

(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
2015年10月1日(01.10.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/145603 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/058478
- (22) 国際出願日: 2014年3月26日(26.03.2014)
- (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: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 廣木 知之 (HIROKI, Tomoyuki); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 東條 公資 (TOJO, Koji); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 渡辺 一馬 (WATANABE, Kazuma); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 福士 一郎 (FUKUSHI, Ichiro); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 門谷 章之 (KADOYA, Akiyuki); 〒

6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 坂本 隼規 (SAKAMOTO, Junki); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 齊川 次郎 (SAIKAWA, Jiro); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 石垣 直也 (ISHIGAKI, Naoya); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 宇野 進吾 (UNO, Shingo); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

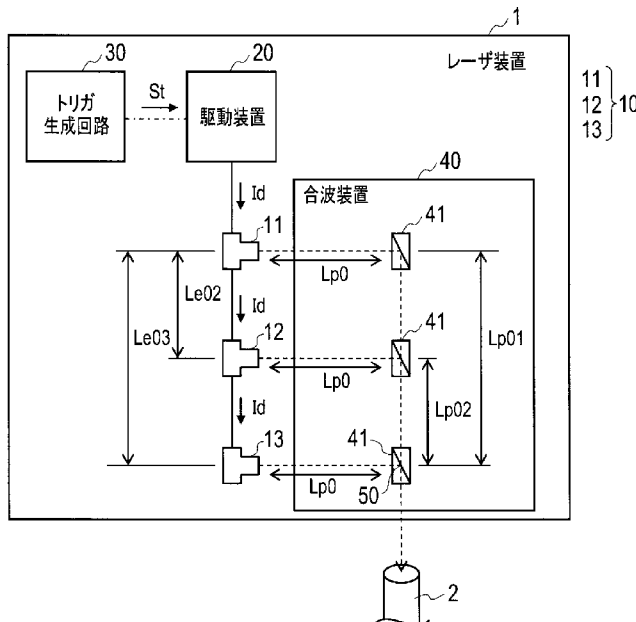
(74) 代理人: 三好 秀和, 外 (MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (JP).

(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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) Title: LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ装置



- 1 Laser device
20 Drive device
30 Trigger generation circuit
40 Multiplexing device

(57) Abstract: The laser device is provided with a plurality of semiconductor lasers, a drive device for supplying a drive current to the semiconductor lasers, a trigger generation circuit for sending to the drive device a trigger signal causing the drive current to be output, and a multiplexing device for causing laser beams emitted from the plurality of semiconductor lasers to be multiplexed at a multiplexing end. In a total time which comprises a signal propagation time for a trigger signal to propagate through a signal path, a current propagation time for a drive current to propagate through a current path, and a beam propagation time for a laser beam to propagate through an optical path whereon the laser beam propagates, at least any of the signal propagation time, the current propagation time, and the light propagation time is adjusted so that the total time yields a timing that has been set for each of a plurality of propagation routes.

(57) 要約: 複数の半導体レーザと、半導体レーザに駆動電流を供給する駆動装置と、駆動電流を出力させるトリガ信号を駆動装置に送信するトリガ生成回路と、半導体レーザから出射されたレーザ光を合波端で合波させる合波装置とを備え、信号経路をトリガ信号が伝播する信号伝播時間、電流経路を駆動電流が伝播する電流伝播時間、及びレーザ光が伝播する光学経路をレーザ光が伝播する光伝播時間の合計時間が伝播経路のそれぞれに設定された時間であるように、信号伝播時間、電流伝播時間及び光伝播時間の少なくともいずれかが調整されている。



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, 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, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

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, KM, 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： レーザ装置

技術分野

[0001] 本発明は、複数のレーザ素子から出射されるレーザ光を合波するレーザ装置に関する。

背景技術

[0002] 溶接や切断、或いはマーキングなどの微細加工などに、レーザ光が用いられている。レーザ加工装置に使用するためのレーザ光源には高出力化や低消費電力化が望まれている。レーザ光源として用いられるレーザ素子にはガスレーザ、固体レーザ、半導体レーザなどがあるが、高効率であることやメンテナンスの容易さから半導体レーザが注目されている。高出力化のために、複数の半導体レーザからのレーザ光を合波させるレーザ装置が提案されている（例えば、特許文献1 参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-48159号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 空間的に複数の半導体レーザを配置した場合、それぞれの半導体レーザとこれらの半導体レーザのレーザ光が合波される合波端までの光路の距離に差異が生じる。このため、半導体レーザをパルス駆動する場合、それぞれのレーザ光を所定のタイミングで合波端に到達させるように調整することが困難であった。例えば、高出力化のために複数の半導体レーザのレーザ光を同一のタイミングで合波端に到達させようとしても、光路の距離の差異に起因して合波端にレーザ光が到達するタイミングが一致しない。その結果、所望の大きさにレーザ光を合波できず、レーザ装置を高出力化できない。

[0005] また、複数の半導体レーザを直列接続した場合には、半導体レーザを駆動

する駆動電流の供給源と半導体レーザまでの距離がそれぞれ異なるため、半導体レーザからレーザ光が出射されるタイミングに差異が生じる。その結果、合波端にレーザ光が到達するタイミングを調整することが困難であった。

[0006] 本発明は、複数のレーザ素子からのレーザ光を所定のタイミングで合波端に到達させることが可能なレーザ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] 本発明の一態様によれば、複数の半導体レーザと、複数の半導体レーザに駆動電流を供給する駆動装置と、駆動電流を出力させるトリガ信号を駆動装置に送信するトリガ生成回路と、複数の半導体レーザ10からそれぞれ出射されたレーザ光を合波端で合波させる合波装置とを備えるレーザ装置が提供される。そして、複数の半導体レーザのいずれかから出射されるレーザ光の光路をそれぞれ1つ含む伝播経路であって、トリガ生成回路から駆動装置までトリガ信号が伝播する信号経路、駆動装置から半導体レーザまで駆動電流が伝播する電流経路、及び半導体レーザの出射口から合波端までレーザ光が伝播する光学経路を含んで構成される複数の伝播経路が定義され、信号経路をトリガ信号が伝播する信号伝播時間、電流経路を駆動電流が伝播する電流伝播時間、及び光学経路をレーザ光が伝播する光伝播時間の合計時間が複数の伝播経路のそれぞれに設定された時間であるように、信号伝播時間、電流伝播時間及び光伝播時間の少なくともいずれかが調整される。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、複数のレーザ素子からのレーザ光を所定のタイミングで合波端に到達させることが可能なレーザ装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第1の実施形態に係るレーザ装置の構成を示す模式図である。
[図2]本発明の第1の実施形態に係るレーザ装置の動作を説明するためのタイミングチャートである。
[図3]本発明の第1の実施形態に係るレーザ装置による合波端での出力の例を示す模式図である。

[図4]本発明の第1の実施形態に係るレーザ装置における光伝播時間を調整する方法の例を示す模式図である。

[図5]本発明の第2の実施形態に係るレーザ装置の構成を示す模式図である。

[図6]本発明の第2の実施形態に係るレーザ装置の動作を説明するためのタイミングチャートである。

[図7]本発明のその他の実施形態に係るレーザ装置の構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0010] 図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであることに留意すべきである。又、以下に示す実施形態は、この発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、この発明の実施形態は、構成部品の構造、配置などを下記のものに特定するものでない。この発明の実施形態は、請求の範囲において、種々の変更を加えることができる。

[0011] (第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態に係るレーザ装置1は、図1に示すように、複数の半導体レーザ10と、複数の半導体レーザ10にそれぞれ駆動電流 I_d を供給する駆動装置20と、駆動電流 I_d を出力させるトリガ信号 S_t を駆動装置20に送信するトリガ生成回路30と、複数の半導体レーザ10からそれぞれ出射されたレーザ光を合波する合波装置40とを備える。合波された光は受光デバイス2に入射される。受光デバイス2は例えば光ファイバーであり、合波装置40は光ファイバーのコア部に合波された光を入射させる。

[0012] ここでは、レーザ装置1に含まれる半導体レーザ10の個数が3個（半導体レーザ11、12、13）である場合について例示的に説明する。なお、半導体レーザ10の個数が3個に限られないことはもちろんである。

[0013] 以下において、トリガ生成回路30から駆動装置20までトリガ信号 S_t が伝播する経路を「信号経路 L_s 」という。つまり、信号経路 L_s は、トリ

が生成回路 30 のトリガ信号 S_t の送信端子から駆動装置 20 のトリガ信号 S_t を受信する受信端子までの経路をいう。例えば、駆動装置 20 がトランジスタである場合、トランジスタの制御電極（ゲート電極など）が受信端子である。図 1 において、信号経路 L_s を一点鎖線で示した（以下において同様。）。

[0014] また、駆動装置 20 から半導体レーザ 10 まで駆動電流 I_d が伝播する経路を「電流経路 L_e 」という。つまり、電流経路 L_e は、駆動装置 20 の駆動電流 I_d を出力する出力端子から半導体レーザ 10 の駆動電流 I_d が入力する入力端子までの経路をいう。例えば、半導体レーザ 10 のアノード端子が入力端子である。図 1 において、電流経路 L_e を実線で示した（以下において同様。）。

[0015] 更に、半導体レーザ 10 の出射口から合波端 50 までレーザ光が伝播する経路を「光学経路 L_p 」という。図 1 において、光学経路 L_p を破線で示した（以下において同様。）。光学経路 L_p は、合波装置 40 を経由する。合波装置 40 には、例えば図 1 に示すように、レーザ光の進行方向を変化させる素子などの光学素子 41 が含まれてもよい。光学素子 41 は、例えばプリズム、反射レンズ、光学用ミラーなどである。

[0016] 上記のように、信号経路 L_s 、電流経路 L_e 及び光学経路 L_p を含んで構成される複数の伝播経路 L_a がレーザ装置 1 に定義される。1 つの伝播経路 L_a は、複数の半導体レーザ 10 のいずれかから出射されるレーザ光の光路をそれぞれ 1 つ含む。

[0017] レーザ装置 1 においては、信号経路 L_s をトリガ信号 S_t が伝播する信号伝播時間 T_s 、電流経路 L_e を駆動電流 I_d が伝播する電流伝播時間 T_e 、及び光学経路 L_p をレーザ光が伝播する光伝播時間 T_p の合計時間（以下において、「総伝播時間 T_a 」という。）が、トリガ生成回路 30 からトリガ信号 S_t が出力されてから半導体レーザ 10 から出射されたレーザ光が合波端 50 に到達するまでの時間である。

[0018] したがって、それぞれの半導体レーザ 10 から出射されたレーザ光が合波

端 50 に到達するタイミングに影響を与えるのは、信号伝播時間 T_s 、電流伝播時間 T_e 、及び光伝播時間 T_p である。

[0019] レーザ装置 1 では、半導体レーザ 10 からそれぞれ出射されたレーザ光が所定のタイミングで合波端 50 に到達するように、複数の伝播経路 L_a のそれぞれについて総伝播時間 T_a が設定されている。即ち、レーザ装置 1 では、総伝播時間 T_a が複数の伝播経路 L_a のそれぞれに設定された時間であるように、信号伝播時間 T_s 、電流伝播時間 T_e 及び光伝播時間 T_p の少なくともいずれかが調整されている。

[0020] 以下では、複数の半導体レーザ 10 から出射されたレーザ光が同一のタイミングで合波端 50 に到達するように設定されたレーザ装置 1 について説明する。つまり、総伝播時間 T_a が複数の伝播経路 L_a で同一であるように、信号伝播時間 T_s 、電流伝播時間 T_e 及び光伝播時間の少なくともいずれかが調整される。

[0021] 図 1 に示したレーザ装置 1 では、1 つのトリガ生成回路 30 に 1 つの駆動装置 20 が接続されている。そして、駆動装置 20 に複数の半導体レーザ 10 が直列接続されている。駆動装置 20 から出力された駆動電流 I_d は、複数の半導体レーザ 10 に順次供給される。即ち、駆動装置 20 に近い側に接続された半導体レーザ 11、12、13 の順に駆動電流 I_d が供給される。

[0022] したがって、図 1 に示したレーザ装置 1 では、伝播経路 L_a それぞれにおける信号経路 L_s が共通であり、信号伝播時間 T_s は同一である。

[0023] 一方、電流経路 L_e はそれぞれの伝播経路 L_a ごとに異なる。即ち、直列接続された複数の半導体レーザ 10 においては、駆動装置 20 に近い側に接続された半導体レーザ 10 ほど電流経路 L_e が短く、電流伝播時間 T_e が短い。

[0024] このため、図 1 に示したレーザ装置 1 では、駆動装置 20 に近い側に接続された半導体レーザ 10 の出射するレーザ光の光路を含む伝播経路 L_a ほど、光学経路 L_p が長く設定される。このようにして、電流経路 L_e の差が相殺されるように光学経路 L_p を設定することによって、総伝播時間 T_a がそ

れぞれの伝播経路 L_a で同一になるように調整されている。その結果、半導体レーザ10からそれぞれ出射されるレーザ光が合波端50に到達するタイミングが一致する。これにより、レーザ装置1を高出力化できる。

[0025] 具体的には、以下のように伝播経路 L_a が設定される。図1に示すレーザ装置1の半導体レーザ11、12、13の出射するレーザ光の光路をそれぞれ含む伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の電流経路 L_e の長さを L_{e1} 、 L_{e2} 、 L_{e3} とすると、 $L_{e1} < L_{e2} < L_{e3}$ である。ここで、駆動電流 I_d の伝播速度を電流伝播速度 V_e とすると、長さが L_{e1} 、 L_{e2} 、 L_{e3} の電流経路 L_e における電流伝播時間 T_{e1} 、 T_{e2} 、 T_{e3} は、 L_{e1}/V_e 、 L_{e2}/V_e 、 L_{e3}/V_e である。

[0026] このとき、長さが L_{e1} 、 L_{e2} 、 L_{e3} の電流経路 L_e を駆動電流 I_d が伝播する電流伝播時間 T_e の差を相殺するように、伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の光学経路 L_p の長さである L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} が設定される。即ち、 $L_{p1} > L_{p2} > L_{p3}$ とする。光学経路 L_p におけるレーザ光の伝播速度を光伝播速度 V_p とすると、長さが L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} の光学経路 L_p における電流伝播時間 T_{p1} 、 T_{p2} 、 T_{p3} は、 L_{p1}/V_p 、 L_{p2}/V_p 、 L_{p3}/V_p である。伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の総伝播時間 T_a を同一にするためには、以下の式(1)が満たされる：

$$T_{e1} + T_{p1} = T_{e2} + T_{p2} = T_{e3} + T_{p3} \quad \cdots (1)$$

したがって、以下の式(2)を満たすように、 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} が設定される：

$$L_{e1}/V_e + L_{p1}/V_p = L_{e2}/V_e + L_{p2}/V_p = L_{e3}/V_e + L_{p3}/V_p \quad \cdots (2)$$

[0027] なお、図1に示したレーザ装置1では、伝播経路 L_a における半導体レーザ10の出射口から光学素子41までの距離 L_{p0} を同一としている。半導体レーザ10から出射されたレーザ光は光学素子41で反射された後、受光デバイス2に向けて進行する。そして、図1に示したように、伝播経路 L_{a3} の光学素子41において半導体レーザ11、12、13から出射されたレ

ーザ光が合波される。伝播経路 L_{a1} における光学素子41から合波端50までの距離 L_{p01} として、 $L_{p1} = L_{p0} + L_{p01}$ である。また、伝播経路 L_{a2} における光学素子41から合波端50までの距離 L_{p02} として、 $L_{p2} = L_{p0} + L_{p02}$ である。伝播経路 L_{a3} では、 $L_{p3} = L_{p0}$ である。

[0028] そして、伝播経路 L_a ごとに光学素子41から合波端50までの距離を調整することによって、伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の総伝播時間 T_a を一致させる。ここで、長さ L_{e1} と長さ L_{e2} との差を L_{e02} 、長さ L_{e1} と長さ L_{e3} との差を L_{e03} として、総伝播時間 T_a を一致させる例を説明する。この場合における、半導体レーザ11に駆動電流 I_d が供給された時刻 t_1 を基準としたタイミングチャートの例を図2に示す。

[0029] 図2の時刻 t_1 において、半導体レーザ11からレーザ光 L_1 が出射される。その後、時刻 t_1 から時間 L_{e02}/V_e を経過した後の時刻 t_2 において、半導体レーザ12に駆動電流 I_d が供給され、半導体レーザ12からレーザ光 L_2 が出射される。更に、時刻 t_1 から時間 L_{e03}/V_e を経過した後の時刻 t_3 において、半導体レーザ13に駆動電流 I_d が供給され、半導体レーザ13からレーザ光 L_3 が出射される。

[0030] 一方、時刻 t_1 から時間 $(L_{p0} + L_{p01})/V_p$ を経過した後の時刻 t_4 において、半導体レーザ11から出射されたレーザ光 L_1 が合波端50に到達する。また、時刻 t_2 から $(L_{p0} + L_{p02})/V_p$ を経過した後の時刻 t_4 において、半導体レーザ12から出射されたレーザ光 L_2 が合波端50に到達する。更に、時刻 t_3 から時間 L_{p0}/V_p を経過した後の時刻 t_4 において、半導体レーザ13から出射されたレーザ光 L_3 が合波端50に到達する。

[0031] つまり、以下の式(3)を満足するように、電流経路 L_e の差 L_{e02} 、 L_{e03} に対応して光学経路の差 L_{p01} 、 L_{p02} が設定される：

$$(L_{p0} + L_{p01})/V_p = L_{e02}/V_e + (L_{p0} + L_{p02})/V_p = L_{e03}/V_e + L_{p0}/V_p \quad \cdots (3)$$

[0032] 上記では、伝播経路 L_a ごとに光学素子41から合波端50までの距離を調整する例を説明した。しかし、半導体レーザ10の出射口から光学素子41までの距離を調整したり、半導体レーザ10の出射口から光学素子41までの距離と光学素子41から合波端50までの距離の両方を調整したりしてもよいことはもちろんである。

[0033] 上記のようにすべての伝播経路 L_a の総伝播時間 T_a を同一にすることによって、半導体レーザ11、12、13からそれぞれ出射されるレーザ光が合波端50に到達するタイミングを一致させることができる。その結果、レーザ装置1を高出力化できる。

[0034] 上記では、電流経路 L_e の長さの差を光学経路 L_p の差で相殺する例を示した。しかし、光学経路 L_p の長さには差がある場合に、電流経路 L_e の長さを調整してもよいことはもちろんである。

[0035] 図1に示したレーザ装置1によれば、駆動装置20に半導体レーザ10を直列接続することによって消費電力を抑制することができる。

[0036] ところで、上記では、それぞれの伝播経路 L_a で総伝播時間 T_a が同一であるように設定する場合を説明した。これにより、半導体レーザ10のそれぞれのレーザ光が合波端50に到達するタイミングを一致させ、レーザ装置1を高出力化できる。しかし、半導体レーザ10ごとに伝播経路 L_a の長さを変えて、半導体レーザ10のそれぞれのレーザ光が合波端50に到達するタイミングを互いに異なるようにしてもよい。即ち、半導体レーザ10ごとに、所定の値だけずれるように総伝播時間を設定する。これにより、例えば図3に示すように、トリガ生成回路30の送信するトリガ信号 S_t の周期よりも短い一定の周期で、半導体レーザ10のレーザ光を受光デバイス2に入射できる。これにより、例えば複数の半導体レーザ10のレーザ光を合波した高出力は必要としないが、短い周期でレーザ光を照射することが必要なレーザ加工などにレーザ装置1を使用できる。

[0037] <変形例>

上記では、光学経路 L_p の物理的な長さを設定して光伝播時間 T_p を調整

する場合を説明したが、他の方法によって光伝播時間 T_p を調整してもよい。例えば、図4に示すように、レーザ光 L が進行する光学経路 L_p 上にガラス板42などのレーザ光 L の進行速度を低下させる光学素子を配置する。このようにして、光学経路 L_p ごとにレーザ光の光伝播速度 V_p を変更し、伝播経路 L_a ごとに光伝播時間 T_p に差を設定してもよい。

[0038] 或いは、電流経路 L_e の長さを調整する以外に、伝播経路 L_a ごとに駆動電流 I_d の電流伝播速度 V_e が異なるように、材料や形状（パターン）の異なる導線を電流経路 L_e に採用してもよい。即ち、伝播経路 L_a それぞれの電流経路 L_e に駆動電流 I_d の電流伝播速度 V_e が互いに異なる導線を使用することによって、伝播経路 L_a ごとに電流伝播時間 T_e に差を設定する。

[0039] 例えば、伝播経路 L_a が長い電流経路 L_e ほど、電流伝播時間 T_e が小さいように導線の誘電率を設定する。これにより、伝播経路 L_a 間の信号伝播時間 T_s と光伝播時間 T_p の合計の差異と、電流伝播時間 T_e との差異とが一定程度相殺される。例えば、トリガ生成回路30に近い位置の駆動装置20ほど、電流伝播速度 V_e の遅い導線を電流経路 L_e に使用する。

[0040] このように、誘電率の異なる材料の導線や膜厚や幅の異なる形状の導線を使用して、複数の伝播経路 L_a のそれぞれについて電流伝播時間 T_e を調整してもよい。ただし、導線の材料や形状の差による電流伝播速度の差は小さい。このため、光学経路 L_p の長さによって信号経路 L_s の長さの差を略一致させ、導線の材料や形状の差による電流伝播速度の差の効果は微調整に使用することが好ましい。

[0041] （第2の実施形態）

本発明の第2の実施形態に係るレーザ装置1では、図5に示すように、1つのトリガ生成回路30に複数の駆動装置20が接続され、駆動装置20のそれぞれに半導体レーザ10が接続されている。即ち、駆動装置20と半導体レーザ10とをそれぞれ1つずつ含む複数のレーザユニット100のレーザ光を出射するタイミングが、共通のトリガ生成回路30によって制御される構成である。ここで、各レーザユニット100において、電流経路 L_e の

長さは同じであり、電流伝播時間 T_e は同一であるとする。他は、図 1 に示したレーザ装置 1 と同様である。

[0042] 図 5 に示したレーザ装置 1 では、信号経路 L_s がそれぞれの伝播経路 L_a ごとに異なる。即ち、トリガ生成回路 30 に近い位置に配置されたレーザユニット 100 ほど信号経路 L_s が短く、信号伝播時間 T_s が短い。つまり、駆動装置 21、22、23 の順にトリガ信号 S_t を受信する。その結果、半導体レーザ 11、12、13 の順に駆動電流 I_d が供給される。

[0043] このため、図 5 に示したレーザ装置 1 では、トリガ生成回路 30 の近くに配置されたレーザユニット 100 から出射されるレーザ光の光路を含む伝播経路 L_a ほど、信号経路 L_s の差が相殺されるように光学経路 L_p が長く設定される。このようにして、総伝播時間 T_a がそれぞれの伝播経路 L_a で同一になるように設定される。その結果、半導体レーザ 10 からそれぞれ出射されるレーザ光が合波端 50 に到達するタイミングが一致する。これにより、レーザ装置 1 を高出力化できる。

[0044] 具体的には、以下のように伝播経路 L_a が設定される。図 5 に示すレーザ装置 1 の半導体レーザ 11、12、13 をそれぞれ含む伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の信号経路 L_s の長さを L_{s1} 、 L_{s2} 、 L_{s3} とすると、 $L_{s1} < L_{s2} < L_{s3}$ である。ここで、トリガ信号 S_t の伝播速度を信号伝播速度 V_s とすると、長さが L_{s1} 、 L_{s2} 、 L_{s3} の信号経路 L_s における信号伝播時間 T_{s1} 、 T_{s2} 、 T_{s3} は、 L_{s1}/V_s 、 L_{s2}/V_s 、 L_{s3}/V_s である。

[0045] このとき、長さが L_{s1} 、 L_{s2} 、 L_{s3} の信号経路 L_s をトリガ信号 S_t が伝播する信号伝播時間 T_s の差を相殺するように、伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の光学経路 L_p の長さである L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} が設定される。即ち、 $L_{p1} > L_{p2} > L_{p3}$ とする。長さが L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} の光学経路 L_p における電流伝播時間 T_{p1} 、 T_{p2} 、 T_{p3} は、 L_{p1}/V_p 、 L_{p2}/V_p 、 L_{p3}/V_p である。このため、伝播経路 L_{a1} 、 L_{a2} 、 L_{a3} の総伝播時間 T_a を同一にするためには、以下の式 (4) が満

たされる：

$$T_{s1} + T_{p1} = T_{s2} + T_{p2} = T_{s3} + T_{p3} \quad \cdots (4)$$

したがって、以下の式（５）を満たすように、 L_{p1} 、 L_{p2} 、 L_{p3} が設定される：

$$L_{s1}/V_s + L_{p1}/V_p = L_{s2}/V_s + L_{p2}/V_p = L_{s3}/V_s + L_{p3}/V_p \quad \cdots (5)$$

[0046] なお、図５に示したレーザ装置１では、図１に示したレーザ装置１と同様に、伝播経路 L_a における半導体レーザ１０の出射口から光学素子４１までの距離 L_{p0} は同一であり、 $L_{p1} = L_{p0} + L_{p01}$ 、 $L_{p2} = L_{p0} + L_{p02}$ 、 $L_{p3} = L_{p0}$ である。

[0047] そして、伝播経路 L_a ごとに光学素子４１から合波端５０までの距離を調整することによって、伝播経路 $L_{a1} \sim L_{a3}$ の総伝播時間 T_a を一致させる。ここで、長さ L_{s1} と長さ L_{s2} との差を L_{s02} 、長さ L_{s1} と長さ L_{s3} との差を L_{s03} として、総伝播時間 T_a を一致させる例を説明する。この場合における、信号経路 L_s の長さが L_{s1} である駆動装置２１にトリガ信号 S_t が送信された時刻 t_0 を基準としたタイミングチャートの例を図６に示す。

[0048] 図６の時刻 t_0 から時間 L_{s0}/V_s を経過した後の時刻 t_1 において、半導体レーザ１１からレーザ光 L_1 が出射される。その後、時刻 t_1 から時間 L_{s02}/V_s を経過した後の時刻 t_2 において、半導体レーザ１２からレーザ光 L_2 が出射される。更に、時刻 t_1 から時間 L_{s03}/V_s を経過した後の時刻 t_3 において、半導体レーザ１３からレーザ光 L_3 が出射される。

[0049] 一方、時刻 t_1 から時間 $(L_{p0} + L_{p01})/V_p$ を経過した後の時刻 t_4 において、半導体レーザ１１から出射されたレーザ光 L_1 が合波端５０に到達する。また、時刻 t_2 から $(L_{p0} + L_{p02})/V_p$ を経過した後の時刻 t_4 において、半導体レーザ１２から出射されたレーザ光 L_2 が合波端５０に到達する。更に、時刻 t_3 から時間 L_{p0}/V_p を経過した後の時

刻 t_4 において、半導体レーザ 13 から出射されたレーザ光 L_3 が合波端 50 に到達する。

[0050] つまり、以下の式 (6) を満足するように、信号経路 L_s の差 L_{s02} 、 L_{s03} に対応して光学経路の差 L_{p01} 、 L_{p02} が設定される：

$$(L_{p0} + L_{p01}) / V_p = L_{s02} / V_s + (L_{p0} + L_{p02}) / V_p = L_{s03} / V_s + L_{p0} / V_p \quad \dots (6)$$

[0051] 上記では、伝播経路 L_a ごとに光学素子 41 から合波端 50 までの距離を調整する例を説明した。しかし、半導体レーザ 10 の出射口から光学素子 41 までの距離を調整したり、半導体レーザ 10 の出射口から光学素子 41 までの距離と光学素子 41 から合波端 50 までの距離の両方を調整したりしてもよいことはもちろんである。

[0052] 上記のようにすべての伝播経路 L_a の総伝播時間 T_a を同一にすることによって、半導体レーザ 11、12、13 からそれぞれ出射されるレーザ光が合波端 50 に到達するタイミングを一致させることができる。その結果、レーザ装置 1 を高出力化できる。なお、半導体レーザ 10 から出力されたレーザ光のそれぞれが異なるタイミングで合波端 50 に到達するようにしてもよいことは、第 1 の実施形態と同様である。

[0053] 図 5 に示したレーザ装置 1 によれば、共通のトリガ生成回路 30 に複数のレーザユニット 100 を並列に接続することによって、複数の半導体レーザ 10 を高速に制御することができる。なお、第 1 の実施形態の変形例で説明したように、光学経路 L_p ごとにレーザ光の光伝播速度 V_p を変更して光伝播時間 T_p を調整してもよい。

[0054] また、信号経路 L_s の長さの差を光学経路 L_p の長さで相殺する例を示した。しかし、光学経路 L_p の長さに差がある場合に、信号経路 L_s の長さを調整してもよいことはもちろんである。

[0055] <変形例>

信号経路 L_s の差を相殺するように、レーザユニット 100 ごとに、駆動装置 20 と半導体レーザ 10 間の電流経路 L_e を設定してもよい。即ち、信

号経路 L_s の長いレーザユニット100ほど、電流経路 L_e を短くする。このように、信号伝播時間 T_s の差異を電流伝播時間 T_e によっても相殺できる。或いは、信号伝播時間 T_s の差異を、電流伝播時間 T_e と光伝播時間 T_p の両方によって相殺してもよいことはもちろんである。

[0056] 例えば、駆動装置21と半導体レーザ11間の電流経路 L_e の長さ、駆動装置22と半導体レーザ12間の電流経路 L_e の長さとの差を L_{e02} 、駆動装置21と半導体レーザ11間の電流経路 L_e の長さ、駆動装置23と半導体レーザ13間の電流経路 L_e の長さとの差を L_{e03} とする。このとき、以下の式(7)を満たすように、伝播経路 L_a ごとに信号経路 L_s 、電流経路 L_e 及び光学経路 L_p を設定する：

$$\begin{aligned} (L_{p0} + L_{p01}) / V_p &= L_{s02} / V_s + L_{e02} / V_e + (L_{p0} + L_{p02}) / V_p \\ &= L_{s03} / V_s + L_{e03} / V_e + L_{p0} / V_p \quad \cdot \\ &\cdot \cdot \quad (7) \end{aligned}$$

[0057] 式(7)を満たすことにより、すべての伝播経路 L_a で総伝播時間 T_a を同一にできる。その結果、半導体レーザ11、12、13からそれぞれ出射されるレーザ光が合波端50に到達するタイミングを一致させることができる。

[0058] 他は第1の実施形態と実質的に同様であり、重複した記載を省略する。

[0059] (その他の実施形態)

上記のように、本発明は実施形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

[0060] 例えば図7に示すように、複数の半導体レーザ10がそれぞれ直列に接続された駆動装置20からなるレーザユニット100を複数有するレーザ装置1においても、本発明は適用可能である。上記のような複数のレーザユニット100に同一のトリガ生成回路30からトリガ信号 S_t を送信する構成のレーザ装置1についても、伝播経路 L_a のそれぞれについて総伝播時間 T_a

が設定された時間であるように、信号伝播時間 T_s 、電流伝播時間 T_e 及び光伝播時間 T_p のすくなくともいずれかについて調整される。

[0061] 即ち、レーザユニット 100 内での電流経路 L_e の差を相殺するように光学経路 L_p を調整したり、レーザユニット 100 間での光学経路 L_p の差を相殺するように電流経路 L_e を調整したりする。また、レーザユニット 100 間での信号経路 L_s の差を相殺するように光学経路 L_p 、電流経路 L_e のいずれか、或いは両方が調整される。

[0062] このように、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

産業上の利用可能性

[0063] 本発明は、複数の半導体レーザのレーザ光を合波するレーザ装置に利用可能である。

請求の範囲

[請求項1]

複数の半導体レーザと、
前記複数の半導体レーザに駆動電流を供給する駆動装置と、
前記駆動電流を出力させるトリガ信号を前記駆動装置に送信するトリガ生成回路と、
前記複数の半導体レーザ10からそれぞれ出射されたレーザ光を合波端で合波させる合波装置と
を備え、
前記複数の半導体レーザのいずれかから出射される前記レーザ光の光路をそれぞれ1つ含む伝播経路であって、前記トリガ生成回路から前記駆動装置まで前記トリガ信号が伝播する信号経路、前記駆動装置から前記半導体レーザまで前記駆動電流が伝播する電流経路、及び前記半導体レーザの出射口から前記合波端まで前記レーザ光が伝播する光学経路を含んで構成される複数の前記伝播経路が定義され、
前記信号経路を前記トリガ信号が伝播する信号伝播時間、前記電流経路を前記駆動電流が伝播する電流伝播時間、及び前記光学経路を前記レーザ光が伝播する光伝播時間の合計時間が複数の前記伝播経路のそれぞれに設定された時間であるように、前記信号伝播時間、前記電流伝播時間及び前記光伝播時間の少なくともいずれかが調整されていることを特徴とするレーザ装置。

[請求項2]

前記合計時間が複数の前記伝播経路で同一であるように、前記信号伝播時間、前記電流伝播時間及び前記光伝播時間の少なくともいずれかが調整されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置。

[請求項3]

前記複数の半導体レーザから出力された前記レーザ光のそれぞれが異なるタイミングで前記合波端に到達するように、前記信号伝播時間、前記電流伝播時間及び前記光伝播時間の少なくともいずれかが調整されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置。

[請求項4]

前記駆動電流が前記複数の半導体レーザに順次供給されるように前

記複数の半導体レーザが直列接続され、

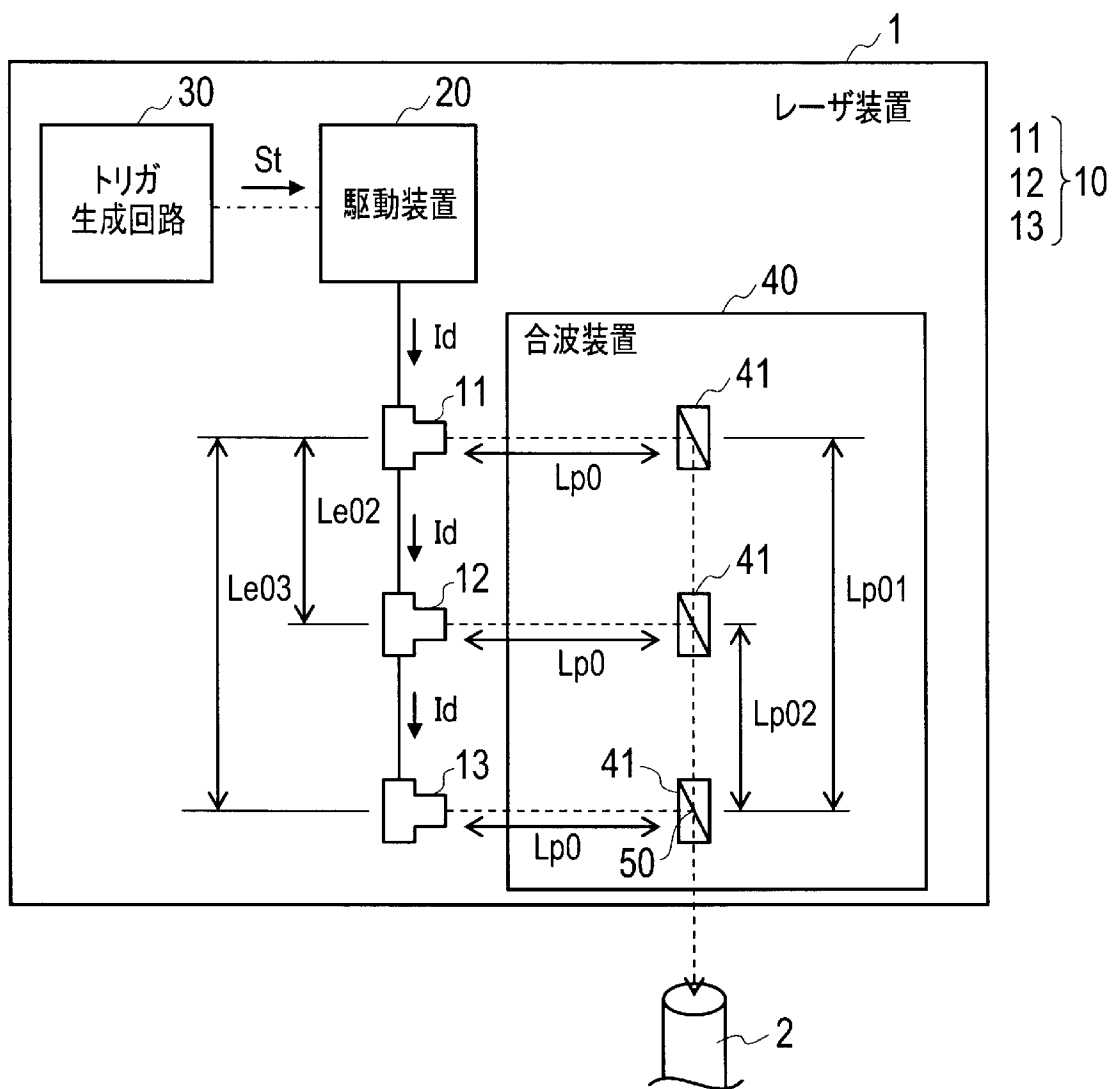
前記電流経路が短くて前記駆動電流が先に供給される前記半導体レーザから出射されるレーザ光の光路を含む前記伝播経路ほど、前記光学経路が長く設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

[請求項5] 同一の前記トリガ生成回路から前記トリガ信号を送信される複数の前記駆動装置を備え、

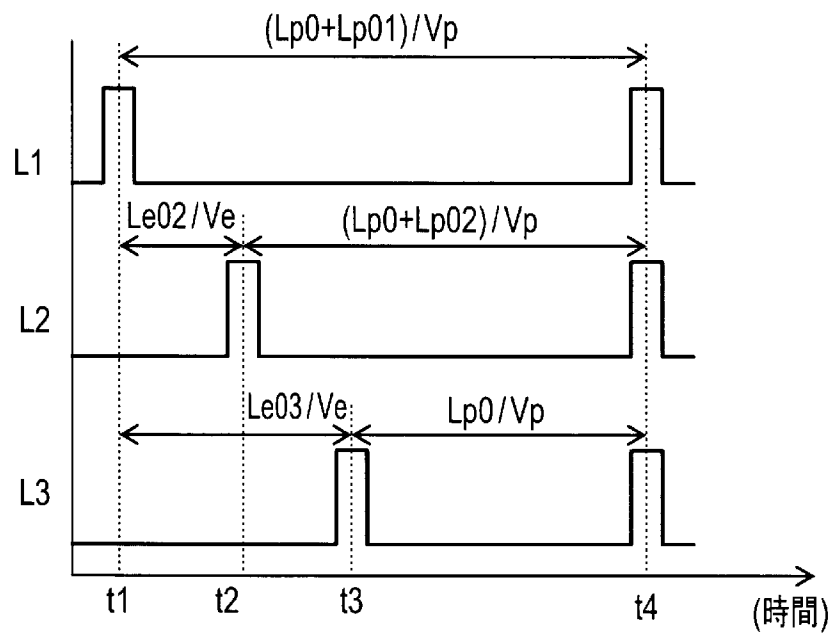
前記信号経路が短くて前記トリガ信号を先に受信する前記駆動装置を含む前記伝播経路ほど、前記光学経路が長く設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

[請求項6] 前記伝播経路それぞれの前記電流経路に前記駆動電流の伝播速度が互いに異なる導線を使用することによって、前記伝播経路ごとに前記電流伝播時間に差を設定したことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

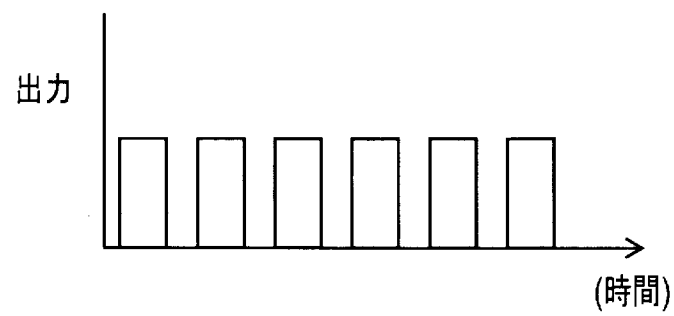
[請求項7] 前記光学経路に前記レーザ光の進行速度を低下させる光学素子を配置することによって、前記伝播経路ごとに前記光伝播時間に差を設定したことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。



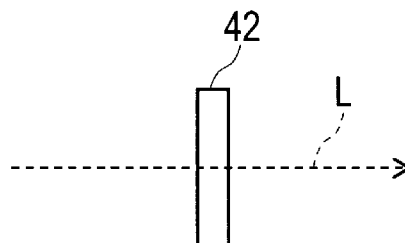
[図2]



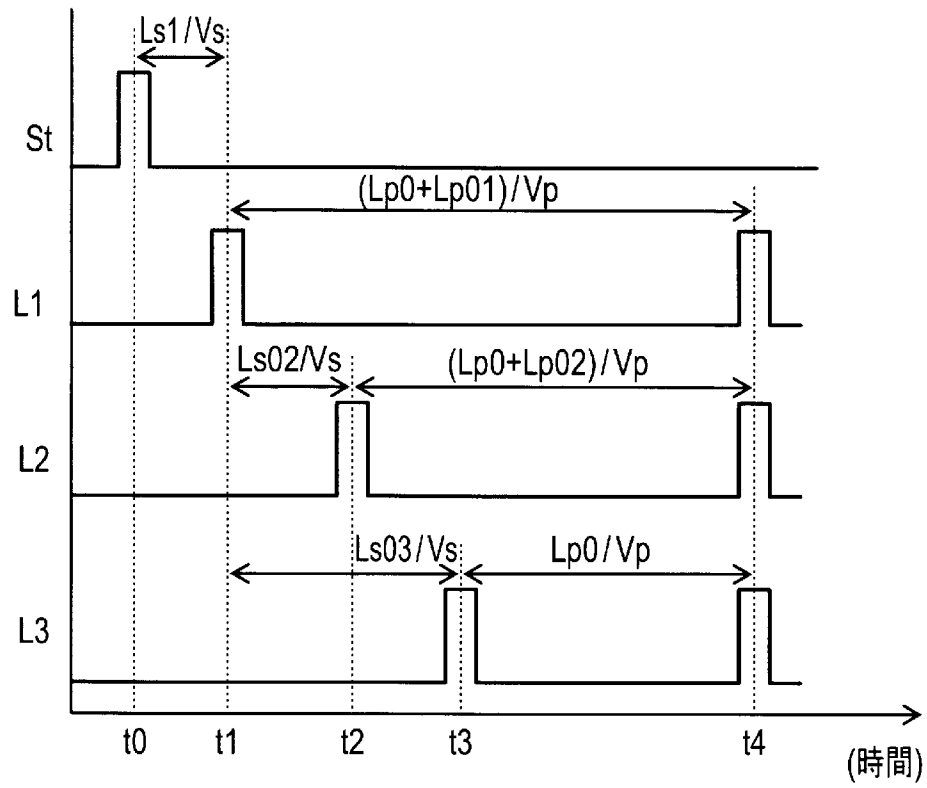
[図3]



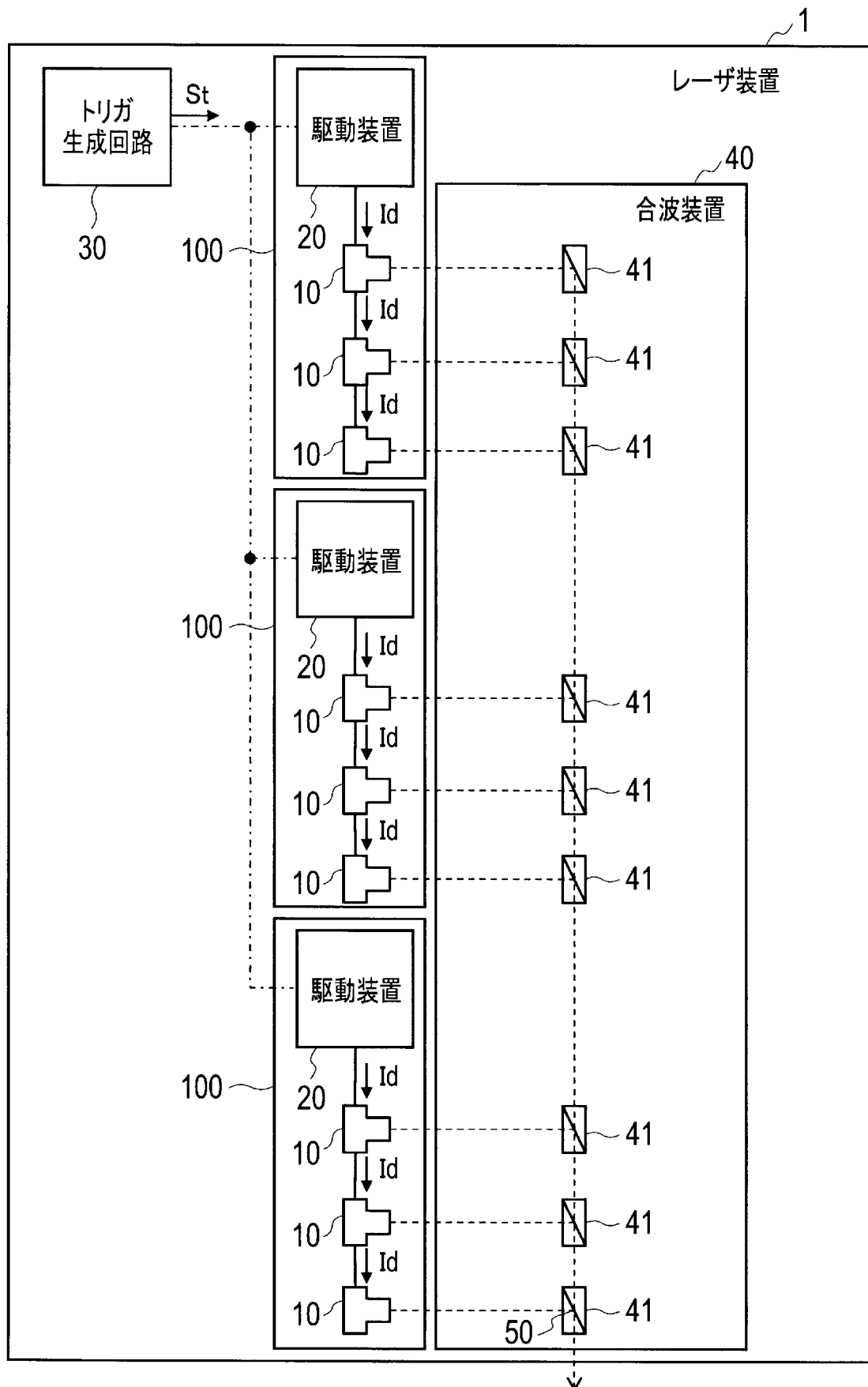
[図4]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/058478

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S5/40(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)

H01S5/00-5/50, H01L33/00-33/64, B23K26/00-26/70

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	US 2012/0243562 A1 (Vladimir MARON), 27 September 2012 (27.09.2012), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0003], [0004], [0027], [0029]) (Family: none)	1-7
Y	JP 2008-244339 A (Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.), 09 October 2008 (09.10.2008), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0004], [0005], [0016]) (Family: none)	1-7

☒ 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
22 May, 2014 (22.05.14)

Date of mailing of the international search report
24 June, 2014 (24.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/058478

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 2011-061153 A (Omron Corp.), 24 March 2011 (24.03.2011), entire text; all drawings (particularly, paragraph [0061]) (Family: none)	1-7
A	JP 2012-018122 A (Olympus Corp.), 26 January 2012 (26.01.2012), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0009], [0017], [0018]) (Family: none)	1-7
A	JP 63-028089 A (Iwatsu Electric Co., Ltd.), 05 February 1988 (05.02.1988), entire text; all drawings (particularly, page 4, lower left column, line 8 to page 5, upper right column, line 10) (Family: none)	1-7
A	JP 03-104331 A (General Instrument Corp.), 01 May 1991 (01.05.1991), entire text; all drawings (particularly, page 5, upper left column, line 16 to upper right column, line 16) & EP 416424 A2 & NO 903869 A & FI 904389 A & CA 2024566 A1 & IL 95418 D & IE 903084 A1	1-7
A	JP 09-168884 A (Mitsubishi Chemical Corp.), 30 June 1997 (30.06.1997), entire text; all drawings (particularly, paragraphs [0003] to [0007]) & US 5759419 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S5/40(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. H01S5/00-5/50, H01L33/00-33/64, B23K26/00-26/70

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	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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	US 2012/0243562 A1 (Vladimir MARON) 2012.09.27, 全文、全図（特に、[0003], [0004], [0027], [0029]） （ファミリーなし）	1-7
Y	JP 2008-244339 A（住友大阪セメント株式会社）2008.10.09, 全文、全図（特に、[0004], [0005], [0016]）（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2011-061153 A（オムロン株式会社）2011.03.24, 全文、全図（特に、[0061]）（ファミリーなし）	1-7

☒ 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

22.05.2014

国際調査報告の発送日

24.06.2014

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100-8915
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）

佐藤 秀樹

2 X

3 1 5 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

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 2012-018122 A (オリンパス株式会社) 2012. 01. 26, 全文、全図 (特に、[0009], [0017], [0018]) (ファミリーなし)	1-7
A	JP 63-028089 A (岩崎通信機株式会社) 1988. 02. 05, 全文、全図 (特に、第 4 ページ左下欄第 8 行から第 5 ページ右上欄 第 10 行) (ファミリーなし)	1-7
A	JP 03-104331 A (ジェネラル インストラメント コーポレーション) 1991. 05. 01, 全文、全図 (特に、第 5 ページ左上欄第 16 行から同ページ右上欄 第 16 行) & EP 416424 A2 & NO 903869 A & FI 904389 A & CA 2024566 A1 & IL 95418 D & IE 903084 A1	1-7
A	JP 09-168884 A (三菱化学株式会社) 1997. 06. 30, 全文、全図 (特に、[0003]-[0007]) & US 5759419 A	1-7