



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105378858 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201480010726. 1

H01B 9/02(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 02. 25

(30) 优先权数据

61/777021 2013. 03. 12 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 08. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/018317 2014. 02. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/158570 EN 2014. 10. 02

(71) 申请人 陶氏环球技术有限责任公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 T·J·珀森

(74) 专利代理机构 北京坤瑞律师事务所 11494

代理人 吴培善

(51) Int. Cl.

H01B 13/14(2006. 01)

H01B 7/02(2006. 01)

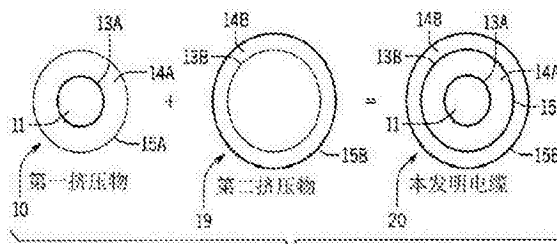
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

具有厚绝缘层的电力电缆和其制造方法

(57) 摘要

一种电力电缆,其包含:(A) 导体,(B) 接触所述导体的第一半导体;(C) 接触所述第一半导体的第一绝缘层;(D) 接触所述第一绝缘层的第二半导体层;(E) 接触所述第二半导体层的第三半导体层;(F) 接触所述第三半导体层的第二绝缘层;以及(G) 接触所述第二绝缘层的第四半导体层。



1. 一种制造包含导体、半导体层以及绝缘层的电力电缆的方法,所述方法包含以下步骤:

(A) 围绕所述导体挤压位于第一和第二半导体层之间的第一绝缘层以制造包含以下的内部电力电缆:

- (1) 所述导体,所述导体接触
- (2) 第一半导体层,所述第一半导体层还接触
- (3) 第一绝缘层,所述第一绝缘层还接触
- (4) 第二半导体层,以及

(B) 围绕所述内部电力电缆挤压位于第三和第四半导体层之间的第二绝缘层以制造包含所述内部电力电缆的所述电力电缆,其中所述第二半导体层接触:

- (5) 所述第三半导体层,所述第三半导体层还接触
- (6) 所述第二绝缘层,所述第二绝缘层还接触
- (7) 所述第四半导体层。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在围绕所述内部电力电缆挤压所述第二绝缘层之前所述内部电力电缆的所述第一绝缘层经受自由基促进的交联。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在围绕所述内部电力电缆挤压所述第二绝缘层之前所述内部电力电缆的所述第一绝缘层经受湿气促进的交联。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在制造所述内部电力电缆与围绕所述内部电力电缆挤压所述第二绝缘层之间经过一或多天。

5. 一种电力电缆,其包含:

(A) 具有外部端面表面的导体,
(B) 具有第一和第二端面表面的第一半导体层,所述第一半导体层的所述第一端面表面接触所述导体的所述外部端面表面;

(C) 具有第一和第二端面表面的第一绝缘层,所述第一绝缘层的所述第一端面表面接触所述第一半导体的所述第二端面表面;

(D) 具有第一和第二端面表面的第二半导体层,所述第二半导体层的所述第一端面表面接触所述第一绝缘层的所述第二端面表面;

(E) 具有第一和第二端面表面的第三半导体层,所述第三半导体层的所述第一端面表面接触所述第二半导体层的所述第二端面表面;

(F) 具有第一和第二端面表面的第二绝缘层,所述第二绝缘层的所述第一端面表面接触所述第三半导体层的所述第二端面表面;以及

(G) 具有第一和第二端面表面的第四半导体层,所述第四半导体层的所述第一端面表面接触所述第二绝缘层的所述第二端面表面。

6. 根据权利要求 5 所述的电力电缆,其中所述第一和第二绝缘层的组合厚度等于或大于 9mm。

7. 根据权利要求 6 所述的电力电缆,其中所述第二和第三半导体层的组合厚度是 0.4mm 到 1.5mm。

8. 根据权利要求 7 所述的电力电缆,其中所述第一和第二绝缘层的组成相同。

具有厚绝缘层的电力电缆和其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电缆。在一个方面中,本发明涉及包含厚绝缘层的电力电缆,而在另一个方面中,本发明涉及一种制造具有厚绝缘层的电力电缆的方法。

背景技术

[0002] 挤压式高压电缆利用厚绝缘层以确保可靠使用寿命。这类电缆设计在电缆制造中产生挑战,包括以下:i) 足够长的硫化过程以确保内部绝缘层的充分交联,ii) 足够冷却过程以冷却电缆从而使得能够卷取,iii) 控制冷却以使造成导体从绝缘层“向后收缩”的纵向应力最小化,iv) 在一些制造配置中电缆定心的困难,在所述配置中厚壁电缆设计经受导致导体周围的熔融绝缘材料下垂的重力,v) 需要较长脱气时间以经由通过厚绝缘层的扩散过程移出交联副产物,以及vi) 适用于高压电缆制造的电缆线路的可用性受限制。

[0003] 现有技术水平的电缆制造方法涉及在两个半导体(屏蔽)层之间以同心方式围绕导体真正三层挤压绝缘层。这一方法在绝缘材料和周围材料之间提供光滑界面并且避免在多步方法中引入污染物。但是,对于厚绝缘层,热诱导的交联和将交联副产物随后抽空或脱气导致低生产率。

[0004] 尽管已知在多个步骤中挤压绝缘层的潜能,但无参考文献建议由高导电性和/或介电常数的中间层分离的多挤压绝缘层。在不存在此类中间层的情况下层的多重性使得有可能在配合绝缘层之间引入污染物或空隙,其将不利地影响电缆可靠性。此外,因为在多个步骤中挤压绝缘层将需要步骤相对快速连续进行以使得可以应用第二半导体层以允许收集和储存电缆,所以归因于固化较薄层的交联和脱气时间减少的优势丢失,因为绝缘层正如同其在单一步骤中挤压一样厚。另外,在单道次方法中使用多个挤压层将需要现有制造方法安装额外挤压机,以试图获得目前在现有技术水平的真正三层方法中获得的品质。

发明内容

[0005] 在一个实施例中,本发明是一种制造包含导体、半导体层以及绝缘层的电力电缆的方法,所述方法包含以下步骤:

[0006] (A) 围绕所述导体挤压位于第一和第二半导体层之间的第一绝缘层以制造包含以下的内部电力电缆:

[0007] (1) 所述导体,所述导体接触

[0008] (2) 第一半导体层,所述第一半导体层还接触

[0009] (3) 第一绝缘层,所述第一绝缘层还接触

[0010] (4) 第二半导体层,以及

[0011] (B) 围绕所述内部电力电缆挤压位于第三和第四半导体层之间的第二绝缘层以制造包含所述内部电力电缆的所述电力电缆,其中所述第二半导体层接触:

[0012] (5) 所述第三半导体层,所述第三半导体层还接触

[0013] (6) 所述第二绝缘层,所述第二绝缘层还接触

[0014] (7) 所述第四半导体层。

[0015] 在一个实施例中,本发明是一种包含以下的电力电缆:

[0016] (A) 具有外部端面表面的导体,

[0017] (B) 具有第一和第二端面表面的第一半导体层,所述第一半导体层的所述第一端面表面接触所述导体的所述外部端面表面;

[0018] (C) 具有第一和第二端面表面的第一绝缘层,所述第一绝缘层的所述第一端面表面接触所述第一半导体的所述第二端面表面;

[0019] (D) 具有第一和第二端面表面的第二半导体层,所述第二半导体层的所述第一端面表面接触所述第一绝缘层的所述第二端面表面;

[0020] (E) 具有第一和第二端面表面的第三半导体层,所述第三半导体层的所述第一端面表面接触所述第二半导体层的所述第二端面表面;

[0021] (F) 具有第一和第二端面表面的第二绝缘层,所述第二绝缘层的所述第一端面表面接触所述第三半导体层的所述第二端面表面;以及

[0022] (G) 具有第一和第二端面表面的第四半导体层,所述第四半导体层的所述第一端面表面接触所述第二绝缘层的所述第二端面表面。

[0023] 在一个实施例中,第一和第二道次都是三层挤压物。本发明的方法允许两个道次用相同设备进行,并且维持良好品质界面。中间(第二和第三)半导体层提供高导电性或介电常数的屏障,并且其以可以避免应力集中的方式囊封任何潜在污染物。换句话说,当第三半导体层施加到第二半导体层上时,可能积聚在第二半导体层上的任何污染物被截留在第二和第三半导体层之间。

附图说明

[0024] 图 1 是制造本发明内部电力电缆的方法的一个实施例的示意性说明。

[0025] 图 2 是本发明的内部电力电缆的一个实施例的示意性说明。

[0026] 图 3 是在内部电力电缆上方挤压第三和第四半导体层和第二绝缘层的一个实施例的示意性说明。

[0027] 图 4 是本发明的电力电缆的一个实施例的示意性说明。

[0028] 图 5 是呈分解形式的本发明电力电缆的组件部分的示意性说明。

具体实施方式

[0029] 定义

[0030] 除非相反地陈述,从上下文暗示或本领域惯用的,否则所有份数和百分比都以重量计,并且所有测试方法都是到本发明的提交日为止的现行方法。出于美国专利实践的目的,任何所参考的专利、专利申请或公开的内容都以全文引用的方式并入(或其等效美国版本如此以引用的方式并入),尤其在所属领域中的定义(在不会与本发明具体提供的任何定义不一致的程度上)和常识的公开方面。

[0031] 除非另外指示,否则本发明中的数字范围是近似值,并且因此可以包括在所述范围外的值。数字范围包括来自并且包括下限值和上限值、以一个单位递增的全部值,其限制条件是任何较低值和任何较高值之间存在至少两个单位的间隔。举例来说,如果组成特性、

物理特性或其他特性（如温度）是从 100 到 1,000，那么明确列举全部个别值（如 100、101、102 等）和子范围（如 100 到 144、155 到 170、197 到 200 等）。对于含有小于一的值或含有大于一的分数（例如 1.1、1.5 等）的范围，一个单位按需要被视为 0.0001、0.001、0.01 或 0.1。对于含有小于十的个位数（例如 1 到 5）的范围，一个单位典型地被视为 0.1。这些仅是特别预期的实例，并且所列举的最低值与最高值之间的数值的所有可能组合将被视为明确陈述在本发明中。本发明内尤其提供各种电力电缆层的厚度的数值范围。

[0032] “包含”、“包括”、“具有”和类似术语意味着组合物、方法等不限于所公开的组分、步骤等，而是相反地可以包括其它未公开的组分、步骤等。相比之下，术语“基本上由……组成”从任何组合物、方法等的范围排除除了对组合物、方法等的性能、可操作性等等并非必需的那些组分、步骤等之外的任何其它组分、步骤等。术语“由……组成”从组合物、方法等排除并未具体公开的任何组分、步骤等。除非另外说明，否则术语“或”是指单独以及呈任何组合形式的所公开的成员。

[0033] “电缆”、“电力电缆”和类似术语意味着保护性夹套或护套内的至少一个导电线或光纤。典型地，电缆是典型地在常见保护性夹套或护套中粘结在一起的两个或更多个电线或光纤。个别电线或光纤可以裸露或经覆盖。保护性夹套或护套可以包含一或多个半导体层和 / 或绝缘层和 / 或金属带和 / 或外部涂层。组合电缆可以含有电线和光纤两者。电缆等可以经设计用于低、中、高或超高压应用。典型电缆设计说明于 USP 5,246,783、6,496,629 以及 6,714,707 中。

[0034] “端面表面”、“平坦表面”、“顶表面”、“底表面”等等与“边缘表面”区别使用。如果形状或配置是矩形，那么物件（例如薄片或膜）将包含通过四个边缘表面（两对相对的边缘表面，每对以直角与另一对相交）接合的两个相对端面表面。如果配置是圆形，那么物件将包含通过一个连续边缘表面接合的两个相对端面表面。在电缆的情况下，层的形状是圆柱形并且因此，内部和外部或第一和第二端面表面弯曲。

[0035] “层 (Layer)”意味着铺展开或覆盖表面的单一层 (thickness)、涂层或层 (stratum)。

[0036] “多层”意味着其中相邻层彼此接触的两个或更多个层。

[0037] 导体

[0038] 导体是电缆的核心。其是第一半导体层围绕其处于缠绕和接触的电缆组件，并且其可以包含单一导电线或一捆导电线。这些电线典型地是金属，优选地是铜或铝。在电力传输铝导体 / 钢加强 (ACSR) 电缆中，铝导体 / 铝加强 (ACAR) 电缆或铝电缆是典型的。如果导体包含一捆电线，那么个别电线可以用任何适合的粘结或灌封材料（例如环氧树脂）粘结在一起。

[0039] 在一个实施例中，导体包含光纤。

[0040] 半导体和绝缘层的化学组成

[0041] 半导体和绝缘层的组成对于本发明不至关重要并且因此可以广泛变化并且由实际上任何聚合物，最典型地可交联热塑性聚合物制成。这些聚合物在所属领域中是众所周知的并且在一些实施例中，半导体和绝缘层由相同聚合物制成，其中层的不同仅在于存在或不存在导电填充剂，例如导电碳黑、金属颗粒等等。聚合物可以任何适宜方式交联，但典型地是过氧化物和 / 或湿固化。

[0042] 适合聚合物的非限制性实例包括苯乙烯类嵌段共聚物（例如 SEBS）、基于乙烯的弹性体 / 塑性体（例如，ENGAGE™和阿菲尼提（AFFINITY）基于乙烯的共聚物）、乙烯嵌段共聚物（OBC）（例如，INFUSE™9507 或 9100 OBC）以及基于丙烯的塑性体和弹性体（例如 VERSIFY™3300 和 4200）。适用于本发明的实践的其它 TPE 聚合物尤其包括例如（但不限于）热塑性氨基甲酸酯（TPU）、乙烯 / 乙酸乙烯酯（EVA）共聚物（例如，ELVAX 40L-03（40% VA, 3MI）（杜邦（DuPont））、乙烯 / 丙烯酸乙酯（EEA）共聚物（例如安普利（AMPLIFY））和乙烯丙烯酸（EAA）共聚物（例如百马（PRIMACOR））（陶氏化学公司（The Dow Chemical Company））、聚氯乙烯（PVC）、环氧树脂、苯乙烯丙烯腈（SAN）橡胶以及 Noryl Noryl® 改性 PPE 树脂（SABIC 的聚苯醚（PPO）与聚苯乙烯（PS）的非晶形掺合物）。还适用的是烯烃弹性体，包括例如极低密度聚乙烯（VLDPE）（例如 FLEXOMER® 乙烯 / 1-己烯聚乙烯，陶氏化学公司）、均匀支化、线性乙烯 / α -烯烃共聚物（例如，三井石油化学株式会社（Mitsui Petrochemicals Company Limited）的 TAFMER® 和德克斯普拉斯特默斯（DEXPlastomers）的 EXACT®）以及均匀支化、实质上线性乙烯 / α -烯烃聚合物（例如，AFFINITY® 乙烯-辛烯塑性体（例如 EG8200（PE））和 ENGAGE® 聚烯烃弹性体，陶氏化学公司）。实质上线性乙烯共聚物更全面描述于 USP 5, 272, 236、5, 278, 272 以及 5, 986, 028 中。

[0043] 适用于本发明的额外烯烃互聚物包括非均匀支化的基于乙烯的互聚物，包括（但不限于）线性中密度聚乙烯（LMDPE）、线性低密度聚乙烯（LLDPE）以及超低密度聚乙烯（ULDPE）。市售聚合物包括 DOWLEXTM 聚合物、ATTANE™ 聚合物、FLEXOMER™、HPDE 3364 和 HPDE 8007 聚合物（陶氏化学公司）、ESCORENE™ 和 EXCEED™ 聚合物（埃克森美孚化学公司（Exxon Mobil Chemical））。适合 TPU 的非限制性实例包括 PELLETHANE™ 弹性体（路博润公司（Lubrizol Corp.）（例如 TPU 2103-90A）；ESTANE™、TECOFLEX™、CARBOTHANE™、TECOPHILIC™、TECOPLAST™ 以及 TECOTHANE™（诺誉（Noveon））；ELASTOLLAN™ 等（巴斯夫（BASF）），和可购自拜耳（Bayer）、亨茨曼（Huntsman）、路博润公司以及麦金莎（Merquinsa）的市售 TPU。

[0044] 层可以并且通常确实含有一或多种添加剂，包括（但不限于）加工助剂、填充剂、交联剂、交联助剂、偶合剂、紫外线吸收剂或稳定剂、抗静电剂、成核剂、助滑剂、塑化剂、润滑剂、粘度控制剂、增粘剂、防结块剂、表面活性剂、增量油、除酸剂以及金属钝化剂。除填充剂外的添加剂典型地以按组合物的重量计 0.01wt% 或更少到 10wt% 或更多的范围内的量使用。填充剂一般以更大量添加，但所述量按组合物的重量计可以在低到 0.01wt% 或更少到 50wt% 或更多的范围内。填充剂的实例包括（但不限于）粘土、沉淀二氧化硅和硅酸盐、烟雾状二氧化硅、碳酸钙、研磨矿物以及典型算术平均粒径大于 15 纳米的碳黑。导电添加剂和填充剂（例如在填充组合物中产生小于 1,000 欧姆 / 米（ohm-m）的导电率的那些）典型地用于半导体层中，并且非导电性或导电性不佳的添加剂和填充剂（例如产生不少于 10^8 ohm-m 的绝缘体积电阻率的那些）典型地用于绝缘层中。

[0045] 混合和制造

[0046] 电缆层材料的混合可以通过所属领域的技术人员已知的标准设备来实现。混合设备的实例是内部分批混合器，如 Banbury™ 或 Bolling™ 内部混合器。或者，可以使用连续单螺杆或双螺杆混合器，如 Farrel™ 连续混合器、Werner and Pfleiderer™ 双螺杆混合器或

Buss™捏合连续挤压机。

[0047] 含有半导体和绝缘层的电缆可以用不同类型的挤压机（例如单螺杆或双螺杆型）制备。常规挤压机的描述可以见于 USP 4,857,600 中。共挤压和因此挤压机的实例可以见于 USP 5,575,965 中。典型挤压机在其上游端具有漏斗并且在其下游端下具有模。漏斗馈送到含有螺杆的圆筒中。在下游端，在螺杆末端与模之间，存在过滤网组合和多孔板。挤压机的螺杆部分被视为分成三个部分，馈送部分、压缩部分以及计量部分，和两个区，后加热区和前加热区，所述部分和区从上游延伸到下游。在替代方案中，沿着从上游延伸到下游的轴可以存在多个加热区（两个以上）。如果其具有一个以上圆管，那么圆筒串联连接。每个圆管的长度与直径比在约 15 : 1 到约 30 : 1 的范围内。在其中层在挤压之后交联的电线涂层中，电缆通常立即传送到挤压模下游的加热硫化区中。加热固化区可以维持在约 200°C 到约 350°C 范围内，优选地约 170°C 到约 250°C 范围内的温度下。加热区可以通过加压蒸汽或感应加热的加压氮气来加热。

[0048] 制造方法

[0049] 图 1 描述内部电力电缆 10（图 2）的制造的一个实施例。导体 11 馈送到三层挤压模 12，其中第一半导体层、第一绝缘层以及第二半导体层以同心方式施加到所述挤压模。三层挤压是一种已知方法，并且其中每一层同时或接近同时施加，以使得第一半导体层施加在导体上方并且接触导体，第一绝缘层施加在第一半导体层上方并且接触第一半导体层，并且第二半导体层施加在第一绝缘层上方并且接触第一绝缘层。第一半导体层从挤压机 13 馈送到模 12，第一绝缘层从挤压机 14 馈送到模 12，并且第二半导体层从挤压机 15 馈送到模 12。

[0050] 内部电力电缆 10 穿过其中各种层交联（部分或完全取决于个别层的组成）的连续硫化（CV）管 16，穿过冷却站 17，并且最终到卷带盘 18。取决于导体、各种层的化学组成以及电缆的物理构造（例如层厚度），在一些实施例中，这一内部电力电缆可以充当低压或中压电缆。如图 2 中所见，内部电力电缆 10 包含导体 11（这里显示为一捆电线）、第一半导体层 13A、第一绝缘层 14A 以及第二半导体层 15A。所述层围绕导体 11 以同心圆布置。

[0051] 在另一个实施例中，内部电力电缆通过首先在导体上方挤压第一半导体层，然后在第一半导体层上方挤压第一绝缘层，并且然后在第一半导体层上方挤压第二半导体层来制造。在一些实施例中，每一层在施加下一层之前至少部分固化。在一个实施例中，第一半导体层和第一绝缘层在施加第二半导体层之前同时或接近同时施加。在一个实施例中，第一绝缘层和第二半导体层同时或接近同时在第一半导体层上方施加。三层挤压是将三个层施加到导体的优选方法。

[0052] 第三和第四半导体层和第二绝缘层然后以与将其对应部分施加到导体相同的方式施加到内部电力电缆。实际上，如图 3 中所示，用于构造内部电力电缆 10 的同一设备可以用于完成电力电缆 20 的构造（图 5）。在这个实例中，内部电力电缆 10 替代导体 11，并且挤压机 13 用变成第三半导体层 13B 的组合物馈给模 12，挤压机 14 用变成第二绝缘 14B 的组合物馈给模 12，并且挤压机 15 用变成第四半导体 15B 的组合物馈给模 12。或者，变成层 13B、14B 以及 15B 的组合物可以单独或与变成如上文所描述的相邻层的组合物组合施加。

[0053] 图 4 和 5 示意性地显示电力电缆 20 的构造。第一挤压道次构造内部电力电缆 10，并且第二挤压道次施加第二挤压涂层 19。这两个构造的组合是电力电缆 20。

[0054] 本发明的方法允许构造具有厚绝缘（即，总厚度是 9 毫米（mm）或更多）的电力电缆。“总厚度”意味着电缆中每个绝缘层的厚度的总和。每个绝缘层的厚度可以相同或不同。

[0055] 出于以下原因中的一种或多种，具有单一厚绝缘层的电力电缆难以制造：(i) 其需要足够长硫化过程以确保内部绝缘层的充分交联，(ii) 电缆需要足够冷却以使得能够卷取，(iii) 需要控制冷却以使可以造成绝缘层从导体向后收缩的纵向应力最小化，(iv) 在一些制造配置中电缆定心的困难，在所述配置中厚壁电缆设计经受导致导体周围的熔融绝缘材料下垂的重力，(v) 需要较长脱气时间以经由通过厚绝缘层的扩散移出交联副产物，以及 (vi) 适用于高压电缆制造的电缆线路的可用性受限制。为了避免这些问题中的一些，可以在多个道次中施加绝缘层，但这可以导致污染物在绝缘层之间滞留。

[0056] 本发明的方法可以产生具有适用于高压应用的总绝缘厚度的电力电缆并且避免这些困难中的一些或全部。这一新颖方法和电缆设计采用通过共挤压和交联生产线的多个生产道次，在所述生产线中由于固化和冷却的限制减少，瞬时线速可以显著增加。向后收缩和下垂显著减少，因为第二道次上的内部电力电缆已经冷却。另外，这一多步方法可以适用于使用目前用于中压电缆的设备的高压电缆。

[0057] 这一新颖电缆设计还在两个绝缘层之间采用半导体或场分级层。这一中间半导体/场分级层通过囊封在生产内部电力电缆期间可能已经引入在第二半导体层表面上的任何污染物来帮助电缆满足严格的性能测量。此外，这一新颖方法和电缆设计可能通过线速度增加在较大连续硫化（CV）线上增加制造方法宽容度和释放容量（可以在中压 CV 线上制造较小核心）。这些益处应该也延伸到超高压电缆制造中。

[0058] 本发明的另一个潜在益处是在内部和外部绝缘层中利用不同绝缘类型的能力。这不仅可以意味着极高品质（最清洁并且最昂贵）材料仅用于内（最高应力）层，价格低廉的材料在外层中，其还提供在外层中引入更柔性或填充绝缘层作为增加电缆柔性的方式的机会。当然，尽管已关于由半导体层分离的两个绝缘层描述本发明，但可以重复所述方法以产生具有三个或更多个绝缘层的电力电缆，每一层由半导体层分离。此外，尽管已关于电力电缆描述本发明，其还可用于制造其它电缆，例如低压和中压电缆、纤维光缆等。

[0059] 本发明的电缆的半导体和绝缘层的相对厚度可以根据便利性而变化，但典型地每个半导体层比每个绝缘层窄或厚度比每个绝缘层小。每个半导体层典型地（但不必）是类似厚度，例如 0.2mm 到 1.5mm，更典型地 0.4mm 到 1mm，尽管可以认为第二和第三半导体层有效（如果不是物理地）（可以在两层之间存在界面）形成具有两个个别层的组合厚度（例如 0.4 到 3mm）的合并层。当然，第二和第三半导体层可以第一和第四半导体层厚度的一半或更小施加以形成厚度与第一和第四半导体层大致相同或较小的组合中间层，第二和第三半导体层的组合厚度典型地是 0.4mm 到 1.5mm，或 0.4mm 到 1mm。如果厚度比第一和第四半导体层大，那么相对于这些其它两个半导体层，组合的第二和第三半导体层将具有高导电率和/或介电常数。每个绝缘层也典型地（但不必）与另一个（其它）绝缘层厚度相同。

[0060] 本发明的方法的另一个优势是内部电力电缆可以立即加工成高压电缆，即再次穿过三层挤压生产线，或其可以在相同或不同线上或就此而言在完全不同位置储存一或多天用于随后加工。

[0061] 在一个实施例中，绝缘层经自由基（例如过氧化物）固化并且因此如图 1 和 3 中

所描述经受连续硫化以热活化交联剂。在一个实施例中,绝缘材料经湿固化,并且图 1 和 3 中所描述的连续硫化管用蒸汽浴或类似处理(未示出)替换以促进水扩散到绝缘层中,或仅仅允许在环境条件下固化。对于湿固化组合物,组合物组分中的一或多个者典型地含有硅烷或类似官能团。

[0062] 尽管已用特定细节描述本发明,但这一细节主要为了说明。所属领域的技术人员可以在不脱离如随附权利要求书中所描述的本发明的精神和范围的情况下进行许多变化和修改。

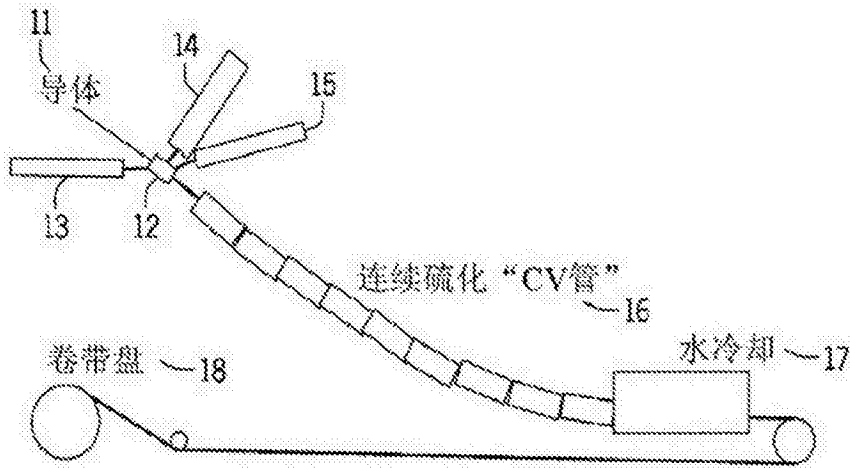


图 1

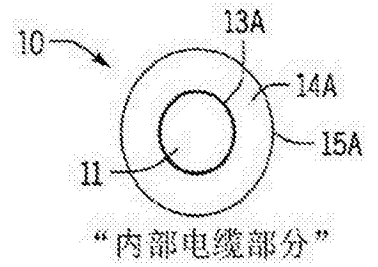


图 2

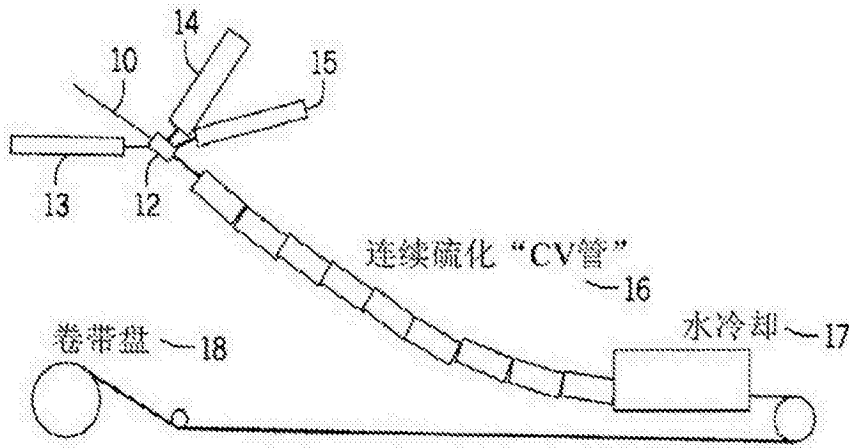


图 3

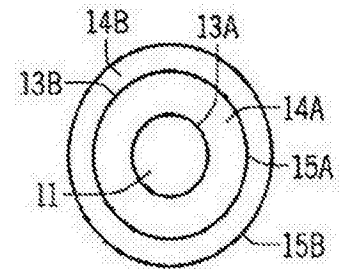


图 4

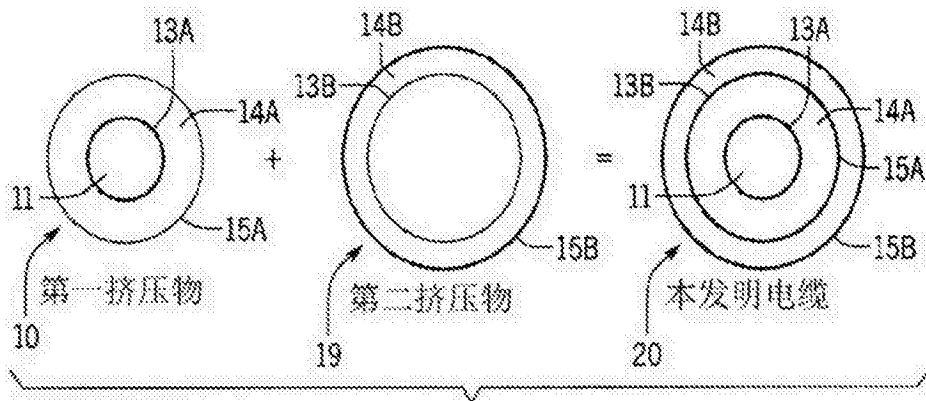


图 5