

(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
2014年3月27日(27.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/045658 A1

- (51) 国際特許分類:
G02F 1/37 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/067312
- (22) 国際出願日: 2013年6月25日(25.06.2013)
- (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 2012-206751 2012年9月20日(20.09.2012) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社(FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 久保 登士和(KUBO Toshikazu); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 速水 進治(HAYAMI Shinji); 〒1410031 東京都品川区西五反田7丁目9番2号 五反田T Gビル9階 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, IS, KE, KG, 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, PA, 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.

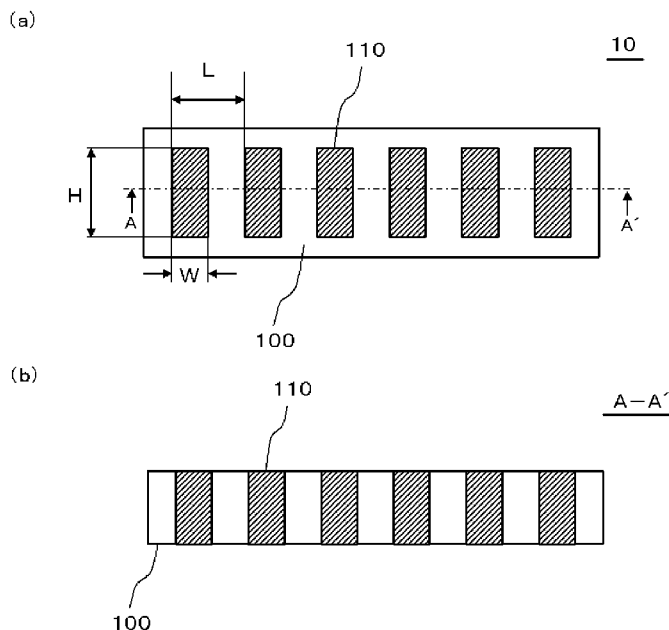
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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))

(54) Title: WAVELENGTH CONVERSION ELEMENT, LIGHT SOURCE DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING WAVELENGTH CONVERSION ELEMENT

(54) 発明の名称: 波長変換素子、光源装置、及び波長変換素子の製造方法



(57) Abstract: A wavelength conversion element (10) is formed using a ferroelectric crystal (100). The ferroelectric crystal (100) is provided with a plurality of polarization reversal regions (110) at intervals in a first direction (X direction). The interval (L) between the polarization reversal regions (110) is from 6.0 μm to 9.9 μm (inclusive). The width (H) of the polarization reversal regions (110) in a second direction (Y direction) that is perpendicular to the first direction is from 0.01 mm to 1 mm (inclusive). The width of the polarization reversal regions (110) is preferably from 0.1 mm to 0.5 mm (inclusive).

(57) 要約: 波長変換素子(10)は、強誘電体結晶(100)を用いて形成されている。強誘電体結晶(100)には、複数の分極反転領域(110)が、第1の方向(X方向)に沿って周期的に設けられている。分極反転領域(110)の周期Lは、6.0 μm 以上9.9 μm 以下である。そして、第1の方向に直交する第2の方向(Y方向)における分極反転領域(110)の幅Hは、

0.01 mm以上1 mm以下である。分極反転領域(110)の幅は、0.1 mm以上0.5 mm以下であるのが好ましい。

WO 2014/045658 A1

明 細 書

発明の名称：

波長変換素子、光源装置、及び波長変換素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、強誘電体結晶に分極反転構造を設けた波長変換素子、光源装置、及び波長変換素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 光の波長を変換する波長変換素子の一つに、擬似位相整合を用いるものがある。この波長変換素子は、強誘電体結晶に分極反転領域を周期的に設けたものである。分極反転領域は、強誘電体結晶の一面のうち分極反転させたい領域に第1電極を接触させ、かつ強誘電体結晶の反対面の全面に第2電極を接触させ、第1電極及び第2電極の間に電圧を印加することにより形成される。特許文献1には、この第1電極の、分極反転周期に垂直な方向における長さを、強誘電体結晶の厚さの2倍以下にすることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第3884197号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 波長変換素子の品質を向上させるためには、分極反転領域を設計通りに形成する必要がある。しかし、本発明者が検討した結果、第1電極が接していても分極反転されない部分が発生する場合があった。このような場合、波長変換素子の品質が基準から外れる場合が発生し、その結果、波長変換素子の歩留まりが低下してしまう。

[0005] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、波長変換素子の歩留まりを高めることにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明によれば、波長変換素子は、強誘電体結晶を備えている。この強誘電体結晶は、第1の方向に沿って周期的に設けられた複数の分極反転領域を有している。分極反転領域の周期は $6.0\mu\text{m}$ 以上 $9.9\mu\text{m}$ 以下である。また、第1の方向に直交する第2の方向における分極反転領域の幅は、 0.01mm 以上 1mm 以下である。
- [0007] 本発明によれば、光源装置は、波長が 1020nm 以上 1200nm 以下のレーザ光を発生する光源と、上記した波長変換素子とを有する。
- [0008] 本発明に係る波長変換素子の製造方法は、以下の工程を有している。まず、強誘電体結晶の第1面に位置していて分極反転される第1領域上に、複数の第1電極を第1の方向に沿って周期的に配置するとともに、強誘電体結晶の第1面の反対面である第2面上に第2電極を配置する。次いで、第1電極と第2電極の間に電圧を印加することにより分極反転領域を形成する。複数の第1電極の周期は、 $6.0\mu\text{m}$ 以上 $9.9\mu\text{m}$ 以下である。また、第1の方向に直交する第2の方向における第1電極の幅は、 0.01mm 以上 1mm 以下である。
- [0009] 本発明に係る波長変換素子の製造方法は、第1工程及び第2工程を繰り返すことにより、複数の波長変換素子を製造するものである。第1工程では、強誘電体結晶の第1面上に、第1電極を、当該第1電極と第1面の接触部分が周期的になるように配置するとともに、強誘電体結晶の第1面の反対面である第2面上に第2電極を配置する。第2工程では、第1電極と第2電極の間に電圧を印加することにより、分極反転領域を形成する。そして第1工程及び第2工程を繰り返す前に、第1の方向に直交する第2の方向における第1電極の幅を変えつつ、波長変換素子の試料を複数作製する。そして、複数の試料における分極反転領域の歩留まりを調べることにより、第1工程で用いる第1電極の幅を決定する。

発明の効果

- [0010] 本発明によれば、波長変換素子の歩留まりを高めることができる。

図面の簡単な説明

[0011] 上述した目的、およびその他の目的、特徴および利点は、以下に述べる好適な実施の形態、およびそれに付随する以下の図面によってさらに明らかになる。

[0012] [図1] (a) は第1の実施形態に係る波長変換素子の構成を示す平面図であり、(b) は (a) の A-A' 断面図である。

[図2] 波長変換素子を製造する方法を説明するための図である。

[図3] 分極反転領域の幅 H と波長変換素子の歩留まりの関係の一例を示す図である。

[図4] 第2の実施形態に係る波長変換素子の構成を示す平面図である。

[図5] 第3の実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

[図6] 第4の実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

[図7] 図6の変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。尚、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

[0014] (第1の実施形態)

図1 (a) は、第1の実施形態に係る波長変換素子 10 の構成を示す平面図である。図1 (b) は、図1 (a) の A-A' 断面図である。波長変換素子 10 は、強誘電体結晶 100 を用いて形成されている。強誘電体結晶 100 には、複数の分極反転領域 110 が、第1の方向 (図1 (a) の X 方向) に沿って周期的に設けられている。分極反転領域 110 の周期 L は、 $6.0\ \mu\text{m}$ 以上 $9.9\ \mu\text{m}$ 以下である。そして、第1の方向に直交する第2の方向 (図1 (a) の Y 方向) における分極反転領域 110 の幅 H は、 $0.01\ \text{mm}$ 以上 $1\ \text{mm}$ 以下である。このようにすると、波長変換素子の品質は、基準から外れにくくなる。以下、詳細に説明する。

[0015] 強誘電体結晶 100 は、例えば Mg (マグネシウム) が添加された LiN

bO_3 （ニオブ酸リチウム）又は LiTaO_3 （タンタル酸リチウム）であり、表面が＋Ｚ面となっている。強誘電体結晶１００の厚さは、例えば０．２mm以上２．０mm以下である。平面視において、分極反転領域１１０は、波長変換素子１０に繰り返し設けられている。分極反転領域１１０の第１の方向の幅Ｗの設計値は、分極反転領域１１０の周期Ｌの半分である。ただし、製造プロセスに起因したばらつきにより、幅Ｗは、周期Ｌの４５％以上５５％以下となっている。

[0016] 本実施形態において、分極反転領域１１０の周期Ｌは、６．０μm以上９．９μm以下である。このため、波長変換素子１０は、波長が１０２０nm以上１２００nm以下の入射光を、波長が５１０nm以上６００nm以下の出射光に変換する素子として機能する。

[0017] 図２は、波長変換素子１０を製造する方法を説明するための図である。図２（ａ）は平面図であり、図２（ｂ）は図２（ａ）のＡ－Ａ′断面図である。この波長変換素子１０の製造方法は、以下の工程を有している。まず、強誘電体結晶１００の第１面（例えば表面）に第１電極２２０を配置すると共に、強誘電体結晶１００の第２面（第１面とは反対側の面）に第２電極２２２を配置する。第１電極２２０は、第１面のうち分極反転領域１１０が形成される領域にのみ接触している。すなわち第１電極２２０は、第１面との接触部分が周期的になるように配置されている。このとき、接触部分の周期は、６．０μm以上９．９μm以下である。また、第２の方向（図２（ａ）のＹ方向）における第１電極２２０の幅は、０．０１mm以上１mm以下である。次いで、第１電極２２０と第２電極２２２の間に電圧を印加することにより、分極反転領域１１０を形成する。以下、詳細に説明する。

[0018] まず、強誘電体結晶１００の第２面（本図では下面）上に、第２電極２２２を、例えばスパッタリング法又は真空蒸着法により形成する。第２電極２２２は、例えばＡｌ（アルミニウム）膜またはＣｒ（クロム）膜であり、その厚さは例えば０．５μmである。

[0019] 次いで、強誘電体結晶１００の第１面上に、絶縁膜２１０を形成し、絶縁

膜 2 1 0 を選択的に除去する。これにより、強誘電体結晶 1 0 0 の第 1 面のうち分極反転されない領域は、絶縁膜 2 1 0 で被覆される。絶縁膜 2 1 0 は、例えばフォトレジスト膜であるが、他の絶縁膜であってもよい。

[0020] 次いで、強誘電体結晶 1 0 0 の第 1 面上及び絶縁膜 2 1 0 上に、第 1 電極 2 2 0 を形成する。第 1 電極 2 2 0 の形成方法は、第 2 電極 2 2 2 の形成方法と同様である。次いで、第 1 電極 2 2 0 と第 2 電極 2 2 2 の間に電圧を印加する。これにより、強誘電体結晶 1 0 0 には分極反転領域 1 1 0 が形成される。その後、第 1 電極 2 2 0 及び第 2 電極 2 2 2 を除去し、さらに絶縁膜 2 1 0 を除去する。

[0021] 次に、本実施形態の効果について説明する。電圧印加法を用いて強誘電体結晶 1 0 0 に分極反転領域 1 1 0 を精度良く形成するためには、強誘電体結晶 1 0 0 の結晶組成や結晶構造が均一であることが望ましいだけでなく、第 1 電極 2 2 0 及び第 2 電極 2 2 2 の構造も均一であることが望ましい。本発明者はこの点に着目し、第 2 方向における第 1 電極 2 2 0 の幅 H が分極反転性を左右すると仮定した。

[0022] 図 3 (a)、(b) は、分極反転領域 1 1 0 の幅 H、すなわち第 1 電極 2 2 0 のうち強誘電体結晶 1 0 0 に接触している部分の幅と波長変換素子 1 0 の歩留まりの関係の一例を示している。図 3 (a) では、 $L = 7.38 \mu\text{m}$ として、図 3 (b) に示す例では $L = 9.52 \mu\text{m}$ とした。強誘電体結晶 1 0 0 には、厚さが 0.5 nm であり、 MgO が添加された LiNbO_3 を用いた。各 H について試料は 5 つ作製した。図 3 において、第 1 電極 2 2 0 と強誘電体結晶 1 0 0 の接触部分に対する、分極反転領域 1 1 0 の面積の割合を、歩留まりとして定義した。すなわち、上記した接触部分の全てが分極反転した場合、歩留まりは 1 0 0 % となる。なお、分極反転領域 1 1 0 となっている領域は、強誘電体結晶 1 0 0 をウェットエッチングすることにより、確認できる。

[0023] 図 3 (a)、(b) のいずれの例においても、幅 H が 2 nm 以下になると、分極反転していない領域（以下、未反転領域と記載）が減少し、分極反転

領域 110 の歩留まりが向上した。特に幅 H が 1 mm 以下の場合、歩留まりは大きく向上し、95%を超えている。さらに幅 H が 0.5 mm 以下になると、未反転領域は発生しなかった。この傾向は、幅 H が 0.1 mm まで確認できた。

[0024] 幅 H が 0.05 mm 以下になると、未反転領域が再び発生し、分極反転領域 110 の歩留まりは少し減少した。ただし、幅が 0.01 mm の場合においても、歩留まりは 95%以上であった。

[0025] このように、本実施形態においては、波長変換素子 10 を製造する前に、第 1 電極 220 のうち強誘電体結晶 100 に接触している部分の幅 H を変えて複数の試料を作製している。そしてその作製した試料を用いて、分極反転領域 110 の歩留まりと幅 H の関係を調べている。そしてその結果に基づいて、第 1 電極 220 のうち強誘電体結晶 100 に接触する部分の幅 H を決めている。

[0026] そして、分極反転領域 110 の周期 L が $6.0\ \mu\text{m}$ 以上 $9.9\ \mu\text{m}$ 以下である場合において、幅 H を 0.01 mm 以上 1 mm 以下にすると、波長変換素子 10 の歩留まりは向上する。幅 H を 0.02 mm 以上 0.5 mm 以下にすると、波長変換素子 10 の歩留まりはさらに向上する。さらに幅 H を 0.1 mm 以上 0.5 mm 以下にすると、波長変換素子 10 の歩留まりは特に高くなる。

[0027] (第 2 の実施形態)

図 4 は、第 2 の実施形態に係る波長変換素子 10 の構成を示す平面図である。本実施形態に係る波長変換素子 10 は、導波路 102 を有している点を除いて、第 1 の実施形態に係る波長変換素子 10 と同様の構成である。

[0028] 詳細には、導波路 102 は、第 1 の方向 (図 4 の X 方向) に延伸している。導波路 102 は、リッジ型または埋め込み型のいずれかである。そして分極反転領域 110 は、導波路 102 に設けられている。

[0029] 本実施形態によっても、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0030] (第3の実施形態)

図5は、第3の実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。この光源装置は、波長変換素子10及び光源20を有している。波長変換素子10の構成は、第1の実施形態又は第2の実施形態と同様である。光源20は、波長が1020nm以上1200nm以下のレーザ光を発生する。光源20は、例えばスーパーコンティニウムレーザーを発生する。また光源20は、単一波長を出射するレーザダイオードであっても良い。光源20から出射した光は、波長変換素子10に入射する。波長変換素子10は、入射した光を波長変換して、出射する。出射する光の波長は、510nm以上1200nm以下である。なお、光源20から出射した光は、光ファイバを用いて波長変換素子10に導光されてもよいし、ミラーなどの光学部品によって導光されても良い。

[0031] 本実施形態において、光源装置は、さらに温度調節素子30、熱伝導部32、温度検出部40、及び制御部50を有している。温度調節素子30は、熱伝導部32を介して波長変換素子10に接触している。温度調節素子30は、発熱機能及び吸熱機能の少なくとも一方を有している。温度調節素子30は、例えばヒータ及びペルチェ素子の少なくとも一方を有している。熱伝導部32は、例えばCu（銅）など、熱伝導率が高い物質により形成されている。温度検出部40は、波長変換素子10の温度を検出する。制御部50は、温度検出部40の検出結果に基づいて、温度調節素子30を制御する。すなわち制御部50は、温度調節素子30を制御することにより、波長変換素子10の温度が所望の範囲内となるようにする。この所望の温度は、例えば25℃以上80℃以下である。

[0032] 本実施形態によれば、波長変換素子10の歩留まりは高い。このため、光源装置の製造コストを低くすることができる。また、光源装置は、温度調節素子30、温度検出部40、及び制御部50を備えているため、波長変換素子10の温度を所望の範囲に制御することができる。このため、波長変換素子10の波長変換効率を高い値に維持することができる。

[0033] (第4の実施形態)

図6は、第4の実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。この光源装置は、温度検出部40の代わりに強度検出部42を備えている点を除いて、第3の実施形態に係る光源装置と同様の構成である。なお、本実施形態において、光源20は、レーザダイオードなどの波長幅が狭い励起光源である。

[0034] 強度検出部42は、波長変換素子10から出射した光の強度を検出する。そして制御部50は、強度検出部42の検出結果に基づいて、温度調節素子30を制御する。具体的には、制御部50は、強度検出部42の検出結果が高くなる（好ましくは最大となる）ように、温度調節素子30を制御する。

[0035] なお、図7に示すように、本実施形態に係る光源装置は、分岐部60を備えていても良い。分岐部60は、波長変換素子10から出射した光の一部を分岐して、強度検出部42に入力する。

[0036] 本実施形態によっても、第3の実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0037] (実施例1)

第2の実施形態に示した波長変換素子10を複数作製した。この実施例において、分極反転領域110の周期は、表1に示す通りとした。そして、各周期において、試料を5つ作製した。そして、分極反転領域110の歩留まりを測定した。この歩留まりの定義は、図3に示した歩留まりと同じである。

[0038] [表1]

試料No.	a	b	c	d	e	f	g
分極反転周期L [μm]	6.97	7.30	7.80	8.15	9.10	9.52	9.71

[0039] 本実施例では、表1に示した全ての条件において、分極反転領域110の歩留まりが95%であった。これにより、周期Lが6.0 μm 以上9.9 μm 以下である場合において、波長変換素子10の歩留まりは向上することが示された。

[0040] (実施例 2)

実施例 1 で作製した波長変換素子 10 を用いて、第 3 の実施形態に示した光源装置を作製した。光源 20 が出射する光の波長は、1020 nm 以上 1200 nm 以下であった。表 2 に、波長変換素子 10 が出射する光の波長の設計値と、実測値をそれぞれ示す。なお、本実施例において、制御部 50 は波長変換素子 10 の温度を 40℃ に制御した。

[0041] [表 2]

試料 No.	a	b	c	d	e	f	g
変換光波長の設計値 [nm]	532	540	552	560	580	590	594
変換光波長の実測値 [nm]	531	539	551	559	579	589	593

[0042] 表 2 に示すように、全ての試料において、波長変換素子 10 が出射する光の波長は、設計値とほぼ同じであった。

[0043] 以上、図面を参照して本発明の実施形態及び実施例について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

[0044] この出願は、2012 年 9 月 20 日に出願された日本出願特願 2012-206751 を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

請求の範囲

- [請求項1] 強誘電体結晶と、
前記強誘電体結晶に、第1の方向に沿って周期的に設けられた複数の分極反転領域と、
を備え、
前記分極反転領域の周期が $6.0\mu\text{m}$ 以上 $9.9\mu\text{m}$ 以下であり、
前記第1の方向に直交する第2の方向における前記分極反転領域の幅は、 0.01mm 以上 1mm 以下である波長変換素子。
- [請求項2] 請求項1に記載の波長変換素子において、
前記分極反転領域の幅は、 0.1mm 以上 0.5mm 以下である波長変換素子。
- [請求項3] 請求項1に記載の波長変換素子において、
前記強誘電体結晶に設けられ、前記第1の方向に沿って延伸する導波路を備え、
前記複数の分極反転領域は、前記導波路に設けられている波長変換素子。
- [請求項4] 波長が 1020nm 以上 1200nm 以下のレーザ光を発生する光源と、
前記光源から出射した光を波長変換する波長変換素子と、
を備え、
前記波長変換素子は、
強誘電体結晶と、
前記強誘電体結晶に、第1の方向に沿って周期的に設けられた複数の分極反転領域と、
を備え、
前記分極反転領域の周期が $6.0\mu\text{m}$ 以上 $9.9\mu\text{m}$ 以下であり、
、
前記第1の方向に直交する第2の方向における前記分極反転領域

の幅は、 0.01 mm 以上 1 mm 以下である光源装置。

[請求項5]

請求項4に記載の光源装置において、
前記強誘電体結晶の温度を検出する温度検出部と、
前記温度検出部の検出結果に基づいて前記強誘電体結晶の温度を制御する制御部と、
を備える光源装置。

[請求項6]

請求項4に記載の光源装置において、
前記波長変換素子から出射した光の強度を検出する強度検出部と、
前記強度検出部の検出結果に基づいて前記強誘電体結晶の温度を制御する制御部と、
を備える光源装置。

[請求項7]

強誘電体結晶の第1面上に、第1電極を、当該第1電極と前記第1面の接触部分が周期的になるように配置するとともに、前記強誘電体結晶の前記第1面の反対面である第2面上に第2電極を配置する工程と、
前記第1電極と前記第2電極の間に電圧を印加することにより、分極反転領域を形成する工程と、
を備え、

前記接触部分の周期は、 $6.0\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $9.9\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であり、
前記第1の方向に直交する第2の方向における前記第1電極の幅は、 0.01 mm 以上 1 mm 以下である波長変換素子の製造方法。

[請求項8]

強誘電体結晶の第1面上に、第1電極を、当該第1電極と前記第1面の接触部分が周期的になるように配置するとともに、前記強誘電体結晶の前記第1面の反対面である第2面上に第2電極を配置する第1工程と、
前記第1電極と前記第2電極の間に電圧を印加することにより、分極反転領域を形成する第2工程と、
を備え、

前記第 1 工程及び前記第 2 工程を繰り返すことにより、複数の波長変換素子を製造し、

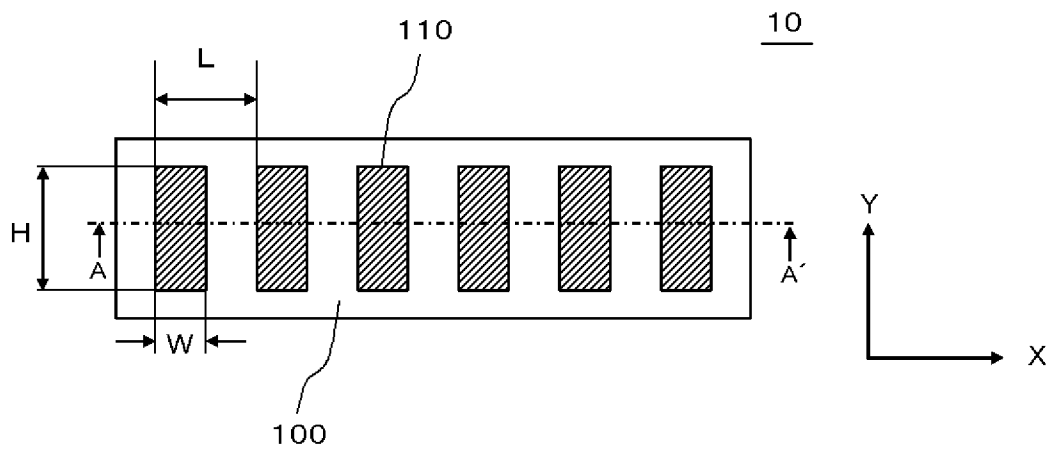
前記第 1 工程及び前記第 2 工程を繰り返す前に、

前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向における前記第 1 電極の幅を変えつつ、前記波長変換素子の試料を複数作製し、

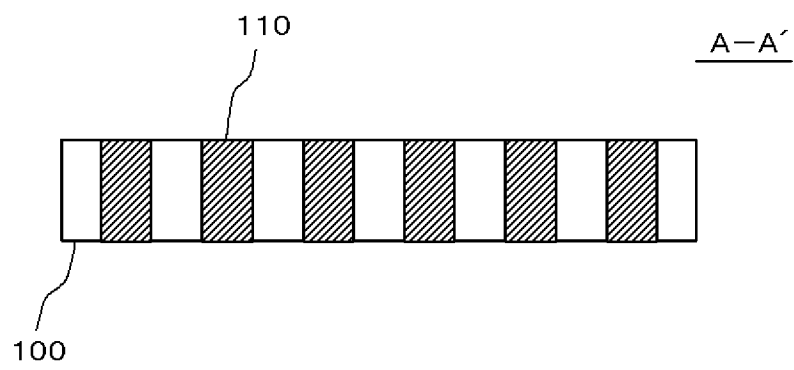
前記複数の試料における前記分極反転領域の歩留まりを調べることにより、前記第 1 工程で用いる前記第 1 電極の幅を決定する、波長変換素子の製造方法。

[図1]

(a)

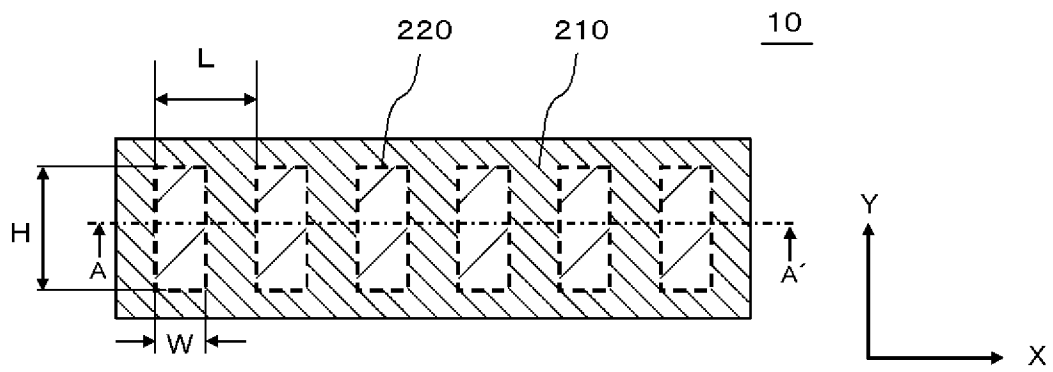


(b)

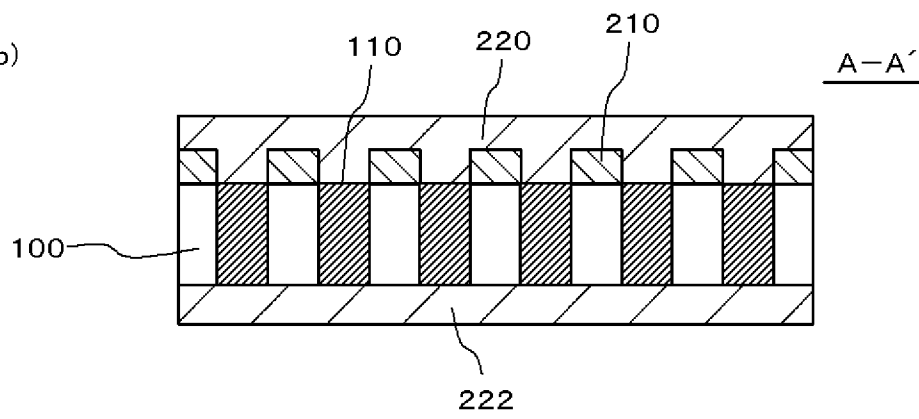


[図2]

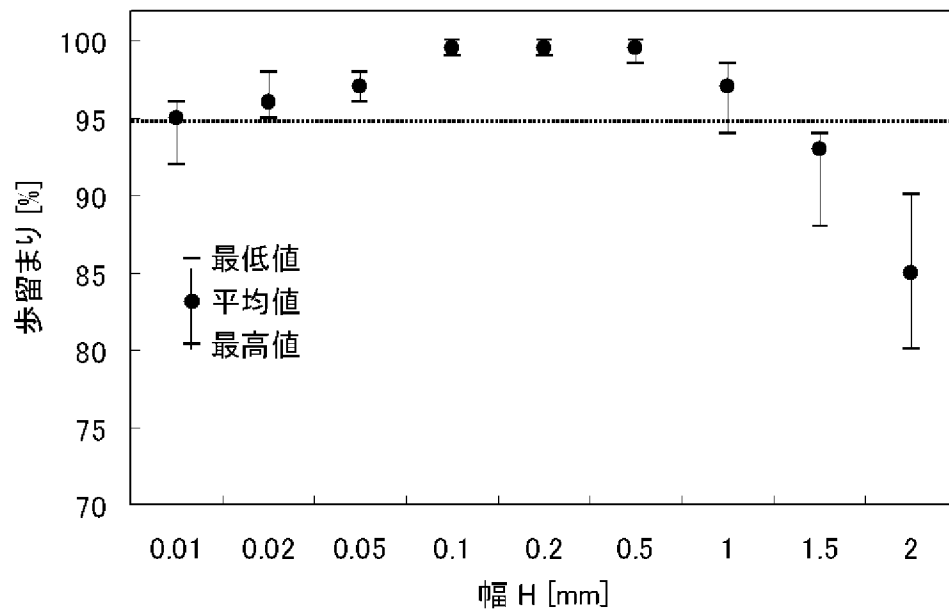
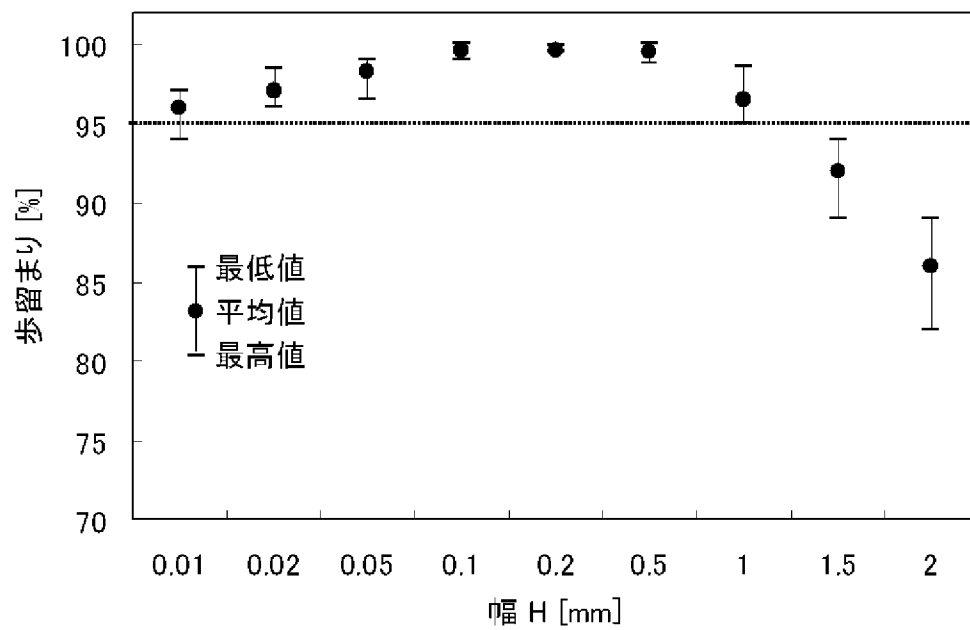
(a)



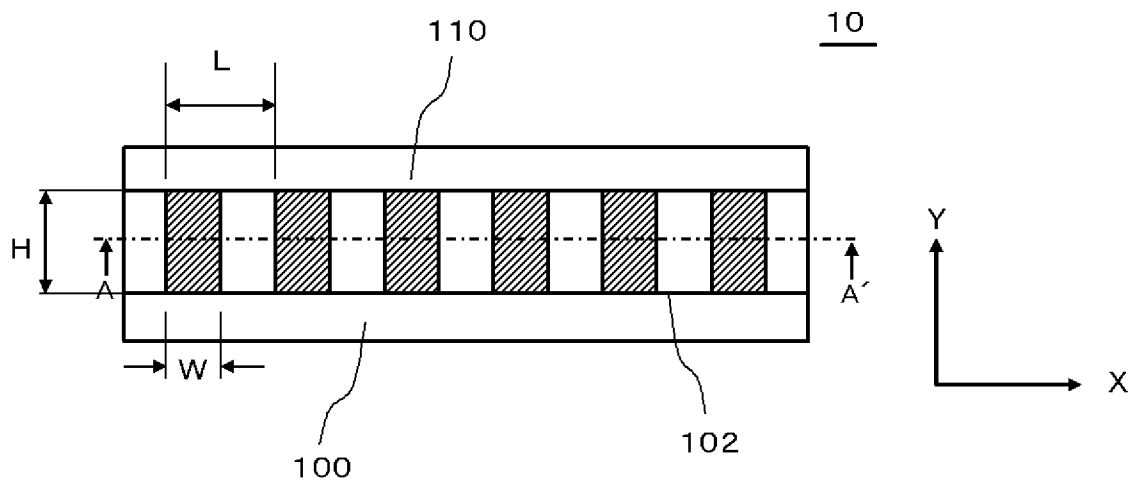
(b)



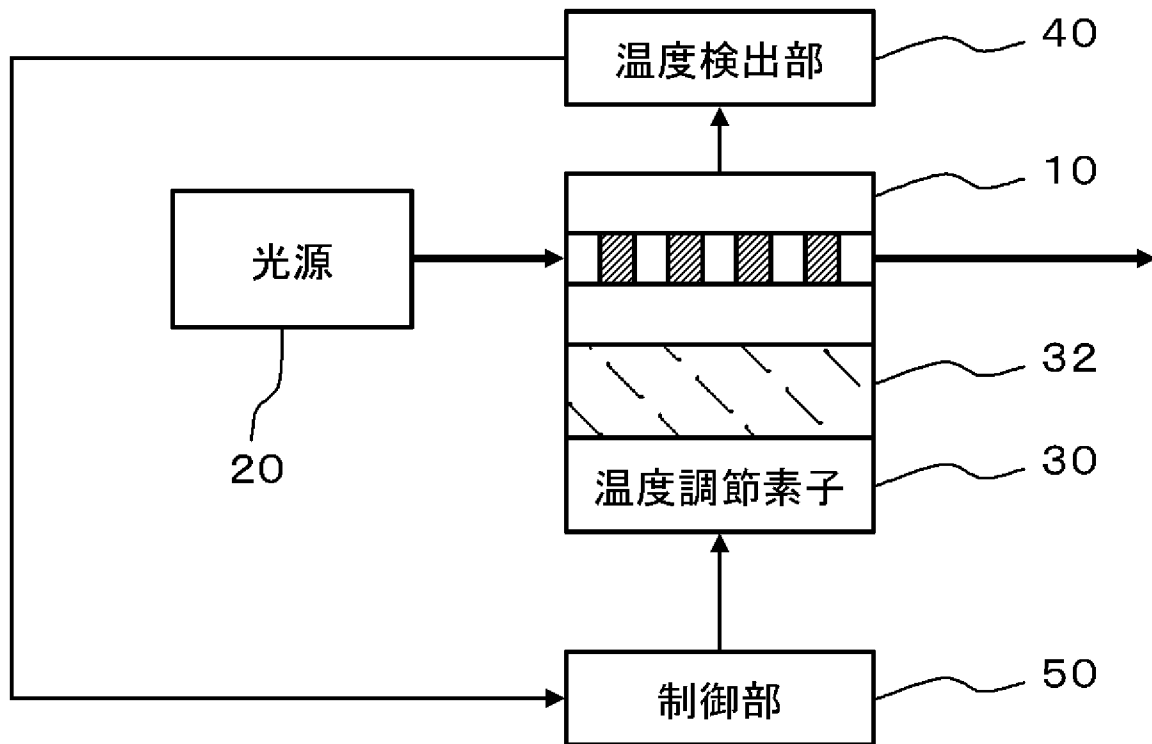
[図3]

(a) $L=7.38\ \mu\text{m}$ (b) $L=9.52\ \mu\text{m}$ 

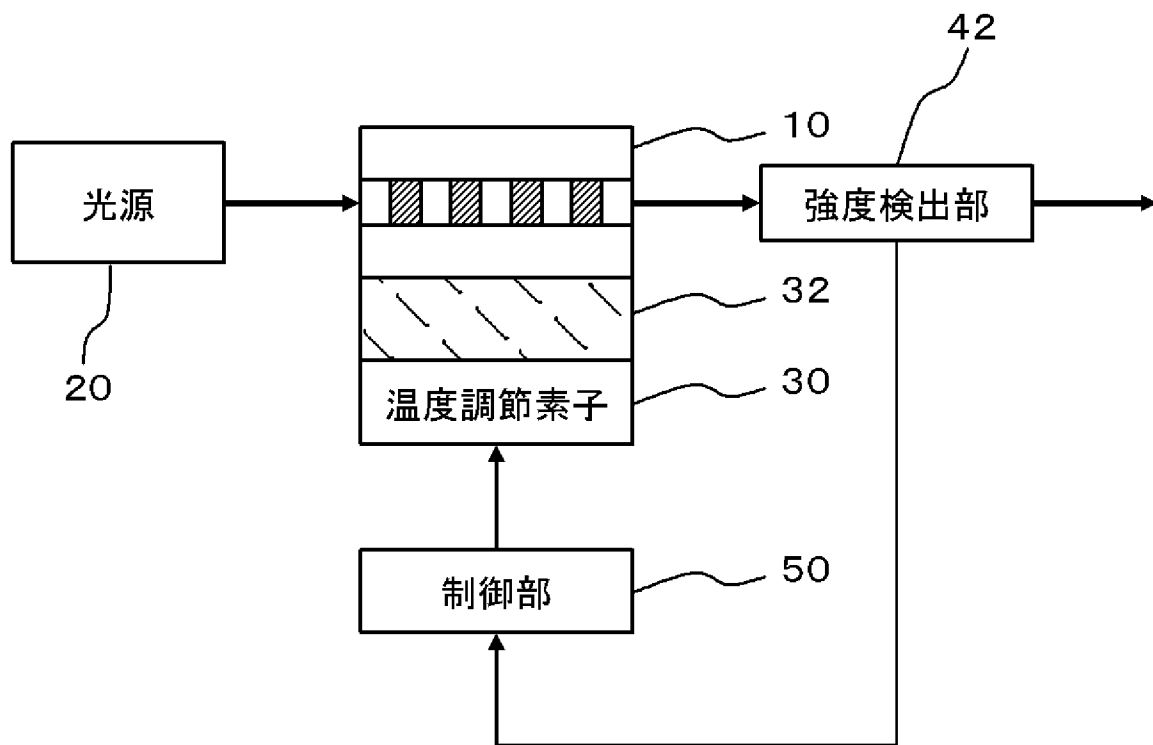
[図4]



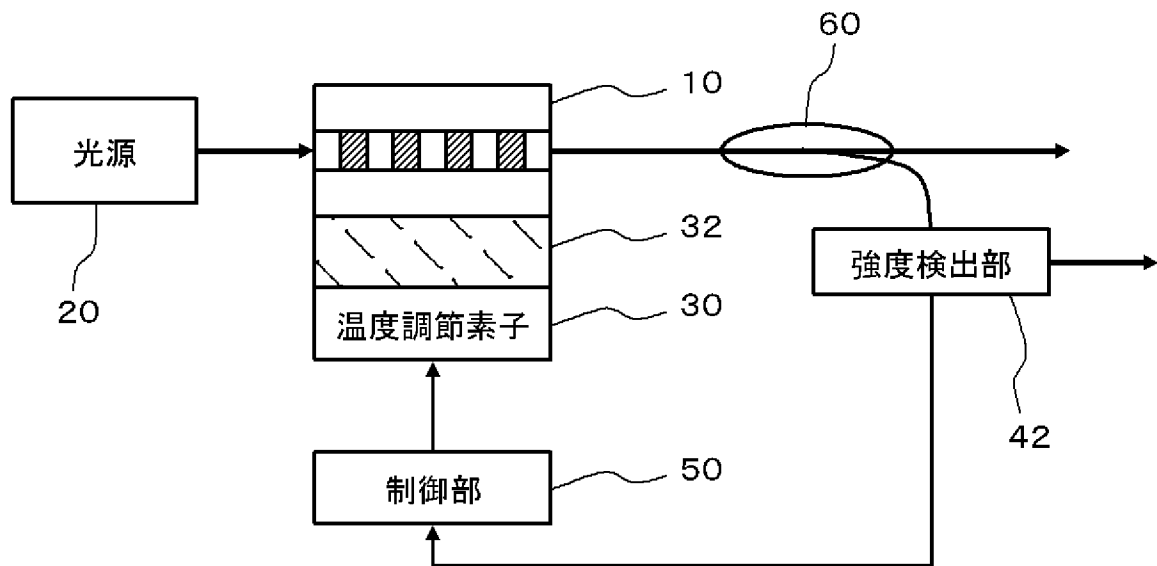
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/067312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02F1/37(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)

G02F1/37, G02F1/377

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X Y A	JP 2001-109028 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 20 April 2001 (20.04.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-2, 4, 7 3, 5-6 8
X Y A	JP 2009-139395 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0013], [0021]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-4, 7 5-6 8
Y A	JP 4-310929 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 November 1992 (02.11.1992), paragraphs [0002] to [0003] (Family: none)	3 1-2, 4-8

☒ 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
23 August, 2013 (23.08.13)Date of mailing of the international search report
03 September, 2013 (03.09.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/067312

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-335328 A (Hitachi, Ltd.), 24 November 1992 (24.11.1992), paragraphs [0013] to [0014]; fig. 1 & US 5274727 A & US 5854870 A	3
Y	JP 58-138920 U (NEC Corp.), 19 September 1983 (19.09.1983), claims (Family: none)	5
Y	JP 49-102366 A (NEC Corp.), 27 September 1974 (27.09.1974), entire text; all drawings (Family: none)	6
A	JP 9-304800 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 28 November 1997 (28.11.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 7-77712 A (Sony Corp.), 20 March 1995 (20.03.1995), paragraphs [0008] to [0013]; fig. 6 & US 5526173 A & EP 643321 A2 & DE 69430281 T	1-8
A	JP 9-292637 A (Kyocera Corp.), 11 November 1997 (11.11.1997), paragraph [0016]; fig. 1 (Family: none)	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/067312

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/067312

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The technical feature common to the invention of claim 1 and the invention of claim 8 is a wavelength conversion element which has a ferroelectric crystal that is provided with a polarization reversal region.

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1 (JP 2001-109028 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 20 April 2001 (20.04.2001), entire text; all drawings).

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between these inventions.

Accordingly, the following two inventions (invention groups) are involved in claims.

(Invention 1) the inventions of claims 1-7

A wavelength conversion element which is provided with a ferroelectric crystal and a plurality of polarization reversal regions that are formed on the ferroelectric crystal at intervals in a first direction, and wherein the interval between the polarization reversal regions is from 6.0 μm to 9.9 μm (inclusive) and the width of the polarization reversal regions in a second direction that is perpendicular to the first direction is from 0.01 mm to 1 mm (inclusive).

(Invention 2) the invention of claim 8

A method for producing a wavelength conversion element, which comprises: a first step wherein a first electrode is arranged on a first surface of a ferroelectric crystal so that the first electrode and the first surface are in contact with each other at intervals, and a second electrode is arranged on a second surface of the ferroelectric crystal, said second surface being on the reverse side of the first surface; and a second step wherein polarization reversal regions are formed by applying a voltage between the first electrode and the second electrode. In the method, a plurality of wavelength conversion elements are produced by repeating the first step and the second step, and the width of the first electrode to be used in the first step is determined by forming a plurality of samples of the wavelength conversion element by changing the width of the first electrode in a second direction that is perpendicular to the first direction before repeating the first step and the second step, and checking the yields of the polarization reversal regions in respective samples.

Claim 8 is not relevant to an invention which involves all of the matters to define the invention in claim 1 and has a same category.

Further, as a result of carrying out a search with respect to claims which are classified into invention 1, claim 8 is not substantially relevant to the invention on which it is possible to carry out a search without necessity for an additional prior-art search and judgment, and there is no any other reason for that it can be considered that it is efficient to carry out a search with respect to said claim 8 together with claim 1, and therefore, it is impossible to classify claim 8 into invention 1.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G02F1/37(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. G02F1/37, G02F1/377		
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 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6－2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4－2 0 1 3 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
X Y A	JP 2001-109028 A（三菱電線工業株式会社） 2001.04.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2, 4, 7 3, 5-6 8
X Y A	JP 2009-139395 A（三菱電機株式会社） 2009.06.25, 段落【0013】、【0021】、図1, 図4 (ファミリーなし)	1-4, 7 5-6 8
☒ 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 2 3 . 0 8 . 2 0 1 3	国際調査報告の発送日 0 3 . 0 9 . 2 0 1 3	
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） 杉山 輝和 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 9 4	2 X 5 2 6 3

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 4-310929 A (株式会社リコー)	3
A	1992. 11. 02, 段落【0002】 - 【0003】 (ファミリーなし)	1-2, 4-8
Y	JP 4-335328 A (株式会社日立製作所) 1992. 11. 24, 段落【0013】 - 【0014】, 図 1 & US 5274727 A & US 5854870 A	3
Y	JP 58-138920 U (日本電気株式会社) 1983. 09. 19, 実用新案登録請求の範囲 (ファミリーなし)	5
Y	JP 49-102366 A (日本電気株式会社) 1974. 09. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)	6
A	JP 9-304800 A (松下電器産業株式会社) 1997. 11. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 7-77712 A (ソニー株式会社) 1995. 03. 20, 段落【0008】 - 【0013】, 図 6 & US 5526173 A & EP 643321 A2 & DE 69430281 T	1-8
A	JP 9-292637 A (京セラ株式会社) 1997. 11. 11, 段落【0016】, 図 1 (ファミリーなし)	1-8

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項 1 に係る発明、請求項 8 に係る発明は、分極反転領域が設けられた強誘電体結晶を有する波長変換素子という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 (JP 2001-109028 A (三菱電線工業株式会社), 2001.04.20, 全文, 全図) の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

そして、請求の範囲には、以下に示す 2 の発明 (群) が含まれる。

(発明 1) 請求項 1-7 に係る発明

強誘電体結晶と、前記強誘電体結晶に、第 1 の方向に沿って周期的に設けられた複数の分極反転領域と、を備え、前記分極反転領域の周期が $6.0 \mu\text{m}$ 以上 $9.9 \mu\text{m}$ 以下であり、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向における前記分極反転領域の幅は、 0.01 mm 以上 1 mm 以下である波長変換素子。

(発明 2) 請求項 8 に係る発明

強誘電体結晶の第 1 面上に、第 1 電極を、当該第 1 電極と前記第 1 面の接触部分が周期的になるように配置するとともに、前記強誘電体結晶の前記第 1 面の反対面である第 2 面上に第 2 電極を配置する第 1 工程と、前記第 1 電極と前記第 2 電極の間に電圧を印加することにより、分極反転領域を形成する第 2 工程と、を備え、前記第 1 工程及び前記第 2 工程を繰り返すことにより、複数の波長変換素子を製造し、前記第 1 工程及び前記第 2 工程を繰り返す前に、前記第 1 の方向に直交する第 2 の方向における前記第 1 電極の幅を変えつつ、前記波長変換素子の試料を複数作製し、前記複数の試料における前記分極反転領域の歩留まりを調べることにより、前記第 1 工程で用いる前記第 1 電極の幅を決定する、波長変換素子の製造方法。

請求項 8 は、請求項 1 の発明特定事項を全て含む同一カテゴリーの発明ではない。そして、請求項 8 は、発明 1 に区分された請求項について調査した結果、実質的に追加的な先行技術調査や判断を必要とすることなく調査を行うことが可能である発明ではなく、請求項 1 とまとめて調査を行うことが効率的であるといえる他の事情もないから、請求項 8 を発明 1 に区分することはできない。