

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6663841号
(P6663841)

(45) 発行日 令和2年3月13日(2020.3.13)

(24) 登録日 令和2年2月19日(2020.2.19)

| (51) Int. Cl. | | F I | |
|----------------|--------------|------------------|----------------------|
| HO 1 L | 51/46 | (2006.01) | HO 1 L 31/04 1 5 4 Z |
| C 2 5 B | 1/10 | (2006.01) | C 2 5 B 1/10 |
| C 2 5 B | 9/00 | (2006.01) | C 2 5 B 9/00 A |
| C 2 5 B | 11/04 | (2006.01) | C 2 5 B 11/04 Z |
| HO 1 M | 14/00 | (2006.01) | HO 1 M 14/00 P |

請求項の数 18 (全 28 頁)

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2016-503439 (P2016-503439) | (73) 特許権者 | 515252444 |
| (86) (22) 出願日 | 平成26年3月17日 (2014. 3. 17) | | ブリット, エドワード, ジェー. |
| (65) 公表番号 | 特表2016-521452 (P2016-521452A) | | アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95 |
| (43) 公表日 | 平成28年7月21日 (2016. 7. 21) | | 014, クパチーノ, 20850 ペッパ |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2014/030670 | | ー ツリー レイン |
| (87) 国際公開番号 | W02014/145838 | (73) 特許権者 | 515252455 |
| (87) 国際公開日 | 平成26年9月18日 (2014. 9. 18) | | ディック, レイ, エス. |
| 審査請求日 | 平成29年3月17日 (2017. 3. 17) | | アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94 |
| (31) 優先権主張番号 | 61/801, 647 | | 040, マウンテン ビュー, 929 ア |
| (32) 優先日 | 平成25年3月15日 (2013. 3. 15) | | イヒラー ドライブ |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 米国 (US) | (73) 特許権者 | 515252477 |
| 前置審査 | | | ウィブケ, ダブリュー., トッド |
| | | | アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95 |
| | | | 060, サンタ クルス, 645 ハイ |
| | | | ストリート |
| | | | 最終頁に続く |

(54) 【発明の名称】 エネルギー変換デバイスならびにその作成および使用方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁エネルギー強度を増強する方法であって、前記方法は、

(A) 密集分子からなる材料のうち製造しかつ秩序化したアンサンプルを含む励起媒質の有界容積へエネルギーをポンピングする工程と、

(B) 長寿命の励起状態で蓄積したエネルギーを遷移過程で放出する工程と、

(C) 振動電場を利用して励起媒質の有界体積から出力放出を促進する工程と、を包含し、

前記工程(A)において、前記密集分子は、環状化合物からなり、かつ

前記秩序化したアンサンプルは、(a) 低いエネルギー状態と、および前記低いエネルギー状態より高位の1つ以上の高いエネルギー状態を備える、規定されたエネルギー状態と、(b) 前記密集分子のうち1つへ加えられる電子数に対する電子結合エネルギーの曲線であって、前記曲線には、前記分子中の全結合エネルギーにおける僅かな変化を伴って前記分子へ加えられる或いは差引かれる電子を有効にするのに十分な平坦がある、曲線と、を有し、(c) 前記環状化合物の前記密集分子は、前記(b)において記載される前記密集分子の性質に起因して、隣接する分子間で励起電子の転移を共に有効にするのに十分に密に配置され、それによって、励起電子が、結合エネルギーの僅かな変化により密集分子間を転移可能となり、前記励起電子はスピン禁制されて前記密集分子内における、かつ移動した前記低いエネルギー状態へ戻るのを遅らせるため、一重項励起状態より長寿命の励起状態を形成し、

ここで、前記密集分子中で複数の電子が複数の高いエネルギー状態へ励起するのに十分なエネルギー量がパンプされ、

前記工程 (B) は、第 1 の分子の前記長寿命の励起状態から隣接して密集する第 2 の分子の前記低いエネルギー状態へ第 1 の電子がジャンプする電荷移動の工程を含み、それによって、隣接して密集する前記第 2 の分子を刺激して減衰させることが可能な振動電場を生成し、かつ、

前記工程 (C) は、前記第 2 の分子中で少なくとも 1 つの第 2 の励起電子の付加的連続的移動を促進し、前記第 2 の分子からのジャンピングによって励起エネルギーを放出させ、それによって、(C - a) 隣接する分子間の電子のエネルギー電荷移動および / または正孔のエネルギー電荷移動、ならびに (C - b) 移動振動電場を包含する電子偏波 (E P W A S E R) を包含する出力放出を生成する、
方法。

【請求項 2】

請求項 1 のエネルギーのポンピングが、前記励起媒質へ向けてなされ、前記励起媒質は、密度分布を生じさせるのに十分な量であり、1 つ以上の前記高いエネルギー状態にある分子数は、前記低いエネルギー状態にある分子数よりも多い、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記秩序化したアンサンブルが、前記環状化合物の少なくとも 1 つのダイマーを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

複数の分子中の前記秩序化したアンサンブルが、高いエネルギー状態へ励起され得る六員環構造として機能する、クロロフィルに類似する炭素環式化合物、コロネン、およびそれに類似する環状化合物、またはルテニウムトリスピリジンを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

複数の分子中の前記秩序化したアンサンブルが、コロネンファミリーの一員を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記環状化合物が、コロネンを含む前記コロネンファミリーの一員である、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記方法が、光を変換することによって、太陽光エネルギーを電力へ変換することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記有界容積が、厚さ寸法と前記厚さ寸法に対し直角に走る横軸とを有する層を備え、かつ前記電子偏波 (E P W A S E R) が前記横軸の方向へ移動する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記方法が、
前記放出エネルギーを化学反応への電子偏波 (E P W A S E R)として適用する工程 (D) をさらに包含する、
請求項 1、および 3 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

前記化学反応が、水分子を水素と酸素へ開裂される反応を含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記環状化合物が、平坦な分子中の共役環式化合物を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記電子偏波 (E P W A S E R) の出力放出の少なくとも一部が、コヒーレントである、請求項 1 および 3 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記出力放出が、少なくとも幾つかの光を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記光がコヒーレント光である、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記アンサンプル構造が、電流を集めるためにインターバルに埋め込まれた金属導体のストリップを有する基板上に堆積されるフィルムを備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記アンサンプル構造が、少なくとも 1 つの化学反応物と結合する機能を備える、複数の分子または複数の原子種を備える、請求項 9 に記載の方法。

10

【請求項 17】

前記方法が、
前記電子偏波 (E P W A S E R) の出力放出を適用して、通信用に使用される回路中の信号を調整するために電荷移動を生じさせる工程、をさらに包含する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 18】

前記方法が、
前記電子偏波 (E P W A S E R) の出力放出を適用して、情報を記録するためのパターンをインプリントする工程を更に包含する、請求項 1 に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

背景技術

本発明は、エネルギー変換デバイス、ならびにその利用および作成方法にも関する。より詳細には、本発明は、電子含有エネルギー波、恣意的に 1 つまたは複数の凝集された分子アンサンプル内に誘導される光子含有エネルギー波からエネルギーを利用するための装置および方法に関し、その放出はアンサンプルから誘導される。誘導は広範囲のエネルギー入力によって達成でき、好ましくは光子エネルギーによって、本発明の好ましい一態様では太陽エネルギーによって達成される。この電子および/または光子エネルギー波から抽出したエネルギーは、(広義に)通信目的、例えば光ファイバ、電子伝導体または無線伝送システムに使用される回路内の信号の変調、化学的還元反応をそれ自体が実行すること、または好都合に他のタイプの化学反応のエネルギー平衡をシフトもしくは駆動すること、およびエネルギー変換デバイスとして、例えば光起電エネルギー変換器として実行することを含む、多数の目的に使用できるエネルギーの提供に有益である。その生産が、単なる光よりむしろとりわけ電荷移動であるためにレーザとは異なるが、本発明のデバイスを通信、データ記憶などの、レーザが利用される同じ分野のすべてで実際に利用できる。

30

【0002】

本研究は、光エネルギーを含むエネルギーの変換を説明するための新規の機構の発見をもたらした。本発明は、放射線の誘導放出によって増幅された電子偏波 (E l e c t r o n P o l a r i z a t i o n W a v e A m p l i f i e d b y S t i m u l a t e d E m i s s i o n o f R a d i a t i o n) (頭文字は E P W A S E R である) と呼ばれる機構またはプロセスに参与する。凝集された分子アンサンプルにおける電子含有エネルギー波の形成をもたらすプロセスは、例えばクロロフィルに限定されないが、1 つのタイプの適切な分子に関して以下のように要約される。量子力学モデルは、クロロフィルのような分子に密接に関連したある特定の群では、光吸収は隣接した分子間に電子移動をもたらすことができることを示している。このタイプの分子間電子移動は、クロロフィル三重項状態などの準安定状態に存在し、クロロフィル三重項状態は孤立分子において通常スピン禁制されている。したがって連続して光子が誘導される電子移動は、局所化された反転分布を生じる可能性がある。誘導放出プロセスでは、電子は隣接した分子の

40

50

基底状態に戻る。これが起こるのは、三重項状態の減衰は所与の分子内でスピン禁制されるからである。E P W A S E R プロセスは、分子アンサンブル全体に保存されたエネルギーをまとめる、または並べる、電子正孔対（および恣意的に光子）の波状の移動をもたらす。

【 0 0 0 3 】

E P W A S E R 作用によって生成されたエネルギー電荷は、 1.8 eV の光子（可視光）で得られるより多くのエネルギーを必要とする水分解などの化学反応への関与を含む、無数の適用に使用することができる。E P W A S E R プロセスの機構は、本発明の一実施形態によれば、高性能の太陽光発電の水分解への実践的な手法を表す。E P W A S E R 効果は、固体状態だけではなく試験管内でも生成することができ、概して実際の太陽エネルギー変換器の基礎として役立つことが可能である。

10

【発明の概要】

【 0 0 0 4 】

本発明の一態様によれば、入力エネルギーを上昇した電子の形で増加したレベルの励起に保存できる、原子および/または分子からなる材料の製造され秩序化されたアンサンブルを含み、材料の規則性アンサンブルは、励起された電子に対して相対結合エネルギーを隣接した原子または分子間に示し、励起された電子は、励起された電子はスピン禁制されてそのエネルギーを移動した原子または分子内で喪失する準安定構造を形成するために、アンサンブル内の隣接した原子または分子に励起された電子のスピン許容遷移を可能にするのに充分であり、材料の秩序化されたアンサンブルは同様に、保存されたエネルギーを隣接した原子または分子間の電荷移動の手段により、隣接した原子または分子内で電子の興奮状態から低い状態に、デバイスに対する出力における複数の個々の励起をまとめる手法で放出できる、エネルギー変換デバイスが提供された。

20

【 0 0 0 5 】

また本発明は、上に定義したようなエネルギー変換デバイスを製造する方法も提供する。

【 0 0 0 6 】

本発明の別の態様によれば、請求項 1 に定義されたような材料の製造され秩序化されたアンサンブルを電磁エネルギーの源に曝露することであって、電磁エネルギーの源は化合物内の電子を反転分布が起きる程度に上昇したレベルの励起に上昇させるのに充分であり、興奮状態の分子の数は、低いエネルギー状態の分子の数より多い、曝露することと、保存されたエネルギーを隣接した原子または分子間の電荷移動の手段により、隣接した原子または分子内で電子の興奮状態から低い状態に、出力における複数の個々の励起をまとめる手法で放出することを含む、電磁エネルギーの強度を高める方法が提供される。好ましくは、秩序化されたアンサンブルは、詰めて配置された原子または分子の秩序化された構造を含むので、所与のユニット内の励起した電子に対する場所の量子力学の確率が隣接したユニットの場所に重なる。

30

【 0 0 0 7 】

本発明の別の好ましい態様によれば、方法はエネルギー放出を化学反応に適用すること、より好ましくは、水分子を水素と酸素に分離することを含む反応をさらに含む。本発明のこの好ましい態様および他の好ましい態様では、エネルギー放出の適用は光化学プロセスが好ましく、光化学プロセスは光の 1 つの量子に含まれるエネルギーより大きいエネルギーステップを必要とする。

40

【 0 0 0 8 】

本発明の別の態様によれば、方法は、分子の秩序化されたアンサンブルのように、原子または分子環化合物を含む環、特に 4 の倍数である原子ユニットを有し、環内に共役二重結合を有する環化合物に基づく環を使用する。好ましい態様では、環化合物はポルフィリン環、特にクロロフィルに基づく。本発明の他の好ましい態様では、秩序化されたアンサンブルは、半導体ダイオードの P / N 結合領域を形成するように配置された半導体物質を含み、それによって低電圧電流が結合領域を通過してアンサンブルの軸に直角方向に駆動さ

50

れるときに、電子は分子または原子の興奮状態にポンピングされ、このポンピング作用によって生成されたエネルギーはアンサンプルの軸に沿ってコヒーレント電荷輸送の形で放出される。

【0009】

別の好ましい態様によれば、本発明は、入力エネルギーを増加したレベルの励起に上昇した電子の形で保存できる原子および/または分子からなる、材料の製造され秩序化されたアンサンプルを含む限られた体積であって、材料の秩序化されたアンサンプルは、励起された電子に対して相対結合エネルギーを隣接した原子または分子間に示し、励起された電子は、励起された電子がスピン禁制されてそのエネルギーを移動した原子または分子内で喪失する準安定構造を形成するために、アンサンプル内の隣接した原子または分子に励起された電子のスピン許容遷移を可能にするのに充分であり、材料の秩序化されたアンサンプルは同様に、保存されたエネルギーを隣接した原子または分子間の電荷移動の手段により、隣接した原子または分子内で電子の興奮状態から低い状態に、デバイスに対する出力における複数の個々の励起をまとめる手法で放出できる、限られた体積と、該秩序化されたアンサンプルによって吸収されることが可能な範囲にエネルギーを放出するエネルギー源であって、該秩序化されたアンサンプルによって吸収されるエネルギーの大部分によって、その原子または分子の遷移が該増加したレベルの励起に上昇し、該エネルギー源はエネルギーを該秩序化されたアンサンプルに方向付けるように配置されて、隣接した原子または分子内で上昇した状態から低い状態への伝送に起因した刺激エネルギーの存在により、そのように刺激されたときに電子を限られた体積に放出するために該原子または分子を励起する、エネルギー源とを含む、電子エネルギー増幅のための装置を提供する。

【0010】

本デバイスおよび/または方法の好ましい適用は、

太陽光発電エネルギーの変換と、通信のために利用される回路内で信号を変調するために、電荷移動によってもたらされた電流を適用することであって、通信回路は光ファイバ、導電体、または無線伝送システムを備える、適用することと、

パターンを印加して情報内容を保存するために、保存されたエネルギーから誘導された放出エネルギーを利用することと、

アンサンプルの原子または分子ユニットの励起されたエネルギーの状態に直接保存された情報を保存することであって、それによって鎖内の一部の選択されたユニットは励起された電子を保存するためにポンピングされる一方で、他の選択されたユニットは、励起されたユニットに対する脱励起されたユニットのパターンが符号化された情報の形になる方法で、それらのより低いエネルギー状態のままである。そのような装置から符号化された情報を回収する方法は、情報アンサンプルがその保存されたエネルギーを、選択的にポンピングされ脱励起されたユニットの鎖を通して変調された移動を作り出すことにより、放出するときに生成されるはずである電流の変化を読み取ることを含む、保存することと、光量子を使用する電力の伝送と、

加速器をチップ上に製造することであって、秩序化されたアンサンプルは、端部から電子ビームを投射するために鎖の下に移動された電子内に非常に高いエネルギーを構築できる方法で、位置合わせされた大量の原子および/または分子ユニットを備え、それによって非常に小さい(マイクロ)線形加速器を生成する、製造することとを含む。

【0011】

本発明の他の態様では、方法および/またはデバイスは、分子(および/または原子)アンサンプル構造のように、基板上に蓄積された分子の単層型フィルムを利用し、ある特定の実施形態では、フィルムは電流を収集するために金属導体ストリップを周期的に埋め込んだ基板上に蓄積される。他の配置では、分子(および/または原子)アンサンプル構造は三次元ポリュームに形成される。

【0012】

他の適用では、分子(および/または原子)アンサンプル構造は、複数の分子または原子種を含み、その少なくとも一部は、少なくとも1つの化学反応体に結合する、または少

10

20

30

40

50

なくとも1つの化学反応体と少なくとも相互作用するように機能する。本発明のある特定の好ましい態様によれば、結合するかつ/または相互作用する種は少なくとも1つの金属種を含む。

【0013】

ある特定の好ましい実施形態では、保存されたエネルギーから放出されたエネルギーも光を発生し、最も好ましくはコヒーレント光を発生する。

【0014】

本発明のさらに他の好ましい態様では、方法はアンサンブルを通して移動された電子の複数の通過を生み出すのに十分な露出の長さを利用し、それによって電磁電荷移動におけるエネルギーが各通過と共に増加し、好ましくは原子および/または分子アンサンブルの活性領域は、電子(または孔)を反射し、それらの動きを逆転させる構造をもつ領域の各端部で終了するので、ポンピングされたアンサンブルを繰り返し通過する電荷移動を振動させる。

10

【0015】

電子反射体の一部の例には、(a.) 強勾配の局所化された磁場、例えば焦点に集中する磁力線、(b.) 電子を一次元の移動に反射する高電圧などの高い障壁、またはc. 特に電子を反射して戻すのに十分に高く広いように設計された、1列に20個の分子などの広い障壁が含まれる。例えば最後の項目の場合、電子のエネルギーが十分に高いのでポテンシャル障壁を突破できた場合に、電子のみが通過できるはずであるスタックの端部に1組の分子をおくことができる。この場合、電子のエネルギーは障壁に登って逃げるために少なくとも最小値であることが必要であるはずである。特定の結果を達成するためにこの効果を使用する例は、一端が20個の分子からなり、他端が12個のみの分子からなるスタックの両端に障壁を有するはずである。高エネルギーの電子は12番目の分子の端部のみから出るはずであり、分子の数は適切なエネルギーを達成するように合わせることができる。電子のエネルギーは一端出ると低減されず、障壁のみによってゲート制御されるはずである。電子が十分なエネルギーを有するときだけ電流フローを可能にするこの新しいタイプの電子デバイスは、太陽熱収集器に有益であるはずであり、収集器内で電力変換デバイスは特定の電位の電流で作動するように設計される。電位が充分でなかった電流は、充分な電位になるまで再循環されるはずである。

20

【0016】

本発明の別の好ましい態様によれば、化学反応を実行するための装置であって、上に定義されたような材料の製造され秩序化されたアンサンブルと、環化合物内の電子を反転分布が起きる程度に上昇したレベルの励起に上昇させるのに十分な電磁エネルギーに、アンサンブルを曝露するための源であって、興奮状態の分子の数は、低いエネルギー状態の分子の数より多い、源と、製造されたアンサンブルを、アンサンブルから移動された電子エネルギーに応答して反応を受けることができる少なくとも1つの化学種と接触させる配置とを含む、装置が提供される。

30

【0017】

本発明のさらなる特徴は、添付図面と合わせて考慮すると、以下の好ましい実施形態の詳細から明白になる。

40

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】光合成のHill-Bendallモデルにおける電子の流れを示す概略図である。

【図2】集光アンテナおよび反応中心を含む光合成ユニットの概略図である。

【図3A】クロロフィルの分子構造を示す図である。

【図3B】脂質層に固定されたクロロフィル分子を概略的に示す図である。

【図4】ペブルモザイクモデルの概略図である。

【図5】20個の原子の閉環上の電子のエネルギーレベルを示す図である。

【図6】クロロフィル内のポルフィリン環の20個の原子の全結合エネルギーに対する、

50

環上の電子数を示すグラフである。

【図7A】クロロフィル内のエネルギーレベルを示す図表である。

【図7B】理想的な4レベルのレーザシステムにおけるエネルギーレベルを示す図表である。

【図8】3つのタイプの電子遷移を概略的に示す図表である。

【図9】クロロフィル二量体における電子移動による三重項状態の形成を概略的に示す図表である。

【図10】一重項状態から隣接した分子の三重項状態への電子移動による、分子のアンサンプルのポンピングを示す概略的図表である。

【図11】電子偏波の誘導放出による分子アンサンプルの減衰を示す概略的図表である。

【図12A】非極性溶媒の表面上のクロロフィル分子を示す概略断面図である。

【図12B】極性溶媒の表面上のクロロフィル分子を示す概略断面図である。

【図13】本発明による半導体デバイスの斜視図である。

【図14】EPWASERシステムを使用する光起電デバイスの概略図である。

【図15】水を水素と酸素に変換するための光化学分解システムの概略図である。

【図16A】水分解のための浮遊する太陽光変換プラントの斜視図である。

【図16B】図16Aのシステム内の光活性表面の細部の斜視図である。

【図17A】大規模の浮遊する光化学プラントの概略平面図である。

【図17B】図17Aにおける円内の部分の詳細を示す拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明は、レーザの作動に類似しているが異なる、新しい物理プロセスを生成し利用する方法および装置を対象とする。レーザ作動と同様に、このプロセスは分子（および/または原子）の特定の群で行われ、これは光量子の形または電磁エネルギーの他の形であることが可能な入力エネルギー（「ポンピング」）を保存することができる。励起エネルギーをポンピングするために可能な方法の一部には以下のものが含まれる。

【0020】

光（電磁放射）：光（点滅または連続のいずれか）を光子源として使用して、本プロセスに対して電子を興奮状態に励起することができる。光源は可視スペクトルに限定されない（光源はX線または赤外線であってもよい）。

【0021】

放電：放電は場合によってはレーザのためのポンピング源として使用される。気体媒体を通る拡散放電または放射されるわずかな配列を使用して、レーザ媒体内の電子を励起することができる。同様のプロセスを本プロセスの電子の励起に、好ましくは分子アンサンプルのフィルムの表面上に作用する放射の配列の形で使用することができる。

【0022】

化学反応：化合物内で励起した電子または化学反応によって発生したラジカルは、本プロセスに対して入力するエネルギー源であることが可能である。

【0023】

媒体を通る電流：電流がP-N結合部を通過することは、半導体レーザをポンピングするために利用される。基本的に結合部においてエネルギーステップを移動する電子のほとんどは出力光子を生成することができる。同様のプロセスを本プロセスに利用することができ、この場合電流は、分子アンサンプルを通過して刺激電流の方向に直角にエネルギー電荷輸送を生成できる電子状態に励起する。

【0024】

電子ビーム：一部のレーザは、活性媒体に衝突するエネルギー電子ビームの直接衝突によってポンピングされる。本プロセスではフィルムの表面に衝突する電子ビームを利用することが理解されるはずである。

【0025】

気体力学プロセス：気体力学プロセスまたはプラズマ力学プロセスを使用して気体レー

10

20

30

40

50

ザをポンピングすることができるが、これはほとんどの場合秩序化された分子アンサンブルに直接適用可能ではない一方で、本プロセスは気体流によって照射された分子アンサンブルを利用でき、気体流はアンサンブル内で電子レベルを励起することができる。

【0026】

このような入力エネルギーは電子の興奮状態を生み出して、興奮状態の電子の数が低いエネルギー状態に対応する電子の数を超える反転分布を生成する。励起された電子は、より高い量子エネルギーレベルに上昇するだけでなく、隣接した分子（または原子）に移動する。次いで複数の分子（および/または原子）内に保存されたエネルギーを誘導放出に非常に類似したプロセスを介して放出することができ、励起された電子は低いエネルギー状態に移行しながら、同時に構造内の隣接したユニットに飛ぶ。

10

【0027】

この行為がレーザーの行為と類似しているのは、ポンピング・プロセスは多数の原子（および/または分子）内の電子のエネルギー状態を上昇させるためであるが、レーザーと違い、励起された電子は隣接したユニット（原子または分子）にも移動される。一旦移動されると、量子力学の選択規則により、電子は同じ原子または分子内でその低いエネルギー状態に戻るように減衰（脱励起）することができない。本プロセスでは、電子はその減衰への移行の一部として隣接したユニットに飛ぶ。

【0028】

レーザーは、誘導放出として公知のプロセスにより、「ポンピング」媒体を通過する光を増幅する。光子が励起された電子を有する分子または原子の付近を通るとき、光子の振動電場は励起された電子を「刺激」してその低いエネルギー状態に戻し、それによってそのエネルギーを放棄し、別の光子を放出する。別の光子は同じ波長を有し、移行を刺激した光子と同相で同じ方向に移動する。この種の反復事象はレーザー内の光の強度を高める。レーザー内の光が「コヒーレント」であるのは、その光子のすべてが同じ方向に同じ周波数で同じ相内で動くからである。

20

【0029】

本プロセスでは、電子が隣接した原子または分子に飛ぶことによって減衰すると、電子はまた減衰し、その電子を線の下の隣のユニットに移動するために励起された電子も含む隣接したユニットを刺激する。このプロセスは励起されたユニットの任意の長さの鎖を下に続けることができ、またこのプロセスは、励起された電子のすべての励起エネルギーを電荷の動きにエネルギーを蓄積することによってまとめる、または組み合わせるはずである。ユニットの鎖は長い鎖である必要はなく、鎖はわずか2つの個別の原子または分子と同じ大きさであることが可能である。このプロセスにより、コヒーレント電気パルスは構築された分子アンサンブルの軸に沿って方向付けられる。電気パルスは1方向に動く高エネルギーの電子からなり、高エネルギー孔は反対方向に動く。生み出された電子エネルギー波もコヒーレントの形であることが可能であり、これも場合によって光放射を含むことができるので、電子エネルギーはレーザーによって生成された放射と同じ広域スペクトルの適用を有する。

30

【0030】

レーザーの場合と同様に、本発明に従って生み出された電子エネルギー波は、誘導放出としてみなすことができる。誘導は本発明に従って自然発生することができ、レーザーの場合、ある特定の励起された電子は、それらの標準状態に統計手法で自然発生的に戻るよう減衰し始めることが多いことを意味する。これはシステムの中にポンピングされるエネルギー量の機能である。他の適用では、システムを制御するために何らかの形の外部刺激をシステムに適用することが適切である。あらゆるタイプの外部刺激、例えば電磁エネルギーまたは振動エネルギーを利用できる。電子の電荷レベルが降下すると、それによって次いで振動が他の電子を適切な周波数で刺激する。

40

【0031】

プロセスは、エネルギー電荷移動を生み出すために放射線の誘導放出によって増幅された電子偏波（頭文字はEPWASERである）を含み、エネルギー電荷移動は、エネルギ

50

ーステップが可視光の光子内のエネルギーより大きいので、通常は不可能である化学反応を促すのに十分なエネルギーを有する。ある特定の実施形態では、ポンピングされた一連のユニットの端部に、化学反応体、例えば水素と酸素に分離することができる水分子に連結する「ドッキング部位」界面が配置される。水を分解するために必要なエネルギーは、可視光の光子エネルギー ($h\nu$) より大きい、発明者らが提案したプロセスは、上述の新規の機構によりこの偉業を実現することができる。

【0032】

太陽エネルギーの変換への魅力的な手法は、植物内で起こる光合成に類似したプロセスを直接利用するものである。この分野の有用性については、有効な化学燃料を生成するために太陽エネルギーの光合成のような変換を利用する利点が、広く認識されている。しかし適切なプロセスに対する研究は、一部のインコヒーレント光子のエネルギーを水分子の分離に協調的に利用できる、光合成の基本的機構についての基礎知識の欠如によって阻まれている。発明者らの研究により、光エネルギーのこの効率的な変換を説明する新規の機構の発見に至った。プロセスにより、上に論じたように電子エネルギー波が統合した分子アンサンブルの中に形成され、ここで1つの非制限の例示的タイプの分子、すなわちクロロフィルを参照してプロセスをより詳細に説明する。量子力学モデルは、クロロフィルを含む分子などの密接に関連した群の分子において、光吸収は隣接した分子間で電子移動を引き起こすことができることを示す。このタイプの分子電子間の移動は、クロロフィル三重項状態などの準安定状態に存在する（通常孤立分子内ではスピンは禁制されている）。したがって連続して光子または他のエネルギーが誘導される電子移動は、局所化された反転分布を生み出す。誘導放出プロセスでは、電子は隣接した分子の基底状態に戻る。このことが起こるのは、三重項状態の減衰が所与の分子内でスピン禁制されているためである。

【0033】

光合成プロセスの調査は、エネルギー変換効果が分子レベルを34%に達することができることを示す。光合成の水分解特性を繰り返すシステムは、明らかに多くの魅力的な特徴を有するはずである。水素および酸素は無期限に保存され、燃料電池内で電気エネルギーに高効率（約90%）で変換されることが可能である。しかし自然の光合成を繰り返すプロセスがより魅力的でさえあるのは、自然の光合成が食物を含む有機化学物質を提供できるためであり、燃焼中に副産物の汚染物質を生成しない。

【0034】

水の光分解のための水酸化還元反応（第一鉄イオンまたはセリウムイオンを含む）を使用するためにいくつかの試みがなされた。他の研究は多段階の水の分解に向けられた。ある調査では、水素製造を達成するために藍藻の色素で光合成プロセスを修正する試みがなされた。これらの様々な手法の電位効率は光合成より低い。

【0035】

植物の光合成に起こる機構を説明するための適切な仮説が欠如している。この機構により植物は8個以上の低エネルギー光子を収集し統合して、このエネルギーを単一の光化学反応に利用して水分子を分離することができる。量子力学的考察は、インコヒーレント光の数個の光子が同時作用することはほとんどあり得ないことを示している。したがって光合成は、数個の光子のエネルギーを協働利用するものでなければならない。インビトロでのこの協働光子作用を複製する方法は、例えば本発明の一実施形態によれば、高性能の太陽光の水分解により、大規模の光化学エネルギーが成功する可能性を生み出す。

【0036】

植物の光合成では、酸素は CO_2 からではなくむしろ水から得られ、水素は炭化水素の集積により化学エネルギーを貯蔵するために利用される。炭素循環の化学均衡は図1に示されている。図1の頂部に示された反応が右に向かって進むと、これは酸素と水および CO_2 からグルコース分子の1/6で光合成を生成することを表す。反応が左に向かって進むと、グルコースは（動物代謝で起こるように）酸化する。示されたように、約5 eVのエネルギーがこのプロセスによって移動される。同量のエネルギーが水分子2つを分離す

10

20

30

40

50

ることによって保存されて、自由H₂分子2つおよびO₂分子1つを生成する。

【0037】

水から二酸化炭素への電子の流れは、1.2ボルトの電子化学勾配に対して進み、2つの光化学事象を必要とする。酸素の分子を遊離させ、二酸化炭素の分子を炭水化物に変えるために、4つの電子を1つずつ移動させなければならない。色素系II (PSII)のアンテナが光子を吸収することでプロセスが開始する。励起エネルギーを光合成ユニットの反応中心におけるクロロフィル分子に運び、その吸収スペクトル内の帯域の1つは680ナノメートルにあるので、分子はP680と表される。励起されたP680は電子を受容体Qに移動させ、続いて電子をドナーZから取り戻す。Zが4つの電子を引き渡した後、Zは2つの水分子を酸化することにより4つの電子を取り戻す。

10

【0038】

実験では、水を分離し酸素を放出するために第2の系(PSI)が不活性であっても第1の光化学系(PSII)を作成することは可能であり、したがってプロセスの水分離部分を独立して利用することが可能であることが示された。

【0039】

図1に示されたように、反応体と光合成の生成物との化学結合エネルギーの差は5 eVギブス自由エネルギーを表す。光合成のプロセスは4つの光子を2群(合計8つ)の入力を必要とし、各光子は1.85 eV(最低一重項の励起状態)のエネルギーを持たなければならない。入射光のエネルギーが丁度この下限である場合、光合成効率は最大である。したがってエネルギー変換の最大効率は以下のように計算される。

20

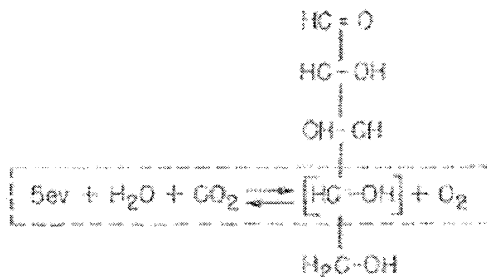
【数1】

$$5 \text{ eV} / (8(1.85 \text{ eV})) = \frac{5}{14.8} \sim 34\%$$

【0040】

同数の光子はPSIおよびPSIIの両方に関与するので、第1(水分離)のステップのみを使用することは太陽スペクトル全体を平均することにより被った損失をほぼ相殺する。したがって34%の変換効率は実現可能な電位効率を表す。

【化1】



30



NOT TRUE

40



【0041】

水分離ステップ(PSII)は、4つの電子を反応中心(図1にZおよびP680で示されている)から4つの分離した光子により1つずつ移動させる必要がある。このプロセス中に反応中心に関連した電子ドナーは、H₂Oの2つの分子が分離したときに中和される正電荷を獲得する。4つの分離ステップの存在は、一連の短い光の強力パルスを使用する実験によって実証されている。酸素生産が第3の点滅において最大になり、その後4つ

50

の点滅の周期で減衰周期変動になることがわかった。正電荷の存在は電子スピン共鳴作動によって支持され、電子スピン共鳴作動は光化学作用中に光合成ユニットのクロロフィルイオンの存在を示唆する。

【0042】

いかなる特定の理論によって制約されることも望まないが、光子はクロロフィル分子と密接に関連したアレイからなる「光アンテナ」によって捕捉されると考えられる。これらの光子のエネルギーは次いで反応中心に高効率プロセスによって移動される。光吸収によってもたらされた励起状態がクロロフィルの第1の一重項状態に低下した後、エネルギーを反応中心に移動できることが証明されている。したがってエネルギーは、1.85 eV (第1の一重項のエネルギー)未満のユニット内の反応中心に送達される。この1.85 eVの値は、電子を反応中心から0.8 eVの酸化還元電位にまで高く配置される受容体のエネルギー値に上昇させるのに充分であるとみなされる。

10

【0043】

しかし複数の電荷を移動させなければならない場合に、第1の電子のみが0.8 eVの電位に移動される。後続の電子を動かすエネルギーは、正電荷が蓄積するにつれて次第に大きくなる。電荷が近接近して配置される場合(電荷はH₂Oの分離した分子上で一緒に作用するので、電荷は恐らく近接近して配置されるに違いない)、最後の電子を除去するために必要なエネルギーは1.85 eVより著しく大きくなる。したがって電子は、クロロフィル・アンテナに捕捉された単一の電子から利用できるエネルギーでは移動されないはずである。

20

【0044】

第4の電子正孔対を生成するプロセスを検討する。電子をいかなる隣接する電荷なしにその結合部位から自由にするために0.8 eVが必要とされるので、前に蓄積された3つの正電荷によって生成された電場から電子を遠ざけるためにさらなる量のエネルギーが必要になる。このエネルギーの合計は以下のように表される。

【数2】

$$E(eV) = 0.8 + \frac{2}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \right] \quad (2)$$

上式で

e は電荷

は媒体の誘電率

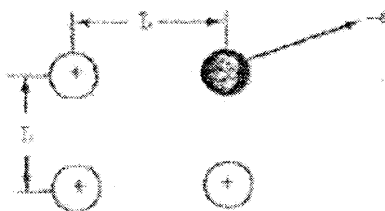
r₁、r₂、r₃ は第4の孔の場所と前の3つの電荷のそれぞれとの間のそれぞれの距離を表す。

30

【0045】

エネルギーの数値予測の概算は、電荷が以下に示されたような正方形のパターンに配置されると仮定することによって計算できる。

【化2】



40

【0046】

次いでLをオングストロームユニットで表すと、以下のようなになる。

【数3】

$$E(\text{ev}) = 0.8 + 14.4 \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{L} + \frac{1}{L\sqrt{2}} \right] \quad (3)$$

および

【数4】

$$E(\text{ev}) = 0.8 + \frac{39}{L} \quad (4)$$

10

【0047】

控えめで妥当な仮定では、Lは光合成ユニットでクロロフィル分子の分子間の距離より小さい。クロロフィル分子の間隔は、「アンテナ」と反応中心との間でエネルギーを効率的に励起移動するために約10でなければならない。Lが10である場合は、第4の電子を除去するためのエネルギーは約4.7 eVである。明らかにこのエネルギーステップは非常に大きいので、第4の電子を1.85 eVの光子で移動できない。事実、一時的に一部の電子のエネルギーを保存し、次いで保存したエネルギーのすべてを同時に放出できる光合成ユニットに何らかの機構が存在するまで、第1の電子以外のすべてが問題に遭遇する。

【0048】

20

光合成が存在する化学成分に依存するのと同じだけ、光合成は光合成ユニットの分子の構造的順番および配置に依存すると考えられる。ほとんどのクロロフィル分子は光を吸収する色素として機能する。クロロフィルが吸収しない(黄色および緑色など)スペクトルの一部で強く吸収する、カロテノイドなどの他の色素も存在し、太陽スペクトルのより良い使用法を提供する。この原理も本発明に適用する。

【0049】

これらの光合成分子の配置は、これらの光合成が光アンテナとして作用し、次いで光子吸収のエネルギーを図2に概略的に示された反応中心に移動させなければならないという点で重要である。しかし光アンテナ色素は、電子の移動または化学プロセスに直接関与しないようである。

30

【0050】

クロロフィルaは細菌以外のすべての光合成生物内に見出される。クロロフィルaは893.5の分子量を有し、図3Aに示されている構造を有する。クロロフィルの一部の形は生体内で起こる。クロロフィル分子は約15 × 15の平坦な円形「頭部」(ポルフィリン環)を有し、その中心ではマグネシウム原子が共有結合される。頭部に取り付けられているのは、20個の炭素原子を含む長さ約20のフィチル「尾部」である。ポルフィリン環は親水性であり、フィチル鎖は疎水性である。環の外側に取り付けられた小さい群はスペクトル特性にほとんど影響を与えない。フィチル鎖は非極性アンカーを互いに対して適切な配向を確実にする脂質膜、および脂質膜と相互作用するその他の成分に提供すると考えられる。図3Bを参照されたい。図3Bはクロロフィル分子の疎水性尾部により脂質層に固定されたクロロフィル分子を示す。

40

【0051】

クロロフィルbはほとんどの植物内に見出され、環II上にメチル基の代わりにホルミル基を有することだけがクロロフィルaと異なる。クロロフィルbは光合成に必須であるとは考えられない。クロロフィルの残留形は細菌内に存在し、わずかに異なるポルフィリン環を含む緑色植物のクロロフィルとは異なる。

【0052】

高等植物の光系IおよびIIは構造的に異なるものであるように見え、それぞれは約250の集光性クロロフィルおよび反応中心として作用する特別のクロロフィル基を有する。2つの光化学系は個別に単離されてきた。光化学系Iはクロロフィルa分子を含み、ク

50

クロロフィルbおよびカロテノイド色素はほとんど含まないか、またはまったく含まない。光化学系IIとして公知の光合成系は、約1/3のクロロフィルbを有するクロロフィルaからなる。

【0053】

反応中心複合体は高分子集合体であり、特定の配置の比較的わずかなクロロフィル分子が反応中心の一部として存在する。これらのクロロフィルは、電子移動を実現するために光子エネルギーを使用する分子集合体である。

【0054】

光合成ユニットの概念図が図4に示されている。この構造は光合成ラメラのペブルモザイクモデルを表す。反応中心ならびに電子ドナーおよび受容体は、ユニットの大半を作り出す光吸収分子から分離して示されている。

10

【0055】

ペブルモザイクモデルでは、図4に示されたタイプの一連の反復ユニットは、閉じた円盤形状の嚢を形成する脂質膜に固定される。これらのチラコイド円盤は葉緑体内にウエハースのように蓄積される。脂質膜内のクロロフィル分子の配向および配置は正確には知られていない。しかし少なくとも一部のクロロフィルは非常に密集していると考えられる。

【0056】

クロロフィル分子の親水性頭部を形成するポルフィリン環の外側は、20個の炭素原子の閉ループ鎖であると考えられる。環の外側の周囲は一連の交互の二重-一重結合(II電子)であり、これを光子吸収によって励起できる。実際に光との電子相互作用に関する特性のすべては、ポルフィリン頭部内の共役電子を含む。フィチル尾部内には共役結合はない。また環の外側に取り付けられた小さい群は、スペクトル特性にほとんど影響を与えない。それ故、分子の単純化モデルにおいて環頭部のみを検討することが妥当である。

20

【0057】

ポルフィリン環を閉ループの中に接合された一次元の原子格子のセグメントと捉えると、環内の電子のエネルギーレベルに対する関係を得るために、量子力学的計算を行うことができる。このタイプの計算は概算であるが、その結果が何らかのさらなる普遍性を有することを後に示す。

【0058】

30

規則的な周期的間隔をもつ原子の無限配列内の電子に対する波動関数はブロッホ関数のタイプであり、格子間隔と等しい周期をもつ関数によって変調された平面波の形を有する。原子の無限配列を閉ループにおいて有限の長さに変換すると、さらなる制限が波動関数に課せられて、環を一周した後それ自体を正確に繰り返す。このような閉じた環上の電子のエネルギーレベルは以下のように与えられる。

【数5】

$$E_k = E_0 - 2A \cos ka$$

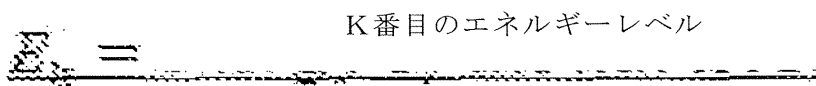
【数6】

40

$$ka = \frac{2m\pi}{N}$$

上式で、

【数7】

 K番目のエネルギーレベル

であり、Nは環内の原子

50

a は格子間隔

m は整数である。

すべての可能なエネルギーは以下のように選択することによって得られる。

【数 8】

$$-N/2 \leq m \leq N/2$$

【0059】

E_0 および A の値は、このタイプの計算では得られない。すべてのエネルギーはゼロレベルの任意選択に関連するので、 E_0 にどの値がとられるかは重要ではない。A の適切な値は、様々な大きさの環の有機化合物に対してスペクトルデータと生成熱を比較することにより得ることができる。しかしクロロフィルのエネルギーレベルを検討する発明者らの目的のためには、レベル間の相対間隔のみが関心対象であるので、A は正定数であることに留意することで充分である。

10

【0060】

方程式 (5) におけるエネルギーレベルの便利な表示は、図 5 に示されたような円形図である。円は N 個 (N はポルフィリン環に対して 20 個) の等しいセグメントに分割される。円上の点の間の垂直距離は方程式 5 におけるコサインの項に比例する。最低エネルギーレベルは $m = 0$ および $E = E_0 - 2A$ で得られる。このエネルギーレベルは、パウリの排他原理により対向するスピンをもつ 2 つの電子のみを含むことができる。しかし $m = 0$ についてのその他のエネルギーレベルは、それぞれが 2 つの値の m (すなわち $m = \pm 1, \pm 2 \dots$ など) に対応するので、より高いエネルギーレベルは排他原理を犯すことなく 4 つまでの電子を含むことができることに留意されたい。各レベルが満たされると、「エネルギー殻」が完結し、構成はそれらの点で特に安定する。これは不活性ガスにおける原子エネルギーレベル構造に類似している。

20

【0061】

分子の基底状態エネルギーを見出すために、まずすべての電子を除去した (すなわち 20 回正にイオン化した) 分子を検討する。全結合エネルギーは、電子がまず最低レベルを満たし、次に 2 番目に低いレベルを満たし、同様にすべての電子が存在するまで加えられるように計算される。電子をシステムに加える際に、エネルギーレベルは電子間相互作用によって変化しないと考えられる。全エネルギーを $N = 20$ および $E_0 = 0$ である (E_0 の値は先に記載されたように任意である) 方程式 5 を使用して、単純な図に表すことができる。

30

【0062】

図 6 は 20 個の原子ポルフィリン環の全結合エネルギーに対する、環内の電子数を示すグラフである。横軸は電子の数を示し、0 ~ 40 に及ぶ。20 個の電子 (1 個の原子に対して 1 個) が存在する曲線の中点で、分子は中性である。結合エネルギー曲線の始点および終点では、分子はそれぞれ 20 回正にイオン化され、20 回負にイオン化される。

【0063】

方程式 5 および図 5 のエネルギーレベルの図を参照すると、図 6 に示されたように結合エネルギーの曲線がどのように構築されるかがわかる。最初の 2 個の電子は $m = 0$ のレベルで開始し、それぞれは $-2A$ のエネルギー、合計 $-4A$ をもたらす。したがって第 1 の点が 2 個の電子にあり、エネルギーは $-4A$ である (図 6 のエネルギー軸は A の任意のユニットに描かれている)。次の 4 個の電子は $m = 1$ のレベルから開始し、それぞれは $-2A \cos(2/20) = -1.9A$ をもたらす。これは第 2 の点が全電子 6 個にあり、全エネルギーは $-11.6A$ になる。このプロセスが 4 個の電子セグメントに続き、それぞれは合計 18 個の電子に達するまでエネルギー曲線の傾斜を下がる。充填される次のレベルは $m = 5$ であるが、 $\cos[2(5)/20] = \cos(1/2) = 0$ である。18 個から 22 個の電子に進む際に結合エネルギーに大きな変化はない。したがって結合エネルギー曲線の底部は平坦である。さらに閉じたエネルギー殻は中性分子ではなく、追加されたまたは除去された 2 つの電子で生じる。

40

50

【 0 0 6 4 】

結合エネルギー曲線の平坦な底部の結論は、ポルフィリン環が全結合エネルギーにおける無視できるほどの変化で2個の電子を得る、または失うことができることである。さらにエネルギー殻を閉じることにより、ポルフィリン環はその安定性を向上させるためにそのような傾向があるはずである。隣同士の2個の分子を用いて、2個の電子が1個の分子からその隣に動くことによりさらなる安定性が得られる。このことは両方の分子内に閉じた殻を生み出す(1つを正にイオン化し、1つを負にイオン化するが、対全体は中性である)。EPWASER機構は、分子間の電子の移動によりそれらのエネルギーレベルを著しく変えることなくポンピングの概念を利用する。ここではクロロフィルをそのような分子の一例として使用する。これと同じ方法を適用することにより、このタイプの挙動を他の適切な成分のエネルギーレベル特性に対して示す、それらの成分を同定することがルーチンである。あらゆる成分に対して量子エネルギーの計算をできるソフトウェアが市販されている。

10

【 0 0 6 5 】

方程式5および図6によって与えられた結合エネルギーの関係を発展させるために使用された単純化モデル(20個の原子環)は、ポルフィリン環が20個の炭素原子と共に他の原子を含むので、実際の分子の非常に近似的表現である。しかしクロロフィルに対する計算結果がさらなる普遍性を有することをここに示そう。方程式5の導出はシステムの対称性のみ依存する。電子を原子に結合する電位のタイプについて想定されるものはない。原子の環の代わりにあらゆる他のサブユニットの環でも充分であるはずである。サブユニットは理想的には同一であり、環の周囲に規則的に置かれる。この条件が満たされる限り、方程式5で得られる結果は有効なままである。環を作り上げるユニットの数(方程式5において値N)が4の倍数である限り、結合エネルギー曲線は最後の4個の電子に対して平坦な底部を有することを実証できる。換言すると、4個、8個、12個、16個または20個...などのユニットの環はすべて、結合エネルギーを著しく変えることなく2個の電子を追加または除去できる特性を有する。これによりモデルをポルフィリン環または同様の分子に適用することが可能になる(Nは4の倍数)。

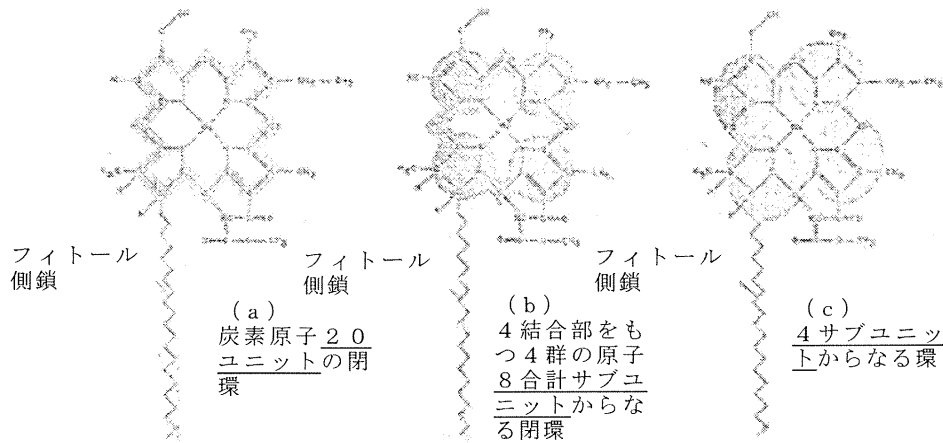
20

【 0 0 6 6 】

クロロフィル分子のポルフィリン環は、ピロール基である4個のサブユニットからなる。したがって以下に示された3個の可能な配置のいずれもポルフィリン環を作り上げる原子を集めることが可能である。これらの配置はすべて4回対称を有する。その結果として、ポルフィリン環を作るためにどの配置を使用しても、図6に示されたタイプの平坦な底部の結合エネルギー曲線がもたらされる。したがって2個の電子をポルフィリン環に追加または除去できる計算は、結合エネルギーにわずかな変化をもたらすだけで、20個の原子環に基づいて導かれたという事実に関わらず、大きな普遍性を有する。

30

【化3】



10

図 3. 6、クロロフィル分子におけるポルフィリン環内のサブユニットの 3 個の可能な群

【0067】

クロロフィル内で光吸収によって励起できるエネルギーレベルの図が図 7 A に示されている。最低吸収帯は基底状態の約 1.85 eV 上に配置された一重項状態に相当する。あらゆるより高い一重項状態における吸収が内部変換により第 1 の一重項状態に減衰した後、励起は喪失または移動される。また第 1 の一重項よりわずかに下に配置された準安定の三重項状態も存在する。

20

【0068】

三重項状態は、基底状態に戻る移行がスピン禁制によって禁止されているので、非常に長い寿命を有する。一重項状態と三重項状態との間の変換は可能であり、公知である。しかし電子スピンの逆転を必要とするので、これはあり得ない。光合成プロセスの文献の現在の概念では、三重項状態によって果たされる役割は小さいと考えられている。三重項状態のディエンファシスに対する主な理由は、三重項状態のディエンファシスが光吸収または後続の項間公差による励起の可能性が低いという事実である。先に述べたように、「光アンテナ」のクロロフィル分子内に吸収された光は、一重項状態の励起のみとして反応中心に移動されると考えられる。

30

【0069】

一部のインコヒーレント光子のエネルギーを分子または原子構造の集合体内に保存できる機構をここに説明する。分子または原子構造の集合体は先に説明したように(図 6)エネルギーレベルをもつ原子または分子から構成され、次いで好ましくはコヒーレントに放出される。

【0070】

E P W A S E R の検討を始める前に、誘導放出の特性について簡単に整理する。レーザー作用を獲得するためには、長い寿命の興奮状態が求められる。この状態は均衡レベルよりはるか上に存在する。このレベルが誘導放出を通して得られる脱励起はレーザー作用を生成する。しかし長い寿命の要件(禁制遷移)も、光の吸収に対する断面は非常に小さいことを示唆する。したがってレーザープロセスに関与するレベルを直接ポンピングすることは、ほとんど不可能である。結果としてほとんどの場合間接的なポンピング・スキームが使用される。

40

【0071】

まずレーザーレベルよりわずかに上の一部のレベルは、光吸収またはエネルギー入力の一部の手段(図 7 B に示されている)によってポンピングされる。無放射遷移(例えば衝突)を使用して、この励起を準安定レベルに移動させ、準安定レベルは過密になる。このような方法で、長い寿命によって示唆された低い吸収断面の問題が回避される。

【0072】

50

誘導放出は、光子が励起された原子の付近を通るときに起こる。光子のエネルギーが励起された原子のレベルに一致する場合、光子の振動電場は励起された原子を誘導して第2の光子を放射することによって減衰することができる。通常の光（自然放出）とは異なり、この第2の光子は同じ方向に第1の光子をもつ相内に放射される。したがって誘導放出によって生成された光子の群の振動電場はベクトル的に付加される。非常に大きい一時的電場を、レーザーで実証されたようにこのような方法で生成できる。

【0073】

コヒーレント電場は、電子を事前に正電荷を蓄積したドナーからどのように除去できるかを概説する。しかしより具体的には、電子は、蓄積された放射線の放出とわずかに異なるプロセスによって輸送される。このプロセスは、電子偏波を生成するために誘導放出を含む。次にこれがどのように起こるかを説明する。

10

【0074】

説明を始めるために、図8に概略的に示されたように、基底状態、励起された一重項状態、および準安定の三重項状態の違いを明確に検討することが参考になる。図の検証は、電子が必要なスピン整合を達成して準安定の三重項状態に入ることがなぜ困難であるかを示す。スピンを変更できる機構は電場および衝突であり、衝突はシステムに存在していない。図8に示された状況は孤立分子を表す。しかしその状況は近接近した2つ以上の分子を検討する場合と若干異なる。本明細書に先に説明されたような適切な分子構造内の電子の結合エネルギーの先の検討では、全エネルギーがほとんど変わらずに電子を移動できることを示した。したがって隣接した分子が十分に接近しており、一重項状態の励起された電子の波関数が第2の分子に重なる場合、励起された電子が隣接した分子に移動を行うことができる。

20

【0075】

例として、図9に示されたような二量体の2つの密接に関連した分子AおよびBを検討されたい。光子が励起された一重項を生成する分子A内に吸収され、続いて励起された電子が分子Bに移動すると仮定する。ここで分子Aは正にイオン化され、分子Bは1つ余分に電子を有する。次に第2の光子が分子B内に吸収され、基底状態の電子の1つを一重項状態に励起し、この電子は分子Aに移動して戻るとする。次いでその結果は分子が2つになり、それぞれは励起された三重項状態にスピン整合された電子を有する。

【0076】

30

このタイプのプロセスは2つの分子に限定されない。あらゆる数の分子がすべて近接近して秩序化されている場合、それらの分子の群も三重項状態にポンピングすることができる。このことがどのように起こることができるかを図10に概略的に示されている。スタックをカプセル化する媒体の破壊電圧を含む、構造のスタックが存在する長さ、構造が耐えられる電圧場の大きさ、および励磁系がどのくらい効率的かを決定する基準がいくつかある。最終的に、スタックの長さはあらゆる特定の用途に必要なエネルギーの量に依存する。水分離などの化学反応に対して、約2個のユニットのスタック長さが充分であるが、光起電エネルギー変換などの用途に対しては、数10ボルトの電圧を発生するのに十分なスタック長さが必要である。概して1つのスタック内の各ユニットは約0.5~1ボルトを提供する。

40

【0077】

図10では、アンサンブルを作り上げる線形アレイの各分子は、1つの電子をその近隣に2つの結合した分子に対して説明したのと同じプロセスによって提供することを示す。移動される電子はまず光吸収により一重項状態に励起され、隣接した分子に移動された後だけ三重項を生成する。アンサンブル全体を三重項状態に励起するために、分子当たり1つの光子が必要である。各分子が三重項状態に励起された後、電子スピンの方向は隣接した分子間で行ったり来たりする。

【0078】

図10を再度参照すると、隣接した分子のスピンは交互に起こる。したがって隣接した分子間の励起された電子の減衰はスピン許容されているが、特定の分子内の減衰はスピン

50

禁制されている。その結果として、アンサンブルの減衰は、電子が所与の分子の励起された三重項状態から隣接した分子の基底状態に進むときに起こる。これは振動電場を生成し、次いで隣の分子を線内で刺激して同じ方法で減衰する。

【0079】

これをどのように起こすことができるかを示す図が、図11に示されている。以下の連続した事象が起こる。群内のどこかで、恐らくスタックの一端で始まり、励起された三重項状態の電子が隣接した分子に移ることにより基底状態に進む。同時に電子は適切な周波数で振動電場を生成して減衰もするようにその分子を刺激する。ここでは分子内に3つの電子が存在するので、分子は隣接した分子に減衰する可能性が著しく高いことにより、隣の分子が線の下に同様に作用し、これを繰り返す。その結果、1つの電子は一連の連続したステップでスタック全体に移動される。各ステップにおいて三重項状態に保存されたエネルギーは差し出され、振動に加えられ、振動は線に移動する。ここで移動する粒子は光子ではなく、むしろ電子偏波である。

10

【0080】

移動粒子の量子力学の説明は、光子よりむしろポラロンに似ている。2つのタイプの粒子を区別する特徴は、ポラロンが電荷ならびに振動電場を含むことである。光子の誘導放出と異なり、EPWASERの減衰プロセスは分子のスタックの軸に沿って起きるので、プロセスにおける量子効率が高くなる。この減衰プロセスは、正電荷された孔を生成すると考えられてもよく、この孔は反対方向にスタックに移動する。

【0081】

20

次に誘導放出プロセスの開始および終了を検討するべきである。分子アンサンブルの減衰の開始は、非対称が起こるあらゆる点で開始できる。これはスタックのいずれの端部も含むことができる。

【0082】

スタック内に保存されたエネルギーの放出を引き起こすことができる別の事象は、例えばスタックの端部上の分子から1つの電子を除去する、またはスタックの端部上の分子に1つの電子を追加する、電子の寄与または許容である。得られる電荷不均衡は、減衰プロセスを開始するのに充分であることが可能である。このタイプの減衰は、減衰がスタックの端部に沿って始まることを示唆する。分子のスタックの端部は、通常電子のドナーまたは受容体で終了するが、ドナー/受容体を端部に配置する必要はなく、むしろスタック全体に散逸することができる。場合によっては、不純物の存在はドナー/受容体と同じ機能を実行する、すなわち放電を促すことができる。

30

【0083】

EPWASER減衰プロセスの終了も、アンサンブルを作り上げる分子のスタックの一端で起こる。誘導放出機構によって保存されたエネルギーの放出の最終目標は、エネルギー電子または正電荷された孔のいずれかを生成することである。エネルギー電子は、先に論じたように大きいエネルギーステップを必要とする正電荷されたドナーから移動したものであることが可能である。別法としては、エネルギーが正電荷された孔によって利用されて、水分子からの電子の除去などの個別の化学プロセスで相互作用することである。減衰中に孔によって蓄積されたエネルギーを、エネルギー障壁を超えるように加えて、電子を水から除去することができる。

40

【0084】

EPWASERデバイスを統合する第1のステップは、選択された分子、例えばクロロフィルの規則配列を作り出す方法である。これを達成する1つの方法は、分子、例えばクロロフィルを非極性液上で表面単分子層内に浮遊することである。これを示す図は図12Aに与えられている。疎水性尾部30は極性液体32に取り付けられ、分子の親水性ポルフィリン頭部34は表面に留まる。親水性頭部は上方を向き、尾部は下方を向く。上の画像は極性溶媒の表面で分離されたクロロフィル分子36を示す。

【0085】

次にこの表面単分子層が冷却される(また必要ならば圧縮される)場合、クロロフィル

50

分子は、二次元での圧縮と同様のプロセスを受ける関連した集合体を形成する傾向がある。これらの分子の集合体の形成により、クロロフィル分子のポルフィリン頭部が葉緑体構造内で密接に関連した線形スタックに結び付く。各集合体内の分子の数は可変であり、二次元結晶の核生成の程度に依存する。

【 0 0 8 6 】

顕微鏡スライドを溶液に浸すことにより、分子フィルムを表面から無傷で除去することができる。顕微鏡スライドが極性物質に覆われるか、または非極性物質に覆われるかによって、引き続き浸漬により分子フィルムの多くの層を備えるスライドを覆う、または浸す数に関わらず1つの被覆のみを有することができる。

【 0 0 8 7 】

クロロフィル分子フィルムを準備する別の方法は、親水性頭部 4 2 を下に尾部 4 4 を上に配向する、水などの極性液体 4 0 を使用することである。この例は図 1 2 B に概略的に描かれている。解離された分子 4 6 を備えるこのタイプのフィルムを分子集合体に凝集することができ、密接に関連したクロロフィル分子 4 8 は、下の画像に示されたように生成される。

【 0 0 8 8 】

これらの方法はそれぞれ、それ自体の利点を有する。第 1 の方法は、尾部より密接に関連したポルフィリン頭部を得るのにいくつかの利点を有する。一方、第 2 の方法は、初期の植物の太古の原種を形成するために行われたことがある、自然淘汰プロセスをより明確に模倣するように見える。準備ならびに様々な浸漬手順のどちらの方法も可能である。これらのタイプのフィルムの生成を実行する一般指針については、以下の I . a . S . V . Langmuir , J . Amer . Chem . Soc . , vol . 5 9 , p . 2 0 7 5 , 1 9 3 7 の全体を参照によって組み込む。

【 0 0 8 9 】

本発明により秩序化されたアンサンブルを組み立てる他の方法を利用して、様々なタイプの物質から様々な形でアンサンブルを生成することができる。例えば固体組立技術を利用することにより、本発明によるデバイスを組み立てることが可能である。このタイプの実施形態は以下により完全に説明される。加えて本発明により秩序化されたアンサンブルを構築するために、ナノ組立技術、CVD、結晶化技術、または拡散技術も利用することができる。

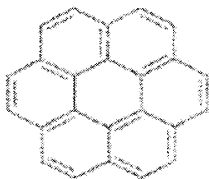
【 0 0 9 0 】

本明細書に説明された電子結合エネルギーレベルの特殊な特徴は、クロロフィル自体よりむしろポルフィリン環に起因している。したがって同様のポルフィリン環構造をもつ他の成分、または上に説明された関係を満たす他の構造は E P W A S E R 作用も可能である。分子内に多くの系の共役結合があり得、好ましくは平面環系だが、必ずしも平面または環化合物でなくてもよく、これは上に説明された独自の組の特性を所有する。

【 0 0 9 1 】

例えば本発明に従って使用できる別の環化合物はコロネンである。

【 化 4 】



コロネン（超ベンゼンとしても公知である）は、6つのペリ縮合ベンゼン環を備えた多環芳香族炭化水素（PAH）である。その化学式は $C_{24}H_{12}$ である。この芳香族化合物は、20個の共鳴構造によって、または3個の移動可能なClar六重項の組によって説明することができる。Clar六重項の場合、これらの六重項が隣の環に移動できるときに、完全な芳香族だが超芳香性が依然として可能であるように、コロネンに対するほとんどの安定構造は、3つの分離された外側の六重項のみを有する。

10

20

30

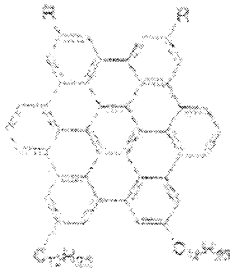
40

50

【 0 0 9 2 】

別の適切な化合物は、ヘキサベンゾペリコロネンとして公知の化合物の家族から選択された化合物であり、これらはコロネン家族の成員である。

【 化 5 】



10

これらの化合物は超分子電子工学に使用されている。これらの化合物は柱状相への自己組織化で公知である。特に1つの誘導体はカーボンナノチューブを形成し、この化合物内の柱状相はそれ自体をシートにさらに組織化し、シートは最終的にカーペットのように巻き上げて、外径20ナノメートルおよび壁の厚さ3ナノメートルの多層ナノチューブを形成する。ナノチューブは、プローブ・ナノファブリケーションを走査することによって生成された2つの白金ナノギャップ電極の間に適合し、180ナノメートル離れるために十分な長さを有する。

【 0 0 9 3 】

20

総数を4で均等に割ることができる炭素原子のクロロフィル様環、およびコロネンならびにより高いエネルギー状態に励起できる6つの架橋型物体の環として挙動する同様の環に加えて、マグネシウムおよびルテニウムなどの金属を有する化合物を含む、共役結合をもつシリコン含有化合物、およびルテニウムを含む光増感剤、例えばルテニウムトリスピリジンなどの他の化合物を利用することが可能である。

【 0 0 9 4 】

本発明の別の実施形態によれば、半導体レーザーダイオードに類似した半導体ダイオードが提供されるが、レーザーの代わりに、エネルギー電荷移動の形で出力を生成するためにEPWASER系を使用する。このタイプのデバイスは図13に示されている。デバイスは、本発明による秩序化されたアンサンブル物質からなるp型層10およびn型層12を備え、その間に挟まれたアクティブ層14を有する。ヒートシンク層16は基部として働き、電気リード18は、二酸化シリコン層22の上に形成された金属接触層20に固定される。研磨加工された端部24には、エネルギー電荷移動の形の出力部26が製造されている。低い電圧電流が半導体接合領域(図では垂直方向)を通過し、ここでN領域由来の電子はP領域由来の孔と組み合わせられる。再結合したエネルギーは、物質の秩序化されたアンサンブルをポンピングして反転分布を生成する。ポンピングされたエネルギーは誘導遷移によって放出され、エネルギー電荷移動を分子アンサンブルの軸に沿ってポンピング電流に直角の方向(図では水平)に生成する。このエネルギー電荷移動はデバイスの端面から出力される。上述のようにEPWASER有機物質の秩序化されたアンサンブルの層を挟むことにより、または上述の特性を有する無機EPWASER物質を利用するデバイスの層をエピタキシャルに成長させることにより、このタイプのデバイスを生産することができる。

30

40

【 0 0 9 5 】

- ・三重項状態から誘導放出する機構は、4つ以上の量子のエネルギーを保存し、それを同時に利用する手段を提供する。

- ・電子移動によるEPWASERエネルギー貯蔵は、クロロフィル分子内の電子の結合エネルギーの量子力学予測から構成される。

- ・誘導放出は大振幅のコヒーレント電場を生成し、これは多光子のエネルギーを含み、光化学、例えば水分子の電場イオン化に利用されてもよい。

- ・EPWASERプロセスは、わずか2つの分子(二量体)またはあらゆる数の分子を

50

含む関連したアンサンブルを含むことができる。

・ E P W A S E R 機構のエネルギー放出はエネルギー電子正孔対を生成し、これは別の化合物（例えば水）の直接酸化に関与するか、または陽性ドナーからの電荷の移動に関与する。

【 0 0 9 6 】

誘導放出および E P W A S E R 機構を使用する多くの適用が、特にエネルギー変換の分野で可能である。E P W A S E R 光起電デバイスおよび燃料電池内で使用するための水素および酸素を生成するための水の E P W A S E R 光化学分解を含む、好ましい適用の一部を次に説明する。他の好ましい適用は、E P W A S E R 系、例えばクロロフィルおよび他の好ましい化合物でレーザのような作用を実現する類似点に基づく。換言すると、E P W A S E R 系は、そのためにレーザを使用する事実上すべての使用に適用可能である。

10

【 0 0 9 7 】

1つの好ましい適用は、クロロフィルフィルムから形成された分子集合体からなる光起電デバイスを備える。

【 0 0 9 8 】

E P W A S E R プロセスによって生成される電子および孔は大きなエネルギーを有するので、ポテンシャル障壁を上るように作成することができ、光電池のタイプはこの機構を使用して生成することができる。E P W A S E R によって生成された電荷キャリアのエネルギーは、分子アンサンブルの線形スタックに位置合わせされた分子の数に依存する。次いでこれは光起電デバイスの電圧を決定する。その分子集合体が二量体からなる E P W A S E R からの電子は、2つの光子のエネルギー（約 $2 \times 1.8 \text{ eV}$ ）と等しいポテンシャル障壁を超えて電流を通すことができるはずである。

20

【 0 0 9 9 】

分子アンサンブルが多数の分子をもつ線形スタックからなる場合、電荷キャリアのエネルギーは比例して増加する。高圧ではフィルム内での絶縁または漏れ電流が出力電力を中和するので、この電圧の大きさに対して実際的な限界がある。空気中では限界は、電力を除去するために伝導路の間が約 1.5 mm である。純水内では限界ははるかに大きく、若干の塩を含む水中では、限界をその場で決定しなければならない。不純水内の限界は水中の塩分レベルに依存する。制御された非水環境、例えば真空中では、電圧破壊の限界は約 10^4 または 10^5 ボルト / cm まで上がる。

30

【 0 1 0 0 】

このようなデバイスを構築するために、まず関連した分子アンサンブルが生成され、次いで分子アンサンブルは伝導性基板に配置され、伝動性基板は分子アレイの線形スタックの終端部に接触する。この配置の概略は図 1 4 に示されている。

【 0 1 0 1 】

E P W A S E R 作用が首尾よく達成することは、太陽光から燃料を生成するために水分離を達成するプロセスの一部である。分子集合体内の誘導放出の作動により、光エネルギーを収集し適用することが可能になって電荷を動かす。

【 0 1 0 2 】

水を分離するために、 H_2O 分子は分子スタックの一端と接触しなければならず、電子移動機構は他端になければならない。好ましい配置では、遷移金属、好ましくはマンガンを含む化学構造を利用して、 H_2O と接触させる、すなわちスタックと化学反応体（複数可）との仲介をする。最も好ましくは、遷移金属はマンガンイオンの形であり、これも水と複合し、水を分離する反応中間体を安定化する役目を果たす。しかしクロロフィルの分子集合体は水から電子を直接除去できるので、好ましいマンガン錯体は概して必要ない。自然接触は通常アンサンブル構造自体に存在するので、接触場所での遷移金属の使用は完全にオプションである。

40

【 0 1 0 3 】

分子集合体を作り上げる線形スタックの他端から電子を移動させることは、一実施形態では、図 1 5 に示されたような「ガルバーニ電池」5 0 内の電気回路に接続することによ

50

って達成することができる。プロセスは以下のように起こる。光は関連したクロロフィル集合体 5 2 の層上で作用して、誘導放出プロセスを作り出す。分子アンサンブルのこの層は、電子を水から伝導性基板 5 4 に移動させる E P W A S E R 媒体である。金属基板の外側は絶縁されなければならないので、基板からの電子流は線 5 6 まで伝導され、線 5 6 も絶縁される。線の他端は、暗部にあるガルバーニ電池の反対側の絶縁体電極 5 8 に接続される。

【 0 1 0 4 】

2 つの電池の半体は膜 5 9 によって分離され、膜 5 9 は H + イオンに透過する。明部側に生成された H + イオンは膜を通過してドリフトし、反対側で電子と組み合わせられて水素ガスを発生する。このような方法で酸素は電池の片側に放出され、水素が反対側に放出される。

10

【 0 1 0 5 】

一実施形態では、太陽エネルギーの大規模の光化学変換を図 1 6 A および 1 6 B を参照して以下のように達成させることができる。上述のように光化学変換器が可撓性構造で製造され、次いでこれらの膜は水 6 0 の本体の表面上を漂う。構造 6 2 の光活性部は、大量の太陽エネルギーを遮断するために広い領域を覆うはずであり、伝導性基板 6 6 上に装着され、それ以外は絶縁層 6 8 によって覆われる。また光活性表面のカバー 6 4 は光を透さなければならないか、または光の透過のために開いている領域を有する必要がある。光活性表面の片側は水と接触しなければならない。

【 0 1 0 6 】

また発生される水素および酸素を収集する何らかの手段も有する必要がある。酸素はガスとして光活性表面上に放出され、ガスが作られるにつれて膨張する可撓性の透明カバー 6 4 内に収集される。気体収集システムは、水素と酸素を分離するために少なくとも 2 つの区画を有する。水素収集区画 6 9 は好ましくは光を透さない。このタイプの装置の図は図 1 6 A および 1 6 B に示されている。

20

【 0 1 0 7 】

電子は、クロロフィル集合体の光活性層内で E P W A S E R プロセスにより水から分離される。酸素はこれらの表面で放出され、可撓性の透明カバー 6 4 に収集される。電子は光活性表面に基板によって収集され、隣接した区画内の露出した水素電極に伝導される。陽子は分解された H₂O から透過性膜 7 2 を通って流れ、透過性膜 7 2 は区画を分離して水素電極 7 4 で電子と組み合わせられる。これは水素ガスを発生し、水素ガスは不透明のカバーを備える区画 6 9 内に収集される。水素区画 6 9 のカバーの傾斜側面 7 0 は、好ましくはより良好な光の利用を提供するために「鏡面」である。

30

【 0 1 0 8 】

構造は区画間のそれぞれの接合部で統合される。適切な水位は、管 7 6 内のバラストの量を制御することによって維持され、管 7 6 は透過性膜 7 2 の底部にある。酸素の収集量は透明フィルムによって覆われ、透明フィルムは一端が閉じており、パイプマニホールドに反対側の端部で連結される。同様のタイプのマニホールド配置は発生した水素を収集する。

【 0 1 0 9 】

このタイプの複数のユニットを水面上に広げて、太陽エネルギーを大規模に変換することができる。大規模の光化学プラントの配置は図 1 7 A および 1 7 B に示されており、図 1 7 B は図 1 7 A の円で囲まれた部分の詳細図である。プラントは、分離した水素貯蔵容器 8 0 および酸素貯蔵容器 8 2、ならびに分離した水素パイプ 8 4 および酸素パイプ 8 6 を備えて示されている。

40

【 0 1 1 0 】

著しい大きさの設備に電力を提供するために、比較的大きい面積を覆う必要がある。必要な面積の見積もりを以下のように得られる。通常の大きさの発電所 (1 0 0 0 M W e) は、約 3 0 % の効率で 3 0 0 0 M W e の入力を必要とする。次いでこれは太陽束に露出された 3 × 1 0⁶ m² の光活性面積を必要とする。さらにこれはピーク太陽束のみで充分で

50

ある。ベース負荷運転については、昼夜に亘る、また季節に亘る日照を平均することにより、必要な面積の量が4倍の $1.2 \times 10^6 \text{ m}^2$ (例えば $3 \text{ km} \times 4 \text{ km}$ の長方形) に増加する。

【0111】

この大きい面積の要件は、海洋などの広い水上を浮遊するシステムを考慮するために強い動機を与える。このような沖合のプラントは、地上の使用可能な土地面積を消費するより実際的である。光化学プラントの生産物は水素および酸素であり、これらは貯蔵可能でありかつ船積み可能であるので、地上システムの利点はむしろ小さいように思われる。事実、海に配置された光化学プラントが、沖合の発電所で利用可能でないはずである魅力的な特徴を有するのは、発電所が高額な伝送線を海岸に戻す必要があるからである。

10

【0112】

水素および酸素の発生に加えて、誘導放出の光化学は多くの他の適用を有する。吸エルゴン化学反応は大きいエネルギーステップを必要とするので、実現が困難なあらゆる吸エルゴン化学反応は誘導放出プロセスに対する候補である。EPWASER機構により、あらゆる数の分子の集合体が光量子を追加し、非常にエネルギーギッシュな電荷キャリアを構築できる。したがって多くのボルトの酸化還元電位を必要とする化学反応が可能である。これらの化学反応を使用して、低温で形成するために大きい酸化還元電位を必要とする特別の部材を生成できる。他の可能な使用は、情報の蓄積、撮像、または新しいタイプの写真である。

【0113】

前に述べたように、共役二重結合を環(4、8、12、16、20、などの原子位置のあらゆる環)内に備える多くの他の有機環化合物を、EPWASER媒体として使用できる。成功したEPWASERプロセスに対する適用の完全なリストは、レーザのために開発されたものと同じ大きさであると予期される。

20

【0114】

本デバイスおよび/または方法の好ましい適用は、

エネルギー放出を化学反応、より好ましくは水分子を水素と酸素に分離することを含む反応に適用することであって、本発明のこの好ましい態様および他の好ましい態様では、エネルギー放出は好ましくは光化学プロセスに適用され、光化学プロセスは、光の1つの光子内に含まれるエネルギーより大きいエネルギーステップを必要とする、適用すること

30

太陽光発電エネルギーの変換と、

通信のために利用される回路内で信号を変調するために、電荷移動によってもたらされた電流を適用することであって、通信回路は光ファイバ、導電体、または無線伝送システムを備える、適用することと、

パターンを印加して情報内容を保存するために、保存されたエネルギーから誘導された放出エネルギーを利用することと、

アンサンブルの原子または分子ユニットの励起されたエネルギーの状態に直接保存された情報を保存することであって、それによって鎖内の一部の選択されたユニットは励起された電子を保存するためにポンピングされる一方で、他の選択されたユニットは、励起されたユニットに対する脱励起されたユニットのパターンが符号化された情報の形になる方法で、それらのより低いエネルギー状態のままである。そのような装置から符号化された情報を回収する方法は、情報アンサンブルがその保存されたエネルギーを、選択的にポンピングされ脱励起されたユニットの鎖を通して変調された移動を作り出すことにより、放出するときに生成されるはずである電流の変化を読み取ることを含む、保存することと、

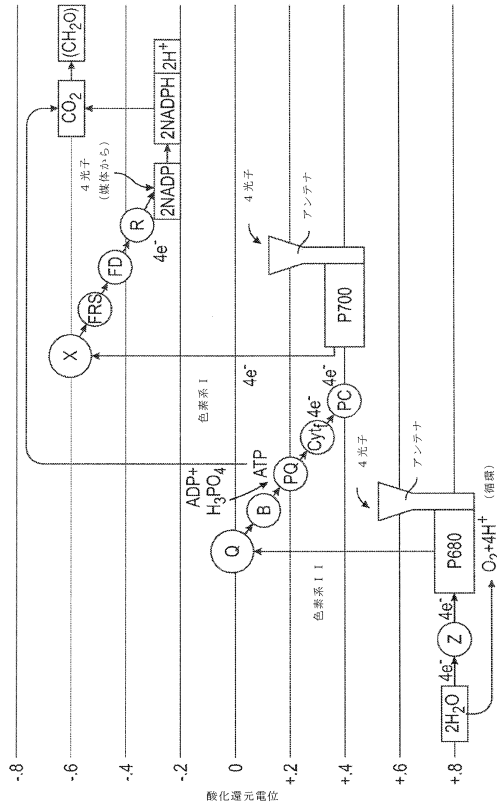
40

光量子を使用する電力の伝送と、

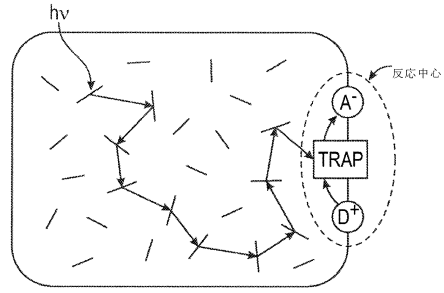
加速器をチップ上に作ることであって、秩序化されたアンサンブルは、端部から電子ビームを投射するために鎖の下に移動された電子内に非常に高いエネルギーを構築できる方法で、位置合わせされた大量の原子または分子ユニットを備え、それによって非常に小さい線形加速器を生成する、製造することを含む。

50

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 A 】

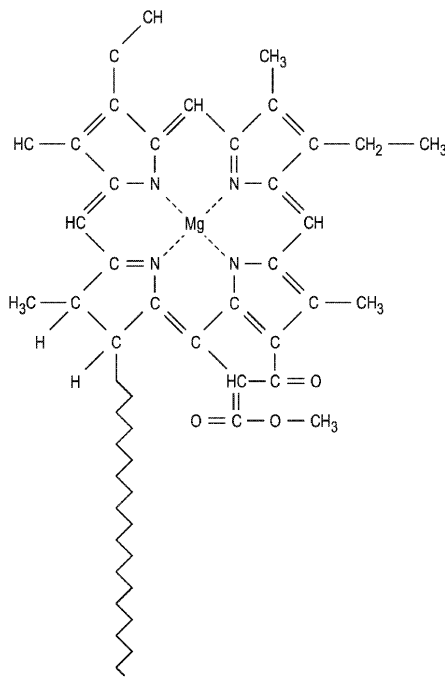


FIG. 3A

【 図 3 B 】

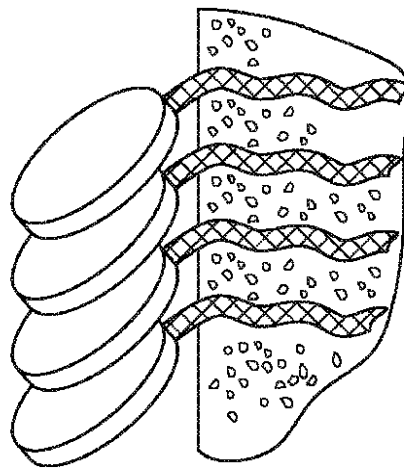


FIG. 3B

【 図 4 】

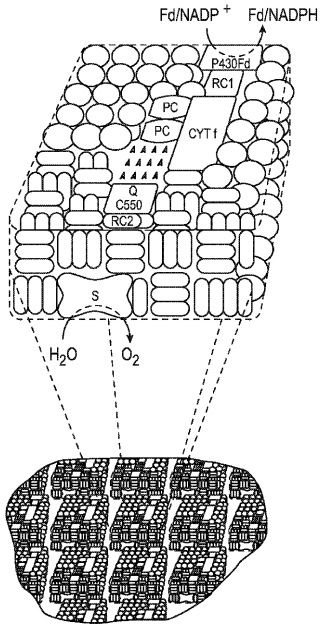
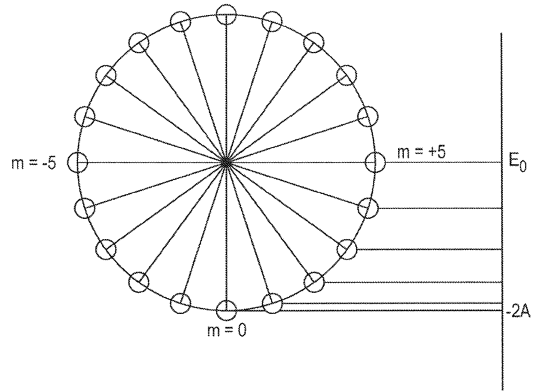


FIG. 4

【 図 5 】



$$E_k = E_0 - 2A \cos ka$$

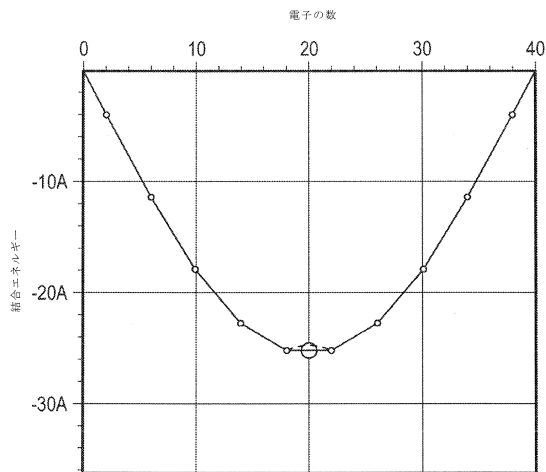
$$ka = \frac{2m\pi}{N}$$

N = 環内の原子数 (20)

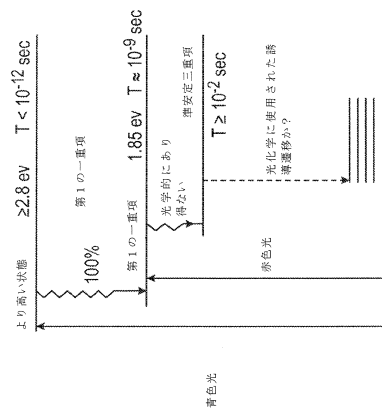
m は整数

$$-N/2 \leq m \leq N/2$$

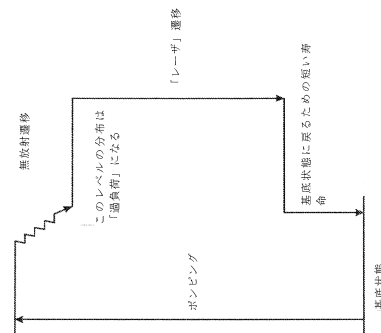
【 図 6 】



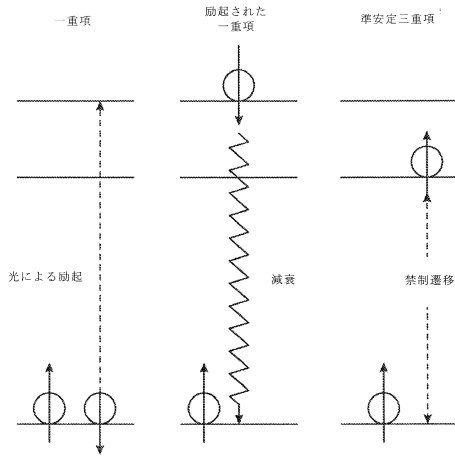
【 図 7 A 】



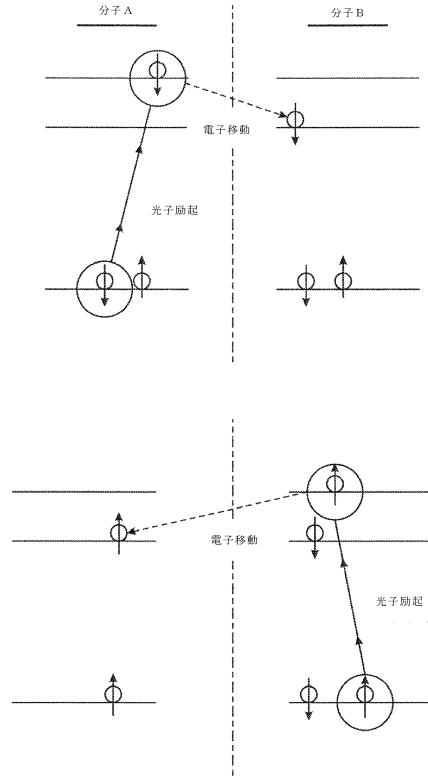
【 図 7 B 】



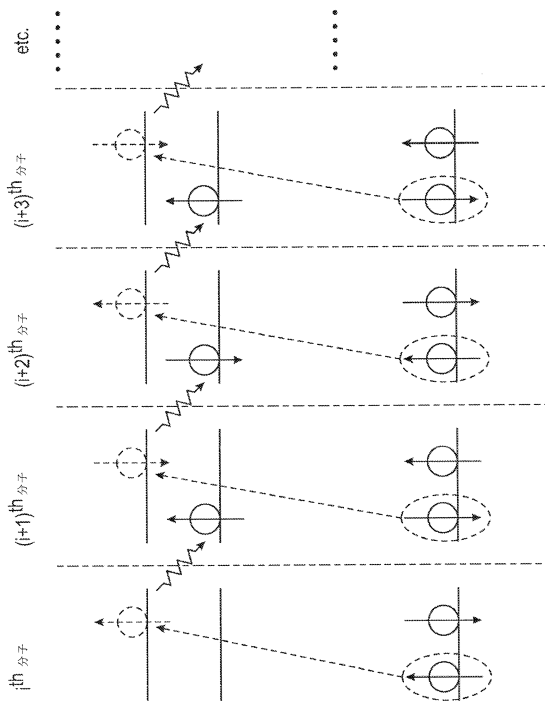
【図 8】



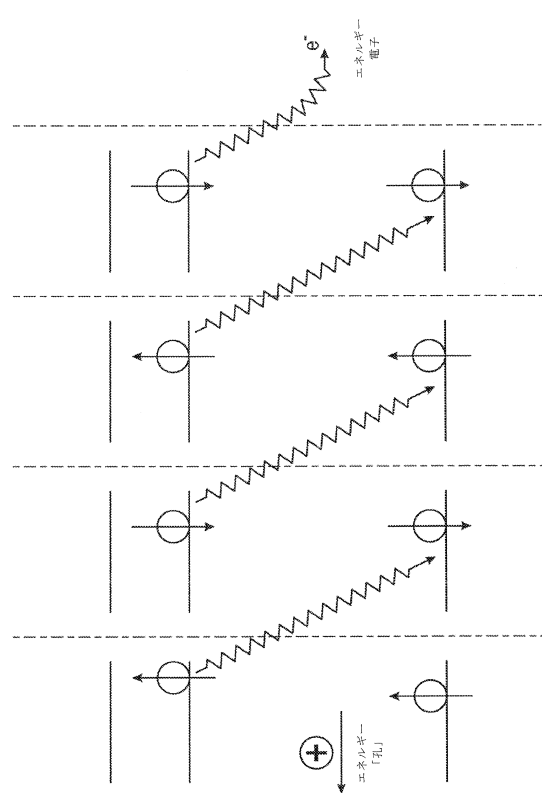
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【 図 1 2 A 】

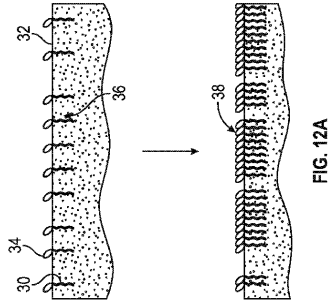


FIG. 12A

【 図 1 2 B 】

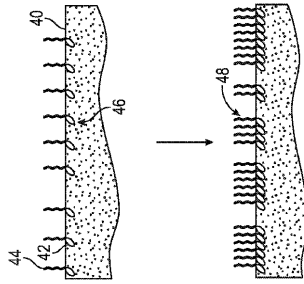


FIG. 12B

【 図 1 3 】

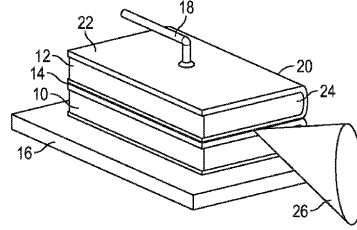
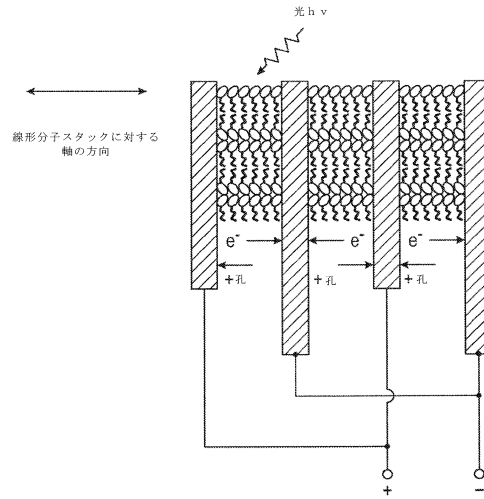


FIG. 13

【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

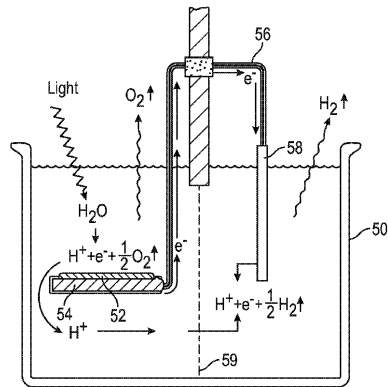


FIG. 15

【 図 1 6 B 】

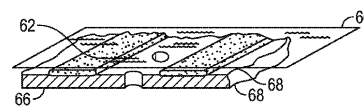


FIG. 16B

【 図 1 6 A 】

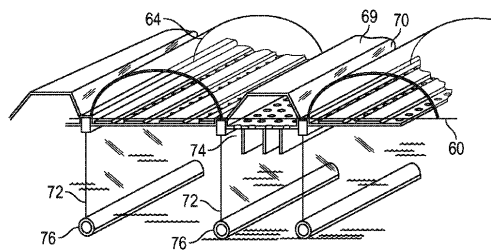


FIG. 16A

【 図 1 7 A 】

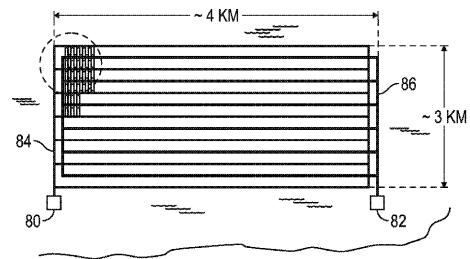


FIG. 17A

【 図 1 7 B 】

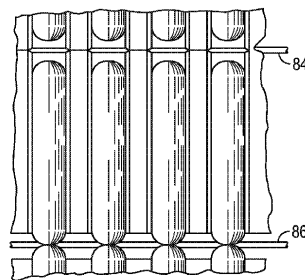


FIG. 17B
SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

フロントページの続き

- (74)代理人 100114775
弁理士 高岡 亮一
- (74)代理人 100121511
弁理士 小田 直
- (74)代理人 100202751
弁理士 岩堀 明代
- (74)代理人 100191086
弁理士 高橋 香元
- (72)発明者 ブリット, エドワード, ジェー.
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95014, クパチーノ, 20850 ペッパー ツリー
レイン
- (72)発明者 ディック, レイ, エス.
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94040, マウンテン ビュー, 929 アイヒラー ド
ライブ
- (72)発明者 ウィブケ, ダブリュー., トッド
アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95060, サンタ クルス, 645 ハイ ストリート

審査官 本田 博幸

- (56)参考文献 特開2002-043056(JP, A)
特開2013-026189(JP, A)
国際公開第2009/124189(WO, A1)
特開2009-094124(JP, A)
特開2001-113381(JP, A)
米国特許出願公開第2010/0065110(US, A1)
国際公開第2010/038589(WO, A1)
Paul M. Zimmerman et al., Mechanism for Singlet Fission in Pentacene and Tetracene: From Single Exciton to Two Triplets, JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, American Chemical Society, 2011年11月15日, Vol.133, P.19944-19952
Yoichi Murakami et al., Kinetics of Photon Upconversion in Ionic Liquids: Energy Transfer between Sensitizer and Emitter Molecules, The Journal of Physical Chemistry B, American Chemical Society, 2013年2月6日, Vol.117, P.2487-2494
Masanori Sakamoto et al., Intermolecular Electron Transfer from Naphthalene Derivatives in the Higher Triplet Excited States, JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, American Chemical Society, 2004年, Vol.126, No.31, P.9709-9714

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 51/46
H01M 14/00
H01G 9/20
H01S 3/16