

【書類名】 特許願
【整理番号】 K02008
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G21B 3/00
【発明者】
【住所又は居所】 東京都多摩市関戸 5-2-7 ライオンズマンション聖蹟桜ヶ丘
第五-208号
【氏名】 児玉 紀行
【特許出願人】
【住所又は居所】 東京都多摩市関戸 5-2-7 ライオンズマンション聖蹟桜ヶ丘
第五-208号
【氏名又は名称】 児玉 紀行
【代理人】
【識別番号】 100125265
【弁理士】
【氏名又は名称】 貝塚 亮平
【電話番号】 042-440-8620
【選任した代理人】
【識別番号】 100097157
【弁理士】
【氏名又は名称】 桂木 雄二
【電話番号】 042-440-8620
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 404529
【納付金額】 14,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 要約書 1
【物件名】 図面 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 常温核融合装置、常温核融合による発熱方法および発熱体

【技術分野】

【0001】

本発明は常温核融合装置、その発熱方法および発熱体に関する。

【背景技術】

【0002】

フライシュマンとポンス (Fleischmann and Pons) は、室温で核融合反応が発生するという衝撃的な論文を1989年3月に発表し世界中で注目を浴びたが、再現性の問題があり、当初、主流学会では認められなかった。それでも一部の研究者の地道な研究により現象の再現性が改善され、多くの実験事実の蓄積に基づいて、今では、常温 (cold) 核融合や低エネルギー核反応 (LENR: Low Energy Nuclear Reaction) 等と呼ばれ、活発な研究が続けられている。

【0003】

それにもかかわらず、常温核融合のメカニズムは解明されたとは言えず、理論的には昏迷状態が続いているのが現状である。これまでの実験結果から、重水素吸蔵率 (D/Pd比) が体積平均で0.85を超すと過剰熱が発生し、指数関数的に増大することが分かっており (非特許文献1)、このことから、常温核融合には水素吸蔵合金の重水素密度が一定以上が必要であり、また種々の実験で、表面反応であることや、特に表面のナノサイズの構造が非常に重要であると考えられている (非特許文献1、非特許文献2)。

【0004】

たとえば、特許文献1には、パラジウム等の金属粒子のサイズを1nm以下にすると、水素吸収量が急激に増大することが記載されており、ナノサイズの金属粒子を重水素環境下で加圧することで過剰エンタルピーを発生させる方法が開示されている。

【0005】

また、特許文献2によれば、支持体としてジルコニア (ZrO_2) を用い、この支持体にパラジウム (Pd) ナノ超微粒子を埋め込み、重水素 (D_2) を注入の後、加圧によりこれを吸蔵させることで核融合反応体 (超高密度重水素化ナノ粒子) を調製する; 次いで衝撃エネルギーを核融合反応体に加えることにより核融合反応を行い、多量の発熱とヘリウムとを生成させたことが記載されている。

【0006】

さらに、特許文献3によれば、水素吸蔵金属の表面にナノサイズの複数の金属ナノ凸部を形成することで「トンネル核融合反応の発生確率が上昇する」と説明されている。

【0007】

なお、一般に、「核融合」とは軽い元素同士が融合して重い元素に変換する発熱反応と定義されており、二重水素 (D) と三重水素 (T) とが反応するD-T反応、2つの二重水素が反応するD-D反応など種々の核融合反応が知られている。D-D反応では“灰”としてヘリウム (He) が生成されるが、Heが常温核融合で生成されるとする研究結果が出てきている (たとえば非特許文献3)。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】 「常温核融合」高橋亮人 (電気学会雑誌、1993年12月号、113巻、pp.1016-1026)

【非特許文献2】 「展望 低エネルギー核反応による新しい核エネルギーへの期待」田中栄一 (Isotope News 2013年1月号 No.705、pp.13-18)

【非特許文献3】 “Search for $4He$ Production from Pd/ D_2 Systems in Gas Phase” E. Botta et al.

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】 米国特許第 9 1 8 2 3 6 5 B 2 号明細書

【特許文献2】 特開 2 0 0 8 - 2 6 1 8 6 8 号公報

【特許文献3】 国際公開第 2 0 1 5 / 0 0 8 8 5 9 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上記特許文献に開示されたナノ構造は、ナノサイズの金属粉体であったり、プロセス条件でたまたま発生した金属粒子であったりするものであり、実用上、常温核融合の再現性や性能向上における不安定要因となる。

【0011】

さらにD-D反応を起こすためには、ナノ構造内の2つのDをTサイトに封じ込めることが必要であるが、そのためにはTサイトにまずD-が導入されて、そのTサイトにD+(d)が移動して、Tサイト内で複合粒子(dde、D₂ガス様凝集系粒子)が形成されることが必要であり、このナノ構造内のD-とD+間のクーロン引力を確実に発生させることが必要である。しかしながら、従来では、例えばナノ粒子などはその電位を制御すること自体が不可能であり、また他方法でもそのクーロン引力を制御する方法は用いられてはいない。

【0012】

そこで、本発明の目的は、常温核融合を安定的かつ再現性良く実現できる常温核融合装置、発熱方法および発熱体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明の第1の形態によれば、常温核融合装置が、平板形状の発熱体と、前記発熱体の平板面に対向して設けられ、前記発熱体の表面電位を制御する対向電極と、からなり、前記対向電極により前記発熱体の表面電位を制御することで前記発熱体の表面で常温核融合を発生させる。

本発明の第2の形態によれば、発熱方法が、重水素ガスを吸蔵した水素吸蔵金属の表面電位を制御することで常温核融合を発生させる。

本発明の第3の形態によれば、常温核融合装置が、反応炉内に、水素吸蔵金属からなる発熱体と、前記発熱体に対向して設けられ前記発熱体の表面電位を制御するための対向電極と、を有し、重水素ガスを吸蔵した水素吸蔵金属の表面電位を前記対向電極により制御することで常温核融合を発生させ、前記発熱体を発熱させる。

本発明の第4の形態によれば、発熱体が、金属層上に形成され当該金属層と電気的に接続された複数のナノ構造体からなり、前記ナノ構造体が水素吸蔵金属からなり、重水素ガスを吸蔵した前記ナノ構造体の表面電位を制御することで常温核融合を発生させる。

前記水素吸蔵金属の表面電位を表面の自由電子の濃度が低下する方向に低下させることが望ましい。

【発明の効果】

【0014】

以上述べたように、本発明によれば、発熱体あるいは水素吸蔵金属の表面電位を制御することで常温核融合の発生確率を向上させることができ、常温核融合を安定的かつ再現性良く実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】 金属格子におけるOサイトおよびTサイトを示す図である。

【図2】 図1に例示するOサイトおよびTサイトの配置を模式的に示す図である。

【図3】 金属表面における金属格子中のOサイトおよびTサイトの配列を模式的に示す図である。

【図4】 水素、水素イオンおよび水素分子のサイズを模式的に示す図である。

【図5】 金属表面における金属格子中のOサイトおよびTサイトに二重水素が入った

状態を模式的に示す図である。

【図 6】自由水素とジェリウムモデルでの水素における水素間距離に対する結合エネルギーの変化を示すグラフである。

【図 7】本発明の第 1 実施形態による常温核融合装置の概略的構成と、金属表面の電位をマイナスにした場合に生じる二重水素イオン (D^+) の移動を説明する模式図である。

【図 8】図 7 において金属表面を正電位にした場合の金属表面の吸着サイトの状態を説明する模式図 (A) とその時の金属表面近傍の電荷分布を模式的に示すグラフ (B) である。

【図 9】図 7 において金属表面を負電位にした場合の金属表面の吸着サイトでの二重水素イオン (D^+) の移動を説明する模式図 (A) とその時の金属表面近傍の電荷分布を模式的に示すグラフ (B) である。

【図 10】本発明の原理を説明するために水素イオンに陽子が引き込まれる様子を模式的に示す図である。

【図 11】本発明の原理を説明するために原子間距離と原子間で働く力との関係を模式的に示すグラフである。

【図 12】本発明の原理を説明するために、T サイトの金属格子とその間の二重水素に働く力を模式的に示す図である。

【図 13】本発明の原理を説明するために、T サイトの金属格子に挟まれた二重水素を模式的に示す図 (A) と、二重水素に働く力により T サイトに入った二重水素が縮小された状態を模式的に示す図 (B) である。

【図 14】本発明の第 2 実施形態による常温核融合装置の概略的構成を示す図である。

【図 15】第 2 実施形態に用いられる発熱体における体積膨張のメカニズムを説明するための模式的断面図である。

【図 16】本発明の第 3 実施形態による常温核融合装置の概略的構成図である。

【図 17】本発明の第 4 実施形態による常温核融合装置における発熱体の構造を模式的に示す図である。

【図 18】図 17 に示す発熱体の製造方法を示す工程図である。

【図 19】図 18 に続く発熱体の製造方法を示す工程図である。

【図 20】本発明の第 3 または第 4 実施形態による常温核融合装置の概略的構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の実施形態の説明で参照される文献は以下の通りである。

<参考文献>

(1) 「パラジウムによる水素吸収と水素化反応」有賀哲也 (日本表面科学会誌「表面科学」Vol. 27, No. 6, pp. 341-347, 2006、公益社団法人 日本表面科学会発行)

(2) 「中性子散乱による原子・分子のダイナミクスの観測」大友季哉、池田一貴 (日本アイソトープ協会学術誌「RADIOISOTOPES」Vol. 63, No. 10, pp. 489-500, Oct 2014、公益社団法人 日本アイソトープ協会発行)

(3) 「パラジウムナノ粒子の特異な水素吸蔵」秋葉宙、古府麻衣子、山室修 (日本中性子科学会誌「波紋」Vol. 27, No. 3, pp. 95-98, 2017、日本中性子科学会発行)

(4) 「金属における吸着水素と吸蔵水素の電子状態と反応性」福西快文、波田雅彦、中辻博 (触媒学会会誌「触媒(Catalysts and Catalysis)」Vol. 33, No. 4, pp. 270-277, 1991、一般社団法人 触媒学会発行)

(5) 「金属水素化物の応用物性」山口益弘 (水素エネルギー協会 (H E S S) 協会誌「水素エネルギーシステム」1986 vol. 11, No. 2, pp. 30-41)

【0017】

<本発明の原理的説明>

参照文献 1 によれば、パラジウム固体内に吸収された水素原子は金属格子の配列を乱すことなく格子中の間隙サイトを占める。たとえば、図 1 に示す面心立方格子 (fcc) には正四面体間隙サイト (以下、T サイトという。) と正八面体間隙サイト (以下、O サイトという。) とがあり、水素原子は安定状態ではより広い O サイトを占め、それを経て T サイトに水素イオンが導入されると考えられる。つまり、最初により広いサイトである O サイトに水素イオンが入り、周囲の原子を押し広げて結晶格子全体を膨張させる。そのために周囲のポテンシャルが変化して、このパラジウムと水素イオンの位置とその系のエネルギーが安定になるように水素イオンの位置が決定される。これが原因で O サイトの水素イオンが T サイトに入ることができるようになる。パラジウム格子内に侵入した水素原子は規則配列せずに固溶体を形成する。

【0018】

参照文献 2 によれば、金属原子 1 個あたりのサイトの数は、fcc および最密六方格子 (hcp) では O サイトが 1 個、T サイトが 2 個であり、体心立方格子 (bcc) では O サイトが 3 個、T サイトが 6 個である。水素化物の規則構造については、一般的に水素-水素原子間距離が 0.2 nm 以下にはならないという経験則に従うことが分かっており、通常はこれらのサイトの一部だけが占有されている。

【0019】

以下、図面を簡略化するために、金属格子内の O サイトおよび T サイトの配置を図 2 のように模式的に示すものとする。すなわち、O サイトを形成する格子を四角形で、T サイトを形成する格子を三角形で示す。

【0020】

図 3 は、金属表面の T サイトおよび O サイトの配列を模式的に示したものである。後述するように、金属表面の T サイトを占有する二重水素が本発明の主役である。

【0021】

参照文献 5 によれば、金属中に存在する水素の電子状態については、完全に水素原子は電子を放し H^+ 状態になるというプロトンモデルと、逆に電子を余分に 1 個取り込み H^- 状態になるというアニオン・モデルの両者が従来は考えられていて、水素吸収による電気抵抗・帯磁率・電子比熱の変化などがその場に応じて都合のよい方のモデルによって説明されてきた。ところが、近年の Switendick を開祖とする金属水素化物の電子構造の理論計算の結果によって、上記の 2 つのモデルはどちらも事実の一面だけを捕えていることに過ぎないことが判った。つまり金属中の水素は H^- であつたり H^+ であつたりという二面性を持つと考えられ、本発明者は、それらが同時に金属内に存在できると考える。この仮説が成り立たないと常温核融合は成立しないし、水素吸蔵金属中の水素の研究結果から考えると妥当な仮説だといえる。

【0022】

図 4 に示すように、水素原子 H^0 の半径を $1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$ とすれば、負に帯電したヒドリド H^- の半径は、電子が E_F 以上の高いエネルギー準位を埋めているので、約 2 倍の $2 \times 10^{-10} \text{ m} = 2 \text{ \AA}$ となる。言うまでもなく、図 4 は模式的に描かれており、実際には、水素原子核 H^+ の荷電半径が $0.87 \times 10^{-15} \text{ m} = 0.87 \text{ fm}$ であるから、 H^0 の半径上の電子は水素原子核 H^+ の半径を基準にすれば 9 万倍近く離れた位置にある。ちなみに、水素分子 H_2 の原子核間距離は 0.74 \AA である。したがって、水素原子 H^0 の半径 1 \AA を考慮すれば、水素分子 H_2 のサイズは $\sim 2.74 \text{ \AA}$ となる。

【0023】

一般に、天然の水素には、二重水素 (デューテリウム: D) や三重水素 (トリチウム: T) 等の同位体が含まれており、化学的性質は水素とその同位体とは同じである。以下、本明細書では、金属に吸蔵された二重水素 D の陽イオン (D の核子) D^+ と陰イオン D^- を用いて核融合のメカニズムを説明する。言うまでもなく、図 4 に示すように、 D^- のサイズは D^+ よりはるかに大きい。これらがたまたま接近するとか、特殊な、特異的な位置を取るなどとは考えにくいので、以上を考慮すると、常温核融合が生じるためには、まず、d-d 間を原子レベルで接近させる必要があり、これは以下で説明するように、D の正

【0024】

図5は、金属格子内のOサイトにD⁻が、2つのTサイトにそれぞれD⁻とD⁺が入った状態を模式的に示している。パラジウムナノ粒子に吸蔵された重水素がOサイトおよびTサイトを占有するモデルについては参照文献3に記載されている。参照文献3では金属水素化物のナノサイズ化および表面効果の重要性が指摘されており、97ページ「4. Pdナノ粒子中の重水素原子位置」の項では、ナノ粒子のコア領域（内部領域）ではOサイトのみ、シェル領域（外皮領域）ではOサイトおよびTサイトの両方にD原子が占有されるモデルが最も信頼性が高いと結論づけられている。また、このモデルによれば、吸蔵された重水素の約1/3はTサイトを占有している。さらに、D原子（Tサイト）の原子変位パラメータ $B_D(T)$ が異常に大きい値（ 14.1 \AA^2 ）を示すのは、Tサイト（1/4, 1/4, 1/4）からわずかにずれた位置にいくつかの安定サイトがあり、D原子がこれらのサイト間でdisorderしているため、と推測されている。これらは、表面Tサイトが応力緩和しやすくその位置がずれることに対応していると考えられる。

【0025】

参照文献2によれば、金属格子中に水素原子が1個入ると、隣接した水素原子と金属原子の間に斥力ポテンシャルが働き、全系のエネルギーが高くなる。他方、金属原子が水素原子から遠方に押しやられる変位（格子の膨張）による基底エネルギーの減少と、ほぼ原子の変位の2乗に比例する格子歪みエネルギー増加とのバランスにより全系のエネルギーを最小にする原子の変位が決まる。これにより、水素の固溶により水素原子周囲の金属原子が膨張する。膨張する体積の大きさは金属と格子間位置の種類によって異なるが、遷移金属であればほぼ一定で $0.0026 \pm 0.0005 \text{ nm}^3$ の範囲に入ることが分かっている。

【0026】

上述したD⁻のサイズとTサイトのサイズを考慮すると、D⁻がTサイトに入りにくいですが、実際は、金属表面では上側に金属原子がないために、TサイトにD⁻が入っても応力緩和が可能であり、そのため格子が膨張して空隙が広がる。言い換えれば、格子の膨張による系のエネルギーの増加が少ないので膨張幅が大きくなり、バルクよりも表面のTサイトにD⁻が入りやすくなる。

【0027】

しかしながら、D⁻が入ったTサイトと隣接するTサイトに同様のD⁻が入るとは考えにくい。D⁻が入って一方の格子が膨張すると、その隣接Tサイトは狭くなるからである。したがって、図5に示すように、隣接するTサイトの一方に大きなD⁻が入ると、他方には小さなD⁺が入りやすくなるはずである。隣接するTサイトにD⁺とD⁻が入ることで、ナノ構造における凝集系クラスタの元となる構造が形成される。すなわち、正負両方のイオンが隣接するTサイトに存在すること、これが常温核融合を発生させる基本的なナノ構造である。なお、OサイトのD⁺が移動することも否定はしえないが、上記説明の可能性としては高いと考える。

【0028】

隣接するTサイトにD⁺とD⁻が入るとクーロン力により両者が引き合うので、たとえば熱励起によりポテンシャルを超えて小さなD⁺が大きなD⁻側へ移動すれば核融合が発生する確率が高くなると考えられる。しかしながら、実際にはそのようにはならない。その理由は、金属内の自由電子の存在がクーロン力を遮蔽するように作用するからである。以下、金属内の自由電子の影響について図6を参照しながら説明する。

【0029】

参照文献4によれば、金属を自由電子の海のように近似するジュリウムモデルを用いて、金属中に水素を入れた時のH-H間距離に対する結合エネルギーの変化が図6のグラフで示されている。すなわち、電子密度が小さい（ r_s が大きい）Naでは2つのHは結合状態であるが、電子密度が大きい（ r_s が小さい）Alでは2つのHは全ての距離で反発しあい原子状になっている。この理由は、金属の伝導電子がH₂分子の反結合軌道に入り、結合を切るからである。さらに、金属中ではプロトンの電荷がわずかに 0.6 \AA で遮蔽され

【0030】

このように、金属内の自由電子の存在はクーロン力を遮蔽するように作用するために、たとえ図5に示すように隣接するTサイトにD⁺とD⁻とがそれぞれ入ったとしても、D⁺がD⁻側へ移動しにくいので、核融合を起こす確率は低下する。

【0031】

本発明者は、以上の知見に基づいて、金属表面のナノ構造においてTサイトを占有しているD⁺が隣接するTサイトのD⁻へ移動して常温核融合を生じさせるには、少なくとも金属表面の自由電子を減少させることが必要であると結論した。本発明はこの結論に基づいてなされたものである。以下、本発明の実施形態について説明する。

【0032】

1. 第1実施形態

図7に例示するように、本発明の第1実施形態による常温核融合装置100は、発熱体としての水素吸蔵金属101と、水素吸蔵金属101に対して所定距離gを隔てて設けられた表面電位制御用の対向電極102と、水素吸蔵金属101に対して対向電極102が負電位となる電圧を印加する直流電源103と、を有する。また、水素吸蔵金属101の少なくとも表面を所定温度まで加熱する加熱手段としてヒータ104が設けられている。

【0033】

水素吸蔵金属101の表面101aはナノ構造を有し、水素吸蔵金属としては、種々の材料、たとえばパラジウムPd、ニッケルNi等を用いることができる。水素吸蔵金属101のナノ構造は、後述する既存の方法で形成することができる。たとえば厚さ500~1000nm(ナノメートル)のPd膜101をCVD(Cheical Vapor Deposition)により形成し、その表面をドライエッチングすることでナノ構造を形成してもよい。より詳しい製法は後述する。

【0034】

続いて、真空装置内に重水素ガスを流し、水素吸蔵金属101に重水素を吸蔵させる。これにより、上述したように水素吸蔵金属101の表面101aにD⁺とD⁻がそれぞれ入った隣接Tサイトが生成される。この状態で、対向電極102に対して水素吸蔵金属101より低い電圧を印加するとともに、水素吸蔵金属101を所定温度まで加熱する。加熱温度は、水素吸蔵金属101の種類により異なるが、少なくとも300℃以上、好ましくは500℃以上、さらに好ましくは600℃以上である。

【0035】

対向電極102に負電圧を印加することで、金属内の自由電子が水素吸蔵金属101の表面側からバルク側へ移動し、水素吸蔵金属101の表面101aのナノ構造において電子の濃度が低下する。それに伴いD⁺とD⁻との間のクーロン力を遮蔽する効果も低下するので、Tサイトを占有しているD⁺は熱励起により隣接するTサイトのD⁻へ容易に移動することができる。

【0036】

TサイトにD⁺とD⁻が入ることで、次に述べるメカニズムにより、共有結合を通して核融合が発生すると考えられる。この核融合により、供給されたエネルギー、すなわちヒータ104および電源103により与えられたエネルギー、を超える熱エネルギーが発生すると考えられる。以下、この核融合に至る過程を図8~図14を参照しながら説明する。

【0037】

<表面電位制御>

まず、比較例として図8を参照し、対向電極102を正電位にして対向電極102から水素吸蔵金属101の表面(ナノ構造)へ向かう電界Eを印加した場合を説明する。この場合、図8(A)に示すように、金属内の自由電子は表面側へ移動し、隣接するTサイト間も自由電子105に満たされた状態となる。これにより、図8(B)に示すように、金属101の表面近傍の電子濃度がバルク内より大幅に高くなり、隣接するTサイトを占有

するD⁺とD⁻との間のクーロン力が遮蔽される。参照文献4によれば、金属中ではプロトン間の距離がわずか0.6 Åでクーロン力が遮蔽されるので、対向電極102に正電圧を印加した場合、D⁺が隣接するTサイトのD⁻へ移動する確率は極めて小さくなる。

【0038】

これに対して、図9(A)に示すように、対向電極102の負電位にして水素吸蔵金属101の表面ナノ構造から対向電極102へ向かう電界Eを印加した場合、金属内の自由電子が水素吸蔵金属101の表面側からバルク側へ移動する。これにより、図9(B)に示すように、金属101の表面近傍のナノ構造の電子濃度がバルク内より大幅に低くなり、隣接するTサイトを占有するD⁺とD⁻との間のクーロン力が支配的となる。水素吸蔵金属101は所定温度に加熱されているので、熱励起されたD⁺がTサイト間の電位障壁をポッピングして隣接TサイトのD⁻へホッピングで移動する確率が高くなる。

【0039】

<共有結合の形成>

図10に模式的に示すように、D⁺4が隣接TサイトのD⁻1へ移動すると、さらに接近して共有結合を形成する。すなわち、D⁺4がD⁻1に十分近くなると、D⁺4はD⁻1のS核電子を共有する状態になり、D⁻1とD⁺4との間の電子雲5を共有する共有結合的な構造となる。D⁺4の正電荷とD⁻1とを考えると、本来的に共有結合的な状態を取るはずである。すなわち、D⁻1とD⁺4間で共有結合が形成されると、その結合は引力6となり、D⁻1とD⁺4との間に共有されている電子雲5は、両方の原子核に対して、水素原子核間のクーロン斥力に対するクーロン遮蔽の効果を発揮し、D⁻1側の原子核にD⁺4の原子核が極めて近距離に接近するまで共有結合の軌道は維持される。

【0040】

従来では、図11に示すように静電的斥力は原子核距離が小さくなると急激に増大すると考えられてきた。たとえば、2個の原子核が融合するためには、トンネリングで核融合する可能性が高くなる程度の距離まで、~10 fm程度まで、クーロン力に逆らって2個の原子核を近づけなければならず、そのために必要なエネルギーは0.1 MeV (10⁵ eV) 程度である。このために、プロトン同士の相互作用や全てクーロン遮蔽を行う方向で常温核融合の原理が考察されていた。

【0041】

しかしながら、本発明者は、次に述べるように、D⁻1とD⁺4とが共有結合的な状態になると、共有結合の性質上、核子間が引き合うような引力6が発生し、そのTサイト内のD2ガス様凝集系クラスタは金属格子から圧縮応力を受けて縮小するので、この凝集系クラスタそれ自体の引力で凝集系クラスタが金属格子の非常に狭いTサイト内に閉じ込められてd-d間が振動運動する。これによりd-d間の最近接間隔が狭くなる確率が高くなり、トンネリングにより核融合する確率が高くなる。この場合、d-d間の電子も若干の核子間クーロン斥力遮蔽の効果がある。以下、金属格子のTサイト内に閉じ込められたD⁻とD⁺とがどのような力を受けて核融合に至るかを説明する。

【0042】

<核融合プロセス>

まず、Tサイトの金属格子は4個の金属原子に囲まれた立体構造を有し、その中にD⁻とD⁺との共有結合D2が形成されているものとする。すでに述べたように、Tサイトの金属格子が膨張して、その中にD⁻が入っているので、金属原子が四面体の中心に向かって正四面体を縮小するような、変位の二乗に比例する復元力がD2にかかると考えられる。

【0043】

そこで、図12に示すように、Tサイト金属格子とそこから受ける圧縮方向の力を模式化して表すものとする。すなわち、4つの金属原子11~14で囲まれたTサイト15内にD2が閉じ込められており、金属原子14は紙面手前側に位置する。D2には3つの金属原子11、12および13から3方向の圧力Fが掛っている。

【0044】

Tサイトはもともと内接球の直径が1 Å程度の狭い空間である。これに対してTサイトを占有するD⁻のサイズは図4のH⁻が示すようにももとの直径が4 Å程度と大きい。したがって、D⁻はTサイトの金属格子を押し広げた状態で占有していると考えられ、この状態で、上述したように、隣接TサイトからD⁺が移動してD⁻に接近し共有結合D₂を形成する。D₂のサイズは図4のH₂が示すようにほぼ1 Å×2.74 Åであるから、D₂もTサイトの金属格子を押し広げた状態で占有していると考えられ、したがって金属格子から応力Fを受けているはずである。この応力FがD₂を縮小する原因と考える。

【0045】

図13 (A) に示すように、Tサイトの異なる方向から圧力Fを受けることで、D₂の核子間はクーロン斥力により反発しても物理的に圧縮される。すでに述べたように、金属格子中に水素原子が1個入ると隣接した水素原子と金属原子の間に斥力ポテンシャルが働くために、全系のエネルギーが高くなる。格子の膨張による基底エネルギーの減少と、ほぼ原子の変位の2乗に比例する格子歪みエネルギー増加のバランスとにより全系のエネルギーを最小にする原子の変位が決まる。つまり、このシミュレーションで核子間ポテンシャルをいれて計算すると核子間距離がどの程度まで近くなるかを知ることができる。

【0046】

図13 (B) に示すように、Tサイトの異なる方向から圧力Fを受けることでD₂の核子間距離はゼロに近くなる。より詳しくは、次のように説明することができる。図13 (A) において、金属原子1₁~1₄はD₂に接近する方向に3次的に縮小する。下側の3つの金属原子1₁、1₂および1₃はそれぞれD₂へ向けて縮小し、D₂はその上に乗り上げる状態となるが、D₂の上側にある金属原子1₄もD₂へ向けて移動するので、D₂は上側への移動が妨げられる。これにより、D₂はTサイトの内接球の大きさまで縮小することとなる。こうして、図13 (B) に示すように、D₂のS核がまったく重なる程度まで小さくなって核子間距離d-dはゼロになる可能性がある。この状態で凝集系クラスターであるD₂ (dde)は、核子間の運動エネルギー (d-d間が振動する) で核子間のポテンシャル障壁がより狭い距離、すなわち核子間距離が小さい位置にまで到達するので、トンネリングにより核融合すると考えられる。

【0047】

以上述べた核融合のメカニズムは次のようにまとめることができる。

- ・ 発熱体の金属表面をナノ構造に形成することでD⁻がTサイトに入りやすくなる。
- ・ 金属の表面ナノ構造において、Dの充填率が高い場合に常温核融合が起きる。つまり上述したようにD⁻がTサイトに入っている場合に起きる。たとえば水素吸蔵金属がパラジウムPdの場合、重水素吸蔵率 (D/Pd比) が0.85を超すと発生する。ナノ粒子の場合はバルクの割合が小さく早期に重水素吸蔵率 (D/Pd比) が高くなる。
- ・ 表面電位制御用の対向電極102を負電位にすることで金属表面の自由電子の濃度を低下させることが重要である。これによって隣接TサイトのD⁺がD⁻により拡大したTサイトへクーロン力によって引きつけられ、さらに熱エネルギー等によるホッピングによってポテンシャル障壁を乗り越え、D⁺とD⁻との共有結合的な構造D₂を形成する。
- ・ D₂は膨張したTサイトの金属格子から4方向の圧力Fを受けるので、それによりD₂が均一に縮小し核子間距離がゼロに近くなって核融合が発生する。

【0048】

このように、金属表面のナノ構造において表面電位を制御して金属の自由電子を減少させることで、Tサイトを占有しているD⁺が隣接するTサイトのD⁻へ移動する確率を高めることができ、常温核融合を安定的かつ再現性良く実現することが可能となる。

【0049】

2. 第2実施形態

金属表面のナノ構造としては、ドット寸法および間隔が数nm~数100nmに制御されたナノドットアレイを使用することができる。たとえば特許第5652817号 (ナノドット形成方法) や特許第5875066号 (ナノドットアレイ板製造方法) によれば、大きさや密度を所望に制御可能なナノドットおよびナノドットアレイの製法が開示されて

いる。以下、本発明の第2実施形態として、ナノドットを発熱体として用いた常温核融合装置について説明する。

【0050】

図14に例示するように、本発明の第2実施形態による常温核融合装置200は、発熱体として半球状（以下、ドーム状という。）のナノドーム201のアレイが支持基板202の表面上に形成された構成を有する。ナノドーム201は水素吸蔵金属からなり、たとえばパラジウム（Pd）である。支持基板202は、望ましくは水素拡散速度が遅く且つ熱伝導率の高い金属材料で構成され、たとえば鉄（Fe）を用いることができる。

【0051】

また、第1実施形態（図7参照）と同様に、支持基板202の表面から所定距離 g を隔てた位置に表面電位制御用の対向電極102が設けられ、直流電源103がナノドーム201のアレイに対して対向電極102が負電位となる電圧を印加する。また、図7に示すヒータ104と同様の加熱手段（図示せず）が設けられ、ナノドーム201を所定温度まで加熱する。

【0052】

各ナノドーム201がドーム状であることは、図5において説明したように、ナノドーム201の表面では上側に金属原子がないために、TサイトにD⁻が入っても応力緩和が可能であり、格子の膨張による系のエネルギーの増加が少ないので膨張幅が大きくなりTサイトにD⁻が入りやすくなる。

【0053】

より詳しくは、図15に模式的に示すように、ドーム状のナノドーム201は半球状であり、表面の曲率が正で大きい。このために、元のナノドーム201aからナノドーム201bへ格子が外側（バルクとは反対側）に膨張しても、元の単位格子当たりの体積210aはより大きい体積210bへと容易に大きくなることができ、その際に他格子から応力を受けにくい。すなわち、球体のような曲率が正で大きな外面では膨張が容易になる。このようにドーム状のナノドーム201ではTサイトに膨張する余地があり、D⁻の吸蔵に極めて適した形状である。

【0054】

上述したドーム状のナノドーム201は、支持基板202上に水素吸蔵金属層を形成した後、等方性エッチングの条件を深さ方向で段階的に変化させエッチングの横方向の進行速度を深さ方向で変更することにより形成可能である。

【0055】

3. 第3実施形態

金属表面のナノ構造は上記ドーム状に限定されるものではない。以下、本発明の第3実施形態として、ナノコーンを発熱体として用いた常温核融合装置について説明する。

【0056】

図16に例示するように、本発明の第3実施形態による常温核融合装置300は、発熱体としてナノコーン301のアレイが支持基板302の表面上に形成された構成を有する。ナノコーン301は先端が半球状の円錐形状を有し、たとえばパラジウム（Pd）等の水素吸蔵金属からなる。支持基板302は、望ましくは熱伝導率の高い金属材料で構成され、たとえば銅（Cu）を用いることができる。また、第1実施形態（図7参照）および第2実施形態（図14参照）と同様に、支持基板302の表面から所定距離 g を隔てた位置に表面電位制御用の対向電極102が設けられ、直流電源103がナノコーン301のアレイに対して対向電極102が負電位となる電圧を印加する。また、図7に示すヒータ104と同様の加熱手段（図示せず）が設けられ、ナノコーン301を所定温度まで加熱する。

【0057】

ナノコーン301は先端部が半球状であるから、上記第2実施形態と同様にD⁻の吸蔵に適している。さらに、ナノコーン301の半球状の先端部と円錐状の側面に電界がかかるために、電界の先端部への集中を避けることができ、ナノコーン301のアレイ全体に

【0058】

4. 第4実施形態

金属表面のナノ構造としてのナノコーン301には別のバリエーションも可能である。以下、本発明の第4実施形態による発熱体に用いられるナノコーンとその製造方法について説明する。

【0059】

図17に例示するように、本発明の第4実施形態による常温核融合装置の発熱体は、上記第3実施形態と同形状のナノコーン301から構成されるが、各ナノコーン301は金属層302に形成されたナノピラー302aの上に積層されている。このようなナノ構造は、たとえば東北大学プレスリリース(「3次元量子ドット構造の形成実現によるInGaAsナノ円盤構造を世界で初めて観察」令和元年9月2日発表)で使用されたバイオテンプレートと中性粒子ビームを用いた製造技術を応用して製造することができる。以下、製造方法の一例を示す。

【0060】

図18(A)および(B)において、支持基板403上に金属層402を積層し、さらにその上に必要な膜厚dの水素吸蔵合金層401を積層する。積層方法はCVD等の成膜方法を利用できる。続いて、水素吸蔵合金層401上に、鉄コア501を内包したタンパク質502を配列する。

【0061】

図19において、タンパク質502を除去することで、鉄コア501が一定間隔で水素吸蔵合金層401上に残る(工程A)。続いて、中性粒子ビームエッチングにより鉄コア501をマスクとして水素吸蔵合金層401と金属層402の一部を除去し、さらにエッチングにより円錐側面を有する金属層402および水素吸蔵合金層401を形成する(工程B)。最後に、鉄コア501を除去することで、所定間隔に配列されたナノコーン301を形成することができる(工程CおよびD)。なお、図19(C)は、図19(D)に示す平面図のA-A線断面図である。

【0062】

このようなナノコーン構造体にすることで、バルクと表面積の比では圧倒的に表面積の割合が大きくなる。ナノコーン301は熱伝導率の高い金属層402上に形成されるので、熱交換効率が良く、発熱体であるナノコーン301から効率よくエネルギーを取り出すことができる。

【0063】

5. 装置構成

図20に示すように、本発明の第3実施形態または第4実施形態による常温核融合装置300は、上述したように、支持基板403上に金属層402を介して形成された発熱体であるナノコーン301と、ナノコーン301が形成された金属層402の表面から所定距離gだけ離れた位置に設けられた対向電極102と、対向電極102に負電位を与える直流電源103と、を有する。なお、常温核融合装置300は第2実施形態による常温核融合装置200であってもよい。

【0064】

常温核融合装置300は反応炉601内に設置され、真空状態で重水素ガスを導入することで、発熱体であるナノコーン301の表面のTサイトに吸蔵される。続いて、ヒータ104によりナノコーン301を所定の温度に加熱するとともに、対向電極102に所定の負電圧を印加する。これによりナノコーン301の表面から自由電子がバルク側へ移動して表面での電子濃度が低下し、Tサイトを占有しているD⁺が隣接するTサイトのD⁻へポッピングして移動し、上述したTサイト金属格子からの圧力FによりD²が収縮して核融合が発生する。核融合により発生した熱は金属層402により外部に取り出される。

【符号の説明】

【0065】

100、200、300 常温核融合装置

101 水素吸蔵金属

101 a 金属表面のナノ構造

102 対向電極

103 直流電源

104 ヒータ

201 ナノドーム

202 支持基板

301 ナノコーン

302 支持基板 (金属層)

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

平板形状の発熱体と、
前記発熱体の平板面に対向して設けられ、前記発熱体の表面電位を制御する対向電極と、
からなり、前記対向電極により前記発熱体の表面電位を制御することで前記発熱体の表面で常温核融合を発生させる常温核融合装置。

【請求項 2】

重水素ガスを吸蔵した水素吸蔵金属の表面電位を制御することで常温核融合を発生させる発熱方法。

【請求項 3】

前記水素吸蔵金属の表面電位を表面の自由電子の濃度が低下する方向に低下させる請求項 2 に記載の発熱方法。

【請求項 4】

反応炉内に、水素吸蔵金属からなる発熱体と、前記発熱体に対向して設けられ前記発熱体の表面電位を制御するための対向電極と、を有し、

重水素ガスを吸蔵した水素吸蔵金属の表面電位を前記対向電極により制御することで常温核融合を発生させ、前記発熱体を発熱させることを特徴とする常温核融合装置。

【請求項 5】

前記対向電極に、前記水素吸蔵金属の表面電位を表面の自由電子の濃度が低下する方向に低下させる電圧を印加することを特徴とする請求項 4 に記載の常温核融合装置。

【請求項 6】

金属層上に形成され、当該金属層と電気的に接続された複数のナノ構造体からなり、前記ナノ構造体が水素吸蔵金属からなり、重水素ガスを吸蔵した前記ナノ構造体の表面電位を制御することで常温核融合を発生させる発熱体。

【請求項 7】

前記複数のナノ構造体の各々が半球状のナノドームからなる請求項 6 に記載の発熱体。

【請求項 8】

前記複数のナノ構造体の各々が円錐形状のナノコーンからなり、前記ナノコーンの先端部が半球状である請求項 6 に記載の発熱体。

【書類名】 要約書

【要約】

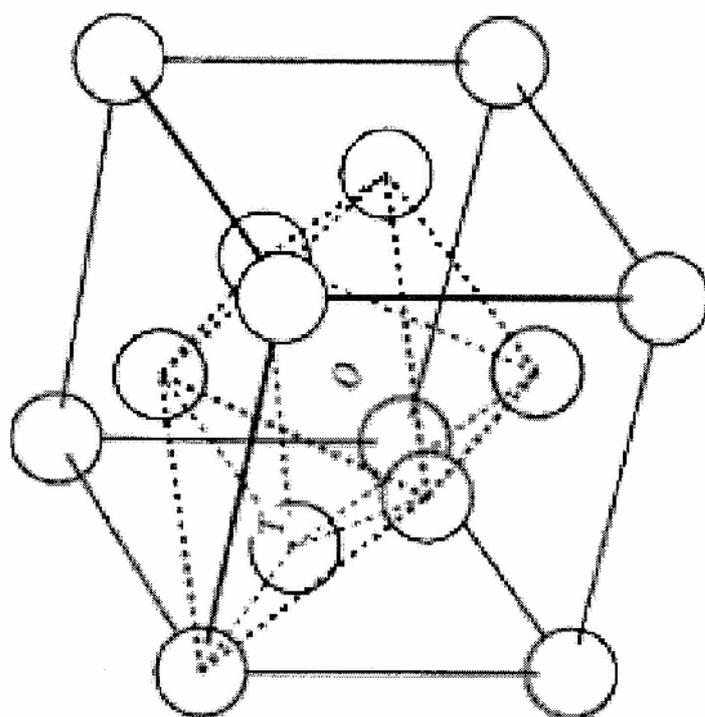
【課題】 常温核融合を安定的かつ再現性良く実現できる常温核融合装置、発熱方法および発熱体を提供する。

【解決手段】 平板形状の発熱体（101）と発熱体の平板面に対向して設けられ発熱体の表面電位を制御する対向電極（102）とからなり、対向電極により発熱体の表面電位を制御することで発熱体の表面で常温核融合を発生させる。重水素ガスを吸蔵した水素吸蔵金属（101）の表面（101a）の電位を対向電極（102）により制御することで常温核融合を発生させる。水素吸蔵金属（101）の表面電位を表面（101a）の自由電子の濃度が低下する方向に低下させるように、対向電極（102）に電圧を印加することで常温核融合を発生させる。

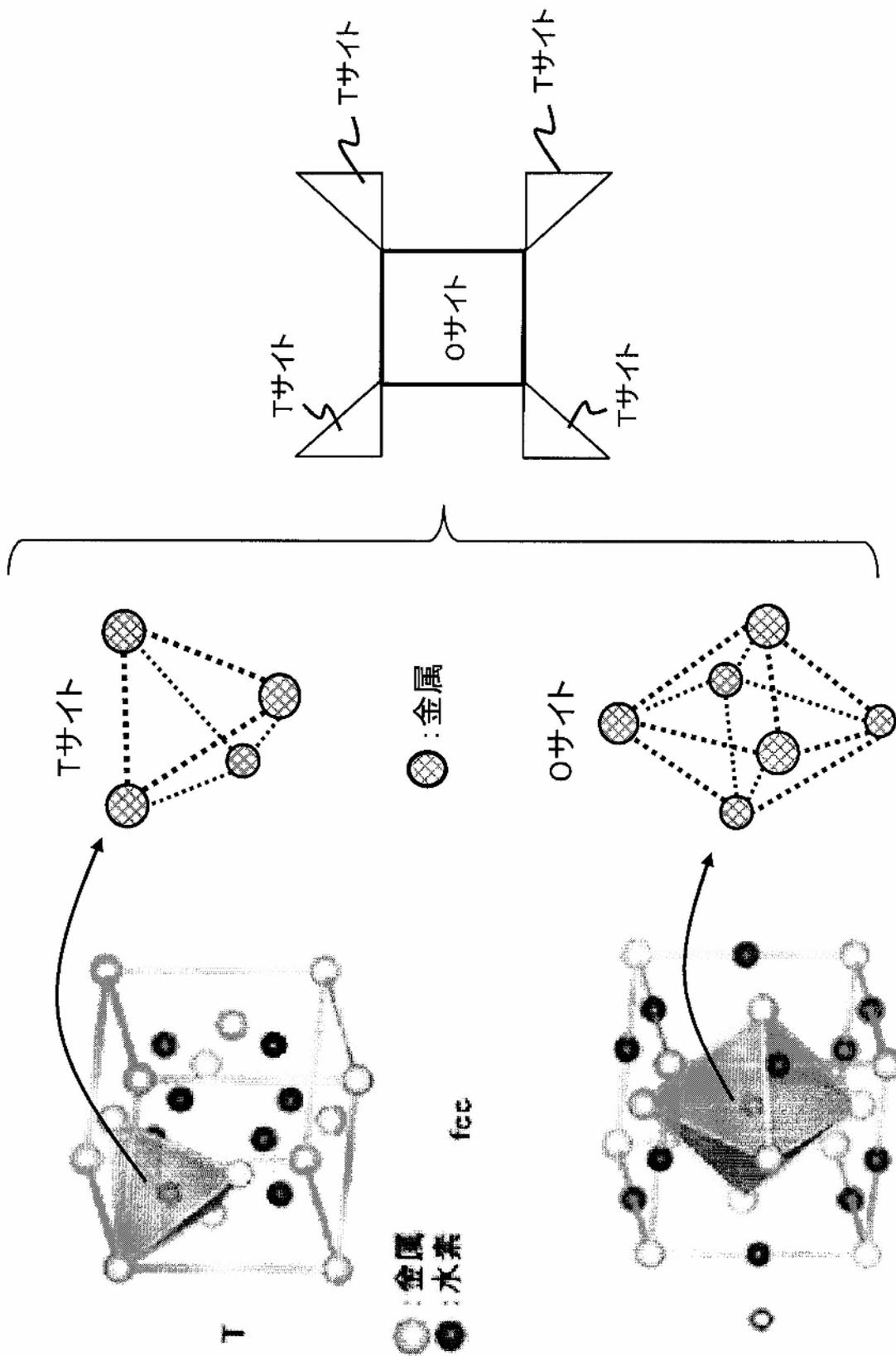
【選択図】 図7

【書類名】 図面

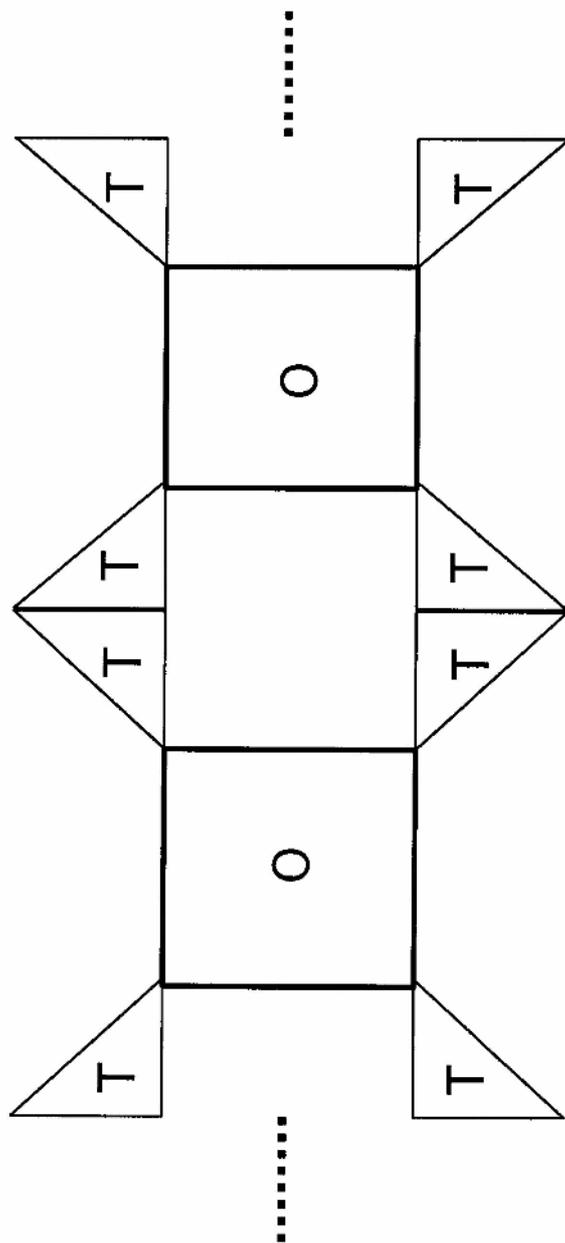
【図 1】



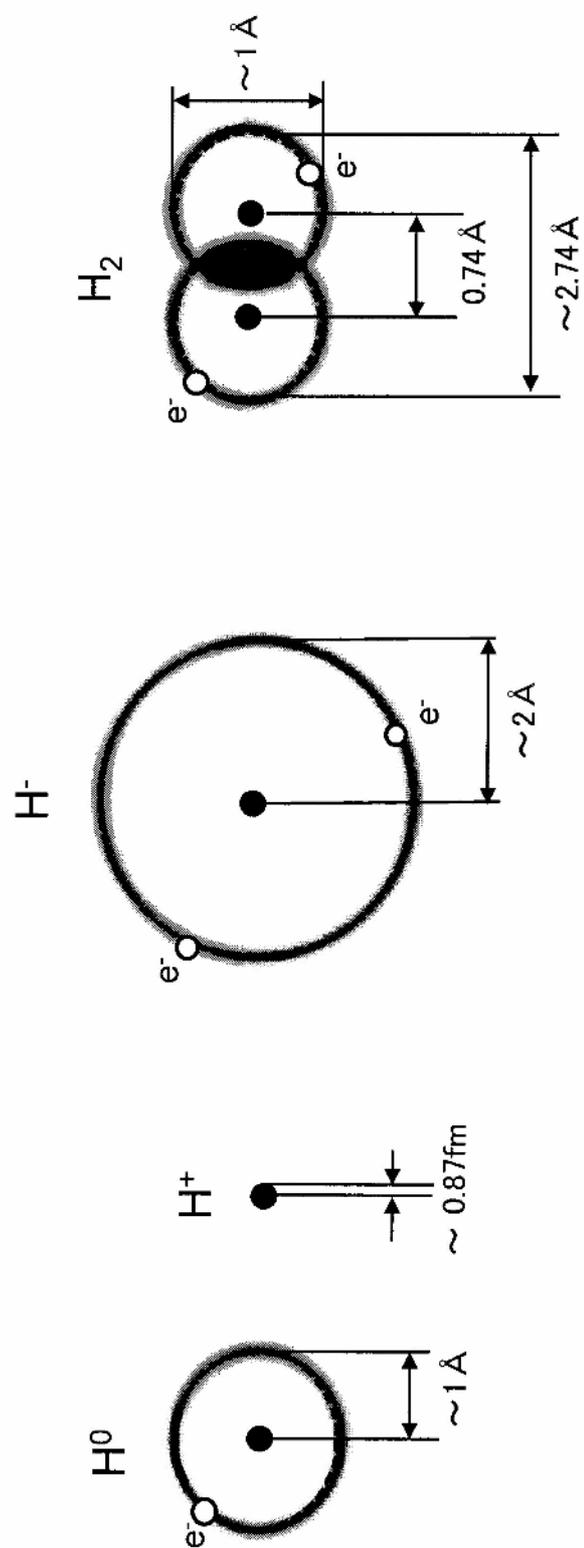
【図 2】



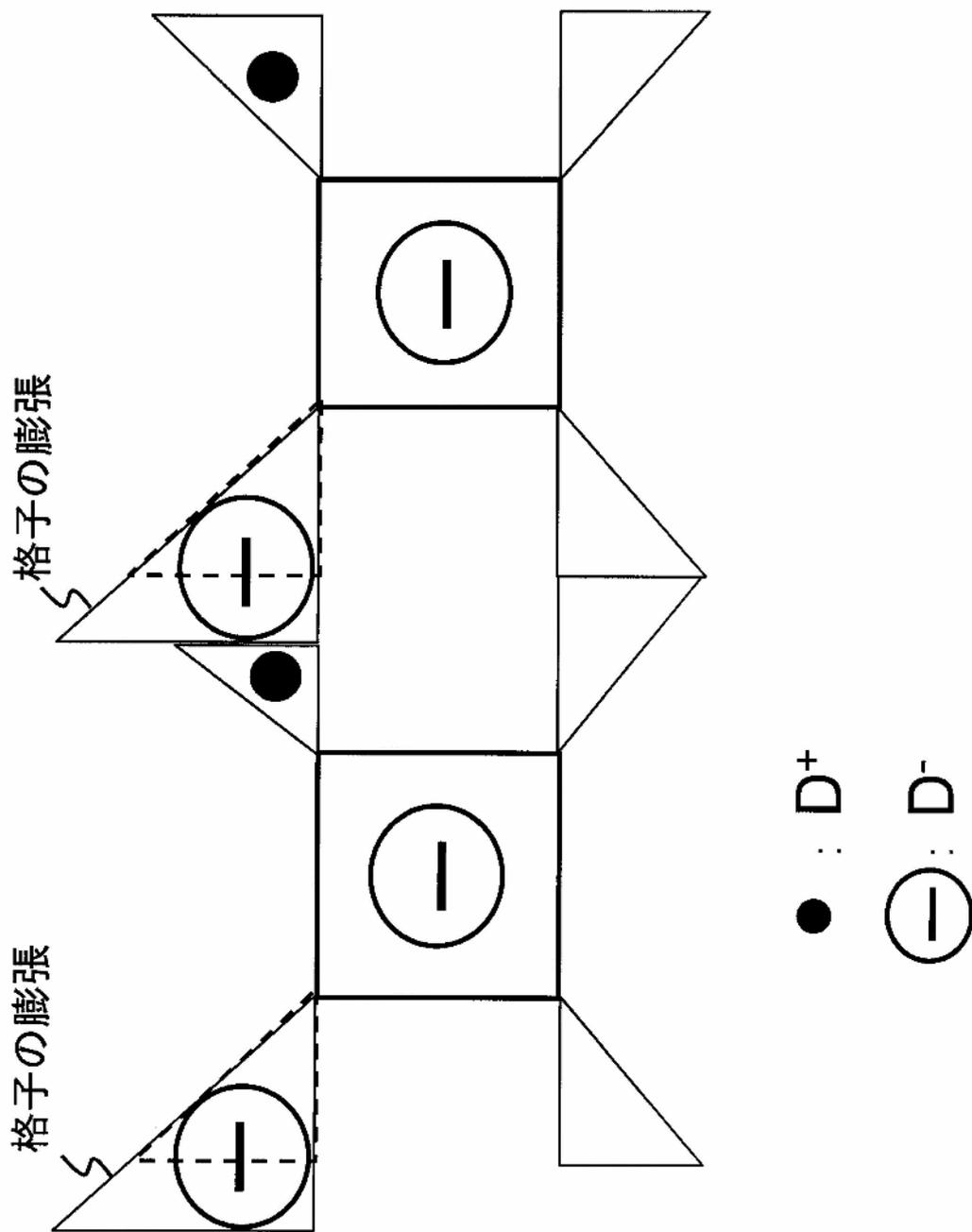
【図 3】



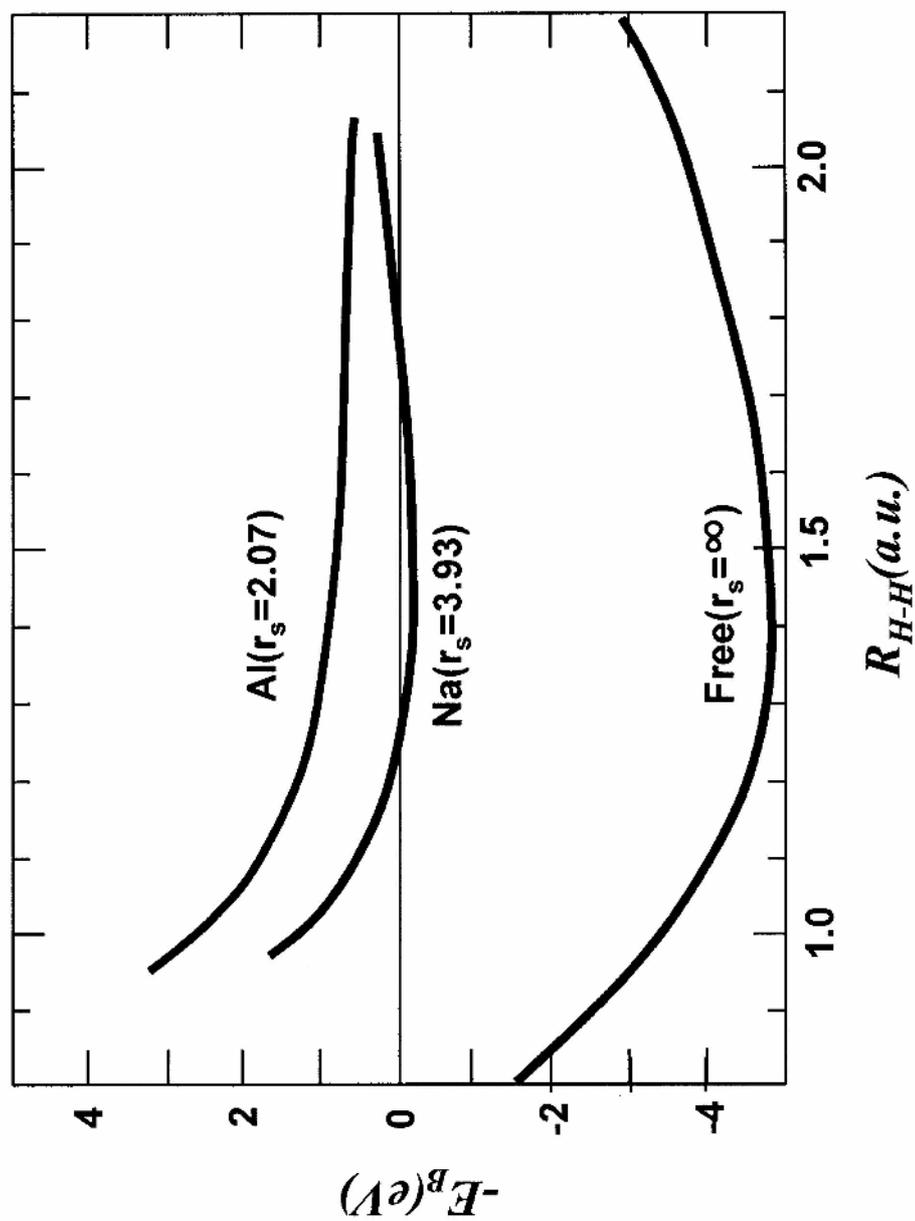
【図 4】



【図 5】

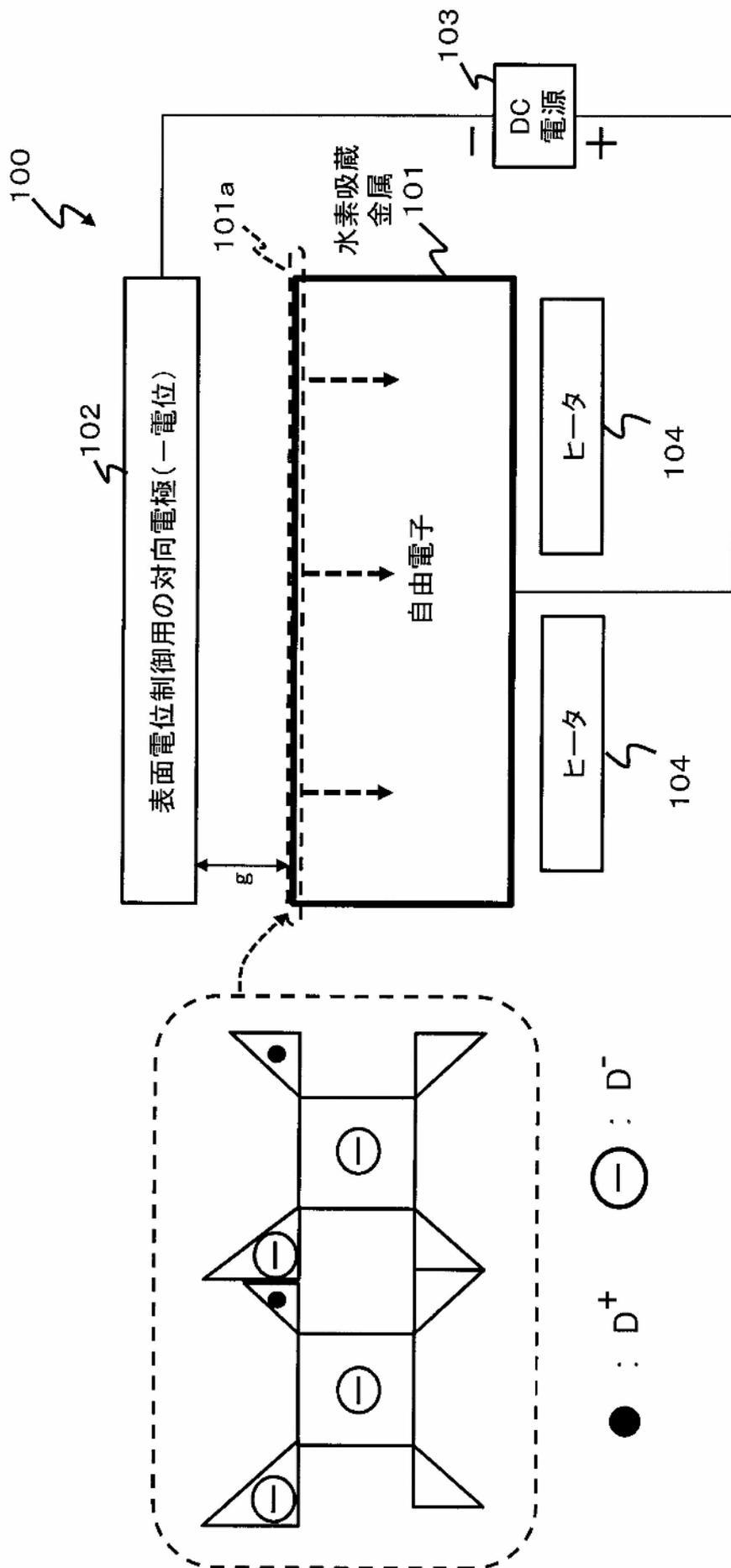


【図 6】

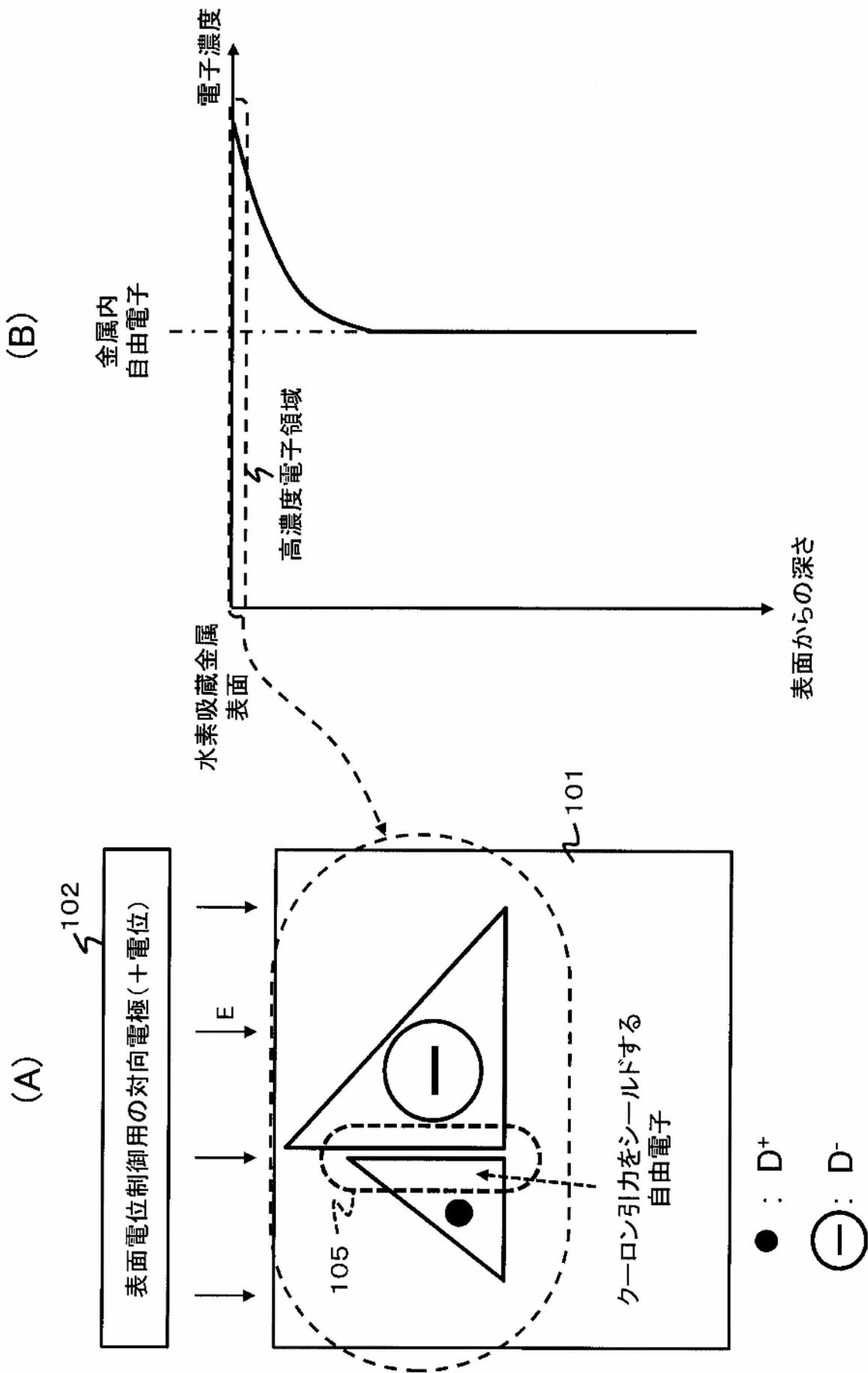


【図 7】

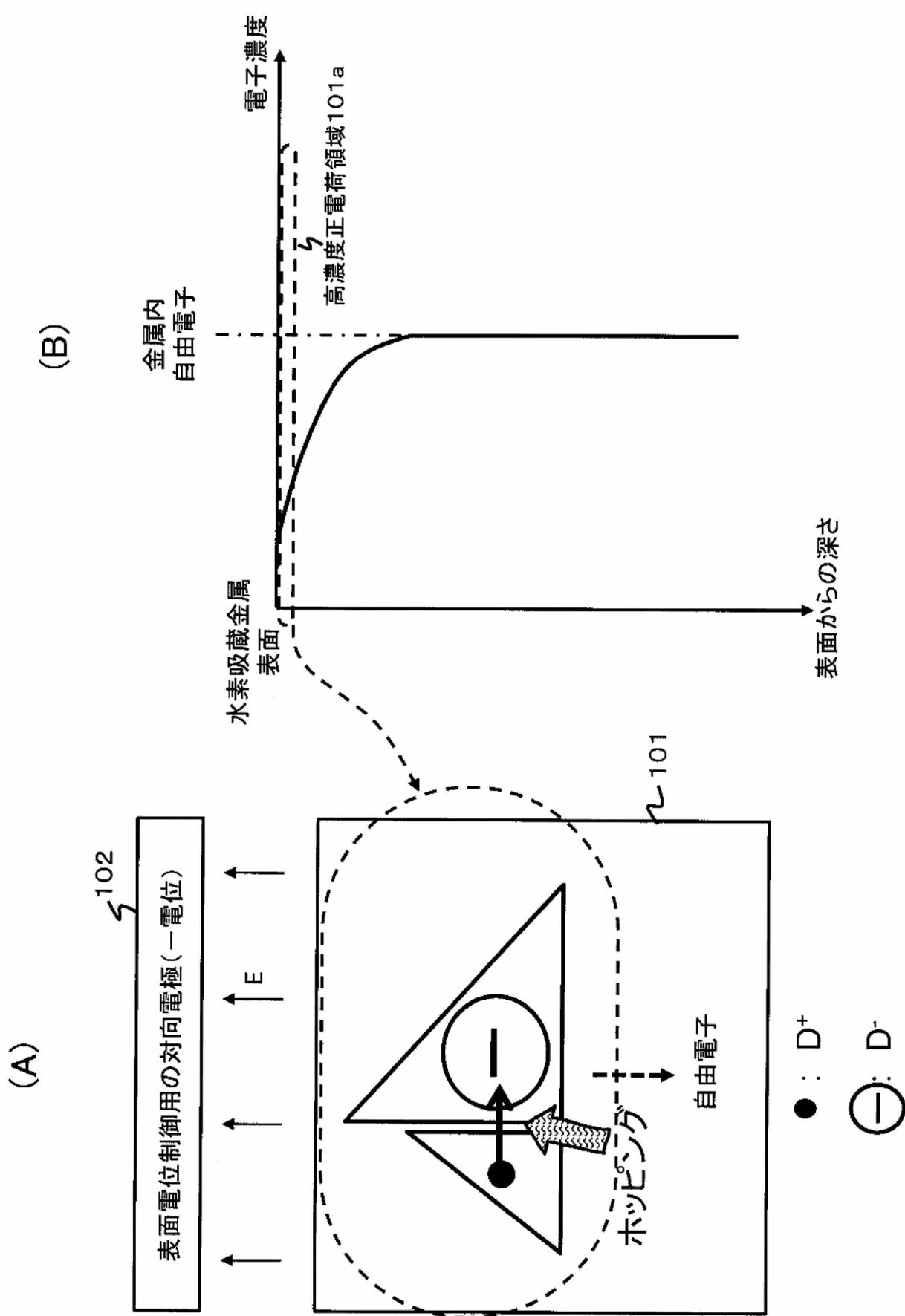
第1実施形態



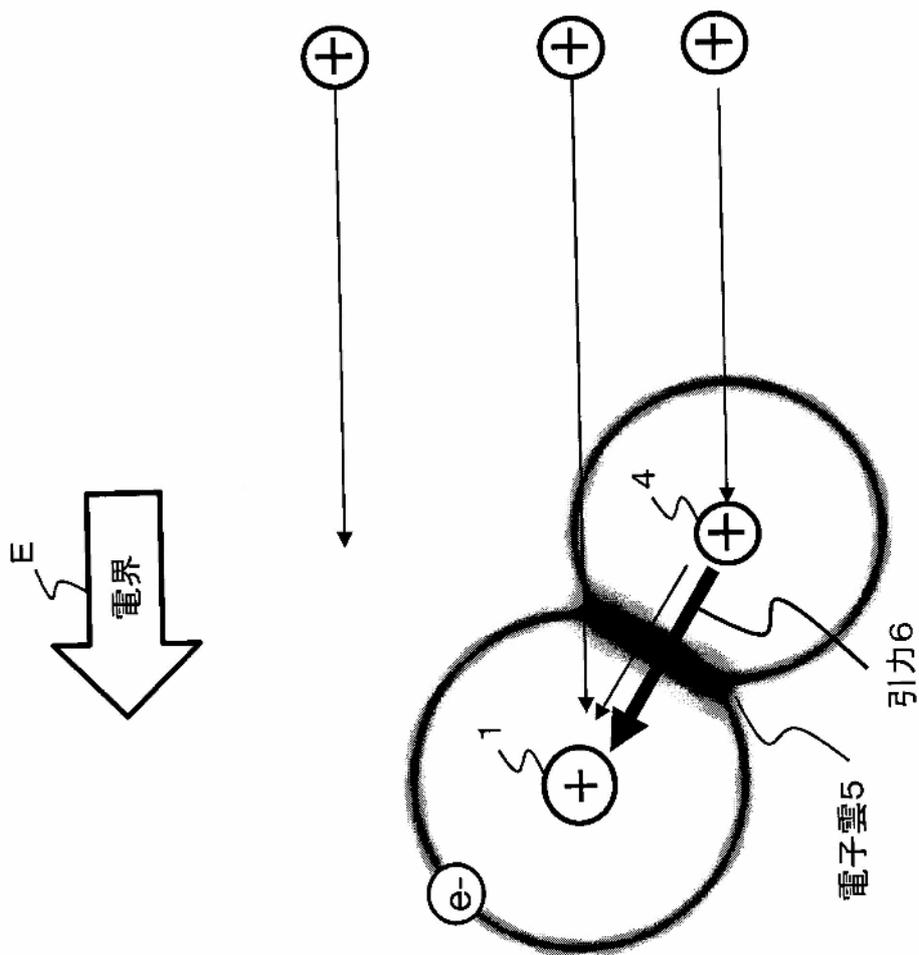
【図 8】



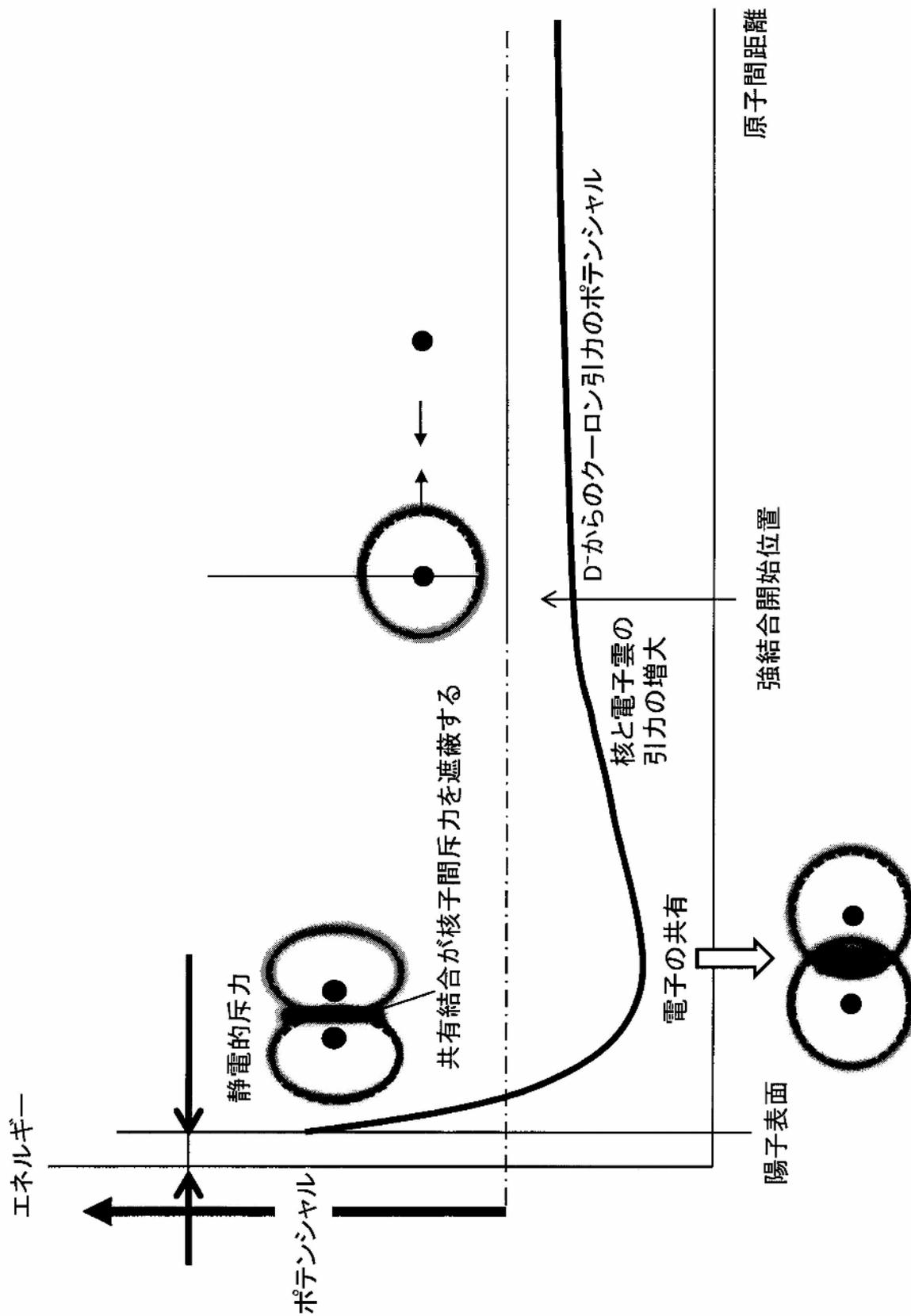
【図 9】



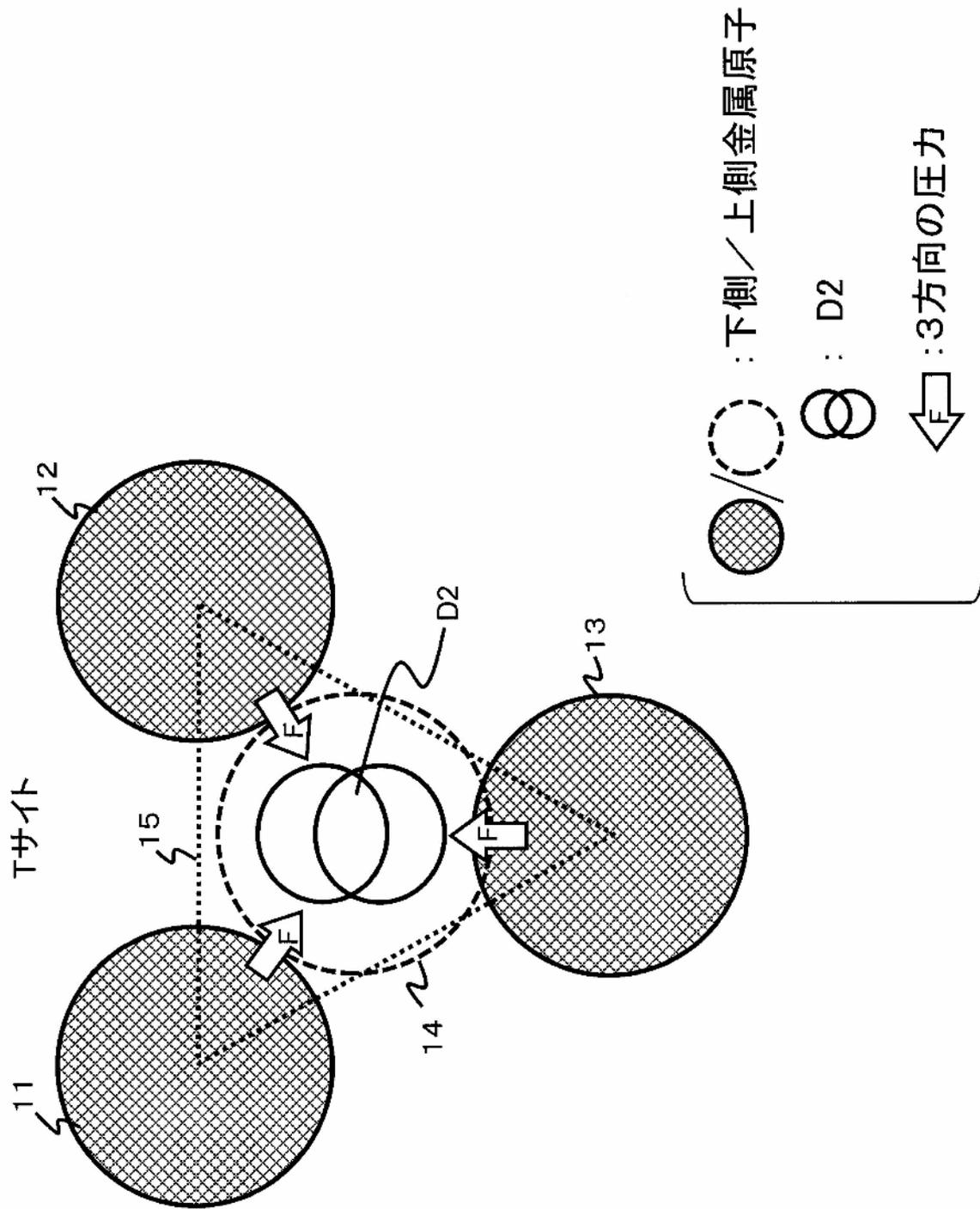
【図 10】



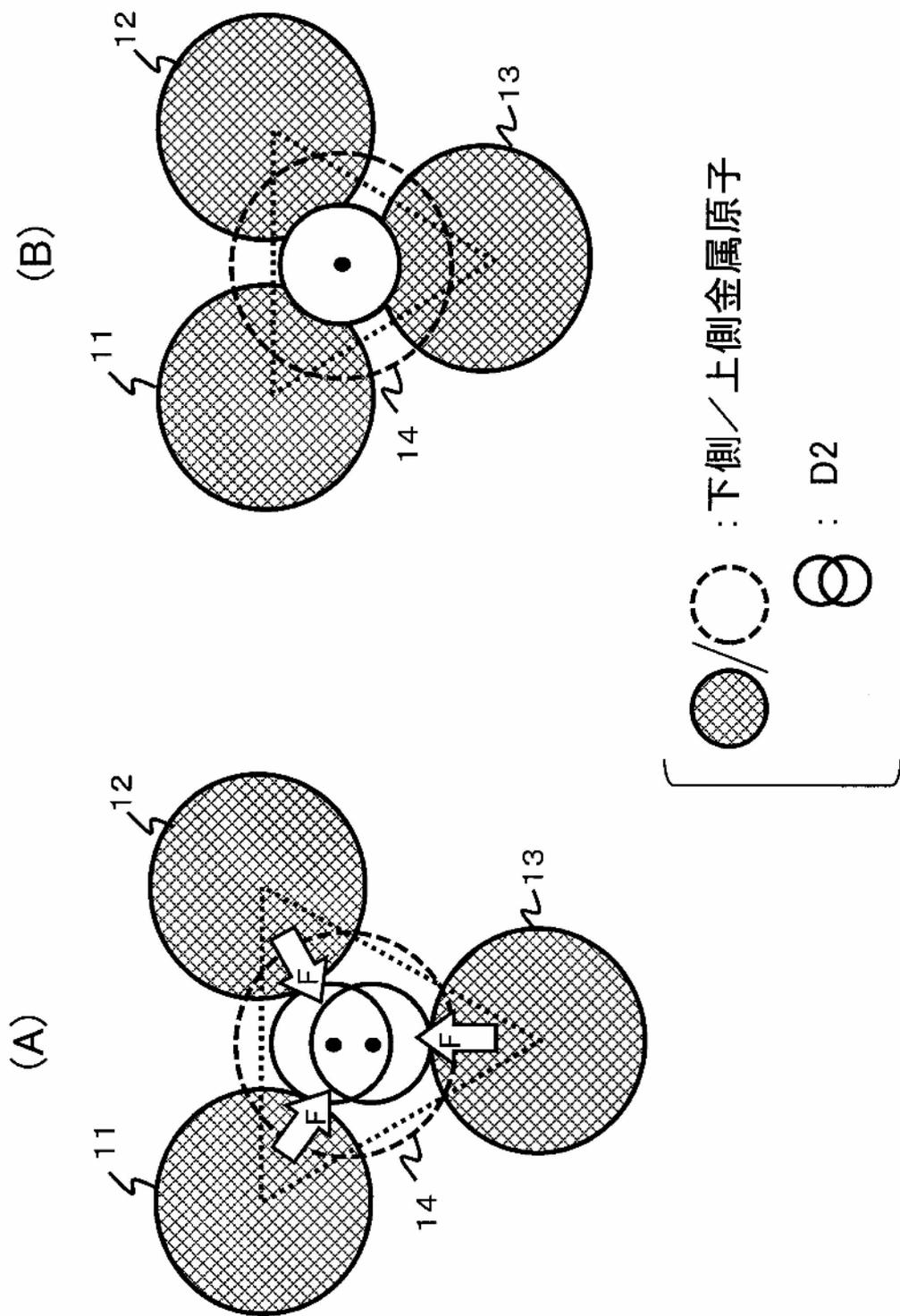
【図 1 1】



【図 1 2】

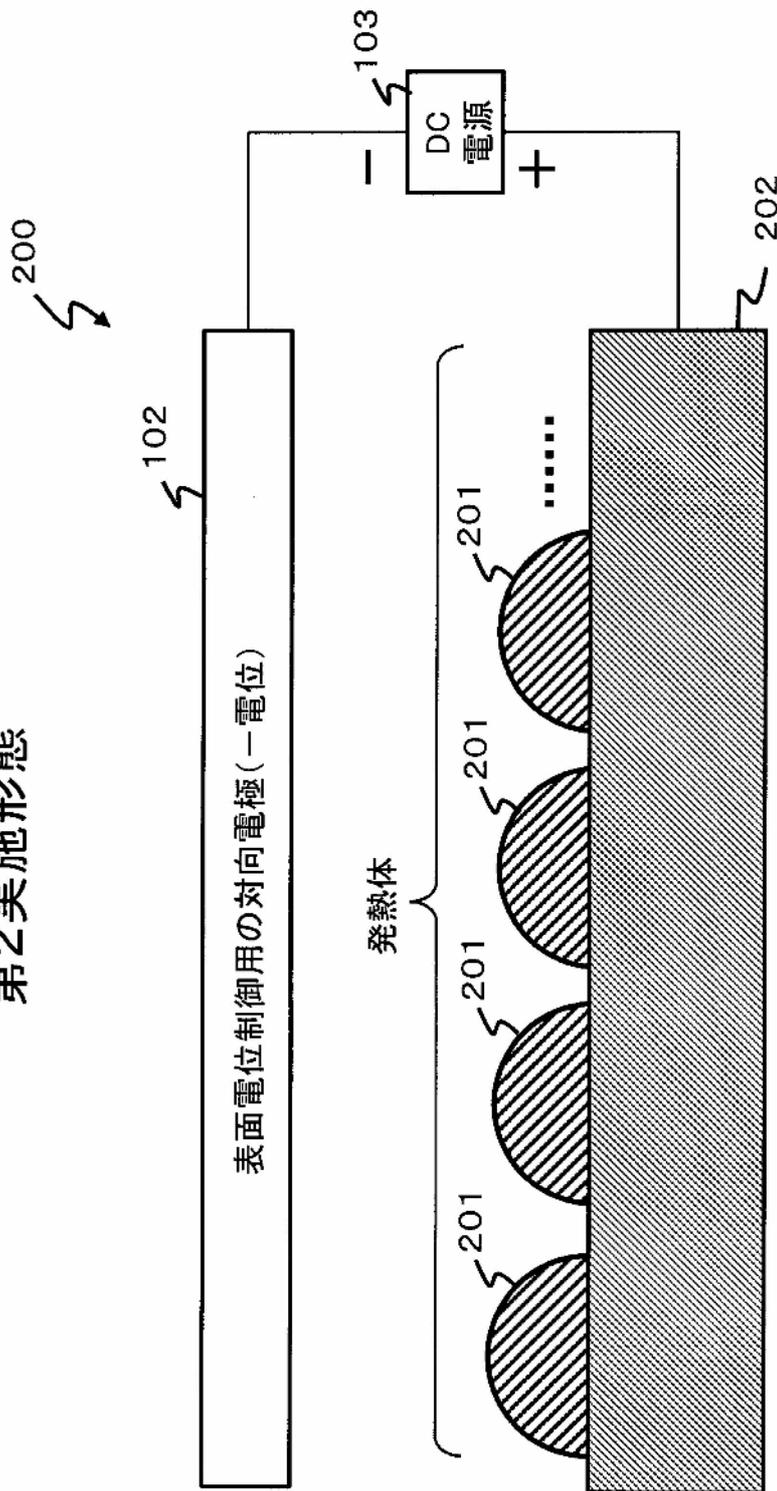


【図 1 3】

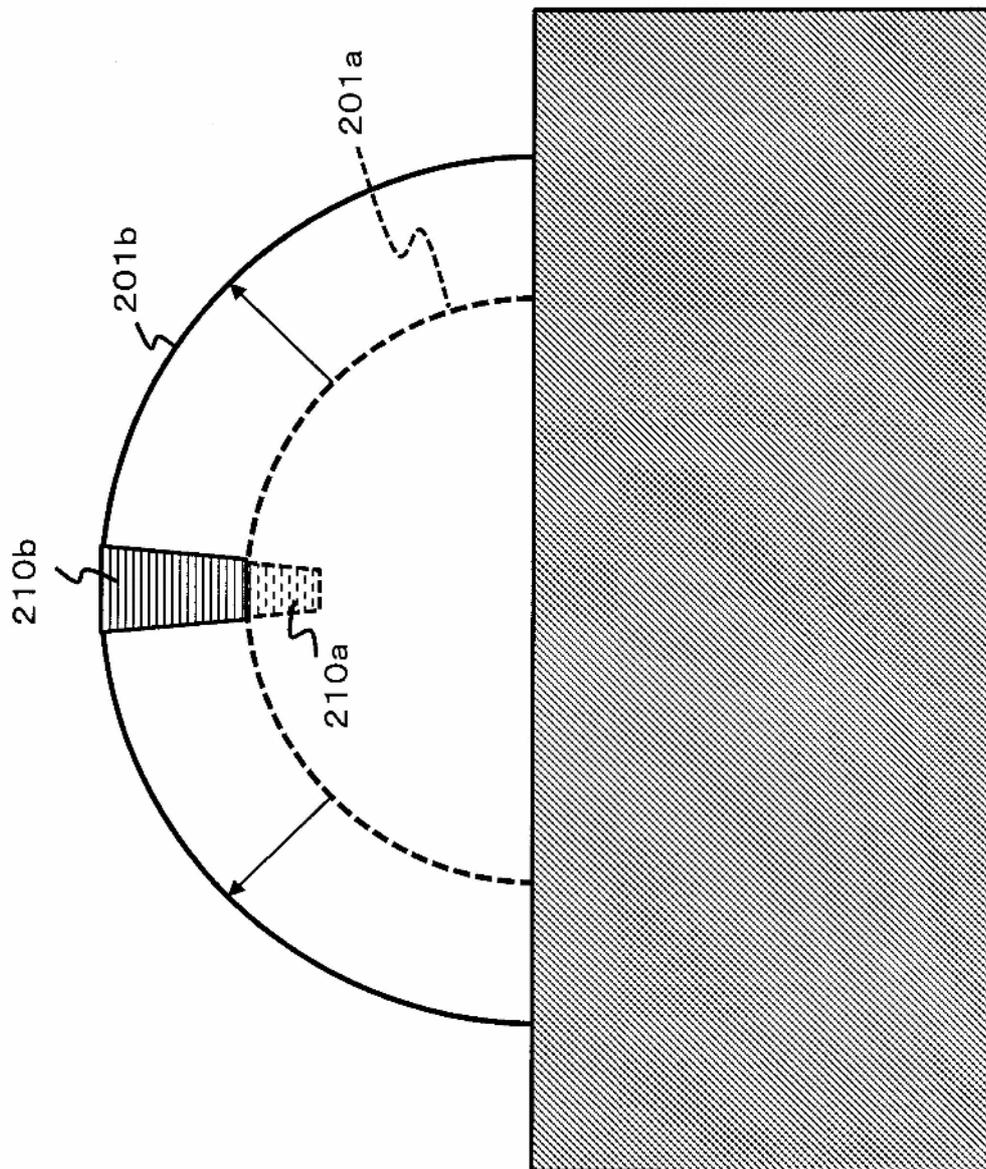


【図 1 4】

第2実施形態

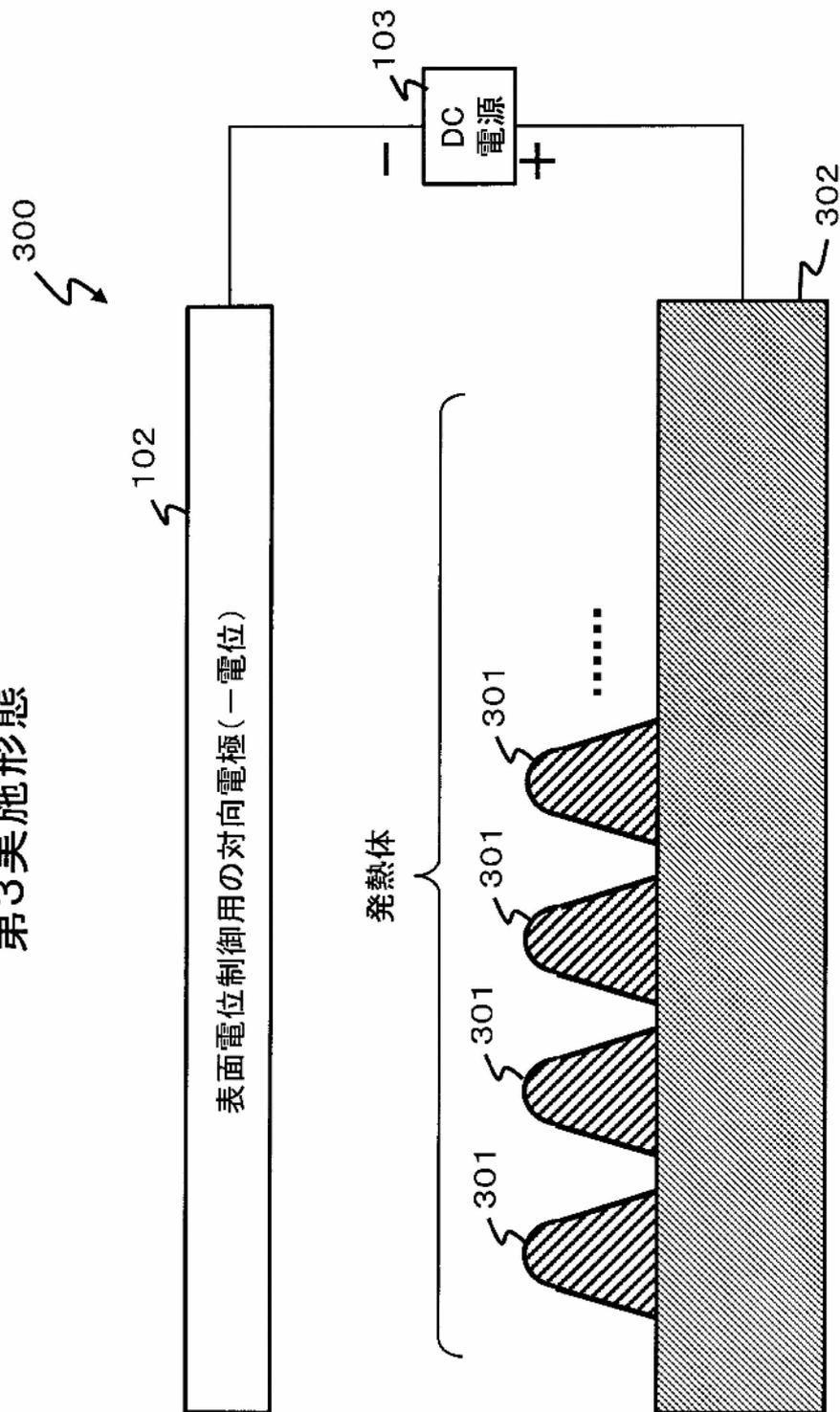


【図 15】



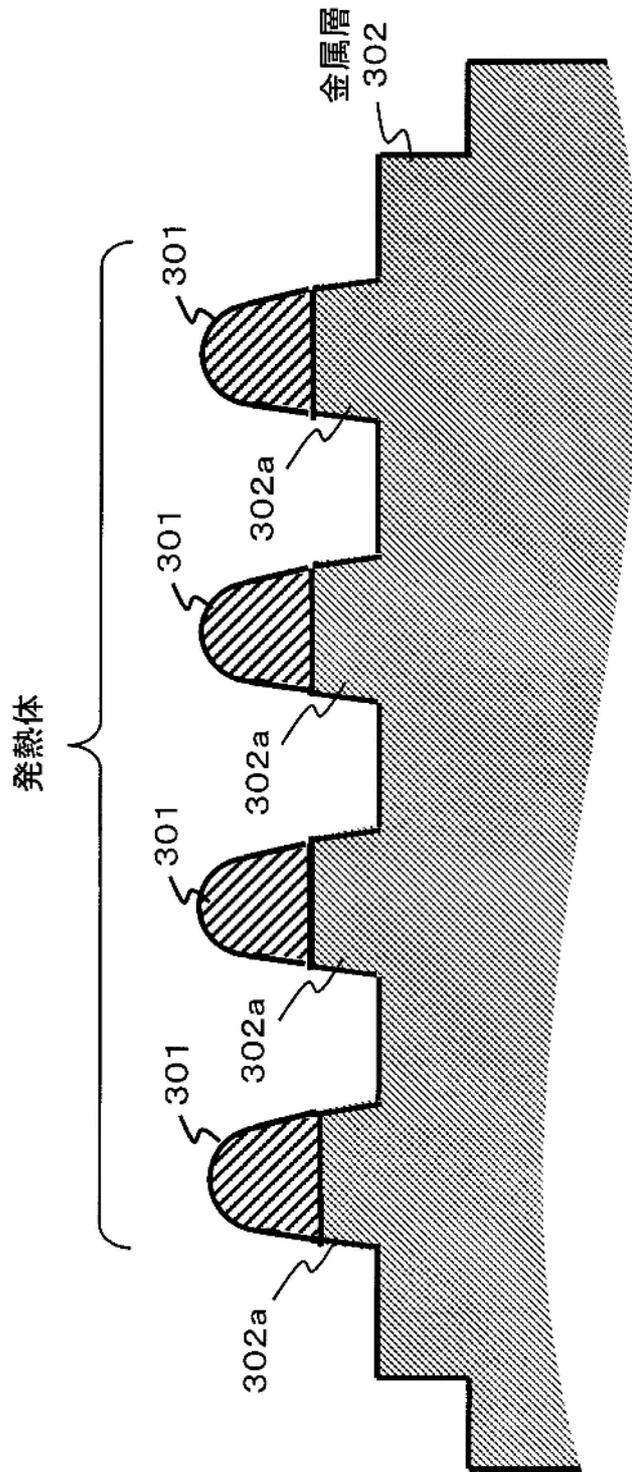
【図 1 6】

第3実施形態

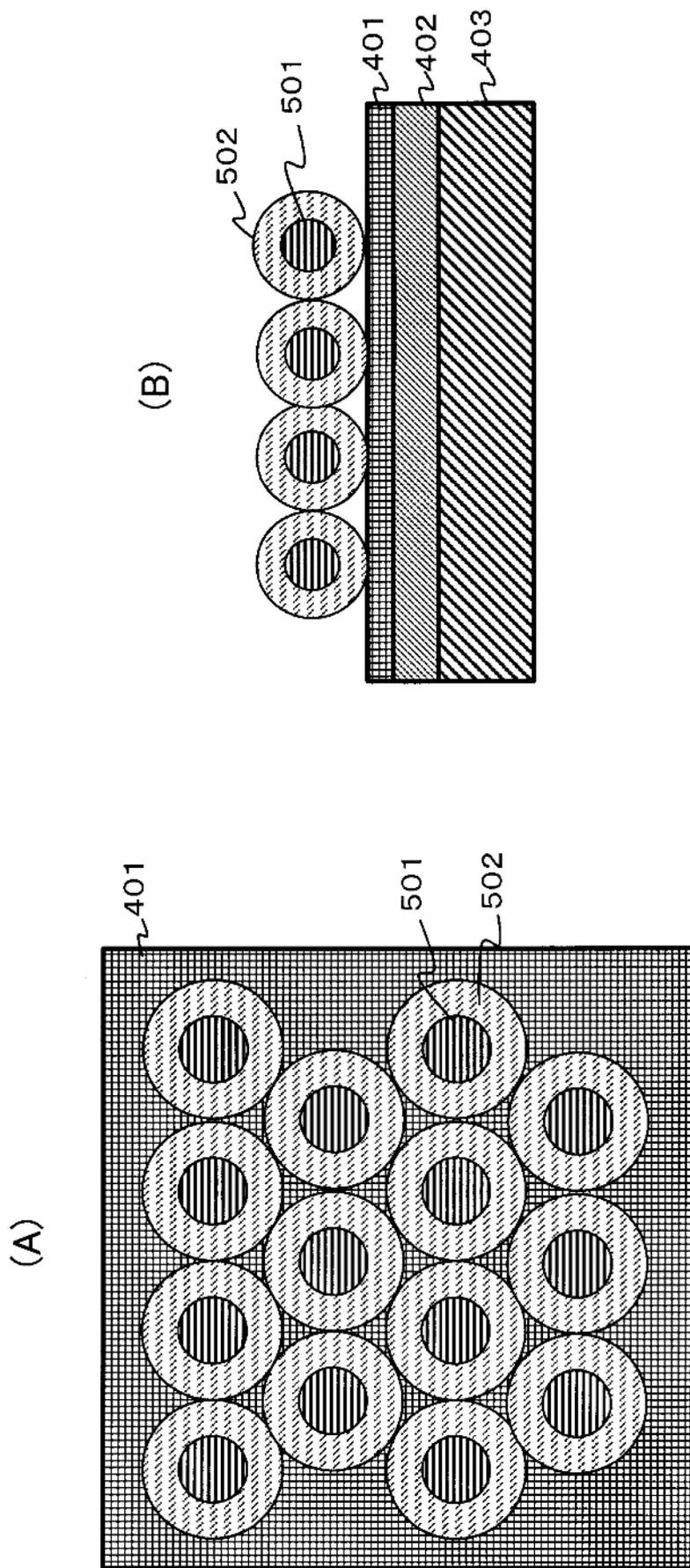


【図 17】

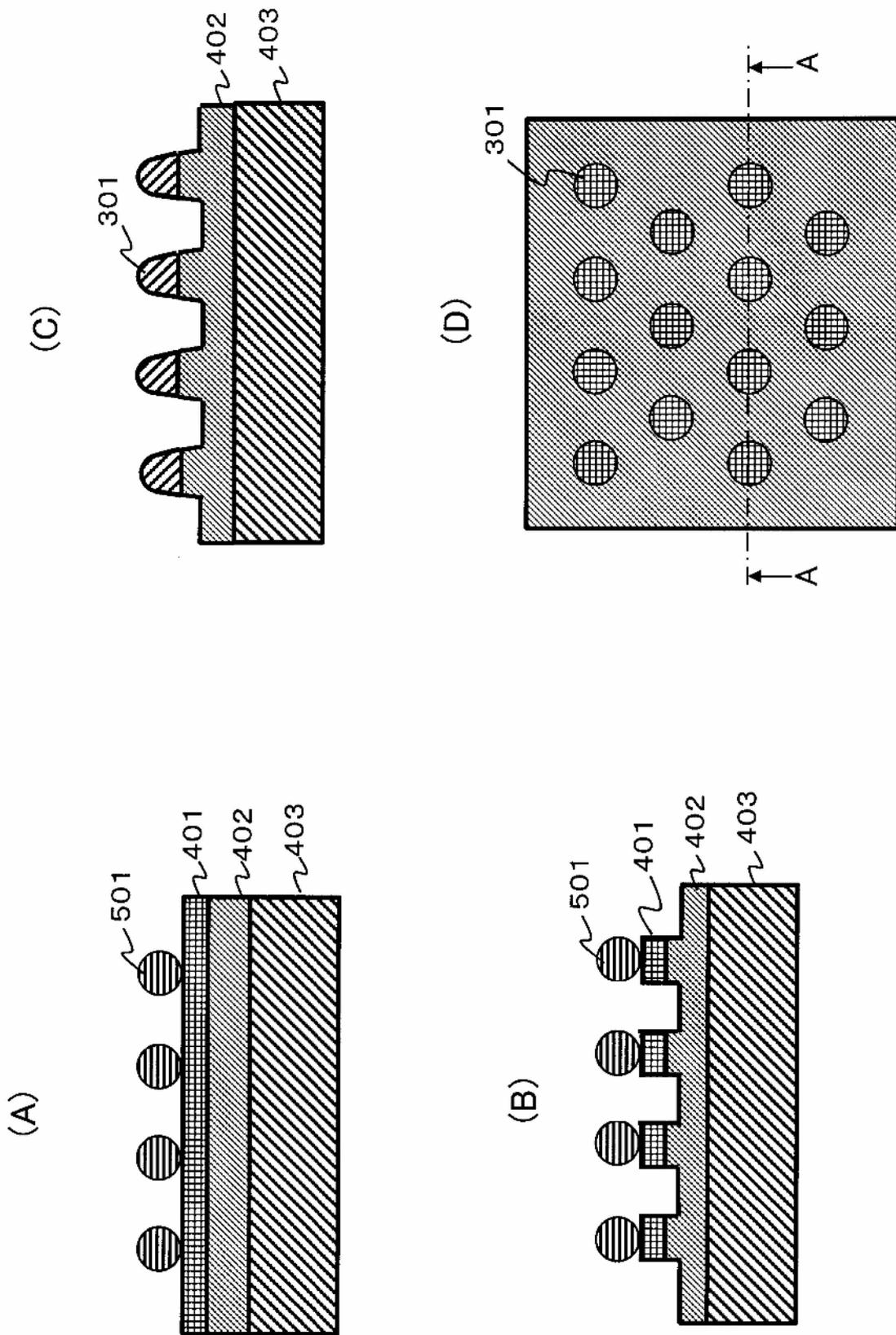
第4実施形態



【図 18】



【図 19】



【図 20】

