

(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 12 月 6 日(06.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/164663 A1

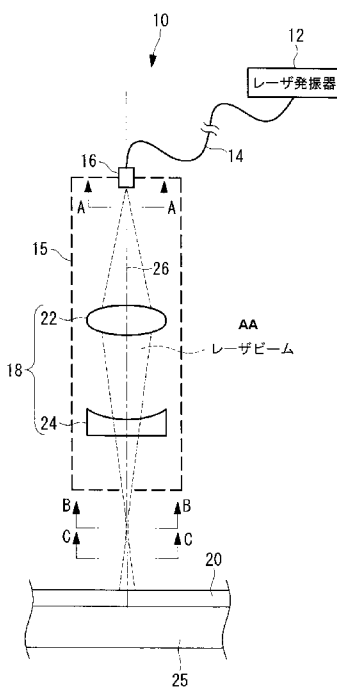
- (51) 国際特許分類:
B23K 26/06 (2006.01) B23K 26/073 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/062391
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 30 日(30.05.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 渡辺 眞生 (WATANABE, Masao) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 坪田 秀峰 (TSUBOTA, Shuho) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外 (FUJITA, Takaharu et al.); 〒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 3 7 F 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, 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, RO, RS, RU, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: LASER WORKING HEAD, LASER WORKING DEVICE, OPTICAL SYSTEM FOR LASER WORKING DEVICE, LASER WORKING METHOD, AND LASER FOCUSING METHOD

(54) 発明の名称: レーザ加工ヘッド、レーザ加工装置、レーザ加工装置の光学系、レーザ加工方法、及びレーザ集束方法

[図1]



12 Laser oscillator
AA Laser beam

(57) Abstract: A laser cutting device (10) is provided with a laser working head (15) into which the laser beam oscillated from a laser oscillator (12) enters and which emits to an object to be worked (20) laser beams, of which the focus point position is offset from the position of the object (20) to be worked and of which the intensity distribution at the position of the object (20) to be worked is in the shape of a caldera, in which the periphery regions are higher than the center region, due to a spherical lens for focusing the laser beam. Therefore, with said laser cutting device (10), it is possible to generate, with a simple configuration, a reversed laser beam on the position of the object (20) to be worked because the laser beam is reversed by using the spherical aberration of the spherical lens. Moreover, with said laser cutting device (10), the working direction of the object (20) to be worked is not limited when working the object (20) to be worked.

(57) 要約: レーザ切断装置 (10) は、レーザ発振器 (12) によって発振されたレーザビームが入射され、レーザビームを集光させるための球面レンズによって、被加工物 (20) の位置においてレーザビームの強度分布が中心領域よりも周辺領域の方が高いカルデラ状となり、かつ焦点位置が被加工物 (20) の位置からずれたレーザビームを被加工物 (20) に照射するレーザ加工ヘッド (15) を備える。従って、レーザ切断装置 (10) は、球面レンズが有する球面収差を用いてレーザビームの倒置を行うので、簡易な構成で、被加工物 (20) の位置において内外を逆転させたレーザビームを生成でき、かつ被加工物 (20) の加工において加工方向が限定されない。



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))

明 細 書

発明の名称：

レーザ加工ヘッド、レーザ加工装置、レーザ加工装置の光学系、レーザ加工方法、及びレーザ集束方法

技術分野

[0001] 本発明は、レーザ加工ヘッド、レーザ加工装置、レーザ加工装置の光学系、レーザ加工方法、及びレーザ集束方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、金属や合金の被加工物（ワーク）を加工する加工ヘッドに、レーザ発振器から光ファイバーを介してレーザビームが送られ、該レーザビームによって被加工物を切断するレーザ切断装置の開発が進んでいる。この光ファイバーを用いたレーザは、固体レーザ（例えば、ファイバレーザ、ディスクレーザ、半導体レーザ等）が光ファイバーを用いて伝送されるものである。

従来は、光ファイバーで伝送可能なYAGレーザや半導体レーザの集光性が悪く、被加工物の加工にはCO₂レーザが用いられてきたが、ファイバレーザは、CO₂レーザに比較してレーザの生成に要する電気エネルギーが少なく、ビームの品質（レーザビームの集光性と直進性）も同等以上で、高出力化も容易であるため、近年普及が進んでいる。

[0003] ここで、集光スポットのサイズを小さく、かつ焦点深度が長いレーザビームを得るために、特許文献1には、レーザ光源で発生させたレーザビームを所望の焦点深度で集光させる集光光学系であって、球面収差を発生させるように構成されている集光光学系が記載されている。

[0004] また、レーザビームは、中心領域の方が周辺領域よりも品質が良く（直進性が高い）、中心領域から離れるに従い、品質が悪いという傾向がある。そのため、被加工物を切断しているときは、品質が悪い周辺領域のレーザビームが被加工物の切断端部に接することとなり、切断の品質（切断精度及び粗度等）に影響を与えることとなる。

特に、YAGレーザ（波長が $1\mu\text{m}$ 帯）による合金を含む金属の切断加工では、板厚の厚い（数mm以上、例えば8mm以上）金属を切断できない場合もあり、切断できたとしても従来の CO_2 レーザ（波長が $10\mu\text{m}$ 帯）による切断加工ほどの品質が得られなかった。

[0005] そこで、特許文献2には、レーザビームの断面におけるガウス型分布をもったエネルギー密度分布を、2つのシリンドリカルレンズ対を備えた内外逆転光学系によりレーザビームの光軸を含む平面に対して内外で逆転させるレーザ加工装置が記載されている。なお、このレーザビームの進行方向の上流側に配置されたシリンドリカルレンズ対は2つの同一形状のシリンドリカルレンズが並列して接着された形状のレンズ対であってレーザビームを2分割し、下流側に配置されたシリンドリカルレンズ対は2つのシリンドリカルレンズが並列かつ離間して配列されたレンズ対であって上流側のシリンドリカルレンズ対によって2分割されたレーザビームをコリメートして集光レンズに入射させる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2008-139476号公報

特許文献2：特開平9-108879号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記のように特許文献2に記載のレーザ加工装置は、ガウス型分布をもったエネルギー密度分布を、レーザビームの光軸を含む平面に対して内外で逆転させているため、品質が良いレーザビームが被加工物に接することとなる。しかしながら、レーザビームを2分割して内外を逆転させているため、被加工物の位置におけるレーザビームの断面は、円形をしていないため、レーザビームが被加工物に接する方向のみでしか被加工物の加工ができない。すなわち、特許文献2に記載のレーザ加工装置では、被加工物に対して加工可

能な方向が限定される。

[0008] また、特許文献2に記載のレーザ加工装置では、レーザビームを2つのシリンドリカルレンズ対によって分割し、内外の逆転を行った後に、集光レンズによって被加工物の一点へ集光させている。このため光学系の構成が非常に複雑であり、分割する前のレーザビームの光軸、分割した2つのレーザビームの光軸を各々調整し、かつ分割した2つのレーザビームを被加工物上の同位置に集束させる必要があり、光軸調整が非常に困難である。

[0009] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、簡易な構成で、被加工物の位置において内外を逆転させたレーザビームを生成でき、かつ被加工物の加工において加工方向が限定されないレーザ加工ヘッド、レーザ加工装置、レーザ加工装置の光学系、レーザ加工方法、及びレーザ集束方法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

[0010] 上記課題を解決するために、本発明のレーザ加工ヘッド、レーザ加工装置、レーザ加工装置の光学系、レーザ加工方法、及びレーザ集束方法は以下の手段を採用する。

[0011] すなわち、本発明に係るレーザ加工装置は、レーザビームを照射することによって被加工物を加工するレーザ加工装置に備えられるレーザ加工ヘッドであって、前記レーザビームを集光させるための球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方によって、前記被加工物の位置において前記レーザビームの強度分布が中心領域よりも周辺領域の方が高いカルデラ状となり、かつ焦点位置が前記被加工物の位置からずれた前記レーザビームを前記被加工物に照射する。

[0012] 本発明によれば、レーザビームを集光させるための球面レンズ及び非球面レンズの少なくとも一方によって、被加工物の位置においてレーザビームの強度分布が中心領域よりも周辺領域の方が高いカルデラ状となり、かつ焦点位置が被加工物の位置からずれたレーザビームが被加工物に照射される。

[0013] レーザビームの強度分布を、中心領域よりも周辺領域の方が高いカルデラ

状とすることで、被加工物を加工する際に被加工物に接するレーザービームの側面の強度が高くなり、より加工精度を高めることができる。

そして、このように強度分布をカルデラ状とするためには、球面レンズが有する球面収差あるいは、十分な収差補正を行っていない（つまりは球面収差を発生可能な）非球面レンズを用いることによって、レーザービームの中心領域と周辺領域とを倒置させることによって実現することができ、該倒置を行うためには、レーザービームの焦点位置を被加工物の位置からずらす必要がある。また、レーザービームは、その中心領域の方が周辺領域に比べて品質が良い、すなわち直進性が高い。そのため、倒置されたレーザービームの周辺領域は、直進性が高くなるためビーム径を保持できる距離（焦点深度）が長くなり、厚みを有する被加工物でも品質の良い加工が可能となる。

[0014] このように、本発明は、球面レンズ及び非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いてレーザービームの倒置を行い、レーザービームを円形に集束させるので、簡易な構成で、被加工物の位置において内外を逆転させたレーザービームを生成でき、かつ被加工物の加工において加工方向が限定されない。

[0015] また、上記構成において、前記レーザービームが、前記被加工物の位置において前記レーザービームの強度分布がリング状とされることが好ましい。

[0016] このようにすることにより、被加工物の加工方向後方側のレーザービームが、溶融金属の温度上昇に寄与することとなる。この結果、レーザービームは、溶融金属の温度を十分に上昇させることができ、厚みのある被加工物でも切断することができる。

[0017] また、上記構成において、前記レーザービームが、前記被加工物の位置において前記レーザービームの強度分布を非リング状とされることが好ましい。

[0018] このようにすることにより、加工により発生した溶融金属の温度を平均的に上昇させることができる。この結果、レーザービームは、溶融金属の温度を十分に上昇させることができ、厚みのある被加工物でも切断することができる。なお、非リング状とは、例えば周辺領域と共に中心領域にも強度を有す

る円状であり、倒置されたレーザビームの強度分布がリング状に比べ均一とされている状態である。

[0019] また、上記構成において、前記レーザビームが、前記被加工物の位置において前記強度分布の中心領域にもピークを有することが好ましい。

[0020] このようにすることにより、中心領域の強度分布にピークを有するため、溶融金属に対してより多くの熱を与えることとなるので、溶融金属の温度を十分に上昇させることができ、厚みのある被加工物の切断が行える。

[0021] また、上記構成において、前記レーザビームが、前記被加工物の位置において焦点深度が1 mm以上であることが好ましい。

[0022] レーザビームは、その中心領域の方が周辺領域に比べて品質が良い、すなわち直進性が高い。そのため、倒置されたレーザビームの周辺領域は、直進性が高くなるため、被加工物の位置において焦点深度が長くなり、厚みを有する被加工物でも品質の良い加工が可能となる。

そして、レーザビームの焦点深度を1 mm以上とすることで、被加工物の板厚内でのエネルギー密度の低下を抑制できるため、より品質の高い加工が可能となる。

[0023] また、上記構成において、前記レーザビームの強度分布が、側面の急峻度がカルデラ状となった前記レーザビームの方がカルデラ状となる前の前記レーザビームよりも10%以上高いことが好ましい。

[0024] このようにすることにより、より品質の高いレーザビームが側面に位置することとなり、より品質の高い加工が可能となる。

[0025] また、上記構成において、前記球面レンズが、前記レーザビームの進行方向上流側に位置する凸レンズ、及び該凸レンズよりも前記レーザビームの進行方向下流側に位置する凹レンズを含み、前記凸レンズ及び前記凹レンズの曲率の少なくとも一方を変化させることで、前記レーザビームの前記焦点位置と前記レーザビームの強度分布が前記カルデラ状となる位置との位置関係が調整可能とされることが好ましい。

[0026] このように、レーザビームの進行方向上流側に位置する凸レンズ、及び凸

レンズよりもレーザービームの進行方向下流側に位置する凹レンズの曲率を替えることによって、すなわち、凸レンズ及び凹レンズを曲率の異なる他の凸レンズ及び凹レンズに替えることで、レーザービームの焦点位置とレーザービームの強度分布がカルデラ状となる位置との位置関係とを容易に調整できる。

[0027] また、本発明に係るレーザー加工装置は、レーザービームを発振するレーザー発振器と、前記レーザー発振器によって発振された前記レーザービームが入射される上記記載のレーザー加工ヘッドと、被加工物が載置されると共に、前記レーザー加工ヘッドに対して相対的に移動するステージと、を備える。

[0028] また、本発明に係るレーザー加工装置の光学系は、レーザー発振器によって発振されたレーザービームによって被加工物を加工するレーザー加工装置の光学系であって、球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いて、前記レーザービームの中心領域を前記被加工物の位置において周辺領域へ倒置させると共に、前記レーザービームの周辺領域を前記被加工物の位置において中心領域へ倒置させ、かつ前記レーザービームを円形に集束させる集束手段、を備える。

[0029] 本発明によれば、集束手段によって、球面レンズ及び非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いて、レーザービームの中心領域が被加工物の位置において周辺領域へ倒置されると共に、レーザービームの周辺領域が被加工物の位置において中心領域へ倒置され、かつレーザービームが円形に集束される。

そして、倒置されたレーザービームが、被加工物を加工することとなる。一般にレーザービームは、その中心領域の方が周辺領域に比べて品質が良い、すなわち直進性が高い。そのため、倒置されたレーザービームの周辺領域は、直進性が高くなる。従って、中心領域、周辺領域で集光位置を調整することで、ビーム径を保持できる距離（焦点深度）が長くなり、厚みを有する被加工物でも品質の良い加工が可能となる。

このように、本発明は、球面レンズ及び非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いてレーザービームの倒置を行うので、簡易な構成で、被

加工物の位置において内外を逆転させたレーザビームを生成でき、かつ被加工物の加工において加工方向が限定されない。

[0030] また、本発明に係るレーザ加工方法は、被加工物を加工するためのレーザビームをレーザ発振器から発振し、発振した前記レーザビームを集光させるための球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方によって、前記被加工物の位置において、強度分布が中心領域よりも周辺領域の方が強度の高いカルデラ状となり、かつ焦点位置が該被加工物の位置からずれたレーザビームを照射し、照射したレーザビームと前記被加工物とを相対的に移動させながら、前記被加工物を加工する。

[0031] また、本発明に係るレーザ集束方法は、レーザ発振器によって発振されたレーザビームによって被加工物を加工するレーザ加工装置のレーザ集束方法であって、球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いて、前記レーザビームの中心領域を前記被加工物の位置において周辺領域へ倒置させると共に、前記レーザビームの周辺領域を前記被加工物の位置において中心領域へ倒置させ、かつ該レーザビームを円形に集束させる。

[0032] 本発明によれば、簡易な構成で、被加工物の位置において内外を逆転させたレーザビームを生成でき、かつ被加工物の加工において加工方向が限定されない、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の実施形態に係るレーザ切断装置の光学系の構成を示す模式図である。

[図2]本発明の実施形態に係るレーザ切断装置の凹レンズを通過したレーザビームの光跡を示す図である。

[図3]本発明の実施形態に係るレーザ切断装置で出射されたレーザビームの異なる位置における強度分布を示す模式図であり、（A）はレーザ入射部から出射された直後のレーザビームの強度分布であり、（B）は焦点位置におけるレーザビームの強度分布であり、（C）は焦点位置よりも被加工物側の位

置におけるレーザビームの強度分布である。

[図4]本発明の実施形態に係るレーザビームの強度分布を測定する強度分布測定装置の構成図である。

[図5]本発明の実施形態に係るレーザビームの側面の急峻度を示す模式図である。

[図6]本発明の実施形態に係る被加工物の位置におけるレーザビームの強度分布を示す模式図であり、（A）は強度分布をリング状とした場合であり、（B）は強度分布を非リング状とした場合であり、（C）は中心領域にピークを有する場合である。

[図7]レーザ切断装置による被加工物の切断面を示した図であり、（A）は倒置が行われる前のレーザビームによる被加工物の切断面であり、（B）は本実施形態に係るレーザ切断装置において、倒置が行われたレーザビームによる被加工物の切断面である。

[図8]本発明の実施形態に係るレーザビームの焦点位置とレーザビームの強度分布がカルデラ状となる位置との位置関係の調整の説明に要する図である。

[図9]本発明の実施形態に係るレーザ切断装置のレンズを組レンズとした場合の構成図である。

発明を実施するための形態

[0034] 以下に、本発明に係るレーザ切断装置及びレーザ切断方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。なお、本実施形態では、本発明に係るレーザ加工装置を、被加工物を切断するレーザ切断装置として説明する。

[0035] 図1に、本実施形態に係るレーザ切断装置10の光学系の構成を示す。

レーザ切断装置10は、レーザ発振器12、光ファイバー14、レーザ加工ヘッド15、ステージ25を備えている。なお、本実施形態に係るレーザ切断装置10は、レーザ発振器12として固体レーザを用いる。

ステージ25は、被加工物20が載置されると共に、レーザ加工ヘッド15に対して相対的に移動するステージである。なお、ステージ25は、一例として、レーザ加工ヘッド15に対して平面方向（X，Y方向）に移動可能

とされている所謂X-Yステージとされる。これにより、レーザ切断装置10は、被加工物20に対して連続的にレーザビームを照射しながら、被加工物20又はレーザ加工ヘッド15を移動させることで被加工物20を切断する。

[0036] 被加工物20は、金属であり、本実施形態では被加工物20を一例として炭素鋼とする。また、被加工物20の厚みは、例えば数mm（例えば6mm～300mm、特に15mm～300mm）以上である。また、本実施形態に係るレーザ切断装置10は、被加工物20を切断する際に、アシストガスである酸素ガスを切断部分に吹きかけながら切断する。

[0037] レーザ発振器12は、レーザビーム（本実施形態では、ファイバレーザ）を生成する。レーザ発振器12によって生成されたレーザは、光ファイバー14で伝送される。

[0038] レーザ加工ヘッド15は、レーザ入射部16、及び光学系18を備えている。レーザ入射部16は、光ファイバー14の末端に接続され、光ファイバー14によって伝送されたレーザビームを、光学系18へ出射する。

光学系18は、球面レンズによって構成されており、球面レンズには、レーザビームの進行方向上流側に位置する凸レンズである集光レンズ22、及び集光レンズ22よりもレーザビームの進行方向下流側に位置する凹レンズ23が含まれ、集光レンズ22及び凹レンズ24は、中心軸線26が同軸となるように配置されている。

[0039] 集光レンズ22は、光ファイバー14から出射される所定の拡がり（開口数 $NA = \sin \theta$ ）を有するレーザビームを集光させる。集光レンズ22は、一つのレンズで構成されてもよいし、複数のレンズで構成されてもよい。また、集光レンズ22は、光ファイバー14から出射されるレーザビームを平行光にしてもよい。

[0040] 図2は、実施形態に係るレーザ切断装置10の凹レンズ24を通過したレーザビームの光跡の一例を示す図である。凹レンズ24は、レーザビームの進行方向上流側に曲率を有する一方、下流側には曲率を有さない。

[0041] 図2の例に示すように、凹レンズ24の外側に入射してきたレーザビーム（図2の実線）が集光する位置は、凹レンズ24の内側に入射してきたレーザビーム（図2の破線）が集光する位置よりも、より下流側となる。すなわち、凹レンズ24は、レーザビームを入射位置に応じて異なる位置で集光拡散させつつ、被加工物20の表面に照射させる。

[0042] そして、図2に示すように、凹レンズ24を通過したレーザビームは、全体として焦点（位置B）を結んだ下流側で発散する。ここで、球面レンズである凹レンズ24は、その球面収差により、焦点位置より下流側（被加工物20側）において、それまで中心領域にあったレーザビーム（図2の破線）を周辺領域へ倒置させると共に、それまで周辺領域にあったレーザビーム（図2の実線）を中心領域へ倒置させ、かつレーザビームを円形に集束させる。すなわち、本実施形態に係るレーザ切断装置10は、凹レンズ24を光学系18の最終段とし、光学系18の最終段と被加工物との間でレーザビームの倒置を行う。

[0043] 図3は、本実施形態に係るレーザ切断装置10から出射されるレーザビームの異なる位置における強度分布を示す模式図である。

[0044] 図3（A）は、レーザ入射部16から出射された直後（図1の位置A）のレーザビームの強度分布を示す。また、図3（B）は、焦点位置（図1、2の位置B）におけるレーザビームの強度分布を示す。

[0045] 図3（A）、（B）に示すように、レーザビームの中心領域の方が、周辺領域に比べてレーザビームの品質が良い（直進性が高い）。すなわち、周辺領域のレーザビームの品質は、中心領域よりも悪い。このような、レーザビームを用いて被加工物20を切断すると、品質が悪い周辺領域のレーザビームが被加工物20の切断端部に接することとなり、切断の品質（切断精度及び粗度等）に影響を与えることとなる。

[0046] 一方、図3（C）は、焦点位置よりも被加工物20側の位置（図1、2の位置C）におけるレーザビームの強度分布を示す。

上述したように凹レンズ24の作用によって、レーザビームは、中心領域

であったレーザビームを周辺領域へ倒置させると共に、周辺領域であったレーザビームを中心領域へ倒置させ、かつレーザビームを円形に集束させる。このため、図3（C）に示すように、品質の良いレーザビーム、すなわち、直進性の高いため、ビーム径を保持できる距離（焦点深度）が長いレーザビームが、周辺領域へ位置することになる。

[0047] このように、強度分布をカルデラ状とするためには、球面レンズが有する球面収差によって、レーザビームの中心領域と周辺領域とを倒置させることで実現することができ、該倒置を行うためには、レーザビームの焦点位置を被加工物20の位置からずらす必要がある。

なお、本実施形態に係るレーザ切断装置10は、被加工物20の位置におけるレーザビームの径を0.1～2.0mmとする。

[0048] 図4は、レーザビームの強度分布を測定する強度分布測定装置50の構成図である。

強度分布測定装置50は、円形の本体52の一部にレーザビームをスキャンするスキャン部54を備える。スキャン部54は、レーザビームと接し、ミラー56を介してレーザビームの一部を本体52の上方に設けられた光検出器58（フォトダイオード）へ導く。光検出器58は、検出したレーザビームの強度を出力する。

また、本体52は、その周方向に回転可能とされると共に、高さ方向及びレーザビームを横切る方向である左右方向へ移動可能とされ、回転及び移動を行うことで、スキャン部54によるレーザビームのスキャンを行う。

[0049] また、本実施形態に係るレーザ切断装置10が出射するレーザビームの強度分布の側面の急峻度は、カルデラ状となったレーザビームの方がカルデラ状となる前のレーザビームよりも高い。具体的には、急峻度は、側面の接線角度が10%以上、好ましくは20%以上高いことが望ましい。これにより、より品質の高いレーザビームが側面に位置することとなり、より品質の高い加工が可能となる。

急峻度は、例えば、図5に示されるように、レーザビームの強度分布のピ

ークから $1/e^2$ (e は自然対数の底、 $e = 2.71828$) で定義される直線と、レーザビームの強度分布の側面との交点における接線角 α を、カルデラ状となる前後で比較することによって算出される。

[0050] 図6は、レーザ切断装置10で用いるレーザビームの被加工物20の位置における強度分布を示す模式図である。

[0051] 図6(A)は、上述した倒置によりレーザビームのカルデラ状の強度分布を、よりリング状とした場合である。リング状とは、レーザビームの中心領域に比べて周辺領域の方の強度がより高い状態であり、中心領域の強度が非常に小さい状態である。レーザビームの強度分布をリング状とすることによって、被加工物の位置における周辺領域に品質の良いレーザビームが長焦点深度で形成されることとなり、特に厚板の切断を品質良く行うことができる。

[0052] なお、焦点深度は、エネルギー密度が被加工物20の切断に必要な値を保ちつつ、極力長く設定することが好ましい。具体的には、レーザビームの焦点深度を1mm以上とすることで、被加工物20の板厚内でのエネルギー密度の低下を抑制できるため、より品質の高い加工が可能となる。

[0053] 図6(B)は、上述した倒置によりレーザビームの強度分布を非リング状とした場合である。非リング状とは、例えば、周辺領域と共に中心領域にも強度を有する円状であり、倒置されたレーザビームの強度分布がリング状に比べ均一とされている状態である。

この場合においても、上記した倒置を行わずに収差補正を行う従来の集光レンズにより得られるレーザビームよりも、周辺領域のレーザビームの品質が良好となり、品質の良い被加工物の切断が行える。

[0054] 図6(C)は、被加工物20の位置において強度分布の中心領域にもピークを有するレーザビームの強度分布とした場合である。この場合は、中心領域の強度分布にピークを有するため、熔融金属に対してより多くの熱を与えることとなるので、熔融金属の温度を十分に上昇させることができ、厚みのある被加工物20の切断が行える。なお、中心領域におけるピークの強度は

、周辺領域のピークの強度よりも大きくても小さくてもよい。

[0055] 倒置されたレーザビームの強度分布は、レーザ入射部 16 と光学系 18 との距離、集光レンズ 22 と凹レンズ 24 との距離、集光レンズ 22 の枚数、及び集光レンズ 22 と凹レンズ 24 の位置関係等の調整、すなわち、光学系 18 を構成する集光レンズ 22 及び凹レンズ 24 の組み合わせが調整されることで、図 6 に示されるような強度分布が各々異なる形状に形成される。

[0056] 図 7 は、被加工物 20 の切断面を示した図である。

[0057] 図 7 (A) は、倒置が行われる前のレーザビームによる被加工物 20 の切断面を示す。図 7 (A) の中段及び下段に示される図が該切断に用いたレーザビームの強度分布を示し、該レーザビームは、中心領域にピークを有している。そして、図 7 (A) の上段に示される図が、切断面を実際に撮影した写真である。

[0058] 一方、図 7 (B) は、本実施形態に係るレーザ切断装置 10 において、倒置が行われたレーザビームによる被加工物 20 の切断面を示す。図 7 (B) の中段及び下段に示す図が該切断に用いたレーザビームの強度分布を示し、該レーザビームは、強度分布がカルデラ状であり、かつ中心領域にピークを有している。そして、図 7 (B) の上段に示される図が、切断面を実際に撮影した写真である。

[0059] 図 7 (A) と図 7 (B) における写真を比較すると、図 7 (B) に示される倒置が行われたレーザビームによる切断面の方が、より滑らかに切断されていることが分かる。

[0060] また、凸レンズである集光レンズ 22 及び凹レンズ 24 の曲率の少なくとも一方を変化させることで、レーザビームの焦点位置とレーザビームの強度分布がカルデラ状となる位置との位置関係、すなわち倒置を行う位置が調整可能とされている。

[0061] 例えば、図 8 に示すように、焦点位置（図 8 の “B-B”）よりも上流側で倒置（図 8 の “C-C”）を行う場合には、集光レンズ 22 の曲率を大きくし、凹レンズ 24 の曲率を小さくする。一方、焦点位置よりも下流側で倒

置を行う場合は、集光レンズ２２の曲率を小さくし、凹レンズ２４の曲率を大きくする。

なお、集光レンズ２２及び凹レンズの曲率を替えるということは、すなわち、集光レンズ２２及び凹レンズ２４を曲率の異なる他の集光レンズ２２及び凹レンズ２４に替えることであり、これにより、本実施形態に係るレーザ切断装置１０は、レーザビームの焦点位置とレーザビームの強度分布がカルデラ状となる位置との位置関係とを容易に調整できる。

[0062] また、本実施形態では集光レンズ２２と凹レンズ２４を各々異なるレンズとして記載しているが、例えば、図９に示すようにこれらを一体の組レンズ６０とし、該組レンズ６０を曲率の異なる他の組レンズ６０に交換することによって、倒置の位置を調整してもよい。

[0063] 以上説明したように、本実施形態に係るレーザ切断装置１０は、球面レンズが有する球面収差を用いてレーザビームの倒置を行い、レーザビームを円形に集束させるので、簡易な構成で、被加工物の位置において内外を逆転させたレーザビームを生成でき、かつ被加工物の加工において加工方向が限定されない。

[0064] 以上、本発明を、上記実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。発明の要旨を逸脱しない範囲で上記実施形態に多様な変更または改良を加えることができ、該変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

[0065] 例えば、上記実施形態では、アシストガスとして酸素ガスを用いる場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、アシストガスとして窒素ガスやアルゴンガス等、他のガスを用いる形態としてもよい。

[0066] また、上記実施形態では、レーザ切断装置１０にファイバレーザを用いた場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、光ファイバーによって伝送されるディスクレーザ（波長１．０５～１．０９μm）やＹＡＧレーザ、気体レーザのＣＯ₂レーザ等、他のレーザを用いる形態としてもよい。

[0067] また、上記実施形態では、球面レンズを用いてレーザービームの強度分布をカルデラ状とする場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、十分な収差補正を行っていない（つまりは球面収差を発生可能な）非球面レンズを用いてレーザービームの強度分布をカルデラ状とする形態としてもよい。また、球面レンズ及び上記非球面レンズを組み合わせるレーザービームの強度分布をカルデラ状としてもよい。

符号の説明

[0068]	1 0	レーザー切断装置
	1 2	レーザー発振器
	1 5	レーザー加工ヘッド
	1 6	レーザー入射部
	1 8	光学系
	2 0	被加工物
	2 2	集光レンズ
	2 4	凹レンズ
	2 5	ステージ

請求の範囲

- [請求項1] レーザビームを照射することによって被加工物を加工するレーザ加工装置に備えられるレーザ加工ヘッドであって、
- 前記レーザビームを集光させるための球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方によって、前記被加工物の位置において前記レーザビームの強度分布が中心領域よりも周辺領域の方が高いカルデラ状となり、かつ焦点位置が前記被加工物の位置からずれた前記レーザビームを前記被加工物に照射する、
- レーザ加工ヘッド。
- [請求項2] 前記レーザビームは、前記被加工物の位置において前記レーザビームの強度分布がリング状とされる請求項 1 又は請求項 2 記載のレーザ加工ヘッド。
- [請求項3] 前記レーザビームは、前記被加工物の位置において前記レーザビームの強度分布を非リング状とされる請求項 1 から請求項 3 の何れか 1 項記載のレーザ加工ヘッド。
- [請求項4] 前記レーザビームは、前記被加工物の位置において前記強度分布の中心領域にもピークを有する請求項 3 記載のレーザ加工ヘッド。
- [請求項5] 前記レーザビームは、前記被加工物の位置において焦点深度が 1 m m 以上である請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項記載のレーザ加工ヘッド。
- [請求項6] 前記レーザビームの強度分布は、側面の急峻度がカルデラ状となった前記レーザビームの方がカルデラ状となる前の前記レーザビームよりも 10% 以上高い請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項記載のレーザ加工ヘッド。
- [請求項7] 前記球面レンズは、前記レーザビームの進行方向上流側に位置する凸レンズ、及び該凸レンズよりも前記レーザビームの進行方向下流側に位置する凹レンズを含み、
- 前記凸レンズ及び前記凹レンズの曲率の少なくとも一方を変化させ

ることで、前記レーザビームの前記焦点位置と前記レーザビームの強度分布が前記カルデラ状となる位置との位置関係が調整可能とされている請求項1から請求項6の何れか1項記載のレーザ加工ヘッド。

[請求項8]

レーザビームを発振するレーザ発振器と、

前記レーザ発振器によって発振された前記レーザビームが入射される請求項1から請求項7の何れか1項記載のレーザ加工ヘッドと、

被加工物が載置されると共に、前記レーザ加工ヘッドに対して相対的に移動するステージと、

を備えたレーザ加工装置。

[請求項9]

レーザ発振器によって発振されたレーザビームによって被加工物を加工するレーザ加工装置の光学系であって、

球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いて、前記レーザビームの中心領域を前記被加工物の位置において周辺領域へ倒置させると共に、前記レーザビームの周辺領域を前記被加工物の位置において中心領域へ倒置させ、かつ前記レーザビームを円形に集束させる集束手段、
を備えたレーザ加工装置の光学系。

[請求項10]

被加工物を加工するためのレーザビームをレーザ発振器から発振し、

発振した前記レーザビームを集光させるための球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方によって、前記被加工物の位置において、強度分布が中心領域よりも周辺領域の方が強度の高いカルデラ状となり、かつ焦点位置が該被加工物の位置からずれたレーザビームを照射し、

照射したレーザビームと前記被加工物とを相対的に移動させながら、前記被加工物を加工する
レーザ加工方法。

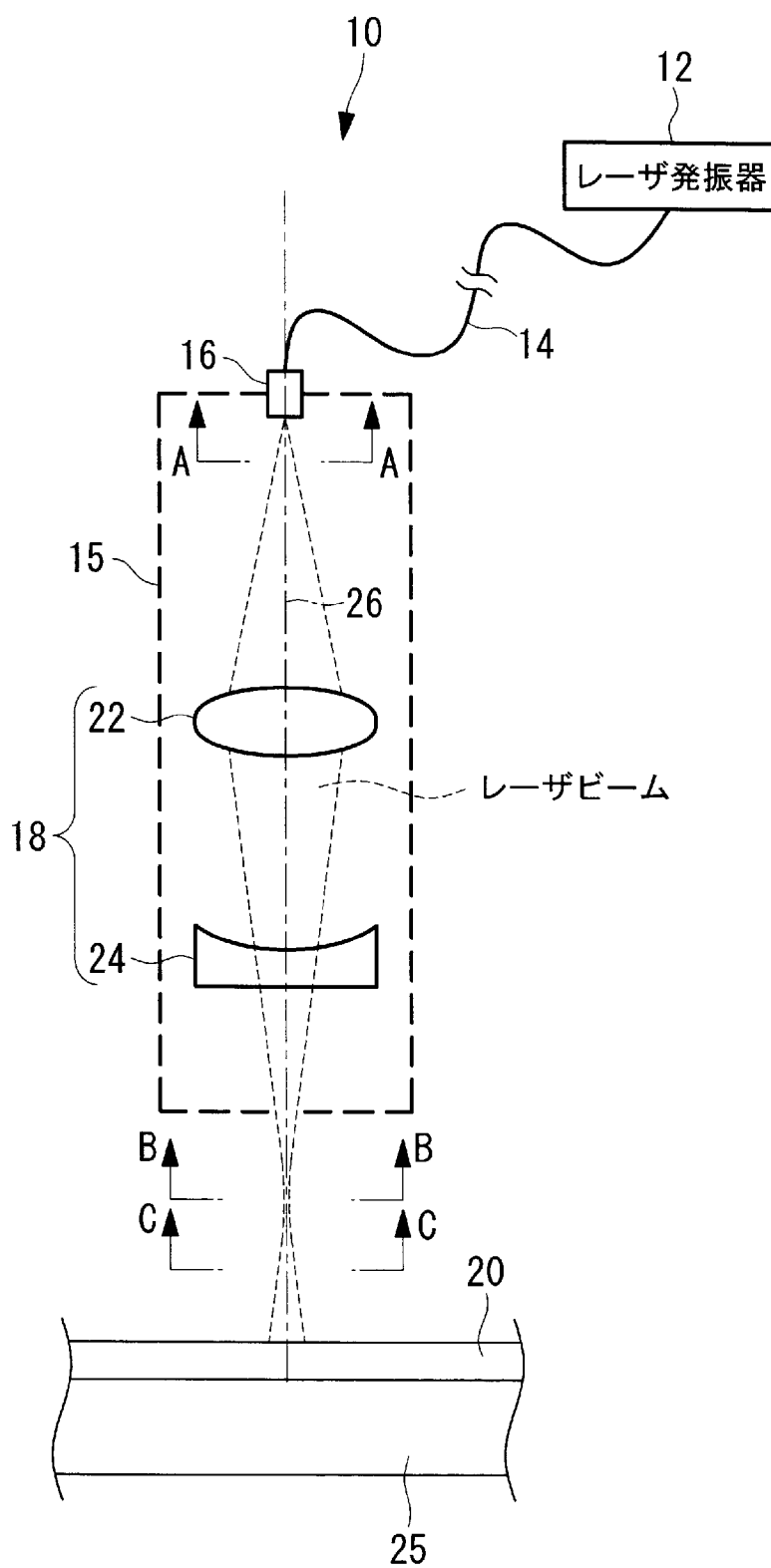
[請求項11]

レーザ発振器によって発振されたレーザビームによって被加工物を

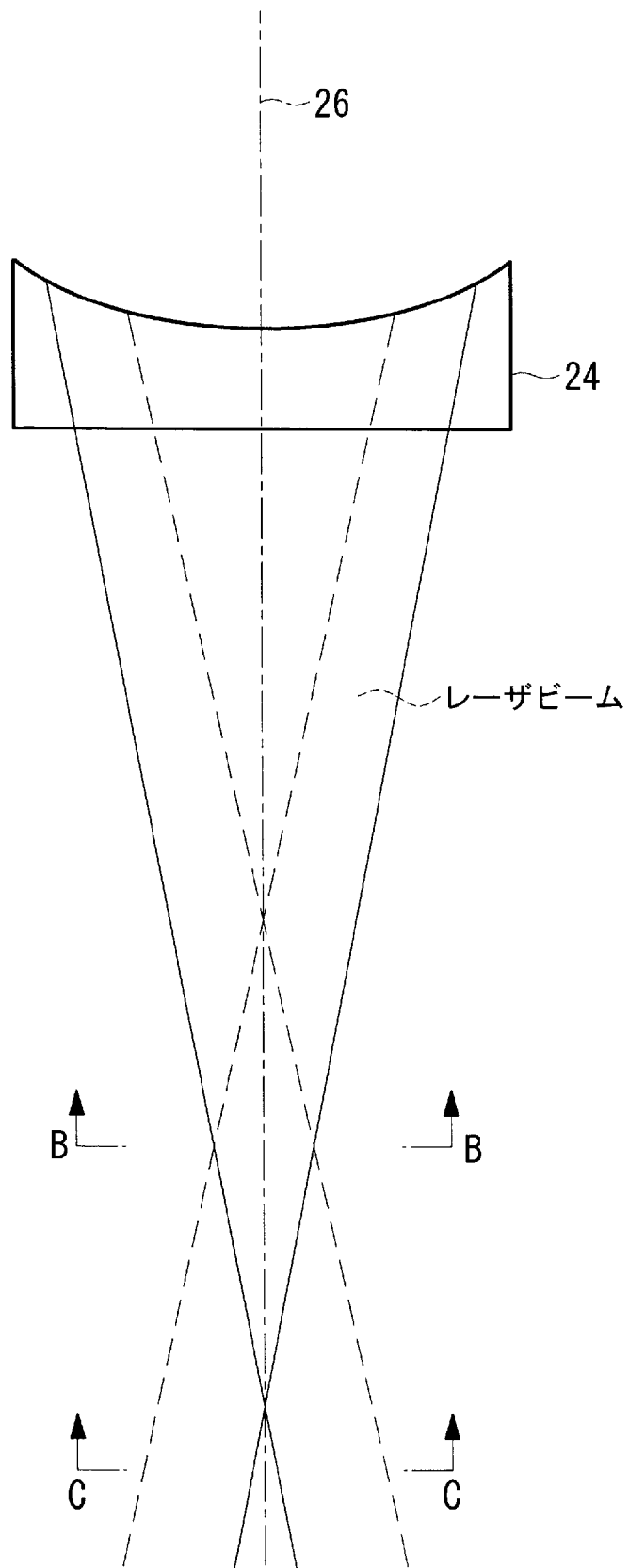
加工するレーザ加工装置のレーザ集束方法であって、

球面レンズ及び球面収差を発生可能な非球面レンズの少なくとも一方が有する球面収差を用いて、前記レーザビームの中心領域を前記被加工物の位置において周辺領域へ倒置させると共に、前記レーザビームの周辺領域を前記被加工物の位置において中心領域へ倒置させ、かつ該レーザビームを円形に集束させるレーザ集束方法。

[図1]

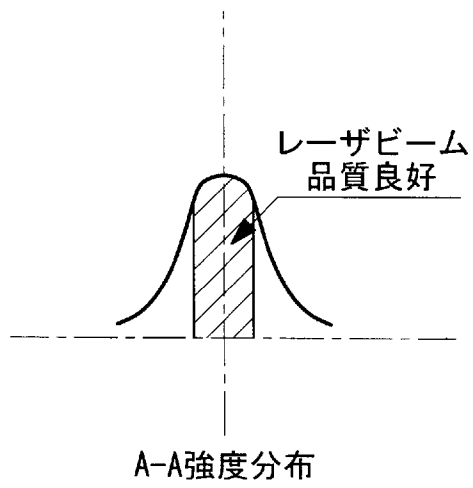


[図2]

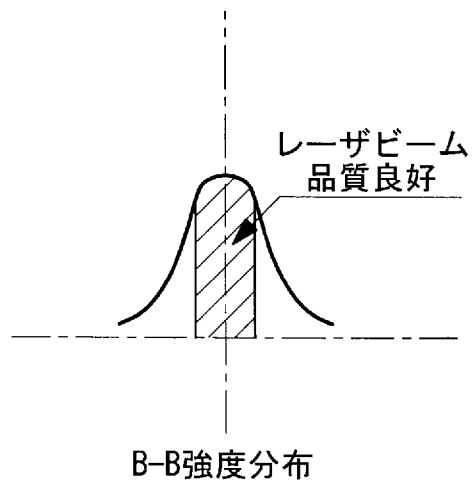


[図3]

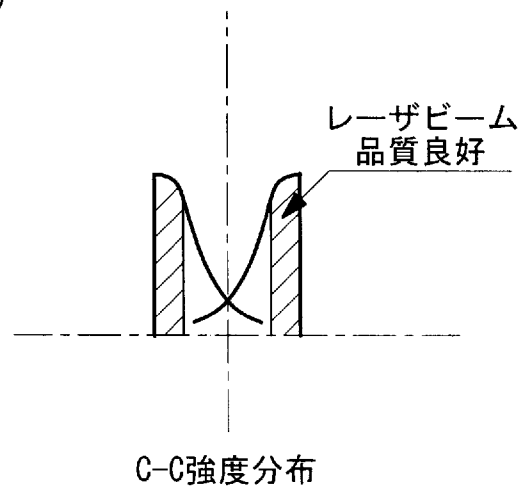
(A)



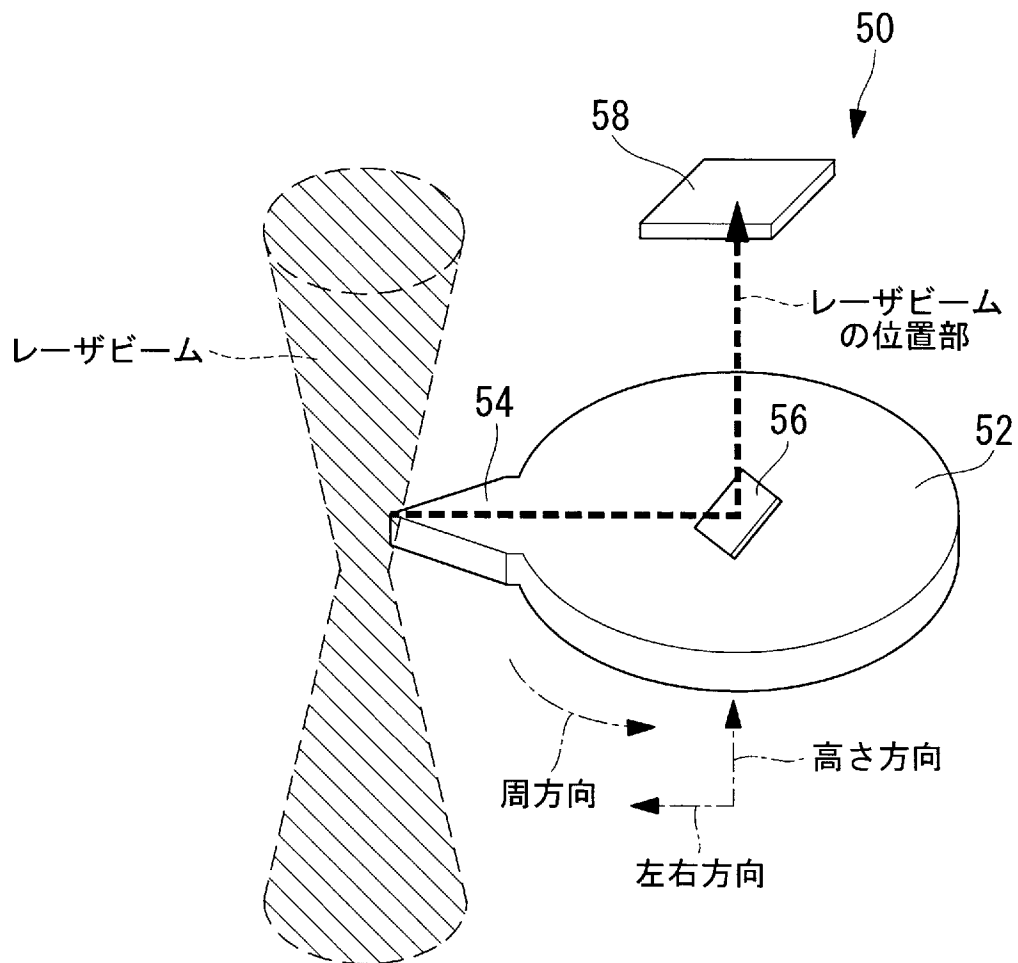
(B)



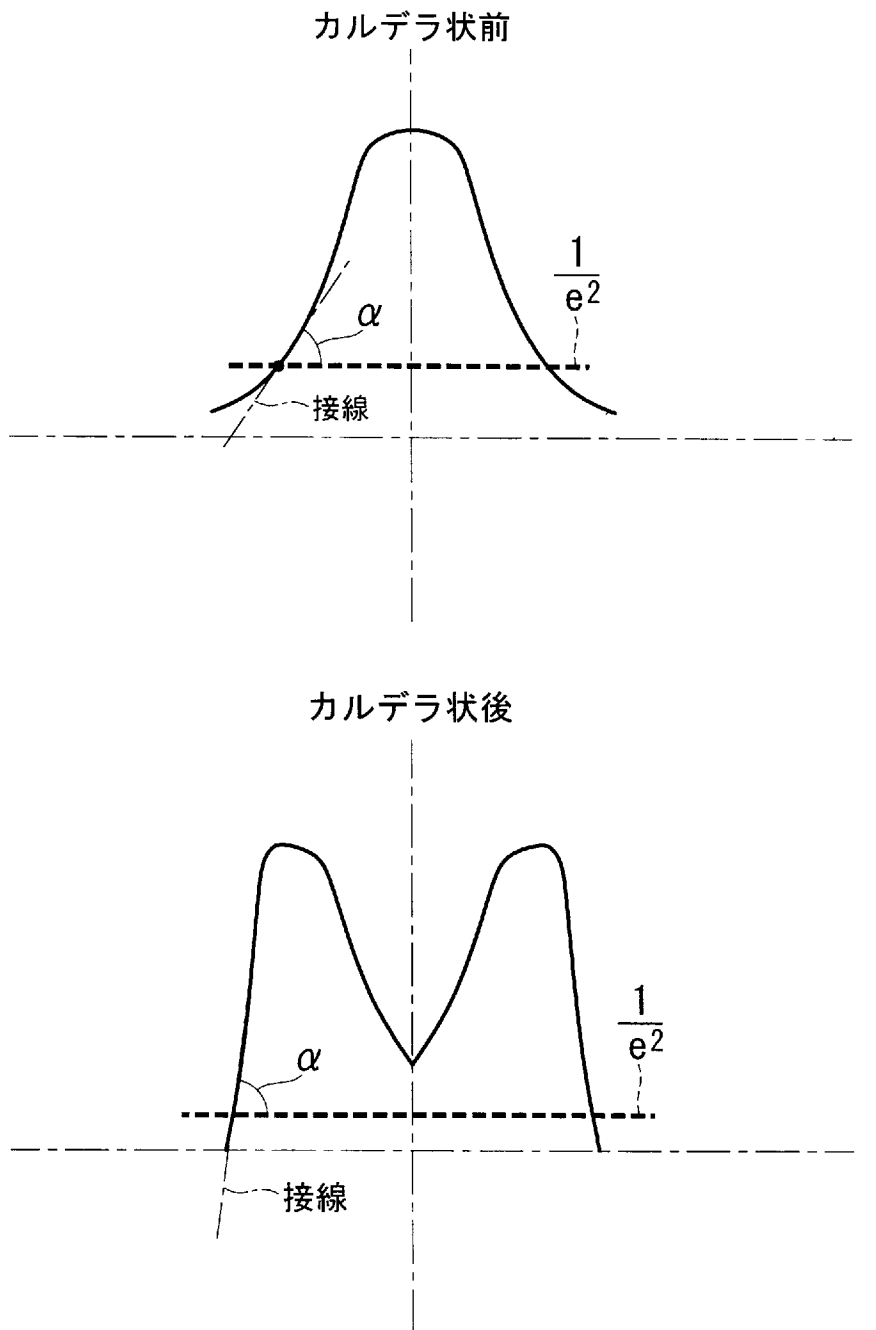
(C)



[図4]

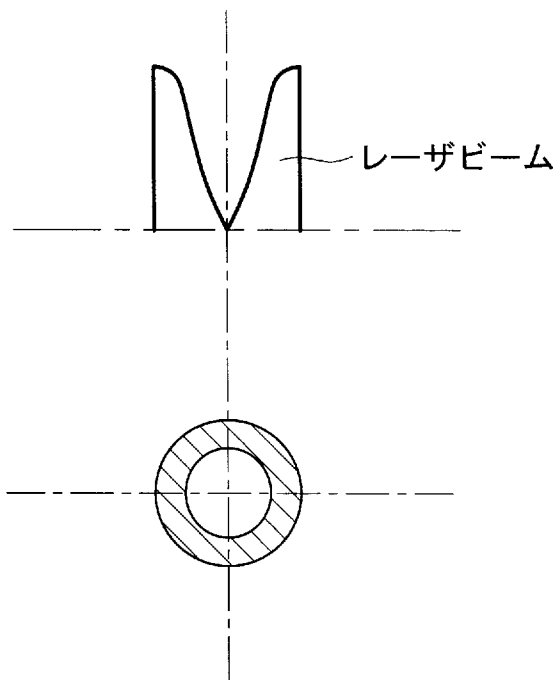


[図5]

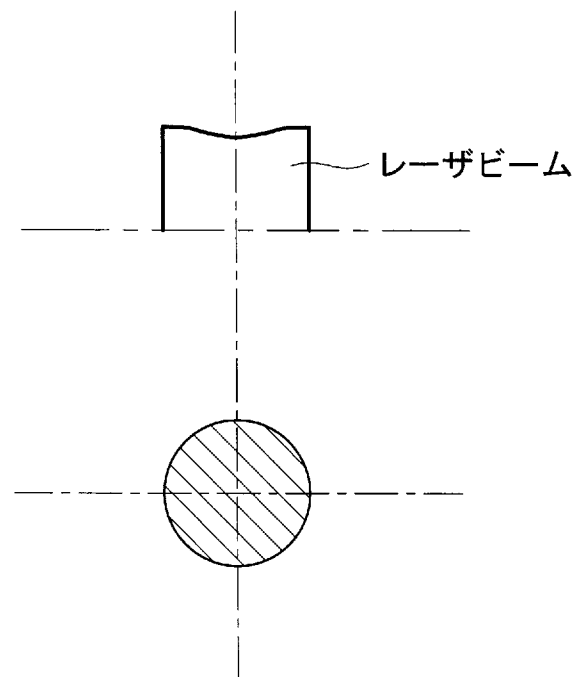


[図6]

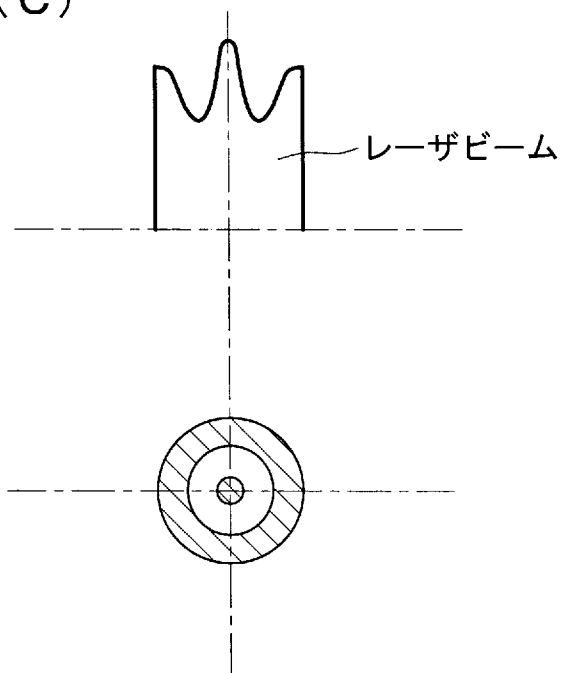
(A)



(B)

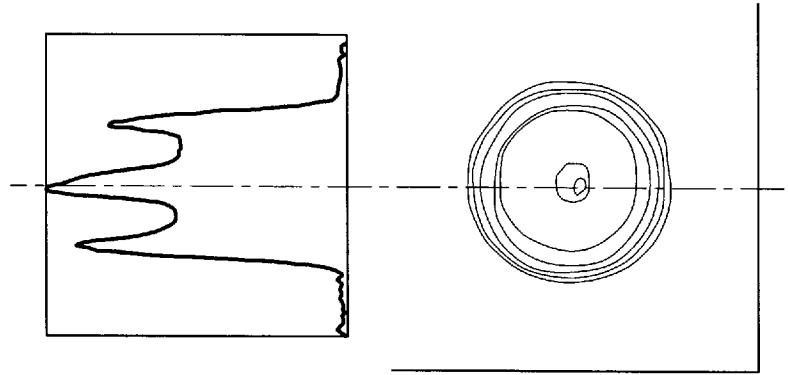
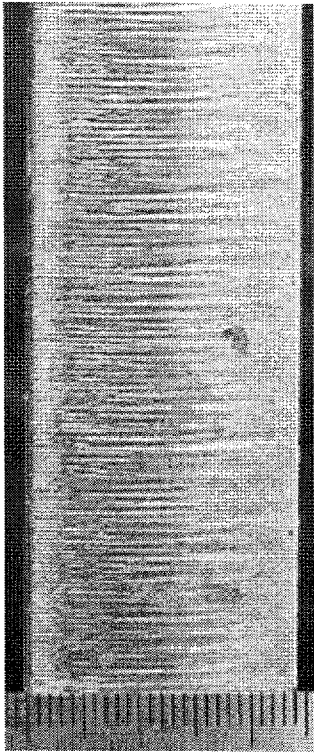


(C)

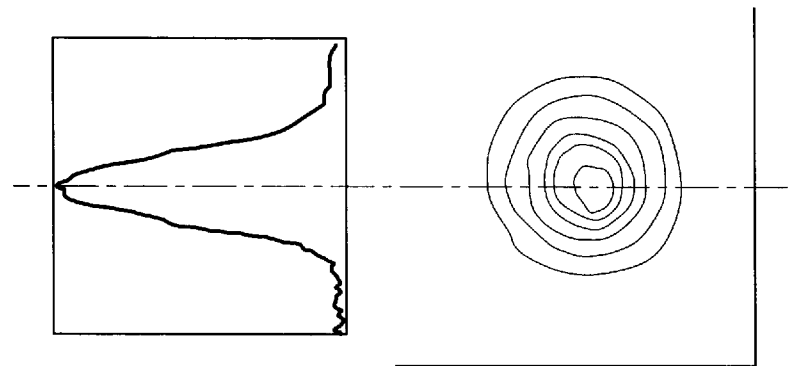
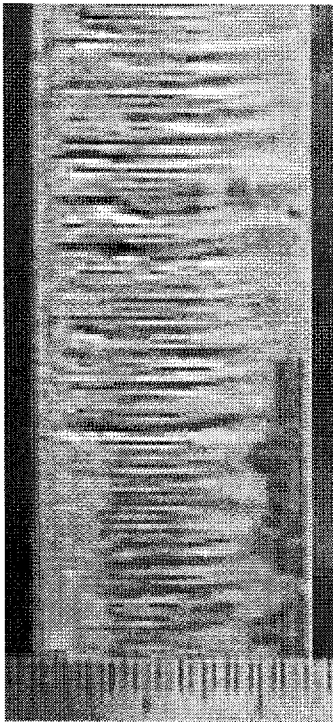


[図7]

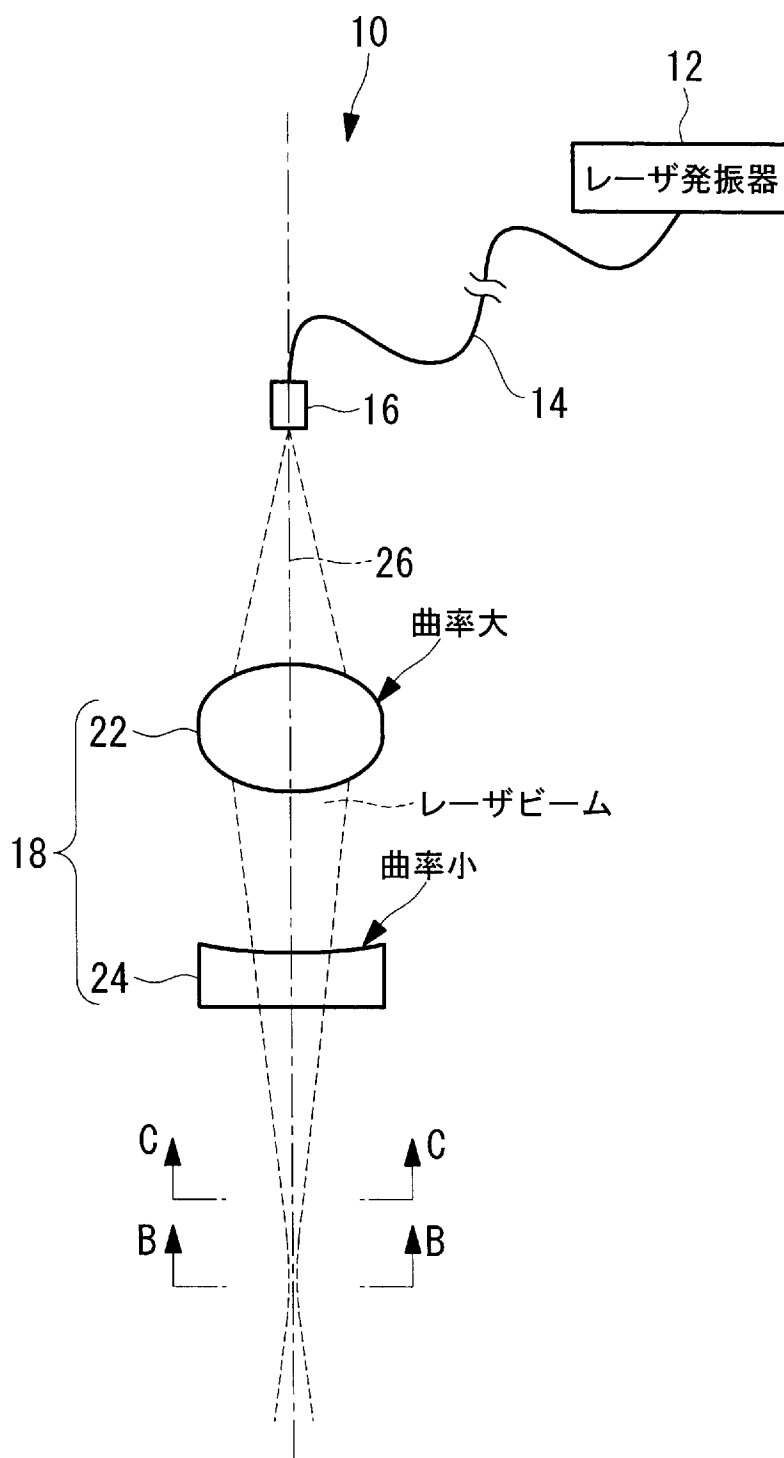
(B)



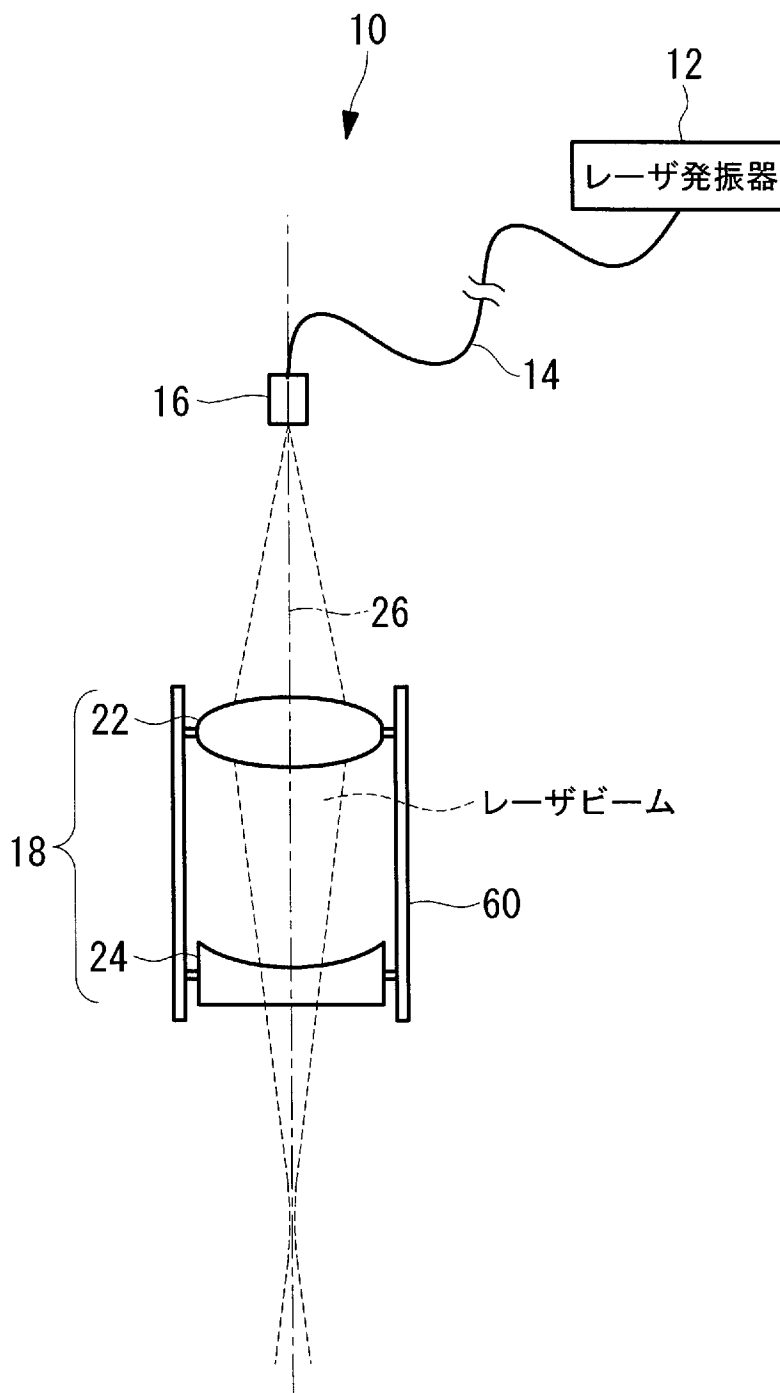
(A)



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/062391

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/06(2006.01) i, B23K26/073(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)

B23K26/06, B23K26/073

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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 2009-208092 A (Toyota Motor Corp.), 17 September 2009 (17.09.2009), entire text; all drawings & US 2010/0288740 A1 & EP 2258510 A1 & WO 2009/107538 A1 & CN 101965243 A	1-11
A	JP 2003-305581 A (Toyota Motor Corp.), 28 October 2003 (28.10.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

☐ 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
02 August, 2011 (02.08.11)

Date of mailing of the international search report
16 August, 2011 (16.08.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. B23K26/06(2006.01)i, B23K26/073(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. B23K26/06, B23K26/073

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 2009-208092 A（トヨタ自動車株式会社）2009.09.17, 全文、 全図 & US 2010/0288740 A1 & EP 2258510 A1 & WO 2009/107538 A1 & CN 101965243 A	1 - 1 1
A	JP 2003-305581 A（トヨタ自動車株式会社）2003.10.28, 全文、 全図（ファミリーなし）	1 - 1 1

☐ 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 2 . 0 8 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 8 . 2 0 1 1

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）

青木 正博

3 P

3 9 3 5

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