

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710196095.9

[51] Int. Cl.

G02B 6/036 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

[43] 公开日 2008年6月11日

[11] 公开号 CN 101196592A

[22] 申请日 2007.12.3

[21] 申请号 200710196095.9

[30] 优先权

[32] 2006.12.4 [33] JP [31] 2006-327359

[71] 申请人 日立电线株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 大藪和正 本乡晃史 小岛正嗣

姚兵

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司
代理人 张敬强

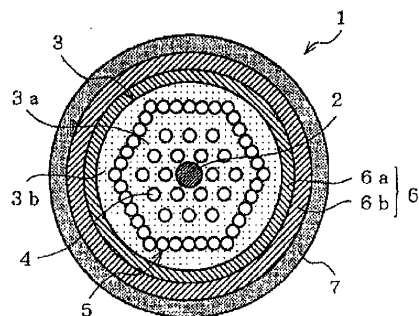
权利要求书1页 说明书11页 附图4页

[54] 发明名称

光纤维激光器装置用光纤及光纤维激光器装置

[57] 摘要

本发明提供一种使光纤自身具有断线检测功能的光纤维激光器装置用光纤。在具备实心的芯部(2)和包层(3)并传送高输出功率的激光的光纤维激光器装置用光纤(1)中, 以与上述包层(3)邻接的方式形成金属层(6)。



1. 一种光纤维激光器装置用光纤，具备实心的芯部和包层并传送高输出功率的激光，其特征在于，

以与上述包层邻接的方式形成金属层。

2. 根据权利要求1所述的光纤维激光器装置用光纤，其特征在于，上述光纤维激光器装置用光纤是在上述芯部添加稀土类离子并具有通过进行规定的激励而发光的发光功能且通过使该发光后的光反射激振而成为激光器起振介质的金属被覆光纤维激光器用光纤。

3. 根据权利要求1或2所述的光纤维激光器装置用光纤，其特征在于，上述金属层由内部金属层和外部金属层构成。

4. 根据权利要求3所述的光纤维激光器装置用光纤，其特征在于，在上述内部金属层和外部金属层中的一个金属层由与上述包层密合性高的金属构成，且厚度为 $1\sim 3\mu\text{m}$ ，另一个金属层由导电性高的金属构成，且厚度为 $5\sim 15\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的光纤维激光器装置用光纤，其特征在于，在最外层还形成绝缘被覆层。

6. 根据权利要求5所述的光纤维激光器装置用光纤，其特征在于，上述绝缘被覆层由聚酰亚胺树脂构成。

7. 一种光纤维激光器装置，在具备芯部和包层并用于传送高输出功率的激光的光纤维激光器装置用光纤中入射激励光，并用上述光纤维激光器装置用光纤使该激励光反射激振而输出激光起振光，其特征在于，

作为上述光纤维激光器装置用光纤使用权利要求1~6中任一项所述的光纤维激光器装置用光纤，并具有总是对该光纤维激光器装置用光纤进行通电的通电单元和监视上述光纤维激光器装置用光纤的通电状况的监视单元。

8. 根据权利要求7所述的光纤维激光器装置，其特征在于，还具有在上述光纤维激光器装置用光纤的通电被断开时，断开上述激励光的断开单元。

光纤激光器装置用光纤及光纤激光器装置

技术领域

本发明涉及具备芯部和包层并传送高输出功率的激光的光纤激光器装置用光纤及光纤激光器装置。

背景技术

作为应用于激光加工或医疗用途的目的，要求开发出更高输出功率且低廉的光源。对于这些要求，光纤激光器及光放大器由于可容易取出高效且单模的激光而受到关注。

图6表示现在开发出的光纤激光器的一般的结构。在图6所示的光纤激光器装置71中，来自半导体激光器(LD)72的激励光通过激励光组合部73向添加了稀土类离子(稀土类元素)的光纤激光器用光纤74入射。为了得到高输出功率，多个LD72连接在光纤激光器用光纤74上。

在添加了稀土类元素的光纤激光用光纤74的激励光入射的一侧形成有对激励光波长进行透射而对起振光长具有高反射率的纤维光栅(FBG)75。而且在与激励光入射侧相反的一侧形成有局部反射起振光的另一个FBG76。这两个FBG75、76作为激光谐振器的全反射镜及输出镜发挥作用，输出激光起振光L。

光纤激光器装置71若不形成利用光栅的谐振器构造，而使与受激发射光的波长一致的信号光与激励光重叠并传播，则还可作为光放大器发挥作用。

作为添加了稀土类离子(稀土类元素)的光纤激光器用光纤74，一般使用如图7所示的双包层式光纤。在双包层式光纤的芯部区域77中添加有Nd、Yb、Er、Th等稀土类元素。包层由折射率比芯部区域77低的第一包层区域78和折射率比它还低的第二包层区域79构成。而且，虽然未图示，但在第二包层区域79的周围设有由常用的材料构成的被覆层等。

激励光 L_e 以多模方式在第一包层区域78内传播，逐渐被中心的芯部区域77吸收而衰减。使用了这种双包层构造的光纤的端面激励方式的光纤式激光

器，从激励光 L_e 向激光起振光 L 的转换效率高，逐年使输出功率增大，还实现了 10kW 级的起振。

作为与该申请的发明有关的现有技术文献信息有如下文献。

专利文献 1: 日本特表 2002 - 541507 号公报，

专利文献 2: 日本特开 2000 - 35521 号公报。

如上所述，光纤维激光器具有优良的波束质量，而且最年来还推进着高输出功率化，达到实现 10kW 级的光纤维激光器。因此，作为各种加工用途、尤其是金属材料等的焊接或切断的激光起振源的期望提高。作为将这种高输出功率化后的光纤维激光器进行实用化时的问题，可举出安全对策的问题。

其中，光纤断线时的激光断开功能在光纤维激光器装置中是必须的功能。假设光纤断线，则从其断线处射出能量密度高的激光，破坏周围的物品。通常为了避免这种状态，引入检测光纤维激光器主体或光纤维激光器用光纤的断线的系统。

具体来讲，不是对光纤维激光器用光纤主体，而是对装有光纤维激光器用光纤的电缆构造进行研究。例如，如图 8 所示的光纤维激光器断线检测用电缆 81 具有如下构造，以螺旋状包围光纤维激光器用光纤 82 的方式将金属制带 83 设置在电缆外皮 84 的内侧，通过对该金属带 83 进行通电，光纤维激光器用光纤 82 断线而漏出激光，使金属带 83 断线来进行检测。

在该构造中，在光纤维激光器用光纤 82 与电缆外皮 84 之间柔性地组装有金属带 83，且即使金属带 83 彼此接触也需要实施不会在此短路的绝缘处理，因此存在制造困难，且费工时等问题。

而且，在光纤维激光器用光纤 82 的外周需要金属带 83，因此存在电缆整体的构造也复杂，外径变粗而重量也增加，光纤维激光器传送系统的电缆的处理难以进行的问题。

发明内容

于是，本发明的目的在于提供一种使光纤自身具有断线检测功能的光纤维激光器装置用光纤。

而且，本发明的另一个目的在于提供一种通过使用上述光纤维激光器用光纤，在光纤断线时可瞬时停止激光起振的光纤维激光器装置。

本发明是为了达到上述目的而做成，方案1是一种光纤激光器用光纤，具备实心的芯部和包层并传送高输出功率的激光，其中，以与上述包层邻接的方式形成金属层。

方案2的发明是根据方案1所述的光纤激光器装置用光纤，其中，上述光纤激光器装置用光纤是在上述芯部添加稀土类离子并具有通过进行规定的激励而发光的发光功能且通过使该发光后的光反射激振而成为激光器起振介质的金属被覆光纤激光器用光纤。

方案3的发明是根据方案1或2所述的光纤激光器装置用光纤，其中，上述金属层由内部金属层和外部金属层构成。

方案4的发明是根据方案3所述的光纤激光器装置用光纤，其中，在上述内部金属层和外部金属层中的一个金属层由与上述包层密合性高的金属构成，且厚度为 $1\sim 3\mu\text{m}$ ，另一个金属层由导电性高的金属构成，且厚度为 $5\sim 15\mu\text{m}$ 。

方案5的发明是根据方案1~4中任一项所述的光纤激光器装置用光纤，其中，在最外层还形成绝缘被覆层。

方案6的发明是根据方案5所述的光纤激光器装置用光纤，其中，上述绝缘被覆层由聚酰亚胺树脂构成。

方案7的发明是一种光纤激光器装置，在具备芯部和包层并用于传送高输出功率的激光的光纤激光器装置用光纤中入射激励光，并用上述光纤激光器装置用光纤使该激励光反射激振而输出激光起振光，其中，作为上述光纤激光器装置用光纤使用方案1~6中任一项所述的光纤激光器装置用光纤，并具有总是对该光纤激光器装置用光纤进行通电的通电单元和监视上述光纤激光器装置用光纤的通电状况的监视单元。

方案8的发明是根据方案7所述的光纤激光器装置，还具有在上述光纤激光器装置用光纤的通电被断开时，断开上述激励光的断开单元。

本发明具有以下效果。

根据本发明，可提供一种使光纤自身具有断线检测功能的光纤激光器装置用光纤。

附图说明

图 1 是表示本发明的适当的第 1 实施方式的光纤激光器装置用光纤(金属被覆光纤激光器用光纤)的横剖视图。

图 2 是表示对图 1 所示的金属被覆光纤激光器用光纤的通电而引起的断线发生时间的金属层厚依存性的图。

图 3 (a) 及图 3 (b) 是表示图 1 所示的金属被覆光纤激光器用光纤的容纳状态的图。

图 4 是本发明的第二实施方式的光纤激光器装置用光纤(光纤激光器传送用光纤)的横剖视图。

图 5 是本实施方式的光纤激光器装置的概要图。

图 6 是现有的光纤激光器装置的概要图。

图 7 是现有的光纤激光器用双包层光纤的概要图。

图 8 是表示现有的光纤激光器断线检测用电缆的构造例的概要图。

图中:

- 1 - 金属被覆光纤激光器用光纤 (光纤激光器装置用光纤),
- 2 - 芯部, 3 - 包层, 3a - 第一包层部, 3b - 第二包层部,
- 6 - 金属层, 6a - 内部金属层, 6b - 外部金属层, 7 - 绝缘被覆层。

具体实施方式

以下, 参照附图说明本发明的适当的实施方式。

图 1 是表示本发明的适当的第 1 实施方式的光纤激光器装置用光纤的横剖视图。

如图 1 所示, 作为第 1 实施方式的光纤激光器装置用光纤的金属被覆光纤激光器用光纤 1, 具备实心的芯部 2 和包层 3, 是用于传送高输出功率的激光的光纤。芯部 2 在纯石英中添加了 Nd、Yb、Er、Th 等稀土类离子。

金属被覆光纤激光器用光纤 1 由于在芯部 2 中添加了稀土类离子, 因此具有通过进行规定的激励而发光的发光功能, 如以图 5 在后面叙述的那样, 通过使发光后的光反射激振而成为激光器起振介质。

包层 3 具备: 形成于芯部 2 的周围并且有效折射率比芯部 2 还低的第一包层部 (第一包层) 3a; 以及形成于该第一包层部 3a 的外侧的第二包层部 (第二包层) 3b。第一及第二包层部 3a、3b 例如在纯石英中添加 F 而形成。

为了使有效折射率比芯部 2 还低,在第一包层部 3 内在芯部 2 的周围,沿着芯部 2 的长度方向并以横截面视为散点状(或蜂窝状)的方式形成多个折射率为 1 的空位 4。

为了将对添加在芯部 2 中的稀土类离子进行激励而发光的激励光有效地关闭在第一包层部 3a 内,在第一包层部 3a 和第二包层部 3b 的边界形成有将多个空位 4 以横截面视排列成六边形状的空位层 5。

作为与包层 3 邻接的部分,在第二包层部 3b 的外周形成有金属层 6。该金属层 6 由内部金属层 6a 和外部金属层 6b 构成。

内部金属层 6a 由与 Ni 等包层 3 的密合性高的金属构成,且厚度为 1~3 μm 。外部金属层 6b 由 Au、Pt、Cu、Ag 等导电性高的金属构成,厚度为 5~15 μm 。

即,作为金属层 6 的材质,适用 Au、Pt、Ni、Cu、Ag 等,并构成为将这些金属利用电镀法做成多层的构造。由于在石英光纤上施加无电解电镀,因此在石英光纤正上面的金属被覆层上施加 Ni 电镀,在其上面施加 Au、Pt、Cu、Ag 等金属镀层。另外,考虑到受到氧化等的影响而使金属变质,最好在 Ni 上施加 Au 或 Pt。

并且,在金属层 6 中,若被覆在 Ni 上的金属的厚度比 5 μm 还薄,则在保证石英光纤的强度上存在问题,而且在比 15 μm 还后厚的场合,基于金属层 6 的金属刚性变强,金属被覆光纤激光器用光纤 1 不容易弯曲,且材料成本也变高等的理由,最好使被覆在 Ni 上的金属的厚度在 5~15 μm 的范围。

以下更详细地说明该金属层 6。

首先,作为被覆金属材料不会腐蚀和氧化,延展性高的 Au 最佳,而要在第二包层部 3b 上直接被覆 Au 则必须使用飞溅法,难以制造长尺寸的光纤。

于是,做成如下结构:将在石英玻璃表面上可进行无电解电镀的 Ni 层作为第一层(内部金属层 6a),利用由形成 Ni 层的导电性,将 Au 层作为第二层(外部金属层 6b)进行电镀。

在此,通过无电解电镀形成的 Ni 层厚度最好是 1~3 μm 左右。需要 1 μm 以上的 Ni 层的理由是,首先,在下一个工序中的 Au 电解电镀中在将电极与 Ni 层接触的同时进行通电,从而形成镀 Au 膜。具体来讲,在浸渍在氰化金钾

液层中的同时进行 Au 层的形成，所以若 Ni 层不足 $1\mu\text{m}$ 则在与电极的触点，镀 Ni 光纤受损伤，断线的可靠性高。

将 Ni 层的厚度做成 $3\mu\text{m}$ 以下的理由是，利用无电解电镀形成的镀 Ni 其稳定化困难，根据本发明人的实验，在超过 $3\mu\text{m}$ 的厚膜中，发生因镀层裂纹引起的剥离的频率高，成品率明显下降。也有通过电解电镀 Ni 再进行厚膜化的方法，但是 Ni 层容易氧化，氧化后的 Ni 层脆且容易剥离。于是，用电解法将未氧化的 Au 层电镀在 Ni 层上。

金属层 6 的形成使用电镀的原因在于，若使用溅射法，则虽然也可以将大部分的金属被覆（蒸镀）在石英表面上，但是制造成本高，且由于难以进行金属层的厚膜化、长尺寸化，所以并不现实。

另外，在本实施方式中，Au 层的厚度做成 $5\mu\text{m}$ 。这是因为，若 Ni 层和 Au 层的总膜厚薄，则在金属层 6 中流过电（后述的监视用电流）时，因其电阻的自身发热使膜质恶化（金属层因发热而恶化），最终金属层断线。

在此，图 2 表示的是在厚度为 $1.5\mu\text{m}$ 的 Ni 层上电镀了 2、5、 $8\mu\text{m}$ 的 Au 层的金属被覆光纤激光器用光纤（玻璃纤维部的直径（第二包层部 3b 的外径）为 $125\mu\text{m}$ ）1 的金属层 6 上，作为监视用电流流过充分的 $0.6\sim 1.6\text{A}$ 左右的电流时的电流和光纤断线时间的试验结果。由图 2 中可得到，只要 Au 层厚度为 $5\mu\text{m}$ 以上，则即使将 0.6A 左右的电流通电 10 万小时以上也不会断线的结论。

在作为第二包层部 3b 的外周的最外层上形成绝缘被覆层 7。作为绝缘被覆层 7，使用由具有耐热绝缘性的聚酰亚胺树脂构成的材料。

金属被覆光纤激光器用光纤 1 通常保持为如图 3 (a) 所示的卷绕在线轴 31 上的状态，或者不用线轴而保持为如图 3 (b) 所示的线圈 32。

此时，若进行通电的光纤的金属层彼此接触则引起电短路，不仅不能进行利用导通的光纤断线监视，而且根据情况因在短路时产生的火花所引起的发热，会损伤金属层，最坏的情况下有时还引起断线。

于是，为了即使光纤彼此接触也不发生短路，在金属层 6 的外周上可形成作为最外层的绝缘被覆层 7。在对高输出功率激光进行起振或传送时，激光所具有的一部分能量变为热量，还可以预测到光纤主体（金属层 6 的内侧部分）

的温度上升,所以尤其在大输出功率的系统中,在金属层6上施加耐热绝缘性优良的(例如聚酰亚胺树脂)树脂,将其作为绝缘被覆层7是一种有效方案。

另外,作为绝缘被覆层7还可以使用一般常用于光纤的紫外线固化型树脂或热固化型的硅酮树脂等。一般这些树脂其绝缘性也良好。

即,通过在金属层6上形成绝缘被覆层7,从而在卷绕金属被覆光纤激光器件用光纤1或容纳呈线圈状时,即使光纤彼此接触也可以保持在其接触点的电绝缘状态。

在本实施方式中,在第二包层部3b上作为内部金属层6a用无电解电镀法将Ni层电镀 $1.5\mu\text{m}$,再在其外周上作为外部金属层6b用电解电镀法将Au层电镀 $8\mu\text{m}$,而且在最外层部将由耐热性优良的聚酰亚胺树脂构成的绝缘被覆层7被被覆厚度 $15\mu\text{m}$ 。金属被覆光纤激光器件用光纤1的外径与一般使用的光纤激光器件用光纤的外径大致相同。

接着,用图5说明使用了金属被覆光纤激光器件用光纤1的光纤激光器件装置。

如图5所示,本实施方式的光纤激光器件装置51主要包括:用于输出激光起振光L的光学部52;以及用于检测构成光学部52的光纤的断线的检测部53。

光学部52包括:用于得到高输出功率的激励光的多个激励光源54;分别与这些激励光源52连接的多条激励光用光纤55;与这些激励光用光纤55一起捆扎,并具有通过进行规定的激励而发光的发光功能、且通过使该发光后的光反射激励而成为激光起振介质的金属被覆光纤激光器件用光纤1;与该金属被覆光纤激光器件用光纤1连接并传送激光起振光L的作为第二实施方式的光纤激光器件装置用光纤的光纤激光器件传送用光纤41;以及将该光纤激光器件传送用光纤41和金属被覆光纤激光器件用光纤1光连接的连接器56。

作为激励光源54使用LD。将多条激励光用光纤57和金属被覆光纤激光器件用光纤1捆扎的部分,成为激励组合部57。

在金属被覆光纤激光器件用光纤1的激励光的入射侧(比激励组合部57靠下游侧的端部)形成有对激励光波长进行透射而对起振光波长具有高反射率的FBG58。而且,在金属被覆光纤激光器件用光纤1的激光起振光L的射出

侧(比连接器 56 靠上游侧的端部)形成有局部反射起振光的另一个 FBG59(晶格间隔与 FBG58 不同)。这两个 FBG58、59 作为激光谐振器的全反射镜及输出镜发挥作用。FBG58、59 在形成图 1 的金属层 6 之前预先形成。

在金属被覆光纤激光器用光纤 1 中的构成激励组合部 57 的部分不形成金属层 6, 或者剥离位于成为激励组合部 57 的部分的金属层 6。

另外, 在金属被覆光纤激光器用光纤 1 的射出侧端部通过连接器 56 连接有用于传送激光起振光 L 的光纤激光器传送用光纤 41。

如图 4 所示, 光纤激光器传送用光纤 41 包括: 由纯石英构成的实心的芯部 42; 设在该芯部 42 的外周上并在纯石英中添加了 F 的包层 43; 设在该包层 43 外周的图 1 的金属层 6; 以及最外层的绝缘被覆层 7。

在本实施方式中, 使芯部 42 的直径为 $400\mu\text{m}$, 使包层 43 的外径为 $600\mu\text{m}$ 。金属层 6、绝缘被覆层 7 的外径做成与图 1 的金属被覆光纤激光器用光纤 1 相同的尺寸。

检测部 53 包括: 与所有激励光源 54 连接并驱动激励光源 54 的驱动、控制装置 60; 与该驱动、控制装置 60 连接并作为测定流动在金属被覆光纤激光器用光纤 1 的金属层 6 中的监视用电流(检测电流)的电流传感器的电流测量器 61; 作为在金属层 6 中流动检测电流并总是进行通电的通电单元(通电装置)的电流供给装置 62; 以及, 连接这些电流测量器 61 和电流供给装置 62, 并沿着金属被覆光纤激光器用光纤 1、光纤激光器传送用光纤 41 设置的通电用的绞合金属软线 63。

驱动、控制装置 60 具备: 根据用电流测量器 61 测量的检测电流测量值来监视金属被覆光纤激光器用光纤 1 的通电状况的监视单元; 以及在金属被覆光纤激光器用光纤 1 的通电被断开时, 断开激励光的断开单元。

作为电流供给装置 62, 也可以是直流、交流中的任意一种, 而且, 其输出功率微弱也可。若电流超过 10A, 则从节能的观点出发使用浪费的能量, 而且由于用极少的电流难以控制, 因此最好使用 1A 左右的电流用作检测电流。

也就是, 用市场上出售的测试器监视金属层 6 的导通的程度的检测电流就足矣。但是, 最好具备将导通状态作为简单的电信号输出的结构, 则可以将其输出信号作为激励光控制用的监控信号使用而为佳。

光学部 52 和检测部 53 的连接通过以下方式进行,即、在位于金属被覆光纤激光器用光纤 1 的激励组合部 57 和 FBG58 之间的激励光输入部中,将绞合金属软线 63 和金属层 6 电连接。

绞合金属软线 63 一端分别连接在电流测量器 61、电流供给装置 62、激励光输入部 E 上,用连接器 56 进行电连接并进行延长,另一端连接在光纤激光器传送用光纤 41 的输出端 64 上。

由此,在光纤激光器装置 51 中划分形成如下电路,即,从电流供给装置 62 的输出端子供给的电流,通过绞合金属软线 63、金属被覆光纤激光器用光纤 1 的金属层 6、光纤激光器传送用光纤 41 的金属层 6,并在其输出端 64 折回而通过绞合金属软线 63,再到达电流供给装置 62 的输入端子 62。

将第一实施方式的作用与光纤激光器装置 51 的动作一起进行说明。

若利用驱动、控制装置 60 驱动各激励光源 52,则从各激励光源 52 射出激励光,并通过激励组合部 57、激励光输入部 E 入射到金属被覆光纤激光器用光纤 1。

入射后的激励光在金属被覆光纤激光器用光纤 1 的内部被放大,再通过 FBG59、59 作为激光谐振器的全反射镜及输出镜发挥作用,从而生成激光起振光 L,该激光起振光 L 从光纤激光器传送用光纤 41 的射出端 64 输出。

在该激光起振时,光纤激光器装置 51 的驱动、控制装置 60 对电流供给装置 62 进行控制并总是对金属被覆光纤激光器用光纤 1 进行通电,将设定好的检测电流流动到金属被覆光纤激光器用光纤 1 的金属层 6 中。检测电流在如上所述的电路中循环再回到电流供给装置 62,这时的数值用电流测量器 61 测量,并反馈到驱动、控制装置 60。

驱动、控制装置 60 利用检测电流测量值来监视金属被覆光纤激光器用光纤 1 的通电状况,辨别有无金属被覆光纤激光器用光纤 1 的断线。

更详细地说,驱动、控制装置 60 在检测电流测量值超过预先设定好的阈值时,判断为金属被覆光纤激光器用光纤 1 处于无断线的非异常状态,并继续进行光纤激光器装置 51 的运转。

另一方面,驱动、控制装置 60 在检测电流测量值为预先设定好的阈值以下时,判断为发生了金属被覆光纤激光器用光纤 1 的断线或其金属层 6 损伤、

恶化的异常时刻。

在异常时刻，驱动、控制装置 60 停止电流供给装置 62，断开金属被覆光纤激光器用光纤 1 的通电，与此同时还断开对激励光源 54 的通电并停止激励光源 54 的驱动，停止向金属被覆光纤激光器用光纤 1 入射激励光，断开激励光。由此，驱动、控制装置 60 停止光纤激光器装置 51。

另外，在光纤激光器装置 51 中，在金属被覆光纤激光器用光纤 1 上通过连接器 56 连接有光纤激光器传送用光纤 41，还在其金属层 6 中流动检测电流，因此与上述同样，监视光纤激光器传送用光纤 41 的通电状况，还可辨别有无光纤激光器传送用光纤 41 的断线。

这样，光纤激光器装置 51 使用金属被覆光纤激光器用光纤 1 和光纤激光器传送用光纤 41 来构成光学部 52，并在该光学部 52 上连接有检测部 53，对光纤自身进行通电。

因此，光纤激光器装置 51 通过监视流动在两个光纤的金属层 6 中的检测电流，从而可判断任一个光纤的异常时刻。

再有，在光纤激光器装置 51 中，由于利用构成检测部 53 的驱动、控制装置 60 可在光纤异常时瞬时停止激光起振，所以可保证光纤激光器装置 51 的完全性。

而且，第一实施方式的金属被覆光纤激光器用光纤 1 和第二实施方式的光纤激光器传送用光纤 41 基本上是具备光纤金属层 6 的简单结构，检测部 53 的结构也简单，所以可简单且低廉地构建光纤激光器装置 51 的安全系统。

也就是，根据本实施方式的光纤激光器装置 51，通过总是对光纤的金属层 6 中进行通电，并监视其通电状况，从而可判断光纤的致密性（无断线状态、或有断线状态等），若在光纤异常时停止激励光源 54 的驱动，则可停止光纤激光器装置 51 的运转，因而可保证光纤激光器装置 51 的致密性。

另外，金属被覆光纤激光器用光纤 1 是在作为与包层 3 邻接的一个部分的第二包层部 3b 的外周上形成有薄金属层 6，光纤自身具备用于检测断线的金属层 6，使光纤自身具有断线检测功能的光纤激光器装置用光纤。

因此，金属被覆光纤激光器用光纤 1 与图 8 的现有的光纤激光器断线检测用电缆 81 相比，可确保电缆自身的细径化、轻型化、柔软性，还能以柔

性实现低成本。

在此，说明电缆的细径、轻量化的更为详细的依据。

现有的光纤激光器断线检测用电缆 81 需要在光纤激光器用光纤 82 的外周上以包围的方式并呈螺旋状地配置施加了绝缘被覆的金属带 83。做成螺旋状的理由是为了使电缆具有柔软特性。

若将金属带 83 直接卷绕在光纤激光器用光纤 82 上，则在弯曲了电缆时，由金属带 83 向光纤激光器用光纤 82 上施加侧压力，可能对光传送特性带来不好的影响。而且，还有可能损伤光纤被覆层而使光纤激光器用光纤 82 断线。因此，在螺旋状金属带 83 和光纤激光器用光纤 82 之间需要有空间，且还需要保持其空间形状。

为了保证以上内容，需要对电缆构造再行设计，且为了确保空间部而使电缆外径变粗。若电缆外径变粗，则弯曲刚性也变大，所以难以弯曲且弯曲直径也变大，从而导致柔软特性恶化。

与此相对，第一实施方式的金属被覆光纤激光器用光纤 1 和第二实施方式的光纤激光器传送用光纤 41 与通常的光纤构造（直径）大致相同，且具有通电功能，所以能够以与通常的光纤相同的使用性能来设计电缆构造。

再有，金属被覆光纤激光器用光纤 1 在用于光纤激光器装置 51 的场合，使断线检测用的电流流动，且可将高输出功率的激励光或激光起振光关闭在金属层 6 的内侧。金属被覆光纤激光器用光纤 1 的这些作用效果，对于光纤激光器传送用光纤 41 也是相同的。

在上述实施方式的金屬被覆光纤激光器用光纤 1 中，对作为与包层 3 邻接的一个部分，在第二包层部 3b 的外周上形成薄金属层 6 的例子进行了说明，但作为与包层 3 邻接的部分，也可以在一个空位 4 上形成与金属层 6 相同的双重构造的金属层。在该场合，用与包层 3 密合性高的金属来形成外部被覆层，由导电性高的金属形成内部被覆层。

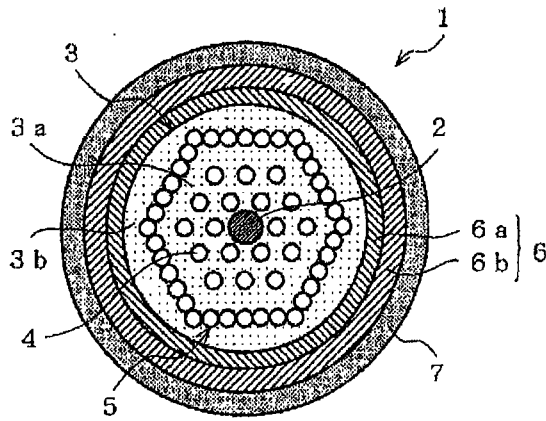


图 1

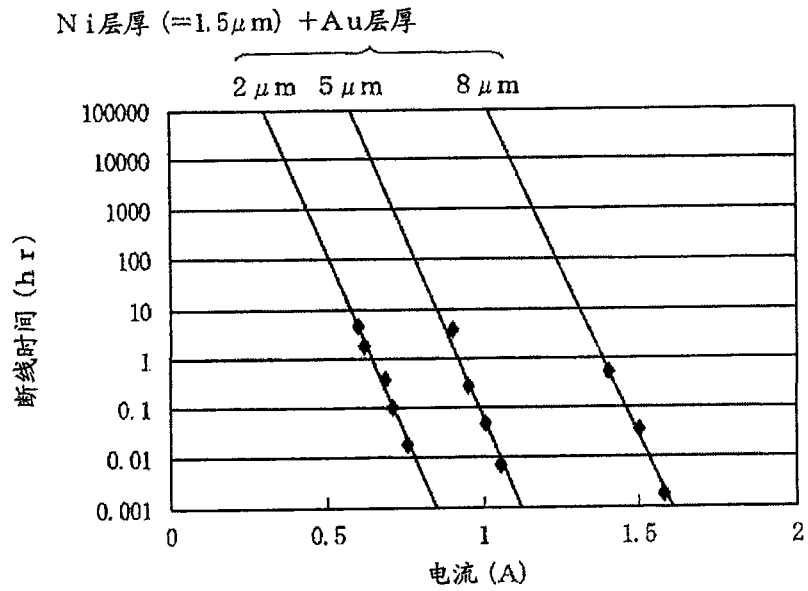


图 2

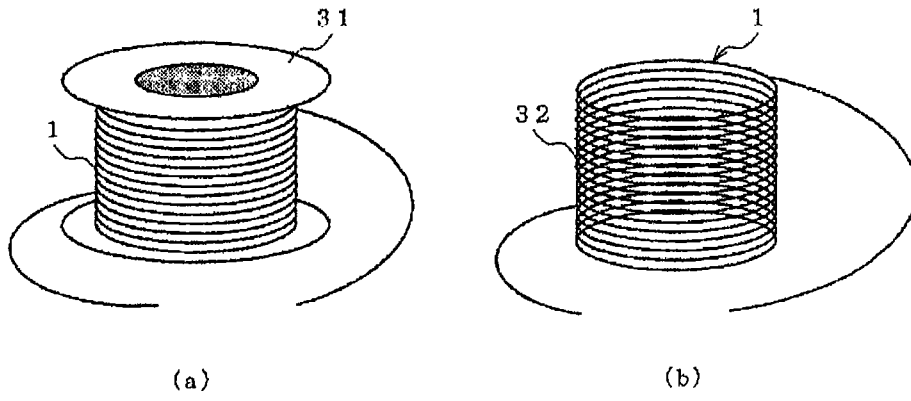


图 3

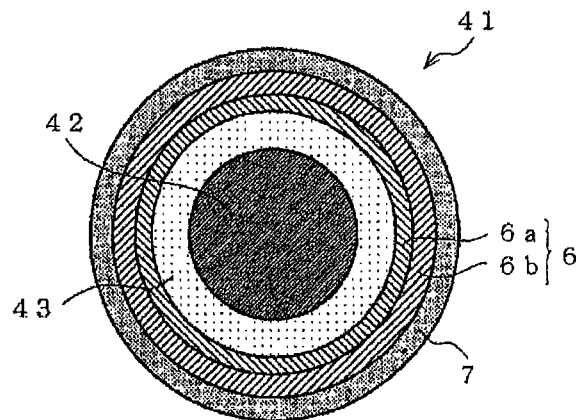


图 4

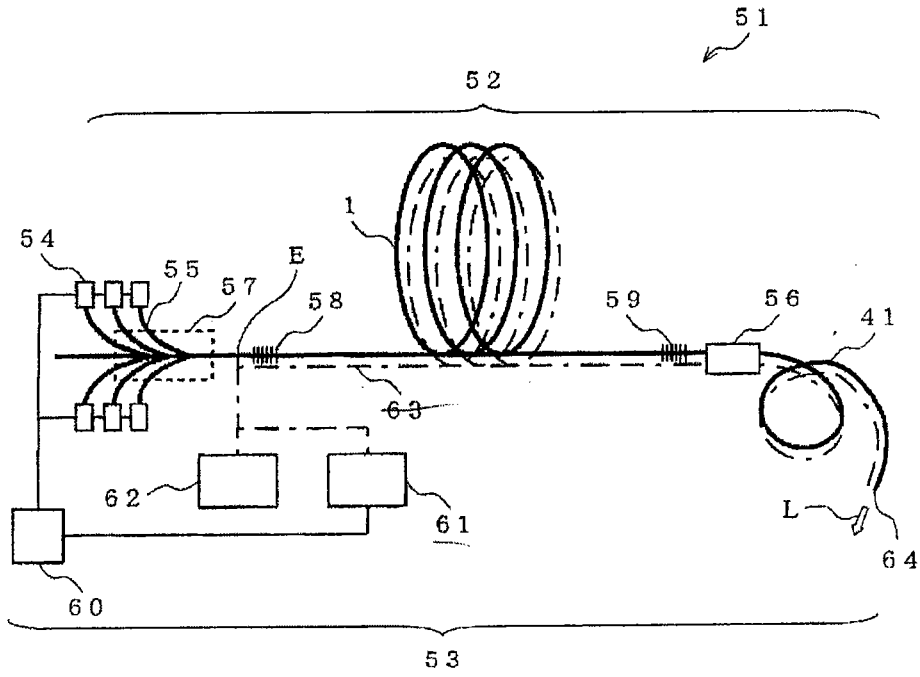


图 5

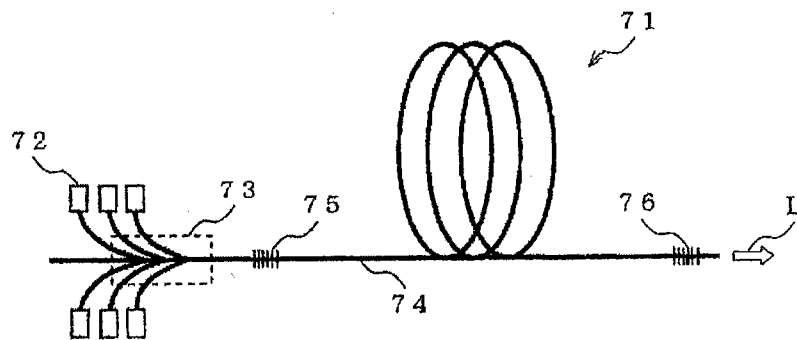


图 6

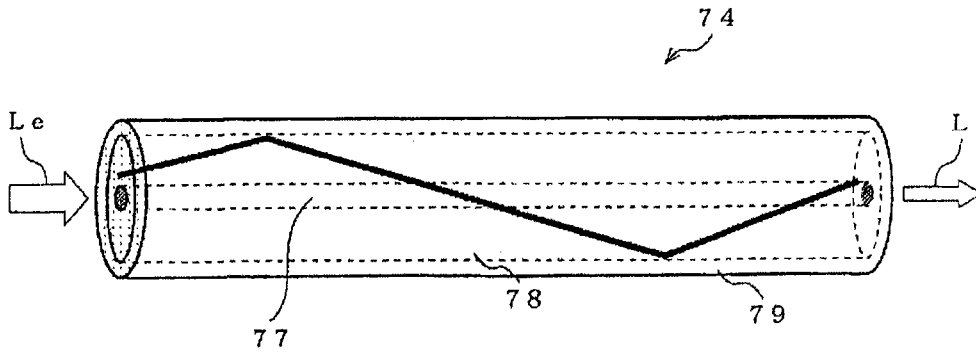


图 7

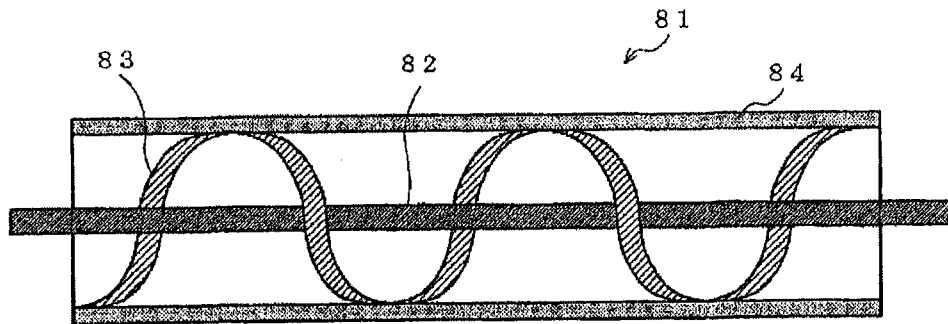


图 8