一定電圧を用いるものとする。図9にバイアス電圧 V_s ($-2V$)の波形を示す。 τ は、印加時間を示す。
- [0030] 本実施例では、(1)探針位置を変化させる、(2)バイアス電圧 V_s の印加時間 τ を変化させる、(3)バイアス電圧 V_s の値を変化させることによる空隙形成確率を調べた。空隙は、単一分子スケールで形成されているものとする。
- [0031] バイアス電圧 $2V$ のもとで任意のトンネル電流 I_t を観測する位置において、STMのフィードバック回路を切断して探針を固定した後に、 $V_s = -2V$ を $\tau = 3000ms$ 間印加したときの空隙形成確率を図10に示す。トンネル電流 I_t を変化させることは、図11に示すように、W探針10と、フラーレン最密充填構造表面20との間の距離を変化させることを意味する。
- [0032] ここで、探針10がフラーレン最密充填構造の表面20に近づくと、トンネル電流 I_t は大きくなる。図10によれば、探針10がフラーレン最密充填構造の表面20に近づくと、空隙形成確率が増加していることがわかる。トンネル電流 I_t が $1.0nA$ 流れる探針位置から空隙形成確率が増大し始め、トンネル電流 I_t が $1.5nA$ 流れる探針位置からさらに近づくと、空隙形成確率がほぼ一定となる。一定となる理由としては、探針を近づけすぎた場合は、探針に発生する熱が表面分子の熱ドリフトを誘起して、電界が単一分子に集中しなくなることが考えられる。
- [0033] 以上のことから、探針を近づけていき、バイアス電圧 V_s を印加することによって空隙形成確率は上昇するが、近づけすぎると空隙確率は飽和してしまうことがわかる。また、トンネル電流 I_t が $1.0nA$ 流れる探針位置から空隙形成確率が増大し始めるので、空隙形成に、しきい距離が存在することがわかる。
- [0034] 次に、バイアス電圧 $2V$ 、トンネル電流 $I_t = 1.5nA$ の位置で、STMのフィードバック回路を切断して探針位置を固定した後に、バイアス電圧 $V_s = -2.3V$ を印加する。このとき、バイアス電圧 V_s の印加時間 τ を変化させたときの空隙形成確率を調べた。測

定結果を、図12に示す。

[0035] $\tau = 200\text{ms}$ の印加で空隙が形成され始め、ほぼ単調に空隙形成確率は増加し、 1000ms 以上では空隙形成確率が徐々に飽和する傾向がある。 $\tau = 3000\text{ms}$ においては、空隙はおよそ45%の確率で形成される。

[0036] 次に、バイアス電圧 2V 、トンネル電流 $I_t = 0.6\text{nA}$ の位置で、STMのフィードバック回路を切断して探針位置を固定した後、 $\tau = 3000\text{ms}$ に固定し、バイアス電圧 V_s を変化させたときの空隙形成確率を調べた。測定結果を図13に示す。図13から、 $|V_s| = 2.8\text{V}$ 以上で空隙が形成されており、バイアス電圧 V_s の増加とともに空隙形成確率は単調な増加を示すことがわかる。また、明白なしきい電圧が存在しており、ある電圧以下では空隙は形成されないことがわかる。

[0037] これらの結果から、単一分子空隙形成に適した条件としては、探針位置をバイアス電圧 2V 、トンネル電流 $I_t = 1.5\text{nA}$ の条件で指定される位置に固定して、バイアス電圧 $V_s = -2.3\text{V}$ を $\tau = 3000\text{ms}$ 以上印加することを挙げることができる。

[0038] 図14A、図14B、図14Cに、 C_{60} 最密充填構造表面に形成した単一分子スケールの空隙を配列することによって描かれた文字“C”(図14A)と、空隙を移動させることによって文字“C”を文字“6”へと変化させ(図14B)、さらに文字“6”を文字“0”(図14C)に変化させた例を示す。

[0039] このように、同一場所に文字を次々と変更させることが可能となった。文字“C”を描いた後に文字“0”まで変化させるのに要した時間は、180分であり、その間、常温において空隙で描かれた文字は安定に維持された。これより、単一分子の空隙を使い、ナノスケールの表面に文字を連続的に書いていくことが可能となった。

なお、実施例は、すべて室温で行ったものである。

[0040] なお、以上の2つの実施例において説明したバイアス電圧の波形は一例であり、フラーレン分子に静電場を加えることにより、フラーレン分子を除去および／または移動できる波形であれば、いかなる波形であってもよい。

産業上の利用可能性

[0041] 分子スケールの空隙は、充填構造のSTMで観察するのに最適な $\sim 1\text{nm}$ の大きさである。この空隙を形成したフラーレン最密表面上を金属で被って、フラーレン分子

最上層をリフトオフすることによって、空隙内に入り込んだ金属だけを残すことが可能となるはずである。これによって、金属量子ドットを自在に形成することが可能になる。これは、分子スケールのリソグラフィ法である。すなわち、空隙を鋳型へとする量子ドットの簡便な形成が期待できる。この方法は、従来行われてきたリソグラフィ法に比べて簡便かつ精密であり、今後重要となるナノスケールでの金属量子ドット形成や金属細線作製にとって極めて有用である。

[0042] さらに、空隙内に金属や有機分子を挿入して、フラーレンとのナノスケールの複合物質を形成することが可能である。フラーレンはn型半導体として知られているので、p型半導体である有機物質を精密に配置できれば、ナノスケールでのp-nジャンクションの形成も可能である。これは、ナノスケールでのデバイス作製を効率よく精密に作製する基本技術である。

[0043] また、空隙内に異なる分子や金属を配置してナノスケールでの反応を誘起することができる。特に、空隙内に触媒をセットすることにより、選択的にある種の反応を生じさせて、バルクでは合成できなかった物質を効率よく作製することが可能となる。

請求の範囲

- [1] フラーレン分子の最密充填構造において、フラレン分子を除去する方法であって、
- 目的とする1個のフラレン分子に、走査トンネル顕微鏡の探針を近づけて固定するステップと、
- 前記走査トンネル顕微鏡の探針によって前記目的とする1個のフラレン分子にバイアス電圧を印加することにより、前記フラレン分子を除去するステップと、
- を含むフラレン分子を除去する方法。
- [2] 前記固定された探針と前記目的とする1個のフラレン分子との間の距離は、走査トンネル顕微鏡で観測されるトンネル電流の値により決定する、請求項1に記載のフラレン分子を除去する方法。
- [3] 前記バイアス電圧は、階段状に変化する正または負の連続電圧である、請求項2に記載のフラレン分子を除去する方法。
- [4] 前記バイアス電圧は、所定の印加時間を有する正または負の一定電圧である、請求項2に記載のフラレン分子を除去する方法。
- [5] 前記トンネル電流は、バイアス電圧が2Vのとき、1.0nA～3.0nAである、請求項4に記載のフラレン分子を除去する方法。
- [6] 前記トンネル電流が1.5nAであるときに、前記バイアス電圧 $|V_s|$ は2.3V、前記バイアス電圧の印加時間は500ms以上である、請求項5に記載のフラレン分子を除去する方法。
- [7] 前記トンネル電流が0.6nAであるときに、前記バイアス電圧 $|V_s|$ は2.8～3.8V、バイアス電圧の印加時間は3000msである、請求項4に記載のフラレン分子を除去する方法。
- [8] フラーレン分子の最密充填構造において、フラレン分子を移動する方法であって、
- 目的とする1個のフラレン分子に、走査トンネル顕微鏡の探針を近づけて固定するステップと、
- 前記走査トンネル顕微鏡の探針によって前記目的とする1個の第1フラレン分子

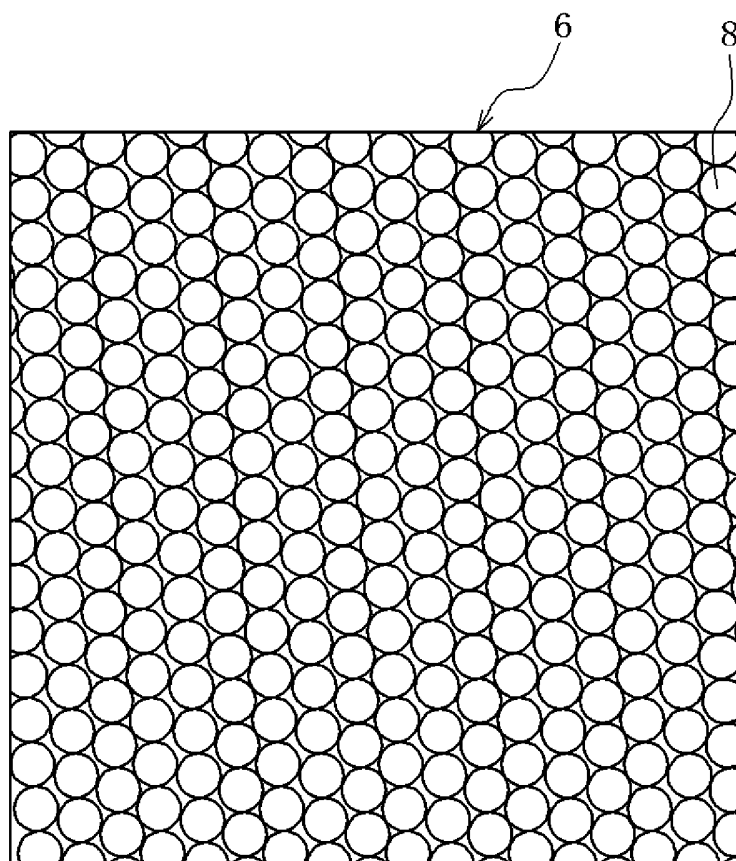
にバイアス電圧を印加することにより、前記第1フラーレン分子を除去して空隙を形成するステップと、

前記空隙に隣接する第2のフラーレン分子に、走査トンネル顕微鏡の探針を近づけて固定し、バイアス電圧を印加することにより、前記第2の分子を前記空隙に移動するステップと、

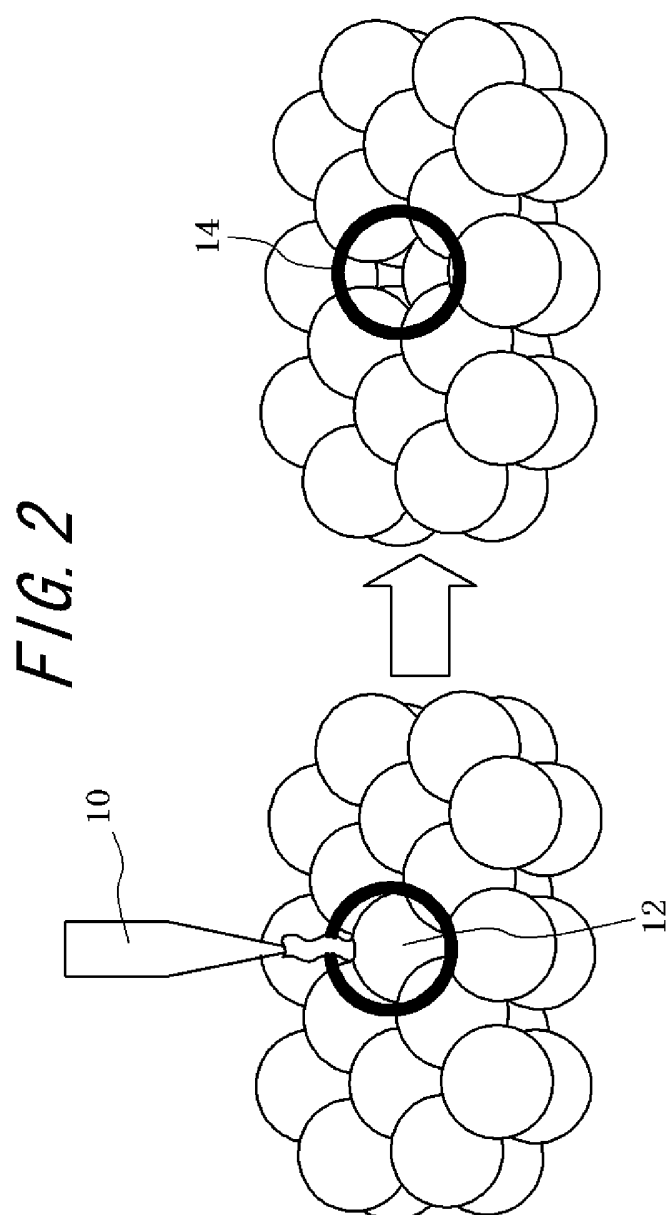
を含むフラーレン分子を移動する方法。

- [9] フラーレン分子の最密充填構造において、パターンを形成する方法であって、請求項1に記載の方法によって、複数のフラーレン分子を除去して複数の空隙を作り、これら複数の空隙によって、パターンを形成するステップを含む、パターンを形成する方法。
- [10] フラーレン分子の最密充填構造において、パターンを再構成する方法であって、請求項9に記載の方法によってパターンを形成するステップと、請求項8に記載の方法によってフラーレン分子の移動を行うことにより、前記パターンを再構成するステップと、を含む、パターンを再構成する方法。

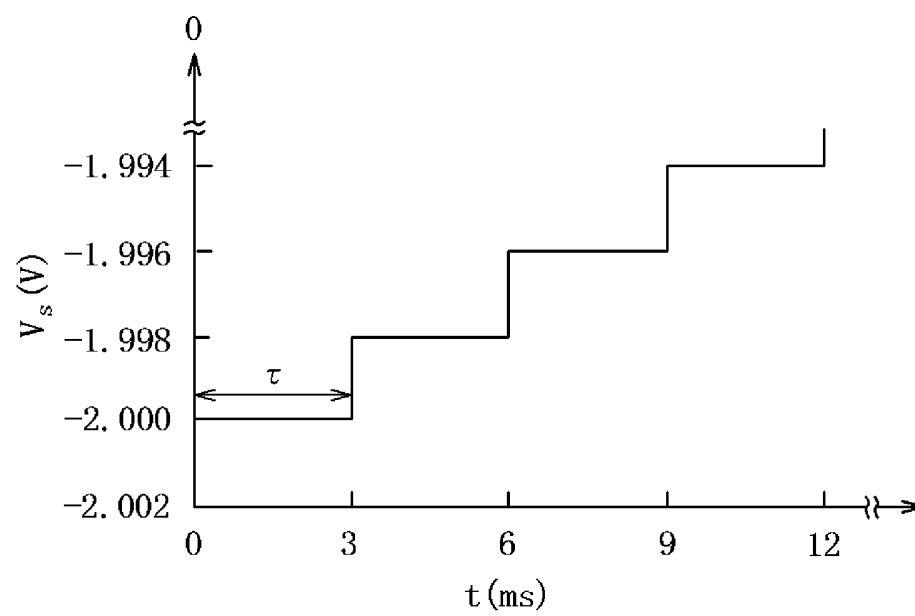
[図1]

FIG. 1

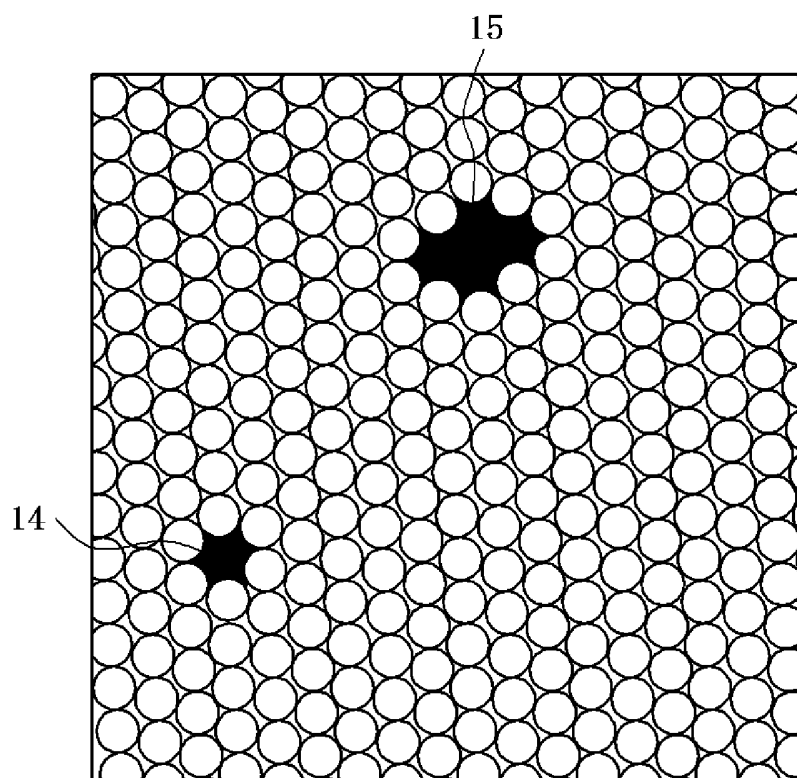
[図2]



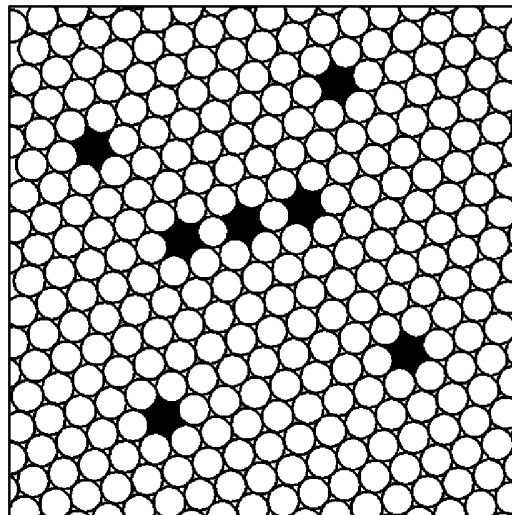
[図3]

FIG. 3

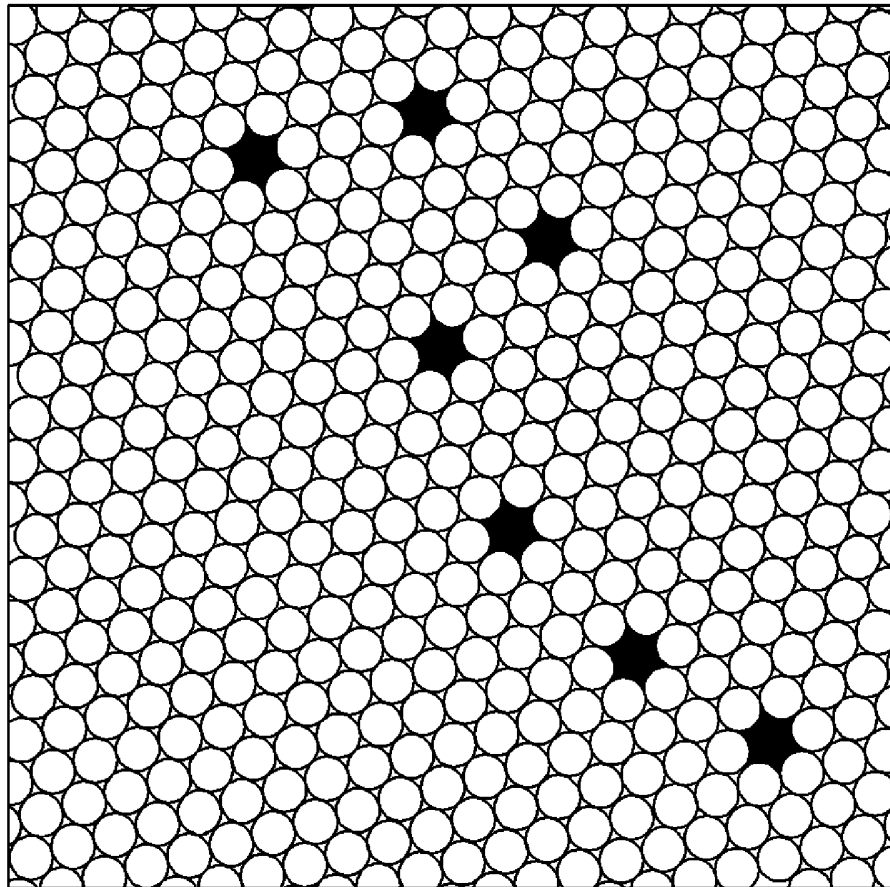
[図4]

FIG. 4

[図5]

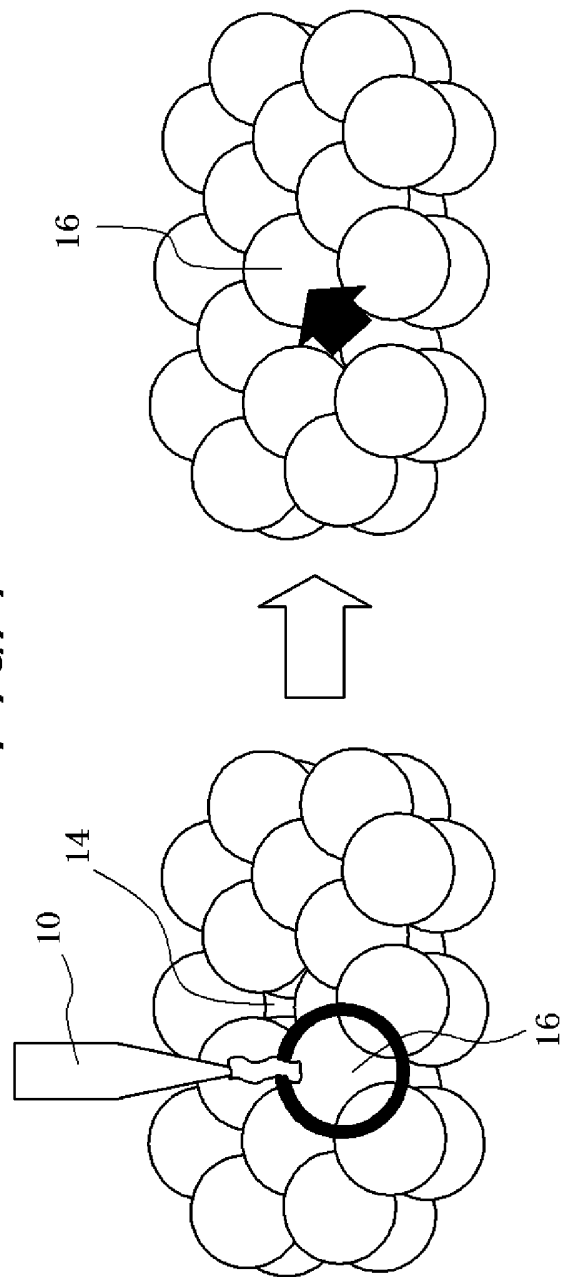
FIG. 5

[図6]

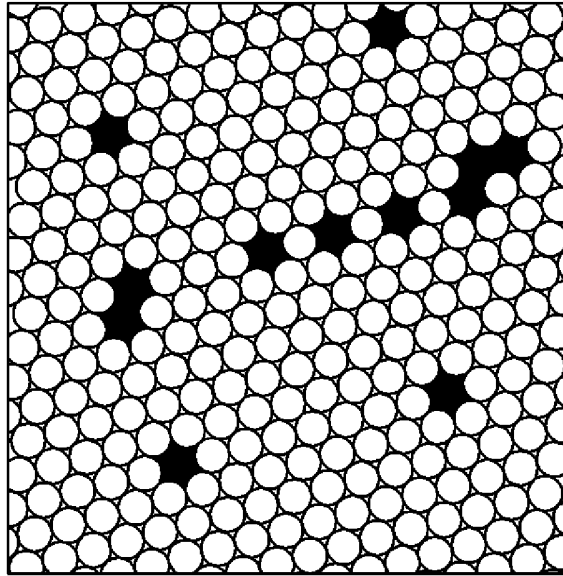
FIG. 6

[図7]

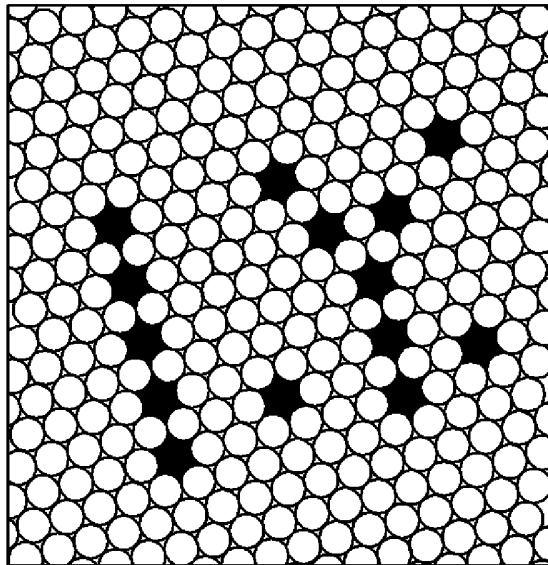
FIG. 7



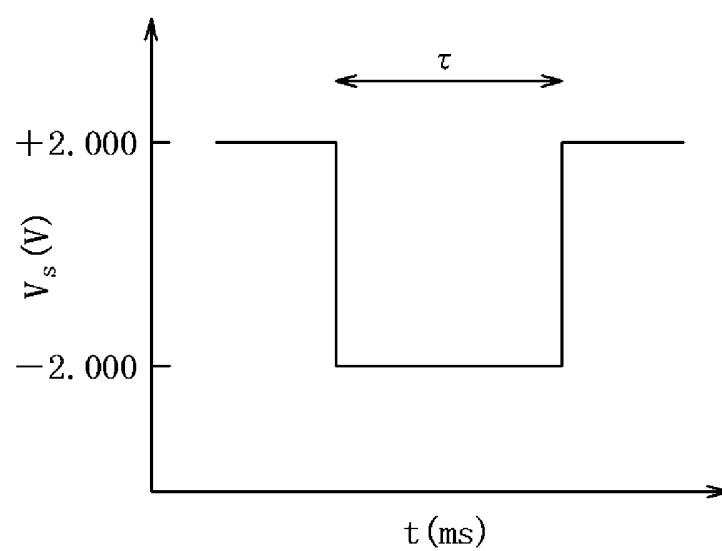
[図8A]

FIG. 8A

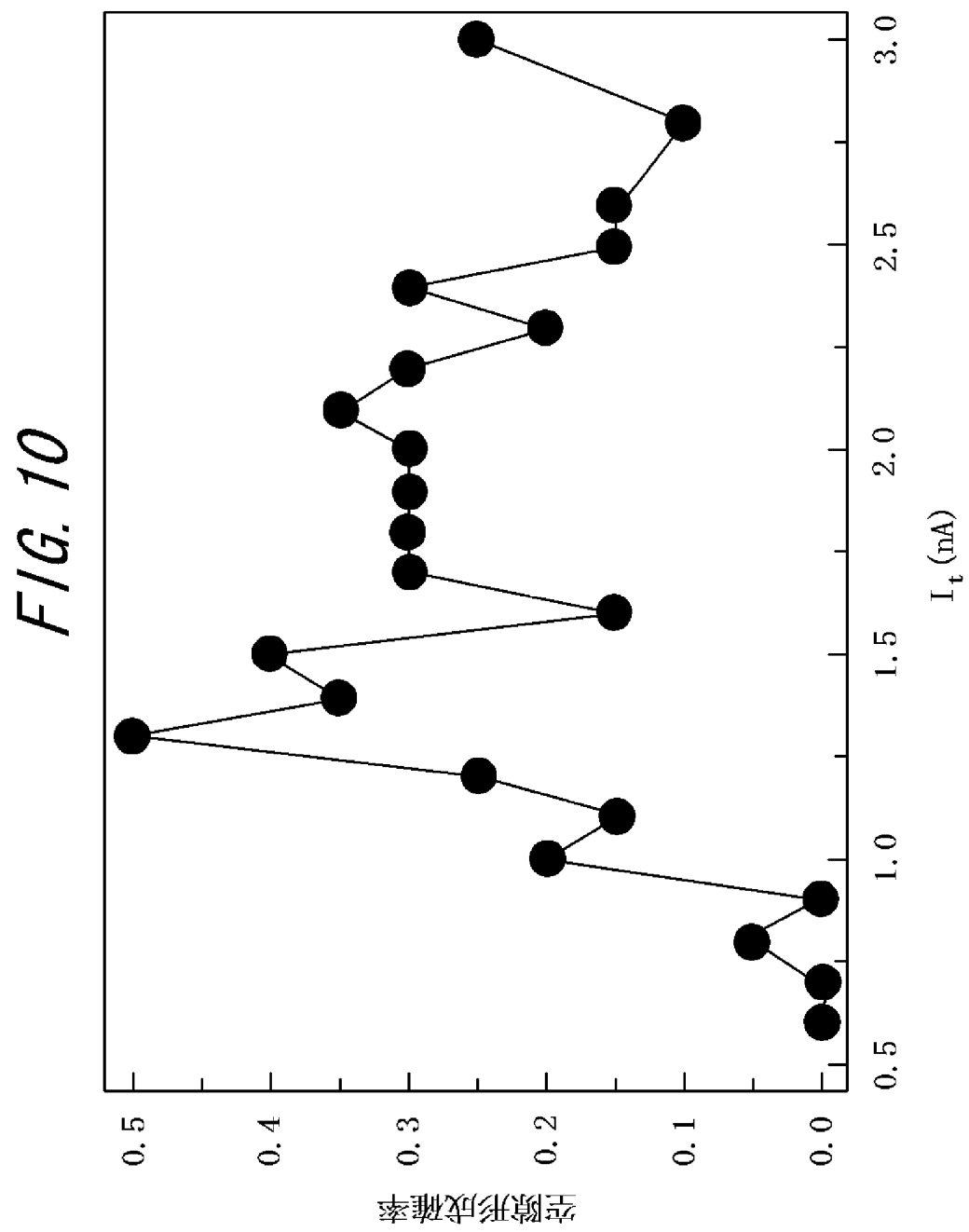
[図8B]

FIG. 8B

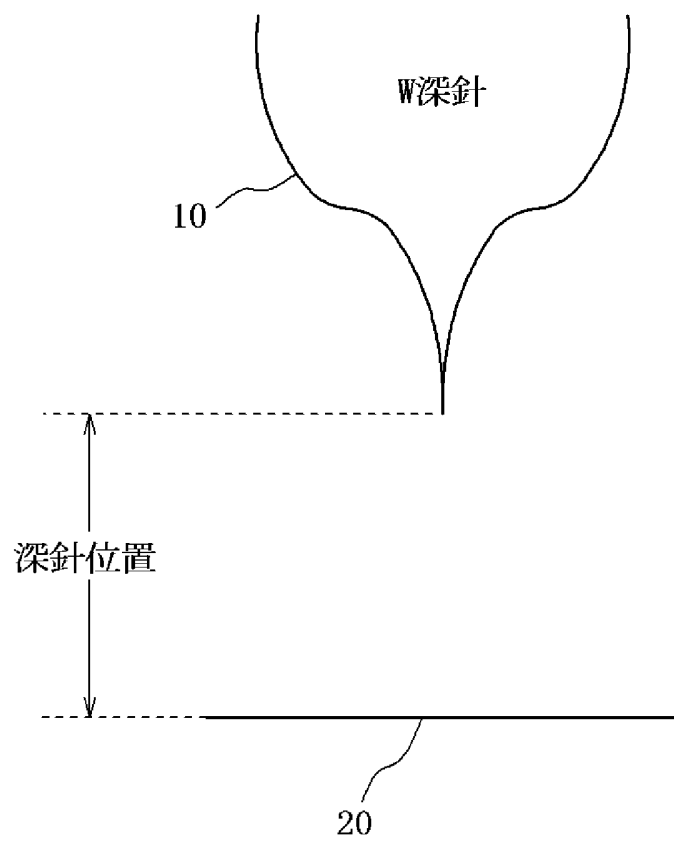
[図9]

FIG. 9

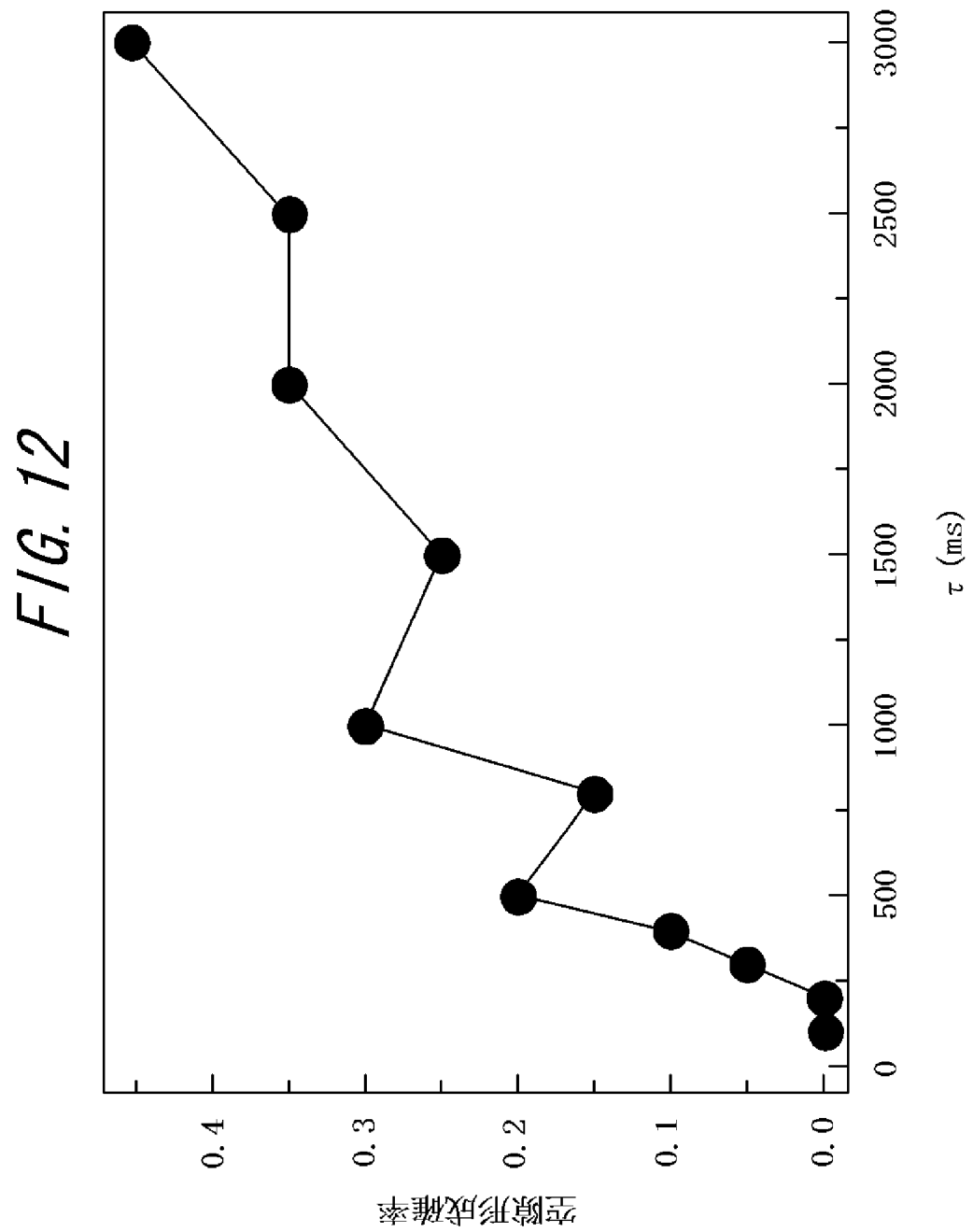
[図10]



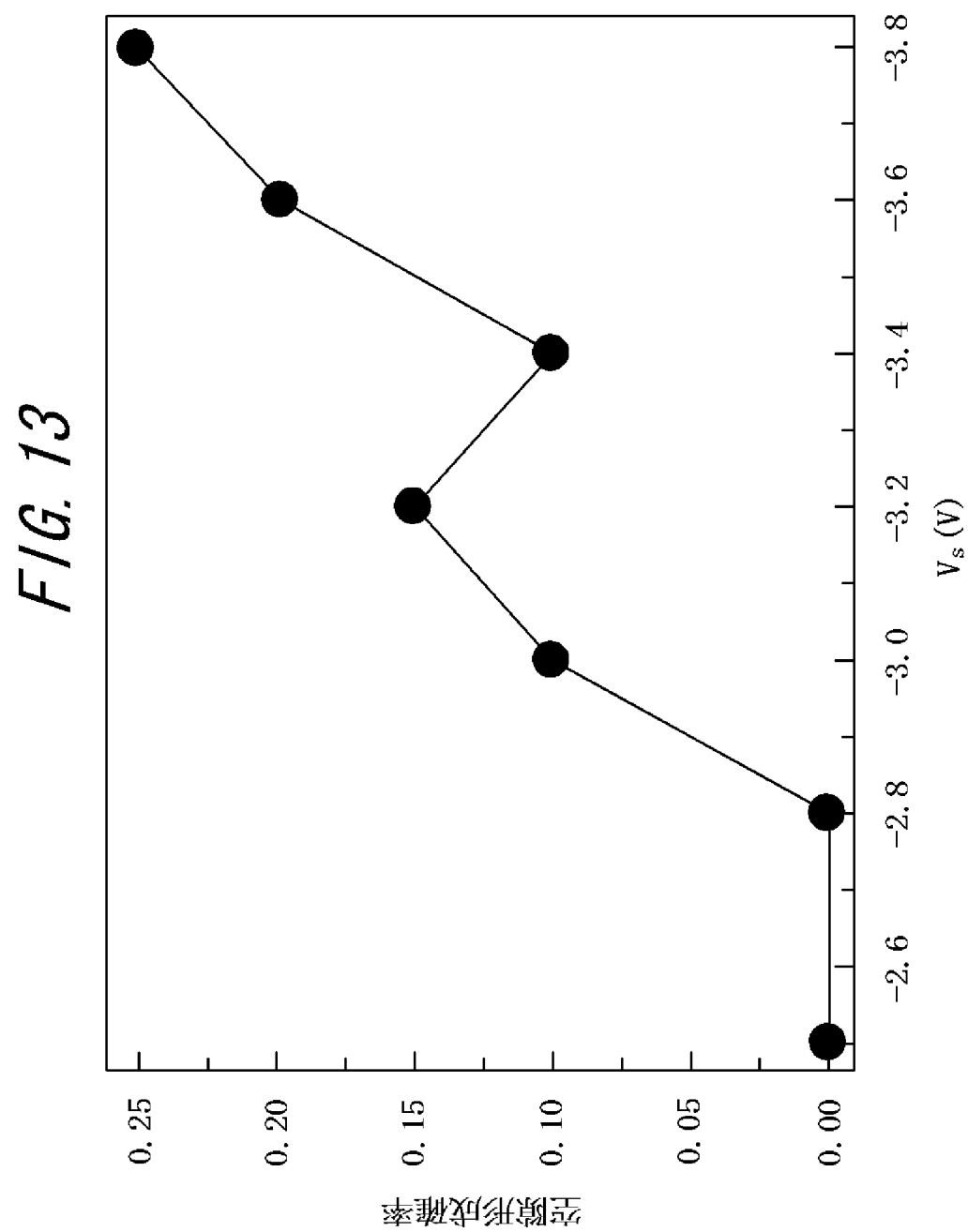
[図11]

FIG. 11

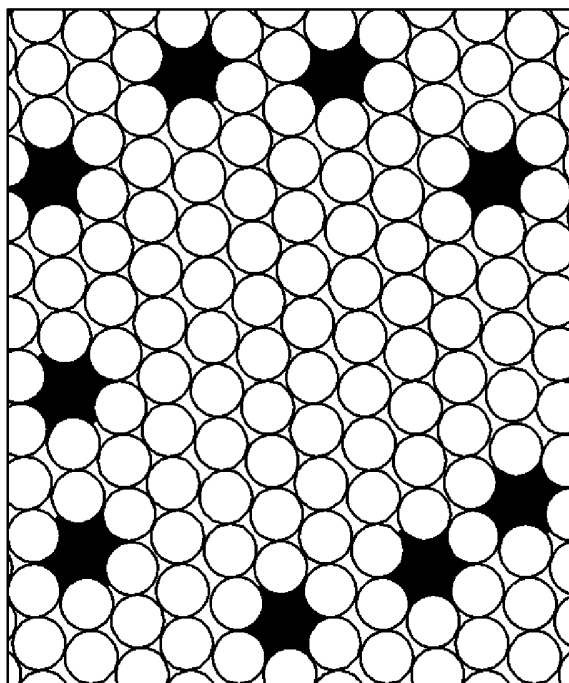
[図12]



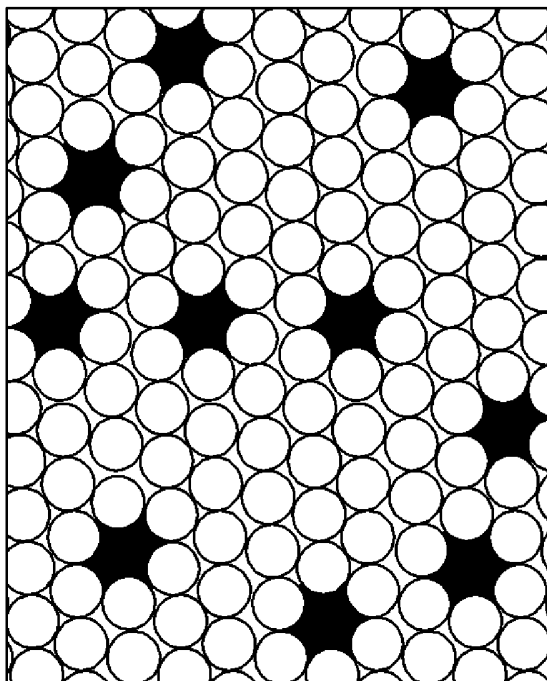
[図13]



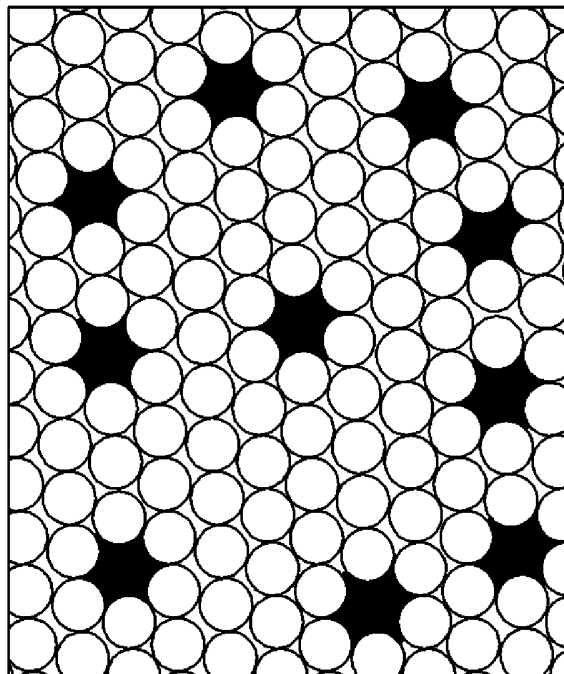
[図14A]

FIG. 14A

[図14B]

FIG. 14B

[図14C]

FIG. 14C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023923

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B82B3/00(2006.01), C01B31/02(2006.01)				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B82B1/00-3/00, C01B31/02				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JST7580 (JDream2), JSTPlus (JDream2)				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X A	JP 6-204144 A (Sony Corp.), 22 July, 1994 (22.07.94), Par. Nos. [0028], [0057] to [0061]; Fig. 4(a) (Family: none)	1-7, 9 8, 10		
P, X	S. FUJIKI, K. MASUNARI, H. SUGIYAMA, Y. KUBOZONO, "Modification of close-packed surface by electron/hole injection", Dai 28 Kai Fullerene-Nanotubes Sogo Symposium Koen Yoshishu, Fullerene-Nanotubes Research Association, 07 January, 2005 (07.01.05), page 39	1, 4-7		
A	JP 2003-200398 A (Sony Corp.), 15 July, 2003 (15.07.03), Par. No. [0046] (Family: none)	1-7, 9		
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 10 April, 2006 (10.04.06)		Date of mailing of the international search report 18 April, 2006 (18.04.06)		
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer		
Facsimile No.		Telephone No.		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/023923

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-340449 A (NEC Corp.), 10 December, 1999 (10.12.99), Par. No. [0047]; Fig. 6 (Family: none)	1-7, 9
A	S. Maruno, K. Inanaga, T. Isu, "Threshold height for movement of C60 molecules on Si (111)-7×7 with a scanning tunneling microscope", Applied Physics Letters, American Institute of Physics, 06 September 1993 (06.09.93), Vol.63, No.10, pages 1339 to 1341	8, 10
A	WO 1992/08336 A1 (EI. DU PONT DE NEMOURS AND CO.), 14 May, 1992 (14.05.92), Full text; all drawings & AU 8933991 A & US 5304535 A	1-7, 9
A	WO 1995/26925 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 12 October, 1995 (12.10.95), Full text; all drawings & US 5985232 A & US 6162411 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B82B3/00 (2006. 01), C01B31/02 (2006. 01)			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B82B 1/00-3/00, C01B 31/02			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 6 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 6 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JST7580(JDream2), JSTPlus(JDream2)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X A	J P 6 - 2 0 4 1 4 4 A (ソニー株式会社) 1 9 9 4 . 0 7 . 2 2 【0 0 2 8】、【0 0 5 7】 - 【0 0 6 1】、図4 (a) (ファミリーなし)	1 - 7, 9 8, 1 0	
P, X	S. Fujiki, K. Masunari, H. Sugiyama, Y. Kubozono, "Modification of close-packed surface by electron/hole injection", 第28回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム講演要旨集, フラーレン・ナノチューブ研究会, 2 0 0 5 年1月7日, p. 39	1, 4 - 7	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 0 . 0 4 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 1 8 . 0 4 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (I S A / J P) 郵便番号1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 山口 剛	2 G 9 8 0 6
		電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線	3 2 2 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 3 - 2 0 0 3 9 8 A (ソニー株式会社) 2 0 0 3 . 0 7 . 1 5 【0 0 4 6】 (ファミリーなし)	1 - 7 , 9
A	J P 1 1 - 3 4 0 4 4 9 A (日本電気株式会社) 1 9 9 9 . 1 2 . 1 0 【0 0 4 7】、図6 (ファミリーなし)	1 - 7 , 9
A	S. Maruno, K. Inanaga, T. Isu, "Threshold height for movement of C60 molecules on Si(111)-7×7 with a scanning tunneling microscope", Applied Physics Letters, American Institute of Physics, 6 September 1993, Vol.63, No.10, pp.1339-1341	8 , 1 0
A	WO 1 9 9 2 / 0 8 3 3 6 A 1 (E.I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY) 1 9 9 2 . 0 5 . 1 4 全文、全図 & AU 8 9 3 3 9 9 1 A & US 5 3 0 4 5 3 5 A	1 - 7 , 9
A	WO 1 9 9 5 / 2 6 9 2 5 A 1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1 9 9 5 . 1 0 . 1 2 全文、全図 & US 5 9 8 5 2 3 2 A & US 6 1 6 2 4 1 1 A	1 - 1 0