(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
2023年11月9日(09.11.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/214475 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/064 (2014.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/005757

(22) 国際出願日： 2023年2月17日(17.02.2023)

(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 2022-075835 2022年5月2日(02.05.2022) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 形部 聖 (**GYOBU, Satoshi**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 呉屋 真之 (**GOYA, Saneyuki**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 宮原 弘臣 (**MIYAHARA, Hiroomi**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

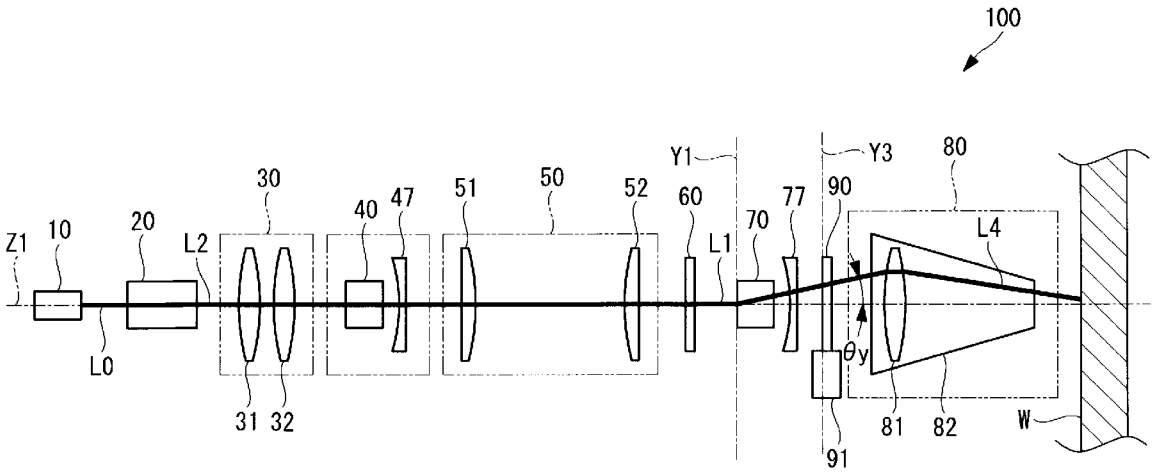
(74) 代理人: 藤田 考晴 (**FUJITA, Takaharu**); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい２－２－１ 横浜ランドマークタワー３７Ｆ Kanagawa (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,

(54) **Title:** LASER MACHINING APPARATUS

(54) 発明の名称： レーザ加工装置

[図2]



(57) **Abstract:** Provided is a laser machining apparatus (100) comprising: an irradiation unit (10) for emits laser light (L0) toward a workpiece (W) along an axial line (Z1); a KTN crystal element (70) on which the laser light (L0) emitted from the irradiation unit (10) is incident, and which adjusts, in response to a voltage applied thereto, an emission direction (θy) of the laser light in a polarization direction along a plane formed by the axial line (Z1) and an axial line (Y1) orthogonal to the axial line (Z1), relative to the axial line (Z1); a voltage application unit for applying a voltage to the KTN crystal element (70); an emission unit (80) for emitting the laser light, of which the emission direction (θy) has been adjusted by the KTN crystal element (70), to the workpiece (W); and a 1/4 wavelength plate (90) disposed between the KTN crystal element (70) and the emission unit (80).

WO 2023/214475 A1

[続葉有]

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：被加工物（Ｗ）に向けてレーザ光（Ｌ０）を軸線（Ｚ１）に沿って照射する照射部（１０）と、照射部（１０）から照射されたレーザ光（Ｌ０）が入射するとともに軸線（Ｚ１）および軸線（Ｚ１）に直交する軸線（Ｙ１）により形成される平面に沿った偏光方向のレーザ光の軸線（Ｚ１）に対する出射方向（θｙ）を印加される電圧に応じて調整するＫＴＮ結晶素子（７０）と、ＫＴＮ結晶素子（７０）に電圧を印加する電圧印加部と、ＫＴＮ結晶素子（７０）により出射方向（θｙ）が調整されたレーザ光を被加工物（Ｗ）に出射する出射部（８０）と、ＫＴＮ結晶素子（７０）と出射部（８０）との間に配置される１／４波長板（９０）と、を備えるレーザ加工装置（１００）を提供する。

明　細　書

発明の名称 ： レーザ加工装置

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ加工装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、１００ｋＨｚ～１ＭＨｚ程度の発振周波数を有する短パルスレーザ発振器などのレーザ発振器が知られている。一方、レーザ光を走査するために広く用いられるガルバノ光学系は、機械的にミラーを振動させるものであり、走査周波数が最大でも１ｋＨｚ程であるためレーザ発振器の発振周波数に比べて１～２桁周波数が低い。

[0003] そして、電圧制御によってレーザ光の走査を行うことが可能な電気光学材料であるＫＴＮ結晶を利用した光ビームスキャナが提案されている（特許文献１）。特許文献１に開示される光ビームスキャナは、機械的にミラーを振動させるものではなく電圧制御によりレーザ光の走査を行うため、２００ｋＨｚを超える高速な動作を実現することが可能となっている。特許文献１に開示される光ビームスキャナを用いて電圧制御によりレーザ光の走査を行うことで高速走査による高速加工が可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１９－１０５８１１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献１に開示される光ビームスキャナは、所定の偏光方向の直線偏光成分のみを走査するものであり、光ビームスキャナが走査するレーザ光は直線偏光成分のみを有するものとなる。そのため、例えば、レーザ光のビーム径内の全ての領域に均一の加工を行いたい場合など、直線偏光成分のみのレーザ光では所望の加工を行うことができない可能性がある。

[0006] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、レーザ光による高速加工を行うとともにレーザ光のビーム径内の全ての領域に均一の加工を行うことが可能なレーザ加工装置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] 本開示の一態様に係るレーザ加工装置は、被加工物に向けてレーザ光を第１軸線に沿って照射する照射部と、前記照射部から照射された前記レーザ光が入射するとともに前記第１軸線および前記第１軸線に直交する第２軸線により形成される平面に沿った第１偏光方向の前記レーザ光の前記第１軸線に対する第１出射方向を印加される電圧に応じて調整する第１結晶素子と、前記第１結晶素子に電圧を印加する第１電圧印加部と、前記第１結晶素子により前記第１出射方向が調整された前記レーザ光を前記被加工物に出射する出射部と、前記第１結晶素子と前記出射部との間に配置される１／４波長板と、を備える。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、レーザ光による高速加工を行うとともにレーザ光のビーム径内の全ての領域に均一の加工を行うことが可能なレーザ加工装置を提供することを目的とする。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示の一実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す正面図である。

[図2]本開示の一実施形態に係るレーザ加工装置の概略構成を示す平面図である。

[図3]１／４波長板を示す斜視図である。

[図4]１／４波長板の光学軸の方向と、レーザ光の偏光方向との関係を示す図である。

[図5]直線偏光を円偏光に変換して被加工物を加工する例を示す図である。

[図6]直線偏光の偏光方向を変換せずに被加工物を加工する例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の一実施形態に係るレーザ加工装置１００について、図面を参照して説明する。図１は、本実施形態に係るレーザ加工装置１００の概略構成を示す正面図である。図２は、本実施形態に係るレーザ加工装置１００の概略構成を示す平面図である。

[0011] 図１に示すように、本実施形態のレーザ加工装置１００は、照射部１０と、直線偏光子２０と、縮小光学系３０と、ＫＴＮ結晶素子（第２結晶素子）４０と、電圧印加部（第２電圧印加部）４５と、平凹レンズ４７と、接続用光学系５０と、半波長板６０と、ＫＴＮ結晶素子（第１結晶素子）７０と、電圧印加部（第１電圧印加部）７５と、出射部８０と、１／４波長板９０と、調整機構９１と、制御部９５と、を備える。

[0012] 照射部１０は、金属板等の被加工物Ｗに向けてランダム偏光のレーザ光Ｌ０を軸線（第１軸線）Ｚ１に沿って照射する装置である。照射部１０は、２０Ｗ以上かつ１０００Ｗ以下の出力を有するレーザ光Ｌ０を照射する。

[0013] 直線偏光子２０は、照射部１０により照射されたレーザ光Ｌ０が入射される素子である。直線偏光子２０は、レーザ光Ｌ０の軸線Ｚ１および軸線Ｚ１に直交する軸線Ｘ２により形成されるＸ２－Ｚ１平面に沿った偏光方向（第２偏光方向）の成分である直線偏光（第２直線偏光）Ｌ２を軸線Ｚ１に沿って透過させる。直線偏光Ｌ２の偏光方向は、後述する直線偏光Ｌ１の偏光方向と偏光方向が９０度異なる。

[0014] また、直線偏光子２０は、直線偏光Ｌ２の偏光方向と９０度異なる偏光方向の成分である直線偏光Ｌ３を軸線（第２軸線）Ｘ２に沿って出射する。直線偏光子２０は、例えば、方解石や水晶により形成されている。

[0015] 縮小光学系３０は、直線偏光子２０を透過した直線偏光Ｌ２のビーム径を絞り、ＫＴＮ結晶素子４０に向けて軸線Ｚ１に沿って出射する光学系である。縮小光学系３０は、第１両凸レンズ３１および第２両凸レンズ３２を軸線Ｚ１に沿って配置したものである。

[0016] ＫＴＮ結晶素子４０は、カリウム（Ｋ），タンタル（Ｔａ），ニオブ（Ｎ

ｂ）からなる酸化物結晶である。ＫＴＮ結晶素子４０は、電圧印加部４５により印加される電圧に応じて、一定の偏光方向の直線偏光の出射方向を調整可能な電気光学結晶である。ここでは、電気光学結晶としてＫＴＮ結晶素子を例として出しているが、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムでも適用可能である。

[0017] 図１に示すＫＴＮ結晶素子４０は、直線偏光子２０を通過したＸ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向の直線偏光Ｌ２の出射方向を調整可能とするように配置されている。ＫＴＮ結晶素子４０には、直線偏光子２０を通過した直線偏光Ｌ２が入射する。ＫＴＮ結晶素子４０は、レーザ光Ｌ０のＸ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向の成分である直線偏光Ｌ２の軸線Ｚ１に対する出射方向（第２出射方向）θｘを電圧印加部４５により印加される電圧に応じて調整する。

[0018] 電圧印加部４５は、ＫＴＮ結晶素子４０に電圧を印加する装置である。電圧印加部４５は、ＫＴＮ結晶素子４０が直線偏光Ｌ２を出射する出射方向θｘを任意の角度に調整するように、ＫＴＮ結晶素子４０に印加する電圧を調整する。電圧印加部４５は、制御部９５から伝達される制御信号に応じてＫＴＮ結晶素子４０に印加する電圧を調整する。電圧印加部４５が出力する電圧の周波数は、例えば、１ｋＨｚ以上かつ１ＭＨｚ以下に設定される。

[0019] 接続用光学系５０は、ＫＴＮ結晶素子４０から出射されて平凹レンズ４７を通過した直線偏光Ｌ２を半波長板６０に導く光学系である。接続用光学系５０は、凸部分が対向して配置される平凸レンズ５１および平凸レンズ５２を有する。

[0020] 半波長板６０は、ＫＴＮ結晶素子４０を通過して接続用光学系５０から出射される直線偏光Ｌ２の偏光方向をＸ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向と９０度異なる偏光方向（第１偏光方向）に変えた直線偏光（第１直線偏光）Ｌ１をＫＴＮ結晶素子７０へ導く部材である。半波長板６０は、入射される直線偏光Ｌ２に半波長分の１８０度の位相差を与えることにより、直線偏光Ｌ２の偏光方向をＸ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向から９０度異なる偏光方向に

変換する。

[0021] 半波長板６０で直線偏光Ｌ２の偏光方向を９０度変えているのは、ＫＴＮ結晶素子７０においてＸ１－Ｚ１平面に直交するＹ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向を有する直線偏光Ｌ１の軸線Ｚ１に対する出射方向（第１出射方向）θｙを電圧印加部７５により印加される電圧に応じて調整するためである。ＫＴＮ結晶素子４０が調整する出射方向θｘとＫＴＮ結晶素子７０が調整する出射方向θｙとを９０度異ならせることにより、直線偏光Ｌ１の被加工物Ｗへの照射位置を２次元平面上の任意の位置に調整することができる。

[0022] ＫＴＮ結晶素子７０は、カリウム（Ｋ），タンタル（Ｔａ），ニオブ（Ｎｂ）からなる酸化物結晶である。ＫＴＮ結晶素子７０は、電圧印加部７５により印加される電圧に応じて、一定の偏光方向の直線偏光の出射方向を調整可能な電気光学結晶である。ここでは、電気光学結晶としてＫＴＮ結晶素子を例として出しているが、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムでも適用可能である。

[0023] 図１に示すＫＴＮ結晶素子７０は、半波長板６０を通過したＹ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向を有する直線偏光Ｌ１の出射方向を調整可能とするように配置されている。ＫＴＮ結晶素子７０には、半波長板６０を通過した直線偏光Ｌ１が入射する。ＫＴＮ結晶素子７０は、Ｙ１－Ｚ１平面に沿った偏光方向を有する直線偏光Ｌ１の軸線Ｚ１に対する出射方向（第１出射方向）θｙを電圧印加部７５により印加される電圧に応じて調整する。

[0024] 電圧印加部７５は、ＫＴＮ結晶素子７０に電圧を印加する装置である。電圧印加部７５は、ＫＴＮ結晶素子７０が直線偏光Ｌ１を出射する出射方向θｙを任意の角度に調整するように、ＫＴＮ結晶素子７０に印加する電圧を調整する。電圧印加部７５は、制御部９５から伝達される制御信号に応じてＫＴＮ結晶素子７０に印加する電圧を調整する。電圧印加部７５が出力する電圧の周波数は、例えば、１ｋＨｚ以上かつ１ＭＨｚ以下に設定される。

[0025] 出射部８０は、ＫＴＮ結晶素子４０により出射方向θｘが調整され、かつＫＴＮ結晶素子７０により出射方向θｙが調整された直線偏光Ｌ１を被加工

物Wに出射する装置である。出射部８０は、両凸レンズである集光レンズ８１と、ガスノズル８２とを有する。

[0026] 集光レンズ８１は、ＫＴＮ結晶素子７０から出射されて平凹レンズ７７を通過した直線偏光Ｌ１を軸線Ｚ１の近傍に集光するためのレンズである。ガスノズル８２は、軸線Ｚ１に沿って延びる円錐台状の筒であり、軸線Ｚ１に沿って集光レンズ８１から被加工物Wに向けて噴射される不活性ガス（例えば、窒素ガス）が内部を流通する。ガスノズル８２により被加工物Wに向けて不活性ガスを噴射することにより、レーザ光により溶融した被加工物Wを吹き飛ばすことができる。

[0027] １／４波長板９０は、ＫＴＮ結晶素子７０と出射部８０との間の軸線Ｚ１上に配置される部材である。１／４波長板９０は、直線偏光を円偏光に変換することが可能な光学部材である。１／４波長板９０は、ＫＴＮ結晶素子７０から入射される直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換するように配置されている。

[0028] 調整機構９１は、軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整する機構である。調整機構９１は、例えば、制御部９５からの制御信号に応答して駆動する電動モータ（図示略）を用いて１／４波長板９０を軸線Ｚ１回りに回転させることにより、軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整する。

[0029] ここで、図３および図４を参照して、１／４波長板９０の光学軸ＯＰとレーザ光の偏光方向との関係について説明する。図３は、１／４波長板９０を示す斜視図である。図４は、１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向と、レーザ光の偏光方向との関係を示す図である。

[0030] 図３に示すように、１／４波長板９０は、ＫＴＮ結晶素子７０から出射した直線偏光Ｌ１が入射する入射面９０ａがＸ３－Ｙ３平面と一致するように配置される。軸線Ｘ３は、軸線Ｚ１に直交する軸線である。軸線Ｙ３は、軸線Ｚ１と軸線Ｘ３の双方に直交する軸線である。図３に示すように、光学軸ＯＰは、Ｘ３－Ｙ３平面において、軸線Ｙ３に対して角度αだけ傾斜して配

置される。角度αは、調整機構９１により調整される。調整機構９１は、角度αが４５度となるように、軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整する。

[0031] 図４に示すように、直線偏光子２０を通過してから半波長板６０に入射するまでのレーザ光である直線偏光Ｌ２の偏光方向Ｌ２ｐは、軸線Ｘ３（軸線Ｘ１，軸線Ｘ２と同じ方向の軸線）に沿った方向となる。一方、半波長板６０を通過してから１／４波長板９０に入射するまでのレーザ光である直線偏光Ｌ１の偏光方向Ｌ１ｐは、軸線Ｙ３（軸線Ｙ１と同じ方向の軸線）に沿った方向となる。Ｘ３－Ｙ３平面において、１／４波長板９０の光学軸ＯＰは、軸線Ｙ３に対して角度αだけ傾斜して配置される。

[0032] 調整機構９１は、直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換する場合、角度αが４５度となるように、軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整する。角度αが４５度となるように配置された１／４波長板９０は、直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換する。図４に示すように、円偏光Ｌ４の偏光方向Ｌ４ｐは、軸線Ｚ１回りに周期的に周回する方向となる。

[0033] 調整機構９１は、直線偏光Ｌ１の偏光方向を変換せずに１／４波長板９０を通過させる場合、角度αが０度または９０度となるように、軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整する。角度αが０度または９０度となるように配置された１／４波長板９０は、直線偏光Ｌ１の偏光方向を変換せずに通過させる。

[0034] 次に、図５および図６を参照して、直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換して被加工物Ｗを加工する場合と、直線偏光Ｌ１の偏光方向を変換せずに被加工物Ｗを加工する場合について説明する。図５は、直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換して被加工物Ｗを加工する例を示す図である。図６は、直線偏光Ｌ１の偏光方向を変換せずに被加工物Ｗを加工する例を示す図である。図５および図６において、加工領域ＰＡは、照射部１０からレーザ光が照射されるオン状態の期間に金属板等の被加工物Ｗに形成される溶融部分を示す。

[0035] 図５に示すように、直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換して被加工物Ｗを加

工する場合、加工領域ＰＡはレーザ光のビーム径ＢＤの略真円形状となる。これは、出射部８０から出射される円偏光Ｌ４の偏光方向が周期的に変化し、レーザ光が照射される領域（ビーム径ＢＤ内の全ての領域）における加工量が均一化されるからである。ビーム径ＢＤ内の全ての領域における加工量が均一化されるため、図５に示す円形の加工形状ＰＳの各領域を均等に加工して被加工物Ｗに円形の穴を空ける加工等に適している。

[0036] 一方、図６に示すように、直線偏光Ｌ１の偏光方向を変換せずに被加工物Ｗを加工する場合、加工領域ＰＡはレーザ光のビーム径ＢＤが長軸でビーム径ＢＤよりも短い幅Ｗが短軸の楕円形状となる。これは、出射部８０から出射される直線偏光Ｌ１の偏光方向Ｌ１ｐが固定されており、レーザ光が照射される領域（ビーム径ＢＤ内の全ての領域）における加工量が偏光方向Ｌ１ｐに沿った方向（軸線Ｙ３に沿った方向）で多くなるからである。レーザ光が照射される領域における加工量が偏光方向Ｌ１ｐに沿った方向で多くなるため、偏光方向Ｌ１ｐに沿って直線状に加工する切断加工等に適している。

[0037] 以上において、調整機構９１は、角度αを４５度となるようにして直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換するか、角度αを０度または９０度となるようにして直線偏光Ｌ１の偏光方向を変換せずに１／４波長板９０を通過させるかのいずれかを実行するものとしたが、他の態様であってもよい。例えば、調整機構９１は、角度αを０より大きく４５度未満の任意の角度、または４５度より大きく９０度未満の任意の角度に設定しても良い。この場合、図６に示す幅Ｗを変化させることができる。幅Ｗを適切な長さに設定することで、被加工物Ｗに行いたい加工に応じた適切な加工領域ＰＡを被加工物Ｗに形成することができる。

[0038] 制御部９５は、電圧印加部４５および電圧印加部７５に制御信号を伝達する装置である。制御部９５は、電圧印加部４５がＫＴＮ結晶素子４０に印加する電圧を調整するための制御信号を電圧印加部４５に伝達し、電圧印加部７５がＫＴＮ結晶素子７０に印加する電圧を調整するための制御信号を電圧印加部７５に伝達する。

[0039] 以上説明した本実施形態のレーザ加工装置１００は、以下の作用及び効果を奏する。

本実施形態のレーザ加工装置１００によれば、照射部１０から照射されたレーザ光がＫＴＮ結晶素子７０に入射され、電圧印加部７５により印加される電圧に応じて、軸線Ｚ１および軸線Ｚ１に直交する軸線Ｙ１により形成される平面に沿った偏光方向Ｌ１ｐの直線偏光Ｌ１の軸線Ｚ１に対する出射方向θｙが調整される。出射方向θｙが調整された偏光方向Ｌ１ｐの直線偏光Ｌ１は、出射部８０により被加工物Ｗに出射される。

[0040] 本実施形態のレーザ加工装置１００によれば、ＫＴＮ結晶素子７０と出射部８０との間に１／４波長板９０が配置されるため、１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整することにより、１／４波長板９０で直線偏光Ｌ１の偏光方向Ｌ１ｐを円偏光Ｌ４に変換することができる。そのため、出射部８０から出射されるレーザ光の偏光方向が周期的に変化し、レーザ光のビーム径ＢＤ内の全ての領域における加工量が均一化される。したがって、本実施形態のレーザ加工装置１００によれば、電圧に応じてレーザ光の出射方向θｙを調整することによる高速加工を行うとともにレーザ光のビーム径ＢＤ内の全ての領域に均一の加工を行うことが可能となる。

[0041] また、本実施形態のレーザ加工装置１００によれば、調整機構９１により軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整して、直線偏光Ｌ１を円偏光Ｌ４に変換することにより、レーザ光のビーム径ＢＤ内の全ての領域に均一の加工を行うことが可能となる。また、調整機構９１により軸線Ｚ１回りの１／４波長板９０の光学軸ＯＰの方向を調整して、直線偏光Ｌ１を直線偏光のまま通過させることにより、ビーム径ＢＤ内の直線偏光Ｌ１の偏光方向Ｌ１ｐの領域の加工量を他の領域の加工量よりも多くし、例えば、偏光方向Ｌ１ｐに沿って直線的にレーザ光を移動させて加工する際の加工量を多くすることができる。

[0042] 本実施形態のレーザ加工装置１００によれば、直線偏光子２０を配置することにより、照射部１０から照射されるランダム偏光のレーザ光のうち偏光

方向Ｌ１ｐと９０度異なる偏光方向Ｌ２ｐの成分である直線偏光Ｌ２がＫＴＮ結晶素子４０に入射されるが、偏光方向Ｌ２ｐとは異なる方向のレーザ光の成分はＫＴＮ結晶素子４０に入射されない。偏光方向Ｌ２ｐとは異なる方向のレーザ光の成分は、ＫＴＮ結晶素子４０による出射方向θｘの調整ができない成分である。ＫＴＮ結晶素子４０に入射されるレーザ光を直線偏光Ｌ２に絞ることにより、ＫＴＮ結晶素子４０に入射されるレーザ光の光量を抑制し、ＫＴＮ結晶素子４０の温度上昇によるレーザ光の出射方向θｘの変動を抑制することができる。

[0043] また、本実施形態のレーザ加工装置１００によれば、ＫＴＮ結晶素子４０を通過した直線偏光Ｌ２は半波長板６０を通過する際に偏光方向Ｌ２ｐと偏光方向が９０度異なる偏光方向Ｌ１ｐに変わり、偏光方向Ｌ１ｐに偏光された直線偏光Ｌ１がＫＴＮ結晶素子７０に入射される。ＫＴＮ結晶素子７０は、電圧印加部７５により印加される電圧に応じて軸線Ｚ１に対する出射方向θｙを調整する。出射方向θｙが調整された直線偏光Ｌ１は、出射部８０により被加工物Ｗに出射される。本実施形態のレーザ加工装置によれば、直線偏光Ｌ１の出射方向θｙと直線偏光Ｌ２の出射方向θｘとを調整することにより、レーザ光が２次元方向の任意の照射位置へ照射されるように調整することができる。

[0044] 以上説明した本実施形態に記載のレーザ加工装置は、例えば以下のように把握される。

本開示の第１態様に係るレーザ加工装置（１００）は、被加工物（Ｗ）に向けてレーザ光（Ｌ０）を第１軸線（Ｚ１）に沿って照射する照射部（１０）と、前記照射部から照射された前記レーザ光が入射するとともに前記第１軸線および前記第１軸線に直交する第２軸線（Ｙ１）により形成される平面に沿った第１偏光方向の前記レーザ光の前記第１軸線に対する第１出射方向（θｙ）を印加される電圧に応じて調整する第１結晶素子（７０）と、前記第１結晶素子に電圧を印加する第１電圧印加部（７５）と、前記第１結晶素子により前記第１出射方向が調整された前記レーザ光を前記被加工物（Ｗ）

に出射する出射部（８０）と、前記第１結晶素子と前記出射部との間に配置される１／４波長板（９０）と、を備える。

[0045] 本開示に係るレーザ加工装置によれば、照射部から照射されたレーザ光が第１結晶素子に入射され、第１電圧印加部により印加される電圧に応じて、第１軸線および第１軸線に直交する第２軸線により形成される平面に沿った第１偏光方向のレーザ光の第１軸線に対する第１出射方向が調整される。第１出射方向が調整された第１偏光方向のレーザ光は、出射部により被加工物に出射される。

[0046] 本開示に係るレーザ加工装置によれば、第１結晶素子と出射部との間に１／４波長板が配置されるため、１／４波長板の結晶光学軸の方向を調整することにより、１／４波長板でレーザ光の第１偏光方向を円偏光に変換することができる。そのため、出射部から出射されるレーザ光の偏光方向が周期的に変化し、レーザ光のビーム径内の全ての領域における加工量が均一化される。したがって、本開示に係るレーザ加工装置によれば、電圧に応じてレーザ光の出射方向を調整することによる高速加工を行うとともにレーザ光のビーム径内の全ての領域に均一の加工を行うことが可能となる。

[0047] 本開示の第２態様に係るレーザ加工装置は、第１態様において、前記１／４波長板が、前記レーザ光の前記第１偏光方向の成分である第１直線偏光（Ｌ１）を円偏光（Ｌ４）に変換するように配置されている。

本開示の第２態様に係るレーザ加工装置によれば、１／４波長板により第１直線偏光が円偏光に変換されるため、レーザ光のビーム径内の全ての領域に均一の加工を行うことが可能となる。

[0048] 本開示の第３態様に係るレーザ加工装置は、第１態様または第２態様において、前記第１軸線回りの前記１／４波長板の光学軸（ＯＰ）の方向を調整する調整機構（９１）を備える。

本開示の第３態様に係るレーザ加工装置によれば、調整機構により第１軸線回りの１／４波長板の光学軸の方向を調整して、第１直線偏光を円偏光に変換することにより、レーザ光のビーム径内の全ての領域に均一の加工を行

うことが可能となる。また、調整機構により第１軸線回りの１／４波長板の光学軸の方向を調整して、第１直線偏光を直線偏光のまま通過させることにより、ビーム径内の第１直線偏光の偏光方向の領域の加工量を他の領域の加工量よりも多くし、例えば、偏光方向に沿って直線的にレーザ光を移動させて加工する際の加工量を多くすることができる。

[0049] 本開示の第４態様に係るレーザ加工装置は、第１態様から第３態様のいずれかにおいて、前記照射部により照射されたランダム偏光の前記レーザ光が入射されるとともに前記レーザ光の前記第１偏光方向と９０度異なる第２偏光方向の成分である第２直線偏光（Ｌ２）を前記第１軸線（Ｚ１）に沿って透過させる直線偏光子（２０）と、前記直線偏光子を通過した前記第２直線偏光が入射するとともに前記第２直線偏光の前記第１軸線に対する第２出射方向（θｘ）を印加される電圧に応じて調整する第２結晶素子（４０）と、前記第２結晶素子に電圧を印加する第２電圧印加部（４５）と、前記第２結晶素子を通過した前記第２直線偏光の前記第２偏光方向を前記第１偏光方向に変えて前記第１結晶素子へ導く半波長板（６０）と、を備える。

[0050] 本開示の第４態様に係るレーザ加工装置によれば、照射部から照射されるランダム偏光のレーザ光のうち第１偏光方向と９０度異なる第２偏光方向の成分である第２直線偏光が第２結晶素子に入射されるが、第２偏光方向とは異なる方向のレーザ光の成分は第２結晶素子に入射されない。第２偏光方向とは異なる方向のレーザ光の成分は、第２結晶素子による第２出射方向の調整ができない成分である。第２結晶素子に入射されるレーザ光を第２直線偏光に絞ることにより、第２結晶素子に入射されるレーザ光の光量を抑制し、第２結晶素子の温度上昇によるレーザ光の出射方向の変動を抑制することができる。

[0051] また、本開示の第４態様に係るレーザ加工装置によれば、第２結晶素子を通過した第２直線偏光は半波長板を通過する際に第２偏光方向と偏光方向が９０度異なる第１偏光方向に変わり、第１偏光方向に偏光された第１直線偏光が第１結晶素子に入射される。第１結晶素子は、第１電圧印加部により印

加される電圧に応じて第１軸線に対する第１出射方向を調整する。第１出射方向が調整された第１直線偏光は、出射部により被加工物に出射される。本開示の第４態様に係るレーザ加工装置によれば、第１直線偏光の第１出射方向と第２直線偏光の第２出射方向とを調整することにより、レーザ光が２次元方向の任意の照射位置へ照射されるように調整することができる。

符号の説明

[0052] １０　照射部
２０　直線偏光子
３０　縮小光学系
３１　第１両凸レンズ
３２　第２両凸レンズ
４０　ＫＴＮ結晶素子（第２結晶素子）
４５　電圧印加部（第２電圧印加部）
４７　平凹レンズ
５０　接続用光学系
５１　平凸レンズ
５２　平凸レンズ
６０　半波長板
７０　ＫＴＮ結晶素子（第１結晶素子）
７５　電圧印加部（第１電圧印加部）
７７　平凹レンズ
８０　出射部
８１　集光レンズ
８２　ガスノズル
９０　１／４波長板
９０ａ　入射面
９１　調整機構
９５　制御部

１００　レーザ加工装置

ＢＤ　　ビーム径

Ｌ０　　レーザ光

Ｌ１　　直線偏光

Ｌ１ｐ　偏光方向

Ｌ２　　直線偏光

Ｌ２ｐ　偏光方向

Ｌ３　　直線偏光

Ｌ４　　円偏光

Ｌ４ｐ　偏光方向

ＯＰ　　光学軸

ＰＡ　　加工領域

ＰＳ　　加工形状

Ｗ　　被加工物

Ｘ１，Ｘ２，Ｘ３，Ｙ１，Ｙ３，Ｚ１　軸線

α　　角度

θx　　出射方向（第２出射方向）

θy　　出射方向（第１出射方向）

請求の範囲

[請求項1] 被加工物に向けてレーザ光を第１軸線に沿って照射する照射部と、

前記照射部から照射された前記レーザ光が入射するとともに前記第１軸線および前記第１軸線に直交する第２軸線により形成される平面に沿った第１偏光方向の前記レーザ光の前記第１軸線に対する第１出射方向を印加される電圧に応じて調整する第１結晶素子と、

前記第１結晶素子に電圧を印加する第１電圧印加部と、

前記第１結晶素子により前記第１出射方向が調整された前記レーザ光を前記被加工物に出射する出射部と、

前記第１結晶素子と前記出射部との間に配置される１／４波長板と、を備えるレーザ加工装置。

[請求項2] 前記１／４波長板は、前記レーザ光の前記第１偏光方向の成分である第１直線偏光を円偏光に変換するように配置されている請求項１に記載のレーザ加工装置。

[請求項3] 前記第１軸線回りの前記１／４波長板の光学軸の方向を調整する調整機構を備える請求項１または請求項２に記載のレーザ加工装置。

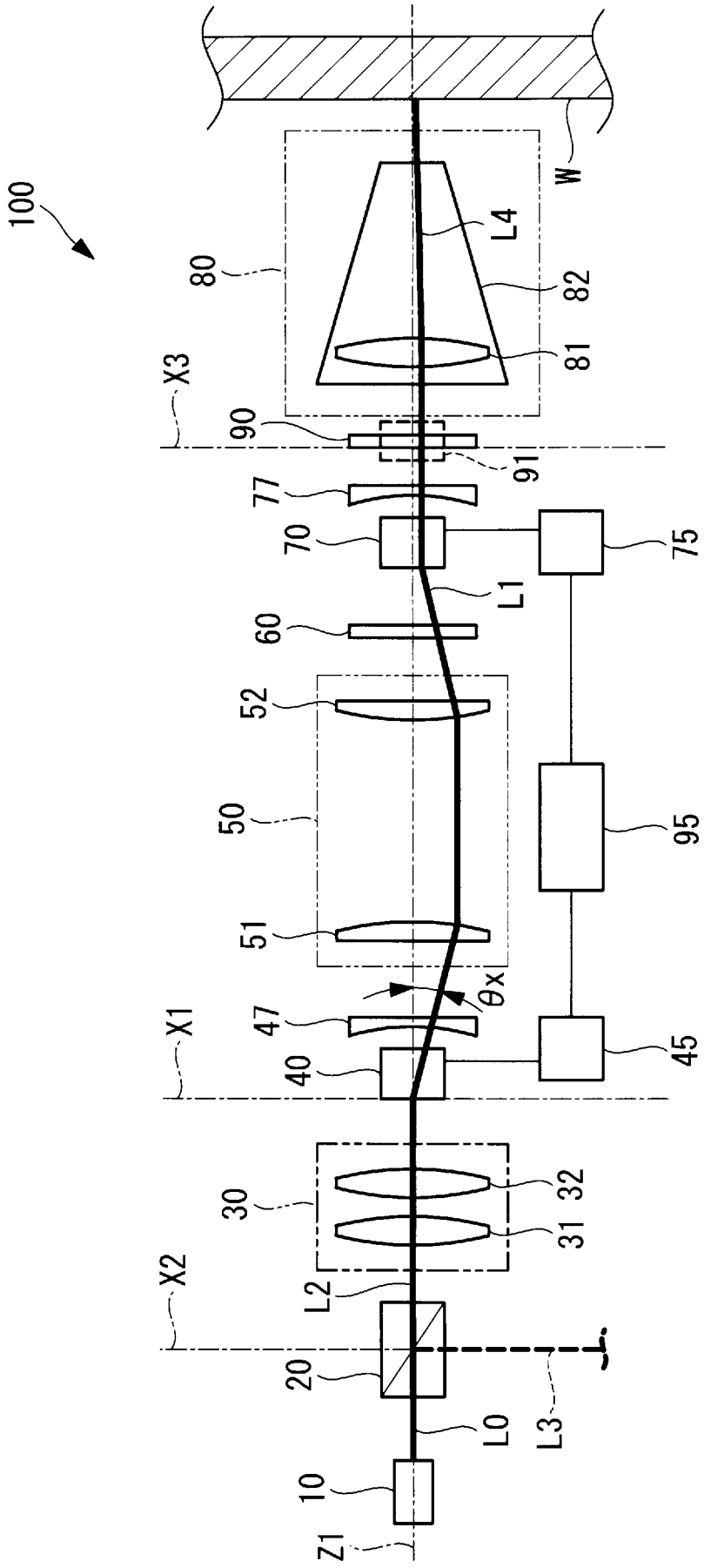
[請求項4] 前記照射部により照射されたランダム偏光の前記レーザ光が入射されるとともに前記レーザ光の前記第１偏光方向と９０度異なる第２偏光方向の成分である第２直線偏光を前記第１軸線に沿って透過させる直線偏光子と、

前記直線偏光子を通過した前記第２直線偏光が入射するとともに前記第２直線偏光の前記第１軸線に対する第２出射方向を印加される電圧に応じて調整する第２結晶素子と、

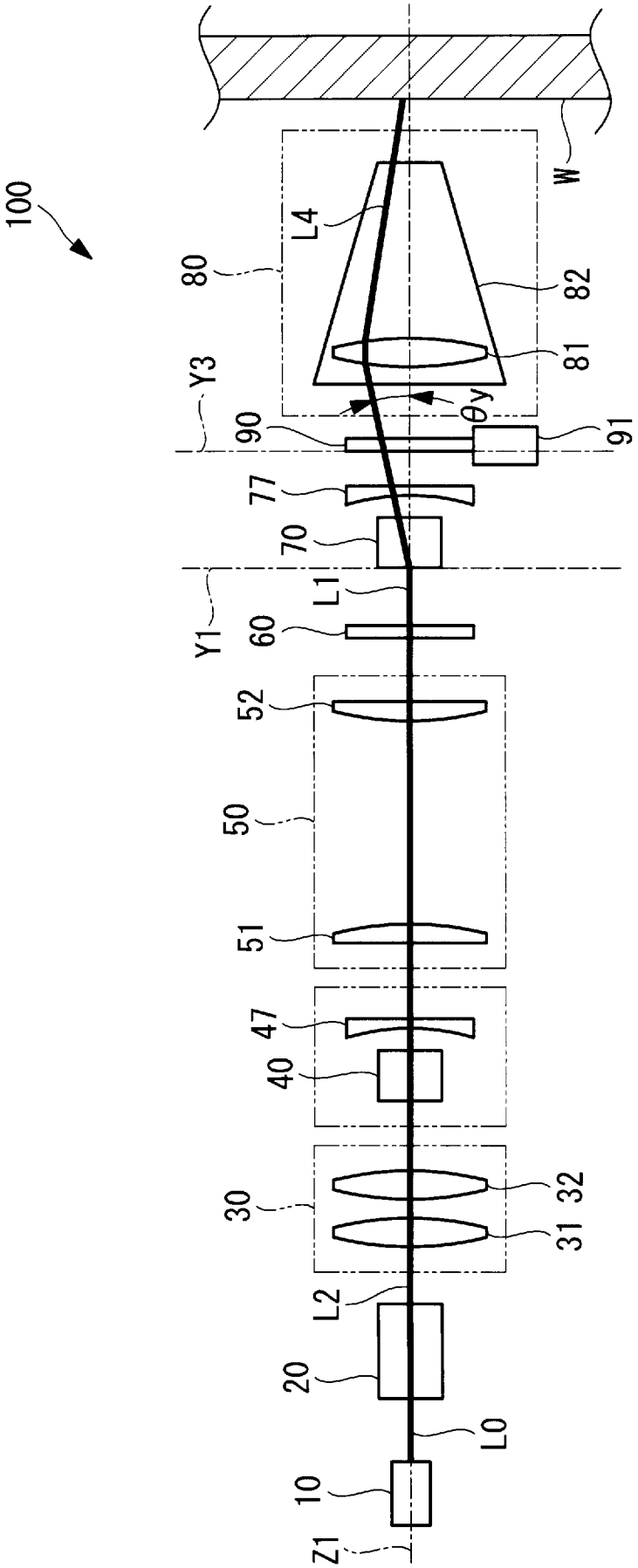
前記第２結晶素子に電圧を印加する第２電圧印加部と、

前記第２結晶素子を通過した前記第２直線偏光の前記第２偏光方向を前記第１偏光方向に変えて前記第１結晶素子へ導く半波長板と、を備える請求項１または請求項２に記載のレーザ加工装置。

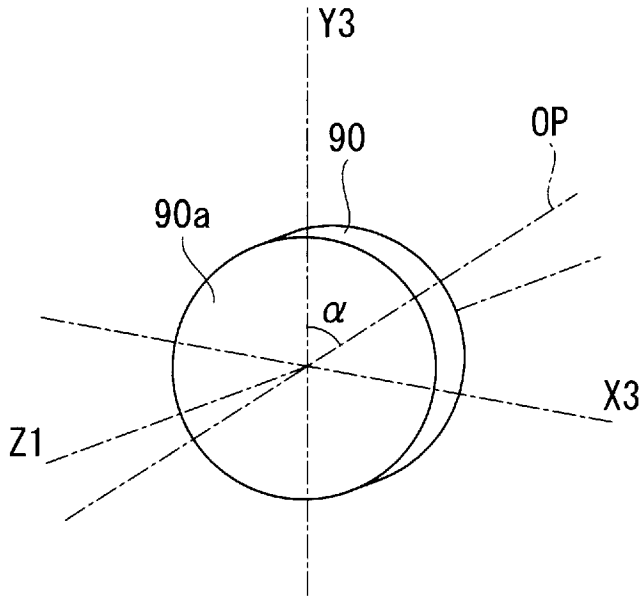
[図1]


100
W
L4
80
82
81
X3
90
91
77
70
75
L1
60
52
50
95
51
θx
X1
47
40
45
30
32
31
X2
L2
20
L0
L3
10
Z1

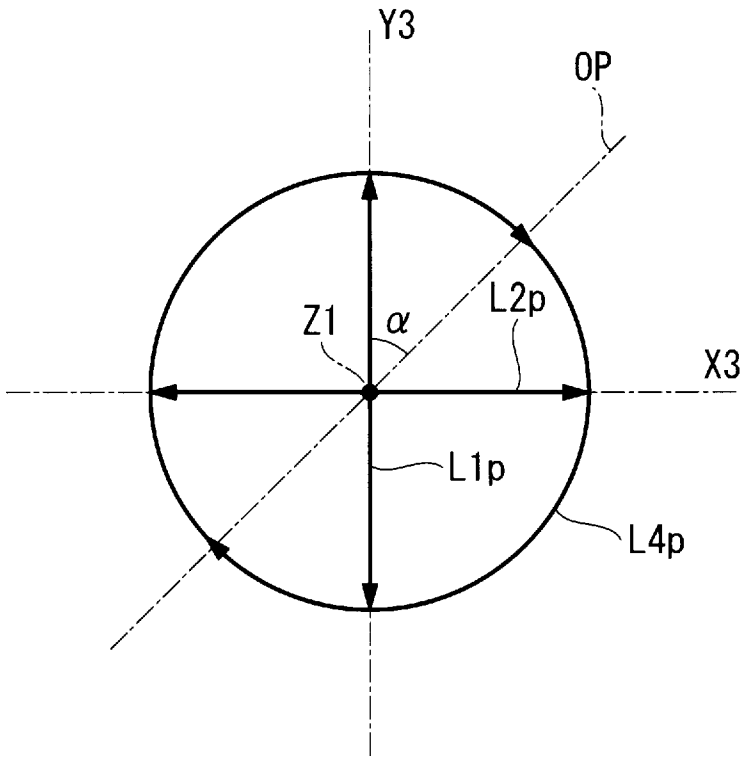
[図2]


100
W
L4
80
82
81
Y3
θy
90
91
77
70
L1
Y1
60
52
50
51
47
40
30
32
31
L2
20
L0
10
Z1

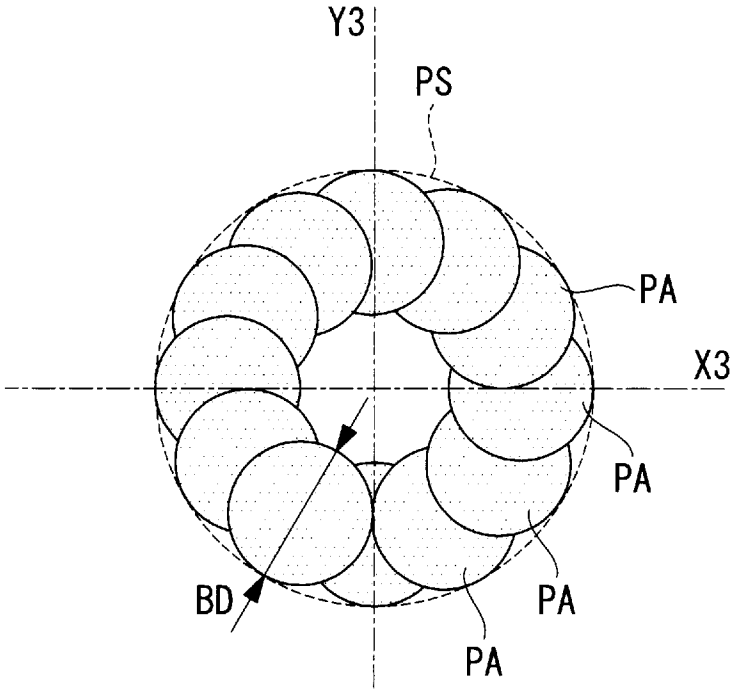
[図3]



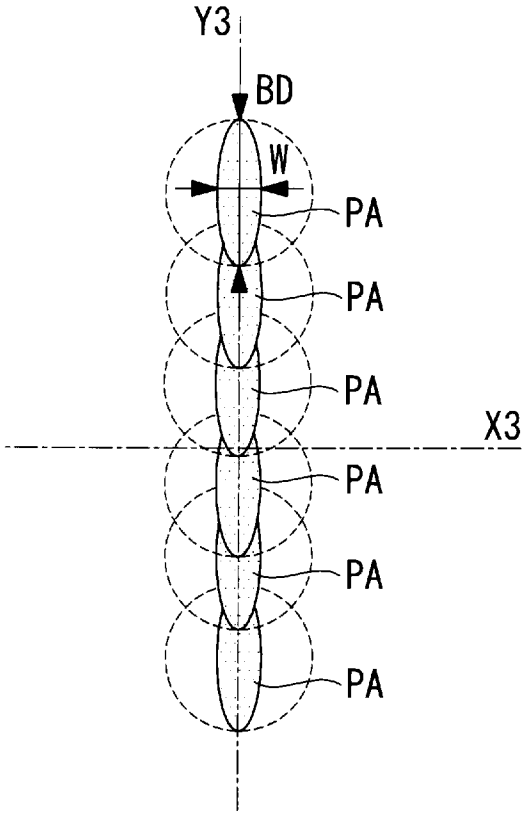
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/005757

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 26/064(2014.01)i
FI: B23K26/064 Z

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)

B23K26/064

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 2018-69310 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 10 May 2018 (2018-05-10) paragraphs [0011]-[0052], [0070], fig. 1-4	1-3
A		4
Y	JP 2008-49355 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 06 March 2008 (2008-03-06) paragraphs [0018], [0019]	1-3
A		4
A	JP 2002-530206 A (MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING CO.) 17 September 2002 (2002-09-17) entire text, all drawings	1–4
A	JP 2012-55929 A (PULSTEC INDUSTRIAL CO., LTD.) 22 March 2012 (2012-03-22) entire text, all drawings	1–4
A	JP 2013-64773 A (RICOH CO., LTD.) 11 April 2013 (2013-04-11) entire text, all drawings	1-4

☐ 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	Date of mailing of the international search report
20 April 2023	**09 May 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/005757

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2018-69310 A	10 May 2018	(Family: none)	
JP 2008-49355 A	06 March 2008	(Family: none)	
JP 2002-530206 A	17 September 2002	US 6172329 B1 entire text, all drawings CN 1326393 A	
JP 2012-55929 A	22 March 2012	(Family: none)	
JP 2013-64773 A	11 April 2013	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/005757

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23K 26/064(2014.01)i
FI: B23K26/064 Z

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（ＩＰＣ））

B23K26/064

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
Y	JP 2018-69310 A（日本電信電話株式会社）10.05.2018（2018-05-10） 段落[0011]-[0052], [0070],図1-4	1-3
A		4
Y	JP 2008-49355 A（住友電気工業株式会社）06.03.2008（2008-03-06） 段落[0018]-[0019]	1-3
A		4
A	JP 2002-530206 A（ミネソタ マイニング アンド マニュファクチャリング カンパニー）17.09.2002（2002-09-17） 全文,全図	1-4
A	JP 2012-55929 A（パルステック工業株式会社）22.03.2012（2012-03-22） 全文,全図	1-4
A	JP 2013-64773 A（株式会社リコー）11.04.2013（2013-04-11） 全文,全図	1-4

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
20.04.2023	09.05.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
岩見　勤 3P 6101

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/005757

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-69310 A	10.05.2018	（ファミリーなし）	
JP 2008-49355 A	06.03.2008	（ファミリーなし）	
JP 2002-530206 A	17.09.2002	US 6172329 B1 全文,全図 CN 1326393 A	
JP 2012-55929 A	22.03.2012	（ファミリーなし）	
JP 2013-64773 A	11.04.2013	（ファミリーなし）	