(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115349153 B
(45)授权公告日 2025.04.25

(21)申请号 202180025938.7
(22)申请日 2021.03.31
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115349153 A
(43)申请公布日 2022.11.15
(30)优先权数据
2020-065007 2020.03.31 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.09.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/013829 2021.03.31
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/201096 JA 2021.10.07

(73)专利权人 古河电气工业株式会社
地址 日本东京都
(72)发明人 杉原和树 会泽英树
(74)专利代理机构 北京思益华伦专利代理事务所(普通合伙) 11418
专利代理师 郭红丽

(51)Int.Cl.
H01B 5/08(2006.01)
C01B 32/158(2006.01)
H01R 4/02(2006.01)
(56)对比文件
CN 1947203 A,2007.04.11
JP 2005074472 A,2005.03.24
审查员 王聪颖

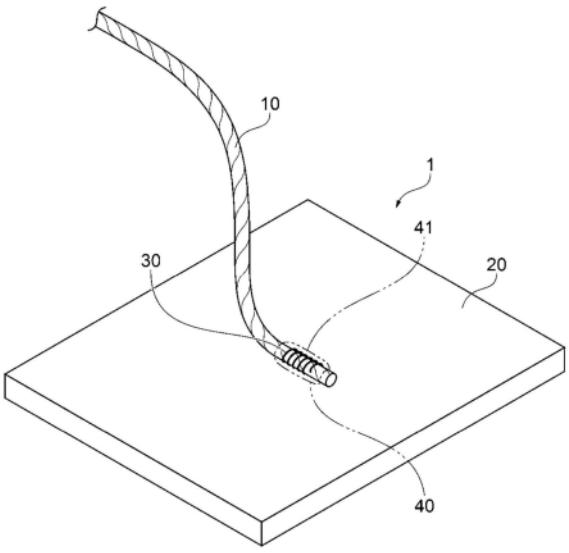
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

碳纳米管线材的连接结构体

(57)摘要

本发明提供一种碳纳米管线材的连接结构体,其可以通过简单的操作将碳纳米管线材在期望的部位与连接对象物连接,碳纳米管线材与连接对象物的连接部的电连接性和机械连接性优异。该碳纳米管线材的连接结构体包括碳纳米管集合体绞合捆扎而形成的碳纳米管线材、连接所述碳纳米管线材的连接对象物、焊料润湿性高于所述碳纳米管线材的导线、沿着具有与所述碳纳米管线材长度方向正交的组成部分的截面形成的所述导线的贯通部、以及连接所述碳纳米管线材和所述连接对象物的焊料,其中,所述焊料浸入沿所述导线而形成的所述贯通部。



CN 115349153 B

1.一种碳纳米管线材的连接结构体,其中,包括:

将碳纳米管集合体绞合捆扎而形成的碳纳米管线材;

连接所述碳纳米管线材的连接对象物;

焊料润湿性高于所述碳纳米管线材的导线;

沿着与所述碳纳米管线材的长度方向正交的截面而形成的所述导线的贯通部;以及

连接所述碳纳米管线材和所述连接对象物的焊料,

所述焊料浸入所述贯通部,所述贯通部沿所述导线而形成。

2.根据权利要求1所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述连接对象物是导电性部件。

3.根据权利要求2所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导电性部件是具有金属制部件的基板或其他碳纳米管线材。

4.根据权利要求1至3中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线的一部分从所述碳纳米管线材的不与所述连接对象物相对的部分突出。

5.根据权利要求1至3中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,

所述连接对象物是其他碳纳米管线材,

所述碳纳米管线材的连接结构体包括连接部,所述连接部中所述碳纳米管线材的一个端部与所述其他碳纳米管线材的一个端部的外周面接触,

在所述连接部中,所述导线的贯通部沿着与所述碳纳米管线材和所述其他碳纳米管线材的长度方向正交的截面而形成。

6.根据权利要求4所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,

所述连接对象物是其他碳纳米管线材,

所述碳纳米管线材的连接结构体包括连接部,所述连接部中所述碳纳米管线材的一个端部与所述其他碳纳米管线材的一个端部的外周面接触,

在所述连接部中,所述导线的贯通部沿着与所述碳纳米管线材和所述其他碳纳米管线材的长度方向正交的截面而形成。

7.根据权利要求1至3中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线中除位于所述贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于所述碳纳米管线材的外周部。

8.根据权利要求4所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线中除位于所述贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于所述碳纳米管线材的外周部。

9.根据权利要求5所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线中除位于所述贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于所述碳纳米管线材和所述其他碳纳米管线材的外周部。

10.根据权利要求6所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线中除位于所述贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于所述碳纳米管线材和所述其他碳纳米管线材的外周部。

11.根据权利要求1至3、6、8至10中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,在具有与所述碳纳米管线材的长度方向正交的截面中,所述贯通部中的所述导线的截面积相对于所述碳纳米管线材的截面积的比例为5%以上且99%以下。

12.根据权利要求4所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,在具有与所述碳纳米管

线材的长度方向正交的截面中,所述贯通部中的所述导线的截面积相对于所述碳纳米管线材的截面积的比例为5%以上且99%以下。

13.根据权利要求5所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,在具有与所述碳纳米管线材的长度方向正交的截面中,所述贯通部中的所述导线的截面积相对于所述碳纳米管线材的截面积的比例为5%以上且99%以下。

14.根据权利要求7所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,在具有与所述碳纳米管线材的长度方向正交的截面中,所述贯通部中的所述导线的截面积相对于所述碳纳米管线材的截面积的比例为5%以上且99%以下。

碳纳米管线材的连接结构体

技术领域

[0001] 本发明涉及一种连接结构体,其是碳纳米管线材与碳纳米管线材所连接的连接对象物的连接结构体。

背景技术

[0002] 碳纳米管(以下,有时称为CNT)是具有各种特性的原材料,期待应用于多个领域。CNT重量轻,并且导电性、导热性、机械强度等诸多特性优异,因此例如作为电线等的用途,期待其用作替代金属线的线材。

[0003] 在碳纳米管作为线材使用的情况下,碳纳米管线材(以下,有时称为CNT线材)的尺寸必需加长。但是,CNT线材的加长需要高科技。作为现有的CNT线材的加长技术,提出了将从各碳纳米管线生长的碳纳米管缠绕在相应的连接对象侧的碳纳米管线和/或生长而得到的碳纳米管上,从而使碳纳米管线彼此连接,将碳纳米管线材尺寸加长(专利文献1)。

[0004] 但是,在专利文献1中,为了使碳纳米管从碳纳米管线上生长,需要通过在碳纳米管线彼此进行连接的部位施加催化剂溶液,来使碳纳米管生长,并与连接对象侧的碳纳米管线缠绕,因此连接工作繁杂,另外,由于使用催化剂溶液,所以存在难以对碳纳米管线彼此连接的部位进行位置控制的问题。

[0005] 另外,如上所述,由于CNT的导电性优异,所以CNT线材被期待用作电线等,成为连接对象的不仅是CNT线材,还设想为电路基板等基板。但是,在使碳纳米管生长并与连接对象侧的碳纳米管线缠绕的专利文献1中,在连接对象为CNT线材以外的情况下,存在不能形成连接体的问题。

[0006] 另一方面,在将金属线与连接对象物连接的情况下,由于连接工作简单,也能够得到连接强度,因此有时通过焊接进行连接。但是,与金属线相比,CNT线材的焊料润湿性差,特别是在CNT线材为由碳纳米管集合体构成的线料绞合而得到的绞线的情况下,焊料难以浸入到CNT线材的内部,因此连接部的导电性和强度存在问题。

[0007] 因而,在通过焊接将CNT线材与连接对象物连接的情况下,需要预先对CNT线材进行亲水性处理或表面粗糙化处理。因此,在焊接CNT线材时,仍然存在连接工作繁杂的问题。

[0008] 现有技术文献

[0009] 专利文献

[0010] 专利文献1:日本特开2013—47402号公报

发明内容

[0011] 发明要解决的课题

[0012] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供一种碳纳米管线材的连接结构体,其中,可以通过简单的操作在期望的部位与碳纳米管线材的连接对象物连接,碳纳米管线材与连接对象物的连接部在电连接性和机械连接性方面优异。

[0013] 用于解决问题的手段

[0014] 本发明的构成要点如下。

[0015] [1]一种碳纳米管线材的连接结构体,其中,包括:将碳纳米管集合体绞合捆扎而形成的碳纳米管线材;连接所述碳纳米管线材的连接对象物;焊料润湿性高于所述碳纳米管线材的导线;沿着具有与所述碳纳米管线材的长度方向正交的组成部分(component)的截面而形成的所述导线的贯通部;以及连接所述碳纳米管线材和所述连接对象物的焊料,所述焊料浸入沿所述导线而形成的所述贯通部。

[0016] [2]根据[1]所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述连接对象物是导电性部件。

[0017] [3]根据[2]所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导电性部件是具有金属制部件的基板或其他碳纳米管线材。

[0018] [4]根据[1]至[3]中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线的一部分从所述碳纳米管线材的不与所述连接对象物相对的部分突出。

[0019] [5]根据[1]至[4]中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,

[0020] 所述连接对象物是其他碳纳米管线材,

[0021] 所述碳纳米管线材的连接结构体包括连接部,所述连接部中所述碳纳米管线材的一个端部与所述其他碳纳米管线材的一个端部的外周面接触,

[0022] 在所述连接部中,所述导线的贯通部沿着具有与所述碳纳米管线材和所述其他碳纳米管线材的长度方向正交的组成部分的截面而形成。

[0023] [6]根据[1]至[4]中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线中除位于所述贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于所述碳纳米管线材的外周部。

[0024] [7]根据[5]所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,所述导线中除位于所述贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于所述碳纳米管线材和所述其他碳纳米管线材的外周部。

[0025] [8]根据[1]至[7]中任一项所述的碳纳米管线材的连接结构体,其中,在具有与所述碳纳米管线材的长度方向正交的组成部分的截面中,所述贯通部中的所述导线的截面积相对于所述碳纳米管线材的截面积的比例为5%以上且99%以下。

[0026] 发明效果

[0027] 根据本发明的碳纳米管线材的连接结构体的方式,包括焊料润湿性高的导线贯通部,所述贯通部沿着具有与作为绞线的碳纳米管线材的长度方向正交的组成部分的截面而形成,焊料沿着导线贯穿贯通部,由此,在作为绞线的碳纳米管线材的、由贯通部中的碳纳米管集合体表面和导线表面包围的区域等内部,能够容易地制作焊料润湿性高的部位(即导线的贯通部)。因此,焊料沿着导线的贯通部流入碳纳米管线材的内部,焊料、导线和连接对象物被牢固地连接,其结果,碳纳米管线材与连接对象物牢固地连接。如上所述,对于本发明的碳纳米管线材的连接结构体,可以通过简单的操作在期望的部位与碳纳米管线材的连接对象物连接,可以得到碳纳米管线材与连接对象物的连接部在电连接性和机械连接性方面优异的碳纳米管线材的连接结构体。

[0028] 根据本发明的碳纳米管线材的连接结构体的方式,导线的一部分从碳纳米管线材的不与连接对象物相对的部分突出,由此通过导线的突出部,焊料可以顺利地流入碳纳米管线材的内部。

[0029] 根据本发明的碳纳米管线材的连接结构体的方式,通过具有卷绕部,导线中除位于贯通部的部位以外的至少一部分卷绕于碳纳米管线材的外周部,从而在上述卷绕部存积焊料。因此,焊料可靠地施加在期望的连接部及其附近,焊料能够更顺利地流入碳纳米管线材的内部。另外,由于在卷绕部容易存积焊料,因此能够防止焊料向除期望的连接部及其附近以外的部位浸润扩展。

[0030] 根据本发明的碳纳米管线材的连接结构体的方式,贯通部的截面积相对于碳纳米管线材的截面积的比例为5%以上且99%以下,由此焊料能够更可靠地流入碳纳米管线材的内部,因此能够更可靠地提高碳纳米管线材与连接对象物的连接可靠性。

附图说明

[0031] 图1是本发明第1实施方式涉及的连接结构体、即碳纳米管线材连接在基板上的连接结构体的说明图。

[0032] 图2是在用于本发明第1实施方式涉及的连接结构体的碳纳米管线材上形成导线的贯通部的说明图。

[0033] 图3是在用于本发明第1实施方式涉及的连接结构体、且形成了导线贯通部的碳纳米管线材的外周部卷绕有导线的形态的说明图。

[0034] 图4是本发明第2实施方式涉及的连接结构体、即碳纳米管线材与其他碳纳米管线材连接而得到的连接结构体的说明图。

[0035] 图5是在用于本发明第3实施方式涉及的连接结构体、且形成了导线贯通部的碳纳米管线材的外周部卷绕有导线的形态的说明图。

具体实施方式

[0036] 以下,对本发明的碳纳米管线材的连接结构体进行说明。首先,对本发明第1实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体进行说明。需要说明的是,图1是本发明第1实施方式涉及的连接结构体、即碳纳米管线材连接在基板上的连接结构体的说明图。图2是在用于本发明第1实施方式涉及的连接结构体的碳纳米管线材上形成导线贯通部的说明图。图3是在用于本发明第1实施方式涉及的连接结构体、且形成了导线贯通部的碳纳米管线材的外周部卷绕有导线的形态的说明图。

[0037] 如图1所示,本发明第1实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体1包括将碳纳米管集合体(以下,有时称为CNT集合体)绞合捆扎而形成的碳纳米管线材(CNT线材)10、以及连接CNT线材10的连接对象物。CNT线材10的连接对象物是导电性部件。在碳纳米管线材的连接结构体1中,连接对象物是基板20,作为基板20,例如可以举出金属制的基板、电路基板等具有金属制部件的基板。

[0038] 在碳纳米管线材的连接结构体1中,CNT线材10的端部附近与基板20连接,形成CNT线材10和基板20的连接部40。在CNT线材10和基板20的连接中使用了焊料41。因此,焊料41连接CNT线材10和作为连接对象物的基板20,从而CNT线材10被焊接在基板20上。

[0039] CNT线材10是将多根由碳纳米管集合体(CNT集合体)组成的线料绞合并捆扎而形成的,所述碳纳米管集合体由多根具有一层以上的层结构的碳纳米管(CNT)构成。因此,CNT线材10是将由CNT集合体组成的线料绞合而形成的绞线。在此,CNT线材10是指CNT的比例为

90质量%以上的CNT线材10。需要说明的是,在CNT线材10中的CNT比例的计算中,除去镀层和掺杂剂。CNT集合体的长度方向形成CNT线材10的长度方向。因此,CNT集合体成为线状。CNT线材10中的多个CNT集合体被配置成其长轴方向大致对齐。因此,CNT线材10中的多个CNT集合体有了取向。

[0040] 如图2所示,在碳纳米管线材的连接结构体1中,包括焊料润湿性高于CNT线材10的导线30、和沿着与CNT线材10的长度方向正交的截面而形成的导线30的贯通部31。通过使导线30沿着CNT线材10的径向贯通CNT线材10,从而沿着与CNT线材10长度方向正交的截面形成导线30的贯通部31。在碳纳米管线材的连接结构体1中,导线30沿着与CNT线材10长度方向正交的截面的中心线贯通。另外,在本发明的实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体中,为了便于说明,在与CNT线材10长度方向正交的截面上形成有导线30的贯通部31,但只要是具有与CNT线材10长度方向正交的组成部分的截面即可,并不限定于与长度方向正交的截面。

[0041] 如上所述,导线30的贯通部31的延伸方向相对于CNT线材10的长度方向为大致正交方向。由于CNT线材10是将由CNT集合体组成的线料绞合而形成的绞线,所以即使没有在CNT线材10上另外形成通孔等,也可以通过将导线30插入CNT线材10,从而使导线30贯穿CNT线材10。另外,通过将导线30插入CNT线材10,在CNT线材10与导线30之间形成有间隙。在碳纳米管线材的连接结构体1中,通过将一根导线30插入CNT线材10,形成1个贯通部31。另一方面,贯通部并不一定需要相对于CNT线材的长度方向成为大致正交方向,例如,导线可以在CNT线材10内折回,导线的两端可以从CNT线材10的外周的任意位置突出。因此,在CNT线材10内,贯通部31也可以弯折而形成。在本实施方式中,如后所述,也可以是焊料流入CNT线材10的内部(即,在导线30的外周与CNT集合体之间形成的间隙)的结构。

[0042] 通过将导线30插入CNT线材10,在CNT线材10和导线30之间也形成间隙,因此,在将CNT线材10焊接于基板20时,焊料41沿着导线30贯穿贯通部31。即,在将CNT线材10焊接于基板20时,焊料沿着在导线30的外周与CNT线材10之间形成的间隙、即CNT线材10的内部流入,由此焊料41贯穿贯通部31。如上所述,焊料41的形成方向与CNT线材10的长度方向大致正交。需要说明的是,在图2中,为了便于说明碳纳米管线材的连接结构体1,还图示了将CNT线材10焊接于基板20时在贯通部31施加的焊料41。

[0043] 如图3所示,在连接部40,导线30中的除位于贯通部31的部位以外的至少一部分沿着CNT线材10的周向卷绕于CNT线材10的外周面11,形成卷绕部32。由上述可知,导线30的贯通部31和卷绕部32相互连续。卷绕部32设置在贯通部31的附近。导线30的卷绕部32设置成与CNT线材10的外周面11接触的方式。通过导线30的贯通部31和沿着CNT线材10的周向卷绕的卷绕部32相互连续,焊料41容易流入CNT线材10的内部,CNT线材10和基板20的连接强度提高。

[0044] 通过形成导线30的卷绕部32,成为导线30的一部分从CNT线材10的不与基板20相对的部分突出的形态。即,导线30在导线30的卷绕部32从CNT线材10的外周面11突出。另外,在图3中,位于贯通部31的导线30的前端部33还从CNT线材10的外周面11向外延伸,从而成为导线30的一部分从CNT线材10的不与基板20相对的部分突出的形态。另外,在连接对象物为基板20的情况下,未形成贯通部31的导线30的端部(前端部33)也可以预先通过焊接等与基板20连接。

[0045] 卷绕部32中的导线30的匝数没有特别限定,可以是一圈,也可以是多圈。需要说明的是,在图3中,为了便于说明,将导线30的匝数设为4圈。在卷绕部32中,导线30在CNT线材10的长度方向上隔开规定的间隔,沿着CNT线材10的周向卷绕。另外,在将CNT线材10焊接于基板20时,卷绕部32具有存积焊料41的功能。在图3中,在碳纳米管线材的连接结构体1上还图示了在将CNT线材10焊接于基板20时所施加的焊料41。

[0046] 作为焊料润湿性高于CNT线材10的导线30,例如可以举出铜、银、铂、钨等金属线。另外,作为焊料的种类,只要能够用于金属部件的连接即可,没有特别限定,例如可以举出Sn—Pb系的含铅焊料、Sn—Ag—Cu系、Sn—Cu系、Sn—Zn系等无铅焊料。另外,施加于一个贯通部31的焊料41的量没有特别限定,但从提高连接部40的拉伸强度和电连接性的观点出发,其下限值优选为3.0mg。另一方面,从轻量化的观点出发,施加于一个贯通部31的焊料41的上限值优选为20mg,特别优选为6.0mg。

[0047] CNT线材10的直径没有特别限定,例如可举出20μm～1mm。另外,构成CNT线材10的CNT线料的绞合根数没有特别限定,例如可以举出2根～2千根。另外,导线30的直径没有特别限定,例如可以举出10μm以上且小于1mm。

[0048] 根据碳纳米管线材的连接结构体1,包括导线30的贯通部31,其沿着与作为绞线的CNT线材10的长度方向正交的截面而形成,且焊料润湿性高,焊料41沿着导线30贯穿贯通部31,由此可以在CNT线材10上容易地制作焊料润湿性高的内部(即,在导线30的外周与CNT线材10之间形成的间隙)。因此,在将CNT线材10焊接于基板20时,焊料41沿着导线30的贯通部31,即沿着CNT线材10的径向流入CNT线材10的内部,焊料41、导线30和基板20被牢固地连接,其结果,CNT线材10和基板20被牢固地连接。由上述可知,在碳纳米管线材的连接结构体1中,通过适当选择导线30的贯通部31在CNT线材10上的位置,能够在CNT线材10的期望的部位通过简单的操作与基板20牢固地连接。而且,对于碳纳米管线材的连接结构体1,可以得到CNT线材10与基板20的连接部40在电连接性和机械连接性方面优异的碳纳米管线材的连接结构体。

[0049] 另外,在碳纳米管线材的连接结构体1中,导线30的一部分从CNT线材10的不与基板20相对的部分突出,由此通过导线30的突出部,焊料41可以沿着导线30的延伸方向顺利地流入CNT线材10的内部。

[0050] 另外,在碳纳米管线材的连接结构体1的导线30中具有除位于贯通部31的部位以外的至少一部分卷绕在CNT线材10的外周面11上的卷绕部32,从而在将CNT线材10焊接于基板20时,在卷绕部32存积有焊料41。因此,焊料41被可靠地施加在期望的连接部40及其附近,焊料41能够更顺利地沿着导线30的延伸方向流入CNT线材10的内部。另外,由于在卷绕部32容易存积焊料41,所以能够防止焊料41浸润扩展到除期望的连接部40及其附近以外的部位。

[0051] 在与CNT线材10的长度方向正交的截面中,贯通部31中的导线30的截面积相对于CNT线材10的截面积的比例没有特别限定,优选5％以上且99％以下,更优选10％以上且99％以下,特别优选30％以上且50％以下。特别是在导线30的截面积为30％以上且50％以下时,电连接性和机械连接性的性能达到峰值,从轻量性、成本的观点出发也是优选的。从这样的观点出发,即通过使焊料41可靠地沿着导线30的延伸方向流入CNT线材10的内部,从而更切实地提高CNT线材10与基板20的连接可靠性的观点,上述截面积的下限值优选为

10％,从电连接性的观点出发,下限值特别优选为30％。另一方面,从形成贯通部31和卷绕部32时的操作性的观点出发,上述截面积的比例的上限值优选为99％,从得到轻量化和电连接性的平衡的观点出发,特别优选为50％。需要说明的是,上述截面积的比例通过(贯通部31中的导线30的径向的截面积/CNT线材10的径向的截面积)×100进行计算。通过使截面积的比例为上述值,能够确保在碳纳米管线材中贯穿的导线30的表面积,焊料容易浸入。其结果,能够得到电连接性和机械连接性优异的碳纳米管线材的连接结构体。

[0052] 接下来,使用附图来说明本发明第2实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体。需要说明的是,第2实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体与第1实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体的主要构成要素相同,因此对于与第1实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体相同的构成要素,使用相同的附图标记进行说明。图4是本发明第2实施方式涉及的连接结构体、即碳纳米管线材与其他碳纳米管线材连接的连接结构体的说明图。

[0053] 第1实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体中,作为导电性部件的连接对象物是基板,但如图4所示,第2实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体2中,作为导电性部件的连接对象物是其他CNT线材50。碳纳米管线材的连接结构体2中,CNT线材10的一端12与其他CNT线材50的一端52连接,形成CNT线材10和其他CNT线材50的连接部40。碳纳米管线材的连接结构体2中,从CNT线材10的一端12向另一端(未图示)延伸的方向与从其他CNT线材50的一端52向另一端(未图示)延伸的方向不同。

[0054] 另外,在连接部40中,CNT线材10的一端12与其他CNT线材50的一端52并列配置。而且,在连接部40中,以CNT线材10的外周面11与其他CNT线材50的外周面51接触的状态,将CNT线材10的一端12与其他CNT线材50的一端52进行连接。

[0055] 在连接部40设置有导线30的贯通部31。导线30的贯通部31沿着与并列配置的CNT线材10和其他CNT线材50的部位的长度方向正交的截面而形成。通过沿着CNT线材10和其他CNT线材50的径向,使导线30贯穿CNT线材10和其他CNT线材50,从而沿着与并列配置的CNT线材10和其他CNT线材50的部位的长度方向正交的截面,形成导线30的贯通部31。在碳纳米管线材的连接结构体2中,导线30沿着与并列配置的CNT线材10的一端12和其他CNT线材50的一端52的长度方向正交的截面的中心线进行贯穿。即,导线30具有与CNT线材10和其他CNT线材50这两者连续的贯通部31。

[0056] 碳纳米管线材的连接结构体2中,通过将导线30插入并列配置的CNT线材10和其他CNT线材50的部位,可以使导线30贯穿CNT线材10和其他CNT线材50而形成贯通部31。对于碳纳米管线材的连接结构体2,也是通过将一根导线30插入CNT线材10和其他CNT线材50,形成一个贯通部31。需要说明的是,其他CNT线材50与CNT线材10相同,是将多根CNT的线料绞合而形成的绞线。

[0057] 在将CNT线材10的一端12焊接于其他CNT线材50的一端52,使CNT线材尺寸加长时,焊料41沿着导线30贯穿贯通部31。因此,焊料41沿着贯通部31从CNT线材10的内部遍布到其他CNT线材50的内部。

[0058] 如图4所示,导线30中的除位于贯通部31的部位以外的至少一部分在CNT线材10和其他CNT线材50的外周部沿周向卷绕,形成卷绕部32。卷绕部32设置在并列配置有CNT线材10和其他CNT线材50的部位。在卷绕部32中,以将CNT线材10的一端12与其他CNT线材50的一端52捆扎起来的方式卷绕导线30。对于碳纳米管线材的连接结构体2,也是导线30的贯通部

31和卷绕部32相互连续,而且卷绕部32设置在贯通部31的附近。

[0059] 碳纳米管线材的连接结构体2中,也是通过形成导线30的卷绕部32,导线30的一部分成为从CNT线材10的不与其他CNT线材50相对的部分突出的形态。即,导线30在导线30的卷绕部32从CNT线材10的外周面11突出。另外,在图4中,位于贯通部31的导线30的前端部33从CNT线材10的外周面11向外延伸,从而成为导线30的一部分从CNT线材10的不与其他CNT线材50相对的部分突出的形态。

[0060] 在碳纳米管线材的连接结构体2中,当焊接CNT线材10与其他CNT线材50时,卷绕部32也具有存积焊料41的功能。因此,焊料41能够沿着导线30的延伸方向更顺利地流入CNT线材10的内部和其他CNT线材50的内部。进而,在碳纳米管线材的连接结构体2中,卷绕部32具有进一步提高CNT线材10与其他CNT线材50的连接部40的接合强度的功能。进而,在碳纳米管线材的连接结构体2中,由于导线30具有直接连接CNT线材10和其他CNT线材50的功能,因此能够提高CNT线材10和其他CNT线材50之间的拉伸强度。

[0061] 卷绕部32在CNT线材10长度方向上的宽度没有特别限定,但从可靠地进行CNT线材10与其他CNT线材50的焊接的观点出发,其下限值优选为0.3mm以上,从进一步提高连接部的接合强度的观点出发,其下限值特别优选为0.5mm以上。另一方面,从连接部40的轻量化的观点出发,卷绕部32的宽度的上限值优选为3.0mm以下,特别优选为2.0mm以下。

[0062] 根据碳纳米管线材的连接结构体2,具备沿着与作为绞线的CNT线材10的长度方向和作为连接对象物的其他CNT线材50的长度方向正交的截面而形成的、焊料润湿性高的导线30的贯通部31,焊料41沿着导线30贯穿贯通部31,由此能够在CNT线材10和其他CNT线材50上容易地制作焊料润湿性高的内部(即,在导线30的外周与CNT线材10以及其他CNT线材50之间形成的间隙)。因此,在连接CNT线材10和其他CNT线材50时,焊料41沿着导线30的贯通部31、即沿着CNT线材10和其他CNT线材50的径向,流入CNT线材10的内部和其他CNT线材50的内部,焊料41、导线30、CNT线材10和其他CNT线材50分别牢固地连接,其结果,CNT线材10和其他CNT线材50被牢固地连接。由上述可知,碳纳米管线材的连接结构体2中,通过适当选择导线30的贯通部31在CNT线材10上的位置,能够在CNT线材10的期望的部位通过简单的操作与其他CNT线材50牢固地连接,能够简单地使CNT线材的尺寸加长。而且,对于碳纳米管线材的连接结构体2,可以得到CNT线材10和其他CNT线材50的连接部40在电连接性和机械连接性方面优异的碳纳米管线材的连接结构体。

[0063] 接下来,使用附图来说明本发明第3实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体。需要说明的是,第3实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体与第1、第2实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体的主要构成要素相同,因此对于与第1、第2实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体相同的构成要素,使用相同的附图标记进行说明。另外,图5是用于本发明第3实施方式涉及的连接结构体的、在形成了导线贯通部的碳纳米管线材的外周部卷绕有导线的形态的说明图。

[0064] 如图5所示,第3实施方式涉及的碳纳米管线材的连接结构体3中,在CNT线材10的前端部13上形成有导线30的贯通部31和卷绕部32。对于碳纳米管线材的连接结构体3,CNT线材10的连接对象物例如是基板或其他CNT线材(图5中为基板20),CNT线材10的前端部13焊接在连接对象物上。

[0065] 通过在CNT线材10上形成卷绕部32,CNT线材10的外周由卷绕部32保持,因而从外

周面施加压力,能够防止CNT彼此的接触面积的降低,防止导电性的降低。此时,优选对形成有卷绕部32的CNT线材10的整个外周面大致均等地施加压力。作为对卷绕部32整个面大致均等地施加压力的方法,例如可以举出增加卷绕部32的匝数、或者将卷绕部32的起点和终点设置在与CNT线材10的长度方向平行的位置等方法。

[0066] 接下来,对本发明的碳纳米管线材的连接结构体的其他实施方式进行说明。在上述各实施方式的碳纳米管线材的连接结构体中,设置有导线的卷绕部,但只要形成有导线的贯通部即可,也可以不设置卷绕部。另外,在上述各实施方式的碳纳米管线材的连接结构体中,在一根导线上设置有贯通部和卷绕部,但也可以取而代之,在多根导线上设置贯通部和卷绕部。因此,导线的贯通部也可以设置多个。通过设置多个导线贯通部,贯通部的导线的表面积进一步增大,焊料更容易浸入。导线的多个贯通部可以形成于具有与CNT线材的长度方向正交的组成部分的一个截面,也可以形成于具有与CNT线材的长度方向正交的组成部分的多个截面。通过使导线的多个贯通部形成于具有与CNT线材长度方向正交的组成部分的一个截面,从而施加焊料的连接部的区域变窄,因此,能够形成紧凑的碳纳米管线材的连接结构体。另外,通过使导线的多个贯通部形成于具有与CNT线材的长度方向正交的组成部分的多个截面,从而施加焊料的连接部的区域变宽,因此,连接部的接合强度进一步提高。

[0067] 另外,上述各实施方式的碳纳米管线材的连接结构体中,在卷绕部中,导线在CNT线材的长度方向上隔开规定的间隔卷绕,但也可以取而代之,不隔开规定的间隔,在使导线彼此接触的状态下卷绕。

[0068] 实施例

[0069] 接下来,对本发明的实施例进行说明,但本发明并不限定于以下的实施例的方式。

[0070] 首先,制作CNT,由得到的多个CNT制作CNT线料。接下来,将所得到的多根CNT线料绞合,制作CNT的绞线。CNT例如可以通过浮游催化法(日本特许第5819888号)、基板法(日本特许第5590603号)等方法来制作。另外,CNT线料例如能够通过干式纺丝(日本特许第5819888号、日本特许第5990202号、日本特许第5350635号)、湿式纺丝(日本特许第5135620号、日本特许第5131571号、日本特许第5288359号)、液晶纺丝(日本特表2014—530964号公报)等方法来制作。

[0071] 实施例1

[0072] 准备两根将7根CNT线料绞合而成的CNT线材(直径0.2mm),使两根CNT线材的端部彼此并列配置。准备一根铜线(直径0.025mm)作为导线,将铜线插入两根CNT线材并列配置的部位,在两根CNT线材上形成铜线的贯通部。进而,将两根CNT线材捆扎,用形成了贯通部的铜线卷绕两根CNT线材的外周部,形成卷绕部,制成连接结构体。卷绕部的宽度为1mm。

[0073] 实施例2

[0074] 作为导线,使用两根铜线代替一根铜线,在与CNT线材的长度方向正交的截面上,以大致正交的方式插入两根铜线,除此以外,用与实施例1同样的方法制成连接结构体。

[0075] 实施例3

[0076] 除了使用直径0.080mm的铜线代替直径0.025mm的铜线以外,用与实施例1同样的方法制成连接结构体。

[0077] 实施例4

[0078] 使用两根铜线代替一根铜线,在与CNT线材的长度方向正交的截面上,以大致正交的方式插入两根铜线,除此以外,用与实施例3同样的方法制成连接结构体。

[0079] 实施例5

[0080] 除了使用直径0.250mm的铜线代替直径0.025mm的铜线以外,用与实施例1同样的方法制成连接结构体。

[0081] 实施例6

[0082] 使用两根铜线代替一根铜线,在与CNT线材的长度方向正交的截面上,以大致正交的方式插入两根铜线,除此以外,用与实施例5同样的方法制成连接结构体。

[0083] 在贯通部和卷绕部施加焊料,连接两根CNT线材,使CNT线材以直线状加长尺寸,制作本发明的碳纳米管线材的连接结构体的样品。作为焊料,在实施例1～6中,均使用铅系焊料。另外,作为参考例,使用未连接的一根CNT线材(将7根CNT线料绞合而成的CNT线材(直径0.2mm))。

[0084] 评价项目和评价方法如下。

[0085] (1)碳纳米管线材的连接结构体的贯通部中,导线的径向的截面积相对于碳纳米管线材的径向的截面积的比例

[0086] 碳纳米管线材的连接结构体的贯通部中的、导线的径向的截面积相对于碳纳米管线材的径向的截面积的比例,通过切取碳纳米管线材的连接结构体的截面,基于SEM获取的图像,计算贯通部中的导线的径向的截面积/CNT线材的径向的截面积而得出该比例。

[0087] (2)电阻值

[0088] 关于碳纳米管线材的连接结构体的电阻值,将碳纳米管线材的连接结构体与低电压源表(Keithley公司制造,装置名“2401SourceMeter”)和数字万用表(Keithley公司制造,装置名“2000multimeter”)连接,通过四线检测法实施电阻测定。

[0089] (3)拉伸强度

[0090] 试验者把持碳纳米管线材的连接结构体的样品的两端部并进行拉伸,目测观察该样品的连接状况。

[0091] ○:即使拉伸,连接部也不会断开,连接结构没有变化;

[0092] Δ:拉伸时连接结构发生变化,但能够维持电连接;

[0093] ×:拉伸时连接部散开。

[0094] 将评价结果示于下述表1。

[0095] 表1

[0096]

	参考例	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6
铜线的截面积相对于碳纳米管的截面积的比例(%)	-	5	10	17	32	50	84
电阻值(Ω/cm)	0.0996	0.197	0.174	0.170	0.144	0.141	0.141
拉伸强度	-	△	○	○	○	○	○

[0097] 从上述表1可知,作为用焊料连接两根CNT线材的连接结构体的实施例1～6中,都可以降低到与一根CNT线材相同程度的电阻值,电连接性优异。而且,实施例1～6中,拉伸强度也良好,机械连接性也优异,特别是铜线相对于碳纳米管的截面积的比例为10％以上的

实施例2～6中,机械连接性更优异。此外,在铜线的比例为30％以上的实施例4～6中,确认电阻值显著降低。

[0098] 另外,将实施例1～6的连接部用焊料与基板连接起来的情况下,机械强度、电连接性也均优异。

[0099] 符号说明

[0100] 1、2、3 碳纳米管线材的连接结构体

[0101] 10 碳纳米管线材

[0102] 30 导线

[0103] 31 贯通部

[0104] 41 焊料

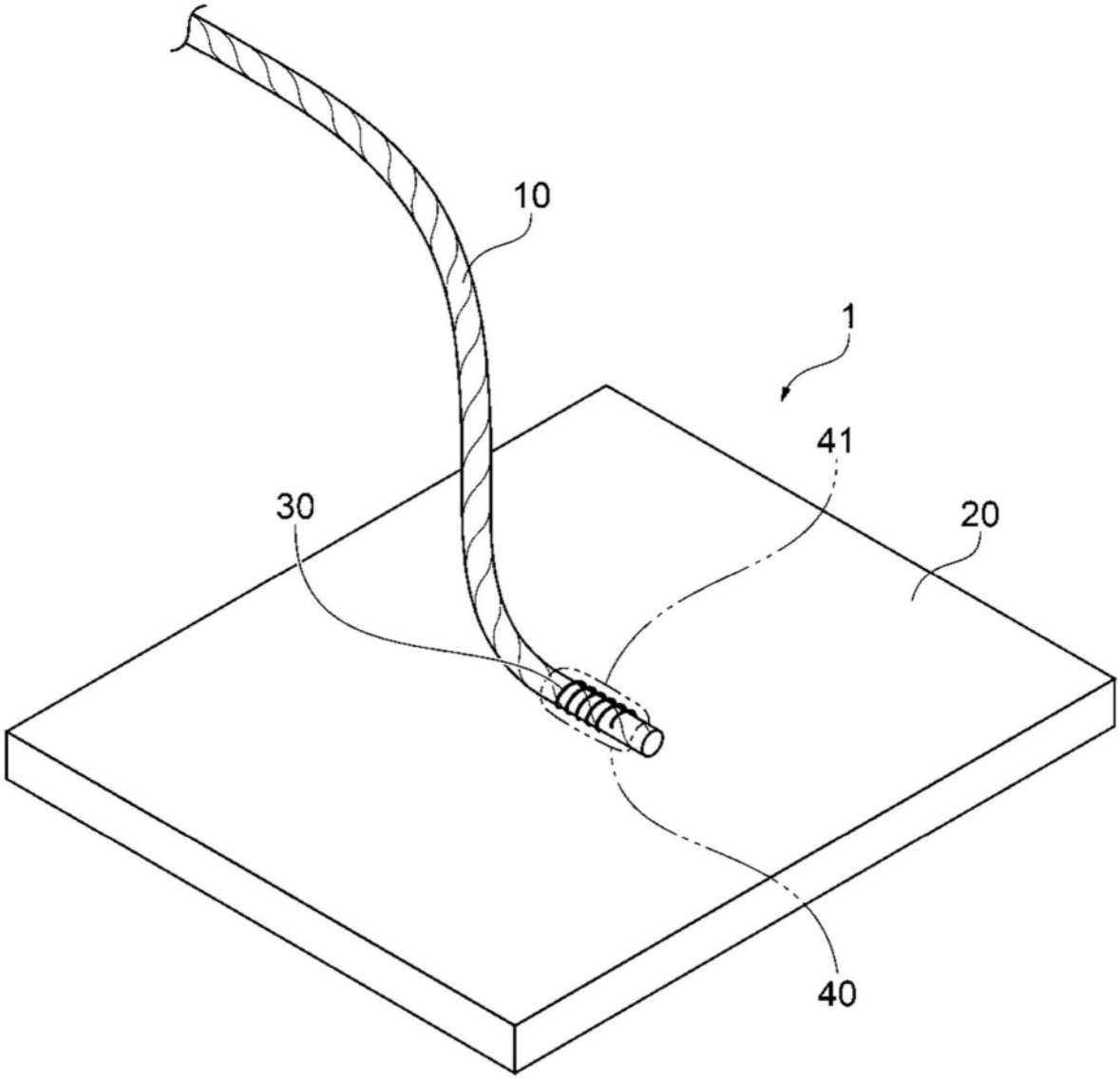


图1

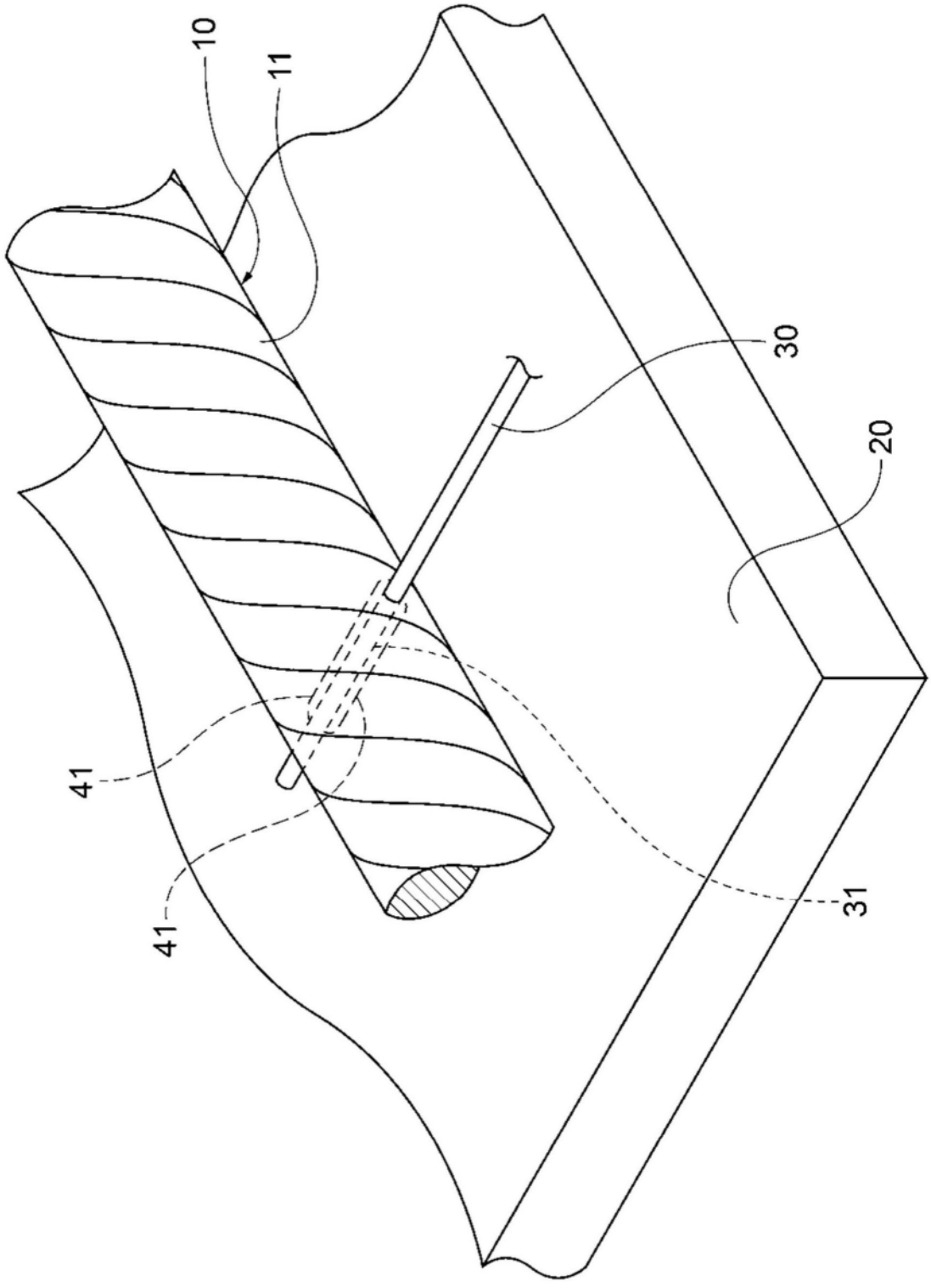


图2

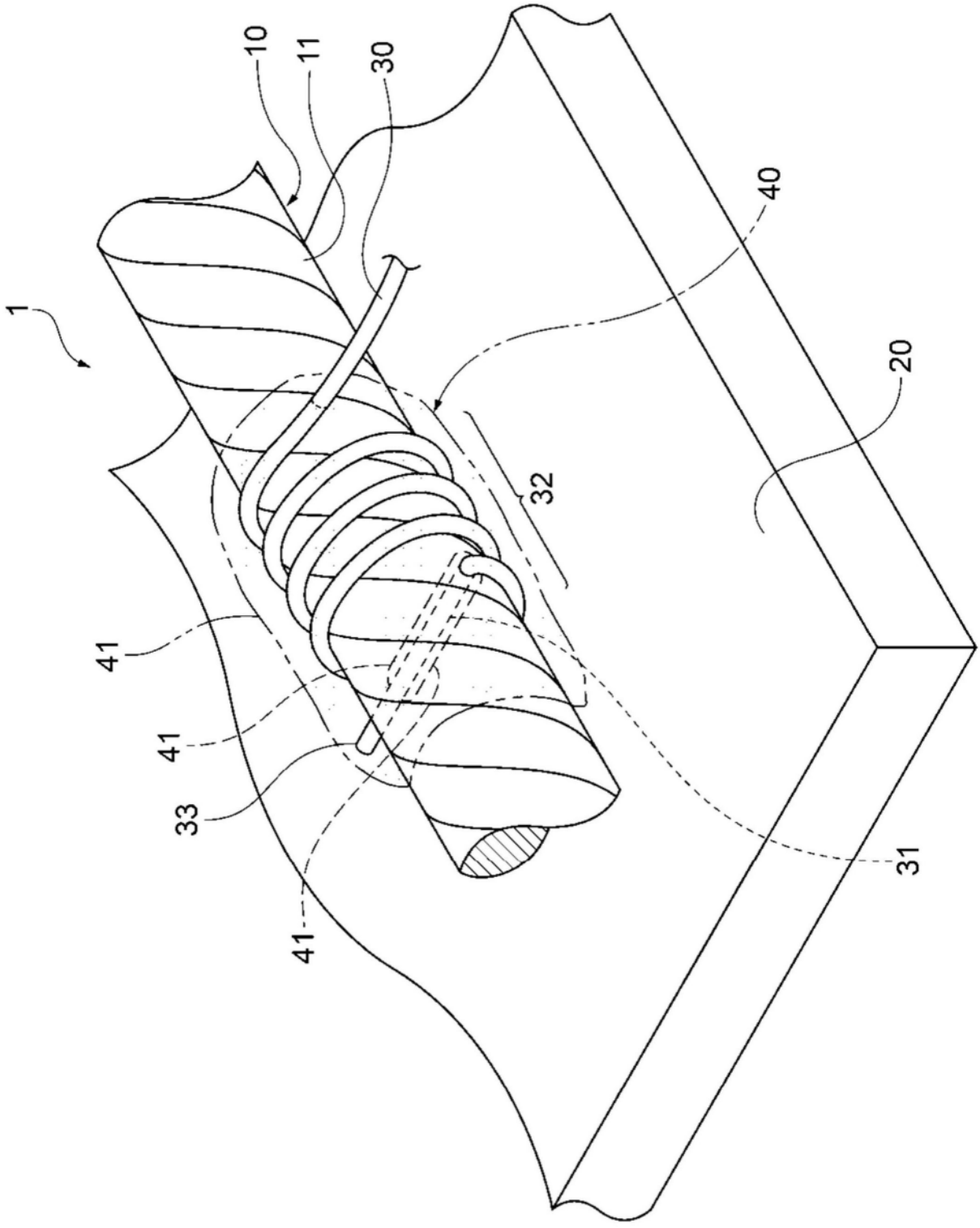


图3

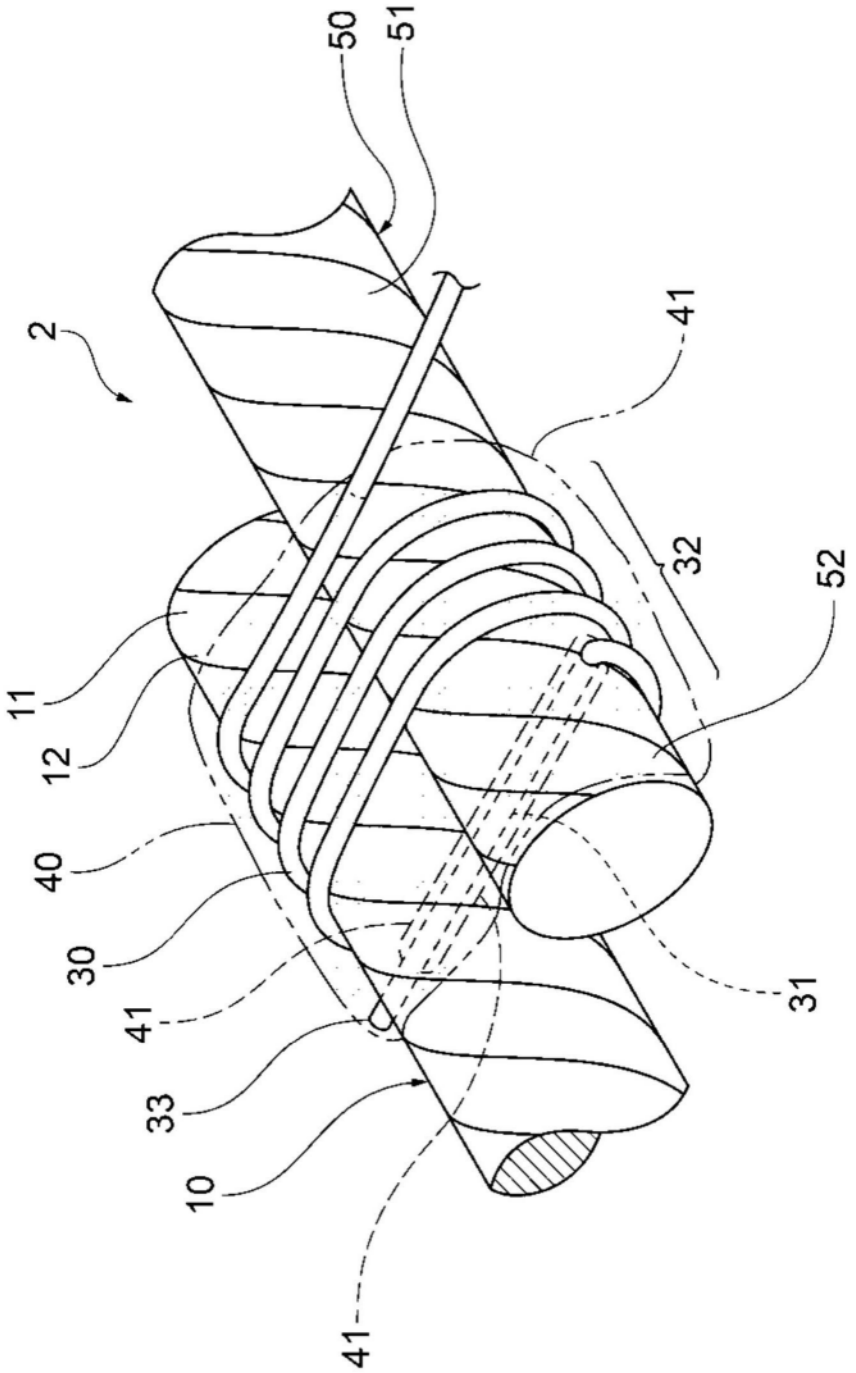


图4

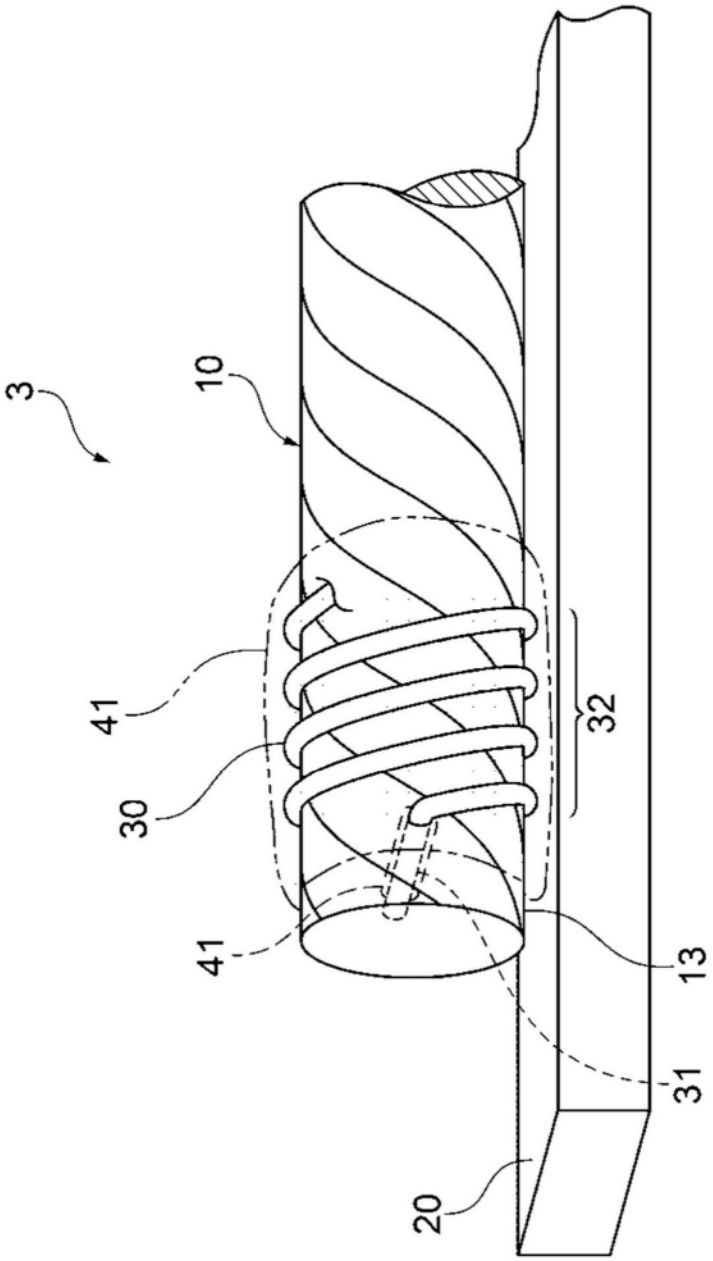


图5