(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7611273号
(P7611273)

(45)発行日　令和7年1月9日(2025.1.9)

(24)登録日　令和6年12月25日(2024.12.25)

(51)国際特許分類

Ｈ０２Ｓ　20/30　(2014.01)	Ｈ０２Ｓ	20/30	Ａ
Ｈ０２Ｓ　20/10　(2014.01)	Ｈ０２Ｓ	20/10	Ｃ
	Ｈ０２Ｓ	20/10	Ｕ

請求項の数　14　（全29頁）

(21)出願番号　特願2022-577628(P2022-577628)
(86)(22)出願日　令和3年6月15日(2021.6.15)
(65)公表番号　特表2023-531425(P2023-531425A)
(43)公表日　令和5年7月24日(2023.7.24)
(86)国際出願番号　PCT/CA2021/050817
(87)国際公開番号　WO2021/253118
(87)国際公開日　令和3年12月23日(2021.12.23)
審査請求日　令和6年6月14日(2024.6.14)
(31)優先権主張番号　63/039,775
(32)優先日　令和2年6月16日(2020.6.16)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
早期審査対象出願

(73)特許権者　522488823
ステラ パワー インク
カナダ ティー２ピー ２ティー８ アルバータ カルガリー ５番 サウスウエスト アヴェニュー ４４４ スイート １６２０
(74)代理人　100118913
弁理士　上田 邦生
(74)代理人　100142789
弁理士　柳 順一郎
(74)代理人　100201466
弁理士　竹内 邦彦
(72)発明者　レビオダ， ケネス ユージーン
カナダ ティー３ゼット ３ティー２ アルバータ カルガリー エルボー リッジ ヘブン ２１６

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　３次元太陽光発電システムとその展開方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

組み立てられた高さｈを有し、少なくとも１つの赤道向きパネル（ＥＦＰ）と、少なくとも１つのトップパネル（ＴＰ）と、少なくとも１つの極向きパネル（ＰＦＰ）とを備え、前記ＥＦＰ、前記ＴＰおよび前記ＰＦＰが一緒に接続された、複数の長方形の太陽光パネルを備え、

前記ＴＰが、前記ＥＦＰと前記ＰＦＰとの間にあり、前記ＥＦＰおよび前記ＰＦＰのそれぞれの上端に接続され、

前記ＰＦＰが、水平に対して角度βをなして傾斜し、

前記ＥＦＰが、水平に対して角度θをなして傾斜し、

前記ＴＰが、水平に対して角度εをなして傾斜し、前記角度θと前記角度εとは等しくなく、

前記ＴＰが、前記ＥＦＰと前記ＰＦＰとを相互接続し、固定され分割されたドーム状の組立体を形成し、

前記ＰＦＰと前記ＥＦＰとはそれぞれ、前記ＴＰを前記角度εで支持するためのそれぞれの長さを有する３次元太陽光パネル組立体。

【請求項２】

前記ｈが１から３フィートである請求項１に記載の太陽光パネル組立体。

【請求項３】

前記θが１０°から４５°または１０°から３０°である請求項１に記載の太陽光パネ

ル組立体。
【請求項４】
前記βが１０°から４５°または３０°から４５°である請求項１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項５】
前記ＰＦＰおよび前記ＥＦＰを通る断面および横幅として定義される幅Ｗと、該Ｗに垂直な長さＬとを有し、
前記Ｌが前記Ｗの１から２０倍である請求項１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項６】
前記高さｈは、緯度０°から４５°の間に展開される前記太陽光パネルにおいて、前記ＰＦＰの上部から下部までが２４から３６インチ、または、緯度４５°から６０°の間に展開される前記太陽光パネルにおいて、１８から２８インチである請求項１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項７】
前記太陽光パネル組立体の列間の空間内に展開するための列間太陽光パネル（ＩＲＳＰ）をさらに備え、
各該ＩＲＳＰが、前記列間の作業者の移動を可能にする、展開され露出した位置と未展開の位置との間で、前記ＩＲＳＰの選択的な移動を可能にするよう構成されている請求項６に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項８】
前記ＩＲＳＰは、回転可能な取り付け、および、引出しシステムからなる群から選択される機構によって前記太陽光パネル組立体に構成されている請求項７に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項９】
各前記太陽光パネル組立体が、
前記ＰＦＰおよび前記ＥＦＰが実質的に同じ面積で、前記ＴＰが前記ＰＦＰまたは前記ＥＦＰの実質的に２倍の面積であるソーラーセルのパネルからそれぞれ組み立てられた、前記ＰＦＰ、前記ＥＦＰおよび前記ＴＰを備え、
複数の前記太陽光パネル組立体が、土地の領域を横切って概ね東西方向に配置され、前記太陽光パネル組立体の列を定義するように構成されている請求項６に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項１０】
前記εが０°よりも大きい請求項１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項１１】
各前記ＰＦＰ、前記ＴＰ、前記ＥＦＰの側縁を支持するように構成された複数の側部フレーム部材と、前記側部フレーム部材を互いに接続するための少なくとも１つの横材とを有する支持フレームをさらに備える請求項１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項１２】
少なくとも１つの前記横材が、前記太陽光パネル組立体の中央バランス点を支持するように構成された中央横支持部材を備え、該中央横支持部材が、複数の中央支持部材に対して回転可能である請求項１１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項１３】
前記ＰＦＰの下縁に構成され、地表まで延びる長さを有する少なくとも１つの風向偏向パネル、または、前記ＰＦＰの下縁に構成され、地表まで延びる長さを有する太陽光パネル風力偏向パネルをさらに備える請求項１１に記載の太陽光パネル組立体。
【請求項１４】
組み立てられた高さｈを有し、少なくとも１つの赤道向きパネル（ＥＦＰ）と、少なくとも１つのトップパネル（ＴＰ）と、少なくとも１つの極向きパネル（ＰＦＰ）とを備え、前記ＥＦＰ、前記ＴＰおよび前記ＰＦＰが一緒に接続された、複数の長方形の太陽光パネルを備え、

前記ＴＰが、前記ＥＦＰと前記ＰＦＰとの間にあり、前記ＥＦＰおよび前記ＰＦＰのそれぞれの上端に接続され、
前記ＰＦＰが、水平に対して角度βをなして傾斜し、
前記ＥＦＰが、水平に対して角度θをなして傾斜し、
前記ＴＰが、水平に対して角度εをなして傾斜し、前記角度θと前記角度εとは等しくなく、前記角度εが０°よりも大きく、
前記ＴＰが、前記ＥＦＰと前記ＰＦＰとを相互接続し、固定され分割されたドーム状の組立体を形成し、
前記ＰＦＰと前記ＥＦＰとはそれぞれ、前記ＴＰを前記角度εで支持するためのそれぞれの長さを有する３次元太陽光パネル組立体。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
３次元太陽光発電システムが記載される。本システムは、極および赤道向きパネルを含むように構成された複数の太陽光パネルと、種々の実施形態において、単一および複数の角度付きの扁平なセグメントおよびドーム型組立体を形成する追加のトップパネルおよび／またはサイドパネルとによって特徴づけられる。本システムは、特に、早朝および夕方の発電効率を向上し、従来の太陽光パネルアレイと比較して、与えられた土地面積における電力密度を向上させることができる。また、本システムは、風荷重特性を改善し、操作およびメンテナンスのアクセスを許容しながら、ラッキングおよびアンカリングを簡素化することもできる。また、本システムを展開する方法も記載される。
【背景技術】
【０００２】
再生可能エネルギの追求、特に太陽光発電の応用は、その範囲と応用において世界的に急速に成長し続けている。太陽光の放射エネルギを電気エネルギに変換するための光起電力（ＰＶ）セルの使用は、過去数十年にわたって開発および範囲が広まってきた。しかし、現在までのところ、光起電力セルシステムの大半は、従来の方法で配置され、大部分が恒久的な赤道向きのシステムとして設計されている。典型的な設置は、住宅の屋根および建物の構造物、または、太陽光パネルのアレイが野原に展開される、より広い地面設置型のソーラーセルアレイプロジェクトにおける水平設置を含んでいる。
【０００３】
本明細書において、説明のために、「北」、「南」、「極向き」、「赤道向き」パネルの方向を参照することができる。一般に、北は、北極に向かう方向を指し、南は、南極に向かう方向を指す。極方向の語は、北極または南極のいずれかに向かう方向を指し、赤道方向は、赤道に向かう方向を指す。北半球に位置するＰＶシステムの場合には、極向きは北極に向かう方向を指し、南半球に位置するＰＶシステムの場合には、極向きは南極に向かう方向を指す。赤道向きは、常に、広く赤道に向かう方向を指す。
【０００４】
ソーラーセルおよびパネル技術は、過去数十年にわたって効率を向上させるために異なるアプローチを採用し（Ｃｈｅｎ他、２０１３）（Ｓｅｒｂａｎ他、２０１２）、太陽光エネルギのコストは、現在、他の非再生可能なアプローチに対して競争力があるが（Ｌａｚａｒｄ、２０１７）、改善の必要性は引き続き存在する。特に、住宅用、工業用および地上用のアレイの応用において、全体の出力効率、システムコスト入力のバランスおよび整備のし易さの改善が求められてきた。再生可能で持続可能な電源に対する世界的なニーズの高まりの中で、この種の持続可能な電力をさらに競争力のあるものにするためには、設備およびメンテナンスコストの削減、風害などの環境力からの保護など、太陽光エネルギの収集における重要な要素を改善する新規なアプローチが必要である。
【０００５】
過去のソーラーセルアレイのアプリケーションにおいて改善すべき重要な領域の１つは、発電に必要な土地の非効率な使用である（ＮＲＥＬレポート、Ｈｅａｔｈ他、２０１３

）。既知のように、大規模なソーラーセルアレイのアプリケーションは、大きな土地面積だけでなく、労働力を集中した組立設置およびメンテナンスプロセスも必要とする。また、住宅用および／または工業用の屋上に設置するこの種のアプリケーションの場合には、重量および風荷重の力の両方による負荷が加わるため、長期間にわたる構造物への潜在的な損傷を含むというさらなる問題もある。重要なことは、ソーラーセルアレイが現場／地上設置用であれ、建物設置用であれ、それぞれの設置に適した支持構造を設計するために、重要なエンジニアリングが必要だということである。標準的な支持フレームは、異なるソーラーセルアレイに適応でき、異なる土地／建物の場所に設置できるようにある程度の柔軟性があるが、特定の場所の特徴または特性により、ほとんど全ての設置において、ある程度のカスタマイズが必要になるようである。例えば、野外設置の場合、その場所に応じた基礎構造が必要となり、基礎の深さ／大きさは、地面の傾斜、土壌／地盤の特性、アレイへの風荷重のような要因のみならず、年間降霜深さなどの他の要因をも考慮する必要がある。同様に、建物への設置においては、大きくて重いアレイを屋根構造に取り付ける際の詳細、建物内の根底にある支持および風荷重などを考慮する必要がある。

【０００６】

既知のように、従来の太陽光パネルシステムの大部分は、通常、赤道を向いた固定または単軸シナリオで、角度をつけた構成で互いに隣り合って配置される複数のソーラーセルパネルを有する。一般に、パネルの向きおよびパネル間の間隔は、設置場所の緯度と、１日の時間および１年の時間を考慮して設置場所全体からの出力をどのように最適化できるのかとを考慮することになる。例えば、固定式パネルアレイを、設計者が緯度４５°の地点に設置することを望む場合には、一般的かつ大まかなルールとして、水平線に対しておよそ４５°（実際には数度小さい）の方角にパネルを向けることになる。この固定された方向は、一般に、１太陽年間の平均で、１年にわたってパネルを太陽角に対して９０°に近づくように方向づけるため、出力を最大にするために最も効率的な方向となる。つまり、パネルに対する太陽の角度は１日および１年を通して常に変化するが、約４５°の角度は、１日および１年を通して出力に最小限の変化をもたらす方角を示している。方角が固定されていると、ソーラーセルアレイの出力のばらつきを最小化する第一水準をもたらすが、一年のうちの日時によって出力に大きな差が生ずる。つまり、日の出から日没までの１日を通して、出力は日の出（またはそれ以降）のゼロから、ほぼ正午にピークに達し、日没（またはそれ以前）にはゼロまで低下することになる。同様に、出力は、一日の長さと、太陽年中の水平線に対する太陽の角度によって、一年を通して変化する。

【０００７】

そのように、設計者やソーラーセルアレイ開発者は、１日および１年を通じてパネルをより良好に方向づけるトラッキングシステムを組み込むことを選択してもよい。しかしながら、トラッキングシステムは、単軸であろうと２軸であろうと、初期コストの増加、余分な重量、動作のための電力使用、異なる構造支持と風荷重の考慮によるエンジニアリングおよび設置のコストの増加、メンテナンスコストの増加およびトラッキングソフトウェアを含む運転コストの増加等の多くの欠点を有している。

【０００８】

重要なことは、トラッキングシステムは単一パネルの全体出力を大幅に改善することができるが、それらの利益は、アレイ内のあるパネルから他のパネルへの影の影響に対応するために、隣接するパネル間に追加の列間間隙を必要とすることによって相殺される可能性があることである。つまり、１日および１年を通してパネルの向きおよび／または角度を変えていると、あるパネルから他のパネルに落ちる影がアレイ全体の出力に影響を与える。一般的に、パネル間の間隙を広げると、複数のパネルからの総合出力は向上するが、アレイ全体を収容するために、より多くの土地が必要になる。また、１日および１年の時間帯によっては、アレイ全体の影の影響が少ない場合もあるが、一般的に太陽が水平線に近づくほど、日の出近く、日没および冬の間は、影の影響が非常に大きくなる。言い換えれば、水平列の高さによって投じられる影に依存する間隙特性は、限られた土地面積内のそのようなパネルの密度に影響を与え、そのように、土地面積の潜在的な電力出力を制限

する（Ｓｕｎ他、２０１４）。
【０００９】
さらに、既知のように、多くのコミュニティにおけるピーク電力需要は、一般に、人々が起床してその日の準備をする早朝と、人々が帰宅する夕方である。このピーク電力はまた、より長い日照時間および空調の使用の増加のために、世界の多くの地域で夏季にさらに増加する。（Ｓｔａｎ　Ｃｏｘ他、２０１２　ｈｔｔｐｓ：／／ｅ３６０．ｙａｌｅ．ｅｄｕ／ｆｅａｔｕｒｅ）。
【００１０】
残念なことに、上記のような理由から、与えられた場所のソーラーセルアレイからのピーク出力は、（雲量などの他の要因が一日中一定であると仮定して）これらの時間帯に対応しない。
【００１１】
前述から、一日および年間を通じて太陽光パネルアレイの最大出力に寄与する種々の要因を考慮しながら、与えられた設置（例えば、地面または建物）に対して太陽光パネル／アレイ出力を最適化することは、所望のレベルの性能および／またはコストを達成するために広範囲の妥協を要する複雑な問題であることが分かる。
【００１２】
したがって、与えられた面積に対する太陽光パネルの密度を向上させながら、電力密度および他のシステム効率を向上させる太陽光パネルシステムが必要とされてきた。以下に説明するように、３次元パネルシステムが説明される。これらのシステムは、本明細書において、最大化エネルギ基準（ＭＥＲ）システムと呼ばれ、これはまた、力、強さおよび耐久性の象徴であるピラミッドの古代エジプト語に由来するものである。
【発明の概要】
【００１３】
本発明に従って、改良されたソーラーセルシステムおよびアレイを説明する。
【００１４】
第１の態様において、少なくとも１つの正方形または長方形の赤道向きパネル（ＥＦＰ）と、ＥＦＰに動作可能に接続された少なくとも１つの正方形または長方形の極向きパネル（ＰＦＰ）と、ＥＦＰまたはＰＦＰの側縁にそれぞれ接続された少なくとも２つの三角または台形状のサイドパネル（ＳＰ）とを備え、ＥＦＰ、ＰＦＰおよびＳＰの各々が、セグメント化されかつドーム状に形成された組立体を形成するように一緒に接続されている３次元太陽光パネル組立体が記載されている。
【００１５】
種々の実施形態において、
・太陽光パネル組立体は、ＥＦＰおよびＰＦＰの各々の上縁に接続された少なくとも１つの正方形または長方形のトップパネル（ＴＰ）を備える。
・ＰＦＰは、ＥＦＰに対して、角度λをなして傾斜しており、角度λは１０５°～１３５°である。
・ＴＰは、水平に対して角度εをなしており、εは０°～２０°である。
・ＳＰは、ＴＰに接続された側縁を有する台形状のサイドパネル、ＰＦＰに接続された側縁を有する第１の三角形のＳＰおよびＥＦＰに接続された側縁を有する第２の三角形のＳＰを備える。
・ＳＰ、ＥＦＰ、ＴＰおよびＰＦＰは、各パネルの下縁に沿った共通のベース平面を有する。
・各ＥＦＰは、縁に沿って連結された２つ以上の正方形または長方形の太陽光パネルを備える。
・各ＴＰは、縁に沿って連結された２つ以上の正方形または長方形の太陽光パネルを備える。
・各ＰＦＰは、縁に沿って接続された２つ以上の正方形または長方形の太陽光パネルを備える。

・複数のＰＦＰ、ＥＦＰおよびＴＰは、相互に接続され、細長いドーム構造を形成する。
・太陽光パネル組立体は、各ＰＦＰ、ＴＰおよびＥＦＰの側縁を支持するように構成された複数のサイドフレーム部材を有する支持フレームを備える。
・支持フレームは、サイドフレーム部材を互いに接続するための少なくとも１つの横材をさらに備える。
・太陽光パネル組立体は、太陽光パネル組立体の中央バランス点を支持するように構成された中央横支持部材を備える、少なくとも１つの横材を備える。
・太陽光パネル組立体は、中央横支持部材を地表の上方で支持するための複数の中央支持部材を備える。
・中央横支持部材は、中央支持部材に対して回転可能である。
・少なくとも１つの横材は、各ＰＦＰの下縁に隣接してサイドフレーム部材を一緒に接続するように構成されたＰＦＰ横材を備える。
・少なくとも１つの横材は、各ＥＦＰの下縁に隣接してサイドフレーム部材を一緒に接続するように構成されたＥＦＰ横材を備える。
・太陽光パネル組立体は、太陽光パネル組立体を地面に固定するために、ＥＦＰおよびＰＦＰの下縁に沿って太陽光パネル組立体に接続された複数の地面ネジおよび張力部材を備える。
・太陽光パネル組立体は、ＰＦＰの下縁に構成され、地表まで延びる長さを有する少なくとも１つの風向偏向パネルを備える。
・少なくとも１つの風向偏向パネルが、太陽光パネルである。
・フレーム部材は、各ＰＦＰの側縁を支持するための少なくとも２つのＰＦＰ部材、各ＴＰの側縁を支持するための少なくとも２つのＴＰ部材、および、各ＥＦＰの側縁を支持するための少なくとも２つのＥＦＰ部材を備える。
・少なくとも１つの太陽光パネルが、両面太陽光パネルである。
・太陽光パネル組立体は、太陽光パネルの下に動作可能に配置され、太陽光パネルの地面に面する表面に光を反射させる反射面を備える。

【００１６】

他の態様において、組み立てられた高さｈを有する複数の太陽光パネルを備え、少なくとも１つの赤道向きパネル（ＥＦＰ）、少なくとも１つのトップパネル（ＴＰ）および少なくとも１つの極向きパネル（ＰＦＰ）を備え、ＥＦＰ、ＴＰおよびＰＦＰが一緒に接続され、ＰＦＰが水平に対して角度βをなして傾斜し、ＥＦＰが、水平に対して角度θをなして傾斜し、ＴＰが、水平に対して角度εをなして傾斜し、ＴＰが、ＥＦＰおよびＰＦＰを相互に接続し、ＰＦＰおよびＥＦＰが、それぞれ、ＴＰを角度εで支持するためのそれぞれの長さを有する３次元太陽光パネル組立体が説明される。

【００１７】

種々の実施形態において、
・εは０°～２０°である。
・ｈは１～３フィートである。
・θは１０°～４５°である。
・θは１０°～３０°である。
・βは１０°～４５°である。
・βは３０°～４５°である。
・ＥＦＰ、ＰＦＰおよびＴＰは４つの外縁を画定し、組立体は、長いベース縁および短い上縁を有する少なくとも２つの台形状サイドパネル（ＳＰ）をさらに備え、各台形状パネルの短い上縁が、ＴＰの外縁に接続されかつこれを支持し、各ＳＰが、トップパネルから外側に角度をつけて延び、概ね先端を切り取ったピラミッドを形成し、その外側の角度が、展開される緯度に比例している。
・太陽光パネル組立体は、ＰＦＰおよびＥＦＰを通る断面および横幅として定義される幅Ｗと、Ｗに垂直な長さＬとを有し、ＬはＷの１～２０倍である。
・ｈは、展開される緯度に比例し、ｈは低緯度において比例的に高くなる。

【００１８】
他の態様において、土地の領域上に展開された太陽光パネル組立体のアレイが記載され、アレイは、本明細書に記載されたような複数の太陽光パネル組立体を備え、各太陽光パネル組立体がそれぞれ赤道を向くＥＦＰを有してそれぞれ展開され、アレイが各列間の間隙列を規定する間隙Ｓを有して展開された少なくとも２列の太陽光パネル組立体を有し、各太陽光パネル組立体のｈ，Ｓが、一の列から他の列への影の影響を最小化し、１日の時間にわたってアレイからの電力出力を最大化し、作業者の移動を可能にするために列間の最小間隙を維持するように構成されている。
【００１９】
種々の実施形態において、
・アレイは、間隙列内に展開するための列間太陽光パネル（ＩＲＳＰ）を備え、各ＩＲＳＰは、展開され露出された位置と、列間の作業者の移動を可能にする、展開されていない位置との間において、ＩＲＳＰの選択的な移動を可能にするように構成される。
・ＩＲＳＰは、太陽光パネル組立体に回転可能に取り付けられている。
・ＩＲＳＰは、引出しシステムを備えた太陽光パネル組立体に構成されている。
・各太陽光パネル組立体は、ＰＦＰ、ＥＦＰおよびＴＰを備え、それぞれがソーラーセルのパネルから組み立てられ、ＰＦＰおよびＥＦＰは実質的に同じ面積、ＴＰはＰＦＰまたはＥＦＰの実質的に２倍の面積であり、複数の太陽光パネル組立体が、土地の領域を横切って概ね東西方向に構成されて太陽光パネル組立体の列を画定している。
・間隙Ｓは３～４フィートである。
・各太陽光パネル組立体は、４つの台形状のサイドパネルを備え、各台形状のサイドパネルは、隣接するサイドパネルの対応する側縁に動作可能に接続される２つの側縁を有する。
・複数の太陽光パネルは、ＰＦＰの上部から下部までの高さ範囲が１８～２８インチに構成され、緯度４５°～６０°の間に展開される。
・複数の太陽光パネルは、ＰＦＰの上部から下部までの高さ範囲が２４～３６インチであり、緯度０°～４５°の間に展開される。
・組立体は、極向きパネルに照射エネルギを戻す一体型折り畳み反射パネルを備える。
【図面の簡単な説明】
【００２０】
本発明は、以下の図面を参照しながら説明される。
【図１Ａ】本発明の一実施形態に係るサイドパネルを有する２パネルＭＥＲの概略的な側面図である。
【図１Ｂ】図１Ａの２パネルＭＥＲの概略的な平面図である。
【図１Ｃ】図１Ａの２パネルＭＥＲの概略的な正面図である。
【図２Ａ】本発明の一実施形態に係る対称ＭＥＲの概略的な平面図である。
【図２Ｂ】図２Ａの対称ＭＥＲの概略的な正面図である。
【図３Ａ】本発明の一実施形態に係るサイドパネルを有する非対称３パネルＭＥＲの概略的な側面図である。
【図３Ｂ】図３Ａの非対称３パネルＭＥＲの概略的な平面図である。
【図３Ｃ】図３Ａの非対称３パネルＭＥＲの概略的な正面図である。
【図４Ａ】本発明の一実施形態において、異なる時間帯における代表的な朝影の特性を示す非対称ＭＥＲを備えるＭＥＲアレイの概略平面図である。
【図４Ｂ】本発明の一実施形態において、千鳥配列で示される非対称ＭＥＲを備えるＭＥＲアレイの概略平面図である。
【図５Ａ】本発明の種々の実施形態による、１年の異なる時期における代表的な朝影の特性およびＭＥＲ間パネルを示す、対称ＭＥＲを備えるＭＥＲアレイの概略平面図である。
【図５Ｂ】本発明の種々の実施形態による、１年の異なる時期における代表的な朝影の特性およびＭＥＲ間パネルを示す、細長いＭＥＲを備えるＭＥＲアレイの概略平面図である。
【図６Ａ】本発明の一実施形態に係る多面ＭＥＲの概略側面図である。

【図６Ｂ】図６Ａの多面ＭＥＲの概略平面図である。
【図６Ｃ】本発明の一実施形態に係る複数のＰＦＰおよびＥＦＰを有する多面ＭＥＲの概略側面図である。
【図７】本発明の一実施形態に係る高架式ＭＥＲの概略側面図である。
【図７Ａ】本発明の種々の実施形態に係る、地面ネジおよび風力パネルを有する高架式ＭＥＲの概略側面図である。
【図７Ａ（１）】本発明の一実施形態に係る、両面太陽光パネルを有する高架式ＭＥＲの概略側面図である。
【図７Ｂ】本発明の種々の実施形態に係る、地面ネジおよび風偏向パネルを有する高架式ＭＥＲアレイの３列の概略側面図である。
【図７Ｃ】（Ａ）一実施形態におけるフレーム支持システムの斜視図、（Ｂ）他の実施形態におけるフレーム支持システムの斜視図、（Ｃ）統合された太陽光パネルを有する斜視図である。
【図７Ｄ】本発明の一実施形態に係る高架式ＭＥＲアレイの３列の側面図である。
【図７Ｅ】本発明の一実施形態に係る高架式ＭＥＲアレイの３列の斜視図である。
【図７Ｆ】本発明の一実施形態に係る高架式ＭＥＲアレイの３列の斜視図である。
【図８Ａ】本発明の一実施形態に係るＭＥＲを組み立てるための個々のパネルの概略平面図である。
【図８Ｂ】図８Ａの個々のパネルの展開の代表的な寸法である。
【図８Ｃ】本発明の一実施形態に係るＭＥＲを組み立てるための個々のパネルの概略平面図である。
【図８Ｄ】図８Ｃの個々のパネルの展開の代表的な寸法である。
【図８Ｅ】従来技術における、従来のソーラーセルアレイを組み立てるための個々のパネルの概略平面図である。
【図８Ｆ】図８Ｅの個々のパネルの展開の代表的な寸法である。
【図９】１２月２１日冬至の最も低い影の影響という設計基準に基づいて、典型的な１日の間に１エーカーの土地の固定パネルアレイおよびＭＥＲアレイから出力される電力の代表的な差を示すグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００２１】
例示的な実施形態が、３次元低背太陽光発電システムに関連して本明細書に記載される。図面および以下の説明を通じて可能な限り、同じ参照符号が、同じまたは同様の項目を参照するために使用される。
【００２２】
明確のために、本明細書に記載された実施態様のありふれた特徴の全てが示され、説明されているわけではない。もちろん、実際のシステムの開発において、アプリケーション関連およびビジネス関連の制約の遵守など、開発者の特定の目標に対して最適な土地利用、影の特性および電力出力を達成するために、多数のおよび反復的な実装特有の決定を行うことができ、これらの特定の目標は、ある実装現場から他の現場までおよびある開発者から他の開発者まで異なることが理解されよう。さらに、そのような開発努力は複雑で時間がかかるかもしれないが、それにもかかわらず、本開示の利益を有する当業者にとってエンジニアリングの日常的な仕事であろうことが理解されるであろう。
【００２３】
（概要）
本明細書において説明するように、３次元低背太陽光発電システムの種々の実施形態が説明される。ここで、システムは、最大化エネルギ基準システム（ＭＥＲ）と呼ばれ、各ＭＥＲは、単一の一体化されたベース太陽光ユニットを形成するために組み立てられた複数の角度付パネルを有する。
【００２４】
（２パネルＭＥＲ）

図１Ａ、図１Ｂおよび図１Ｃに示すように、ＭＥＲ１０は、極向きパネル（ＰＦＰ）１２（例えば、北向き）および赤道向きパネル（ＥＦＰ）１４（例えば、南向き）を含む２つのパネルを有している。図示されるように、ＥＦＰは、大まかに赤道に向かって配置され、水平に対して角度θをなして傾いている。角度θは、３０°未満の緯度における展開に対して、展開の緯度にほぼ対応するように選択されてもよい。しかし、緯度３０°以上の展開については、角度θは典型的には３０°を超えない。

【００２５】

ＭＥＲは、２つのパネルの間に適切なヒンジまたは固定接続ブラケット１６を備えていてもよい。ＰＦＰは、ＥＦＰの赤道側１４ａに支持を与え、それによって、ＥＦＰを展開のための正しい角度θに上昇させる。ＰＦＰは水平に対して角度βをなし、角度βは鋭角となる。表１に示すように、異なる緯度における１年間のアレイの典型的な固定傾斜角が、以下の規則を用いて示されている。

ａ．　緯度２５°以下では、傾斜角＝緯度×０．８７

ｂ．　緯度２５°と５０°との間では、傾斜角＝緯度×０．７６＋３．１°

【表１】

表1：固定角度アレイに対する概略傾斜角度

緯度	通年角度	パネル上の平均日射 kWh/m^2/日
0°（キト）	0.0	6.5
5°（ボゴタ）	4.4	6.5
10°（カラカス）	8.7	6.5
15°（ダカール）	13.1	6.4
20°（メリダ）	17.4	6.3
25°（キーウエスト、台北）	22.1	6.2
30°（ヒューストン、カイロ）	25.9	6.1
35°（アルバカーキ、東京）	29.7	6.0
40°（デンバー、マドリード）	33.5	5.7
45°（ミネアポリス、ミラノ）	37.3	5.4
50°（ウィニペグ、プラハ）	41.1	5.1

【００２６】

ＰＦＰの好ましい長さＰＬは、展開の予想緯度によって決定され、角度θが概ね緯度に対応し（典型的には約３０°までの緯度では数度小さく、約５０°までの緯度では最大約３０°）、ＰＦＰの角度βが好ましくは４５°未満になるように、ＰＬが選択される。前述のように、ＭＥＲのＰＦ側への風荷重の影響を低減するために、角度θは典型的には３０°を超えず、角度βは４５°を超えないであろう。接続部１６は、角度θを最適な角度

に調整することを可能にするヒンジであってもよく、長さと角度の調整を補助するための脚延長装置または他の調整可能な装置（図示せず）を備えていてもよい。ＰＦＰとＥＦＰとの間の角度λは、βおよびθによって決定され、典型的には、約１０５°～１３５°の範囲となる。以下に説明するように、パネルはまた、種々の支持フレームによって支持されていてもよい。

【００２７】

図１Ｂおよび図１Ｃは、ＥＦＰおよびＰＦＰの縁から地面まで延びて、セグメント化されたドーム構造を形成する４つの追加のサイドパネル（ＳＰ）１８ａ～１８ｄを有する実施形態の平面図および正面図を示している。好ましくは、各サイドパネルは、ＥＦＰおよびＰＦＰから外側に、好ましくはＰＦＰおよびサイドパネルの各々について等しい距離ｘだけ延びている。重要なのは、サイドパネルによって、早朝や午後遅くの光をより多く取り込むことができ、また、パネル間の追加の接続を提供することによってＭＥＲに構造安定性を与えることである。さらに、セグメント化されたドーム構造は、従来のフラットパネルシステムと比較して、風荷重の影響を軽減する。この実施形態において、サイドパネルは、θが約２０°～３０°のときに特に効果的である。

【００２８】

図１Ｂおよび図１Ｃに示すように、ＳＰは三角形である。一般に、ＳＰは、全てのパネルの下縁が共通の下平面を定義するように構成され、システムが平らな地表に平らに着座することを可能にする。

【００２９】

（対称ＭＥＲ）

図２Ａおよび図２Ｂは、対称ＭＥＲの平面図および正面図を示す。この実施形態において、ＭＥＲは、トップパネルＴＰ、赤道向きパネルＥＦＰ、および２つのサイドパネルＳＰを含む５つのパネルを備えている。本実施形態において、ＭＥＲのベース形状は概ね正方形または長方形であり、ＴＰは水平である（ただし、以下に説明するように必須ではない）。各パネルは、複数の個別のソーラーセル（典型的には６インチ×６インチのソーラーセル）から組み立てられた１つ以上の個別の太陽光パネルを備えていてもよい。例えば、トップパネルは複数の長方形／正方形のパネルを備え、サイドパネルは台形状のパネルであってもよい。標準的なソーラーセルは一般的に正方形であるため、非矩形パネルは一般的に、パネル上の未使用スペースの量を最小にするパターンで標準的なソーラーセルから組み立てられることになる。一般に、ＳＰは、図３Ｃに示すように、水平に対して最大約４５°の角度をなして傾けられる。

【００３０】

（非対称ＭＥＲ）

図３Ａ、図３Ｂおよび図３Ｃは、サイドパネルＳＰ２２ａ～２２ｆを有するＰＦＰ、ＥＦＰおよびＴＰを有する３パネル実施形態を示している。この実施形態は、ＰＦＰが水平に対して角度βをなし、ＰＦＰおよびＴＰが互いに対して角度λをなし、ＴＰが水平に対して角度εをなし、ＥＦＰが水平に対して角度θをなすように、ＰＦＰおよびＥＦＰが異なる長さであり、断面が非対称（台形状）構造を提供する点において対称ＭＥＲの実施形態と異なっている。一般に、上記のように、非対称ＭＥＲは、与えられた展開面積に対する太陽光パネルの総表面積を増加させるだけでなく、構造強度を高め、ＭＥＲ全体の風荷重を低減するために、サイドパネルＳＰを有することが好ましい。

【００３１】

種々の実施形態において、非対称ＭＥＲの寸法は、一般に、以下の設計原則を利用することになる。

・低緯度のＭＥＲは、太陽が空のより高い位置にあり、隣接するＭＥＲの間にできる影がより小さいため、高さをより高くすることができる。

・高緯度のＭＥＲは、太陽が空のより低い位置にあるので高さがより低くされ、高さは、一のＭＥＲの他のＭＥＲへの影を最小化するために低減される。

・低緯度および高緯度のＭＥＲは、水が排出されるのに十分な角度で赤道に向かって傾

斜するＴＰを有する。一般的に、この角度εは約５°～２０°の範囲となる。
・ＭＥＲが（好ましくは）サイドパネルを含む場合には、サイドパネルは、一般に、ＰＦＰのベース長さｘに対応する最大ベース長さｘを有する。
・ＭＥＲの高さｈは、一般に、ベース長さｘに対応する。
・ＭＥＲの全幅Ｗ（典型的には、極－赤道方向におけるＥＦＰ、ＴＰおよびＰＦＰを通る断面幅）は、約３～５ｘとなる。
・ＭＥＲの全長Ｌ（典型的には、東西方向）はＷの倍数、典型的には、０．８～１０＋Ｗとなる。Ｌに特に上限はなく、設置場所の実際の特徴によって決定される。

【００３２】

図３Ａは、非対称ＭＥＲが異なる緯度に対してどのように設計され得るかを示す。図示されるように、５つの異なるＭＥＲ輪郭が示され、最低緯度のＭＥＲは高さｈを有し、最高緯度のＭＥＲはより低い高さｈｘを有していてもよい。図示されるように、それぞれの設計において、ＴＰは（排水を可能にするため）赤道に向かって一定の勾配を有する。したがって、高さが低くなればなるほど、ＥＦＰとＰＦＰとがともに短くなる。全高は、一般に、日中にあるＭＥＲから他のＭＥＲに影が落ちる時間をなくすか減らすように、隣接するＭＥＲに対する全高を考慮することになる。実際には、高さｈは、１８～３６インチの範囲となる。

【００３３】

さらに、図３Ｂに示すように、サイドパネルは、三角形パネルと台形状パネルとの種々の組み合わせであってもよい。

【００３４】

異なる緯度における展開のための一例として、ＭＥＲ輪郭のバリエーションが、図４Ａ、図４Ｂ、図５Ａおよび図５Ｂを参照して説明される。例えば、冬季の緯度５０°において、太陽の高さは一日中比較的低いままであり、したがって、複数のＭＥＲが２次元アレイ（例えば、ｍユニット×ｎユニット）に配置される場合には、間隙によっては、最初の列のＭＥＲが後ろの列のＭＥＲに影を落とし、特に一日の早い時間と遅い時間においてその出力に劇的に影響を与える可能性がある。したがって、１つのＭＥＲの影が他のＭＥＲの性能を妨げる時間を減らすために全高を低くする。図４Ａに代表的に示すように、冬至には、太陽は赤道に向かって斜めに昇ることになる。しかし、この時、各ＭＥＲの高さの関係で、各ＭＥＲは隣接するＭＥＲに影を落とすことになる。朝日の場合、日の出から約１時間後に、太陽は地平線上に出て、パネルを照らす。図示されるように、（太線で示す）太陽に最も近いＭＥＲが影を落とし、各ＭＥＲの高さと隣接するＭＥＲとの間隔により、１つ以上の隣接するＭＥＲに影を落とす可能性がある。したがって、ＭＥＲが高く、間隙が小さいほど、この干渉に影響を与える。したがって、ＭＥＲが低いと、影の影響の時間が短縮され、ＭＥＲ間の間隙を狭くすることができ、与えられた土地面積に対してより多くのパネルを使用できる。

【００３５】

同様に、夏至には、太陽は極に向かう方向から昇る。この時期、早朝から夕方にかけて、アレイ内のＰＦＰは太陽光を受けることができ、大きな発電能力を発揮することができる。図示されるように、非対称ＭＥＲの場合には、夏の朝における影の特性は異なるものとなる。したがって、本発明は、年間を通じて特に朝の時間帯（または同様に日没に近づく時間帯）に、隣接するＭＥＲ間の影の影響を受ける時間をまとめて低減する設計を提供しようとするものである。

【００３６】

図４Ｂは、千鳥配置またはオフセット配置のＭＥＲの非対称アレイを示し、一方、図４Ａは、隣接するＭＥＲの端が整列されているＭＥＲの対称アレイを示す。

【００３７】

図５Ａは、平行な列に配置された個々のＭＥＲ１０のアレイ（ｍ×ｎ）を示している。この特定の展開において、ＭＥＲの各列は、極－赤道方向に配置されているが、その方向は東西でもよいことが理解される。図示されるように、列は、技術者がサービスおよび／

または保守のために列間を移動できるように十分に広い列間隙（ＲＳ）だけ離れて配置される。図示されるように、ＲＳは、与えられた土地面積に対するソーラーセル密度のさらなる増加を提供するために、列内に延長することができる追加の列間隙パネル２５ａを備えてもよい。そのように構成される場合、追加のパネル２５ａは、矢印２５ｂによって示すように、パネル２５ａがＭＥＲの下にスライドできるように引き出し機構を備えてもよいし、技術者が列へのアクセスを得るために列間隙パネルを上に回転できるようにヒンジ機構を備えてもよい。

【００３８】

図５Ａは、時期や時間帯によって各ＭＥＲが落とす可能性のある代表的な影も示している。図示されるように、夏季の間、早朝（例えば、日の出から約１時間以内）には、Ｓ１が１つのＭＥＲの代表的な影となる。重要なことは、太陽が低い場合でも、影が隣接するＭＥＲの上面には及ばないことである。同様に、Ｓ２は冬至の早朝の代表的な影を示している。

【００３９】

図５Ｂは、複数列（ｎ列）に配置された複数の細長いＭＥＲを示している。細長いＭＥＲは、より長い長さＬを有するので、図５Ａに示すような小さいＭＥＲと比較して、サイドパネルの数を減らすことができる。この展開例では、ＭＥＲは東西方向に配置されている。ここでも、早朝の代表的な影Ｓ１，Ｓ２は、一般に、隣接するＭＥＲの上部ＥＦＰパネルに投影されない。

【００４０】

小さいＭＥＲまたは細長いＭＥＲのどちらを展開するかの選択は、特定の設置に関連する多くの要因に依存し、設置の相対的な永続性を含む場合がある。一般に、より小さいＭＥＲは、半永久的な設置および／または、より長いＭＥＲをすぐに展開できないような特徴を有する地形により適している場合がある。

【００４１】

（サイドパネル設計）

好ましくは、前述のように、ＭＥＲは、ａ）パネルの総表面積を増加させ、ｂ）ＭＥＲに改善された構造強度を与え、ｃ）風荷重に対するＭＥＲの安定性を向上させるためのサイドパネルを備える。一般に、図１Ａおよび図２Ａに関して説明した実施形態と同様に、各側面は、好ましくは、ＥＦＰおよびＰＦＰから外側に、好ましくはＰＦＰおよびサイドパネルのそれぞれについて等しい距離ｘだけ延びる１つ以上のサイドパネルを備えることになる。一般に、サイドパネルは、鉛直に対して約４５°の範囲（範囲３０°～６０°）の傾斜を有する。理解されるように、風荷重力を低減し、上述したように毎日、年間を通じてより多くの期間、エネルギ捕捉効率を向上させる角度でこれらのパネルを配置するように、鉛直なＰＦＰまたはサイドパネルを有することは一般に望ましくない。

【００４２】

さらなる実施形態は、図６Ａおよび図６Ｂに示されるような追加のパネルを有していてもよい。例えば、サイドパネル（例えば、１８ａ，１８ｂ）は、単純なサイドパネルを複数のセクションに効果的に分割する１つ以上の頂点１９を含んでもよい。同様に、単一のＰＦＰまたはＥＦＰパネルは、２つのパネルＥＦＰ１ａおよびＥＦＰ１ｂおよび／またはＰＦＰａおよびＰＦＰｂに分割されてもよい。一般に、個々の太陽光パネルが平坦である限り、面の数には実用的な上限がある。しかし、本発明は、図６Ｃに示すように、ソーラーセルを３次元の多面ドーム型表面の広いアレイに組み立てることを企図する。さらに、フレキシブル太陽光パネルが、実質的に連続曲面を提供するように、支持フレームに構成されてもよい。

【００４３】

（その他の設計上の特徴）

ＭＥＲは、小規模の単一の住宅用システムまたは大規模な産業用の屋上およびアレイ設備内に統合することができる。種々の実施形態において、ＭＥＲは、上述したような細長い構造体に構成されてもよい。

【００４４】
例えば、２１２０ワットの対称ＭＥＲは、ａ）７０個の個別のセル（６インチ×６インチ）からなり、それぞれ容量２６５ワット、幅３７インチ、長さ６６インチの２つのトップパネル、および、ｂ）ＭＥＲユニットの側面を構成する４つの台形状ＰＦＰ、ＥＦＰおよびＳＰを備え、ベース外寸１１．５フィート×１１．５フィート、トップパネルの高さが３０インチであるように構築された。種々の実施形態において、展開場所の緯度および／または詳細に依存して、１８インチから４８インチの間の高さ範囲であることが好ましい。
【００４５】
最適な高さ範囲は、これらのシステム設置される位置が赤道に近いほど変化し、典型的には赤道に近いほど高い高さを有する。
【００４６】
理解されるように、より大きなベース面積（正方形または長方形および他の形状）を有するより大きなＭＥＲが構築されてもよい。例えば、３２～６４個の３２０ワットパネルを備える約１０，０００～２０，０００ワットの定格電力を有する細長いＭＥＲは、より大きな現場展開のための実用的な大きさである。このサイズのＭＥＲの展開は、後述するように１エーカーの土地に６０万ワットのシステム並みの出力を提供することができる。
【００４７】
（ＰＶセルとパネル）
光起電力パネルの出力と効率は、現在、より新しいパネル内で開発されている不動態化エミッタおよびリアセル（ｍｏｎｏｐｅｒｃ）などの新しい材料と技術の使用により改善され続けている（Ｑｕａｎｔｕｍ，２０１８）。パネル技術の向上に伴い、追加の新しいパネルサイズまたは構成は、より高いワット容量を有するＭＥＲユニットまたは同様の構造に組み込むことができる。新しいパネルモデルは年々改善されており、近い将来、同様のパネル寸法でパネルあたり最大３５０ワットの性能が期待される（Ｓｕｎ　Ｐｏｗｅｒ，２０１８）。
【００４８】
ＰＶセルは、単結晶、多結晶、アモルファス、３Ｄプリンタによる ＰＶセル、３次元ＰＶセル、およびスプレーオンＰＶであり、一般に、放射エネルギを電気に変換するいかなる材料も使用することができる。特定の実施形態において、各パネル内の個々のセルの数は、これらのタイプのシステムが設置される地域に応じて変化し得る。このアプローチを取り入れたシステムは、システムが赤道に近いほど、各パネル内により多くの個別のＰＶセルを有するより大きなパネルを利用することが企図されている。
【００４９】
また、両面パネルも以下に説明するように利用されてもよい。
【００５０】
（空気間隙）
種々の場所および展開において、ＭＥＲは、ＭＥＲ内およびその周辺の空気循環を可能にする通気システムを含んでいてもよい。すなわち、空気循環を可能にし、排水および／または排雪を可能にするために、パネル間に小さな隙間を設けてもよい。孔、グリルおよび他のそのような換気口などの他の通気手段は、一列に並んだ一連のＭＥＲユニットの下への空気の出入りを容易にするために、ＭＥＲユニットの異なる部分、異なる側面および底面に設けられてもよい。
【００５１】
（配線）
各ＭＥＲは、好ましくは、生成された電力の伝送および蓄電システムまたは地元の電気事業者グリッドへの伝送のための電気配線、スイッチングおよびコネクタを組み込むように構成される。電気ケーブル（図示せず）は、一列に並んだＭＥＲユニットを、インバータ、レギュレータ、バッテリ回収システムなどの追加の電気部品に接続するために、サイドトラフ内にＭＥＲの長さに沿って敷設されてもよい。

【００５２】
（リフレクタ）
特定の実施形態において、極側パネルには、図３Ａに示すように、ＰＦＰに対して光を反射するのに有効なリフレクタユニット２５が設けられてもよい。リフレクタユニットは、典型的には、極に最も近いＭＥＲユニットの列において利用される。
【００５３】
（反射率およびパネル間間隙）
光セル反射率の値は、太陽光発電システムの設計において考慮されるパラメータの１つである。光セル反射率の値と太陽光発電システムの他のパラメータとの相互関係によって、システムの性能特性が決定される。その他のパラメータとしては、パネル間間隙、すなわち、セルのアクティブ側リフレクタとパッシブ側リフレクタとの間の距離、および各セルの高さおよび他の寸法が挙げられる。
【００５４】
（基礎）
一般に、個々のパネル／ＭＥＲは強固なフレームとベースを有するため、基礎システムへの取り付けは従来のアレイよりも単純になる。低背のＭＥＲにおける風荷重は、多くの設置において、背の高いシステムと比較して、風荷重力を支えるための深い基礎を必要としない。そのため、単純な周辺加重システム（図６Ａ、符号２８）で特定の設置には十分な場合がある。
【００５５】
（その他の実施形態）
図７～図７Ｆに示すように、システムのさらなる実施形態が説明される。図７は、ＭＥＲ１０が１つ以上の支持体８０，８０ａ上で地上に持ち上げられている実施形態を示している。この実施形態において、パネル（ＥＦＰ、ＴＰおよびＰＦＰ）は、フレーム８２に取り付けられ、基礎８４上で地面から短い距離だけ上に支持されている。特に、ＭＥＲの高さは、好ましくは、羊などの放牧動物が雑草防除のための放牧のために下および列間を歩けるようにする約４～６．５フィートの範囲内である一方で、発電している同じ土地において、人間によるこのようなシステムの保守を容易にするのに十分な高さでもある。
【００５６】
一実施形態において、主支持体８０は、ＭＥＲのほぼ中央のバランス点８６に配置され、第２の支持体８０ａは、システムを回転させて高さを調節することができるので、技術者は、設置時にシステムの角度を調節することができるが、１年の異なる時間に対して角度を調節することも潜在的に可能である。このように、第２の支持体８０ａは、調整を自動化するコントローラ（図示せず）に構成されたリニアアクチュエータであってもよい。
【００５７】
図示されるように、システムはまた、ＰＦＰに追加の光を反射するように最適化されたリフレクタＲを備えていてもよい。
【００５８】
図７Ａは、ＭＥＲ１０が主支持体８０上に支持され、地面ネジ８８、ケーブル８８ａおよびケーブル調節器８８ｂによって所望の角度に保持される他の実施形態を示している。この実施形態において、ＭＥＲアレイを地面にしっかりと固定するために、両方のケーブルが張力をかけて配置されてもよい。
【００５９】
図７Ａ、図７Ａ（１）および図７Ｂに示すような別の実施形態において、設置物の上および／または周りの風の流れを促進し、１つ以上のＭＥＲの下の実質的な空気の流れを防止し、かつ／または、ＭＥＲを地面に押し付けるダウンフォースを作り出すために、風パネル（ＷＰ）８９がＭＥＲの外縁に設けられてもよい。図７Ａに示すような単一のＭＥＲの場合には、ＷＰはＭＥＲの両側にあるか、または図７Ｂに示すように単にＭＥＲの配列の両側（代表的な風は反対方向に流れている）にあってもよい。
【００６０】

ＷＰは、設置場所における支配的な風の状態に応じて、風を通さなくてもよいし、半透過性であってもよい。

【００６１】

さらに、ＷＰは、設置の電力容量をさらに増加させる太陽光パネルのさらなるアレイであってもよい。

【００６２】

図７Ａ（１）は、両面太陽光パネル８９ａから構成されるＭＥＲの一例を示している。この実施形態において、両面太陽光パネルは半透明であるため、いくらかの光がパネルを通過する。展開状況や下にある地表によっては、このような光は地面（例えば砂の表面）において部分的に反射され、両面太陽光パネルの地面側の面によって捕捉され、ＭＥＲが捕捉するエネルギ全体を増加させることができる。種々の実施形態において、地表の反射率を高めるために、反射／気泡箔断熱材などの追加の反射面８１を地表に沿って敷設することができる。

【００６３】

（支持フレーム）

図７Ｃ、図７Ｄおよび図７Ｅに示すように、種々のフレーム支持構造９０を説明する。中央部材８０ｂは、複数の支柱８０に支持され、集合的にＭＥＲアレイの重量を支持する。パネル支持部材８０ａは、一般に、太陽光パネルの外縁を支持し、フレームへの接続を可能にし、適切な横材８０ｄを備えていてもよい。各支持部材の設計は、ＭＥＲアレイの所望の地上高（ある場合）、風要因、太陽光パネルの重量を含む種々の設備要因を考慮して決定される。図７に示すように、支持部材はトラス８２であってもよい。

【００６４】

図７Ｄおよび７Ｅは、サイドパネルおよび追加のＰＦＰリフレクタ２５（図７Ｅ）を有する３つのＭＥＲアレイ１０の透視図である。種々の実施形態において、小さな隙間８８（図７）（最大約１インチ）は、空気の流れおよび排水を容易にするためにパネル間に維持される。

【００６５】

（利点）

本明細書に記載される３次元太陽光発電システムは、いくつかの利点を提供する。これらは、特定の範囲の角度で一連の低背のＭＥＲユニット内にパネルを配置することにより、実際の専有面積内に収容されるパネルの容量を、従来のパネルアレイシステムに対して実質的に増加させることができるので、土地の専有面積を低減することを含んでいる。また、特に赤道から北や南に離れた緯度に位置する夏場において、日照時間を長くすることができる。４面にパネルを配置することにより、全てのパネルが１日のうち特定の時間帯にアクティブな電力供給源となることができる。ピーク時刻の要件は、ＭＥＲアレイと従来のフラットパネルアレイとの電力出力を比較した代表的な設置例について図９に示すように、一日の長時間に渡ってよりバランスのとれた電力分布曲線を容易にしている。

【００６６】

他の利点は、基礎がより小さく、かつ／または不要であるため、建設および設置がより少なくて済むことである。

【００６７】

さらに、アレイを上昇させる設置の場合には、システムは、アレイの下において下にある植生が依然として成長でき、アレイの下における動物の放牧および人間のメンテナンスを可能にする土地の複数の使用が可能である。

（実施例）

【００６８】

図８Ａ～図８Ｆは、与えられた土地面積に展開された場合の従来のアレイと比較した、異なるＭＥＲアレイの出力の定性的および定量的な比較を示す図である。

【００６９】

（ＭＥＲモデル１）

説明のために、細長いＭＥＲは、図８Ａに示すように、ＭＥＲ構造を形成する多数の標準化された太陽光パネルから組み立てることができる。この例において、個々のセル９０（各６インチ×６インチ）は、ソーラーセルパネル９２として適切な裏材およびフレーム（図示せず）と共に組み立てられている。このように、ソーラーセル９０の１４×７アレイは、約４２インチ（３．５フィート）×８４インチ（７フィート）の寸法を有する。次に、各パネル９２は、１つのパネルをＰＦＰとして、２つのパネルをトップパネル（ＴＰ）として、１つのパネルをＥＦＰとして利用する基本的なＭＥＲユニットに組み立てられる（図８Ａ）。ＰＦＰは水平に対して約２５～３０°の角度をなし、ＥＦＰは水平に対して約２０～２５°の角度をなしている。したがって、２つのＴＰは、ＥＦＰおよびＰＦＰのそれぞれの上縁に接続されたときに、約６～１０°の角度で赤道に向かってわずかに傾斜している。ＭＥＲの高さＨは約２フィートとなる。次に、図８Ｂにおおよその寸法を示すように、複数の基本的なＭＥＲユニットを連結して１つのＭＥＲ列を形成する。サイドパネルもまた、水平に対して約２５°の角度をなすように追加されてもよい。

【００７０】

図８Ｂに示すように、組み立てられると、各ＭＥＲの幅Ｗは、約１３フィートである。

【００７１】

１エーカーの土地（説明のために２０８フィート×２０８フィート）に展開するために、図８Ａに示すようなパネルが、図８Ｂに示すような寸法を有する細長いＭＥＲを形成するために横に並べて接続される。約４フィートの列間隙で、１エーカーの土地に１２列のＭＥＲを１１箇所の間隙列で敷設することができる。列間隙を約３フィートとすると、１３列のＭＥＲを１２か所の間隙列で敷設することができる。

【００７２】

したがって、サイドパネルの傾斜を考慮すると、ＥＦＰおよびＰＦＰはそれぞれ２９枚のパネルを備え、サイドパネルはそれぞれ２．５枚のパネルを備え、ＴＰは５８枚のパネルを備えることになる。

【００７３】

（ＭＥＲモデル２）

図８Ｃは、図１と同様に典型的な角度で赤道に対して傾いた単一のＰＦＰとＥＦＰとを有する、より単純なＭＥＲモデルを示している。この場合には、高さｈは約２フィートである。図８Ｄは、幅９．５フィートのＭＥＲおよび４フィートのＲＳを示している。したがって、この例においては、１エーカーの正方形の土地に１５列のＭＥＲ（間隙列は１４列）を敷設することができる。列の間隙を３フィートにすれば、１エーカーの正方形の土地に１７列のＭＥＲ（間隙列は１６列）を敷設することができる。

【００７４】

（ＭＥＲモデル３）

図７Ｄは、２つのＰＦＰと２つのトップＥＦＰと２つの南ＥＦＰとを有し、南ＥＦＰは２５°、トップＥＦＰパネルは１５°、ＰＦＰパネルは２０°の角度で赤道に対して傾けた、６パネルＭＥＲモデルを示している。この場合には、高さｈは約４．５フィートである。図７Ｄは、幅が約１９フィート、ＲＳが６フィートのＭＥＲを示している。したがって、この例においては、１エーカーの正方形の土地に８列のＭＥＲ（間隙列は７列）を敷設することができる。列の間隙を４フィートにすれば、１エーカーの正方形の土地に９列のＭＥＲ（８列の間隙列）を敷設することができる。

【００７５】

（従来のアレイ）

比較のために、従来のアレイを図８Ｅおよび図８Ｆに示す。従来のアレイは、１０．５フィートの幅を有する組み立てられた基本パネルを形成するように整列された３つのＥＦＰを備えていてもよい。基本パネルは、パネル列を形成するように組み立てられてもよく、４５°の緯度においては、水平に対して４５°の角度で固定されることになる。そのため、各列の平面視幅Ｗは７．５フィートとなり、側面視高さも（基礎構造物のための追加高さは割り引いて）少なくとも７．５フィートとなる。したがって、隣接する列間の影の

影響を低減するために、各列の高さを考慮すると、典型的な間隙は２０フィートの範囲にあり、８列のパネルと７列の間隙列が許容される。

【００７６】

上述に基づき、ＭＥＲモデル１，２の各々と従来のアレイとの電力出力の比較を表２に示す。

【表２】

表2:1エーカーの正方形の土地におけるMERモデル1，2と従来のアレイとの電力出力の比較

パネル	セル/パネル	パネル数	総セル数	平均電力/セル W	総電力 W
MERモデル1					
EFP	98	29	2842	6	17,052
PFP	98	29	2842	1	2,842
TP	98	58	5684	6	34,104
SPs	98	2.5 2.5	245 245	1	245 245
1列当たりの総電力					54,488
MER12列				総電力/エーカー	653,856
MERモデル2					
PFP	98	29	2842	1	2,842
EFP	98	58	5684	6	34,104
SPs	98	2 2	196 196	1 1	196 196
1列当たりの総電力					37,338
MER17列				総電力/エーカー	634,746
従来のアレイ					
EFP	98	87	8526	6	51,144
1列当たりの総電力					51,144
8列				総電力/エーカー	409,152

【００７７】

したがって、表２および図９に示すように、ＭＥＲアレイは、与えられた土地面積に対して約５０％の電力密度の増加を示すことができる。

【００７８】

（風の研究）
計算流体力学（ＣＦＤ）による風の研究は、水平に対して２５°の角度をなした２つのＥＦＰ、ＥＦＰの上面において水平に対して１５°の角度をなした２つのＴＰ、および、ＴＰに接続され水平に対して２０°の角度をなした２つのＰＦＰを有する多面ＭＥＲについて実施された。このＭＥＲ設計は、水平に対して２５°の角度をなした６枚パネル（単一の角度固定（ＳＡＦ））の従来型アレイと比較された。ＣＦＤ研究において，６フィート間隙を有する３列ＭＥＲアレイと、１３フィート間隙を有する３列ＳＡＦアレイとが比較された。どちらのアレイも１列あたり７２枚のパネル（つまり幅が同じ）を有し、南側が地面から２フィート高くなるように東西に配置されているものと仮定した。パネルは、２インチのパネル間間隙を有し、風速は１００ｍｐｈ（４４．７ｍ／ｓ）を想定した。

【００７９】
（前面領域）
表３は、北側および上側から見たアレイの正面投影面積および水平投影面積を示している。
【表３】

表3:水平投影面積および正面投影面積

	正面投影面積 m^2	水平投影面積 m^2
6パネルSAF	5.22	11.19
6パネルMER	2.81	11.58

【００８０】
ＭＥＲアレイにおいては、正面投影面積は４６％小さく、水平投影面積は３％だけ大きい。
【００８１】
（抗力）
風荷重による抗力の式は次の通りである。
【数１】

$$F_D = C_D A \frac{p V^2}{2} \qquad (1)$$

ここで、ＦＤは抗力による力（Ｎ）、ＣＤは抗力係数、Ａは正面投影面積（ｍ２）、ｐは空気の密度（ｐ＝１．２２５ｋｇ／ｍ３）、ｖは空気の平均速度（ｖ＝４４．７０４ｍ／ｓ）である。
【００８２】
平均風速および空気の密度は、試験したシナリオ間で一致しているので、抗力による力は、以下の式（２）のように抗力係数と正面投影面積に比例する。
【数２】

$$F_D \propto C_D A \qquad (2)$$

【００８３】
抗力係数は，北向きおよび南向きの風荷重を受けたアレイのＳｉｍＳｃａｌｅＣＤＦ解析を使用して計算された。抗力係数は以下の表４に示す通りである。
【表４】

表4：SimScaleの結果から計算された抗力係数の結果

	北向きの風	南向きの風
6パネルSAF	0.84	1.39
6パネルMER	0.83	1.06

【００８４】
北向きの風によるＭＥＲアレイの抗力係数はわずか２％小さく、南向きの風によるＭＥＲアレイの抗力係数は２４％小さくなる。
【００８５】
式（２）から、北向きの風と南向きの風による抗力は、それぞれ４７％および５９％小さくなる。
【００８６】
（揚力）
風荷重による揚力の式は次の通りである。
【数３】

$$F_L = C_L A \frac{p V^2}{2} \qquad (3)$$

ここで、ＦＬは揚力（Ｎ）、ＣＬは揚力係数、Ａは水平投影面積（ｍ２）、ｐは空気の密度（ｐ＝１．２２５ｋｇ／ｍ３）、ｖは空気の平均速度（ｖ＝４４．７０４ｍ／ｓ）である。
【００８７】
平均風速と空気の密度はテストした全てのシナリオ間で一貫しているので、揚力による力は揚力係数および水平投影面積に比例する。これを式（４）に示す。
【数４】

$$F_L \propto C_L A \qquad (4)$$

【００８８】
揚力係数は、北向きおよび南向きの風荷重を受けたアレイのＳｉｍＳｃａｌｅＣＤＦ解析を使用して計算された。揚力係数は表５に示す通りである。

【表５】

表5：SimScaleの結果から計算された揚力係数の結果

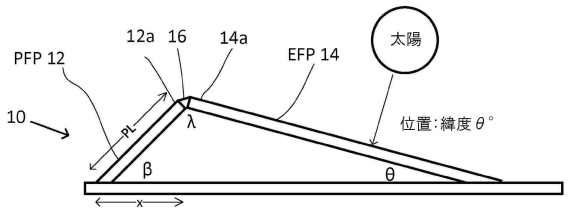
	北向きの風	南向きの風
6パネルSAF	0.83	1.35
6パネルMER	0.37	0.77

【００８９】
北向きの風を受けるＭＥＲアレイの揚力係数は５５％小さくなっている。南向きの風を受けるＭＥＲアレイの揚力係数は、４３％小さくなっている。
【００９０】
式（４）から、北向きの風と南向きの風による抗力は、ＭＥＲアレイではそれぞれ５３％および４１％小さくなる。
【００９１】
（結論）
抗力係数および揚力係数は、北向きと南向きの両方の風方向で小さくなっている。小さい係数は、同等の単一角度の太陽光アレイよりも風荷重が低いことを示している。重要なことは、より低い風荷重力により、支持フレームおよび基礎は、同等のＳＡＦアレイよりも実質的により軽量であり、かつ／または少ない材料を使用することができ、このことはさらに、本明細書に記載されるようにＭＥＲアレイを展開する際のコスト低減に寄与する。
【００９２】
実施形態および用途が示され、説明されてきたが、本開示の利益を有する当業者には、本明細書に開示された発明概念から逸脱することなく、上記より多くの変更が可能であることは明らかであろう。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲の精神以外に制限されない。
【００９３】
（参考文献）
１．　請求項のシステム　米国特許出願公開ＵＳ２０１４／００１４１６１Ａ１、Ｋｉｍ他、２０１４年１月１６日
２．　米国特許出願公開ＵＳ２０１４／０１１６４９５Ａ１、ＫＩＭ他、２０１４年５月１日、背面リフレクタを有する両面ソーラーセルモジュール
３．　米国特許出願公開ＵＳ２０１２／０００７４３４Ａ１、Ｐｅｒｒｅａｕｌｔ他、２０１２年１月１２日、３次元光起電力装置および方法
４．　米国意匠特許ＵＳＤ６６４．９１６Ｓ、Ｃｏｎｇｅｒ他、２０１２年８月７日、太陽光アレイ、４．４２９，１７８
５．　米国特許出願公開ＵＳ２０１１／０１８０１２５Ａ１、Ｗｉｃｈｎｅｒ他、２０１１年７月２８日、散乱光受光用太陽光パネル
６．　米国特許出願公開ＵＳ２０１４／０２３８４８３Ａ１、ＲＡＭＰＬＥＹ他、２０１４年８月２８日、効率が向上した３次元ソーラーセル
７．　米国特許出願公開ＵＳ２０１２／０１３８１２０Ａ１、Ｆｅｒｎａｎｄｅｚ　他、２０１２年６月７日、次元型ソーラーセルおよびパネル
８．　欧州スマートフラワーエネルギ特許ＥＰ２８３４５７６Ｂ１、ＳＷＡＴＥＫ，　Ａｌｅｘａｎｄｅｒ他、２０１３年、Ａ－７５４０、Ｇｕｓｓｉｎｇ
９．　米国特許ＵＳ００９５６８２１８Ｂ２、ＵＳ９５６８２１８Ｂ２、ホラボー　、２０１７年２月１４日、太陽光アレイ電力出力、８１７８７７５Ｂ２、５／２０１２、Ｔａｙ

ｌｏｒ他１３６，２４６、補正による最大化、２９９３．９４５．Ａ２５８．、Ｓｉｓｔ他、３：６３８．、サントラッキング法
１０．　米国特許庁特許ＵＳ９，７９０，０６５Ｂ２、２０１７年１０月１７日、　太陽光アレイリフタおよび方法、Ｔｒａｖｉｓ　Ｊｏｒｄａｎ、Ｒｏｎａｎ、ＭＴ　（ＵＳ）
１１．　米国特許出願公開ＵＳ２０１５／０３３１９７２Ａ１、ＭｃＣｌｕｒｅ他、　ＵＳ２０１５０３３１９７２Ａ１、２０１５年１１月１９日、ソーラーセル光源工学のためのシステムおよび方法
１２．　米国特許ＵＳ９５４８６９６Ｂ２、２０１７年１月１７日、Ａｔｃｈｌｅｙ他、空力効率を改良するために間隔をあけた光起電力モジュールを有する東西光起電力アレイ、出願人ソーラーシティコーポレーション、サンマテオ

【図面】

【図１Ａ】



【図１Ｂ】

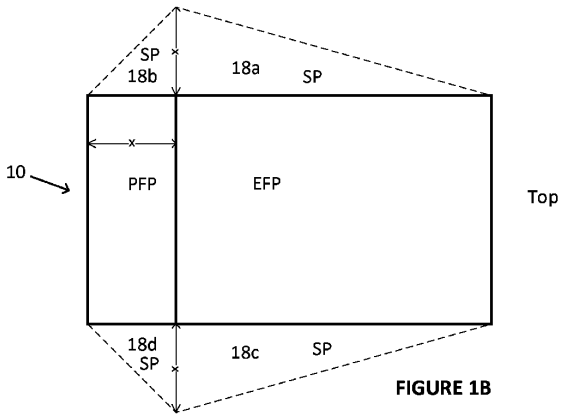


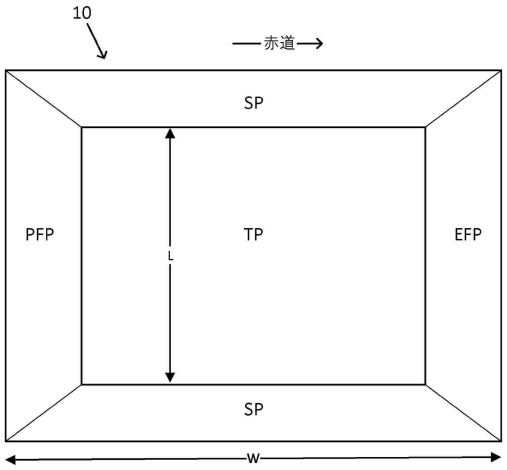
FIGURE 1B

【図１Ｃ】



FIGURE 1C

【図２Ａ】



【図２Ｂ】

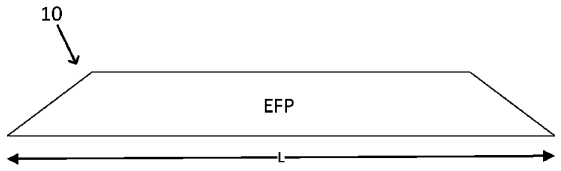
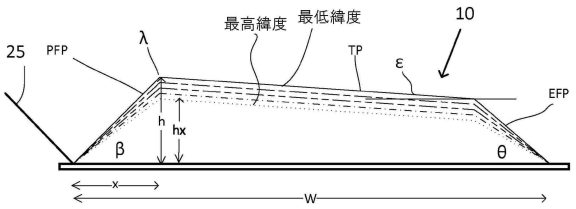


FIGURE 2B

【図３Ａ】



【図３Ｂ】

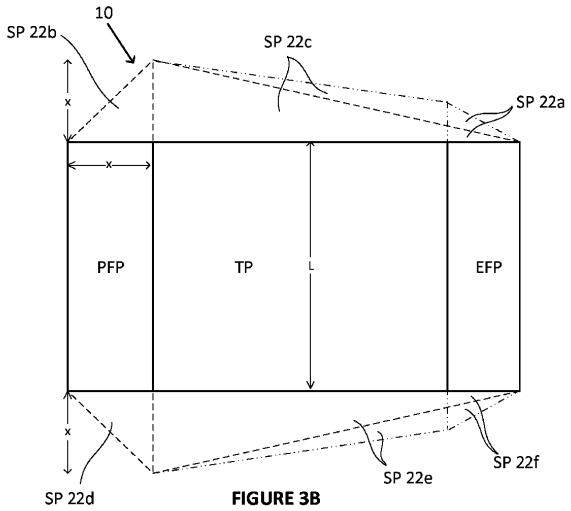


FIGURE 3B

【図３Ｃ】

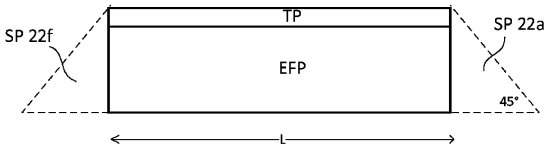
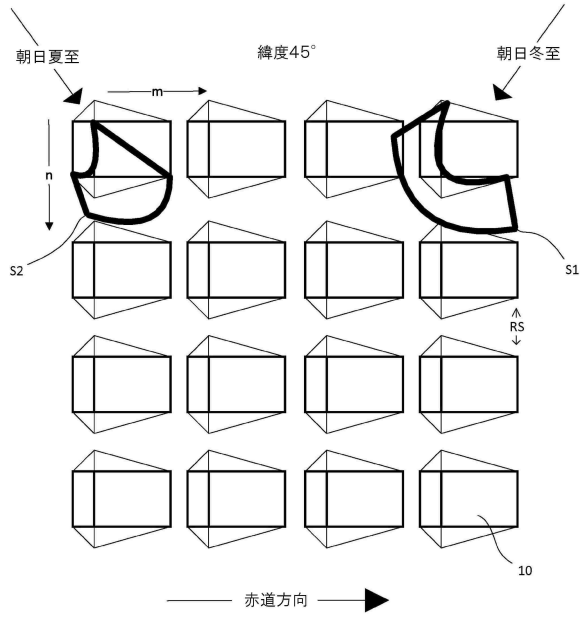


FIGURE 3C

【図４Ａ】



【図４Ｂ】

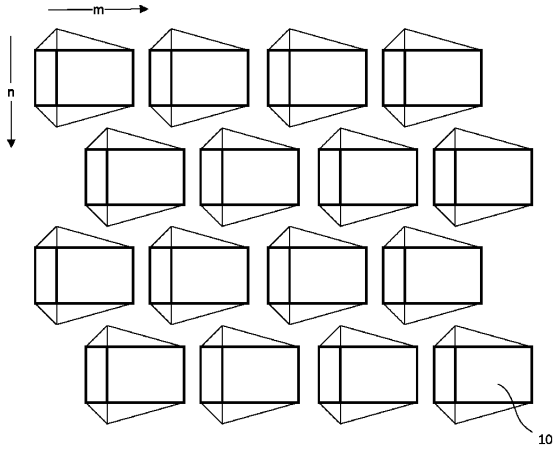
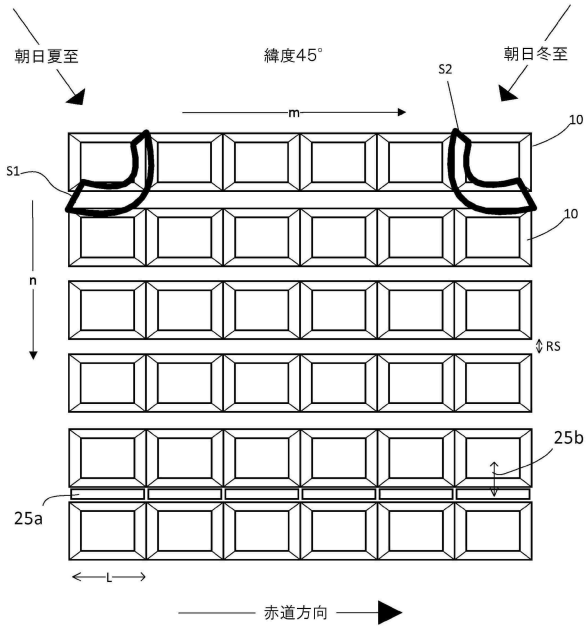
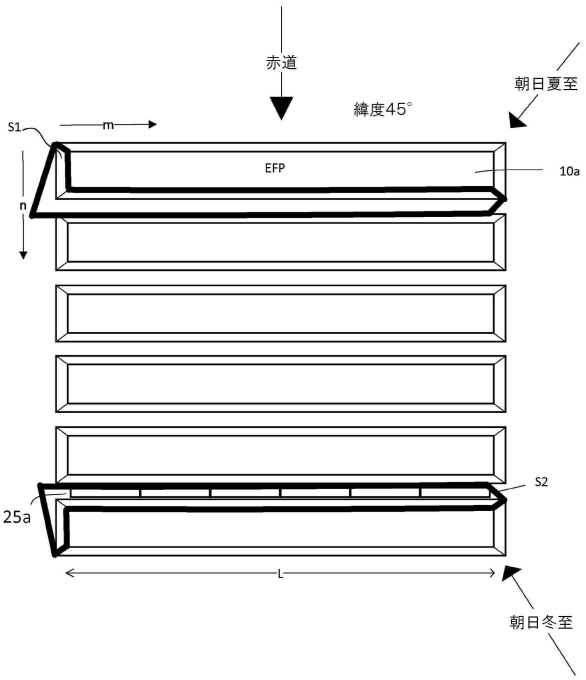


FIGURE 4B

【図５Ａ】



【図５Ｂ】



【図６Ａ】

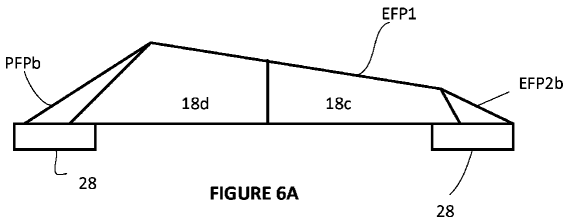


FIGURE 6A

【図６Ｂ】

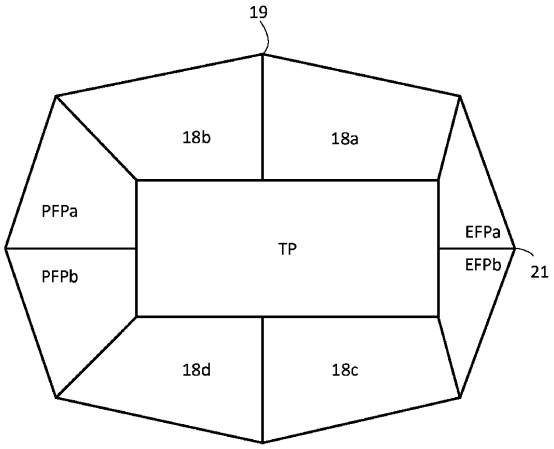


FIGURE 6B

【図６Ｃ】

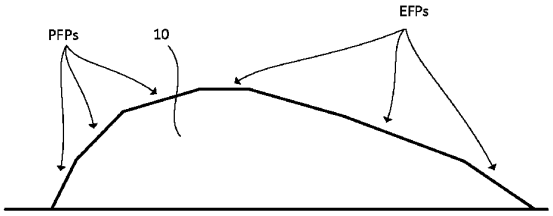


FIGURE 6C

【図７】

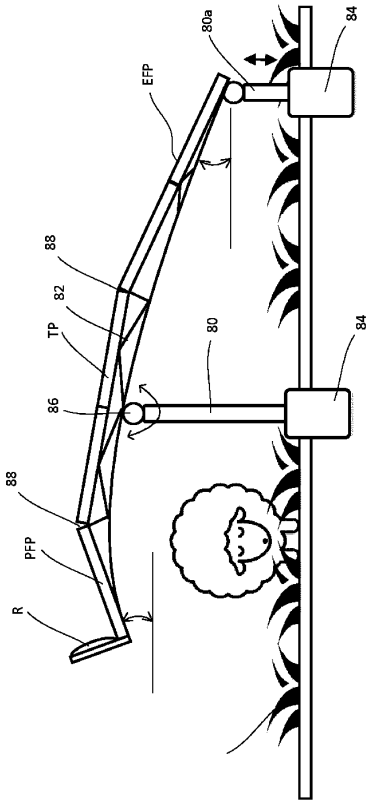


FIGURE 7

【図７Ａ】

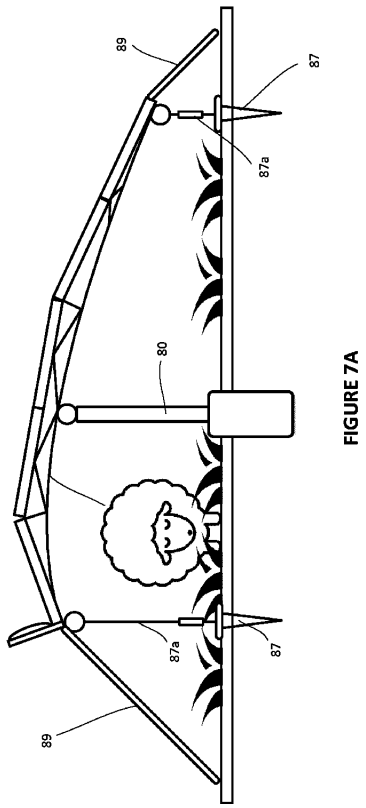


FIGURE 7A

【図７Ａ（１）】

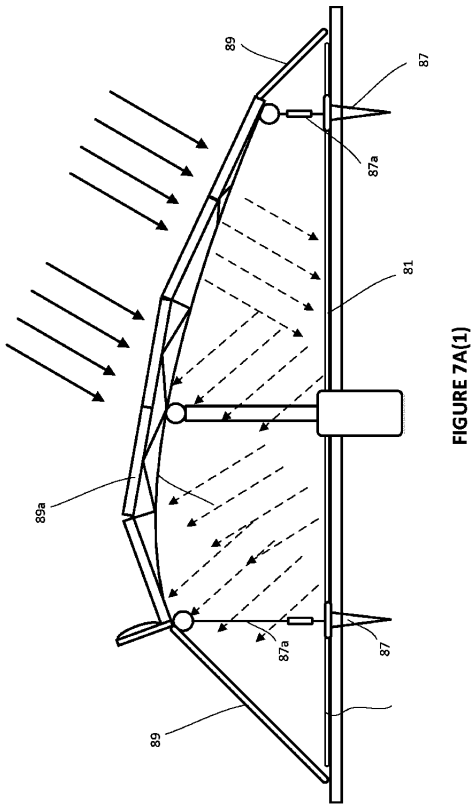


FIGURE 7A(1)

【図７Ｂ】

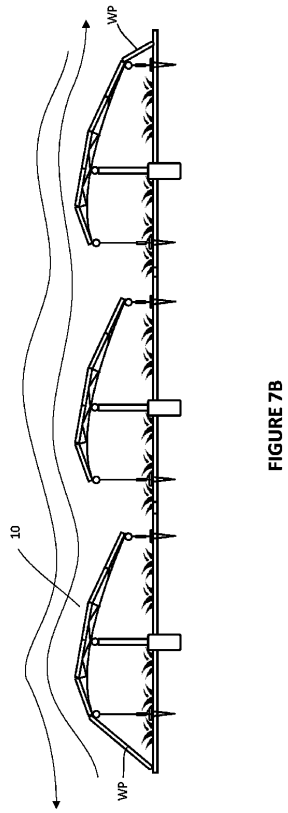


FIGURE 7B

【図７Ｃ】

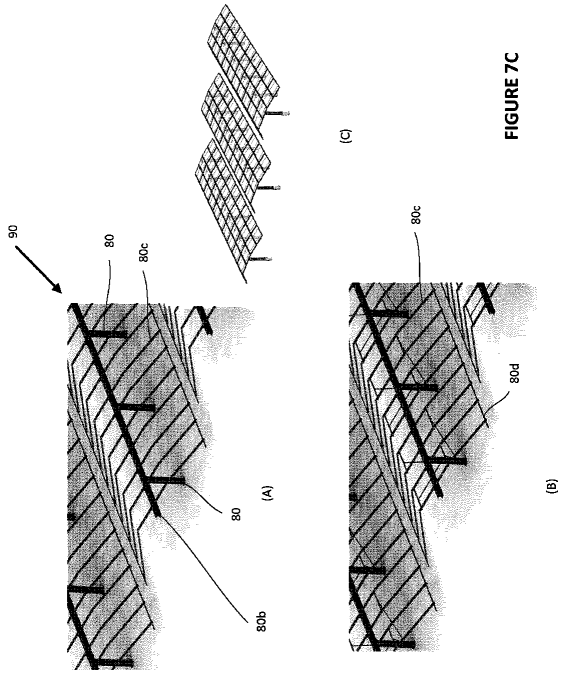


FIGURE 7C

【図７Ｄ】

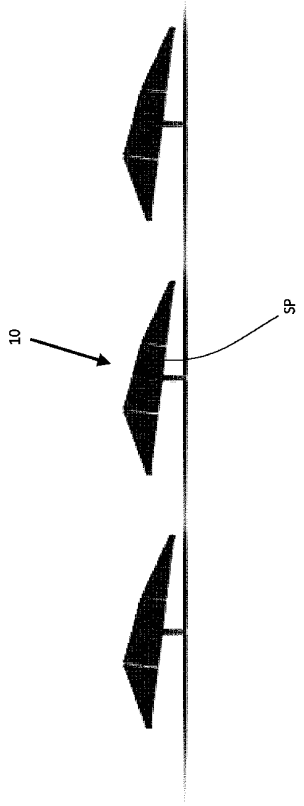


FIGURE 7D

【図７Ｅ】

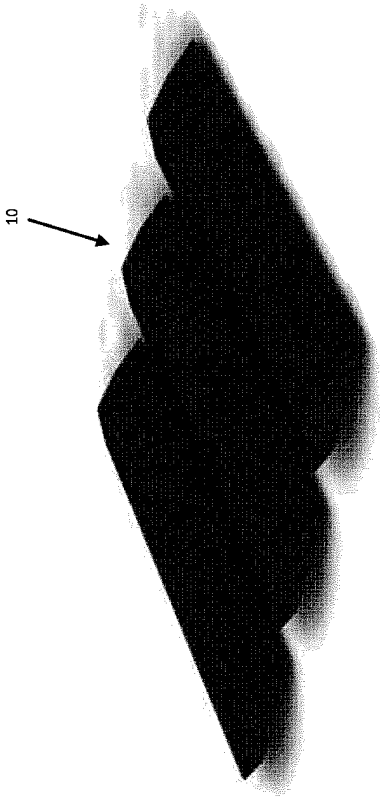


FIGURE 7E

【図７Ｆ】

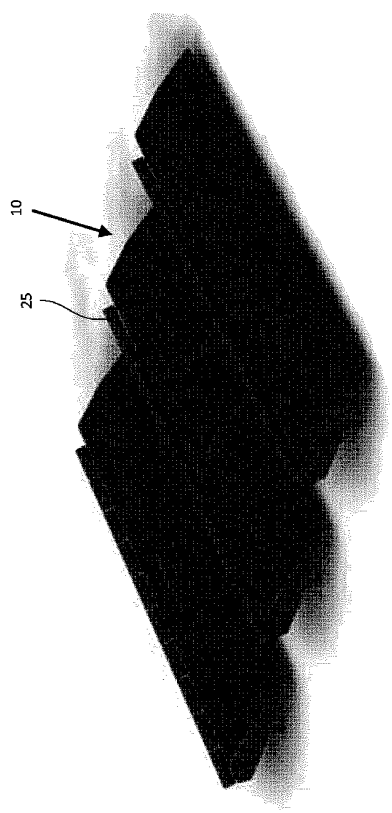


FIGURE 7F

【図８Ａ】

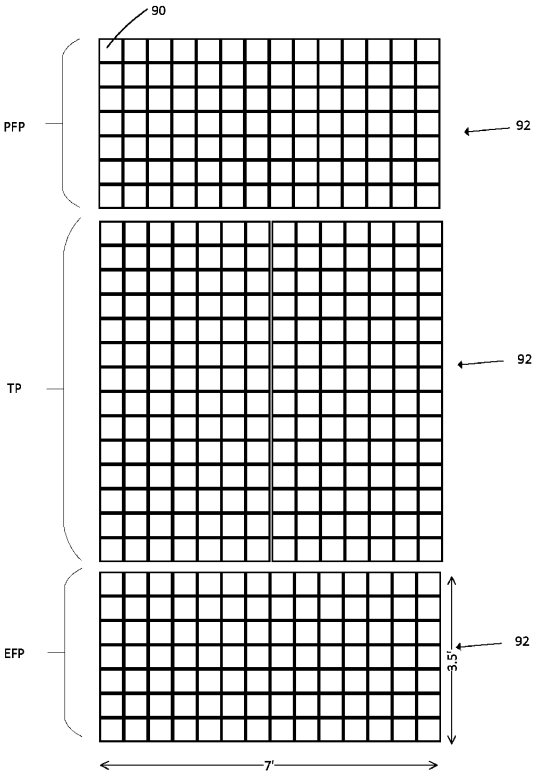


FIGURE 8A

【図８Ｂ】

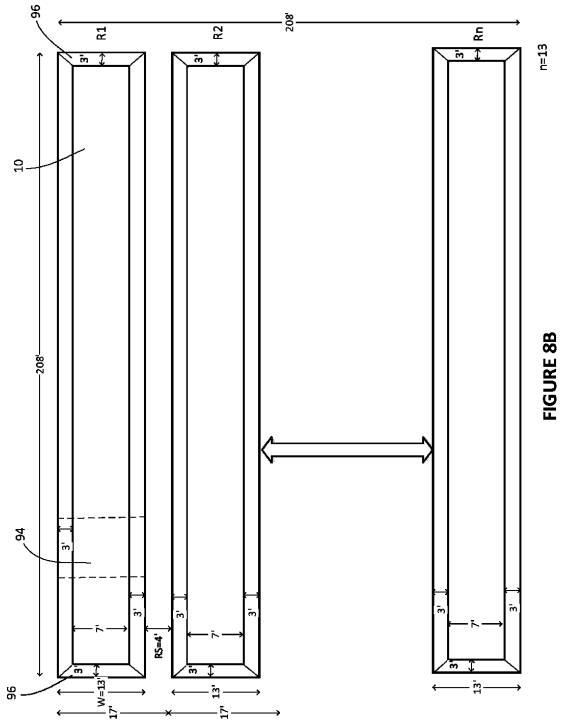


FIGURE 8B

【図８Ｃ】

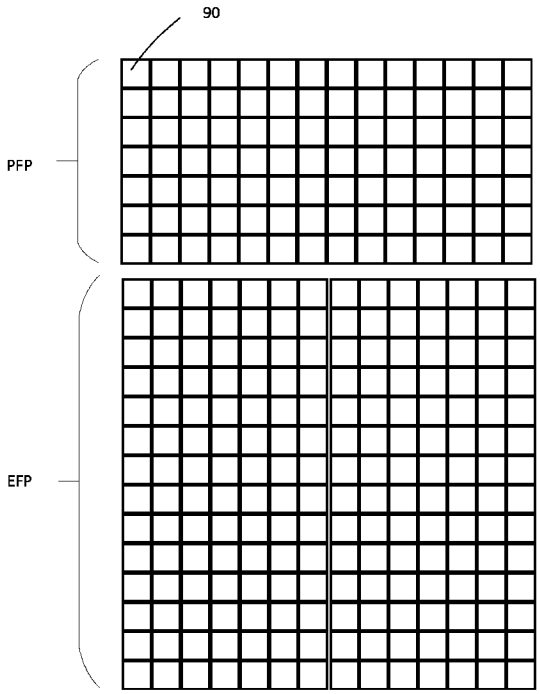


FIGURE 8C

【図８Ｄ】

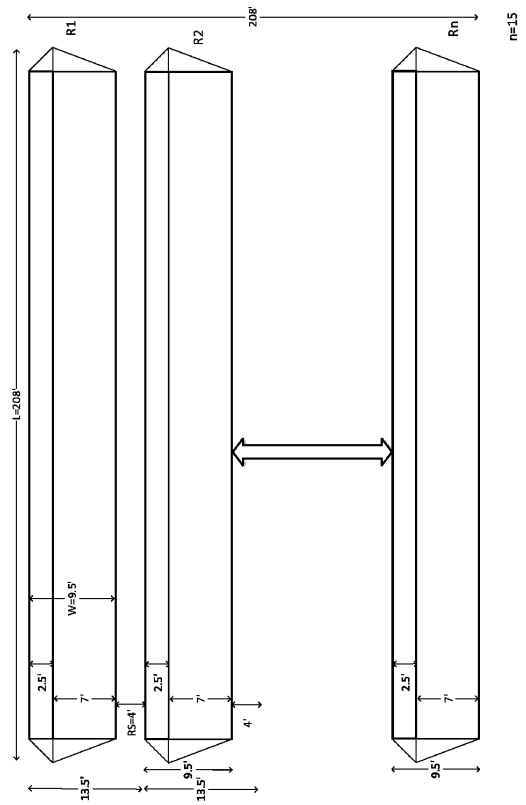


FIGURE 8D

【図８Ｅ】

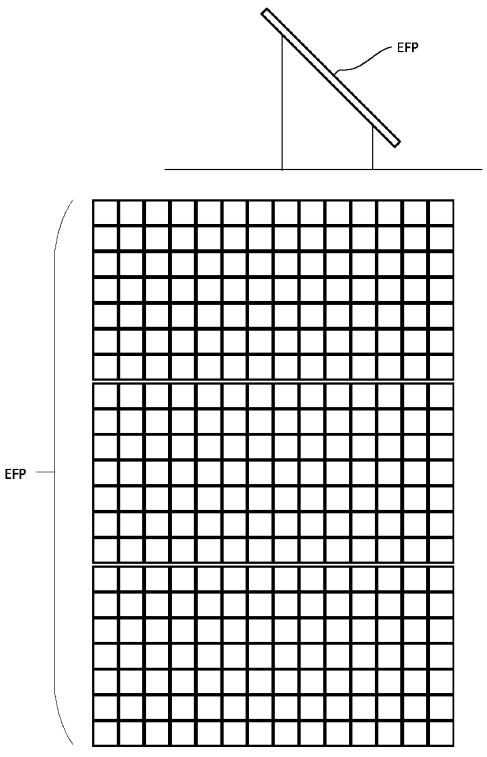


FIGURE 8E

【図８Ｆ】

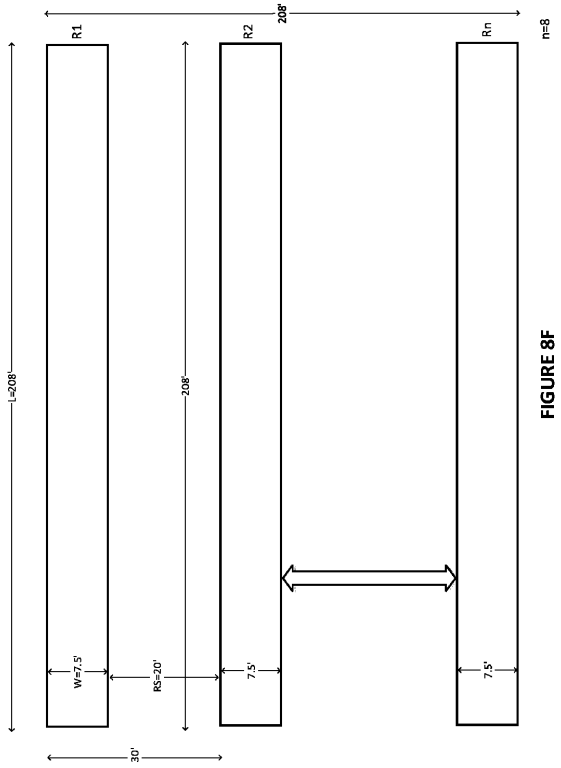
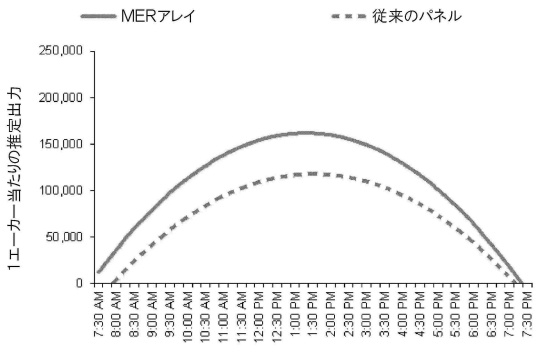


FIGURE 8F

【図９】



フロントページの続き

(72)発明者　ゴッツ， ジョン チャールズ
カナダ ティー３エイチ ０ティー８ アルバータ キャンモア フォートレス ドライブ サウスウエスト ８２１５
(72)発明者　レビオダ， クリスチャン ベネット
カナダ ティー３ゼット ３ティー２ アルバータ カルガリー エルボー リッジ ヘブン ２１６
(72)発明者　レビオダ， ノーラン ケネス
カナダ ティー３ゼット ３ティー２ アルバータ カルガリー エルボー リッジ ヘブン ２１６
(72)発明者　ハリデー， クリストファー ロス アームストロング
カナダ ティー２ジー ３エイ２ アルバータ カルガリー ８番 サウスイースト ストリート ２１０６

審査官　須永 聡

(56)参考文献
特開２００５－００５２９６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０５６２７６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－１７９２５０（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２９１４５５（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１１／００８３７１８（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１９／０３７２５０９（ＵＳ，Ａ１）
国際公開第２０２１／０８９６７９（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１１／０００５５６０（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｓ　２０／３０
Ｈ０２Ｓ　２０／１０