

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 9 月 13 日(13.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/120892 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/08 (2006.01) G02B 26/10 (2006.01)
B23K 26/00 (2006.01) G02B 26/12 (2006.01)
B23K 26/04 (2006.01) H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/001610
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 8 日(08.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-050385 2011 年 3 月 8 日(08.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 川崎重工業株式会社(KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 久下 守正(KUGE, Morimasa). 田中 秀幸(TANAKA, Hideyuki). 中澤 睦裕(NAKAZAWA, Mutsuhiro). 高原 一典(TAKAHARA, Kazunori). 大串 修己(OOGUSHI, Osami).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所(PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OF-

FICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町 1 2 3 番地の 1 貿易ビル 3 階 Hyogo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第 21 条(3))

(54) Title: OPTICAL SCANNING DEVICE AND LASER MACHINING DEVICE

(54) 発明の名称: 光走査装置及びレーザ加工装置

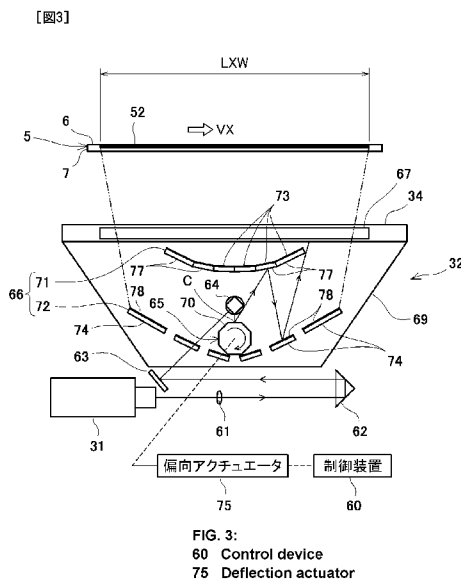


FIG. 3:
60 Control device
75 Deflection actuator

(57) Abstract: An optical scanning device (32) is provided with a lighting means (65) for radiating light while moving at uniform angular speed, and a light-reflecting means (66) for reflecting the light radiated from the lighting means (65) and guiding the light to an arbitrary point to be irradiated on a predetermined scanning line (52). The light-reflecting means (66) has a plurality of reflecting parts (71, 72), and causes the light radiated from the lighting means (65) to be reflected two or more times and to be guided to the arbitrary point to be irradiated. The reflecting parts (71, 72) are configured from a plurality of reflective surfaces (77, 78). The optical path length from the lighting means (65) to the point to be irradiated is substantially constant across all the points to be irradiated on the scanning line (52), and the speed at which the light radiated from the lighting means (65) scans the scanning line (52) is substantially constant as well.

(57) 要約: 光走査装置(32)が、光を等速で角移動させながら放射する投光手段(65)と、投光手段(65)から放射された光を反射して所定の走査線(52)上の任意の被照射点に導くための光反射手段(66)と、を備える。光反射手段(66)は、複数の反射部(71, 72)を有して投光手段(65)から放射された光を2度以上反射して任意の被照射点に導く。各反射部(71, 72)が複数の反射面(77, 78)から構成される。投光手段(65)から被照射点までの光路長が、走査線(52)上の全ての被照射点にわたって略一定であり、且つ、投光手段(65)から放射された光の走査線(52)の走査速度が略一定である。

5) から被照射点までの光路長が、走査線(52)上の全ての被照射点にわたって略一定であり、且つ、投光手段(65)から放射された光の走査線(52)の走査速度が略一定である。

明 細 書

発明の名称：光走査装置及びレーザ加工装置

技術分野

[0001] 本発明は、レーザビーム等の光を走査線に沿って走査する光走査装置、及びこのような光走査装置を備えたレーザ加工装置に関する。

背景技術

[0002] レーザビームを直線状の走査線に沿って走査する技術が、レーザプリンタやファクシミリやレーザ加工装置等に、広く利用されている。例えば、太陽光発電のための太陽電池として薄膜系の太陽電池やフレキシブル太陽電池等（以降、便宜上「薄膜系太陽電池」と総称する）が知られているところ、薄膜系太陽電池は、その製造工程において、基板の片面に金属膜やシリコン膜等の半導体を成膜してなるワークに、レーザビームでパターニング加工を行うレーザ加工装置が用いられている。ワークの基板には、所定長を有した長方形状のガラス基板や、ロール・ツー・ロール製法で用いられるフレキシブル基板等が含まれる。レーザ加工装置を用いたパターニング加工では、ワークに設定される走査線に沿ってレーザビームを走査し、走査線に沿って薄膜層を部分的に剥がし、それにより加工ラインを形成する。パターニング加工後に残された薄膜層により薄膜系太陽電池が構成される。なお、一般に、パターニング用レーザ加工装置では、微細加工の容易性や熱的影響の抑制効果等に照らし、レーザビームにパルスレーザが適用される。レーザビームにパルスレーザを適用した場合、あるタイミングで発振されたレーザの照射領域を1パルス幅だけ前に発振されたレーザの照射領域とワーク上で部分的にオーバーラップさせるようにしてパルスレーザが走査され、それにより加工ラインの連続性を担保する。なお、隣接する2パルスのレーザビームの照射領域同士がオーバーラップする領域は、「被り代」とも称される。

[0003] このようにレーザ加工装置やレーザプリンタ等には、レーザビームを走査する光走査装置が適用される。光走査装置は、基本的には、レーザ発振器等

の光源から出射されたレーザ光を、ポリゴンミラーやガルバノミラー等の偏向器で角移動させ、角移動するレーザビームを被照射面に照射する。これによりレーザビームが被照射面上で直線状に走査される。偏向器は、動作信頼性を高めるため、一般に等速で駆動され、それによりレーザ光も等速で角移動する。しかし、直線状の走査線に沿って走査する場合、そのままでは、走査線の端点付近と中間部分とでレーザビームの走査速度に差が生じる。レーザ加工装置においては、この走査速度の差が被り代の大きさの変化となって現れ、それにより加工ムラを生じてしまう。この差を解消する光学素子として $f \theta$ レンズが良く知られているが、 $f \theta$ レンズの設計には高度なノウハウを必要とするし、製造設備又は製造用具のサイズの制約から大型化が困難である。そこで従来、 $f \theta$ レンズの代わりに偏向器の等速動作及びレーザ光の等速走査を同時実現するための光学素子が、種々開発されている。

[0004] 例えば、特許文献 1 は、レーザプリンタ又はファクシミリ用の光走査装置に $f \theta$ レンズの代わりに設けられる光学素子として、1 枚の球面ミラーを開示している。偏向器からのレーザビームは、当該球面ミラーで反射して感光体面上に集光する。この球面ミラーを適用することで、レーザビームの走査速度を走査線の延在方向に均等に補正したり、集光面において広画角にわたって良好な歪曲特性及び良好な像面平坦性を得たりすることが図られている。

[0005] 一方、レーザ加工装置においては、レーザビームが走査線上のどの位置でも合焦可能であることや、レーザビームがワークに極力垂直に入射することが、加工ムラの抑制に有効である。また、前述のとおり、 $f \theta$ レンズをレーザ加工装置に適用することは現実的に困難である。そこで特許文献 2 は、レーザ加工装置用の光走査装置に $f \theta$ レンズの代わりに設けられる光学素子として、略放物面を成すようにして並べられた複数のミラーを開示している。偏向器からのレーザビームは、ミラーで反射されてワークに落射する。このように配置されたミラーを適用することで、偏向器の回転角に関わらず、レーザビームがワークに極力垂直に入射する。また、偏向器の回転角に関わら

ず偏向中心からワークまでの光路長を極力一定とすることができ、走査中にレーザビームをワーク上で合焦させ続けることができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平1－200220号公報

特許文献2：特開2011－000625号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1に開示された光走査装置においては、球面ミラーが連続面であるので、大型化が困難である。よって、レーザ加工装置のように、レーザビームの走査範囲が比較的大きい用途には適用することが困難である。

[0008] 一方、特許文献2に開示されたレーザ加工装置においては、複数のミラーが並べて配置されるので、特許文献1のようにサイズの制約を受けにくい。が、偏向器の動作速度を等速にした場合のレーザビームの走査速度の差を解消することはできない。当該レーザ加工装置において走査速度の違いを抑えるには、偏向器を速度可変に駆動するより他なく、レーザ加工装置の動作信頼性を保証することが困難となる。

[0009] そこで本発明は、偏向動作を等速としながら合焦状態を維持すると共にレーザを等速で走査させ、更にはこのようなレーザビーム等の光を走査する光走査装置の製造及び大型化を容易にすることを目的としている。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は上記目的を達成すべくなされたものである。本発明に係る光走査装置は、光を等速で角移動させながら放射する投光手段と、前記投光手段から放射された光を反射し、所定の走査線上の任意の被照射点に導くための光反射手段と、を備え、前記光反射手段は複数の反射部を有して前記投光手段から放射された光を2度以上反射して前記任意の被照射点に導き、前記反射

部の各々が複数の反射面から構成され、前記投光手段から前記被照射点までの光路長が前記走査線上の全ての被照射点にわたって略一定であり、且つ、前記投光手段から放射された光の前記走査線上での走査速度が略一定である。

- [0011] 前記構成によれば、投光手段が光を等速で角移動させながら放射するので、光の偏向動作を単純化することができる。また、投光手段から被照射点までの光路長が走査線上の全ての被照射点にわたって略一定であり且つ投光手段からの放射された光の走査線の走査速度が略一定である。したがって、光の偏向角に関わらず合焦状態を維持しながら、レーザビームを等速で移動させることができる。光反射手段が複数の反射部を有して投光手段から放射された光を2度以上反射して任意の被照射点に導き、各反射部が複数の反射面から構成されるので、光反射手段の製造及び大型化を容易にしながら、上記の作用効果を実現することができる。
- [0012] 前記反射面の少なくとも一つが平面であってもよい。前記構成によれば、光反射手段を一層容易に製造することができる。
- [0013] 前記投光手段が等速で回転する回転多面鏡を有していてもよい。前記構成によれば、光を等速で角移動させながら放射することを実現することができる。
- [0014] 前記回転多面鏡が7以上の反射面を有していてもよい。前記構成によれば、光を等速で角移動させながら放射し、且つ、前述の作用を実現することができる。
- [0015] 前記走査線が直線であってもよい。前記投光手段がパルスレーザを放射してもよい。パルスレーザを扁平にするシリンドリカルレンズを更に備えていてもよい。
- [0016] また、本発明に係るレーザ加工装置は、前述したような光走査装置を備え、ワークに形成された薄膜層にレーザビームで加工ラインを形成する。
- [0017] 前記構成によれば、偏向動作を単純化しながら、合焦状態を維持すると共にワークを極力等速で移動させることができる。

- [0018] 前記ワークを一定の送り速度で一方向に送る送り装置と、前記レーザビームでワークに加工ラインを形成する加工部で該ワークを正確な位置に支持するワーク位置保持機構と、前記光走査装置及び前記送り装置を制御する制御装置と、を備え、前記光走査装置が、前記送り装置で送るワークに対して送り方向と交差する方向にレーザビームを照射し、前記制御装置が、前記送り装置でワークを前記送り速度で送りながら、又はワークの送り速度を検出して送りながら、前記光走査装置からワークの送り方向と交差する方向に1本のレーザビームを走査し、この1本のレーザビームの加工ラインが、所定の送り速度で送るワークの送り方向に対して直角となるようにワークの送り速度とレーザビームの走査速度とを相対的に制御してもよい。
- [0019] 前記構成によれば、ワークを正確な位置で支持して送りながら光走査装置から1本のレーザビームを走査して、ワークの送り方向に対して直角となる加工ラインを薄膜層に形成することができる。このため、ワークの薄膜層に加工ラインを高速で1回の通過によってパターニング加工でき、加工を効率良く行うことができる。また、ワークの速度を検出してフィードバック制御し、レーザビームの走査タイミングを調整する方式を用いることで、ロール・ツー・ロール製法等、連続的に流れるワークに対応することも可能である。したがって、太陽電池の生産工程における更なるタクトの短縮化を図って生産効率の向上を図ることができる。
- [0020] 前記定速送り装置は、一方向に送るワークとレーザビームとの平面方向相対角度を調整する捻り補正機能を具備していてもよい。
- [0021] 前記構成によれば、ワークの捻りを抑制するようにワークとレーザビームとの平面方向相対角度を調整しながら加工をすることができる。
- [0022] 前記レーザビームは、走査方向に長い扁平ビームであってもよい。
- [0023] 前記構成によれば、1本の扁平ビームを高速で走査させることで加工ラインを高速で加工することができ、更なるタクトの短縮化による生産効率の向上を図ることができる。
- [0024] 前記ワークは、ガラス基板に薄膜を成膜したものであり、前記レーザビー

ムは透過レーザビームであり、前記透過レーザビームをガラス基板の反薄膜層方向から照射して薄膜層に加工ラインを形成するように構成してもよい。

[0025] 前記構成によれば、光走査装置の反照射側で薄膜層にマイクロエクスプロージョン効果を生じさせ、低出力で加工効率を上げた加工ラインの形成ができる。

[0026] 前記ワーク位置保持機構は、前記薄膜層を上面にして送るワークの下方に設けたワーク支持機構と、ワークの上方に設けた非接触のワーク押付機構とを有していてもよい。

[0027] 前記構成によれば、ワークの送り時に薄膜層に接触する構造をなくして、ワークの薄膜層が傷つくのを防ぐことができる。

[0028] 前記ワークの薄膜層の方向に除去膜吸引手段を設けてもよい。

[0029] 前記構成によれば、レーザビームで剥がされた膜を吸引手段で吸い取ることにより、レーザビームで除去した膜が薄膜層に再付着するのを防止することができる。

発明の効果

[0030] 以上の説明から明らかなように、本発明によれば、偏向動作を等速としながら、合焦状態を維持すると共にレーザを等速で走査させることができる。また、更にはレーザビーム等の光を走査する光走査装置の製造及び大型化を容易にすることができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の一実施形態に係るレーザ加工装置を模式的に示す斜視図である。

[図2]図1に示すレーザ加工装置におけるレーザビームの走査方向を示す概念図である。

[図3]図1に示すビーム走査ユニットの概要構成を示す概念図である。

[図4]図3に示す偏向中心、一次反射面、二次反射面及び走査線の位置関係を示す概念図である。

[図5A]図3に示す二次ミラーの構造の一例を示す部分側面図である。

[図5B]図3に示す二次ミラーの構造の一例を示す部分側面図である。

[図6]図3に示すポリゴンミラーの部分断面図である。

[図7]図3に示すビーム走査ユニットから照射されるパルスレーザの被り代を示す概念図である。

[図8]図1に示すレーザ加工装置の加工部を模式的に示す側面図である。

[図9]図8に示す加工部を拡大して模式的に示す部分側面図である。

[図10]図8に示す加工部におけるレーザビームの照射の作用を示す部分側面図である。

[図11A]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、薄膜層を成膜する前のガラス基板の側断面図である。

[図11B]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、図11Aに示すガラス基板に透明電極層を成膜する工程を示すワークの側断面図である。

[図11C]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、図11Bに示すワークに加工ラインを形成する工程を示すワークの側断面図である。

[図11D]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、図11Cで示す加工ライン形成後に光電変換層を成膜する工程を示すワークの側断面図である。

[図11E]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、図11Dに示すワークに加工ラインを形成する工程を示すワークの側断面図である。

[図11F]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、図11Eに示す加工ライン形成後に裏面電極層を成膜する工程を示すワークの側断面図である。

[図11G]図1に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図であって、図11Fに示すワークに加工ラインを形成する工程を示すワークの側断面図である。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。同一の又は対応する要素には全ての図を通じて同一の符号を付し、重複する詳細な説明を省略する。また、以降の説明では、レーザ加工装置 1 が、薄膜系太陽電池を製造する際のパターニング加工に用いられ、ワーク 5 が、基板 7 に薄膜層 6 を形成してなる薄膜系太陽電池の中間製品である場合を例示する。

[0033] [レーザ加工装置の全体構成]

図 1 は、本発明の一実施形態に係るレーザ加工装置 1 を模式的に示す斜視図である。図 1 に示すように、レーザ加工装置 1 は、送り装置 3、レーザビームユニット 30 及び制御装置 60 を備えている。

[0034] 送り装置 3 は、薄膜層 6 を上に向けた水平姿勢でワーク 5 を支持し且つワーク 5 を水平な一方向である送り方向 Y に定速で送る。なお、ワーク 5 の縦方向は送り方向 Y に平行に向けられ、ワーク 5 の幅方向は送り方向 Y に直交する水平な方向に向けられる。送り装置 3 は、鉛直方向の Z 軸回りにワーク 5 の姿勢を正すワーク把持部 12 を備えている。このワーク把持部 12 の動作によってワーク 5 の幅方向とレーザビーム 50 の走査線との平面方向相対角度を調整し、ワーク 5 の縦方向と送り方向 Y との整合性を担保することができる。

[0035] レーザビームユニット 30 は、レーザ発振器 31 及びビーム走査ユニット 32 を有している。レーザ発振器 31 は、キロヘルツ～メガヘルツオーダーの一定周波数でパルスレーザを逐次発振し、生成されたパルスレーザをビーム走査ユニット 32 に逐次出射する。ビーム走査ユニット 32 は、レーザ発振器 31 からのレーザビーム 50 を偏向しながらワーク 5 に照射する。これにより、レーザビーム 50 が、ワーク 5 上で送り方向 Y と交差する方向に走査される。

[0036] ワーク 5 に入射したレーザビーム 50 は、基板 7 を透過して薄膜層 6 で合焦する。本実施形態では、薄膜層 6 を上に向けているので、ビーム走査ユニット 32 が、送り装置 3 の下方に配置され、レーザビーム 50 は、ビーム走

査ユニット 3 2 のビーム照射口 3 4 を上向きに通過し、ワーク 5 に下から入射する。レーザビーム 5 0 が走査されると、薄膜層 6 がレーザビーム 5 0 の走査線に沿って剥がされ、線状の溝（以降、「加工ライン 5 2」と称す）が薄膜層 6 に形成される。レーザビーム 5 0 の走査線は、ワーク 5 の幅方向に直線的に延び、加工ライン 5 2 もワーク 5 の幅方向に延びるように形成される。1 つのワーク 5 には、ワーク 5 の縦方向に間隔をおいて並べられた複数本の加工ラインが形成される。

[0037] レーザ加工装置 1 には、送り方向 Y に関してビーム走査ユニット 3 2 が設置されている箇所近傍で加工部 3 3 が設けられ、この加工部 3 3 に、ワーク位置保持機構 2 0 が設けられている。ワーク位置保持機構 2 0 は、ワーク 5 を正確な位置に支持する。より具体的には、ワーク位置保持機構 2 0 は、送り方向 Y に関して少なくともビーム走査ユニット 3 2 が設置されている箇所近傍で、ワーク 5 の送り方向 Y の移動を許容しつつワーク 5 の位置を上下方向に拘束する。これにより、レーザビーム 5 0 の焦点が、所望位置から上下方向（概ねレーザビーム 5 0 の光路方向に一致）にズレるのを抑えることができる。

[0038] 制御装置 6 0 は、送り装置 3、レーザビームユニット 3 0、ワーク把持部 1 2 及びワーク位置保持機構 2 0 を制御する。制御装置 6 0 は、1 本の加工ラインを形成する間にパルスレーザが一定の周波数で発振されるように、レーザ発振器 3 1 を制御する。制御装置 6 0 は、1 本の加工ラインを形成する間にレーザビーム 5 0 が定速で走査されるように、ビーム走査ユニット 3 2 を制御する。

[0039] レーザ加工装置 1 は、ワーク 5 を送りながら加工ライン 5 2 を形成してもよいし、加工ライン 5 2 を形成する間にワーク 5 の送りを停めてもよい。ワーク 5 を送りながら加工ライン 5 2 を形成する場合、制御装置 6 0 は、必要な数の加工ライン 5 2 を形成する間にワーク 5 が送り方向 Y に定速で又は不等速で連続的に送られ続けるように、送り装置 3 を制御する。

[0040] 図 2 を参照して、ワーク 5 を定速で送りながら加工ライン 5 2 を形成する

場合におけるレーザビーム50の走査方向について簡単に注釈する。この場合、レーザビーム50の走査線は、送り方向Yに送られているワーク5から見たときに、ワーク5の幅方向に平行に直線的に延びることが求められる。一方で、ビーム走査ユニット32は送り方向Yに移動せず、ワーク5は送り方向Yに定速で並進し、レーザビーム50は後述のとおり定速で走査されようと試みられる。したがって、レーザビーム50の走査線は、ビーム走査ユニット32を設置した地面から見たときに、ワーク5の縦方向にもワーク5の幅方向にも傾斜した水平な方向に直線的に延びていることが求められる。

[0041] 以降の説明では、レーザビーム50の走査方向を、地面から見たものであると明確にする場合に「対地走査方向XG」と称し、送り方向Yに送られているワーク5から見たものであると明確にする場合に「相対走査方向XW」と称す。レーザビーム50の走査速度についても、地面から見たものであると明確にする場合に「対地走査速度VXG」、送り方向Yに送られているワーク5から見たものであると明確にする場合に「相対走査速度VXW」と称す。なお、相対走査方向XWはワーク5の幅方向に相当する。

[0042] 相対走査速度VXWは、水平面内での対地走査速度VXGとワーク5の送り速度VYとの合成速度に相当する。相対走査方向XWは、送り方向Yに対して直交する。ここで、水平面内での相対走査方向XWと対地走査方向XGとが成す角を傾斜角 ϕ とする。送り速度VYを対地走査速度VXGで除算すれば、傾斜角 ϕ の正弦を得ることができる($\sin \phi = VY / VXG$)。また、対地走査速度VXGに傾斜角 ϕ の余弦を乗算すれば、相対走査速度VXWを得ることができる($VXW = VXG \times \cos \phi$)。

[0043] なお、後述のとおり、本実施形態では、ポリゴンミラーが一方向に連続回転し、それによりレーザビーム50を走査する。ここで、レーザビーム50がポリゴンミラーの或る稜部に入射してから次の稜部に入射するまでポリゴンミラーが回転すると1本の加工ライン52が形成され、当該或る稜部から放射されたレーザビーム50が当該1本の加工ライン52の始点を形成し、当該次の稜部から放射されたレーザビーム50が当該1本の加工ライン52

の終点を形成すると仮定する。この場合、ワーク 5 の縦方向における加工ライン 5 2 同士の間隔 L_Y を、ワーク 5 の幅方向における加工ライン 5 2 の長さ L_XW で除算すれば、傾斜角 ϕ の正接を得ることができる ($\tan \phi = L_Y / L_XW$)。

[0044] 〔ビーム走査ユニット〕

次に、上記レーザ加工装置 1 に適用されたビーム走査ユニット 3 2 の構成及び作用について説明する。なお、以降の説明では、レーザビーム 5 0 の走査方向をワーク 5 の送り方と関係なく一般化する目的で、視点をワーク 5 におくこととする。すなわち、以降の説明では、「走査方向 X 」は、特段断らない限り相対走査方向 XW であり、「走査線」は、特段断らない限り相対走査方向 XW における走査線であり、「走査速度 V_X 」は、特段断らない限り相対走査速度 V_XW である。上記式 ($\sin \phi = V_Y / V_XG$ 、 $V_XW = V_XG \times \cos \phi$ 、 $\tan \phi = L_Y / L_XW$) を用いれば、以降のワーク基準での説明を、ワーク 5 を一定の送り速度 V_Y で連続的に送りながら加工ライン 5 2 を形成する場合における地面基準での説明に換えることができる。

[0045] なお、ワーク 5 の送り速度が一定でない場合においては、上記式をそのまま用いることはできないが、送り速度と共に経時変化する傾斜角及び対地走査速度を時間に応じて導出することは可能である。よって、時間に応じて導出された傾斜角及び対地走査速度を用いれば、以降のワーク基準での説明を地面基準での説明に換えることができる。ワーク 5 の送りを止めて加工ラインを形成する場合においては、相対走査方向が対地走査方向と一致し、相対走査速度が対地走査速度と一致する。

[0046] このように、以降に説明するビーム走査ユニット 3 2 は、ワーク 5 の送り方に関係なく、薄膜系太陽電池のパターニング加工を行うレーザ加工装置 1 に好適に適用可能である。なお、以降に説明するビーム走査ユニット 3 2 は、薄膜系太陽電池以外のパターニング加工に用いることもでき、パターニング加工以外のレーザ走査に用いることもできる。

[0047] 図 3 は、ビーム走査ユニット 3 2 の構成を示す概念図である。図 3 に示す

ように、ビーム走査ユニット32は、レーザビーム50を走査する光学系を構成する光学素子又は光学ユニットとして、レーザビーム50の光路に沿ってビーム発振器31から順に、レンズ61、プリズム62、第1折返しミラー63、第2折返しミラー64、投光部65、光反射部66及びシリンダリカルレンズ67を備えている。ビーム走査ユニット32は、上記光学素子及び光学ユニットの一部を内蔵する筐体69を備えている。

[0048] 図3は、筐体69が第2折返しミラー64、投光部65、光反射部66及びシリンダリカルレンズ67を収容する場合を例示しているが、これは一例に過ぎず、レンズ61、プリズム62及び第1折返しミラー63が筐体69に収容されていてもよいし、シリンダリカルレンズ68が筐体70外に配置されていてもよい。なお、前述したビーム照射口34は、筐体69の上面に設けられている。レーザビーム50は、ビーム照射口34を介して筐体69の内部から外部へと上向きに出射する。

[0049] レンズ61は、レーザ発振器31で生成されたレーザビーム50が焦点を結ぶことを可能にするための光学素子である。プリズム62、第1折返しミラー62及び第2折返しミラー63は、レンズ61を通過したレーザビーム50をポリゴンミラー65に導く。また、これら素子62～64は、ポリゴンミラー65よりも光路上流側で、レーザビーム50をワーク5で合焦させるために必要な光路長を確保すべく光路を折り曲げる光学ユニットを構成する。これら素子62～64は適宜省略可能であるし、他のプリズム又はミラーが、レンズ61とポリゴンミラー65との間に適宜追加されてもよい。

[0050] 投光部65は、第2折返しミラー64から入射したレーザビーム50を等速で角移動させるようにして放射する。光反射部66は、投光部65から放射された光を反射し、走査線上の任意の被照射点に導く。投光部65の動作により、被照射点がワーク5上の走査線に沿って走査方向Xに順次移動する。投光部65から被照射点までの光路長は全ての被照射点にわたって略一定である。また、投光部65から放射されたレーザビーム50の走査線上での走査速度 V_X は略一定となる。以下、これを実現するように構成された投光

部 6 5 及び光反射部 6 6 について説明する。

- [0051] 本実施形態に係る投光部 6 5 は、ポリゴンミラー（回転多面鏡）7 0 及び偏向アクチュエータ 7 5 を備えている。ポリゴンミラー 7 0 は、筐体 6 9 内に回転可能に設けられた偏向器であり、ポリゴンミラー 7 0 の回転軸線は、走査方向 X と直交する水平な方向に向けられている。偏向アクチュエータ 7 5 は、例えば電気モータであり、ポリゴンミラー 7 0 を定速で一方向に回転駆動する。これにより、ポリゴンミラー 7 0 からのレーザービーム 5 0 が等速で角移動する。偏向アクチュエータ 7 5 及びポリゴンミラー 7 0 の当該動作及びそれにより生じるレーザービーム 5 0 の当該偏向作用は、制御装置 6 0（図 1 参照）により制御される。
- [0052] ポリゴンミラー 7 0 は、全体として正多角柱状に形成されており、その側面それぞれに設けられた複数の反射面を有している。レーザービーム 5 0 は、回転しているポリゴンミラー 7 0 の側部に入射し、そのときのポリゴンミラー 7 0 の回転角度位置に応じた反射角で反射する。レーザービーム 5 0 がポリゴンミラー 7 0 の稜部で反射してから次の稜部で反射するまでの間、ポリゴンミラー 7 0 は、 $360/N[\text{deg}]$ 回転する（N：ポリゴンミラーの反射面数）。その間、ポリゴンミラー 7 0 で反射したレーザービーム 5 0 は、ポリゴンミラー 7 0 の回転角の 2 倍（すなわち、 $720/N[\text{deg}]$ ）だけポリゴンミラー 7 0 上の反射点（すなわち、偏向中心）を中心に角移動する。なお、偏向中心の位置は、ポリゴンミラー 7 0 の回転角によって僅かに移動するが、以降の説明では、ポリゴンミラー 7 0 の回転角に応じた偏向中心の移動を無視する。逆に言えば、本書では、厳密な意味での偏向中心の移動範囲全体を指して「偏向中心」と称する。
- [0053] 本実施形態では、レーザービーム 5 0 がポリゴンミラー 7 0 の或る稜部で反射してから次の稜部で反射するまでの間（すなわち、レーザービーム 5 0 が当該 2 つの稜部の間に挟まれた反射面を通過する間）に、レーザービーム 5 0 がワーク 5 上で 1 本の走査線に沿って走査される。当該或る稜部で反射したレーザービームの被照射点は、走査線の始点であり、当該次の稜部で反射したレ

ーザビーム 50 の被照射点は、走査線の終点である。

[0054] 本実施形態に係るビーム走査ユニット 32 は、ポリゴンミラー 70 の回転角に応じてレーザビーム 50 の焦点距離を変える手段を備えていない（もっとも、本発明に係る光走査装置がかかる手段を備えることを妨げない）。仮に、光反射部 66 が存在しなければ、レーザビーム 50 の焦点は、円弧状の軌跡を描く。その軌跡の中心は偏向中心であり、その軌跡の半径は当該偏向中心から焦点までの光路長である。一方、走査線は、円弧状の軌跡と異なり、走査方向 X に直線的に延びる。すると、走査線上の任意の被照射点から焦点までの距離が、当該被照射点の位置（すなわち、レーザビーム 50 の偏向角又はポリゴンミラー 70 の回転角）に応じて変わってしまう。よって、ポリゴンミラー 70 から走査線上の任意の被照射点までの光路長が、全被照射点にわたって一定とならず、当該被照射点の位置に応じて変わる。また、レーザビーム 50 が等速で角移動していれば、レーザビーム 50 の走査線上での走査速度も、一定とならない。

[0055] 光反射部 66 は、この問題を解消すべく、投光部 65 からのレーザビーム 50 を少なくとも 2 度反射してからワーク 5 に導く。光反射部 66 は、投光部 65 からワーク 5 上の走査線上の任意の被照射点までの光路長が全被照射点にわたって略一定となるように、また、レーザビーム 50 が等速で角移動していてもレーザビーム 50 の走査速度が略一定となるように、複数の反射部を有している。

[0056] 本実施形態に係る光反射部 66 は、投光部 65（ポリゴンミラー 70）からのレーザビーム 50 を反射する一次反射部 71 と、一次反射部 71 からのレーザビーム 50 を更に反射する二次反射部 72 とを有し、投光部 65（ポリゴンミラー 70）からのレーザビーム 50 を 2 度反射する。換言すれば、本実施形態に係るビーム走査ユニット 32 は、レーザビーム 50 を走査する光学系を構成する光学素子として、ポリゴンミラー 70 とシリンドリカルレンズ 67 との間に、前記一次反射部 71 を構成する一次ミラー 73 と、前記二次反射部 72 を構成する二次ミラー 74 とを備えている。光反射部 66 は

、これら一次ミラー 7 3 及び二次ミラー 7 4 により構成され、筐体 6 9 内で固定されている。ただし、光反射部 6 6 は、3 以上の反射部を有していてもよい。

[0057] 本実施形態では、光反射部 6 6 がレーザビームを 2 度反射すると共にレーザビーム 5 0 がワーク 5 に下から入射する。よって、第 2 折返しミラー 6 3 からのレーザビーム 5 0 は、概ね下向きにポリゴンミラー 7 0 に入射する。ポリゴンミラー 7 0 は入射したレーザビーム 5 0 を概ね上向きに反射する。一次ミラー 7 3 は、ポリゴンミラー 7 0 よりも上方に配置され、ポリゴンミラー 7 0 からのレーザビーム 5 0 を概ね下向きに反射する。二次ミラー 7 4 は、一次ミラー 7 3 よりも下方に配置され、一次ミラー 7 3 からのレーザビーム 5 0 を概ね上向きに反射する。

[0058] 図 4 は、偏向中心 C、一次反射部 7 1、二次反射部 7 2 及び走査線 5 2 の位置関係を示す概念図である。図 4 に示すように、レーザビーム 5 0 がポリゴンミラー 7 0 の 1 枚の反射面を通過する間に、レーザビーム 5 0 が 1 本の走査線 5 2 に沿ってワーク 5 上で走査方向 X に移動する。仮に一次ミラー 7 3 及び二次ミラー 7 4 が存在しなければ、レーザビーム 5 0 の焦点は、偏向中心 C を中心とした円弧 V A（以降、「仮想円弧 V A」と称す）を描くこととなる。仮想円弧 V A の半径 R は偏向中心 C から焦点までの光路長である。一次ミラー 7 3 及び二次ミラー 7 4 は、偏向中心 C から焦点までの光路を折り曲げ、それにより仮想円弧 V A をワーク 5 上で走査方向 X（ワーク 5 の幅方向）に直線状に延びるように配置転換する。このように仮想円弧 V A を走査線 5 2 に一致させるように配置転換するには、仮想円弧 V A の長さが走査線 5 2 の長さと同じことが求められる。走査線 5 2 の長さは、前述したように、ワーク 5 の幅方向における加工ライン 5 2 の長さ L X W に相当する。以降、これらを纏めてライン長 L X W と称す。

[0059] ポリゴンミラー 7 0 の反射面数を N とすると、仮想円弧 V A の中心角（すなわち、レーザビーム 5 0 の角移動範囲）は、 $720/N$ [deg] である。円周率を π 、仮想円弧 V A の半径を R とすると、仮想円弧 V A の長さは、 $2\pi R$

／ {360 × (N／720)} であり、これがライン長 L X W と等しい。一方、幾何学的に、ライン長 L X W は仮想円弧 V A の直径よりも長くなり得ない。以上より不等式 (1) を導くことができる。

[0060] [数1]

$$LXW = \frac{2\pi R}{360 \times \frac{N}{720}} \leq 2R$$

$$N \geq 2\pi \quad \dots (1)$$

式 (1) より、本実施形態に係るポリゴンミラー 70 は、7 以上の反射面を有していることが求められる (N は整数)。ただし、反射面数 N は、偶数であることが好ましい。偶数であれば、図 4 の縦軸を対称軸として光反射部 66 (本実施形態では、より具体的には一次反射部 71 及び二次反射部 72) を容易に配置可能となるからである。また、反射面数 N が大きくなると、走査線 1 本分に対応したポリゴンミラー 70 の回転角及び仮想円弧 V A が小さくなり、ライン長 L X W を長くすることが難しくなる。よって、ポリゴンミラー 70 は、8 枚の反射面を有していることが好ましい。図 4 は、ポリゴンミラー 70 の反射面数が 8 である場合を例示しており、反射面 1 枚通過分の偏向範囲が 90 度になっている。ただし、ポリゴンミラー 70 の反射面数は必ずしも 7 以上でなくてもよく、例えば反射面 1 面を全て用いてレーザービーム 50 を偏向させない場合などには、適宜ポリゴンミラー 70 の反射面数を 6 以下とすることも可能である。

[0061] 仮想円弧 V A を走査線 52 に一致させるように配置転換するための具体的な方法論を説明すると、まず、仮想円弧 V A を等間隔に分割することにより複数の仮想分割円弧 D V A 1, D V A 2, …を得る。そして、複数の仮想分割円弧 D V A 1, D V A 2, …それぞれに対応した複数の仮想弦 V C 1, V C 2, …を得る。そして、複数の仮想弦 V C 1, V C 2, …がワーク 5 上で

走査方向Xに順次に直線状に並ぶようにして、複数の仮想弦VC1, VC2, …を配置転換する。これにより、ワーク5上に配置転換された複数の仮想弦VC1', VC2', …によって走査線52が形成される。

[0062] このように走査線52を形成すると、仮想分割円弧DVA1, DVA2, …の両端2点が走査線52上に配置転換され、仮想分割円弧DVA1, DVA2, …(すなわち、当該2点間を繋ぐ曲線)が、走査線52よりも光軸方向下流側へと配置転換される。焦点は、この配置転換後の仮想分割円弧DVA1', DVA2', …に沿って角移動しようとする。配置転換後の仮想分割円弧DVA1', DVA2', …は、配置転換後の仮想弦VC1', VC2', …と同様にして、走査方向Xにおいて順次に連続する。

[0063] 仮想円弧VAを分割して複数の仮想分割円弧DVA1, DVA2, …を得ると、仮想分割円弧DVA1, DVA2, …はこれに対応した仮想弦VC1, VC2, …に良好に近似する。このため、ポリゴンミラー70の偏向中心Cから走査線52上の任意の被照射点までの光路長は、全ての焦点にわたって略一定となる。また、レーザビーム50が等速で角移動していれば、焦点は配置転換後の仮想分割円弧DVA1', DVA2', …に沿って定速で角移動しようとする。仮想分割円弧DVA1', DVA2', …は、対応する仮想弦VC1', VC2', …と良好に近似しているので、焦点の挙動は、走査線52に沿った等速直線移動と良好に近似する。

[0064] 以上のように、本実施形態では、光反射部66が、投光部65からのレーザビームを反射する一次反射部71と、一次反射部71からのレーザビーム50を更に反射する二次反射部72とを有し、投光部65からのレーザビーム50を少なくとも2度反射し、光反射部66が存在しないと仮定しない場合には投光部65から放射されたレーザビーム50の焦点が偏向中心Cを中心とする仮想円弧VAを描くところ、光反射部66はレーザビーム50を(少なくとも)2度反射することより仮想円弧VAを分割することにより得られる複数の仮想分割円弧DVA1, DVA2, …それぞれに対応した複数の仮想弦VC1, VC2, …をワーク5上で連続するように配置し、ワーク5

に導かれたレーザビーム50が配置転換された複数の仮想弦VC1', VC2', ...によって形成される走査線52に沿って走査される。これにより、ポリゴンミラー70の動作を単純化しながら、レーザビーム50をワーク5上で極力合焦させ続けつつ、レーザビーム50を極力等速で走査方向Xに移動させることができる。このため、ビーム走査ユニット32の動作信頼性を高めること、加工効率を向上すること、及び加工ムラを抑えることを同時に達成することができる。また、ポリゴンミラー70の回転角に応じてレーザビーム50の焦点距離を変える特別な手段を用いる必要性もなくなる。

[0065] 仮想分割円弧DVA1, DVA2, ...の分割数が増えれば増えるほど、仮想弦VC1, VC2, ...の中点と仮想分割円弧DVA1, DVA2, ...の中点との間の距離が小さくなり、焦点が仮想弦VC1, VC2, ...に近付く。このため、光路長の一定性を高く保つことができるし、レーザビーム50の等速性を高く保つことができる。分割数は、ビーム走査ユニット32及びレーザ加工装置に許容される誤差に応じて適宜決めることができる。例えば、図4に示すように、ポリゴンミラー70の反射面数Nが8である場合において、分割数が8（仮想分割円弧の中心角が11.25度）であれば仮想分割円弧と仮想弦の誤差（長さベース）が1.98%となる。分割数を図示のものよりも増やした場合、例えば分割数が16（仮想分割円弧の中心角が5.625度）であれば、同誤差が0.63%となり、分割数が36（仮想分割円弧の中心角が2.5度）であれば、同誤差が0.10%となる。

[0066] 仮想弦VC1, VC2, ...をワーク5上に配置転換するには、当該仮想弦VC1, VC2, ...に対応する仮想分割円弧DVA1, DVA2, ...が構成する扇形を2度折り曲げればよい。すると、2個の折り目が扇形に形成される。そのうち1つ目（1回目）の折り目が一次反射部71を構成する複数の反射面77のうちの一つに相当し、2つ目（2回目）の折り目が二次反射部72を構成する複数の反射面78のうちの一つに相当する。扇形を2度以上折り曲げないと、複数の仮想弦VC1, VC2, ...を直線に沿って並べ直すことができない。このために、光反射部66は、複数の反射部（本実施形態

では、一次反射部 7 1 及び二次反射部 7 2 の 2 種類の反射部) を有する。

[0067] 仮想弦 VC 1, VC 2, ... を順次に連続させるには、隣接する扇形の 1 つ目の折り目同士が重ならないことが好ましい。すなわち、或る仮想分割円弧 DVA 1, DVA 2, ... に対応した一次反射部 7 1 の反射面 7 7 が、これに隣接する仮想分割円弧 DVA 1, DVA 2, ... に対応した一次反射部 7 1 の反射面 7 7 と重ならないことが好ましい。こうすれば、2 つ目の折り目（すなわち、二次反射部 7 2 を構成する反射面 7 8）を、これに対応する配置転換後の仮想弦 VC 1', VC 2', ... と走査線 5 2 の直交方向に並べることができる。これにより、二次反射部 7 2 で反射したレーザビーム 5 0 を概ね垂直にワーク 5 に入射させることができる。このため、加工効率が向上するし加工ムラを抑えることができる。特に、隣接する扇形の 1 つ目の折り目の端部同士（すなわち、一次反射部 7 1 を構成する複数の反射面 7 7 のうち隣接する 2 つの反射面の端部同士）が連続していることが好ましい。すると一次反射部 7 1 の全体を極力小型に形成することができる。

[0068] なお、一次反射部 7 1 をこのように構成しても、2 つ目の折り目は隣接する折り目と連続しない。すなわち、二次反射部 7 2 を構成する複数の反射面 7 8 のうち隣接する 2 つの反射面同士は、連続しない。ただし、仮想分割円弧 DVA 1, DVA 2, ... の分割数が増えれば増えるほど、2 つ目の折り目の端部が隣接する折り目の端部と近付いていく。

[0069] 本実施形態では、直線である仮想弦 VC 1, VC 2, ... を走査方向 X に延びる直線に沿うように配置転換するので、2 つの折り目を両方とも直線とすることができる。つまり、或る仮想弦に対応する一次反射部 7 1 の反射面 7 7 と二次反射部 7 2 を構成する反射面 7 8 とがどちらも平面となる。特に、二次反射部 7 2 においては、或る仮想弦に対応する反射面 7 8 が、隣接する仮想弦に対応する反射面 7 8 と離れて配置される。

[0070] 図 5 A 及び B は、二次ミラー 7 4 A, 7 4 B の構造を示す部分側面図である。二次ミラー 7 4 は、上記のように二次反射部 7 2 の反射面 7 8 を配置可能な構成であれば、どのような構造を有していてもよい。例えば、図 5 A で

は、光反射部 6 6 が、互いに離れて配置された複数の二次ミラー 7 4 A を備え、各二次ミラー 7 4 A のミラー本体 7 6 A に、扇形の折曲げによって得られた複数の反射面 7 8 を個別に設けている。また、図 5 B に示す二次ミラー 7 4 B のように、単一のミラー本体 7 6 B に複数の反射面 7 8 を必要な位置に設け一体化する構成としてもよい。なお、図 5 A 及び B では、二次ミラー 7 4 について例示したが、一次ミラー 7 3 についても同様である。このように、各反射部 7 1, 7 2 が、非連続に並ぶ複数の反射面 7 8 から構成されるので、単一の非平面ミラーで光反射部を実現した場合と対比し、光反射部 6 6 を容易に製造及び大型化することができる。特に、本実施形態では、全ての反射面 7 7, 7 8 が平面であるので、光反射部 6 6 を一層容易に製造することが可能である。ただし、必ずしも全ての反射面を平面としなくてもよい。

[0071] 図 6 は、ポリゴンミラー 7 0 の部分断面図である。まず図 3 を参照すると、レーザビーム 5 0 は筐体 6 9 内で上下に複数回折り返されるが、各素子 6 4, 7 0, 7 3, 7 4 は光路と干渉しないように配置されることを求められる。そこで図 6 に示すように、ポリゴンミラー 7 0 の側部には、45 度プリズム 8 1 が設けられている。45 度プリズム 8 1 は、入射したレーザビーム 5 0 を入射方向と平行な方向に出射し、且つ出射光路を入射光路からポリゴンミラー 7 0 の回転軸 8 2 の軸線方向（図 3 では紙面直交方向）離すことができる。これにより、ポリゴンミラー 7 0 から出射するレーザビーム 5 0 を第 2 折返しミラー 6 4 と干渉することなく一次反射部 7 1 に導くことができる。しかも、図 3 紙面に対して傾斜する平面上に光路を配置する必要がなくなり、光学素子の設置作業が簡便になる。この 45 度プリズムは、一次反射部 7 1 及び二次反射部 7 2 に適用されていてもよい。

[0072] 図 3 に示すように、ビーム走査ユニット 3 2 は、前述のとおりシリンドリカルレンズ 6 7 を備えている。シリンドリカルレンズ 6 7 は、二次反射部 7 2 で反射したレーザビーム 5 0 を扁平にする。

[0073] 図 7 は、扁平されたパルスレーザを用いた加工ラインの形成を説明する概

念図である。本実施形態に係るレーザ発振器 31 はパルスレーザを生成する。パルスレーザは小径円形状であるところ、シリンドリカルレンズ 67 を通過したパルスレーザ 51 は、走査方向に長尺化して走査方向と直交する方向に短尺化し、楕円状に扁平になる。扁平の各パルスレーザ 51 の照射領域は、1 パルス幅だけ前に発振されたパルスレーザ 51 の照射領域と部分的に重なる。このようにして被り代 59 が形成されるようにパルスレーザ 51 を照射することで、レーザビーム 50 にパルスレーザ 51 を適用しても加工ライン 52 の連続性を担保することができる。本実施形態に係るビーム走査ユニット 32 は、レーザビーム 50 の走査速度 V_X を略一定とすることができるので、被り代 59 の大きさがバラつくのを抑えることができる。

[0074] このように扁平のパルスレーザ 51 を用いると、その分走査速度を速くすることができ有益である。また、扁平させない場合と対比して、ワーク 5 の縦方向に凹凸が小さく且つ狭い加工ライン 52 を形成することができる。なお、ワーク 5 を送りながら加工ライン 52 を形成すると共に扁平のパルスレーザ 51 を適用する場合には、扁平のパルスレーザ 51 の長手方向寸法とワーク 5 の送り速度 V_Y とを考慮し、パルスレーザ 51 の先端側を送り方向 Y に少し出るような段差を持たせて照射してもよい。

[0075] これまで本発明の実施形態に係るビーム走査ユニットについて説明したが、上記構成は適宜変更可能である。投光部は、ポリゴンミラーに限定されず、例えばガルバノミラー等の他の偏向器を適用してもよい。光反射部は、3 以上の反射部を有していてもよい。

[0076] [レーザ加工装置その他の構成]

図 8 は、図 1 に示す加工部 33 を模式的に示す側面図である。図 9 は、図 8 に示す加工部 33 を拡大して模式的に示す部分側面図である。図 10 は、図 8 に示す加工部 33 におけるレーザビームの照射の作用を模式的に示す部分側面図である。

[0077] 図 8 に示すように、本実施形態に係るワーク位置保持機構 20 は、ビーム走査ユニット 32 と共にワーク 5 の下方に配置されるワーク支持機構 21 と

、ワーク５の上方に配置されるワーク押付機構２２とを備える。つまり、ビーム走査ユニット３２及びワーク支持機構２１は加工部３３の下部に設けられ、ワーク押付機構２２は加工部３３の上部に設けられる。

[0078] ワーク支持機構２１には、例えば、ローラ、フリーベアリング、非接触エア吸着ユニット（ワーク５を下方からエアによって引き付ける引付け機構等）などが用いられる。この例では、ワーク支持機構２１に非接触エア吸着ユニット２３が適用されており、ワーク５は、図２に示すようにワーク５と非接触エア吸着ユニット２３との間に隙間が形成された状態で、非接触エア吸着ユニット２３によって下に吸着される。これにより、送り方向Ｙに送られるワーク５の上下方向位置（レベル）が少なくともレーザビーム照射部分にて変動するのを抑えることができる。

[0079] ワーク５は、薄膜層６の表面がワーク５を基準にしてビーム照射口３４とは反対側の面（すなわち、上面）となる姿勢で送られる。このため、ビーム照射口３４からのレーザビーム５０は、基板７を上向きに透過して薄膜層６で焦点が合うように照射される。

[0080] このようにレーザビーム５０が薄膜層６で合焦することで、薄膜層６を除去して加工ライン５２を形成することができる。レーザビーム５０が薄膜層６とは反対側からワーク５を照射するので、剥がれた薄膜１０（図１０も参照）や蒸散物１１（図１０も参照）と光学系（ビーム走査ユニット３２等）との間に基板７が存在する。したがって、基板７によって剥がれた薄膜１０や蒸散物１１から光学系を保護することができる。

[0081] 一方、ワーク押付機構２２には、例えば、ワーク５を上方から非接触で押し付けるエアブロワ２４や、押付けローラ等が用いられる。この例では、ワーク押付機構２２にエアブロワ２４が適用されている。このようなワーク支持機構２１及びワーク押付機構２２を加工部３３に設けたことで、送り方向Ｙに送られるワーク５の上下方向位置（レベル）が少なくとも加工部３３付近で変動するのを抑えることができる。よって、レーザビーム５０の焦点が所望位置からずれるのを抑えることができ、加工精度が向上する。

[0082] さらに、加工部 33 には、剥がれた薄膜 10 や蒸散物 11 を吸引する吸引ダクト 25 が設けられている。吸引ダクト 25 は、ワーク 5 を基準としてビーム走査ユニット 32 と反対側、すなわちワーク 5 の上方であり加工部 33 の上部に設けられている。本実施形態では、吸引ダクト 25 が、上記ワーク押付機構 22 に適用されたエアブロワ 24 と一体的に設けられている。これにより、エアブロワ 24 からの空気を吸引ダクト 25 で吸引しやすくなる。よって、剥がれた薄膜 10 をエアブロワ 24 で吹き飛ばした後、その薄膜 10 を吸引ダクト 25 でより確実に吸引することができる。このとき、蒸散物 11 もより確実に吸引することができる。これにより、剥がれた薄膜 10 や蒸散物 11 が薄膜層 6 に再付着するのを抑制することができる。

[0083] 図 9 に示すように、ワーク 5 を基板 7 に薄膜層 6 が形成された成膜ガラスとし、薄膜層 6 が上面となった状態で送るワーク 5 に反薄膜層側からレーザビーム 50 を照射し、基板 7 と薄膜層 6 との間にマイクロエクスプロージョン効果を生じさせる。マイクロエクスプロージョン効果を生じさせることで、薄膜層 6 に低出力で加工ライン 52 を形成し、加工効率を上げている。すなわち、レーザビーム 50 によって薄膜層 6 と基板 7 との間に気化して剥離する部分を生じさせ、図 10 に示すように、その気化した部分にマイクロエクスプロージョン効果を生じさせて薄膜層 6 を剥がすことで、低出力で効率良く薄膜層 6 に高速でパターニング加工を行うことができる。

[0084] しかも、ワーク 5 の送り方向 Y に対して直角に加工ライン 52 が形成できるように、レーザビーム 50 を走査するビーム走査ユニット 32 を配置して、高速で連続的に加工できるようにすることで、基板毎のワーク 5 の加工だけでなく、フレキシブル太陽電池のロール・ツー・ロール製法の連続したワークでも高速の連続加工が可能となる。

[0085] 図 11 A～G は、図 1 に示すレーザ加工装置による太陽電池の製造手順を示す側断面図である。上記の構成からなるレーザ加工装置 1 による代表的な薄膜系太陽電池 40 の製造手順について説明する。まず、図 11 A に示す基板 7 上に、図 11 B に示すように透明電極層 6 A を成膜する。次に、図 11

Cに示すように、透明電極層6Aの加工ライン52Aを形成する。この加工ライン52Aは、ワーク5を送り方向Yに定速で送りながら、レーザビーム50を走査方向Xに定速で走査することによって形成される。このように透明電極層6Aに加工ライン52Aの形成が終了したワーク5は、図11Dに示すように、光電変換層6Bが成膜される。そして、図11Eに示すように、上記レーザ加工装置1による加工ライン52の加工と同様に、光電変換層6Bに加工ライン52Bが形成される。この加工ライン52Bは、レーザ加工装置1による焦点距離が光電変換層6Bに合うようになっているため、光電変換層6Bに所定の加工ライン52Bが形成されるように、光電変換層6Bが剥がされる。そして、光電変換層6Bに加工ライン52Bを形成した後、図11Fに示すように、裏面電極層6Cが成膜される。裏面電極層6Cも、図11Gに示すように、上記加工ライン52A、52Bの形成と同様の加工方法によって、裏面電極層用のレーザ加工装置1により加工ライン52Cが形成される。このようにしてモジュール化された太陽電池40が作製される。

[0086] 以上のように複数の成膜層に加工ライン52、53、54を形成する場合でも、上記レーザ加工装置1によれば、ワーク5を搬送方向（Y方向）に送りながら、搬送方向と交差するX方向に加工ライン52、53、54を高速で形成することができるので、ワーク5の搬送を停止させることなく連続的に加工ライン52、53、54をパターニングすることができる。

[0087] 従って、ワーク5に加工ライン52A～Cを形成する作業のタクトを大幅に短縮することができ、太陽電池等の生産性を大幅に向上させることが可能となる。また、これにより、太陽電池40の低コスト化を図ることができ、太陽電池利用の促進を図ることができる。しかも、上記実施形態のレーザ加工装置1によれば、高精度の直線的な加工ライン52A～Cを正確に形成することができるので、発電面積の向上により高い発電効率が得られる太陽電池40を安定して作製することが可能となる。その上、分光・振分け・複数発振器搭載による複数のビームを用いることがないので、加工品質が安定し

た太陽電池 40 を作製できるレーザ加工装置 1 のコスト低減を図ることも可能となる。

[0088] なお、上記実施形態では、ワーク 5 を一定速度で送り方向 Y に連続的に送る例を説明したが、ワーク 5 の送りは加工条件等に応じて、一定間隔で断続的に送るようにしてもよく、上記実施形態に限定されるものではない。また、上述した実施形態は一例を示しており、本発明の要旨を損なわない範囲での種々の変更は可能であり、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。

産業上の利用可能性

[0089] 本発明は、偏向動作を等速としながら、合焦状態を維持すると共にレーザを等速で走査させることができ、更にはレーザビーム等の光を走査する光走査装置の製造及び大型化が容易になるとの顕著な作用効果を奏するものであり、種々の光走査に適用可能であり、特に薄膜太陽電池やフレキシブル太陽電池等の薄膜系太陽電池の製造に利用すると有益である。

符号の説明

[0090] 1 レーザ加工装置
3 送り装置
5 ワーク
30 レーザビームユニット
31 レーザ発振器
32 ビーム走査ユニット
50 レーザビーム
51 パルスレーザ
52 走査線
52A～C 加工ライン
60 制御装置
65 投光部
66 光反射部

67 シリンドリカルレンズ

68 偏向アクチュエータ

69 筐体

70 ポリゴンミラー

71 一次反射部

72 二次反射部

73 一次ミラー

74 二次ミラー

C 偏向中心

VA 仮想円弧

DVA1, DVA2, ... 仮想分割円弧

VC1, VC2, ... 仮想弦

VC1', VC2', ... 配置転換後の仮想弦

DVA1', DVA2', ... 配置転換後の仮想分割円弧

請求の範囲

- [請求項1] 光を等速で角移動させながら放射する投光手段と、
前記投光手段から放射された光を反射して所定の走査線上の任意の被照射点に導くための光反射手段と、を備え、
前記光反射手段は複数の反射部を有して前記投光手段から放射された光を2度以上反射して前記任意の被照射点に導き、前記反射部の各々が複数の反射面から構成され、
前記投光手段から前記被照射点までの光路長が前記走査線上の全ての被照射点にわたって略一定であり、且つ、前記投光手段から放射された光の前記走査線上での走査速度が略一定である、光走査装置。
- [請求項2] 前記反射面の少なくとも一つが平面である、請求項1に記載の光走査装置。
- [請求項3] 前記投光手段が等速で回転する回転多面鏡を有する、請求項1に記載の光走査装置。
- [請求項4] 前記回転多面鏡が7以上の反射面を有する、請求項3に記載の光走査装置。
- [請求項5] 前記走査線が直線である、請求項1に記載の光走査装置。
- [請求項6] 前記投光手段がパルスレーザを放射する、請求項1に記載の光走査装置。
- [請求項7] パルスレーザを扁平にするシリンドリカルレンズを更に備える、請求項6に記載の光走査装置。
- [請求項8] 請求項1乃至7のいずれか1項に記載の光走査装置を備え、ワークに形成された薄膜層にレーザビームで加工ラインを形成するレーザ加工装置。
- [請求項9] 前記ワークを所定の送り速度で一方向に送る定速送り装置と、
前記レーザビームでワークに加工ラインを形成する加工部で該ワークを正確な位置に支持するワーク位置保持機構と、
前記光走査装置及び前記定速送り装置を制御する制御装置と、を備

え、

前記光走査装置が、前記定速送り装置で送るワークに対して送り方向と交差する方向にレーザビームを照射し、

前記制御装置が、前記定速送り装置でワークを所定速度で送りながら、又はワークの送り速度を検出して送りながら、前記光走査装置からワークの送り方向と交差する方向に１本のレーザビームを走査し、この１本のレーザビームの加工ラインが、所定の送り速度で送るワークの送り方向に対して直角となるようにワークの送り速度とレーザビームの走査速度とを相対的に制御する、請求項８に記載のレーザ加工装置。

[請求項10] 前記定速送り装置は、一方向に送るワークとレーザビームとの平面方向相対角度を調整する捻り補正機能を具備している、請求項９に記載のレーザ加工装置。

[請求項11] 前記レーザビームは、走査方向に長い扁平ビームである、請求項９に記載のレーザ加工装置。

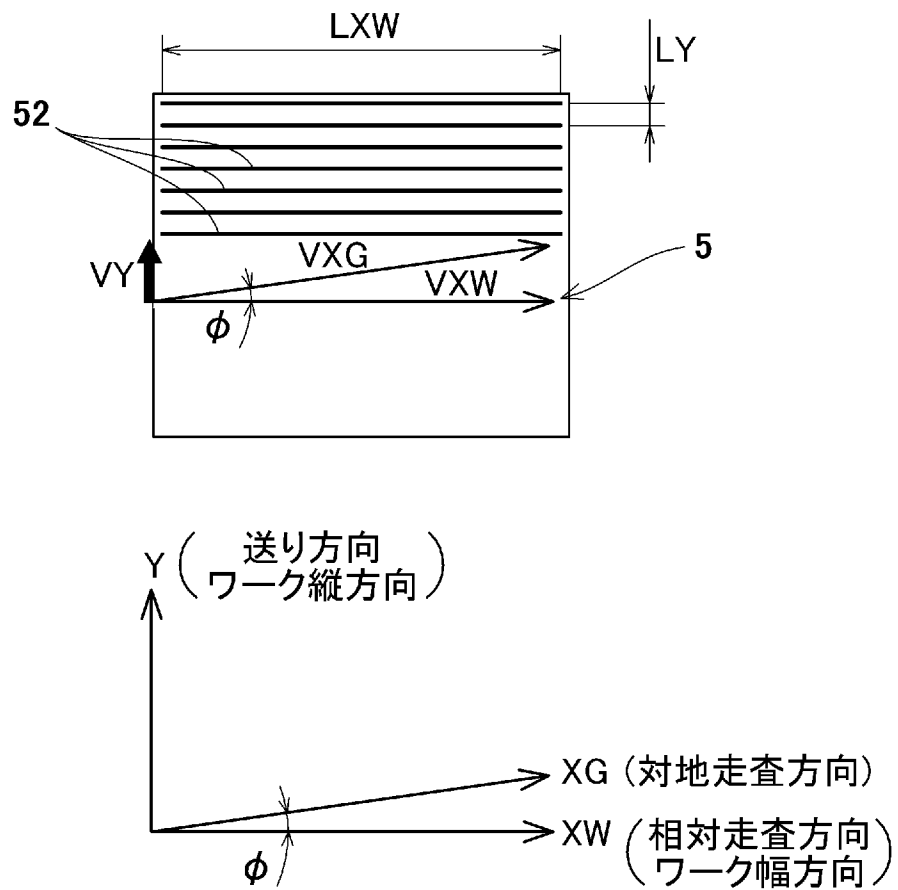
[請求項12] 前記ワークは、ガラス基板に薄膜を成膜したものであり、前記レーザビームは透過レーザビームであり、

前記透過レーザビームをガラス基板の反薄膜層方向から照射して薄膜層に加工ラインを形成するように構成した、請求項９に記載のレーザ加工装置。

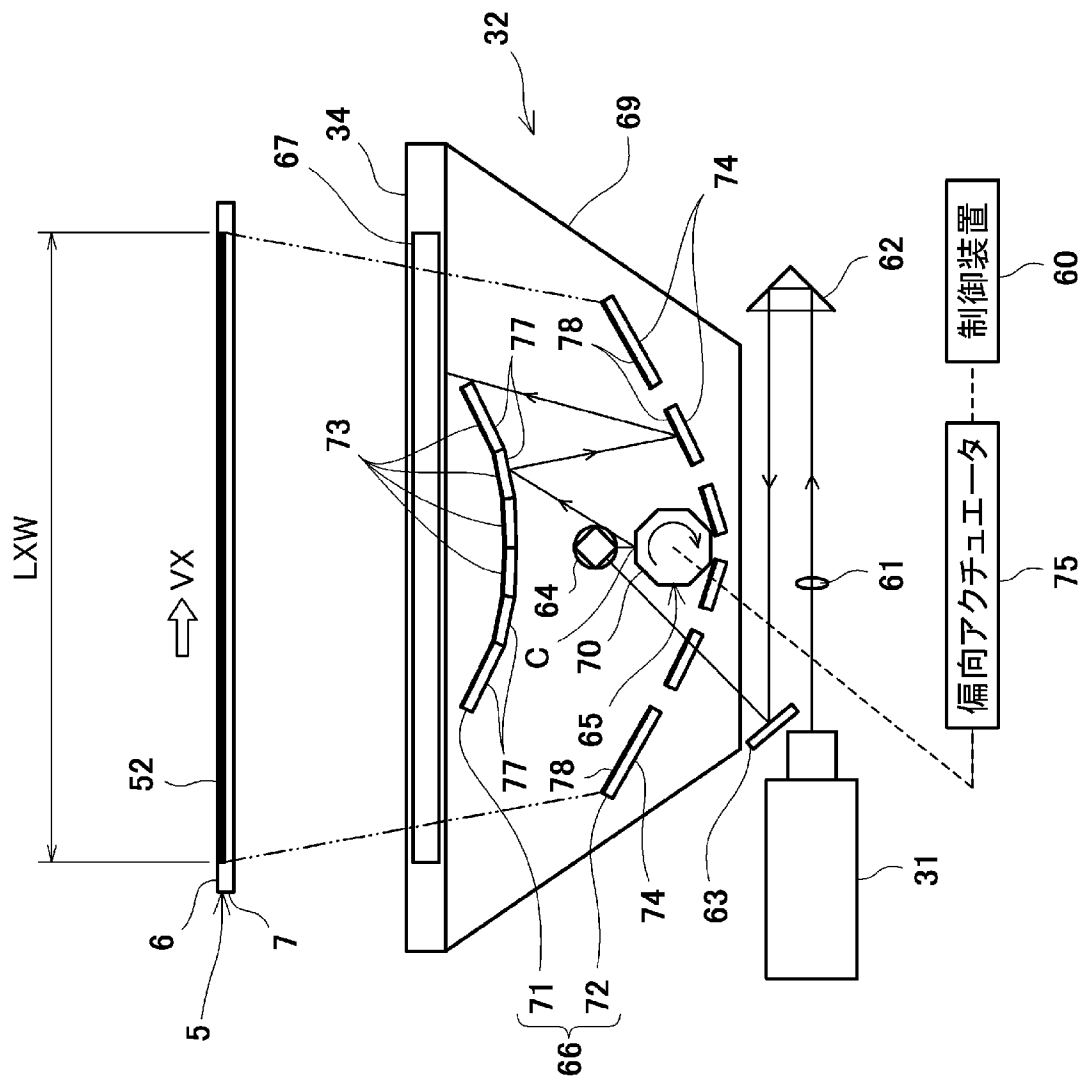
[請求項13] 前記ワーク位置保持機構は、前記薄膜層を上面にして送るワークの下方に設けたワーク支持機構と、ワークの上方に設けた非接触のワーク押付機構とを有している、請求項９に記載のレーザ加工装置。

[請求項14] 前記ワークの薄膜層の方向に除去膜吸引手段を設けた、請求項９に記載のレーザ加工装置。

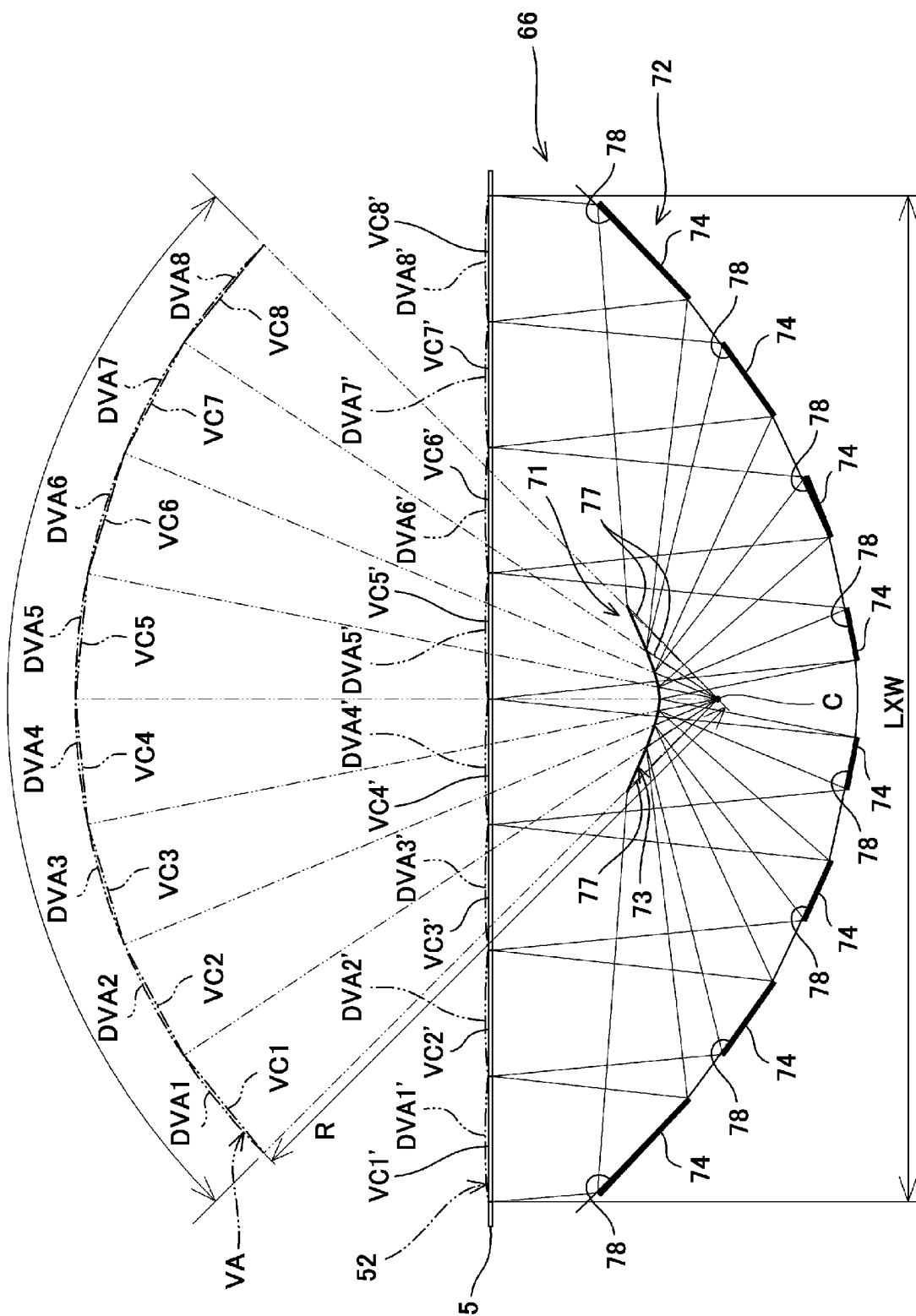
[図2]



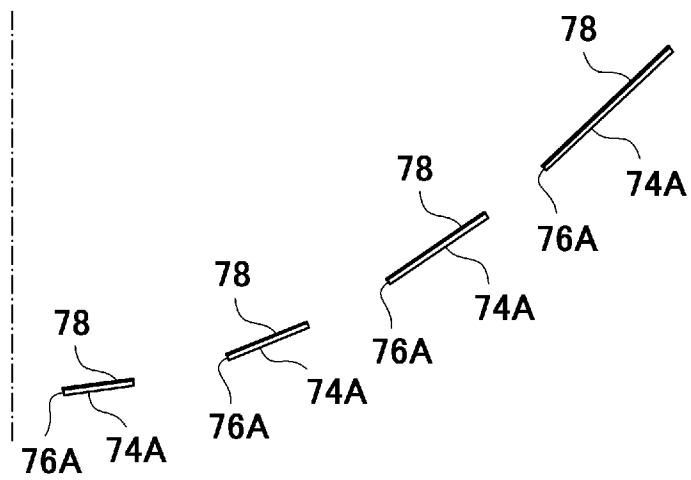
[図3]



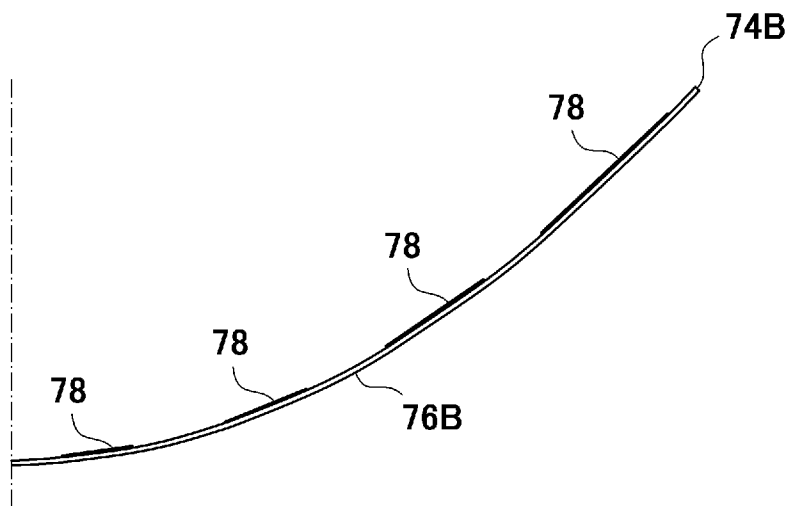
反射面1枚通過分の偏向範囲(720/N[deg])



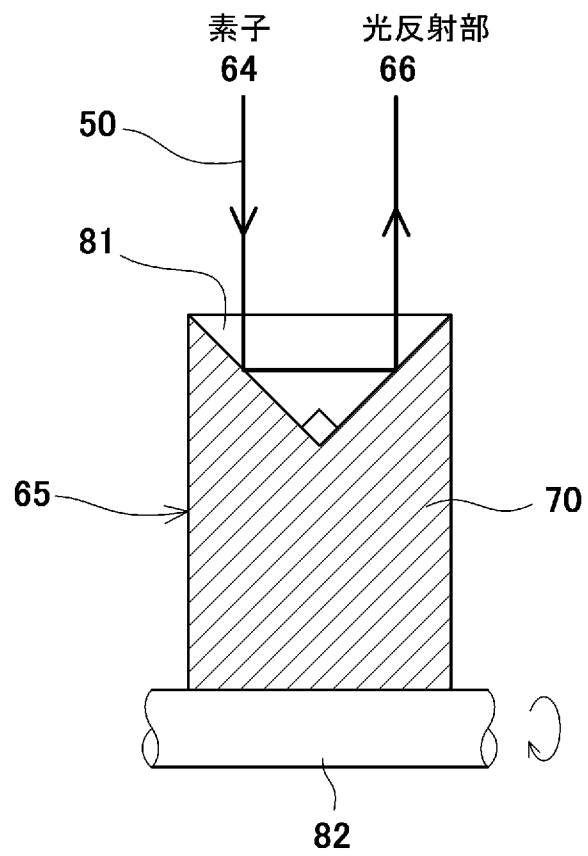
[図5A]



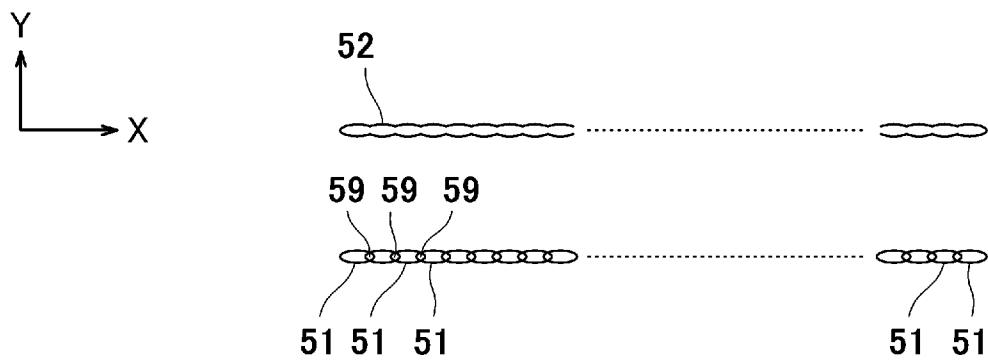
[図5B]



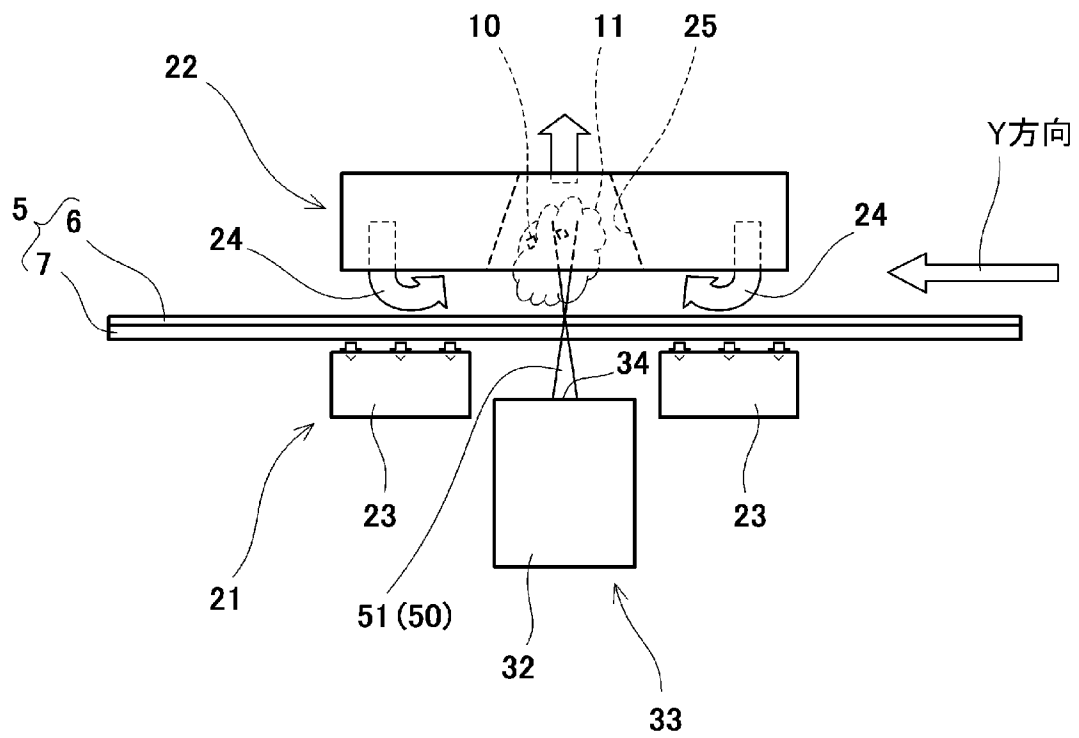
[図6]



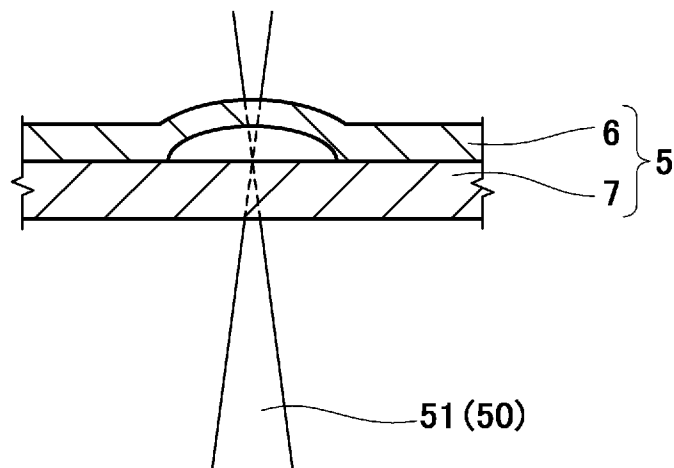
[図7]



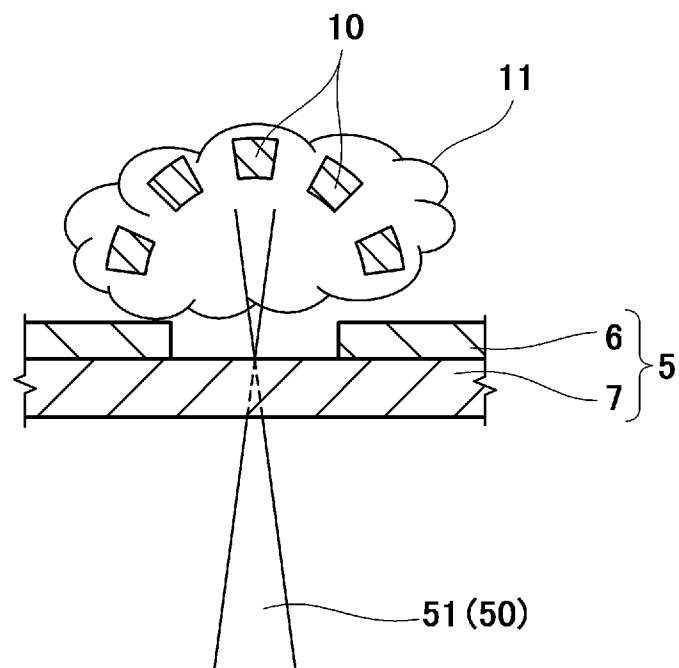
[図8]



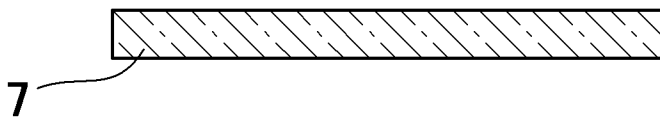
[図9]



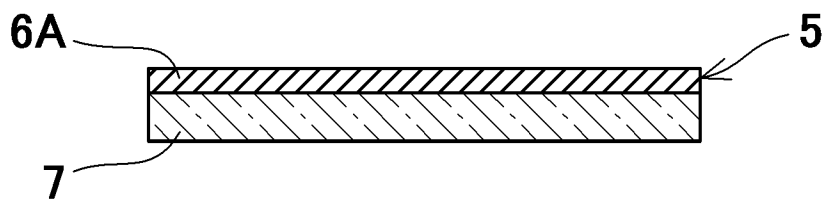
[図10]



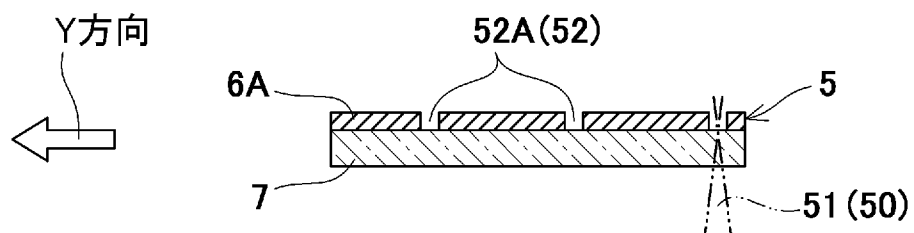
[図11A]



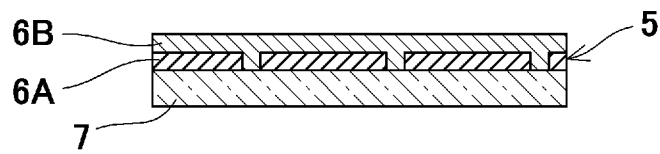
[図11B]



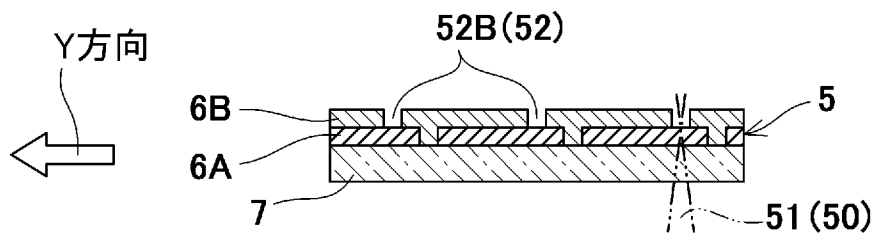
[図11C]



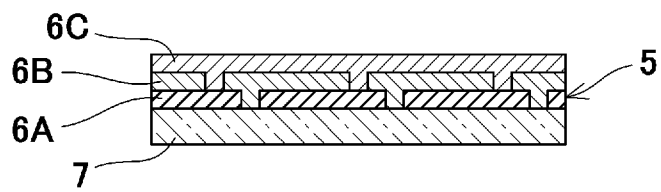
[図11D]



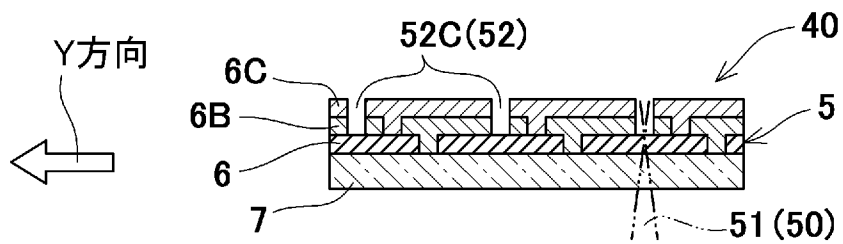
[図11E]



[図11F]



[図11G]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/08(2006.01)i, B23K26/00(2006.01)i, B23K26/04(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i, G02B26/12(2006.01)i, H01L31/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K26/08, B23K26/00, B23K26/04, G02B26/10, G02B26/12, H01L31/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 61-107315 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 May 1986 (26.05.1986), entire text; drawings (Family: none)	1-14
A	JP 61-156217 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 15 July 1986 (15.07.1986), entire text; drawings (Family: none)	1-14
A	JP 7-178581 A (Toshiba Corp.), 18 July 1995 (18.07.1995), entire text; drawings (Family: none)	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 June, 2012 (04.06.12)

Date of mailing of the international search report
19 June, 2012 (19.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001610

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-96773 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 08 April 1997 (08.04.1997), entire text; drawings & US 5694236 A	1-14
A	JP 9-197331 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 31 July 1997 (31.07.1997), entire text; drawings (Family: none)	1-14
A	JP 9-311288 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 December 1997 (02.12.1997), entire text; drawings (Family: none)	1-14
A	JP 10-197821 A (Canon Inc.), 31 July 1998 (31.07.1998), entire text; drawings & US 6046835 A & EP 851262 A2 & DE 69730106 T	1-14
A	JP 2000-187171 A (Ricoh Co., Ltd.), 04 July 2000 (04.07.2000), entire text; drawings & US 6288818 B1 & DE 19961502 A	1-14
A	JP 2008-23571 A (Canon Inc.), 07 February 2008 (07.02.2008), entire text; drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2008-26661 A (Ricoh Co., Ltd.), 07 February 2008 (07.02.2008), entire text; drawings (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B23K26/08 (2006.01)i, B23K26/00 (2006.01)i, B23K26/04 (2006.01)i, G02B26/10 (2006.01)i, G02B26/12 (2006.01)i, H01L31/04 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B23K26/08, B23K26/00, B23K26/04, G02B26/10, G02B26/12, H01L31/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 61-107315 A (松下電器産業株式会社) 1986. 05. 26, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 61-156217 A (富士写真フイルム株式会社) 1986. 07. 15, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 7-178581 A (株式会社東芝) 1995. 07. 18, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 4 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松本 公一

3 P

3 5 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 9-96773 A (富士ゼロックス株式会社) 1997. 04. 08, 全文及び図面 & US 5694236 A	1-14
A	JP 9-197331 A (富士ゼロックス株式会社) 1997. 07. 31, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 9-311288 A (株式会社リコー) 1997. 12. 02, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 10-197821 A (キヤノン株式会社) 1998. 07. 31, 全文及び図面 & US 6046835 A & EP 851262 A2 & DE 69730106 T	1-14
A	JP 2000-187171 A (株式会社リコー) 2000. 07. 04, 全文及び図面 & US 6288818 B1 & DE 19961502 A	1-14
A	JP 2008-23571 A (キヤノン株式会社) 2008. 02. 07, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2008-26661 A (株式会社リコー) 2008. 02. 07, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-14