



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102959139 A

(43) 申请公布日 2013.03.06

(21) 申请号 201180031769.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011.07.22

C30B 29/28 (2006.01)

G02F 1/09 (2006.01)

(30) 优先权数据

2010-166663 2010.07.26 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.12.26

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2011/066665 2011.07.22

(87) PCT申请的公布数据

W02012/014796 JA 2012.02.02

(71) 申请人 株式会社藤仓

地址 日本东京都

申请人 独立行政法人物质・材料研究机构

(72) 发明人 船木秋晴 畑中翼 岛村清史

比略拉・恩卡纳西翁・安东尼亚・加
西亚

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

代理人 苗堃 金世煜

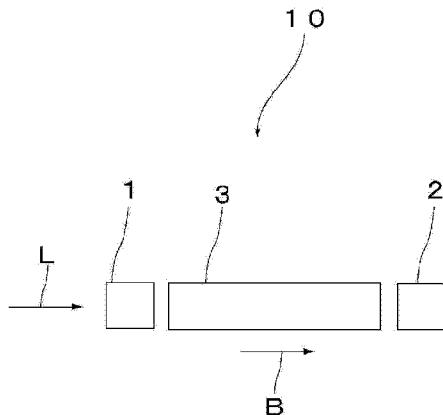
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

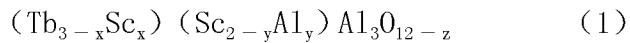
石榴石型单晶、光隔离器及激光加工机

(57) 摘要

本发明提供一种石榴石型单晶，其由下述通式表示： $(Tb_{3-x}Sc_x)(Sc_{2-y}Al_y)Al_3O_{12-z}$ (1) (式中，x 满足 $0 < x < 0.1$)。



1. 一种石榴石型单晶，其特征在于，以下述通式表示：



式中， x 满足 $0 < x < 0.1$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的石榴石型单晶，其用于法拉第旋光器。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的石榴石型单晶，其中，在所述通式(1)中， y 和 z 满足下式：

$$0 \leq y \leq 0.2$$

$$0 \leq z \leq 0.3.$$

4. 根据权利要求 1 ~ 3 中任一项所述的石榴石型单晶，其中，在所述通式(1)中， x 、 y 以及 z 满足下式：

$$0.05 \leq x \leq 0.07$$

$$0.07 \leq y \leq 0.11$$

$$0.08 \leq z \leq 0.12.$$

5. 一种光隔离器，其特征在于，是具有法拉第旋光器的光隔离器，所述法拉第旋光器由权利要求 1 ~ 4 中任一项所述的石榴石型单晶构成。

6. 一种激光加工机，其特征在于，具有权利要求 5 所述的光隔离器。

石榴石型单晶、光隔离器及激光加工机

技术领域

[0001] 本发明涉及石榴石型单晶、光隔离器及激光加工机。

背景技术

[0002] 光隔离器具有利用磁场的施加使入射光的偏振面旋转的法拉第旋光器，近年来，不仅在光通信中，在激光加工机中也逐渐开始使用。

[0003] 作为这样的在光隔离器中使用的法拉第旋光器，以往以来已知有铽·钪·铝·石榴石型单晶(TSAG : $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$) (下述非专利文献 1)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 非专利文献

[0006] 非专利文献 1：吉川，外 5 名，“法拉第旋光器用 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 单晶的直拉法生长”(Crochalskigrowth of $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ single crystal for Faraday rotator), 材料·研究·公报(Materials Research Bulletin), 2001 年, 第 37 卷, p. 1 – 10

发明内容

[0007] 但是，上述非专利文献 1 中记载的石榴石型单晶虽然具有透明性，但有时单晶会产生裂纹。

[0008] 本发明是鉴于上述情况而完成的，目的在于提供一种具有透明性且能够充分抑制裂纹的产生的石榴石型单晶、光隔离器及激光加工机。

[0009] 本发明人等为了解决上述课题进行了深入研究，结果发现在非专利文献 1 的单晶中，通过用 Sc 置换 Tb 的一部分，从而能够解决上述课题，完成了本发明。

[0010] 即，本发明的石榴石型单晶，以下述通式表示：

[0011] $(Tb_{3-x}Sc_x)(Sc_{2-y}Al_y)Al_3O_{12-z}$ (1)

[0012] (式中，x 满足 $0 < x < 0.1$)。

[0013] 该单晶具有透明性且能够充分抑制裂纹的产生。其中，特别是对于可充分抑制裂纹的产生的理由，本发明人等推测原因是通过 Tb 的一部分被 Sc 置换，从而使石榴石结构稳定化。

[0014] 另外，上述石榴石型单晶优选用于法拉第旋光器。

[0015] 在上述通式(1)中，优选 y 和 z 同时满足下式：

[0016] $0 \leq y \leq 0.2$

[0017] $0 \leq z \leq 0.3$ 。

[0018] 此时，与 y 和 z 偏离上述范围的情况相比，能够更充分地抑制单晶的透射率的降低。

[0019] 在上述通式(1)中，进一步优选 x、y 以及 z 满足下式：

[0020] $0.05 \leq x \leq 0.07$

[0021] $0.07 \leq y \leq 0.11$

[0022] $0.08 \leq z \leq 0.12$ 。

[0023] 满足上述式的单晶在 1064nm 的波长处具有更大的弗尔德常数。因此，满足上述式的石榴石型单晶极其适于用作以 Nd:YAG 激光作为光源的激光加工机的光隔离器中使用的法拉第旋光器用单晶。

[0024] 另外，本发明的光隔离器，是具有法拉第旋光器的光隔离器，上述法拉第旋光器由上述石榴石型单晶构成。

[0025] 在本发明的光隔离器中，法拉第旋光器由上述石榴石型单晶构成，由于能够由上述单晶大量地得到法拉第旋光器，所以能够使法拉第旋光器低价格化。因此，如果利用本发明的光隔离器，则能够低价格化。

[0026] 此外，本发明的激光加工机，具有上述光隔离器。

[0027] 根据本发明的激光加工机，由于石榴石型单晶为透明的，所以石榴石型单晶所致的光的吸收减少。因此，能够提高光隔离器的光的耐损伤性。并且，由于能够抑制结晶内的晶格缺陷等，所以不会产生裂纹。因此，能够使光隔离器长寿命化。其结果能够在光加工机中减少光隔离器的交换频率。

[0028] 根据本发明，提供一种具有透明性且能够充分抑制裂纹的产生的石榴石型单晶、光隔离器以及激光加工机。

附图说明

[0029] 图 1 是表示本发明的光隔离器的一个实施方式的图。

[0030] 图 2 是表示培育本发明的石榴石型单晶的工序的工序图。

[0031] 图 3 是表示本发明的激光加工机的一个实施方式的简图。

具体实施方式

[0032] 以下，边参照附图边对本发明的实施方式进行详细说明。

[0033] 图 1 是表示本发明的光隔离器的一个实施方式的图。如图 1 所示，光隔离器 10 具备：起偏器 1、检偏器 2 以及配置在起偏器 1 与检偏器 2 之间的法拉第旋光器 3。其中，偏振器 1 和检偏器 2 以它们的透射轴彼此相互成为非平行的方式，例如以形成 45° 角度的方式而配置。

[0034] 例如沿着从起偏器 1 朝向检偏器 2 的方向，即沿着光的入射方向对法拉第旋光器 3 施加磁场 B，法拉第旋光器 3 因磁场 B 的施加，使通过起偏器 1 的光 L 的偏振面旋转，使其通过检偏器 2 的透射轴。

[0035] 在此，详细说明法拉第旋光器 3。

[0036] 法拉第旋光器 3，由以下述通式表示的法拉第旋光器用石榴石型单晶构成。

[0037] $(Tb_{3-x}Sc_x(Sc_{2-y}Al_y)Al_3O_{12-z})$ (1)

[0038] (上述式中， x 满足 $0 < x < 0.1$)

[0039] 在此，以上述通式(1)表示的单晶表示铽·钪·铝·石榴石型单晶。上述通式(1)表示的单晶以 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 为基准时，利用 $(Sc_{2-y}Al_y)$ 的部分表示 Sc 的一部分可被 Al 置换，利用 $(Tb_{3-x}Sc_x)$ 的部分表示 Tb 的一部分可被 Sc 置换。根据上述通式(1)表示的石榴石型单晶，至少在红外光和可见光的波长区域具有透明性且能够充分抑制切出时的裂纹的产

生。

[0040] 在上述通式(1)中, x 满足 $0 < x < 0.1$ 。如果 x 为 0, 则单晶切出时, 单晶产生裂纹。如果 x 为 0.1 以上, 则在结晶中有第 2 相结晶而无法实现单晶。 x 优选为 $0.04 \sim 0.09$ 。

[0041] 在上述通式(1)中, y 通常为 $0 \sim 0.2$, 优选为 $0.02 \sim 0.2$ 。

[0042] 在上述通式(1)中, z 通常为 $0 \sim 0.3$, 优选为 $0 \sim 0.2$ 。应予说明, z 不为 0 时, 氧原子数小于石榴石型结晶中的氧原子数, 即小于 12, 这是由单晶中的缺陷引起的。

[0043] 特别是为了更充分地抑制因氧缺陷引起的透光率的降低, 所以在上述通式(1)中, 优选 y 和 z 同时满足下式:

[0044] $0 \leqslant y \leqslant 0.2$

[0045] $0 \leqslant z \leqslant 0.3$ 。

[0046] 其中, 在将法拉第旋光器 3 用于以 Nd:YAG (振荡波长: 1064nm) 为光源的激光加工机的光隔离器情况下, 为了使弗尔德常数更大, 优选在上述通式(1)中, x 、 y 以及 z 同时满足下式:

[0047] $0.05 \leqslant x \leqslant 0.07$

[0048] $0.07 \leqslant y \leqslant 0.11$

[0049] $0.08 \leqslant z \leqslant 0.12$ 。

[0050] 接着, 对上述单晶的培育方法进行说明。

[0051] 首先, 在说明单晶的培育方法之前, 边参照图 2 边对培育上述单晶的结晶培育装置进行说明。图 2 是表示培育本发明的法拉第旋光器用石榴石型单晶的工序的工序图。如图 2 所示, 结晶培育装置 20 主要具备: 铱制坩埚 21、收容坩埚 21 的陶瓷制的筒状容器 22 以及在筒状容器 22 周围卷绕的高频线圈 23。高频线圈 23 用于使坩埚 21 产生感应电流来加热坩埚 21。

[0052] 接着, 对使用上述结晶培育装置 20 的上述单晶的培育方法进行说明。

[0053] 首先, 准备 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末。

[0054] 然后, 如果应当培育的单晶组成即上述通式(1)中的 x 、 y 、 z 确定, 则根据该组成来决定 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的配合率。此时, 上述 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末如下所述。

[0055] 即, 通常以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准, Tb_4O_7 粉末的配合率为 $21.0 \sim 23.1$ 摩尔 %。

[0056] 通常以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准, Sc_2O_3 粉末的配合率为 $30.8 \sim 33.5$ 摩尔 %。

[0057] 通常以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准, Al_2O_3 粉末的配合率为 $45.0 \sim 46.1$ 摩尔 %。然后, 以该决定的配合率将上述 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末干式混合而得到混合粉末。

[0058] 接下来, 将上述混合粉末装入坩埚 21。

[0059] 接着, 对高频线圈 23 施加电流。然后, 坩埚 21 被加热, 在坩埚 21 内混合粉末熔融而得到熔液 24。接下来, 准备棒状的籽晶 25, 将该籽晶 25 的前端浸渍于熔液 24 后, 边以规定的转数旋转籽晶 25 边以规定的提拉速度提拉。

[0060] 此时, 例如可以使用钇·铝·石榴石(YAG)等石榴石型单晶作为籽晶 25。

[0061] 粢晶 25 的转数优选为 $3 \sim 50\text{rpm}$, 更优选为 $3 \sim 10\text{rpm}$ 。

[0062] 粢晶 25 的提拉速度优选为 $0.1 \sim 3\text{mm/h}$, 更优选为 $0.2 \sim 1\text{mm/h}$ 。

[0063] 粢晶 25 的提拉优选在非活性气体环境下进行, 作为非活性气体, 通常使用氮气。另外, 粢晶 25 的提拉通常在大气压下进行。

[0064] 如果这样提拉粢晶 25, 则能够在粢晶 25 的前端得到上述通式(1)表示的块状的单晶 26。

[0065] 接着, 边参照图 3 边对本发明的激光加工机进行详细说明。应予说明, 在图 3 中, 对与图 1 相同或等同的构成要素标以相同符号, 省略重复的说明。

[0066] 图 3 是表示本发明的激光加工机的一个实施方式的简图。如图 3 所示, 激光加工机 100 具备激光源 11 和在从激光源 11 射出的激光 L 的光路 P 上配置的光隔离器 10。根据该激光加工机 100, 从激光源 11 射出的激光 L 通过光隔离器 10 射出, 利用该射出光能够加工被加工体 Q。

[0067] 此处, 在光隔离器 10 的法拉第旋光器中使用的石榴石型单晶具有透明性, 所以石榴石型单晶所致的光的吸收减少。因此, 也能够提高法拉第旋光器 3 的光的耐损伤性。

[0068] 另外, 如果是作为法拉第旋光器 3 使用的上述石榴石型单晶, 则能够抑制结晶内的晶格缺陷等, 所以不会产生裂纹。因此, 能够使光隔离器 10 长寿命化。其结果是在激光加工机 100 中能够减少光隔离器 10 的交换频率。

[0069] 作为激光源 11, 例如可以使用振荡波长为 1064nm 以上的激光源, 例如 Nd:YAG 激光或振荡波长为 1080nm 的掺 Yb 纤维激光器。另外, 作为激光源 11, 还可以使用振荡波长低于 1064nm 的激光源。作为振荡波长低于 1064nm 的激光源, 例如可以使用振荡波长为 $400 \sim 700\text{nm}$ 的激光源。作为振荡波长为 $400 \sim 700\text{nm}$ 的激光源, 例如可举出振荡波长为 405nm 的 GaN 系半导体激光器、振荡波长为 700nm 的钛蓝宝石激光器等。应予说明, 激光源 11 的振荡波长在 $700 \sim 1064\text{nm}$ 的范围内, 例如可以为 800nm 附近, 或者也可以为 $1030 \sim 1080\text{nm}$ 。

[0070] 另外, 在上述实施方式中, 石榴石型单晶在激光加工机的光隔离器中使用, 但并不限于光隔离器, 也可以适用于通过使用法拉第旋光器来测量法拉第旋转角的变化从而观测磁场的变化的光磁场传感器等。另外, 石榴石型单晶也可适用于法拉第旋光器以外的用途。

[0071] 实施例

[0072] 以下, 举出实施例来更具体地说明本发明的内容, 但本发明不限于下述实施例。

[0073] (实施例 1)

[0074] 首先, 准备 Tb_4O_7 粉末(纯度 99.99%)、 Sc_2O_3 粉末(纯度 99.99%)以及 Al_2O_3 粉末(纯度 99.99%), 将这些粉末干式混合而得到混合粉末。此时, 将以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准(100 摩尔 %)的 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的配合率分别设为 23.1 摩尔 %、30.8 摩尔 % 以及 46.1 摩尔 %。

[0075] 接下来, 将上述混合粉末装入直径 50mm 、深度 50mm 的筒状的坩埚 21 中。

[0076] 接着, 对高频线圈 23 施加电流, 加热坩埚 21 来熔融混合粉末而得到熔液 24。接下来, 准备由 YAG (钇·铝·石榴石) 构成的 $3 \times 3 \times 70\text{mm}$ 的角棒状的粢晶 25, 将该粢晶 25 的前端浸渍于熔液 24 后, 边以 10rpm 的转数旋转粢晶 25 边以 1mm/h 的提拉速度提拉。此时, 使氮气以 2L/min 的流量流入筒状容器 22 内, 在大气压下、氮气环境中提拉粢晶 25。由此, 得到直径约 2.5cm 、长度约 5cm 的透明单晶。

[0077] 对这样得到的单晶进行 X 射线衍射的结果,确认了 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 的峰。另外,使用 Bruker AXS 公司制 SMART APEX,对得到的单晶进行利用单晶 X 射线衍射的结构解析,结果可以确认 Tb 的一部分被 Sc 置换,Sc 的一部分被 Al 置换,氧原子的一部分缺失。

[0078] 进而,对上述单晶进行利用 ICP(电感耦合等离子体)的化学分析,确认了单晶的组成(Tb、Sc、Al 以及 O 的原子数比)。利用 ICP 的化学分析具体如下进行。即,首先从单晶的直晶身部下端切出 50mg,得到切片。接着,将切片放入铂金坩埚中,然后加入四硼酸锂 250mg。接下来,将该铂金坩埚收容至高温加热炉,在 1030℃ 加热 2 小时,使切片熔解。之后放冷铂金坩埚后,将切片放入 50ml 的烧杯中,进一步添加 20mlHCl。接着,将烧杯配置在热板上缓慢加热,从切片使各元素成分(Tb、Sc 以及 Al)溶解到 HCl 中。此时,将烧杯内得到的溶液稀释至 50ml,对该溶液进行利用了 ICP 的化学分析。其结果确认得到了具有 $(Tb_{2.96}Sc_{0.04})(Sc_{1.87}Al_{0.13})Al_3O_{11.9}$ 的组成的单晶。

[0079] (实施例 2)

[0080] 首先,准备 Tb_4O_7 粉末(纯度 99.99%)、 Sc_2O_3 粉末(纯度 99.99%)以及 Al_2O_3 粉末(纯度 99.99%),将这些粉末干式混合,得到混合粉末。此时,将以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准(100 摩尔 %)的 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的配合率分别设为 22.1 摩尔 %、32.1 摆尔 % 以及 45.8 摆尔 %。

[0081] 接着,将上述混合粉末装入直径 50mm、深度 50mm 的筒状的坩埚 21 中。

[0082] 之后与实施例 1 同样地培育单晶。由此得到直径约 2.5cm、长度约 5cm 的透明的单晶。

[0083] 对这样得到的单晶进行 X 射线衍射,结果确认了 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 的峰。另外,对得到的单晶进行利用了单晶 X 射线衍射的结构解析,结果确认了 Tb 的一部分被 Sc 置换,Sc 的一部分被 Al 置换,氧原子的一部分缺失。

[0084] 进而,与实施例 1 同样地对单晶进行利用了 ICP 的化学分析,结果确认得到了具有 $(Tb_{2.94}Sc_{0.06})(Sc_{1.91}Al_{0.09})Al_3O_{11.9}$ 的组成的单晶。

[0085] (实施例 3)

[0086] 首先,准备 Tb_4O_7 粉末(纯度 99.99%)、 Sc_2O_3 粉末(纯度 99.99%)以及 Al_2O_3 粉末(纯度 99.99%),将这些粉末干式混合得到混合粉末。此时,将以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准(100 摆尔 %)的 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的配合率分别设为 21.2 摆尔 %、33.3 摆尔 % 以及 45.5 摆尔 %。

[0087] 接着,将上述混合粉末装入直径 50mm、深度 50mm 的筒状的坩埚 21 中。

[0088] 之后与实施例 1 同样地培育单晶。这样得到直径约 2.5cm、长度约 5cm 的透明单晶。

[0089] 对这样得到的单晶进行 X 射线衍射,结果确认了 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 的峰。另外,对得到的单晶进行利用了单晶 X 射线衍射的结构解析,结果确认 Tb 的一部分被 Sc 置换,Sc 的一部分被 Al 置换,氧原子的一部分缺失。

[0090] 进而,与实施例 1 同样地对单晶进行利用了 ICP 的化学分析,结果确认得到了具有 $(Tb_{2.91}Sc_{0.09})(Sc_{1.97}Al_{0.03})Al_3O_{11.9}$ 的组成的单晶。

[0091] (实施例 4)

[0092] 首先,准备 Tb_4O_7 粉末(纯度 99.99%)、 Sc_2O_3 粉末(纯度 99.99%)以及 Al_2O_3 粉末(纯度

99.99%), 将这些粉末干式混合, 得到混合粉末。此时, 将以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准(100 摩尔%) 的 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的配合率分别设为 22.6 摩尔%、31.4 摩尔% 以及 46.0 摩尔%。

[0093] 接着, 将上述混合粉末装入直径 50mm、深度 50mm 的筒状的坩埚 21 中。

[0094] 之后与实施例 1 同样地培育单晶。这样得到直径约 2.5cm、长度约 5cm 的透明的单晶。

[0095] 对这样得到的单晶进行 X 射线衍射, 结果确认了 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 的峰。另外, 对得到的单晶进行利用了单晶 X 射线衍射的结构解析, 结果确认了 Tb 的一部分被 Sc 置换, Sc 的一部分被 Al 置换, 氧原子的一部分缺失。

[0096] 进而, 与实施例 1 同样地对单晶进行利用了 ICP 的化学分析, 结果确认得到了具有 $(Tb_{2.99}Sc_{0.01})(Sc_{1.85}Al_{0.15})Al_3O_{11.9}$ 组成的单晶。

[0097] (比较例 1)

[0098] 首先, 准备 Tb_4O_7 粉末(纯度 99.99%)、 Sc_2O_3 粉末(纯度 99.99%)以及 Al_2O_3 粉末(纯度 99.99%), 将这些粉末干式混合, 得到混合粉末。此时, 将以 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的总计摩尔数为基准(100 摩尔%) 的 Tb_4O_7 粉末、 Sc_2O_3 粉末以及 Al_2O_3 粉末的配合率分别设为 22.7 摩尔%、31.3 摩尔% 以及 46.0 摩尔%。

[0099] 接着, 将上述混合粉末装入直径 50mm、深度 50mm 的筒状的坩埚 21 中。

[0100] 之后与实施例 1 同样地培育单晶。这样得到直径约 2.5cm、长度约 5cm 的透明单晶。

[0101] 对这样得到的单晶进行 X 射线衍射, 结果确认了 $Tb_3Sc_2Al_3O_{12}$ 的峰。另外, 对得到的单晶进行利用了单晶 X 射线衍射的结构解析, 结果确认了 Sc 的一部分被 Al 置换, 氧原子的一部分缺失。

[0102] 进而, 与实施例 1 同样地对单晶进行利用了 ICP 的化学分析, 结果确认得到了具有 $Tb_3(Sc_{1.85}Al_{0.15})Al_3O_{11.8}$ 的组成的单晶。

[0103] [特性评价]

[0104] (1) 裂纹的有无

[0105] 利用安装了电沉积金刚石刀片的内圆刃切割机, 从实施例 1 ~ 4 和比较例 1 的单晶切出约 2cm 厚的结晶块, 目视观察单晶切出时裂纹的有无。将结果示于表 1。

[0106] (2) 法拉第旋转角

[0107] 对如上述那样得到的实施例 1 ~ 4 和比较例 1 的单晶, 测定在 633nm、1064nm 以及 1303nm 的波长处的法拉第旋转角。法拉第旋转角的测定如下进行。即, 首先以在起偏器与检偏器之间不配置单晶的状态使检偏器旋转成消光状态。接着, 将实施例 1 ~ 4 和比较例 1 的单晶切出 $3.5 \times 3.5 \times 20$ mm 的角棒状, 将其配置到起偏器与检偏器之间, 在沿单晶的长度方向施加了 0.42T 的磁通密度的状态下入射光, 再次使检偏器旋转成消光状态。然后, 计算在起偏器与检偏器之间夹持单晶前的检偏器的旋转角与夹持单晶后的检偏器的旋转角之差, 将该角度差作为法拉第旋转角。此时, 分别测定在光源波长 633nm、1064nm 以及 1303nm 处的法拉第旋转角。将结果示于表 1。

[0108] 表 1

	x	y	z	组成式	裂纹的有无	透明性	法拉第旋转角/度
					633nm	1064nm	1303nm
实施例1	0.04	0.13	0.1	(Tb _{2.96} Sc _{0.04}) _(Sc_{1.87}Al_{0.13}) Al ₃ O _{11.9}	无	透明	73.8
实施例2	0.06	0.09	0.1	(Tb _{2.94} Sc _{0.06}) _(Sc_{1.91}Al_{0.09}) Al ₃ O _{11.9}	无	透明	75.1
实施例3	0.09	0.03	0.1	(Tb _{2.91} Sc _{0.09}) _(Sc_{1.97}Al_{0.03}) Al ₃ O _{11.9}	无	透明	73.5
实施例4	0.01	0.15	0.2	(Tb _{2.99} Sc _{0.01}) _(Sc_{1.85}Al_{0.15}) Al ₃ O _{11.8}	无	透明	73.2
比较例1	0	0.15	0.2	Tb ₃ (Sc _{1.85} Al _{0.15})Al ₃ O _{11.8}	有	透明	72.8
						21.0	12.7

[0109]

[0110] 由表1所示的结果可知实施例1～4的单晶具有透明性，能够充分抑制切出时的裂纹的产生。与此相对，可知比较例1的单晶虽然透明，但切出时有裂纹产生。

[0111] 由以上确认了本发明的石榴石型单晶具有透明性，能够充分抑制裂纹的产生。

[0112] 符号说明

[0113] 1…起偏器

[0114] 2…检偏器

[0115] 3…法拉第旋光器

[0116] 10…光隔离器

[0117] 100…激光加工机

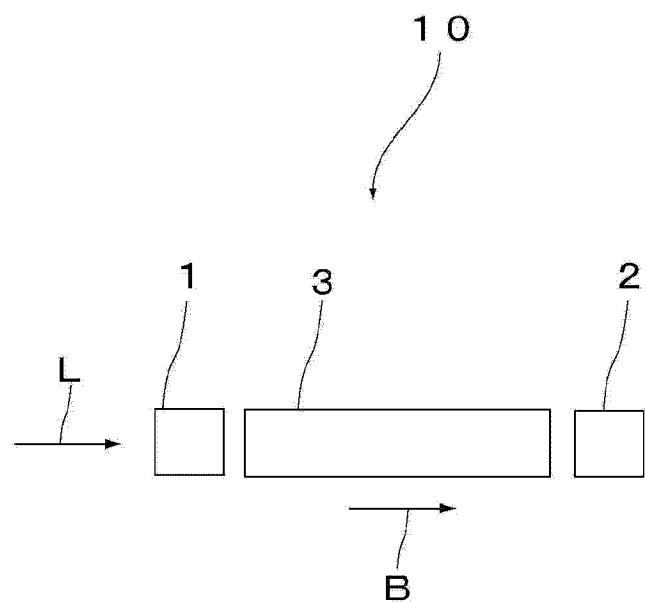


图 1

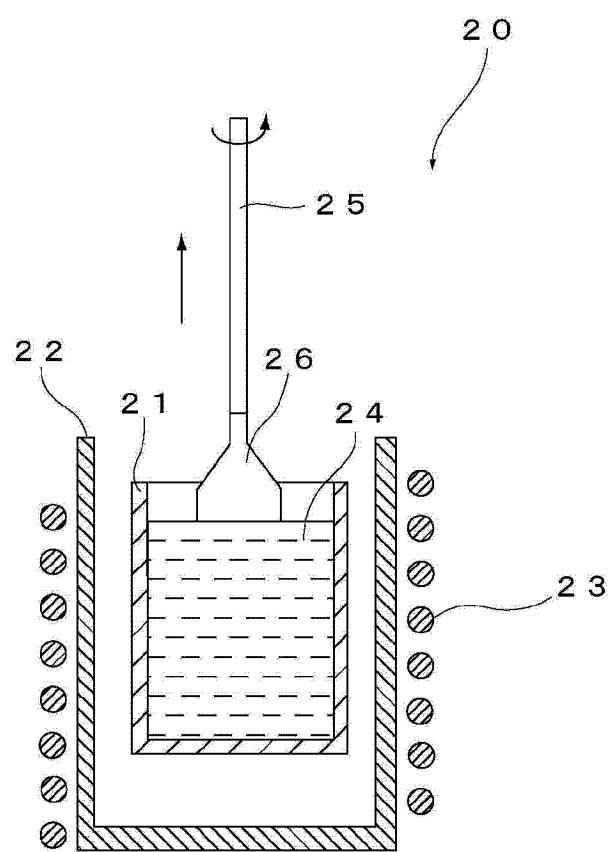


图 2

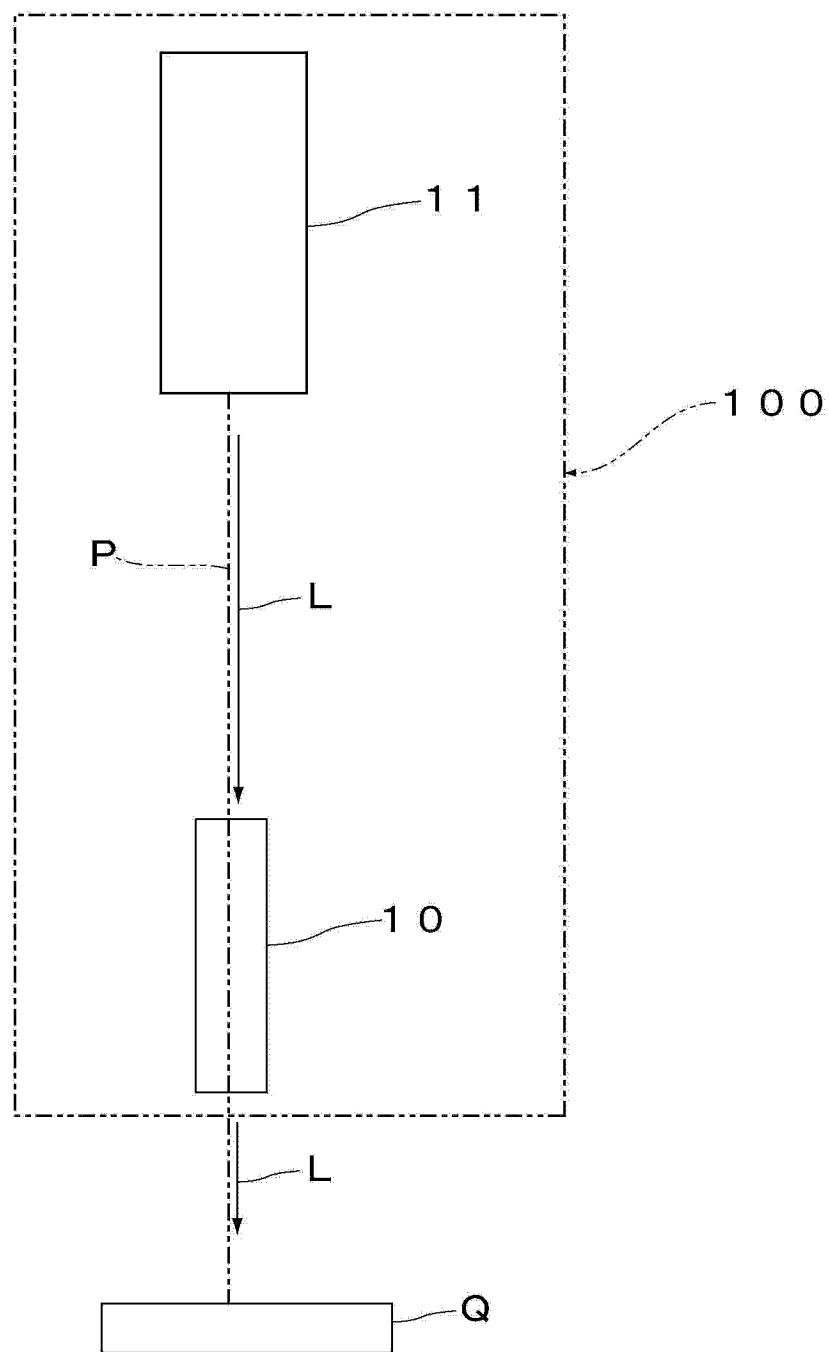


图 3