



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103309060 B

(45)授权公告日 2016.07.13

(21)申请号 201210291280.7

US 2011/0133111 A1, 2011.06.09, 说明书

(22)申请日 2012.08.15

具体实施方式部分以及说明书附图3.

(30)优先权数据

审查员 张洁

2012-056961 2012.03.14 JP

(73)专利权人 信越化学工业株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 矢作晃 渡边聪明

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

代理人 王勇 王博

(51)Int.Cl.

G02F 1/09(2006.01)

(56)对比文件

US 2005/0225831 A1, 2005.10.13, 说明书

具体实施方式部分以及说明书附图1a.

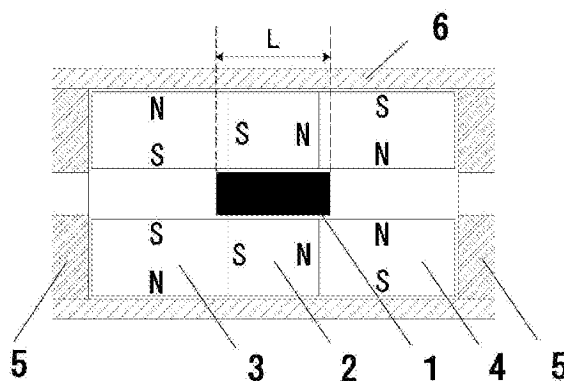
权利要求书1页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

光组件

(57)摘要

本发明提供一种在激光加工用途中使用小型化的高消光比的光组件,例如光纤激光使用的光隔离器用的小型的高消光比的光组件。该光组件,包括在波长 $1.06\mu\text{m}$ 的维德常数为 $0.27\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$ 以上的法拉第转子以及在上述法拉第转子的外周配置的中空磁铁,其特征在于:在所述法拉第转子上施加的磁通密度 $B(\text{Oe})$ 在下述式(1)的范围内,所述法拉第转子的样品长度 $L(\text{cm})$ 在下述式(2)的范围内,所述法拉第转子的外径 $D(\text{cm})$ 在下述式(3)的范围内,并且,具有 1dB 以下的插入损耗以及 35dB 以上的消光比。 $0.5\times 10^4\leq B\leq 1.5\times 10^4$ (1) $0.70\leq L\leq 1.10$ (2) $0.20\leq D\leq 0.60$ (3)。



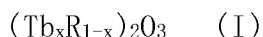
1. 一种光组件,包括在波长 $1.06\mu\text{m}$ 的维德常数为 $0.27\text{min}/(0\text{e}\cdot\text{cm})$ 以上的法拉第转子以及在所述法拉第转子的外周配置的第1中空磁铁以及将该第1中空磁铁在光轴上夹持而配置的第2以及第3的中空磁铁单元,其特征在于:第2以及第3中空磁铁单元,分别由对光轴成 90° 均等分割的磁铁来构成,在所述法拉第转子上施加的磁通密度 $B(0\text{e})$ 在下述式(1)的范围内,所述法拉第转子的样品长度 $L(\text{cm})$ 在下述式(2)的范围内,所述法拉第转子的外径 $D(\text{cm})$ 在下述式(3)的范围内。

$$0.5\times 10^4\leq B\leq 1.5\times 10^4 \quad (1)$$

$$0.70\leq L\leq 1.10 \quad (2)$$

$$0.20\leq D\leq 0.60 \quad (3)$$

2. 根据上述1的光组件,其特征在于:所述法拉第转子含有99重量%的下述式(I)表示的氧化物,



式(I)中, x 为 $0.5\leq x\leq 1.0$,R为从钐、铕以及Tb以外的镧系元素群选择出的至少1种元素。

3. 根据权利要求2的光组件,其特征在于:所述氧化物为单晶。

4. 根据权利要求2的光组件,其特征在于:所述氧化物为陶瓷。

5. 根据权利要求1-4的任意一项的光组件,其特征在于:所述法拉第转子为圆筒形状,具有1dB以下的插入损耗以及25dB以上的消光比。

6. 根据权利要求1-5的任一项的光组件,其特征在于:第1中空磁铁,第2以及第3中空磁铁单元为由钕-铁-硼(NdFeB)类磁铁构成。

7. 根据权利要求1-6的任一项的光组件,其特征在于:第1中空磁铁的磁场极性为光轴方向,第2以及第3的中空磁铁单元的磁场极性在光轴法线方向上相互相反。

8. 根据权利要求1-7的任一项的光组件,其特征在于:第1中空磁铁,第2中空磁铁单元以及第3中空磁铁单元被装载于碳钢筐体的内部。

9. 一种光组件的制造方法,该组件为权利要求1-8的任一项所述的组件,其特征在于所述制造方法包括:在粗加工的法拉第转子的外周面进行 1.0mm 以上 1.6mm 以下的外周切削的工序以及在粗加工的法拉第转子的两端面的一方进行 0.5mm 以上 0.8mm 以下端面研磨加工的工序。

光组件

技术领域

[0001] 本发明涉及在约 $1\mu\text{m}$ 的波长领域中使用的作为光隔离器的主要部件的,包括法拉第转子的光组件。

背景技术

[0002] 以往,切断、焊接以及标记等中使用的产业用激光加工机中,使用 CO_2 激光(波长 $10.6\mu\text{m}$)或者灯激发式YAG激光(波长 $1\mu\text{m}$)。

[0003] 近年,对激光加工机的加工性能的要求更加严格起来,要求激光加工机具有高精度、高输出以及高寿命。在这样的市场要求中被注目的是光纤激光。光纤激光,为光路全部由被光纤构成,其特征为从激光二极管(LD)光源发出的 $1\mu\text{m}$ 带的光,被镱(Yb)等的稀土类元素掺杂的光纤放大,以高精度且高输出的激光进行光纤输出。与相同波长带的灯激发式YAG激光比较,光纤激光由于具有激发光变换效率高,放热性优良,因此空冷良好,不需要灯激发。所以以具有低消费电力・高输出化・长寿命的长处,被人们所瞩目。

[0004] 但是,光纤激光,虽然具有发光光谱狭,变换效率优良的特征,但是其反面,对反射光造成的回光非常敏感,如从对光纤的结合端面以及高反射率的金属面而来的反射光返回,其特性会成为不安定状态,由此,由于是高输出的发光,LD光源部会具有破损的危险性。由此,为了使光纤激光安定工作,防止反射光返回作为发光源的发光元件,由必要在发光源和加工体之间,配置具有顺方向的光透过,逆方向的光切断的功能的光隔离器(an optical isolator),从而切断由光纤向发光源的由于反射而返回的光就变得不可缺少了。

[0005] 在此,光组件,由法拉第转子以及向法拉第转子的光透过方向(光轴方向)施加磁场的2个磁铁作为主要部件来构成。在该形态,就会发生光如从法拉第转子入射,在法拉第转子的中,偏光面就会回转的现象。这种现象被称作法拉第效果,偏光面回转的角度被称作法拉第回转角,其大小 θ 用下式表示。

[0006] $\theta = V \times H \times L$

[0007] V为维德常数(Verdet's constant),由法拉第转子的材料以及测定波长来决定的常数,H为磁通密度,L为法拉第转子的长度。从该式可以得知,具有一定的大小的维德常数的转子中,如想得到所期望的法拉第回转角,对法拉第转子施加的磁场越大,越可以使转子长变短,转子长越长,越可以使磁通密度变小。

[0008] 作为法拉第转子用的材料,具有特定的组成的氧化物以被公开(专利文献1)。

[0009] 光隔离器由配置在上述的光组件的光入射侧以及光出射侧的一对偏光子构成,一般,如使其具有光隔离器的功能, 45° 左右的法拉第回转角是必要的。具体地说,光隔离器的入射光,其偏光面由法拉第转子被回转 45° ,而透过各角度被调整的入出射偏光子。一方,回光利用法拉第转子的非相反性,在逆方向使偏光面进行 45° 回转,变成与入射偏光子成 90° 的垂直的偏光面,从而不能透过。光隔离器,利用该现象,使光仅以单一方向透过,从而可以

阻止反射回来的光。

[0010] 【专利文献】

[0011] 【专利文献1】特开2010-285299号公报

[0012] 以往使用的光隔离器中,使用例如铽·镱·石榴石(TGG)结晶那样的法拉第转子。TGG的维德常数,在波长 $1.06\mu\text{m}$ 为 $0.135\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$ 左右,要使其满足法拉第回转角 45° ,至少需要 2.0cm 左右的长度。由此,在使给予法拉第转子的磁通密度变大时,就要使其周围的磁铁形状变大的必要,由此光隔离器整体的尺寸也就不得不变大。其结果,就会产生光部件中的设计上的限制,并且向光隔离器外部的泄漏磁场也会变大,处理变得困难。另外,1分(min)为 $1/60$ 度。

[0013] 并且,TGG的消光比在波长 $1.06\mu\text{m}$ 为 30dB 左右,由此光隔离器的端口隔离值为 30dB 左右。其结果,向激光的回光大的场合,作为其对策,是将光隔离器进行多段使用等,但是如此一来,装置全体的成本以及空间自由度就会有限制。

[0014] 本发明的课题,是提供一种小型化的高消光比的光部件。特别是,作为激光加工用、光计测用以及光通信用等用途中使用的高输出激光,例如光纤激光使用的具有高端口隔离特性的光隔离器,适宜的高消光比的小型法拉第光部件。

[0015] 本发明要解决的其他的课题,是提供一种法拉第效果大、高消光比的法拉第转子,并且,与具有小的外形的磁铁组合的光组件。本发明的其他的课题,在以下进行说明。

发明内容

[0016] 上述的诸课题,可以以下述的手段<1>以及<9>来达成。优选实施方式<2>-<8>以及<10>也一起加以叙述。

[0017] <1>一种光组件,包括在波长 $1.06\mu\text{m}$ 的维德常数为 $0.27\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$ 以上的法拉第转子以及在上述法拉第转子的外周配置的第1中空磁铁以及将该第1中空磁铁在光轴上夹持而配置的第2以及第3中空磁铁单元,其特征在于:第2以及第3的中空磁铁单元,由对光轴成 90 度均等分割的2个以上的磁铁来构成,在所述法拉第转子上施加的磁通密度 $B(\text{Oe})$ 在下述式(1)的范围内,所述法拉第转子的样品长度 $L(\text{cm})$ 在下述式(2)的范围内,所述法拉第转子的外径 $D(\text{cm})$ 在下述式(3)的范围内。

[0018] $0.5 \times 10^4 \leq B \leq 1.5 \times 10^4$ (1)

[0019] $0.70 \leq L \leq 1.10$ (2)

[0020] $0.20 \leq D \leq 0.60$ (3)

[0021] <2>根据上述<1>的光组件,其特征在于:所述法拉第转子含有99重量%的下述式(I)表示的氧化物,

[0022] $(\text{Tb}_x\text{R}_{1-x})_2\text{O}_3$ (I)

[0023] (式(I)中, x 为 $0.5 \leq x \leq 1.0$,R为从铈、钇以及Tb以外的镧系元素群选择出的至少1种元素)。

[0024] <3>根据上述<2>的光组件、其特征在于:所述氧化物为单晶。

[0025] <4>根据上述<2>记载的光组件,其特征在于:所述氧化物为陶瓷。

[0026] <5>根据上述<1>-<4>的任意一个的光组件,其特征在于:上述法拉第转子为圆筒形状,具有 1dB 以下的插入损耗以及 25dB 以上的消光比。

[0027] <6>根据上述<1>-<5>的任一项的光组件,其特征在于:第1的中空磁铁,第2以及第3的中空磁铁单元为由钕-铁-硼(NdFeB)类磁铁构成。

[0028] <7>根据上述<1>-<6>的任一项的光组件,其特征在于:第1中空磁铁的磁场极性为光轴方向,第2以及第3中空磁铁单元的磁场极性在光轴法线方向上相互相反。

[0029] <8>根据上述<1>-<7>的任一项的光组件,其特征在于:第1中空磁铁,第2中空磁铁单元以及第3中空磁铁单元被装载于碳钢筐体的内部。

[0030] <9>一种光组件的制造方法,该组件为<1>-<8>的任一项所述的组件,其特征在于:粗加工的法拉第转子的外周面进行1.0mm以上的外周磨削加工。

[0031] <10>根据上述9的光组件的制造方法,其特征在于:粗加工的法拉第转子的两端面上进行一端面0.5mm以上的端面研磨加工。

[0032] 【发明的效果】

[0033] 本发明中,通过使用维德常数大的法拉第转子、磁通密度的大的磁铁部件以及磁回路,从而达成光隔离器用的光组件的小型化。

[0034] 本发明使用的法拉第转子,与TGG结晶的那样的以往的转子相比,可以得到2倍以上的维德常数,达成使样品长度短的法拉第转子。在该法拉第转子中通过使用磁通密度的大的磁铁部件以及磁力回路,从而使光组件的小型化变得可能。由此,装有法拉第转子的部件内的空间的寸法的自由度变大。并且,法拉第转子的样品长度可以缩短1/2左右,从而可以减少对由于高输出激光而造成的法拉第转子的光损伤。

[0035] 并且,在育成・成型的圆筒形的粗加工法拉第转子上,通过外周磨削加工,可以得到外周的残留变形被除去,由此可以得到高消光比以及低损失的法拉第转子。通过将该法拉第转子与上述磁铁进行组合,可以得到高消光比且低损失的光组件。

附图说明

[0036] 【图1】本发明的光组件的构成例的截面示意图。

[0037] 【图2】第2中空磁铁单元3以及第3的中空磁铁单元4的截面示意图。

[0038] 【图3】实施例1-3中使用的法拉第转子的外径D(0.2-0.6cm)被进行了0.35cm的外周磨削加工前后的消光比的表示图。灰色为磨削前;黑色为磨削后。横轴为样品号;纵轴为消光比(dB)。

[0039] 【图4】对实施例1-3以及比较例1中使用的法拉第转子的样品长度L(0.7-1.1cm),法拉第回转角变为45度的磁通密度T(10^4 Oe)的大小的表示图。从上向下数分别为比较例1、实施例2、实施例1以及实施例3。横轴为样品长(cm);纵轴为磁通密度(10^4 Oe)。

[0040] 【图5】根据有限要素法的,NdFeB类磁铁的形状解析的结果表示图。曲线从上向下数分别为比较例1(样品长2.0cm)、实施例2(样品长0.70cm)、实施例2(样品长1.10cm)、实施例1(样品长1.05cm)以及实施例3(样品长1.10cm)。

具体实施方式

[0041] 本发明的光组件,其特征在于:包括在波长 $1.06\mu\text{m}$ 的维德常数为 $0.27\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$ 以上的法拉第转子、在所述法拉第转子的外周配置的第1中空磁铁以及将第1中空磁铁在光轴上夹持配置的第2以及第3中空磁铁单元,第2以及第3的中空磁铁单元,在相对

于光轴成90度均等分割的2个以上的磁铁而构成,在上述法拉第转子上施加的磁通密度 B (Oe)在下述式(1)的范围内,上述法拉第转子的样品长度 L (cm)和外径 D (cm)在下述式(2)以及(3)的范围内。

$$[0042] \quad 0.5 \times 10^4 \leq B \leq 1.5 \times 10^4 \quad (1)$$

$$[0043] \quad 0.70 \leq L \leq 1.10 \quad (2)$$

$$[0044] \quad 0.20 \leq D \leq 0.60 \quad (3)$$

[0045] 以下对本发明进行详细说明。

[0046] 本发明的光组件,在0.90-1.10 μ m的波长领域的激光优选使用。在该激光中,包括灯激发式YAG激光。

[0047] 另外,本领域的技术人员,可以将本发明的光组件进行设计变更,用于上述以外的波长领域的激光。

[0048] 本发明的光组件的基本的构成例参照以下附图进行说明。

[0049] 图1为本发明的光组件的构成例的截面示意图。

[0050] 在图1中,法拉第转子1的形状,为了外周磨削加工容易,以圆筒状为优选。以下以圆筒状的法拉第转子为例进行说明。

[0051] 在该法拉第转子1的外周,配置有第1中空磁铁2以及将第1中空磁铁在光轴上夹持的第2中空磁铁单元3以及第3中空磁铁单元4。法拉第转子1为圆筒状的场合,优选第1中空磁铁2以及第2中空磁铁单元3以及第3中空磁铁单元4都为中空圆筒状,法拉第转子1的中心轴以及第1中空磁铁2的中空部和二个中空磁铁单元3,4中空部的中心轴优选为同轴。并且,法拉第转子1的外径和第1中空磁铁2的中空部的内径和二一个中空磁铁单元3,4的中空部的内径几乎相同,光组件组装后,法拉第转子1是在第1中空磁铁2的中心配置的。

[0052] 第1中空磁铁2、第2的中空磁铁单元3以及第3的中空磁铁单元4,它们的中空部与光轴同轴配置。其中2个中空磁铁单元3,4都为对光轴成90度方向上均等分割为2以上的多个磁铁的集合体。

[0053] 图2,为2个中空磁铁单元3,4的一实施方式的截面示意图。两中空磁铁单元都为圆筒磁铁被4分割为90度的4个的磁铁的集合体。4分割的磁铁单元(集合体),加工适应性优良而优选。该4分割磁铁单元的方式以外,2分割为180度的2个磁铁的集合体以及3分割为120度的3个磁铁的集合体也可。

[0054] 如图2所示的那样,第2中空磁铁单元3以及第3中空磁铁单元4,分别被在筐体6中收纳。

[0055] 在图2所示的实施形态中,对圆筒磁铁进行4分割的磁铁,其磁场极性为向着外周方向。该场合,各磁铁相互具有相斥磁力,如使组合的磁铁单元的外径和筐体6的内径成为一致从而使磁铁单元可以插入,就可以仅用相斥磁力就可以将它们固定在筐体6的内部。利用该固定法,第2中空磁铁单元3和第3中空磁铁单元4被作为两侧的按压物,将第1中空磁铁2无间隙地固定,构成的磁铁全体就可以不用粘着剂等,从而可信性高。

[0056] 本发明的光组件,具有在波长1.06 μ m的维德常数为0.27 min/(Oe·cm)以上的法拉第转子。对该法拉第转子进行说明。

[0057] 本发明可以使用的法拉第转子,在波长1.06 μ m的维德常数为0.27 min/(Oe·cm)以上。如维德常数在0.27 min/(Oe·cm)以上,就没有特别的限定,大的维德常数优

选。如维德常数 $0.27 \text{ min}/(\text{Oe} \cdot \text{cm})$ 未满足,为了使法拉第回转角变为 45° ,就有必要使法拉第转子的长度变长,光组件的小型化就变得困难。

[0058] 并且,法拉第转子的在波长 $1.06 \mu\text{m}$ 的维德常数,从制造容易性的观点来看,优选 $0.36 \text{ min}/(\text{Oe} \cdot \text{cm})$ 以下。

[0059] 本发明中,维德常数,按通常的方法测定即可,没有特别的限定。

[0060] 具体的说,将规定厚度的氧化物切出,进行镜面研磨,磁通密度的大小的测定为,用已知的永久磁铁与法拉第转子装在一起,在波长 $1.06 \mu\text{m}$ 对维德常数进行测定。并且,测定条件为 $25 \pm 10^\circ\text{C}$,大气中进行测定。

[0061] 本发明的光组件中,上述法拉第转子配置的样品长度 $L(\text{cm})$ 和外径 $D(\text{cm})$ 在下述式(2),(3)的范围内。

$$[0062] \quad 0.70 \leq L \leq 1.10 \quad (2)$$

$$[0063] \quad 0.20 \leq D \leq 0.60 \quad (3)$$

[0064] 如样品长度 L 超过 1.10 cm ,光组件的小型化变难,如 0.70 cm 未满足,为了得到所期望的法拉第回转角,磁通密度就要变大,光组件的小型化就会变难。并且,外径 D 如超过 0.60 cm ,磁铁外形就有变大的必要,同样,光组件的小型化就会变得困难,如 0.20 cm 未满足,外周磨削等的加工就变难,不实用。

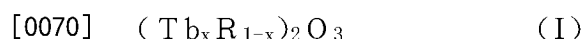
[0065] 在此,所谓的样品长度,为法拉第转子在光轴长上的长度。图1中用符号 L 表示。

[0066] 本发明的光组件使用的法拉第转子,优选,使用包括在粗加工的法拉第转子的两端面进行一个端面 0.5 mm 以上的端面研磨加工工序,以及,在外周面进行 1.0 mm 以上的外周磨削加工的工序的制造方法来进行制造。

[0067] 在此,两端面的研磨加工,优选在一个面 0.5 mm 以上 0.8 mm 以下的范围内。研磨加工的方法,可以使用本领域的技术人员公知的方法,例如,用平面磨削加工机进行粗研磨后,用硅溶胶等的研磨剂进行研磨。

[0068] 并且,外周面的外周磨削加工,优选对外周面的半径,为 1.0 mm 以上 1.6 mm 以下。外周磨削加工的方法,也可以使用本领域的技术人员公知的方法,例如,用无心(centerless)加工机进行的砥石磨削等。

[0069] 本发明使用的法拉第转子,优选含有99重量%以上的下述式(I)表示的氧化物。



[0071] (式(I)中, x 为 $0.5 \leq x \leq 1.0$; R 包括从铈、钇以及 Tb 以外的镧系元素群选择的至少1种元素,优选由从铈、钇以及 Tb 以外的镧系元素群中选择的元素构成。)

[0072] 上述的氧化物的含有量,优选99.9重量%以上,99.99重量%以上为更优选。

[0073] 式(I)中, R 优选包括从由铈、钇、镧、铈、钆以及镧组成的群中选出的至少1种元素。

[0074] 在此, R 可以为一种单独,也可以多个的 R 以任意的比率含有,没有特别限定。

[0075] 其中,从原料容易得到的观点,作为 R ,以钇、钆以及镧为优选,更优选为钇。

[0076] 式(I)中, x 为 0.5 以上 1.0 以下。即,式(I)表示的氧化物,摩尔比换算为含有 Tb_2O_3 50摩尔%以上。

[0077] x 优选 0.5 以上 1.0 未满足, 0.5 以上 0.8 以下为更优选, 0.5 以上 0.75 以下为进一步优选。 x 如在上述范围内,可以得到高的维德常数,进一步,透明性优良为优选。特别是如 x 为 $0.$

8以下,结晶育成后的冷却中的碎裂的发生就可以被抑制,结晶的白浊也会得到抑制,为优选。

[0078] 并且,上述式(I)表示氧化物,优选为固溶体。

[0079] 另外,本实施形态中,所谓「固溶体」,是指在原料粉末氧化铽的结晶层的晶格点上的铽,完全不规则地被另种元素(例如,钇等)置换的状态。因此,单晶、多晶体以及由烧结而制作的多晶体陶瓷等被包含在其中。

[0080] 其中,上述式(I)表示氧化物,优选单晶或者陶瓷,单晶为更优选。

[0081] 本发明的光组件中使用的法拉第转子含有的其他的成分,优选从碱土金属的氧化物、第13族元素的氧化物、第14族元素的氧化物、其他第4族元素、第5族元素(V, Nb, Ta等)、第6族元素(Mo, W等)以及第17族元素(F, Cl, Br等)的氧化物群中选择的金属氧化物(在本说明书中所称的元素的某某族是将元素周期表的一列称作一族,从左向右数,分别为第一族第二族·····)。

[0082] 本发明的光组件可以使用的法拉第转子,优选含有0.0001重量%以上1.0重量%未满足的碱土类金属、第13族元素、第14族元素、第4族元素、第5族元素(V, Nb, Ta等)、第6族元素(Mo, W等)、第17族元素(F, Cl, Br等)中的1个或者2个以上的元素的氧化物。

[0083] 这些氧化物的含有量,对本发明的氧化物,以0.000001重量%以上1.0重量%未满足为优选,以0.00001-0.1重量%为更优选,以0.0001-0.01重量%的为进一步优选。

[0084] 作为碱土类金属的氧化物的具体例子,为氧化镁、氧化锶、氧化钡,作为1

[0085] 3族元素的氧化物的例子,为氧化铝(氧化铝)、氧化镓、作为14族元素的氧化物的例子,为氧化硅、氧化锗以及氧化锡,作为4族元素的氧化物的例子,为氧化钛、氧化锆以及氧化铪。

[0086] 上述的金属氧化物,含有例如,单晶制作时添加的搀杂物以及陶瓷制作时添加的烧结助剂的残留物等。

[0087] 在单晶制作时添加的搀杂物,碱土类金属的氧化物适宜,氧化镁、氧化锶、氧化钡等优选。这些氧化物,对法拉第转子全体,优选含有0.000001重量%以上1.0重量%未满足,并以0.00001-0.1重量%为更优选,以0.0001-0.01重量%含有为进一步优选。

[0088] 作为烧结助剂,可以例举碳酸镁等的碱土类金属的碳酸盐、氧化铝、氧化镓、氧化钛、氧化硅、氧化锗、氧化锆以及氧化铪等。另外,例如将碱土类金属的碳酸盐作为烧结助剂使用的场合,由于烧结而被氧化,被作为碱土类金属的氧化物而含有。

[0089] 碱土类金属的氧化物的含有量,以法拉第转子全体的0.00001-1.0重量%为优选,0.0001-0.1重量%为更优选,0.0001-0.01重量%为进一步优选。

[0090] 氧化物单晶以及陶瓷等的法拉第转子或者其材料的制造时,有副成分的混入的场合,例如,坩埚的构成成分混入的场合。本发明的氧化物,不能排除这样的不期望的副成分的混入,其混入量,对上述其他的成分合计,以1重量%未满足为优选,以0.1重量%以下为更优选,0.01重量%以下为特别优选。

[0091] 一单晶一

[0092] 本发明使用的法拉第转子,可以使用上述式(I)表示氧化物的单晶。

[0093] 氧化物结晶的制作方法,没有特别限定,可以例举浮动区熔法、微下拉法、上拉法、渣壳熔融法以及布里奇曼法。这些方法可以参照「块状单晶的最新技术和应用开发」(福

田承生监修,CMC出版,2006年3月),「结晶成长手册」(「日本结晶成长学会」结晶成长手册」編集委員会编,共立出版株式会社,1995年9月)。

[0094] 氧化物单晶的制作,如上述的那样,为了使其进行安定的结晶化,优选碱土类金属的氧化物(例如,镁、钙、锶以及钡)的掺杂量为0.001-0.01重量%。

[0095] 以下,对代表性的制造方法进行详述。

[0096] <浮动区熔法>

[0097] 以下对浮动区熔法的氧化物单晶制作实施方式进行说明。

[0098] 作为浮动区熔法单晶的制造方法,可以参照特开昭62-271385号公报以及特开2010-285299号公报。

[0099] 首先,作为原料,准备高纯度(优选99.9重量%以上)的粉末原料(Tb_2O_3 以及 R_2O_3 以及其他的成分),将它们混合,调制混合粉末。R优选从铈、钇、镧、铕、钆以及镱构成的群进行选择。

[0100] 制造用混合粉末以及其成形体的调制如下述。

[0101] <微下拉法>

[0102] 作为氧化物单晶的制作方法,对另一种方法,即微下拉法制作单晶的场合进行说明。另外,关于微下拉法,可以参照特开2001-226196号公报以及特开2010-285299号公报。

[0103] 首先将原料粉末按所期望的摩尔比进行称量。加入装置时,对上述粉末原料进行充分的混合,并且,进行干燥或者烧结即可,因此使用公知的方法即可。对混合粉末的调制方法如下述。

[0104] 一陶瓷(透明陶瓷)一

[0105] 上述式(I)表示氧化物,在波长 $1.06\mu m$ 透明性高,并且只没有热变形等的各向异性,多晶体陶瓷(本发明中,称作透明陶瓷)也可。另外,本发明中透明陶瓷,为在波长 $1.06\mu m$,样品长度0.3cm的透过率为70%以上的陶瓷。

[0106] 单晶制造的场合,为了变成融液状态,必须升温至高温,氧化铽的熔点为约2,600℃,氧化钇的熔点约2,300℃,该2个固溶体的场合,有必要升温至它们的中间温度,有必要升温至非常高的温度。因此,在坩埚的中熔融制作单晶的场合,坩埚的选定为铼、钨或者它们的合金等,被限定得非常窄。

[0107] 另一方面,透明陶瓷的场合,没有必要升温至其熔点,如进行加压烧结,在熔点以下,即可透明化。烧结时,加入烧结助剂,可以提高烧结密度,使其致密化。

[0108] 作为透明陶瓷的制作方法,可以从以往公知的制造方法中进行适宜选择即可,没有特别的限定。作为透明陶瓷的制造方法,可以例举HIP(Hot Isostatic Pressing)方法、固相法与加压成形法组合的方法以及利用铸模成形的真空烧结的方法等,池末明生著「从光学单晶到光学多晶体」应用物理,第75卷,第5号,579-583(2006),柳谷高公,八木秀喜著「陶瓷激光材料的现状和将来」激光研究,第36卷,第9号,544-548(2008年)等有记载。

[0109] 以下,对透明陶瓷的制作方法,对作为一例的HIP(Hot Isostatic Pressing)法进行说明。

[0110] 首先将原料粉末(Tb_2O_3 , R_2O_3 以及其他的成分)的混合粉末进行调制。另外,混合粉末的调制方法如下述。在得到的混合粉末中,添加溶媒、结合剂、可塑剂以及润滑剂等,

进行湿式混合,使其为浆状。另外,此时的烧结助剂的所定量,优选为原料全体的0.00001-1.0重量%,更优选0.0001-0.1重量%,进一步优选0.001-0.01重量%。得到的浆用喷雾干燥处理,使其干燥,其后,成形。成形可以以一阶段进行,也可以以多阶段进行。并且,成形后,优选通过加热(优选400-600℃)进行脱脂处理。

[0111] 其后,优选在真空炉中进行烧结。作为烧结条件,优选1,600-2,000℃,以1,700-1,900℃为更优选,1,750-1,850℃为进一步优选。烧结时间优选1-50小时,2-25小时为更优选,5-20小时为进一步优选。此时,优选直至1,200℃左右的升温速度为100-500℃/hr,更优选为200-400℃/hr,进一步优选为250-350℃/hr,在此以上的温度中,优选升温速度变缓,以25-75℃/hr为更优选。并且,烧结时真空度,优选为1 Pa以下,1×10⁻¹ Pa以下为更优选。

[0112] 并且,上述的烧结后,为了进一步提高透明性,用(HIP)法进行处理。以处理温度优选比上述烧结温度高为优选,1,600-2,000℃为优选,1,700-1,900℃为更优选,1,750-1,850℃为进一步优选。处理压力,以10-1,000 MPa为优选,20-500 MPa为更优选,40-200 MPa为进一步优选。处理时间没有特别限定,但是以50小时以下为优选,25小时以下为更优选,10小时以下为进一步优选。并且,15分以上为优选,30分以上为更优选,1小时以上为进一步优选。

[0113] <混合粉末以及成形体的调制>

[0114] 例如,将混合粉末以及其成形体(包括烧结体)进行称量,使其成为所期望的摩尔比,用上述的方法等可以制得上述式(I)表示氧化物的单晶以及透明陶瓷。

[0115] 粉末材料(Tb₂O₃, R₂O₃,以及其他的成分)以使用高纯度之物为优选,纯度99.9重量%以上为优选,99.99重量%以上为更优选,99.999重量%以上为进一步优选。另外,上述R₂O₃中的R的定义与式(I)中的R的定义相同,优选范围也同样。

[0116] 另外,作为氧化铽,并不限于Tb₂O₃, Tb₄O₇也可以使用,但是由于得到的氧化物的结晶性优良,以Tb₂O₃为优选。

[0117] 粉末材料以所期望的摩尔比进行称量后,可以用干式法进行混合,也可以用湿式进行混合,没有特别限定。并且,湿式或者干式混合后,进行烧结处理,烧结处理后,进一步进行粉碎处理。

[0118] 具体地说,可以例举用球磨机等进行干式混合后,将混合粉末在惰性气体氛围气下进行烧结的方法。烧结温度以及烧结时间没有特别的限定,烧结温度以600-2,000℃为优选,800-1,800℃为更优选,1,000-1,800℃为进一步优选。作为惰性气体氛围气,可以例举稀有气体氛围气以及氮气氛围气等的惰性气体氛围气,但是在氩氛围气下进行烧结为优选。并且,烧结时间没有特别的限定,可以根据混合粉末的含水量以及烧结温度进行适宜选择即可,以1-100小时为优选,更优选5-50小时,进一步优选10-30小时。并且,在烧结进行的场合,优选在烧结后进一步用球磨机等进行粉碎混合。

[0119] 并且,为了使混合粉末的平均粒子径的分布变窄,进一步,为了高纯度的目的,也可以将粉末材料溶解,再结晶化以及粉碎后,作为原料粉末使用。

[0120] 具体地说,准备高纯度(例如99.9重量%以上)的原料粉末,进行称量,使Tb₂O₃:R₂O₃成为所期望的摩尔比。使该原料粉末作为浓度1 mol/l的硝酸水溶液进行溶解,与浓度为1 mol/l的硫酸铵水溶液混合,进一步添加超纯水,进行浓度调整,对得到的水溶液边进行搅拌,边将浓度为0.5 mol/l的碳酸氢铵水溶液以一定的滴下速度滴下,直至pH 8,边

搅拌边在室温下进行数日放置,其后,过滤以及用超纯水进行洗净,150℃进行数日干燥。得到的混合粉末加入氧化铝坩埚,氮氛围气或氩氛围气等的惰性氛围气下,在优选800-1,500℃,更优选1,000-1,400℃,进一步优选1,100-1,200℃下,进行优选0.5-10小时,更优选1-7小时,进一步优选2-4小时的预烧结。在此,惰性氛围气是为了不使氧化铽的价数发生变化。

[0121] 将粉末材料进行充分混合后,将混合物用成形机制成所期望的形状以及大小。成形的形状没有特别的限定,可以根据使用的装置等进行适宜选择,例如,圆柱状成形。

[0122] 作为粉末材料的成形方法,可以例举将充分地干式混合了的粉末原料,用成形器进行加压成形。

[0123] 另外,也可以在粉末材料中加入有机粘接剂,制成浆状,将其成形后,用烧结得到烧结体,以此作为原料成形体而使用。烧结温度,优选600-2,000℃,800-1,800℃为更优选,1,000-1,800℃为进一步优选。烧结氛围气,优选为稀有气体或者惰性气体氛围气,氩氛围气为进一步优选。烧结时间没有特别的限定,1-100小时为优选,5-50小时为更优选,10-30小时为进一步优选。

[0124] 并且,在用HIP法进行透明陶瓷制造の場合,成形体制造后,将其用HIP法进行处理。

[0125] 作为具体的成形体的制造方法,可以例举在原料粉末中,加入溶媒、结合剂(粘接剂)、可塑剂以及润滑剂等,进行湿式混合,制成浆状的方法。此时,也可添加所定量的烧结助剂。作为成形体的制造方法没有特别的限定,例如可以将得到的浆用喷雾干燥的方法进行处理,得到干燥球状体。

[0126] 在上述浆中使用的溶媒没有特别的限定,从处理容易的观点,水或者低级醇为优选,可以优选例举水、甲醇以及乙醇,特别是甲醇为优选。并且,作为结合剂,可以从公知的结合剂进行适宜地选择,虽然没有特别的限定,但可以例举聚乙烯基醇。

[0127] 可塑剂以及润滑剂没有特别的限定,可以从公知的可塑剂以及润滑剂中来进行适宜的选择。作为可塑剂的具体例,可以例举聚乙二醇,润滑剂的具体例,可以例举硬脂酸。

[0128] 上述干燥球状体,成形后,优选脱脂。作为成形方法,没有特别的限定,可以从公知的成形方法中进行适宜选择。并且,成形可以以一阶段进行,也可以以多阶段进行。

[0129] 脱脂优选以加热进行。加热温度优选400-600℃。并且,进行脱脂时,直至400℃的加热可以在大气中进行,更高的温度,优选在惰性氛围气下进行加热。

[0130] 本发明可以使用的法拉第转子为如下,即在本发明的光隔离器的上述样品长度L(cm)中,优选具有1dB以下的插入损耗和25dB以上的消光比,如果考虑在光隔离器的承载以及其组装错误,以具有0.5dB以下的插入损耗和35dB以上的消光比为更优选,以具有0.01dB以上0.3dB以下的插入损耗和35dB以上50dB以下的消光比为进一步优选。如在上述的范围内,从制作具有低损失并且高隔离的光学特性的光隔离器的观点为优选。

[0131] 另外,插入损耗以及消光比等的光学特性,根据通常的方法,在波长1.06μm测定。另外,测定条件为25±10℃,在大气中进行测定。

[0132] 本发明使用的法拉第转子,优选在波长1.06μm,样品长度Lcm(0.70≤L≤1.10)的透过率(光的透过率)为70%以上,72%以上为更优选,75%以上为进一步优选。透过率高为优选,其上限没有特别的限定,可以为100%以下。

[0133] 透过率,是使用使波长1.06μm的光透过厚度为Lcm的法拉第转子时的光的强度

进行测定的。即,透过率用下式进行表示。

[0134] 透过率 $=I/I_0 \times 100$

[0135] (上述式中,I为透过光强度(透过厚度L cm的试样的光强度), I_0 为入射光强度。)

[0136] 另外,得到的氧化物的透过率为非均一,根据测定场所不同,透过率有变动的场合,可以以任意的10点的平均透过率作为该氧化物的透过率。

[0137] 对本发明的光组件中含有的第1的中空磁铁以及第2的中空磁铁单元以及第3的中空磁铁单元的中空磁铁单元群进行进一步的说明。

[0138] 第1的中空磁铁以及第2以及第3的中空磁铁单元,都在可能的范围内,以使用小型的永久磁铁为优选,并且为了得到大的磁场强度,优选使用钕-铁-硼(NdFeB)类磁铁。

[0139] 本发明的光部件,如图1表示的那样,优选第1中空磁铁2的磁场极性为光轴方向,第2的中空磁铁单元3的磁场极性和第3的中空磁铁单元4的磁场极性为光轴法线方向,并且相互相反。通过采用该构成,对法拉第转子施加的磁通密度可以为最大。

[0140] 本发明的光部件的基本设计中,使法拉第转子的长度变短对小型化是最重要的,由此通过将法拉第效果大的法拉第转子、磁通密度大的磁铁部件(磁铁)以及磁力回路进行组合使用,从而实现小型化。并且,激光加工机中成为问题的由于高能光而对法拉第转子的光损伤,由法拉第转子的透过率和长度来决定,所以透过率高且长度短的法拉第转子对光损伤问题是有益的。

[0141] 本发明的光部件,进一步优选2枚以上的平板双折射结晶以及1枚以上的45度偏光板设置在光轴上而构成光隔离器。以该构成,就可以得到不依存于偏光的隔离器。

[0142] 在该场合,优选上述平板双折射结晶的光学轴对光轴几乎是45度方向,厚度为1.0 cm以上。这样可以对应为厚度的1/10的 $\phi 1.0\text{ mm}$ 的光束径。

[0143] 伴随着光纤激光的高输出化,作为搭载的光隔离器的所要求的事项,可以例举对各部件对高能光具有耐性,不受传送的光的偏光状态影响的偏光无依存型。为了适应该要求,使用的偏光子,最适用的是利用折射率差对光束进行分离的双折射结晶。作为代表性的双折射结晶,为在波长0.9-1.1 μm 的透明的钇·钒酸盐(YVO_4),金红石单晶(TiO_2),方解石单晶(CaCO_3), α - BaB_2O_4 结晶(BaB_2O_4),可以使用它们的任何一种。并且,为了得到与上述的偏光无依存化,优选进行平面加工,使双折射结晶的光学轴对光轴,为大约45度。并且,由于其厚度与异常光的分离距离有比例关系,所以对满足所期望的光束转移量的厚度分别进行精度良好的加工即可。该平板型双折射偏光子作为入出射偏光子配置2枚,其间,在波长0.9-1.1 μm 中的任何一个值,将法拉第回转角变为45度的法拉第转子以及在同一波长使偏光面45度旋转的45度偏光板以及在其周围的向法拉第转子的光轴方向施加磁场的磁铁进行设置,从而构成偏光无依存型光隔离器。

[0144] 具有本发明的光组件的光隔离器,被在产业用激光的领域进行加工或标记用途等中被应用,由此与高输出激光一起被良好地使用。

[0145] 【实施例】

[0146] (实施例1)

[0147] 图1表示了光组件的制作。

[0148] 作为法拉第转子,在波长1.06 μm 的维德常数为0.27 $\text{min}/(\text{Oe} \cdot \text{cm})$ 以上,将钽·钇氧化物以样品长度0.7-1.1 cm而使用。在法拉第转子的外周,将钕-铁-硼(NdFe

B)类磁铁形成的中空磁铁进行配置。在中空磁铁两侧,配置磁场极性相反,且在对光轴90度方向上进行4等分分割的中空磁铁单元,分割的各个磁铁的磁场极性构成光轴法线方向的磁力回路。并且,在磁铁以及磁铁单元的外侧,配置碳钢筐体。

[0149] 以下,对本实施例1中使用的法拉第转子1进行详细说明。作为材料,为含有铽·钇氧化物99.99重量%的陶瓷,其组成,使用上式(I)中, $x=0.6$ 的 $(Tb_{0.6}Y_{0.4})_2O_3$ 陶瓷。样品的形状为外径为 $\phi 6.1\text{mm}$,长度 11.7mm 的圆筒形状,对波长 $1.06\mu\text{m}$ 的光学特性进行测定,得知插入损耗为 0.4dB ,消光比为 39dB 。其后,将该陶瓷的外周进行 1.3mm 磨削加工,使外径变为 $\phi 3.5\text{mm}$ 。并且进行单侧端面研磨量为 0.6mm 的研磨加工,使长度为 10.5mm ,透过波面精度 $\lambda/4$ 以下,直角度偏移 0.02 度以下,两端面的平行度 10 秒以下。在波长 $1.06\mu\text{m}$ 进行测定,得知具有插入损耗为 0.1dB ,消光比为 43dB ,维德常数为 $0.30\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$ 的光学特性。另外,此时,在法拉第转子两端面施加了波长 $1.06\mu\text{m}$ 用对空气的反射防止膜。

[0150] (实施例2以及3)

[0151] 对式(I)中, Tb 含有率 $x(0.5-1.0)$ 和维德常数的对应关系进行了研讨。作为实施例2,除了使用含有与 $x=0.5$ 的 $(Tb_{0.5}Y_{0.5})_2O_3$ 组成的氧化物同重量%的陶瓷以外,与实施例1完全同样。

[0152] 并且,作为实施例3,除了使用含有与 $x=1.0$ 的 Tb_2O_3 氧化物同重量%的陶瓷以外,与实施例1完全同样。

[0153] 对具有该组成的陶瓷的维德常数进行测定。其结果,在 $x=0.5$ 时,为 $0.27\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$,在 $x=1.0$ 时,为 $0.43\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$ 的大小的维德常数被测得。并且,实施例2以及3中的消光比都为 43dB 。

[0154] 图4中,使实施例1-3中使用的陶瓷的样品长度在 $0.7-1.1\text{cm}$ 中以 0.1cm 的间隔进行变化,由此表示了法拉第回转角为 45 度的磁通密度(10^4Oe)与样品长度 $L(\text{cm})$ 的函数。

[0155] 在此,上述的样品长度为 1.05cm 的场合,如从实施例1的维德常数($0.30\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$)值计算法拉第回转角为 45 度的磁通密度,可以得知必要的磁通密度为约 $8,500\text{Oe}(=0.85\text{T})$ 。

[0156] (比较例1)

[0157] 如图4表示得那样,比较例1,用 TGG 结晶(维德常数 $0.135\text{min}/(\text{Oe}\cdot\text{cm})$)作为法拉第转子,来进行光隔离器的制作。

[0158] 如计算施加于该 TGG 结晶的磁通密度,对样品长度 1.05cm 必要的磁通密度为约 $19,000\text{Oe}(=1.9\text{T})$,同样,表示磁通密度的下限值的样品长度 2.00cm 必要的磁通密度为约 $10,000\text{Oe}(=1.0\text{T})$ 。

[0159] 由此,在本发明的光隔离器中,对样品长度的磁通密度的关系,为实施例1-3中表示的关系,都在满足上述<1>中的式(1)以及式(2)的范围内(图4的斜线部参照)。

[0160] 将 TGG 结晶使用的磁铁相比较,本发明的光组件中,法拉第转子的样品长度以及施加的磁通密度可以变小,从而磁铁的外径可以变小,其结果,可以实现光组件的小型化。除了光组件的制品形状的小型化之外,从光组件向外部泄漏的磁场也可以减低。

[0161] 为了将此具体化,将各磁铁外径作为参数,用磁场解析求得磁通密度分布。作为解析手法,用有限要素法(JMAG-Designer),磁铁部件的材质为信越化学工业(株)制的

钕-铁-硼(NdFeB)磁铁,筐体6的材质为碳钢。模拟的结果表示于图5。

[0162] 图5中, $Z(\text{cm})$ 表示离法拉第转子配置的中心轴的距离, 0cm 表示中心轴上的中央(法拉第转子的正中)。即,法拉第转子的样品长度为 1.0cm 的场合,法拉第转子的端点,为 $Z = \pm 0.5\text{cm}$,同样,法拉第转子的样品长度为 0.70cm 的场合,法拉第转子的端点为 $Z = \pm 0.35\text{cm}$ 。

[0163] 从图5的模拟结果,可以得知对光轴方向(Z),可以得到安定的磁通密度。

[0164] 满足式(1),式(2)的上限磁通密度为实施例2中的样品长度 0.70cm 的磁通密度分布,下限的磁通密度为实施例3中的样品长度 1.10cm 的磁通密度分布,各磁铁形状为内径 $\phi 0.4\text{cm}$,外径 $\phi 1.4$ (下限值)- $\phi 2.4\text{cm}$ (上限值)。

[0165] 并且,为了满足给予实施例1中使用的法拉第转子1(样品长度 1.05cm ,外径 $\phi 3.5\text{mm}$)的磁通密度 $8,500\text{Oe}(=0.85\text{T})$,作为图5中的实施例1表示的磁通密度分布为最合适。从该结果可以看出,采用实施例1的构成的场合使用的磁铁形状,将第1、第2以及第3的中空磁铁组合而进行实际制作时,内径为 $\phi 0.4\text{cm}$,外径为 $\phi 1.8\text{cm}$,长度为 3.2cm 。该组合构成品的法拉第回转角以波长 $1.06\mu\text{m}$ 进行实测时, 45.0 度,与模拟的结果一致。并且,在比较例1表示的使用以往结构的下限值的样品长度 2.00cm 的TGG结晶的磁铁形状,内径为 $\phi 0.4\text{cm}$,外径为 $\phi 2.8\text{cm}$,长度为 3.8cm ,如对两者进行比较,本发明与以往品相比,体积可以减少65%。

[0166] 进一步,在上述比较例1中制作的光组件的插入损耗以及消光比在波长 $1.06\mu\text{m}$ 进行实测时,可以得到插入损耗为 0.1dB ,消光比为 34dB 的光学特性。

[0167] 从以上的内容,本发明的光组件,使用的各部件以及其构成对 $1\mu\text{m}$ 带的高能光有耐性,可以得到充分小型化的高消光比的光组件。

[0168] 【符号的说明】

- | | | |
|--------|---|----------|
| [0169] | 1 | 法拉第转子 |
| [0170] | 2 | 第1中空磁铁 |
| [0171] | 3 | 第2中空磁铁单元 |
| [0172] | 4 | 第3中空磁铁单元 |
| [0173] | 5 | 外部支持体 |
| [0174] | 6 | 筐体 |
| [0175] | L | 样品长度 |

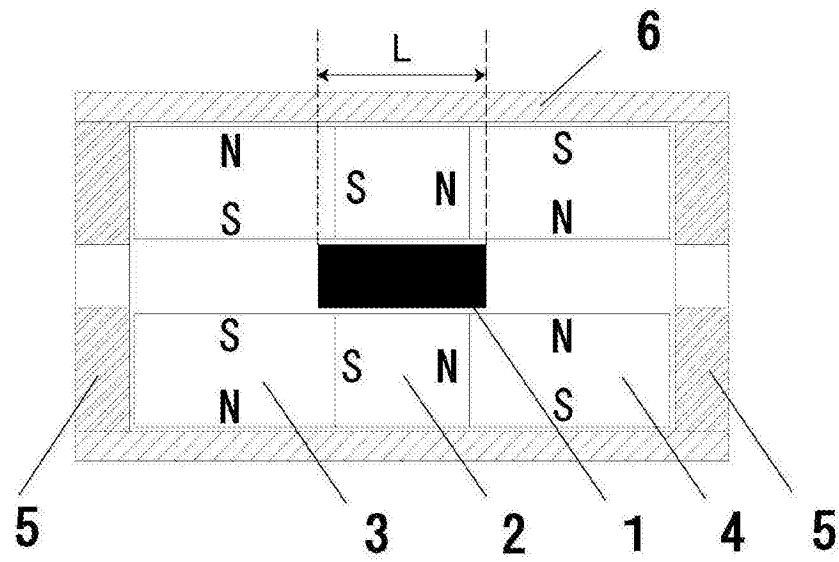


图1

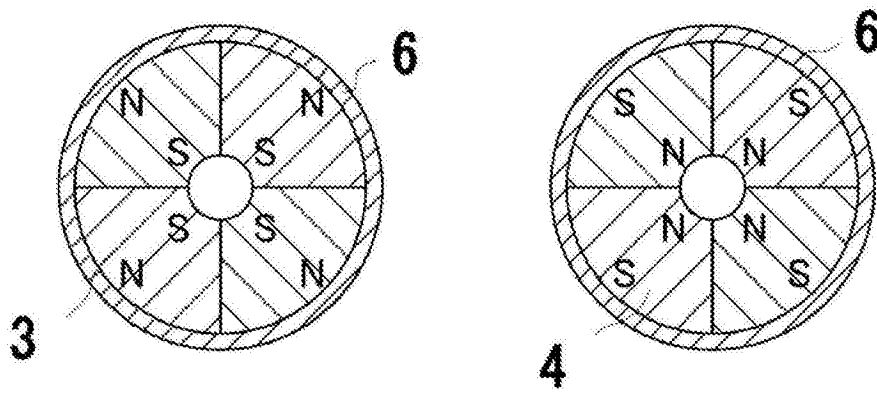


图2

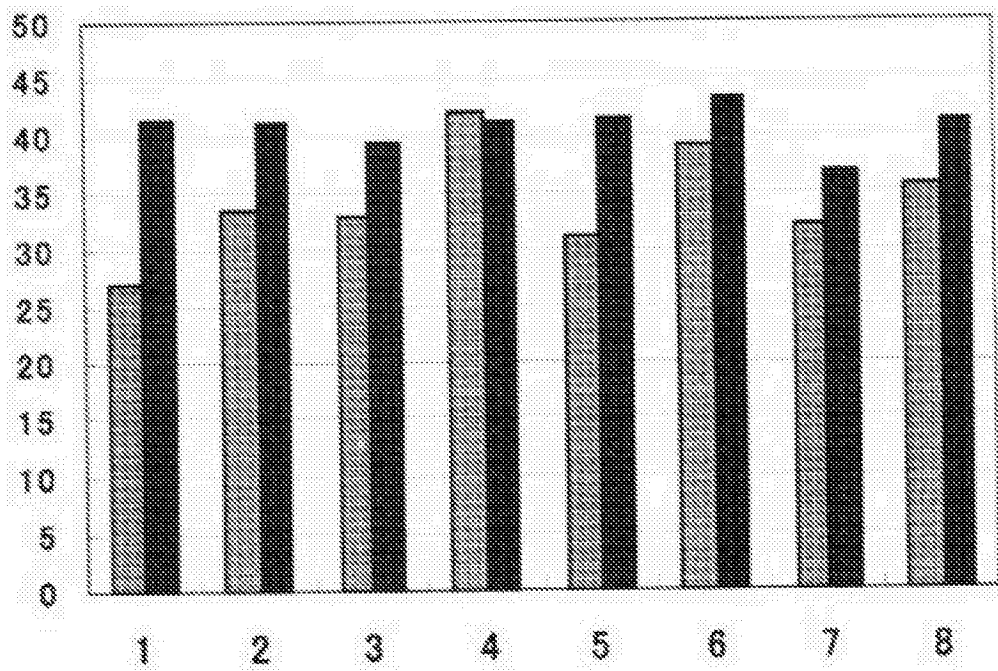


图3

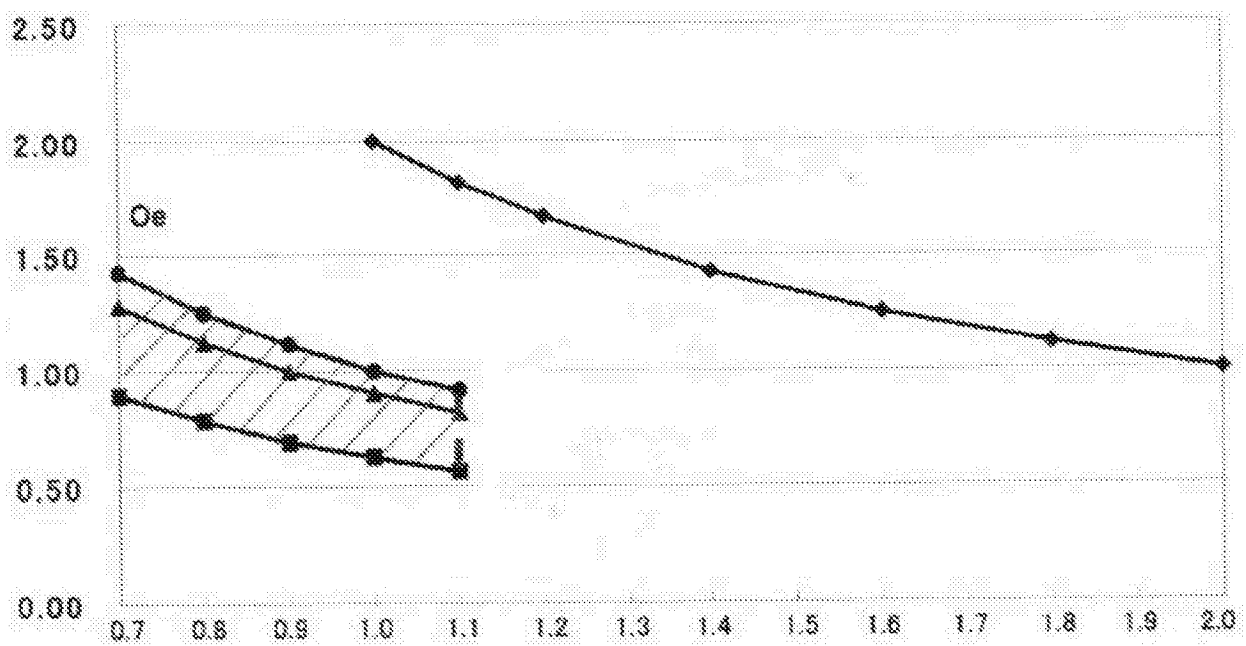


图4

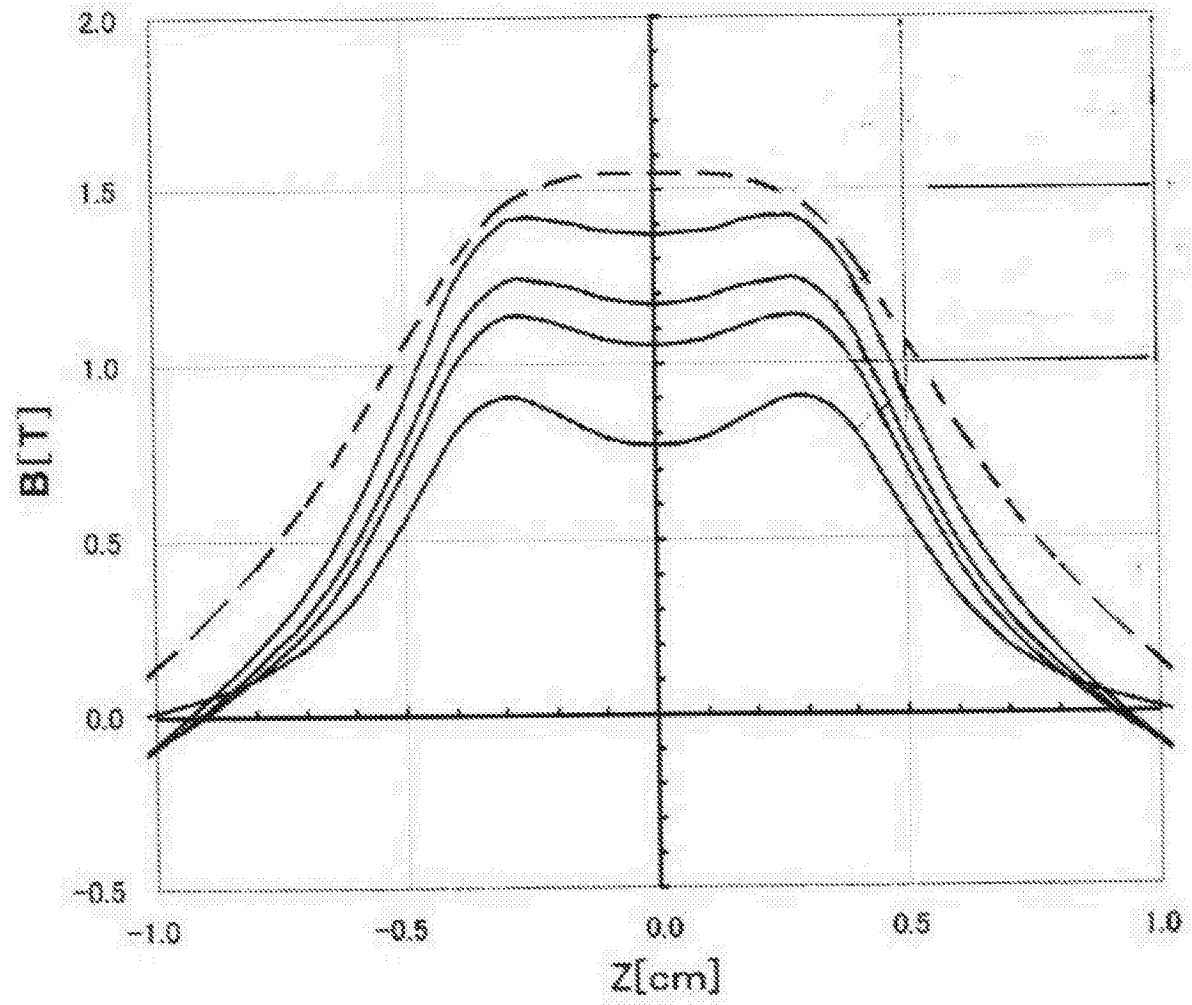


图5