

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6436672号  
(P6436672)

(45) 発行日 平成30年12月12日(2018.12.12)

(24) 登録日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 21/956 (2006.01)	GO 1 N 21/956 Z
HO 2 S 50/15 (2014.01)	HO 2 S 50/15
GO 1 M 11/00 (2006.01)	GO 1 M 11/00 T
GO 1 N 21/3581 (2014.01)	GO 1 N 21/3581
GO 1 R 31/26 (2014.01)	GO 1 R 31/26 F

請求項の数 8 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-151593 (P2014-151593)	(73) 特許権者 000207551 株式会社 S C R E E Nホールディングス 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1
(22) 出願日 平成26年7月25日(2014.7.25)	(74) 代理人 100088672 弁理士 吉竹 英俊
(65) 公開番号 特開2016-29345 (P2016-29345A)	(74) 代理人 100088845 弁理士 有田 貴弘
(43) 公開日 平成28年3月3日(2016.3.3)	(72) 発明者 水端 稔 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1-1 大日本スクリーン製造株式会社内
審査請求日 平成29年6月26日(2017.6.26)	審査官 小野寺 麻美子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査装置および検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電極の配線パターンが形成された太陽電池を検査する検査装置において、  
太陽電池を保持する保持部と、  
前記保持部に保持された前記太陽電池をプローブ光で走査する走査機構と、  
前記プローブ光の照射に応じて、前記太陽電池から放射される電磁波を検出する検出部と、  
前記配線パターンの位置を示す配線パターン情報を取得する配線パターン情報取得部と

、  
前記太陽電池における検査対象領域から前記配線パターンの少なくとも一部を除いた走査領域に基づいて、前記走査機構が前記プローブ光で走査する走査位置を示す走査位置情報を決定する走査位置決定部と、

前記走査位置情報に基づく前記走査位置を、前記プローブ光で走査するように前記走査機構を制御する制御部と、  
を備える、検査装置。

【請求項2】

請求項1に記載の検査装置において、  
前記走査機構は、  
前記プローブ光に対し、前記太陽電池の表面に平行な主走査方向に沿って前記太陽電池を相対的に移動させる主走査機構と、

前記プローブ光に対し、前記太陽電池の表面に平行で、かつ、前記主走査方向に直交する副走査方向に前記太陽電池を相対的に移動させる副走査機構と、  
を含み、

前記制御部は、前記配線パターンのうち、前記主走査方向に延びる部分を除いて前記プローブ光で走査するように、前記副走査機構を制御する、検査装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の検査装置において、

前記主走査方向に延びる部分が、バスバー電極の部分を含む、検査装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の検査装置であって、

前記保持部に保持された前記太陽電池における前記バスバー電極の延びる方向に沿って、所定の間隔をあけて配列される複数の電極ピン、  
をさらに備え、

前記走査機構は、前記主走査方向と平行に前記プローブ光を照射し、前記検出部は、前記主走査方向と平行に放射される前記電磁波を検出する、検査装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の検査装置であって、

前記配線パターン情報取得部が、

前記太陽電池を撮影して得られた画像から、前記配線パターンを検出することによって、前記配線パターン情報を取得する、検査装置。

【請求項 6】

表面に電極の配線パターンが形成された太陽電池を検査する検査方法であって、

( a ) 太陽電池を保持部で保持する工程と、

( b ) 前記 ( a ) 工程にて保持された前記太陽電池の表面に形成された配線パターンの位置を示す配線パターン情報を取得する工程と、

( c ) 前記太陽電池における検査対象領域から前記配線パターンの少なくとも一部を除いた走査領域に基づいて、前記走査機構が前記プローブ光で走査する走査位置を示す走査位置情報を決定する走査位置工程と、

( d ) 前記 ( c ) 工程にて決定された前記走査位置情報に基づく前記走査位置を、前記プローブ光で走査するとともに、前記プローブ光の照射に応じて前記太陽電池から放射される電磁波を検出する工程と、

を含む、検査方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の検査装置であって、

配線パターン情報取得部は、前記配線パターンが走査方向に対して斜めである場合に、前記配線パターンの一部または全部を含むように設定される前記走査方向に平行に延びる矩形領域を配線パターン情報として取得する、検査装置。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の検査方法であって、

前記 ( b ) 工程は、前記配線パターンが走査方向に対して斜めである場合に、前記配線パターンの一部または全部を含むように設定される前記走査方向に平行に延びる矩形領域を配線パターン情報として取得する工程を含む、検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、太陽電池を検査する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

太陽電池の欠陥等を検査する技術として、E L ( Electro-Luminescence ) 測定または P L ( Photo-Luminescence ) 測定が知られている。E L 測定は、太陽電池に順バイアス電圧

10

20

30

40

50

を印加してE L 発光させ、これを撮影するものである。また、P L 測定は、赤外線光等を太陽電池に照射してP L 発光させ、これを撮影するものである。

【0003】

また、最近では、太陽電池の検査手法として、パルス光の照射に応じて、太陽電池から放射されるテラヘルツ波を測定することが提案されている（例えば、特許文献1）。このテラヘルツ波測定では、太陽電池をパルス光で走査することによって、太陽電池からテラヘルツ波を放射させる。そしてその放射されたテラヘルツ波の強度を測定することによって、太陽電池の欠陥などを検査する。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】特開2013-19861号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、一般的な太陽電池の表面には、集電のために、比較的幅の広い長尺状のバスバー電極が形成されている。このバスバー電極上にパルス光を照射した場合、パルス光がバスバー電極によって遮られてしまう。このような場合、パルス光が光キャリア発生領域まで到達せず、テラヘルツ波を有効に発生させることは困難であった。つまり、バスバー電極上をパルス光で走査しても、検査上有効なデータを得ることは困難な場合があり、計測時間のロスとなる虞があった。このため、太陽電池を効率的に検査する技術が求められていた。

20

【0006】

本発明は、テラヘルツ波を放射させるプローブ光での走査を効率的に行う技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、第1の態様は、電極の配線パターンが形成された太陽電池を検査する検査装置において、太陽電池を保持する保持部と、前記保持部に保持された前記太陽電池をプローブ光で走査する走査機構と、前記プローブ光の照射に応じて、前記太陽電池から放射される電磁波を検出する検出部と、前記配線パターンの位置を示す配線パターン情報を取得する配線パターン情報取得部と、前記太陽電池における検査対象領域から前記配線パターンの少なくとも一部を除いた走査領域に基づいて、前記走査機構が前記プローブ光で走査する走査位置を示す走査位置情報を決定する走査位置決定部と、前記走査位置情報に基づく前記走査位置を、前記プローブ光で走査するように前記走査機構を制御する制御部とを備える。

30

【0008】

また、第2の態様は、第1の態様に係る検査装置において、前記走査機構は、前記プローブ光に対し、前記太陽電池の表面に平行な主走査方向に沿って前記太陽電池を相対的に移動させる主走査機構と、前記プローブ光に対し、前記太陽電池の表面に平行で、かつ、前記主走査方向に直交する副走査方向に前記太陽電池を相対的に移動させる副走査機構とを含み、前記制御部は、前記配線パターンのうち、前記主走査方向に延びる部分を除いて前記プローブ光で走査するように、前記副走査機構を制御する。

40

【0009】

また、第3の態様は、第2の態様に係る検査装置において、前記主走査方向に延びる部分が、バスバー電極の部分を含む。

【0010】

また、第4の態様は、第3の態様に係る検査装置であって、前記保持部に保持された前記太陽電池における前記バスバー電極の延びる方向に沿って、所定の間隔をあけて配列される複数の電極ピン、をさらに備え、前記走査機構は、前記主走査方向と平行に前記プロ

50

ーブ光を照射し、前記検出部は、前記主走査方向と平行に放射される前記電磁波を検出する。

【0011】

また、第5の態様は、第1から第4の態様のいずれか1態様に係る検査装置であって、前記配線パターン情報取得部が、前記太陽電池を撮影して得られた画像から、前記配線パターンを検出することによって、前記配線パターン情報を取得する。

【0012】

また、第6の態様は、表面に電極の配線パターンが形成された太陽電池を検査する検査方法であって、(a)太陽電池を保持部で保持する工程と、(b)前記(a)工程にて保持された前記太陽電池の表面に形成された配線パターンの位置を示す配線パターン情報を取得する工程と、(c)前記太陽電池における検査対象領域から前記配線パターンの少なくとも一部を除いた走査領域に基づいて、前記走査機構が前記プローブ光で走査する走査位置を示す走査位置情報を決定する走査位置工程と、(d)前記(c)工程にて決定された前記走査位置情報に基づく前記走査位置を、前記プローブ光で走査するとともに、前記プローブ光の照射に応じて前記太陽電池から放射される電磁波を検出する工程とを含む。

10

また、第7の態様は、第1の態様に係る検査装置であって、配線パターン情報取得部は、前記配線パターンが走査方向に対して斜めである場合に、前記配線パターンの一部または全部を含むように設定される前記走査方向に平行に延びる矩形領域を配線パターン情報として取得する。

また、第8の態様は、第6の態様に係る検査方法であって、前記(b)工程は、前記配線パターンが走査方向に対して斜めである場合に、前記配線パターンの一部または全部を含むように設定される前記走査方向に平行に延びる矩形領域を配線パターン情報として取得する工程を含む。

20

【発明の効果】

【0013】

第1の態様に係る検査装置によると、配線パターンの少なくとも一部について、無駄に走査を行うことを抑制できる。このため、検査時間を短縮できる。

【0014】

第2の態様に係る検査装置によると、主走査を行う回数を低減できるため、検査時間を短縮できる。

30

【0015】

第3の態様に係る検査装置によると、バスバー電極は、フィンガー電極よりも幅が広い。このため、このバスバー電極の部分を除いて走査することによって、検査時間を短縮できる。

【0016】

第4の態様に係る検査装置によると、電極ピンをバスバー電極に接触させることによって、太陽電池に電圧を印可する検査が可能となる。また、複数の電極ピンが配列される方向が、主走査方向と平行になる。このため、複数の電極ピンによって、プローブ光が遮られたり、あるいは、発生した電磁波が複数の電極ピンによって遮られたりすることを抑制できる。

40

【0017】

第5の態様に係る検査装置によると、各太陽電池に形成された配線パターンを撮影して検出する。このため、保持部に保持された太陽電池毎に、配線パターン位置を正確に検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施形態に係る検査装置の概略側面図である。

【図2】テラヘルツ波測定系の概略構成図である。

【図3】検査装置における制御部と他の要素との電気的な接続を示すブロック図である。

【図4】検査装置におけるデータ処理の流れを示す図である。

50

【図5】太陽電池の受光面を示す概略平面図である。

【図6】太陽電池上に設定された、検査対象領域、配線パターン領域および走査領域を示す図である。

【図7】パルス光で走査される太陽電池を示す概略平面図である。

【図8】他のパルス光の照射例を概念的に示す概略平面図である。

【図9】テラヘルツ波強度分布画像の概略図である。

【図10】配線パターン領域の設定例を説明するための概略平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、添付の図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。なお、この実施形態に記載されている構成要素はあくまでも例示であり、本発明の範囲をそれらのみで限定する趣旨のものではない。また、図面においては、理解容易のため、必要に応じて各部の寸法や数が誇張または簡略化して図示されている場合がある。

10

【0020】

図1は、実施形態に係る検査装置100の概略側面図である。検査装置100は、フォトデバイスである検査対象物である太陽電池9に対して、パルス光を照射し、該パルス光の照射に応じて太陽電池9から放射される電磁波（主に、周波数が0.1THz~30THzのテラヘルツ波）を検出することによって、検査対象物の検査を行う。

【0021】

検査装置100は、装置架台1、テラヘルツ波測定系2、移動ステージ3、試料台4、EL/PL測定系5、カメラ6及び制御部7を備えている。

20

【0022】

図1および以降の各図にはそれらの方向関係を明確にするためZ軸方向を鉛直方向とし、XY平面を水平面とする右手系のXYZ直交座標系を適宜付している。移動ステージ3の表面に平行な面を水平面（XY平面）とし、それに垂直な上下方向を鉛直方向（Z軸方向）としている。また、EL/PL測定系5から見て、テラヘルツ波測定系2が配置されている側を+Y側とし、その反対側を-Y側とする。また、EL/PL測定系5の側からテラヘルツ波測定系2の側を見たとき、右手側は+X側とし、左手側は-X側としている。さらに、Z軸方向の上側を+Z側とし、下側を-Z側とする。

【0023】

テラヘルツ波測定系2は、下方に配された太陽電池9に対して、上方からパルス光を照射し、放射されるテラヘルツ波パルスを検出する装置である。テラヘルツ波測定系2の構成については、後に詳述する。

30

【0024】

移動ステージ3は、ステージ駆動機構31によって、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の各方向に移動する。ステージ駆動機構31は、移動ステージ3をX方向に移動させるX軸方向移動機構、移動ステージ3をY軸方向に移動するY軸方向移動機構、移動ステージ3をZ軸方向に昇降させる昇降機構を備えている。

【0025】

試料台4は、移動ステージ3の上面に取り付けられている。試料台4は、電圧印加テーブル41と、電極ピンユニット43を備えている。

40

【0026】

電圧印加テーブル41は、例えば銅などの電気伝導性の高い素材で構成されており、さらにその表面が金メッキされている。また、電圧印加テーブル41の表面には、複数の吸着孔が形成されている。吸着孔は吸引ポンプに接続されており、当該吸引ポンプを駆動することによって、太陽電池9の裏面が電圧印加テーブル41に吸着される。これによって、太陽電池9が試料台4に固定される。なお、電圧印加テーブル41の表面に、複数の吸着溝を設け、当該各吸着溝内に、上記複数の吸着孔を形成してもよい。この場合、複数の吸着溝に沿って太陽電池9が吸着されるため、太陽電池9を強固に固定できる。試料台4の電圧印加テーブル41は、保持部の一例である。

50

## 【 0 0 2 7 】

移動ステージ 3 が X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向に移動することによって、移動ステージ 3 上の試料台 4 に保持された太陽電池 9 が、X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸方向のそれぞれに移動することとなる。

## 【 0 0 2 8 】

電極ピンユニット 4 3 は、導電性の複数の電極ピン 4 3 1 と、当該複数の電極ピン 4 3 1 を支持する導電性の電極バー 4 3 2 を備えている。

## 【 0 0 2 9 】

電極バー 4 3 2 は、複数の棒状の電極ピン 4 3 1 を、Y 軸方向に所定の間隔をあけて、かつ、各々が Z 方向に沿って起立するように保持する。本実施形態では、電極バー 4 3 2 は、試料台 4 に保持された太陽電池 9 の表面側電極であるバスバー電極 9 3 に沿うように保持する。

10

## 【 0 0 3 0 】

試料台 4 は、電圧印加テーブル 4 1 を太陽電池 9 の裏面側電極に接触させ、かつ、複数の電極ピン 4 3 1 を、太陽電池 9 の表面側電極（ここでは、後述するバスバー電極 9 3 ）に接触させる。電圧印加テーブル 4 1 および電極ピンユニット 4 3 は、電氣的に接続されており、太陽電池 9 の表面側電極および裏面側電極の間で電圧を印加する。

## 【 0 0 3 1 】

E L / P L 測定系 5 は、E L ( Electro-Luminescence ) 測定または P L ( Photo-Luminescence ) 測定を行う。E L / P L 測定系 5 は、カバー部材 5 1 で太陽電池 9 を覆いつつ、E L 測定および P L 測定を行う。

20

## 【 0 0 3 2 】

より具体的には、E L / P L 測定系 5 は、E L 測定を行うためのイメージセンサ 5 3 を備えている。E L 測定を行う場合には、E L / P L 測定系 5 において、電圧印加テーブル 4 1 および電極ピンユニット 4 3 を介して、太陽電池 9 に順方向バイアスの電圧が印加される。これによって、太陽電池 9 を E L 発光させ、当該 E L 発光をイメージセンサ 5 3 で検出する。イメージセンサ 5 3 は、例えば波長が約 8 0 0 n m ~ 1 6 0 0 n m の光を検出可能であることが好ましく、波長が約 1 0 0 0 n m ~ 1 4 0 0 n m の光を検出可能であることがより好ましい。

## 【 0 0 3 3 】

また、E L / P L 測定系 5 は、P L 測定を行うために、P L プローブ光源 5 5 を備えている。E L / P L 測定系 5 は、P L プローブ光源 5 5 から照射された P L プローブ光によって、太陽電池 9 を P L 発光させ、当該 P L 発光をイメージセンサ 5 3 で検出する。

30

## 【 0 0 3 4 】

なお、検査装置 1 0 0 において、E L / P L 測定系 5 は、必ずしも必須の構成ではなく、省略することも考えられる。また、E L / P L 測定系 5 が、E L 測定または P L 測定のどちらか一方のみを測定できるように構成されていてもよい。

## 【 0 0 3 5 】

図 2 は、テラヘルツ波測定系 2 の概略構成図である。テラヘルツ波測定系 2 は、プローブ光照射部 2 2、テラヘルツ波検出部 2 3 および遅延部 2 4 を備えている。

40

## 【 0 0 3 6 】

プローブ光照射部 2 2 は、フェムト秒レーザ 2 2 1 を備えている。フェムト秒レーザ 2 2 1 は、例えば、3 6 0 n m ( ナノメートル ) 以上 1 . 5 μ m ( マイクロメートル ) 以下の可視光領域を含む波長のパルス光 ( パルス光 L P 1 ) を放射する。具体例としては、中心波長が 8 0 0 n m 付近であり、周期が数 k H z ~ 数百 M H z、パルス幅が 1 0 ~ 1 5 0 フェムト秒程度の直線偏光のパルス光が、フェムト秒レーザ 2 2 1 から放射される。もちろん、その他の波長領域 ( 例えば、青色波長 ( 4 5 0 ~ 4 9 5 n m )、緑色波長 ( 4 9 5 ~ 5 7 0 n m ) などの可視光波長 ) のパルス光が出射されるようにしてもよい。

## 【 0 0 3 7 】

フェムト秒レーザ 2 2 1 から出射されたパルス光 L P 1 は、ビームスプリッタ B 1 によ

50

り2つに分割される。分割された一方のパルス光（パルス光LP11）は、太陽電池9に照射される。このとき、プローブ光照射部22は、パルス光LP11の照射を、受光面91側から行う。また、パルス光LP11の光軸が、太陽電池9の受光面91に対して斜めに入射するように、パルス光LP11が太陽電池9に対して照射される。本実施形態では、入射角度が45度となるように照射角度が設定されている。ただし、入射角度はこのような角度に限定されるものではなく、0度から90度の範囲内で適宜変更することができる。

#### 【0038】

太陽電池9などフォトデバイスは、例えば、p型とn型の半導体が接合されたpn接合部を有している。このpn接合部付近では電子と正孔とが互いに拡散して結びつく拡散電流が生じることによって、pn接合部付近に電子と正孔とがほとんど存在しない空乏層が形成されている。この領域では、電子と正孔をそれぞれn型、p型領域に引き戻す力が生じるため、フォトデバイスの内部に電場（内部電界）が生じている。

10

#### 【0039】

仮に、禁制帯幅を超えるエネルギーを持つ光がpn接合部に照射された場合、pn接合部において発生した自由電子および自由正孔が、内部電界によって、自由電子がn型半導体側へ、取り残された自由正孔がp型半導体側へ移動する。フォトデバイスでは、この電流がn型半導体およびp型半導体のそれぞれに取り付けられた電極を介して、外部に取り出される。例えば太陽電池の場合、pn接合部の空乏層に光が照射されたときに生じる自由電子と自由正孔の移動が、直流電流として利用される。

20

#### 【0040】

マクスウェルの方程式によると、電流に変化が生じたとき、その電流の時間微分に比例した強度の電磁波が発生する。すなわち、空乏層などの光励起キャリア発生領域にパルス光が照射されることで、瞬間的に光電流の発生および消滅が起こる。この瞬間的に発生する光電流の時間微分に比例して、電磁波パルス（テラヘルツ波パルスLT1）が発生する。

#### 【0041】

図2に示すように、ビームスプリッタB1によって分割された他方のパルス光は、検出光LP12として遅延部24を経由し、テラヘルツ波検出部23のテラヘルツ波検出器231に入射する。また、パルス光LP11の照射に応じて発生したテラヘルツ波パルスLT1は、放物面鏡などによって適宜集光され、テラヘルツ波検出器231に入射する。

30

#### 【0042】

なお、図1に示すように、パルス光LP11は、Y軸方向沿って（図1の例では、+Y側から-Y側に向けて）太陽電池9に照射される。また、Y軸方向に沿って（図1の例では、+Y側から-Y側に向けて）放射されるテラヘルツ波パルスLT1が、テラヘルツ波検出器231によって検出される。このように、本実施形態では、パルス光LP11の照射方向、および、検出されるテラヘルツ波パルスLT1の放射方向が、複数の電極ピン431が所定間隔をあけて配列される方向（すなわち、Y軸方向）に一致している。このため、複数の電極ピン431によって、プローブ光であるパルス光LP11が遮られたり、あるいは、発生したテラヘルツ波パルスLT1が、複数の電極ピン431によって遮られたりすることを抑制している。

40

#### 【0043】

テラヘルツ波検出器231は、電磁波検出素子として、例えば、光伝導スイッチを備えている。テラヘルツ波パルスLT1がテラヘルツ波検出器231に入射する状態で、検出光LP12がテラヘルツ波検出器231に照射されると、光伝導スイッチに瞬間的にテラヘルツ波パルスLT1の電界強度に応じた電流が発生する。この電界強度に応じた電流は、I/V変換回路、A/D変換回路などを介してデジタル量に変換される。このようにして、テラヘルツ波検出部23は、検出光LP12の照射に応じて、太陽電池9を透過したテラヘルツ波パルスLT1の電界強度を検出する。なお、光伝導スイッチとは異なる他の素子、例えば非線形光学結晶を採用することも考えられる。

50

## 【 0 0 4 4 】

遅延部 2 4 は、検出光 L P 1 2 のテラヘルツ波検出器 2 3 1 への到達時間を連続的に変更する光学装置である。遅延部 2 4 は、検出光 L P 1 2 の入射方向に沿って直線移動する遅延ステージ 2 4 1 と遅延ステージ 2 4 1 を移動させる遅延ステージ駆動機構 2 4 2 とを備えている。遅延ステージ 2 4 1 は、検出光 L P 1 2 をその入射方向に折り返させる折り返しミラー 1 0 M を備えている。また、遅延ステージ駆動機構 2 4 2 は、制御部 7 の制御に基づいて、検出光 L P 1 2 の入射方向に沿って遅延ステージ 2 4 1 を平行移動させる。遅延ステージ 2 4 1 が平行移動することによって、ビームスプリッタ B 1 からテラヘルツ波検出器 2 3 1 までの検出光 L P 1 2 の光路長が連続的に変更される。

## 【 0 0 4 5 】

遅延ステージ 2 4 1 は、テラヘルツ波パルス L T 1 がテラヘルツ波検出器 2 3 1 に到達する時間と、検出光 L P 1 2 がテラヘルツ波検出器 2 3 1 へ到達する時間との差（位相差）を変更する。具体的には、遅延ステージ 2 4 1 によって、検出光 L P 1 2 の光路長を変化することによって、テラヘルツ波検出器 2 3 1 においてテラヘルツ波パルス L T 1 の電界強度を検出するタイミング（検出タイミングまたはサンプリングタイミング）が遅延される。

## 【 0 0 4 6 】

なお、遅延ステージ 2 4 1 とは異なる構成によって、検出光 L P 1 2 のテラヘルツ波検出器 2 3 1 への到達時間を変更することも可能である。具体的には、電気光学効果を利用することが考えられる。すなわち、印加する電圧を変化させることで屈折率が変化する電気光学素子を、遅延素子として用いてもよい。例えば、特許文献である特開 2 0 0 9 - 1 7 5 1 2 7 号公報に開示された電気光学素子を利用することができる。

## 【 0 0 4 7 】

また、検出光 L P 1 2 の光路長を変更する代わりに、太陽電池 9 に向かうパルス光 L P 1 1 の光路長、もしくは、太陽電池 9 から放射されたテラヘルツ波パルス L T 1 の光路長を変更してもよい。いずれの場合においても、テラヘルツ波検出器 2 3 1 に検出光 L P 1 2 が到達する時間に対して、テラヘルツ波検出器 2 3 1 にテラヘルツ波パルス L T 1 が到達する時間をずらすことができる。つまり、テラヘルツ波検出器 2 3 1 におけるテラヘルツ波パルス L T 1 の検出タイミングを遅延させることができる。

## 【 0 0 4 8 】

太陽電池 9 について、テラヘルツ波測定を行う場合には、試料台 4 の電圧印加テーブル 4 1 および電極ピンユニット 4 3 を介して、太陽電池 9 に逆バイアス電圧を印加してもよい。これによって、太陽電池 9 から放射されるテラヘルツ波パルス L T 1 の強度を高めることができる。また、電圧印加テーブル 4 1 および電極バー 4 3 2 間を短絡接続して、太陽電池 9 の表面側電極と裏面側電極とを短絡することも考えられる。この場合においても、太陽電池 9 から放射されるテラヘルツ波パルス L T 1 の強度を高めることができる。

## 【 0 0 4 9 】

図 3 は、検査装置 1 0 0 における制御部 7 と他の要素との電気的な接続を示すブロック図である。制御部 7 は、演算装置としての C P U 7 1、読み取り専用の R O M 7 2、主に C P U 7 1 のワーキングエリアとして使用される R A M 7 3 および不揮発性の記録媒体である記憶部 7 4 を備えている。制御部 7 は、表示部 6 1、操作部 6 2、E L / P L 測定系 5、ステージ駆動機構 3 1、遅延ステージ駆動機構 2 4 2、カメラ 6 といった検査装置 1 0 0 の各要素とバス配線、ネットワーク回線またはシリアル通信回線などによって接続されている。制御部 7 は、これらの要素の動作制御を行ったり、これらの要素からデータを受け取ったりする。

## 【 0 0 5 0 】

C P U 7 1 は、R O M 7 2 内に格納されているプログラム 7 5 を読み取りつつ実行することによって、R A M 7 3 または記憶部 7 4 に記憶されている各種データについての演算処理を行う。このように、制御部 7 は、C P U 7 1、R O M 7 2、R A M 7 3 及び記憶部 7 4 を備えており、一般的なコンピュータとして構成されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

表示部 6 1 は、液晶表示装置などで構成されており、各種情報をオペレータに提示する。操作部 6 2 は、マウス、キーボードなどの各種入力装置として構成されており、オペレータが制御部 7 に与える指令のための操作を受け付ける。なお、表示部 6 1 がタッチパネル機能を備えることによって、表示部 6 1 が操作部 6 2 の機能の一部または全部を備えていてもよい。

## 【 0 0 5 2 】

図 4 は、検査装置 1 0 0 におけるデータ処理の流れを示す図である。図 4 に示す配線パターン情報取得部 7 1 1、走査位置決定部 7 1 3、画像生成部 7 1 5 は、CPU 7 1 がプログラム 7 5 に従って動作することによって、ソフトウェア的に実現される機能である。10  
なお、これらの機能の一部または全部が、専用の論理回路等によってハードウェア的に実現されてもよい。また、図 4 に示す例では、各データが記憶部 7 4 を介して行われているが、各データの一部または全部が、RAM 7 3 を介して行われてもよい。

## 【 0 0 5 3 】

まず、本実施形態では、太陽電池 9 をカメラ 6 で撮影することによって取得された撮影画像データ 8 1 が、記憶部 7 4 に保存される。

## 【 0 0 5 4 】

配線パターン情報取得部 7 1 1 は、太陽電池 9 についての配線パターン情報を取得する。配線パターン情報とは、太陽電池 9 の受光面 9 1 に形成されている表面側電極の少なくとも一部領域を示す情報である。配線パターン情報を取得する態様は、種々考えられる20  
が、一例として、配線パターン情報取得部 7 1 1 は、記憶部 7 4 に保存された撮影画像データ 8 1 について、エッジ強調処理または二値化処理などの各種画像処理を適宜実行する。これによって、太陽電池 9 に形成された配線パターンを検出し、配線パターン情報を取得する。

## 【 0 0 5 5 】

図 5 は、試料台 4 の電圧印加テーブル 4 1 に保持された太陽電池 9 を示す概略平面図である。図 5 に示す太陽電池 9 の受光面 9 1 に形成された表面側電極は、一方向に沿って延びる 2 本の長尺矩形板状のバスバー電極 9 3、9 3 と、これらバスバー電極 9 3、9 3 の双方に直交するように延びる多数の細長板状のフィンガー電極 9 5 とで構成されている。30

## 【 0 0 5 6 】

太陽電池 9 は、あらかじめ、バスバー電極 9 3 の長手方向が Y 軸方向に沿うように、試料台 4 に設置される。また図示のように、太陽電池 9 に電圧を印可する場合には、Y 軸方向に沿って一定間隔で並ぶ複数の電極ピン 4 3 1 が、各バスバー電極 9 3 のそれぞれに当接される。30

## 【 0 0 5 7 】

バスバー電極 9 3 は、フィンガー電極 9 5 に比べて幅広に形成されている。本実施形態では、配線パターン情報取得部 7 1 1 は、バスバー電極 9 3 およびフィンガー電極 9 5 からなる表面側電極のうち、バスバー電極 9 3 の位置を取得する。

## 【 0 0 5 8 】

なお、上記説明では、配線パターン情報を得るため、カメラ 6 で撮影して得た撮影画像データ 8 1 が用いられている。しかしながら、撮影画像データ 8 1 の代わりに、EL/PL 測定系 5 のイメージセンサ 5 3 によって取得された EL 画像データまたは PL 画像データが用いられてもよい。太陽電池 9 においては、バスバー電極 9 3 の部分からは EL 光または PL 光は発生しないため、これらが示す画像によっても、バスバー電極 9 3 を他の部分から識別できる。つまり、バスバー電極 9 3 の位置は、EL 画像または PL 画像から特定可能である。40

## 【 0 0 5 9 】

また、太陽電池の配線パターンを規定する CAD データなどから、バスバー電極 9 3 の位置が特定されてもよい。しかしながら、試料台 4 への固定状況によって、バスバー電極 9 3 が理想位置からずれる場合が考えられる。このため、撮影画像データ 8 1、EL 画像50

データまたはPL画像データに基づき、バスバー電極93を検出することによって、バスバー電極93の位置を高精度に特定できる。

【0060】

図4に戻って、配線パターン情報取得部711によって取得された配線パターンの領域を示す配線パターン情報83は、記憶部74に保存される。この配線パターン情報83は、走査位置決定部713によって読み出される。走査位置決定部713は、テラヘルツ波測定系2において、パルス光LP11で走査する位置を決定する。具体的には、走査位置決定部713は、操作部62を介してオペレータが所望する検査すべき領域（以下、「検査対象領域」と称する。）の操作指令を受け付ける。そして、走査位置決定部713は、指令を受けた検査対象領域、および、配線パターン情報83に基づいて、パルス光で走査する位置（以下、「走査位置」と称する。）を決定する。走査位置決定部713は、この決定した走査位置を示す走査位置情報85を記憶部74に保存する。走査位置情報85は、制御部7がステージ駆動機構31を制御するために読み出される。

10

【0061】

図6は、太陽電池9上に設定された、検査対象領域R1、配線パターン領域R2および走査領域R3を示す図である。図6では、太陽電池9の全域が検査対象領域R1とされた場合を示している。このような太陽電池9について、配線パターン情報取得部711によって、配線パターン情報が示すバスバー電極93の領域（配線パターン領域R2）が取得される。すると、走査位置決定部713は、検査対象領域R1から配線パターン領域R2を差し引いた領域を、走査領域R3とする。そして、走査位置決定部713は、当該走査領域R3に基づいて、走査位置を決定する。

20

【0062】

太陽電池9において、表面側電極の部分にパルス光LP11を照射した場合、その光は表面側電極に遮られてしまう。このため、パルス光LP11は、pn接合部（光キャリア発生領域）まで到達せず、テラヘルツ波パルスLT1を有効に発生させることが困難である。したがって、表面側電極の部分にパルス光LP11を照射することは、測定時間のロスとなる場合がある。そこで、本実施形態に係る検査装置100では、オペレータが指定した検査対象領域R1に、表面側電極のうちのバスバー電極93に相当する配線パターン領域R2が含まれていた場合、これを除いた残余の領域を走査領域R3とし、走査位置を決定する。このため、検査装置100によると、余計なパルス光LP11の照射が軽減されるため、主走査の回数を低減でき、検査時間を短縮できる。このため、効率的に検査対象領域R1を検査できる。特に、表面側電極のバスバー電極93は、フィンガー電極95に比べて幅が大きい。このため、バスバー電極93を避けてパルス光LP11で走査することは、極めて有効である。

30

【0063】

ここで、検査装置100において、太陽電池9をパルス光で走査する機構について説明する。図7は、パルス光LP11で走査される太陽電池9を示す概略平面図である。図7においては、太陽電池9におけるパルス光LP11の照射位置が、略円形の照射スポットSP1として概念的に示されている。

【0064】

図7に示すように、検査装置100においては、パルス光LP11を出射した状態で、ステージ駆動機構31を駆動して、太陽電池9をY軸方向に移動させる。これによって、矢符AR11で示すように、太陽電池9の走査領域R3におけるY軸方向の一方端部から他方端部までが、パルス光LP11で走査される。そして、テラヘルツ波検出器231は、パルス光LP11が所定のピッチ（P1）進む毎に、テラヘルツ波パルスLT1の検出を行う。以下、このY軸方向の走査を、主走査と称する。この主走査において、検査装置100は、テラヘルツ波検出器231によって検出された電界強度を示す情報（テラヘルツ波強度情報87）を記憶部74に保存する（図4参照）。

40

【0065】

この主走査が完了すると、検査装置100は、移動ステージ3をX軸方向に所定のピッ

50

チ ( P 2 ) 分移動させる。これによって、図 7 中、矢符 A R 2 1 で示すように、太陽電池 9 におけるパルス光 L P 1 1 の照射位置が、X 軸方向に沿って移動する。以下、この X 軸方向の走査を、副走査と称する。なお、主走査時におけるデータ取得間隔 ( ピッチ P 1 ) および副走査における照射位置の移動距離 ( ピッチ P 2 ) は、任意に定めることができるが、例えば、パルス光 L P 1 1 のビーム径 ( 照射スポット S P 1 の直径、例えば 1 0 ~ 1 0 0 μ m ) よりも大きくすることによって、検査時間を短縮してもよい。あるいは、ピッチ P 1 , P 2 をパルス光 L P 1 1 のビーム径以下とし、テラヘルツ波パルス L T 1 の測定値を平均化することによって、太陽電池 9 を高精度に検査するようにしてもよい。

【 0 0 6 6 】

検査装置 1 0 0 は、副走査を行った後、パルス光 L P 1 1 を出射しつつ、先の主走査とは反対の方向に、太陽電池 9 を移動させる。これによって、走査領域 R 3 における Y 軸方向の他方端部から一方端部までが、パルス光 L P 1 1 で走査される。

【 0 0 6 7 】

検査装置 1 0 0 は、このように、主走査と副走査を繰り返して行うことによって、検査対象領域 R 1 をパルス光 L P 1 1 で走査する。プローブ光照射部 2 2、移動ステージ 3 およびステージ駆動機構 3 1 は、太陽電池 9 を、パルス光 L P 1 1 で走査する走査機構の一構成例である。

【 0 0 6 8 】

上述したように、検査装置 1 0 0 は、配線パターン領域 R 2 については、走査を行わないものとされるが、これは次のようにして実現される。

【 0 0 6 9 】

例えば、n 回目の主走査 ( 矢符 A R 1 2 で示す ) が配線パターン領域 R 2 の - X 側に設定されており、次の副走査でピッチ P 2 移動させた場合に、パルス光 L P 1 1 の照射位置が配線パターン領域 R 2 に重なるとする。この場合、検査装置 1 0 0 は、n 回目の主走査の後の副走査で、配線パターン領域 R 2 の幅 ( ここでは、バスバー電極 9 3 の幅に対応する。 ) に対応するピッチ P 3 ( > P 2 ) 分だけ、照射位置を移動させる。そして、n + 1 回目の主走査 ( 矢符 A R 1 3 ) を行う。このような走査が行われるように、走査位置決定部 7 1 3 が走査位置を決定する。このため、図 7 中、矢符 A R 2 2 で示すように、パルス光 L P 1 1 の照射位置 ( 照射スポット S P 1 ) を、配線パターン領域 R 2 の幅に対応した分移動させる副走査を行う。

【 0 0 7 0 】

図 7 に示す例では、走査領域 R 3 が、配線パターン領域 R 2 に重ならないように設定されている。このため、配線パターン領域 R 2 の両側部分における主走査では、パルス光 L P 1 1 の照射スポット S P 1 が配線パターン領域 R 2 に重ならないように走査位置が近接している。しかしながら、パルス光 L P 1 1 の走査位置はこれに限定されるものではない。

【 0 0 7 1 】

図 8 は、他のパルス光 L P 1 1 の照射例を概念的に示す概略平面図である。図 8 に示す例では、パルス光 L P 1 1 の照射スポット S P 1 が、配線パターン領域 R 2 に重なるように、パルス光 L P 1 1 の走査位置が決定されている。この場合、パルス光 L P 1 1 のうちバスバー電極 9 3 に重なる部分からテラヘルツ波パルス L T 1 を発生させることは困難であるものの、バスバー電極 9 3 の端部まで検査できる。

【 0 0 7 2 】

図 9 は、テラヘルツ波強度分布画像 i 1 の概略図である。画像生成部 7 1 5 ( 図 4 参照 ) は、テラヘルツ波強度情報 8 7 に基づいて、太陽電池 9 におけるテラヘルツ波強度の分布を示すテラヘルツ波強度分布画像 i 1 を生成する。そして、検査装置 1 0 0 は、オペレータの指令等に基づいて、当該画像を表示部 6 1 に表示する。図 9 に示すテラヘルツ波強度分布画像 i 1 は、太陽電池 9 における一部の領域のみにおける強度分布を示している。このように、テラヘルツ波強度分布画像 i 1 によると、太陽電池 9 において発生したテラヘルツ波パルス L T 1 の電界強度分布を、視覚的に把握することができる。したがって、

10

20

30

40

50

例えば、太陽電池 9 の不良箇所の特定を容易に行うことができる。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 は、配線パターン領域の設定例を説明するための概略平面図である。図 1 0 に示すように、太陽電池 9 全体が斜めに配置された場合や、あるいは、そもそもバスバー電極 9 3 が矩形の太陽電池 9 の側辺に対して斜めに形成されている場合、バスバー電極 9 3 が Y 軸方向に対して傾斜するように配置される場合がある。

【 0 0 7 4 】

このようなバスバー電極 9 3 に対しては、配線パターン情報取得部 7 1 1 が、バスバー電極 9 3 を全て含まれ、かつ、Y 軸方向に延びる矩形領域 R 2 a を配線パターン領域としてもよい。この場合、バスバー電極 9 3 の全てを走査領域 R 3 から除くことができる。これによって、テラヘルツ波パルス L T 1 の強度が取得されない主走査が行われなため、検査効率を高めることができる。また、配線パターン情報取得部 7 1 1 が、バスバー電極 9 3 に含まれ、かつ、Y 軸方向に延びる矩形領域 R 2 b を配線パターン領域としてもよい。この場合、バスバー電極 9 3 の周縁部分を走査領域 R 3 に含めることができる。したがって、バスバー電極 9 3 の境界部分まで検査できる。

【 0 0 7 5 】

また、パルス光 L P 1 1 自体の光路を変更する走査機構を採用してもよい。具体的には、往復揺動するガルバノミラーによって、パルス光 L P 1 1 の光路を、太陽電池 9 の受光面 9 1 に平行な X Y 平面に沿って変更することが考えられる。また、ガルバノミラーの代わりに、ポリゴンミラー、ピエゾミラーまたは音響光学素子などを採用してもよい。

【 0 0 7 6 】

また、上記実施形態では、フェムト秒レーザ 2 2 1 からパルス光を出射させて、太陽電池 9 からパルス状のテラヘルツ波を放射させている。しかしながら、フェムト秒レーザ 2 2 1 の代わりに、発振周波数がわずかに相違する 2 つの連続光を出射する 2 つの光源を利用することも可能である（特開 2 0 1 3 - 1 7 0 8 6 4 号公報）。具体的には、2 つの連続光を、光導波路である光ファイバなどで形成されたカブラによって重ね合わせることで、差周波に対応する光ビート信号を生成する。そして、この光ビート信号を、太陽電池 9 に照射することによって、その光ビート信号の周波数に応じた電磁波（テラヘルツ波）を放射させることができる。

【 0 0 7 7 】

この発明は詳細に説明されたが、上記の説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。また、上記各実施形態及び各変形例で説明した各構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わせたり、省略したりすることができる。

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

1 0 0 検査装置

1 装置架台

2 テラヘルツ波測定系

2 2 プローブ光照射部

2 2 1 フェムト秒レーザ

2 3 テラヘルツ波検出部

2 3 1 テラヘルツ波検出器

2 4 遅延部

3 移動ステージ

3 1 ステージ駆動機構

4 試料台

4 1 電圧印加テーブル

4 3 電極ピンユニット

10

20

30

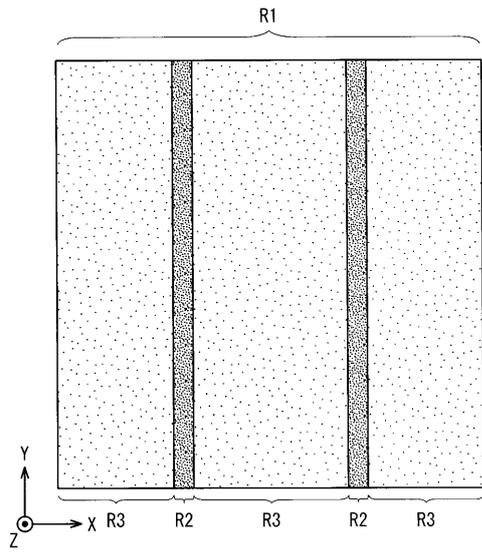
40

50

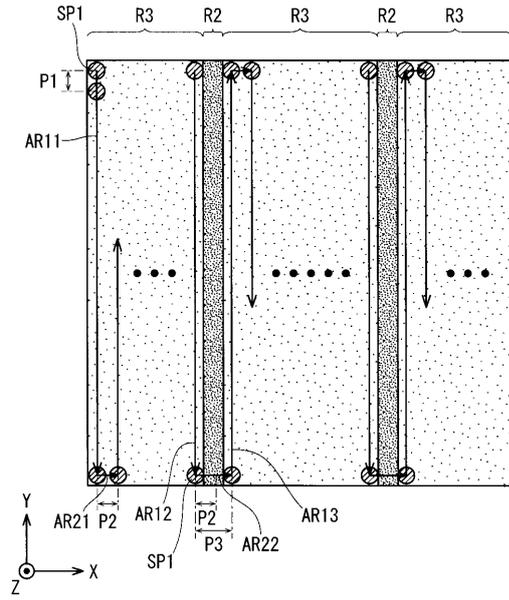
4 3 1	電極ピン	
4 3 2	電極バー	
5	E L / P L 測定系	
6	カメラ	
7	制御部	
7 1	C P U	
7 1 1	配線パターン情報取得部	
7 1 3	走査位置決定部	
7 1 5	画像生成部	
7 4	記憶部	10
8 1	撮影画像データ	
8 3	配線パターン情報	
8 5	走査位置情報	
8 7	テラヘルツ波強度情報	
9	太陽電池	
9 1	受光面	
9 3	バスバー電極	
9 5	フィンガー電極	
i 1	テラヘルツ波強度分布画像	
L P 1 1	パルス光 (プローブ光)	20
L T 1	テラヘルツ波パルス	
P 1 ~ P 3	ピッチ	
R 1	検査対象領域	
R 2	配線パターン領域	
R 3	走査領域	
S P 1	照射スポット	



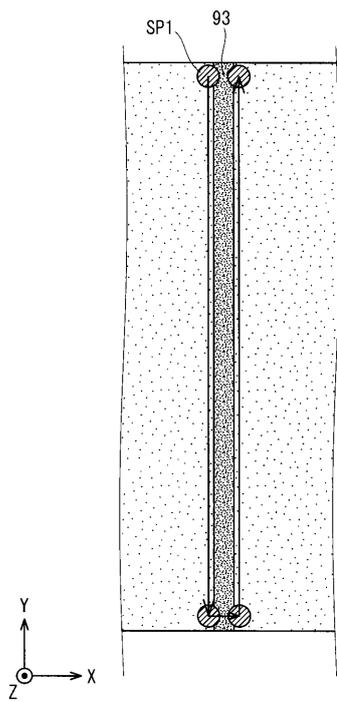
【図 6】



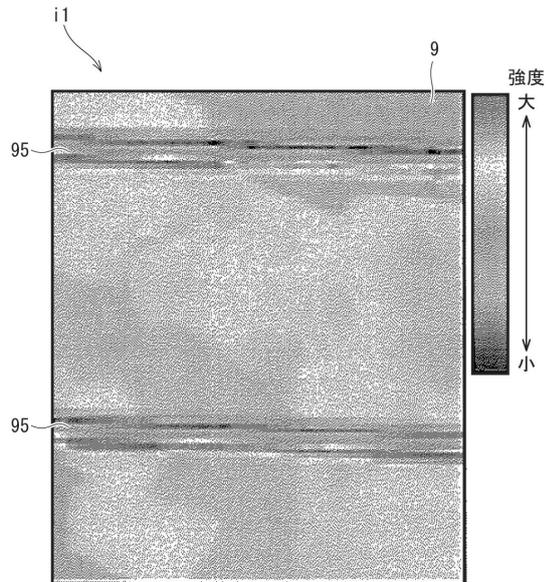
【図 7】



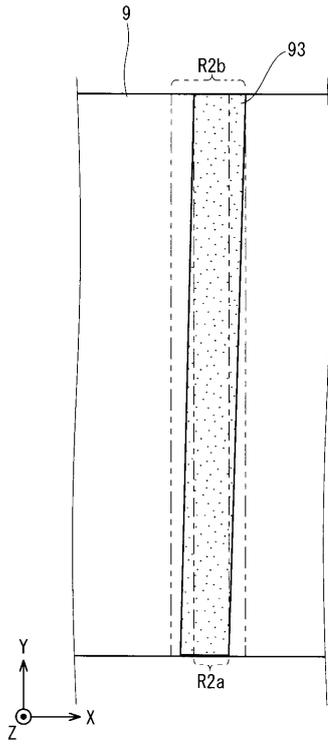
【図 8】



【図 9】



【 図 10 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
**G 0 1 N 21/64 (2006.01)** G 0 1 N 21/64 Z

(56) 参考文献 特開 2 0 1 3 - 0 1 9 8 6 1 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 9 - 1 6 4 1 6 5 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 0 - 1 3 5 4 4 6 ( J P , A )  
 特開平 0 7 - 1 5 1 6 9 1 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 1 - 1 3 3 3 0 6 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 4 - 0 4 8 2 8 2 ( J P , A )  
 米国特許出願公開第 2 0 1 0 / 0 2 3 5 1 1 4 ( U S , A 1 )

## (58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 N	2 1 / 0 0	-	G 0 1 N	2 1 / 7 4
G 0 1 N	2 1 / 8 4	-	G 0 1 N	2 1 / 9 5 8
G 0 1 R	3 1 / 2 6			
G 0 1 M	1 1 / 0 0	-	G 0 1 M	1 1 / 0 8
H 0 2 S	1 0 / 0 0	-	H 0 2 S	1 0 / 4 0
H 0 2 S	3 0 / 0 0	-	H 0 2 S	9 9 / 0 0
H 0 1 L	2 7 / 1 4	-	H 0 1 L	2 7 / 1 4 8
H 0 1 L	2 7 / 3 0			
H 0 1 L	2 9 / 7 6			
H 0 1 L	3 1 / 0 4	-	H 0 1 L	3 1 / 0 6