

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6445522号
(P6445522)

(45) 発行日 平成30年12月26日 (2018. 12. 26)

(24) 登録日 平成30年12月7日 (2018. 12. 7)

(51) Int. Cl.		F I			
HO2S	10/30	(2014. 01)	HO2S	10/30	
HO1L	31/052	(2014. 01)	HO1L	31/04	600
F28F	1/00	(2006. 01)	F28F	1/00	E

請求項の数 14 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2016-502957 (P2016-502957)	(73) 特許権者	515257508
(86) (22) 出願日	平成26年3月14日 (2014. 3. 14)		エムティービーヴィ・パワー・コーポレーション
(65) 公表番号	特表2016-516388 (P2016-516388A)		アメリカ合衆国テキサス州78729, オースティン, ポンド・スプリングス・ロード 13091, スイート エイ-160
(43) 公表日	平成28年6月2日 (2016. 6. 2)	(74) 代理人	100140109
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/028991		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開番号	W02014/144535	(74) 代理人	100075270
(87) 国際公開日	平成26年9月18日 (2014. 9. 18)		弁理士 小林 泰
審査請求日	平成27年12月4日 (2015. 12. 4)	(74) 代理人	100101373
(31) 優先権主張番号	61/790, 429		弁理士 竹内 茂雄
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013. 3. 15)	(74) 代理人	100118902
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロギャップ熱光起電力デバイス用マイクロチャネルヒートシンク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

均一なサブマイクロギャップ、および熱光起電力セルの低温側光起電力コレクタの低温を維持するための層状構造であって、

層状構造は、スペーサによって維持されるサブマイクロギャップによって低温側光起電力セルの第1側面から分離された高温側基板、前記低温側光起電力セルの第2側面と圧縮性層との間に配置されて前記低温側光起電力セルの前記第2側面に連結される屈曲可能なヒートシンク層、および前記圧縮性層と単一の力機構との間に配置される平坦剛性プレートを含み、

前記層状構造は、エンクロージャ内に収容され、

前記高温側基板および前記単一の力機構は、前記エンクロージャによって互いに固定的な位置関係に維持され、

前記光起電力セルと前記屈曲可能なヒートシンク層との間の均一なサブマイクロギャップおよび効果的な熱伝導を維持するために、前記高温側基板と前記単一の力機構との間の前記エンクロージャ内の前記圧縮性層に対する圧縮力が前記力機構によって維持され、

前記屈曲可能なヒートシンク層、前記低温側光起電力セル、及び前記高温側基板は、前記圧縮力の結果として前記エンクロージャの形と一致する一体形状になる、層状構造。

【請求項 2】

前記圧縮性層、前記平坦剛性プレート、および前記力機構によって、前記屈曲可能なヒートシンク層が前記光起電力セルに対して押し付けられるように配置される、請求項 1 に

記載の構造。

【請求項 3】

前記圧縮性層の剛性および厚さが、前記サブマイクロギャップを横切る圧力の変動を最小化するように選択される、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 4】

前記屈曲可能なヒートシンク層が、

冷却液オリフィスを介して冷却液流入マニホールドに接続された流入冷却液コネクタと

、
排出冷却液マニホールドを介して冷却液排出コネクタに接続された冷却液排出マニホールドと、

前記冷却液流入マニホールドと前記冷却液排出マニホールドとの間のチャンネルプレートであって、前記冷却液流入マニホールドと前記冷却液排出マニホールドとの間で冷却液を導流させるための複数のマイクロチャンネルを有するチャンネルプレートとを含む、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 5】

前記屈曲可能なヒートシンク層が、シリコン封入プレートに接合されたシリコンチャンネルプレートを含み、前記チャンネルプレートが、流入マニホールド、排出マニホールド、および前記流入マニホールドと前記排出マニホールドとの間のマイクロチャンネルを設けるためにシリコンから製作され、精密加工される、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 6】

前記力機構が、 piezo 変換器、空気圧アクチュエータ、および圧力調整器からなる群から選択される、請求項 1 に記載の構造。

【請求項 7】

均一なサブマイクロギャップ、および熱光起電力セルの低温側光起電力コレクタの低温を維持するための方法であって、

スペーサによって維持されるサブマイクロギャップによって低温側光起電力セルの第 1 側面から分離された高温側基板、前記低温側光起電力セルの第 2 側面と圧縮性層との間に配置されて前記低温側光起電力セルの前記第 2 側面に連結される屈曲可能なヒートシンク層、および前記圧縮性層と単一の力機構との間に配置される平坦剛性プレートを含む層状構造を形成するステップと、

前記層状構造をエンクロージャ内に収容するステップと、

前記エンクロージャによって前記高温側基板および前記単一の力機構を互いに固定的な位置関係に維持するステップと、

前記光起電力セルと前記屈曲可能なヒートシンク層との間で均一なサブマイクロギャップおよび効果的な熱伝導を維持するために、前記高温側基板と前記単一の力機構との間の前記エンクロージャ内の圧縮性層に対する圧縮力を前記力機構によって生じさせるステップと

を含み、

前記屈曲可能なヒートシンク層、前記低温側光起電力セル、及び前記高温側基板は、前記圧縮力の結果として前記エンクロージャの形と一致する一体形状になる、方法。

【請求項 8】

前記圧縮性層、前記平坦剛性プレート、および前記力機構によって、前記屈曲可能なヒートシンク層を前記光起電力セルに対して押し付けられるように配置するステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記圧縮性層によって、前記光起電力セル、前記高温側層、および前記ギャップ内の前記スペーサに対する圧力の変動を最小化するステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記屈曲可能なヒートシンク層の冷却液オリフィスを介して流入冷却液コネクタを冷却

10

20

30

40

50

液流入マニホールドに接続するステップと、

前記屈曲可能なヒートシンク層の排出冷却液マニホールドを介して冷却液排出マニホールドを冷却液排出コネクタに接続するステップと、

前記冷却液流入マニホールドと前記冷却液排出マニホールドとの間にチャンネルプレートを設置するステップであって、前記チャンネルプレートが、前記冷却液流入マニホールドと前記冷却液排出マニホールドとの間に冷却液を導流するための複数のマイクロチャンネルを有するステップと

をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 1】

屈曲可能なヒートシンク層を形成するためにシリコン封入プレートに接合されたシリコンチャンネルプレートを含むステップと、流入マニホールド、排出マニホールド、および前記流入マニホールドと前記排出マニホールドとの間のマイクロチャンネルを設けるためにシリコンから前記チャンネルプレートを製作して精密加工するステップとをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

10

【請求項 1 2】

前記力機構を、 piezo 変換器、空気圧アクチュエータ、および圧力調整器からなる群から選択するステップをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 3】

均一なサブマイクロギャップ、および熱光起電力セルの低温側光起電力コレクタの低温を維持するための層状構造であって、

20

スペーサによって維持されるサブマイクロギャップによって光起電力セルの熱コレクタ面から分離された高温側基板の熱エミッタ面と、

前記熱コレクタ面とは反対側の前記光起電力セルの表面に対して押し付けられるように配置された屈曲可能なヒートシンク層の第 1 の表面と、

前記屈曲可能なヒートシンク層の前記第 1 の表面とは反対側で圧縮性層の第 1 の表面に対して押し付けられるように配置された前記屈曲可能なヒートシンク層の第 2 の表面と、

前記圧縮性層の前記第 1 の表面とは反対側で平坦剛性プレートの第 1 の表面に対して押し付けられるように配置された前記圧縮性層の第 2 の表面と、

前記平坦剛性プレートの前記第 1 の表面の反対側で力機構の第 1 の表面に対して押し付けられるように配置された前記平坦剛性プレートの第 2 の表面と、

30

エンクロージャによって前記力機構の前記第 1 の表面とは反対側の前記力機構の第 2 の表面との固定的な位置関係を維持する、前記高温側熱エミッタ面とは反対側の前記高温側基板の熱コレクタ面と、

前記光起電力セルと前記屈曲可能なヒートシンク層との間の均一なサブマイクロギャップおよび効果的な熱伝導を維持するために、前記高温側熱コレクタ面と前記力機構の前記第 2 の表面との間の前記エンクロージャ内の層に対して前記力機構によって維持される圧縮力と

を含み、

前記屈曲可能なヒートシンク層、前記低温側光起電力セル、及び前記高温側基板は、前記圧縮力の結果として前記エンクロージャの形と一致する一体形状になる、層状構造。

40

【請求項 1 4】

均一なサブマイクロギャップ、および熱電変換セルの低温側光起電力コレクタの低温を維持するための層状構造であって、

層状構造は、スペーサによって維持されるサブマイクロギャップによって低温側セルから分離された高温側基板、前記低温側セルに連結される屈曲可能なヒートシンク層、圧縮性層、平坦剛性プレート、および力機構を含み、

前記層状構造は、エンクロージャ内に収容され、

前記高温側基板および前記力機構は、前記エンクロージャによって互いに固定的な位置関係に維持され、

前記セルと前記屈曲可能なヒートシンク層との間の均一なサブマイクロギャップおよび

50

効果的な熱伝導を維持するために、前記高温側基板と前記力機構との間の前記エンクロージャ内の層に対する圧縮力が前記力機構によって維持され、

前記屈曲可能なヒートシンク層、前記低温側光起電力セル、及び前記高温側基板は、前記圧縮力の結果として前記エンクロージャの形と一致する一体形状になる、層状構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]本発明は、放射された熱出力を電気出力に変換するためのマイクロギャップ熱光起電力(MTPV:micron-gap thermal photovoltaic)技術に関する。高温側エミッタと低温側コレクタとの間のマイクロギャップおよびサブマイクロギャップの使用により、従来の熱起電力デバイスに比べて1桁以上の出力密度の増加が可能になるが、低温側コレクタによる帯域外熱放射の吸収により、低温側コレクタの温度が相応に上昇することもあり得る。低温側コレクタの効率および高温側エミッタと低温側コレクタとの間の均一なギャップ分離を維持することを目的として、低温側コレクタを低減された温度に維持するために様々な手段が採用されてきた。本発明は、より詳しくは、冷却液を採用したマイクロチャンネルヒートシンクを用いて低温側コレクタの比較的低い温度を維持するための新規の方法およびデバイスに関する。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0002】

[0002]本発明は、サブマイクロギャップ熱光起電力セル構造の効率を改善するために、低温側コレクタの低温を維持するための新規の方法およびデバイスを提供する。本発明による典型的なサブマイクロギャップ熱光起電力セル構造の一実施形態は、層境界が相対的に一定のサブミクロン寸法に比較して実質的に平坦でなくても、サブマイクロギャップ寸法が比較的一定であるように互いに押し付けられた複数の層を備えることができる。層構造は、スペーサによって維持される寸法を有するサブマイクロギャップによって光起電力セルの表面から分離された表面を有する高温側熱エミッタを備えることができる。サブマイクロギャップの反対側の光起電力セルの表面は、マイクロチャンネルヒートシンクの表面に対して押し付けられるように配置され、光起電力セルの反対側のマイクロチャンネルヒートシンクの表面は、圧縮性層または「スポンジ」を隔てて平坦剛性プレート層に対して押し付けられるように配置される。圧縮性層の反対側の平坦剛性プレート層の面に対して強制的に配置されるのは、高温側熱エミッタの表面と、対向する光起電力セルの表面との間の均一なギャップ寸法を維持するために、サブマイクロギャップ熱光起電力セル構造の層を圧縮して互いに密接に接触させるための力機構である。力機構は、例えば、ピエゾ力変換器、または外部ソースによって制御可能な圧力に維持された流体を含む空気圧または液圧チャンバでありうる。なお、ピエゾ変換器アレイは、上記のように、能動的な圧縮力を基板層の表面に対して垂直なZ方向に提供することができ、面同士のみならず、対向するために受動的な力をX方向およびY方向で提供することができ、それによって層に対する面内応力を最小限に抑えることができる。

20

30

【0003】

[0003]マイクロチャンネルヒートシンクは、適切な冷却液を外部ソースから受け取るための流入マニホールドを含む。冷却液は、流入マニホールドからの圧力によって強制的に、マイクロチャンネルヒートシンクの表面下の複数のマイクロチャンネルを通される。冷却液は、マイクロチャンネルで熱エネルギーを吸収する。加熱された冷却液は、次いで排出マニホールドに渡され、そこで外部ソースに帰還されて、冷却され、さらに処理される。

40

【0004】

[0004]従来の方法に比べて、上記のマイクロチャンネルヒートシンク方法の恩恵は、液体金属層がもはや必要ではないこと、機械的ベローズが排除されること、および積層に対する流体流力の影響が排除されることである。さらに、軸圧縮力に従って液体金属の圧力を調節する必要がなくなり、ハードウェア要件および複雑性が低減する。

50

【 0 0 0 5 】

[0005]本概要は、以下の発明を実施するための形態にさらに説明される概念の選択を簡略化された形で紹介するために提供される。本概要は、特許請求される事項のすべての主要なまたは必要不可欠な特徴を識別することが意図されておらず、特許請求される主題の範囲を限定するために使用されることも意図されていない。

【 0 0 0 6 】

[0006]本発明のこれらのおよび他の特徴、態様および利点は、以下の説明および添付の図面に従ってよりよく理解されることになる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】[0007]本発明によるサブマイクロギャップ熱光起電力セル構造の一実施形態を示す図である。

【図 2】[0008]本発明によるマイクロチャネルヒートシンク構造の製作例の一実施形態の斜視図である。

【図 3】[0009]本発明によるマイクロチャネルヒートシンク構造の一実施形態の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

[0010]図 1 を検討すると、図 1 は本発明によるサブマイクロギャップ熱光起電力セル構造 1 0 0 の一実施形態を示す。構造は、複数の基板層を備え、基板層は、一般に、ミクロン単位では平坦でなく、互いに押し付けられた上でエンクロージャ 1 9 5 内に圧縮力をもって閉じ込められ、高温側熱エミッタ 1 1 0 の表面と光起電力セル 1 2 0 の対向面との間に比較的一定であるサブマイクロギャップ寸法 1 1 2 を維持する。スペーサ 1 1 5 が、適切なサブマイクロギャップ寸法を維持するのを助けるために設けられる。マイクロチャネルヒートシンク 1 2 5 のチャンネルプレート 1 3 0 が、サブマイクロギャップ 1 1 2 の反対側で光起電力セル 1 2 0 の表面に押し付けられる。マイクロチャネルヒートシンク 1 2 5 は、チャンネルプレート 1 3 0 と、貼着される封入プレート 1 3 5 とを備える。封入プレート 1 3 5 は、冷却液 1 9 0 の流入をマイクロチャネルヒートシンク 1 2 5 の流入マニホールドに提供するための流入冷却液コネクタ 1 4 5 と、マイクロチャネルヒートシンク 1 2 5 の排出マニホールドからの冷却液 1 7 5 の流出を提供するための排出冷却液コネクタ 1 4 0 とを含む。チャンネルプレート 1 3 0 は、下記のように、流入マニホールドと、流入マニホールドと排出マニホールドとの間の複数のマイクロチャネルと、排出マニホールドとを含む。

【 0 0 0 9 】

[0011]封入プレート 1 3 5 の外側表面は、圧縮性層 1 5 0 によって隔てられた平坦剛性プレート 1 5 5 に対して押し付けられるように配置される。圧縮性層 1 5 0 は、エンクロージャ内でマイクロチャネルヒートシンク 1 2 5 を含むすべての層が一体になるようにするのに十分な力を提供する程度に圧縮される必要がある。ヒートシンク 1 2 5 は、数十ミクロンのレベルで屈曲可能である程度に薄く作製される。圧縮性層 1 5 0 は、他の層が平坦でないために、圧縮されたときに均一な厚さを有さないであろう。したがって、圧縮性層 1 5 0 の剛性および厚さは、ギャップ 1 1 2 を横切る圧力の変化を最小限に抑えるように注意深く選択される。例えば、圧縮性層 1 5 0 は、力の印加により平均 1 0 0 ミクロン圧縮される、1 0 0 0 ミクロンの厚さの発泡体であってもよい。このとき、圧縮された層の表面変動による圧縮性層 1 5 0 の厚さの変動が 1 0 ミクロンであれば、マイクロチャネルヒートシンクに印加される圧力に 1 0 % の変動があったことになる。発泡体の圧縮剛性のさらなる低減が、この圧力の変動を低減させるであろう。

【 0 0 1 0 】

[0012]力機構 1 6 0 は、圧縮性層 1 5 0 とは反対側の剛性プレートの表面を圧縮できるように配置される。力機構 1 6 0 は、基板層が不均一な表面平坦性を有していても比較的一定なサブマイクロギャップ寸法を維持するために、他の層に対して圧縮力を印加する。

10

20

30

40

50

圧縮エネルギー 185 を力機構 160 に提供するために流入コネクタ 170 を設けることができ、力機構 160 からの圧縮エネルギーのための帰還 180 として出力コネクタ 165 を設けることができる。例えば、力機構 160 がピエゾ変換器を用いて実現される場合、コネクタ 170、165 は、電気的な接続部でありうる。力機構 160 が空気圧を用いて実装される場合、コネクタ 170、165 は、空気圧コネクタでありうる。

【0011】

[0013] 図 2 を参照すると、図 2 は、本発明によるマイクロチャンネルヒートシンク構造の製作例 200 の一実施形態の斜視図である。図 2 は、チャンネルプレート 220 (図 1 の 130) と封入プレート 260 (図 1 の 135) とを含む。図 2 は、冷却液ソースから冷却液を受け取り、排出マニホールド 210 に接続されたマイクロチャンネル 230 に冷却液を供給する流入マニホールド 240 を示す。冷却液は、マイクロチャンネル 230 を通過する際に熱を吸収し、排出マニホールド 210 へと回収され、冷却液ソースに帰還され、冷却および処理される。封入プレート 260 は、冷却液供給路を流入マニホールド 240 に接続するための流入オリフィス 270 と、排出マニホールド 210 からの冷却液帰還を接続するための排出オリフィス 250 とを含む。他の実施形態は、機械的応力を軽減するために入口側と出口側とに複数のオリフィスを有することができる。

10

【0012】

[0014] チャンネルプレート 220 は、従来のフォトリソグラフィおよびエッチング技法を使用して、流入マニホールド 240、マイクロチャンネル 230、および排出マニホールド 210 を設けるためにシリコンから製作し、精密加工することができる。封入プレート 260 もシリコンから製作し、エポキシなどの接着材、またはガラスフリットおよび熱圧縮などの他のウェーハ接合技法を使用してチャンネルプレート 220 に接合することができる。

20

【0013】

[0015] 図 3 を参照すると、図 3 は、本発明によるマイクロチャンネルヒートシンク構造 300 の一実施形態の斜視図である。シリコンウェーハは、通常、透明ではないが、図 3 は、マイクロチャンネルヒートシンク 300 の構造的詳細をよりよく示すために、チャンネルプレート 320 を透明構造として示す。図 3 は、封入プレート 360 に接合されたチャンネルプレート 320 を示す。冷却液 390 は、流入冷却液コネクタ 385 から冷却液流入オリフィス 370 を通って流入マニホールド中に入る。流入マニホールド 340 は、マイクロチャンネル 330 を通って排出マニホールド 310 へと冷却液を分配する。冷却液は、マイクロチャンネル 330 を通過するときに加熱される。加熱された冷却液流体 380 は、排出マニホールド 310 によって受け取られ、冷却液排出オリフィス 350 を介して排出冷却液コネクタ 375 に提供され、それから処理のために冷却液ソースに戻される。

30

【0014】

[0016] 主題は構造的特徴および方法論的動作に特有の言語で説明されてきたが、添付の請求の範囲に定義される主題は、必ずしも上記の特有の特徴または動作に限定されないことを理解されたい。むしろ、上記の特有の特徴および動作は、請求の範囲を実現する例の形として開示される。

【 図 1 】

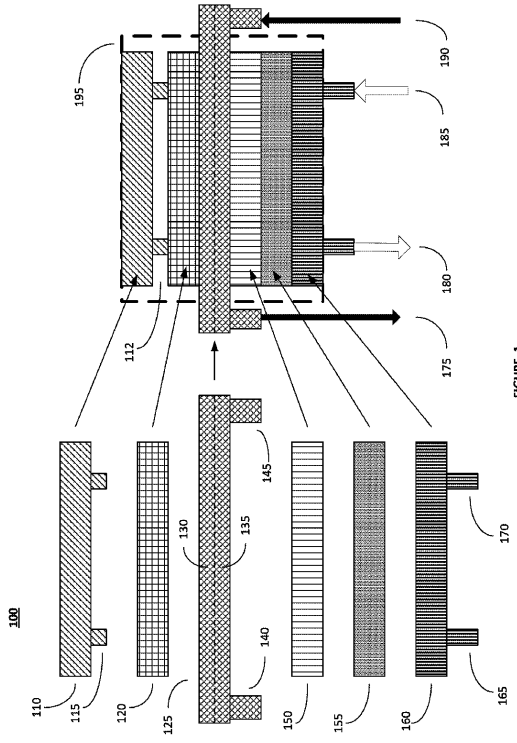


FIGURE 1

【 図 2 】

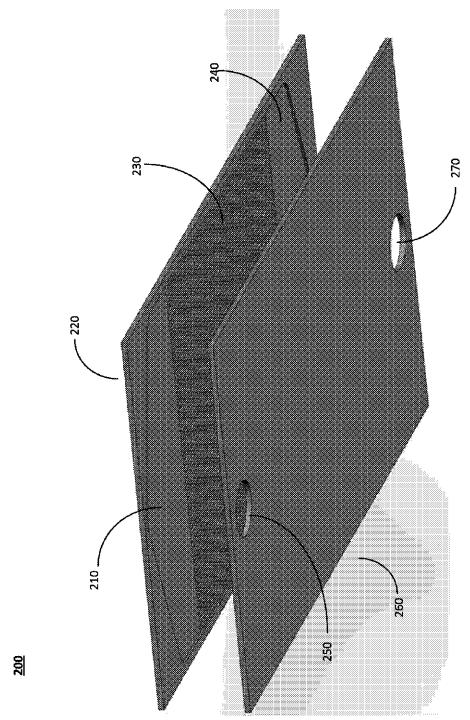


FIGURE 2

【 図 3 】

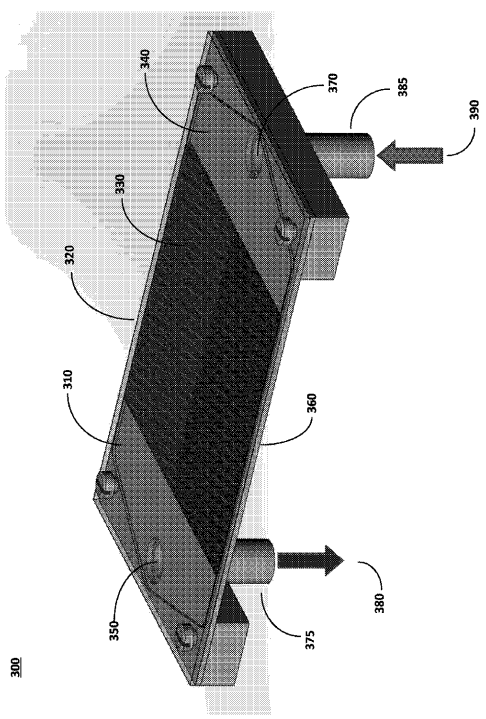


FIGURE 3

フロントページの続き

(74)代理人 100137039

弁理士 田上 靖子

(74)代理人 100168594

弁理士 安藤 拓也

(72)発明者 ブラウン, エリック

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139, ケンブリッジ, マサチューセッツ・アベニュー
872, アpartment 704

審査官 山本 元彦

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0315195 (US, A1)

特開平04-226058 (JP, A)

特表2008-522406 (JP, A)

特開2001-165525 (JP, A)

米国特許出願公開第2007/0215325 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02S 10/00 - 99/00