

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01B 7/42

H01B 11/22



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98809454.1

[45] 授权公告日 2004 年 6 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1155970C

[22] 申请日 1998.7.29 [21] 申请号 98809454.1

[30] 优先权

[32] 1997. 7. 29 [33] US [31] 60/054076

[32] 1998. 4. 30 [33] US [31] 60/084200

[32] 1998. 5. 12 [33] US [31] 60/085195

[86] 国际申请 PCT/US1998/015642 1998.7.29

[87] 国际公布 WO1999/007002 英 1999.2.11

[85] 进入国家阶段日期 2000.3.29

[71] 专利权人 卡姆辛技术有限公司

地址 美国内华达州

[72] 发明人 J·A·泰勒 M·A·科特

审查员 韩 伟

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 陈 霁 张志醒

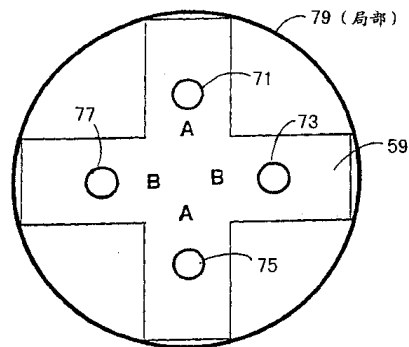
权利要求书 4 页 说明书 48 页 附图 23 页

[54] 发明名称 电气最优化的“最后一英里”复合  
电信线缆系统

[57] 摘要

提供了一个线缆系统，该系统能够包容电气和光的线缆铺设。系统的导线(71、73、75 和 79)采用和空隙阻抗匹配从而减少它们受电磁干扰的横截面的层(79)。系统还采用了层(79)，该层将电磁干扰信号对称化，从而降低干扰和串音对导线所携带信号的影响。系统还包括用以连接到全局电气和光纤的网络的节点接口器件。节点接口器件经线缆连接到用户接口器件。

四芯环形中心支持件  
比例 10 X



ISSN 1008-4274

1. 具有中心轴和一定长度的四芯线组电信号线缆，它包括：
- 5 a) 具有相等的长度在所述线缆内沿纵向放置的四根电导线，所述四根电导线关联成两对，每对两根导线；
- b) 放置在所述线缆内并沿着所述线缆长度的部分延伸的定位器，所述定位器由绝缘的材料形成；
- 10 c) 所述两对导线由所述定位器布置在线缆内，使得所述导线占据着距所述中心轴等距离的径向位置，一对导线的每个导线占据的位置和该对导线的另一导线所在位置在直径上相对，所述导线对彼此相对成 90 度的夹角并且进一步在所述线缆长度的部分各处都有螺旋形的扭曲，由此在所述线缆的所述长度始终形成有呈螺旋形且正交的电信号通路；
- d) 使得构成所述定位器的材料是从可热模制的塑性材料组中选出来的，它们具有足够低的介电常数和低介电损耗；
- 15 e) 所述定位器以所述中心轴为中心，并且其外径数值是从所述中心轴到所述导线的径向最外部的径向距离的两倍以上；
- 使得所述定位器包括沿所述线缆的所述长度延伸的四个纵向绝缘和定位构件，每个构件包括至少两个孔隙，每个孔隙置于两个相应的径向表面上，并且使得四个构件的连接把所述四根导线保持在由八个所述孔隙的成对结合而形成的一组四个空隙的相应孔隙中。
- 20 2. 如权利要求 1 所述的线缆，其特征在于，所述螺旋形扭曲具有每英尺在 1 圈和 3 圈之间的螺旋性。
3. 如权利要求 1 所述的线缆，其特征在于，所述螺旋形扭曲具有每英尺 2 圈的螺旋性。
- 25 4. 如权利要求 1 所述的线缆，其特征在于，所述定位器是四重对称的。
5. 如权利要求 3 所述的线缆，其特征在于，所述定位器的横截面呈十字形。
6. 如权利要求 1 所述的线缆，其特征在于，所述定位器是两重对称

的。

7. 如权利要求 1 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器是八重对称的。

5 8. 如权利要求 7 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器材料的介电常数在 4 以下。

9. 如权利要求 7 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器材料的介电损耗的损耗正切在高达 1GHz 的频段上小于低于 0.1 的数值。

10. 如权利要求 1 所述的线缆, 其特征在于, 所述四个空隙各自都是圆形的。

10 11. 如权利要求 1 所述的线缆, 其特征在于, 它还包括: 围绕所述定位器的对称化器, 使得所述定位器包括沿所述线缆的所述长度延伸的四个纵向相同的绝缘和定位构件, 每个包括至少两个孔隙, 每个孔隙置于两个各自的径向表面上, 并且使得四个构件的连接把所述四根导线保持在由八个所述孔隙的成对结合而形成的一组四个空隙的相应孔隙中。

15 12. 如权利要求 11 所述的线缆, 其特征在于, 所述螺旋形扭曲具有每英尺在 1 圈和 3 圈之间的螺旋性。

13. 如权利要求 11 所述的线缆, 其特征在于, 所述螺旋形扭曲具有每英尺 2 圈的螺旋性。

20 14. 如权利要求 11 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器是四重对称的。

15. 如权利要求 14 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器的横截面呈十字形。

16. 如权利要求 11 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器材料的介电常数在 4 以下。

25 17. 如权利要求 11 所述的线缆, 其特征在于, 所述定位器材料的介电损耗在高达 1GHz 的频段上小于数值低于 0.1 的损耗正切。

18. 如权利要求 11 所述的线缆, 其特征在于, 所述四个空隙各自都是圆形的。

19. 如权利要求 12 所述的线缆, 其特征在于, 所述对称化器包括一

个外层和一个内层，该外层用于使入射电磁干扰能量减少，而内层则是为了使传输通过外层的入射电磁干扰能量所引起的场对称。

20. 如权利要求 19 所述的线缆，其特征在于，所述外层包括传导性材料。

5 21. 如权利要求 19 所述的线缆，其特征在于，所述内层包括铁氧体。

22. 如权利要求 1 所述的线缆，其特征在于，它还包括：围绕所述定位器的对称化器，使得所述定位器包括延伸所述线缆的所述长度的四个纵向绝缘和定位构件，每个这样的纵向构件至少包括一个在径向表面上的凸起和在其相对径向表面上的一个相应互锁凹槽，每个径向表面有一个孔隙，并且使得四个构件的连接把所述四根导线保持在由八个所述孔隙的成对结合而形成的一组四个空隙的相应孔隙中。

10 23. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述螺旋形扭曲具有每英尺在 1 圈和 3 圈之间的螺旋性。

24. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述螺旋形扭曲具有每英尺 2 圈的螺旋性。

25. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述定位器是四重对称的。

26. 如权利要求 25 所述的线缆，其特征在于，所述定位器的横截面呈十字形。

20 27. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述定位器是两重对称的。

28. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述定位器是八重对称的。

25 29. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述定位器材料的介电常数在 4 以下。

30. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述定位器材料的介电损耗在 1GHz 的频段上小于数值低于 0.1 的损耗正切。

31. 如权利要求 22 所述的线缆，其特征在于，所述四个空隙各自都是圆形的。

32. 如权利要求 22 所述的线缆, 其特征在于, 所述对称化器包括一个外层和一个内层, 该外层用于使入射电磁干扰能量衰减, 而内层则是为了使传输通过外层的入射电磁干扰能量所引起的场对称。

5 33. 如权利要求 32 所述的线缆, 其特征在于, 所述外层包括传导性材料。

34. 如权利要求 32 所述的线缆, 其特征在于, 所述内层包括铁氧体。

## 电气最优化的“最后一英里”复合电信线缆系统

5           本发明的开发没有得到任何美国联邦计划的支持，因此美国政府对本  
发明不享有权利。

          共同发明人: Mitchell A. Cotter 和 John A. Taylor

          本申请以下列临时申请为基础: 1997年7月29日提交的美国临时专  
利申请 60/054076; 1998年4月30日提交的美国临时专利申请 60/084200;  
10       1998年5月12日提交的美国临时专利申请 60/085195。

### 技术领域

          本发明涉及电信线缆铺设 (cabling), 并且特别是将用户连接外部网  
络的所谓“最后一英里”连接所使用的线缆连接。本发明尤其是与线缆铺  
15       设结构和接线的改进有关联。

### 背景技术

          考虑到通信技术的发展, 对目前的遗留陆线通信网络的调查会得出一些有趣的领悟。一方面, 最新的远距离通信和当今所建设的信息基础设施是以有着极大容量的光纤和编码技术为基础的。另一方面, 到最终用户的  
20       “最后一英里”本地引入线缆一般还是数十年前为提供电话业务而安装的遗留铜线。因为在当初设计遗留铜线时对性能的考虑并不能预期到今天的光纤容量, 所以铜线端用户不能利用现代的远距离基础设施所能提供的高比特速率。用户受他到服务提供者的本地接入线缆连接的限制。

25       审视一下当前服务提供者所寻求的通信系统体系, 几乎全部都存在着保持以服务为本的连接概念是潜在假设的问题。下文将讨论这两个背景情况。

### “最后一英里”

          电信资源的使用已经远远超出了纯粹的电话交谈这一范围。这些话音

通信消息不再是流过世界通信网络的信息中处于支配地位的信息类型。今天的电信用户把这些资源利用于许多其他类型的信息。计算机数据和视频信息就是将来的一些例子。用户通向全球通信网络的通讯链路应适应带宽的要求，换句话说，数字数据传输速率性能方面应当应付自如。遗留链路和中央办公室（电话交换机）的体系结构及其到用户的线缆不能给予为所有这类数据、视频和其他信息所期望的信息容量。

需要有新的网络总体结构，它应当为用户提供能够同时满足当前和将来要求的宽带通路。对于任何此类的新线缆系统，应该能够为今天采用电而非光学的信号接口的最终用户提供适当的带宽，同时在设备和最终用户的带宽利用均需要发展的时候追加较少的成本就能够进行光信号的传送。对于当前和不久的将来，一般需要的最大用户带宽（甚至是对于双向通讯而言）可能仍然被包含在一个提供在每秒 1 千兆位以下的全通道传输容量的接口内。要求以比较短的跨距将新网络的任何本地分布节点连起来。当然大多数这样的线缆敷设路径都在这类线缆系统采用的称呼“最后一英里”所指出的一英里距离以下，并且大部分那些敷设路径（或者本地接入线缆）都将远低于半英里。如此新网络的连接各节点的配线“干线”可以由连接着这种地区网络所能展望的那些节点的双向光纤通道很好地完成。随着数字信号传输技术的到来，这些本地接入线缆，或线缆系统的“最后一英里”引线的性能要求提出了新的而且是与现有技术已经达到的目的非常不同的目标。另外，也可能在采用一个有洞察力的电气设计之后，这样的最后一英里线缆甚至可以适用于一些短程的节点间连接。

安装任何线缆系统（不是线缆本身）的成本对于用户个人来说都是实实在在的一笔费用，它是到目前为止服务提供者所作的网络投资中最大的一部分。非常合乎需要的要求（如果不是基本要求）是，任何新安装的此类接入线缆都应当在容量上为将来的发展做准备。

#### 网络总体结构的变迁范例

过去的通信网络几乎完全以“呼叫”或“消息”型的通信量为基础，用户仅仅在“呼叫”或者是“被呼叫”的时候才暂时和网络相连接。如此的基于连接的体系结构建立了在呼叫者和接收机之间暂时的连接通路。在

未来，通信将建立在“数据分组”的切换原理的基础上。数据分组消息携带有地址信息，这样，发送器将消息送给接收机，反之亦然。所有用户都可以连续地与如此的一个新网络连接。用户将选择主动参与，并且仅仅当他们希望的时候产生信息“消息”。此类网络里的多数活动将以数据流的形式存在，只在间或情况下才以不需要用户的存在或积极参加的方式和用户进行较高频度的数据交换。对于用户来说，这种功能不同于当前的呼叫或基于连接的通信功能，而是更类似于电力的供应。不过，它们也有不同点，即这样的消息既可以源自用户的设备，也可以从用户地点之外的不同源流向用户。这表明通信进程有了新用途，该新用途包容了诸如网络“代理商”或“化身”的功能，这些功能块独立工作，根据需要即时发送信息。同样地，作为类似编程的结果，用户系统也能产生信息。“被动的”（即，没有用户参与的点播）功能可能在非常近的将来成为网络所承运的信息通信量的主要内容。

这种未来展望要求数据传输速率显著增加。例如，在1997年，所有长途线路中的信息流总量是以低于 $1 \times 10^{14}$ 比特/秒的速度传输的。很可能在未来的几年内数以10亿计的用户可以经网络相连接，此时全局信息速度可能达到 $1 \times 10^{19} - 1 \times 10^{20}$ 比特/秒！

尽管现在世界上正在使用的许多光纤还未起作用，但是数据传输速率的增长将最终提出挑战。在光纤所采用的光载波中使用波分复用（“WDM”）、以及采用光放大器和色散校正的做法，可以成百倍地增加它们的容量。即使这样，也将需要大量的新光纤来支持更大而且更为雄心勃勃的应用。这自然将进一步加重要求在网络系统的用户端带宽显著增加的迫切性。满足这一要求的改进措施必须在发送和接收模式中每秒传递好几百兆比特，优选以双工方式进行，即同时发送和接收。

最后一英里线缆系统所特有的许多要求，明显地影响了最后一英里设计方案的可行性，并且影响其成本，耐久性和可靠性。现在的通信系统能够提供给用户的仅仅是有限的带宽，即便它们的长距离和大多数本地交换通路中的干线采用了基于光纤的系统。目前的光纤通路一般仅仅利用了如此光纤通路的信息带宽潜力的非常小的一部分。例如如同上文所提起的那

样, 1997 年的技术能够在单一光纤上发送许多信号, 并且使这些信号中每一个信号携带每秒 10 到 20 千兆位。

5 光纤目前已经安装到位; 仅仅需要“终端”连接就可以达到这样的结果。现在, 一些“公用通信公司(carrier)”已经在其网络的远距离部分安装了这种带宽扩大装置, 以便能够处理它们当前日益突出的工作量。在那些通路中还存在相当大的带宽容量; 不过, 现在还几乎或者根本不存在在目前的通信网络的用户端能给予充足双向带宽的可行技术。此外较为明显的是光纤使用的现状: 现在所安装的光纤中大部分未起作用(dark)。换句话说, 它们安装就位, 但不携带信号。目前的带宽限制之处完全是在将  
10 现有和潜在的远距离带宽同时从本地给予全部公众的手段方面。

### 发明内容

本发明致力于设计制造新颖的线缆系统和有关的系统设备, 以提供链接用户和有线通信网络的线缆系统的最后引线, 这种线缆系统能够为任何  
15 用户提供比当前从公用通信载体所能获得的容量和通用性大大增加的容量和通用性。在此所谈到的主题涉及把用户接在网络系统上所必须使用的实际物理链路。

本发明考虑了将来的发展。如上所述, 给个人用户安装任何最后一英里线缆系统的成本都如此显著, 以至于任何此类的新安装都应该为将来的  
20 拓展做准备。为了提供真正适于将来发展的选择, 有必要在如此的本地接入线缆中加入光纤。而且, 光纤本身的成本比较低, 几乎不会增加总的初始成本。

根据本发明的具有中心轴和一定长度的四芯线组电信号线缆, 它包括:

- 25 a) 具有相等的长度在所述线缆内沿纵向放置的四根电导线, 所述四根电导线关联成两对, 每对两根导线;
- b) 放置在所述线缆内并沿着所述线缆长度的部分延伸的定位器, 所述定位器由绝缘的材料形成;
- c) 所述两对导线由所述定位器布置在线缆内, 使得所述导线占据着距

所述中心轴等距离的径向位置，一对导线的每个导线占据的位置和该对导线的另一导线所在位置在直径上相对，所述导线对彼此相对成90度的夹角并且进一步在所述线缆长度的部分各处都有螺旋形的扭曲，由此在所述线缆的所述长度始终形成有呈螺旋形且正交的电信号通路；

5           d) 使得构成所述定位器的材料是从可热模制的塑性材料组中选出来的，它们具有足够低的介电常数和低介电损耗；

          e) 所述定位器以所述中心轴为中心，并且其外径数值是从所述中心轴到所述导线的径向最外部的径向距离的两倍以上；

          使得所述定位器包括沿所述线缆的所述长度延伸的四个纵向绝缘和定位构件，每个构件包括至少两个孔隙，每个孔隙置于两个相应的径向表面上，并且使得四个构件的连接把所述四根导线保持在由八个所述孔隙的成对结合而形成的一组四个空隙的相应孔隙中。

          在根据本发明的线缆中，所述螺旋形扭曲具有每英尺在1圈和3圈之间的螺旋性。

15           在根据本发明的线缆中，所述螺旋形扭曲具有每英尺2圈的螺旋性。

          在根据本发明的线缆中，所述定位器是四重对称的。

          在根据本发明的线缆中，所述定位器的横截面呈十字形。

          在根据本发明的线缆中，所述定位器是两重对称的。

          在根据本发明的线缆中，所述定位器是八重对称的。

20           在根据本发明的线缆中，所述定位器材料的介电常数在4以下。

          在根据本发明的线缆中，所述定位器材料的介电损耗的损耗正切在高达1GHz的频段上小于低于0.1的数值。

          在根据本发明的线缆中，所述四个空隙各自都是圆形的。

          在根据本发明的线缆中，还包括：围绕所述定位器的对称化器，使得  
25           所述定位器包括沿所述线缆的所述长度延伸的四个纵向相同的绝缘和定位构件，每个包括至少两个孔隙，每个孔隙置于两个各自的径向表面上，并且使得四个构件的连接把所述四根导线保持在由八个所述孔隙的成对结合而形成的一组四个空隙的相应孔隙中。

          在根据本发明的线缆中，所述对称化器包括一个外层和一个内层，该

外层用于使入射电磁干扰能量减少，而内层则是为了使传输通过外层的入射电磁干扰能量所引起的场对称。

5 在根据本发明的线缆中，还包括：围绕所述定位器的对称化器，使得所述定位器包括延伸所述线缆的所述长度的四个纵向绝缘和定位构件，每个这样的纵向构件至少包括一个在径向表面上的凸起和在其相对径向表面上的一个相应互锁凹槽，每个径向表面有一个孔隙，并且使得四个构件的连接把所述四根导线保持在由八个所述孔隙的成对结合而形成的一组四个空隙的相应孔隙中。

在根据本发明的线缆中，所述外层包括传导性材料。

10 在根据本发明的线缆中，所述内层包括铁氧体。

15 经过精心设计的线缆系统设计能够在混合结构中结合宽带宽的电和光的信号通路，并在迅速发展的通信领域脱颖而出。如果全部本地引入线缆都能如此构成，现在的需求将得到满足，并且在将来需要的时候就可以简单地扩大到光学应用。由于具有本发明所带来的进步，可以将这种新网络构造视为具有长期价值的基础设施投资，它能提供和罗马大道同样坚固而且耐用的信息公路。

20 本发明通过实现具有适于当前和近期可预见的通信要求的宽带宽的混合电/光信号传输线缆系统，满足了物理上和功能上的电信传输条件，并能容纳将来的光纤。在本发明的线缆系统设计中，每个用户到系统的连接可以有一些光纤。无论是几根还是可能的16根甚或是更多的光纤都可能很容易地容纳进来，而不会干扰线缆系统的电信号性能。电信号的预期频率工作范围在从DC到大约1千兆赫（GHz）之间或更高。

25 这个新颖的线缆系统拥有两个独立的电通路，一个用于发送，另一个用于接收。发送和接收信号通路具有相同的性能，并且在达到它们相等的信号性能的同时不会彼此干扰。该新系统概念上的体系结构强调保持“四线”连接，即发送和接收通路的分开。如此的体系结构消除了使当前配线系统复杂化的许多有关回波、返回损耗和“振鸣”的问题。这一新线缆系统意在为当前和将来的要求提供全面的服务。例如，本发明可以接纳英特网用户，数字电视，高清晰度电视（HDTV），多通道视频点播，大容量数字

信息交换,在家办公和远程办公通讯,经“代理商”和“化身”进行的各种家庭和办公室业务,自动化制造控制,视频“电话”,商用和专用视频会议,大容量图书馆文件传送和搜索以及多个语音频率“电话”服务信道。现在所热衷的号码可移植性(如便携式个人“电话号码”,用户无论到哪里均可携带它)成为所披露最后一英里系统采用的同步数字层次/同步数字网(SDH/SONET)信令基础特性的简单派生。

许多这类的应用要求在两个方向中都要有非常宽的带宽。混合线缆系统设计可以服务于所有各类用户,从此时此地寻求宽的光学带宽的少数用户,到当前仅要求较少带宽的巨大用户群。对于后者,具有吉赫或更窄带宽(远远超过目前的电话线对的能力)的高质量电信号通路将足以服役到它们在将来面临要求更宽带宽的应用的压力为止。

一个本发明结构的例子以图2表示,在该图中概括地表示了一个本地节点-用户接口。参看该图,本地节点51具有来自双向光纤通路53的输入端。该节点的特性在下文将详细说明。这些可以方便地用SDH/SONET制式连接光学通路。另外,通过波分复用的使用,单一的光纤通路可以完成成百上千的接入。另一个输入端55适合于可能的普通老式电话业务(POTS)通路。此外,电源57和本地节点相连接。它可以是该节点内或来自系统里另一个地点的电池备份源。在本地节点51内,节点接口器件("NID")59使发送和接收通道与光纤耦合在一起。NID的基本通道包括和接收机光纤通路连接的光学接收机以及和发送器光纤通路连接的光学发送机。这些光电元件中每一个都提供一些用户通道(典型值为16~32)。节点接口器件能接纳电模式61和光模式63。类似的用户接口器件65连接在用户端。根据本发明的一个实施例的混合线缆连接在节点接口器件63和用户接口器件65之间,在这里用标号67表示。用户接口器件可以有到电话、电视、计算机的输出端,数据输入端等等。另外,还可以提供为数众多的其他接入,它们简要表示以标号69。图2a显示的是可以使用本发明的区域性环路结构。最初的连接从全局网络或干线411开始,接至交换和转接点401。干线411典型地是光纤,但是也可以使用电连接。交换和转接点401连接至多个本地节点51。一个典型的本地节点是51'。在图2b中,本地节点51连

接到多个网络。一个网络服务于商务区 403。另一个网络服务于大型购物中心 405。另一个网络服务工业区 409。又一个网络服务多个街道 407。这些网络的每个都可以经线缆 413 和本地节点 51' 连接起来。线缆 413 可以使用本发明的线缆。在本地节点 51'，显示有一个节点接口器件 415。在诸如工业区的网络，有一个用户接口器件 417。上文的这些接口器件将在下文作更

5 详细的阐述。

不过应当注意的是，基于图 2a 的区域性环路结构可以采取许多形式。例如，如果线缆 413 为单一住宅提供服务，那么在住宅入口可以有一个交换和转接点，用来从线缆分发信号到多个房间或器件。如果是前者，每个

10 房间可以都备有为设备或器件提供服务的本地小节点。要把器件从一个房间移动到别的房间可能仅需要将双列直插式开关 (dip switch) 复位或移动跨接线缆。如同下文的详细说明所指出的那样，节点或小节点可以由用户接口器件插入在信号标题中的地址定位。特别是，为便于在住宅中使用，可以采用下文所阐述类型的线缆，但是不太需要使用类似不锈钢编带的屏蔽和加强材料。按照这一方式，线缆可以被做的更为紧凑，这对室内应用

15 来说较为合乎需要。

从节点到用户的典型距离一般将少于 2000 英尺，而且在人口稠密的城区通常比 1000 英尺还小。本发明的混合线缆系统设计甚至可以在操作时允许其两对电导线被用于两个 POTS 线，POTS 线的使用可以和宽带的电操作同时进行。当然，光纤通道始终和任何电模式所使用的方式无关。这些电线路还可以用于携带操作各种最后一英里在线信号再生器和用户终端装备可能采用的网络器件所需的非常适度的功率，而且可以在不会和 POTS 操作中的振铃和“电池”电压功能发生干扰的情况下工作。POTS 功能可以通过利用数字通路从而经用户接口器件中的数字-语音接口“线路卡”提供一或

20 多个“电话”线而得到更好的服务。

上面的节点系统将最有可能使用目前在各局间以及远距离光学网络所广泛使用的 SONET 或 SDH 标准的信号制式。因此这种新的线缆系统向上及向下都是高度兼容的。这又一次提到了一个重要的成本/投资问题。现有的电话铜线网络 (“外部设备”) 占据了现有本地电话网络系统的现有总投资

的四分之三以上。

回顾前文对关于最后一英里线缆系统的目标和原则的技术性的分析，使发明人把注意力集中到一种屏蔽四芯线组电导体结构和系统部件的新形式，以及利用它的体系结构。这种新线缆还容易以新颖的方法接纳各种类型的光纤。充分实现的四芯线组原理提供对于最后一英里的本地接入是如此重要的双重（2）独立的无干扰的电信号发送和接收通路。四芯线组的概念本身并不新；但是本说明书致力于许多的其他因素，它通过改善其潜力的实现手段，拓展其结构的灵活性，实现了包括光纤通路在内的最后一英里线缆系统所需要的所有其它特性。

本发明还披露了新结构，这种新结构尤其是适于达到在为使目标宽频带电性能频谱上串音（XTLK）很低而选择的四芯线缆结构中要求的精度。本发明线缆系统结构提供了包含多种多样光纤的新颖方法。

本发明也披露了在本发明线缆系统内增强针对电磁干扰的保护措施效果的新技术。

独特的性能优点来自于所披露的新颖平衡的电源和负载端接器件，并且这种器件可以容易地加入在线数字信号再生器模块之中。

另外，还披露了新颖的环状导线结构，它增强了电信号的性能并改进了EMIR性能。进一步披露了用于新的四芯线缆结构的新颖而且经济的制造方法，它还实现了机械结构的异常准确度和稳定性。

本发明的一个以上实施例的细节被陈述在附图和下文的说明书中。

### 附图说明

图 1a 是显示四芯线组环状导体中心支持件的简图，该支持件保持了导体在线缆内和相对于外屏蔽层的位置的精确度。

图 1b 是包括光纤构件的一种混合线缆的简图。

图 1c 是图 1b 中的线缆壁一部分的横断面。

图 1d 是采用一个阻抗匹配外壳的根据本发明线缆的透视断面。

图 2 是在经采用双向全带宽电或光通路的新颖线缆设计方案为多用户提供服务的本地节点的组织形式的框图。图中还显示了可能的 POTS 服务的

用途。

图 2a 是使用新颖线缆设计方案进行到最终用户的“最后一英里”连接的区域性通信环路的组织图表。

图 2b 是光纤接口装置和节点接口装置的示意框图。

5 图 2c 是用户接口装置的示意框图。

图 3 是一种新颖联锁定位器形式的示意截面图。

图 3a 是图 3 的未锁定挤出件的视图。

图 4 是定位器更进一步的概括性细节。

10 图 5 是定位器的一个实施例的概括性分解图，它图解了分离的联锁元件。

图 6 是可以被本发明采用的定位器的弹簧锁定部分的一种形式的放大示意横断面图。

图 7 是四段挤压的定位器的完全圆形形状的简要横断面。

15 图 8a 是挤压机模具头和主体的概括截面图，它可以用于构成根据本发明的实施例的定位器。

图 8b 是在图 8a 的用来构成定位器的挤压机中所要遵循的压力对时间曲线图。

图 8c 是可以紧接挤压步骤之后使用的挤出物处理浴槽的简要安排。

图 9a 是另一个可以用来形成本发明的定位器的替代模具的简图。

20 图 9b 是在图 9a 的装置中使用来构成根据本发明的一个实施例的定位器的压力对时间曲线图。

图 9c 是可以被使用于形成根据本发明实施例的定位器的过程的流程图。

25 图 10a 表示的是一种新颖的环状导线的横断面，它表示的是新颖的波导线和可用于光纤的中心纤芯。

图 10b 是在图 10a 的环状导线内一根电线的横断面。

图 10c 是单管环形导线(“UTAc”)的一种形式，该导线具有波导功能并且有一个适于包含光纤和护层的中央纤芯。

图 10d 是图 10c 的单管环形导线的简要截面图。

图 11 是图 10a 所示环形导线组件内单根导线的截面的一种简要形式。

图 12 是取得四芯线组线缆的平衡工作状态的一种可能的驱动和端接装置的简要形状。

5 图 13 是取得四芯线组线缆的平衡工作状态的一种可能的驱动和端接装置的替代实施例的简要形式。

图 14 是 SONET 或 SDH 传送时分复用的基本时间帧的简要形式。

图 15 是采用本发明实施例的双轴线缆。

图 16 是采用本发明实施例的双共轴线缆。

附图中的相同标号和符号表示的是相同的元件。

10

### 具体实施方式

#### 系统和接口

参看图 2a, 该图简要地表示了节点系统, 其中光纤环路包括该区域性系统的许多光纤。每个如此的光纤通路都应该遵循环状拓扑, 使得它在物理上对于每个节点都具有两个方向, 最终和简要显示在图 2a 中的区域性 STP (交换转发点) 401 相连接。系统可以是双工通路设计, 这样, 在该系统中始终有分离的传输和接收通路。在简要显示的光纤束里至少有两个光纤将与任何特别的节点 51 接口。例如, 如在图 2b 中的细节所表示的那样, 光纤接口装置 (FID) 60 使其光学接收器 61 和其光学发送器 62 和它们各自的接收和发送光纤 53 相耦合。一个 FID 的这些元件是在一个节点内由这样的 FID 馈送的各通道的共享资源。节点里任何一个 FID 都可以为 16-64 个双重数据通路提供服务。节点可以包括和被服务的那些用户所需要的尽可能多的 FID。每个 FID 的用户数量取决于对所使用的 SDH 传送载波作多路复用的水平。例如, STS-384 (20Gbs) 提供 32 个 STS-12 通道 (622 Mbs)。  
15 如果其“最后一英里”游程从经济角度来看较短, 那么单一节点可以在其经济范围内服务 3200 个用户。  
20  
25

FID60 和 NID63 单元可以在物理特性中是模块化的 (modular), 并且, 节点外壳可以设计成能够承受看上去合乎需要的显著的容量增量。另外, 可以规定区域性光纤束环路游程, 使其包含为进一步增加系统所服务用户

数量的补充性自由光纤。这样,通过连接环路的更多的光纤束到所添加的 FID 和 NID 单元,单节点站点可以适应用户群的扩大。当然图 2b 是一个仅仅显示了一个可能的 FID 的非限制情况,其中仅有一个典型的用户通路 NID 和它连接。光/电串行接收接口 61 可以是仅具有有限灵敏度的光纤 SDH 宽带的

5 光学接收器,这是因为光缆游程一般来说在区域性环路周围相当短。解复用和复用电路可以采用目前一般适用于 SDH 的许多种芯片或芯片组。例如 Vitesse 半导体公司 (Semiconductor Corp) 芯片组 VS8021/8022 是可以为高达 OC-48 的光纤数据传输速率所采用的一个例子,而 Triquint 半导体公司 (Semiconductor) 能提供在以 10Gbs 速率工作的多路复用及多路

10 解复用芯片组插件。

NID 包括系统中那些负责使物理线缆和 FID 耦合,并且进而和总的网络系统耦合的部件。这两个分离的通路表示在图 2b 之中,NID63 包括那些将来自解复用单元输出端的串行接收通路和线缆 67 的接收对耦合在一起的部件以及那些将线缆 67 的传输对和多路复用器电路的串行发送输入端耦合

15 在一起的部件。

NID 的接收机部分的驱动提升电路和发送通路的接收机孔径提升电路由安装者调整,以便在安装系统的时候给出最清楚的“眼”图 and 最优的 BER (误码率)。发送和接收端上的端接电阻是为了把在这些点处的反射减到最小的阻抗匹配装置。电流源驱动器对系统而言在全部驱动状态(即比特高、

20 比特低,和过渡阶段)呈无穷大阻抗。HPF 和 LPF 单元有助于使 DC 功率和有源信号隔离开。通过使电流源驱动器和这些驱动器在相位上平衡,并且使平衡好的输入放大器对在相应对处的任何共模信号高度抑制,可以使线缆平衡趋于完美。包含在“最后一英里”线缆中的光纤并未在这些简图 2b 或 2c 中加以利用。它们在这两个图中被表示为可供将来应用时使用的光纤

25 端。

UID 简要表示在图 2c。在该图中线缆 67 表示和图 2b 相同的线缆(相反的一端) 67。为双重通路的每个通路所预想的信号例如都是类似 SDH 的 622Mbs 比特流。在线缆线对处处理的接收和发送通路以和图 2b 电路功能相似的方式结束。那些单元进行同样的操作,直至解复用单元和复用单元的

缓冲器 71, 72 为止。这些解复用单元/复用单元以和图 2b 所表示的高速电路相似的方法操作, 只是其操作速度为较低的个人用户比特流 622 Mbs。它们的作用是给系统设计所赋予的功能分发 SDH 帧的适当单元。在许多可能的此类功能赋予中, 典型的选择被表示在图 2c 中。UID 控制器可以是微处理器或计算机。UID 控制器还可以将软件标题置于被选路到和节点或小节点相连的各种装置的信号上。同样地, 标题可以由 UID 放到向上游送到 NID 和 FID 的信号上, 以指明这些信号应当送到哪个地方以及信号的特性。

对于用户来说有两个视频通路。二个通路中的每一个都可以作为基带视频, 或者适用于目前电视接收机的 RF 信号。这些输出可以经 BNC 插座或通常在电视机上使用的 TV RG-59 线缆连接器连接。当然, 为了把数字 UID 接在模拟电视上需要采用视频接口 81 (图 2c), 该接口可以使用数字-模拟转换器 82。转换器 82 可以将数字电视信号转换为适于模拟电视的形式。转换器 82 可以是例如单独的线路卡。为该功能指定数字数据传输速率的工作可以根据在何种水平上利用通道容量的想法来进行; 不过, 对于该系统来说每个通道有大约 100 Mbs 可以说是最佳的, 这允许甚高分辨率的视频得以传输。在如此系统中的节目选择是以将关于所需节目及其来源的指令传输到网络的形式完成的。另外, 节目源也可以允许用户指定所想要的持续时间。如此的指令将通过简单的小键盘输入系统在一个发送接口上发送。如果希望仅仅接收“广播”类型的视频传输, 用户将仅仅输入所希望节目的“信道”号。这可以象所谓的视频点播那样操作。图 2a 的 STP 是系统中可以执行这些交换和选择功能的点。系统允许许多服务提供者经该系统提供它们的服务。可能选择的数目和可能的地址数量一样大。

可以提供两个因特网通路, 每个通路具有数值可以为 10Mbs、45Mbs 或更高的宽带容量, 容量大小取决于用户要求和因特网服务提供商提供数据速率的能力, 但是这一选择是任意的。此带宽将仅仅使用双 622Mbs 系统的可以利用容量的几个百分点, 通常是当前最好的电话调制解调器容量的 400 倍。

接口的机械连接可以是一种标准的计算机制式, 比如 1394 串行总线。数字通路可以通向任何和该系统相连的因特网服务提供商。这种来源的范

围被基于 SDH 的制式大大地扩展，所述制式能在全局网络中的任何一点进行通讯，而不管距离有多远，因为数字制式不会因距离而发生任何明显的性能弱化。

5 在图中，系统有经 SDH 信号通路和数字网络连接的 6 条电话线路。“线路卡”元件提供接到标准电话的公用 48 伏 DC 电流环路，而且还提供 20Hz 振铃功能和话音数字化接收和传输通路。线路卡输出可以是 RJ-11 型的标准电话硬件。

#### 信号考虑事项和性能要求

10 根据本发明的实施例，有几个主要的性能条件对于网络的本地接入电缆系统来说是重要的。光通路传输损耗即使对于最长的这种本地接入线缆来说也是非常小的。也很少有其它能影响光学信号的因素，只要没有来自天气、水或似乎很喜欢以线缆作为咬噬对象的松鼠的物理损害的话。不过，在电缆模式中对于宽频带的使用而言最明显的性能限制主要在于线缆系统如何面对这三个主要的信号弱化因素：

- 15 1) 线缆系统传输损耗和延迟时间特性，尤其在最高频率 (HFTL)。
- 2) 线缆系统的信号通路屏蔽层的电磁干扰抑制 (EMIR)。
- 3) 在发送和接收通路之间的串音 (XTLK)。

20 在现有技术领域的工程成就中，电通信线缆系统的主要贡献在于在尽可能宽的带宽上得到了低的传输损耗。非常低传输损耗的要求起源于支配那些过去的信息传输方法的模拟形态。由于模拟信号在其行程的每个几英里引线中失去能量之后被反复放大，信噪比下降了。游程越长并且所经历的设备越多，则串音和干扰噪声进入信号的可能性就更大。随着现代信息论的发展，数字传输的优点变得清楚了。这一新的见解和正变得可能的数字误差编码技术一起发动了一场针对通信系统设计理念的革命。其结果是  
25 所使用的硬件技术从根本上迅速地发生了变化。例如，在 1997 年全部的通信信道都实质上采用了数字技术，至少是在局间和它们通路的长距离部分里是如此。在模拟时代，主要关注的是信噪比恶化和其它噪声（失真，和串音）随信号经历距离的增加的情况。现代的数字系统即使在受到环绕世界的距离挑战的时候，也不会那样发生本质上的弱化。在数字领域中，线

缆系统传输条件定义的规则发生急剧的变化。

信号的传输损耗和高频衰落 (HFTL) 不是由它们自己断定的, 而是和两个其它的因素有关系:

- 1) 系统的内部噪声能量的大小, 和
- 5 2) 信号能量和其它两个导致信号弱化能量 EMIR 和 XTLK 的比率。

校正适度稳定或者校正仅仅慢慢随时间改变的即使比较显著的损耗或高频衰落和延迟色散的工作是比较简单的。这些问题的一部分可以被系统响应的自适应均衡克服。如此, 即使是大带宽的信号都能经损耗甚至相当严重的线缆系统传送。自适应均衡器, 或者其他“匹配滤波器”信号校正器都是最现代的信号终端设备的一部分, 比如普遍存在的使数据经电话线路传输成为可能的个人计算机调制解调器。由于实际上在任何新系统中被传送的信息都将采取数字形式, 对信号信息的可靠处理将减少对设备在借助于信号探测器或鉴别器合理区分“一”和“零”的能力方面的要求。信号电平的损耗或高频响应缺陷进一步得到克服, 条件是信号仅仅是被噪声、抖动、干扰和/或串音适度破坏。二进制数字信号可以用如此的信号检测器彻底再生, 由此使信号的峰值功率在通路中进行了此种处理的位置处充分高于噪声和串音值。这样信号噪声比 (S/N) 成为任何新的“最后一英里”线缆系统技术指标中的第一位并且是最重要的部分。这个 S/N 特性主要是线缆系统抑制干扰 (EMIR) 并且把在线缆系统的发送和接收链路之间的串音 (XTLK) 减少到最小的能力的结果。本说明书的新颖四芯线组结构满足了这些因素的要求, 允许在需要采取如此的再生措施之前信号有足够的游程长度。现代集成电路技术允许此类装置被做得相当小, 其成本也足够低使得它们能以几乎不大于线缆直径的小容器被装入线缆之中。所披露的系统使用如此的技术, 以便在性能上对于今天网络所面临的各种各样噪声环境有显著的裕度。

#### 信号功率

信号功率的实际大小并不可能成为严重的障碍, 下文将予以证明。为了评估在信令系统的电或模拟方面中所需要的信号功率大小, 要考虑的第一因素是系统可以具有的最小内部噪声。在接收器输入端处超出不能削减

热噪声的内部噪声能量设定了任一系统的噪声电平的底限。这一尺度可以由“等效输入噪声温度图”以独立于系统的工作带宽的形式表达。量化该参数的一种较好的方法是，首先测定当在输入端馈以已知的热温度源时的系统噪声能量输出，然后在第二次测量时把那个输入端接在已知的冷得多的温度（电气上是等效的）电阻上。把所得到的两个输出能量值的比值和在热与冷的电阻源中噪声功率的已知比率比较，可以使得系统内部噪声所带来的影响能得到恰当的考虑。在这两个试验电阻的每个电阻中的热噪声功率都和它们的绝对温度成正比，热噪声功率是  $4kT$ ，其中  $k$  是玻尔兹曼常数，而  $T$  是开氏绝对温度。已知的热/冷源比功率比和在系统输出端测定的数值之间的差是系统把多少噪声加到信号输入端上的极好且准确的测定。从这个角度看，典型的宽频带电系统的“噪声本底”将不会高于室温源电阻的噪声与  $10\text{dB}$  之和。

在真实世界的工作系统中，本地接入线缆系统设计应该仅仅允许来自 EMIR 和 XTLK 的弱化能量大小只给系统噪声本底带来一点点变化。例如，在 EMIR 和 XTLK 方面很好的线缆系统性能可以将此类信号弱化保持在不高于值为  $+10\text{dB}$  的所建议系统噪声本底  $10\text{dB}$  的数值上。然后通过定义工作带宽和最小系统  $S/N$  计算所需要的信号功率：

- 1) 所希望的  $S/N$  可以是例如  $50\text{dB}$ ，它将为即便是点播最多的使用提供非常低的误码率。
- 2) 带宽可以是  $1$  千兆赫。

然后所需要的功率可以按下文计算：总的噪声功率是噪声图、EMIR 馈通与 XTLK 之和。被设想的典型值是高于热噪声  $20\text{dB}$ 。周围热噪声 ( $4kT$ ) 大约是每赫兹带宽  $1.65 \times 10^{-20}$  瓦特，这比  $+20\text{dB}$  的噪声假定值增加了  $100$  倍，并进一步因系统带宽而增加，使得总的系统等效输入噪声功率变为  $1.65 \times 10^{-20} \times 10^2 \times 10^9 = 1.65 \times 10^{-9}$  瓦特。对于  $50\text{dB}$  的  $S/N$ ，信号功率必须比这个值提高  $50\text{dB}$  ( $10^5$  倍  $= 1.65 \times 10^{-4}$  瓦特信号功率)。因此所需要的信号功率仅仅是非常适度的  $0.165$  毫瓦 ( $-7.8\text{dBm}$ )。

即使假设 EMIR 和 XTLK 有非常大的电平，比如比上文所述的实际噪声本底大  $+30\text{dB}$  (而不仅仅是  $+10\text{dB}$ )，系统将仍然只需要数值较小的信号

功率，仅为 +12dBm 或大约 16 毫瓦。这一较大但仍然非常适度的功率值将要求在本发明线缆例子的标称电传输阻抗（大约 100 欧姆）两端仅需 1.3 伏信号。如此的数字表明每单位带宽的功率比在较旧的模拟话音频率接入电路中所使用的信号功率值低得多，较早的接入电路的系统功率效率非常低。如此的较早模拟系统通常采用在 10 千赫带宽中 -8dBm 信号功率（大约 0.16 毫瓦）的工作标准。如果如此的低功率功效在上述例子中被使用于 1 千兆赫带宽，那么信号功率需求将跳增至 +42dBm，或者大约 16 瓦（每赫带宽 16 毫微瓦的功率密度）。即便是噪声较大的数字系统例子（+30dB 干扰）都可以数以千计地更为有效地利用信号功率（仅仅 16 皮瓦/赫）。这些线缆系统例子既没有考虑任何线缆系统里的损耗，也没有考虑任何高频响应衰落。一些这样的损耗和衰落将会发生，可以通过提升在信号发送器的电平和频率响应并用接收系统响应中的类似提升纠正亏损额的平衡而简单地进行补偿。如果正如一般情况那样，大部分的平坦损耗和高频衰落也可以对弱化的 EMIR 和 XTLK 起作用，那么那些因素将不会如此地过分影响 S/N。这一方法已经在实际的系统中进行了合理的充分实行。在前述例子中，所采用的是非常保守的 50dB S/N，而没考虑纠错编码将在产生充分低的信号弱化水平的过程中所扮演的极其重要的角色。世界上大多数数字通讯系统采用的 SONET 或 SDH 系统所特有的纠错编码技术将几乎不会要求如此高的 S/N，能达到 30dB 即足以应付大多数应用中微不足道的错误。在这种作为保留项目的增强措施之外再采用数字信号再生技术，只是适度地使用再生器就可以将性能设计定位在非常高的水平上。在任何好的系统设计中，抗噪性将是主要的制约因素。这样，在这些例子中有较多的余地来满足任何真正系统的需要。“最后一英里”线缆系统的较大的问题是作为一件好设计所必须有效加以解决的 EMIR 和 XTLK 效应。正是根据那些信号弱化，工厂外面的现有电话（“铜线对”线缆）显现了它们的致命缺陷，导致上文提及的退化。由于来自 XTLK 和 EMIR 的过多问题，此类较早的线缆系统不能为大量的用户提供足够宽带的信号。

#### 能量损耗和 HFTL

如果在线缆设计时所采用的绝缘材料是从供 1GHz 以下频段使用的较

好的现代塑料中选出来的，小直径线缆的 HFTL 主要受线缆导线损耗控制，该损耗在高频主要是由导线中的“趋肤效应”引起的。

趋肤效应长期以来已为本领域的人员知悉。交变电流流过导线上（或者其中）而出现的视电阻明显高于导线的直流电阻。描述方程式表明在频率高于和如此导线的直径成反比的一个数值时，趋肤效应变得很明显。随着所采用频率的增加，电流似乎越来越仅在导线表面很浅处内流动。对于尺寸非常大的导线，如此的效应甚至在功率频率（50Hz）处也很明显。自19世纪开始的最初期调查是由于在大的交流功率传输线缆系统中发现了出乎意料的高损耗而引发的。在较小的导线中，趋肤效应在兆赫段变得非常明显。在通常的导线材料（例如，铜）中，大多数电流流动在比一英寸的千分之几要少的薄层（“表层”）里。这一近似厚度和电流频率平方根的倒数成正比，这样在所使用的频率增加一百倍的情况下相对表层深度减少到十分之一。“表层深度”被认为是其电流为总电流值的  $1/e$ （大约 37%）的深度。对于非磁性的铜导线材料（相对磁导率 = 1），计算表层深度所通常使用的工程公式是：

$d = 2.6 * (f)^{-0.5}$ ，这里  $d$  的单位为 1/1000 英寸即  $2.54 \times 10^{-5}$  米，而  $f$  是单位为兆赫（MHz）的频率。

	F	d
	@ 1 MHz	$2.6 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米;
20	@ 10MHz	$0.822 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米;
	@ 100MHz	$0.26 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米;
	@ 1 GHz	$0.082 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米;

趋肤效应已经以各种的方法进行了分析，但是，现有技术所作的分析都存在一个重要且基本的缺陷。它们缺乏因果关系的基础，当考虑 AC 电流迅速地从零电流条件开始这一情况的时候会失败。一些本发明的方面所依赖的一个不同方案在开始之时把趋肤效应看成是由电磁能量传播到导线的高传导性介质中的过程而引起的结果。初始电流必须传播到导线中，以便于导通。

因此有必要把趋肤效应看成是由于波传播的需要而引起的过程，而不

是对于高频现象特别是线缆中的信号传播而言难以合理化的准稳态概念。有关趋肤效应的一篇阅读参考文献是：(H. B. G. Casimir 和 J. Ubbink 的在飞利浦技术评论 (Philips Technical Review), 1967 年, 卷 28, 第 9, 10 和 12 期的三段文章)。

5           在通信电缆系统中, 能量同样也流过线缆中的空隙, 而仅仅在线缆的空间边界和导线发生作用。从这一角度看, 导线工作时更象镜子, 而不象是能量的导体。这一观点将在下文详细说明本发明的线缆系统构造时充分地予以阐述。出于机械原因的必要性, 线缆内的空隙必须填充一些绝缘的物质。该物质也不可有消耗性阻抗或对电磁波流动有任何扰动效应, 否则  
10           它将产生能量的损耗或随时间的扩散。这样的绝缘(介电)材料可能有高频损耗, 许多材料也是如此。微波炉便是依靠这种损耗来加热和烹调。现代的塑性材料可予以利用, 它在这里所关注的范围内(低于 1GHz)不会有明显的损耗。这种可以利用的热塑性塑料允许采用经济的制作方法, 并且有足够低的介电损耗以允许损耗大部分是通路中传导性元件的电阻性损耗  
15           造成的。

          为了把趋肤效应电阻减少到最小, 曾经采用了将电流再分配到许多小的导线中的技术。通过使用大的总表面面积, 当导通高频电流的时候可以维持实际可行的损耗水平。为此所作的努力例如有“Litz”电线的开发和其他类似的线缆铺设尝试, 它们将许多彼此绝缘的小股电线捆在一起, 使之构成复合导线或线缆。在此类线缆的发展期间里起初人们并未充分了解到, 一股电线靠近另一股会导致每个电线的交流磁场在相邻电线中感应“涡流”, 因此使每个电线中的电流都偏离这些股的紧邻区域。这一“接近效应”大大地增加了交流视在电阻, 使得 Litz 结构的优点在足够高的频率下被完全颠倒, 变得比总直径可比拟的实心导线还差。换句话说, 一个给定的  
20           “Litz”结构可能在一定频率范围上性能有所提高, 但是在其性能得到改善的频率范围中心频率的仅仅数倍处, 标准的 Litz 线缆的性能将会变得比有着相同导线直流电阻的单一实心电线还差。用分离的绝缘电线制成的环状(管状)导线把导电材料在高频的损耗减少到最小, 但是, 构成该线缆的相邻导线仍然显示出一定的接近效应。为了进一步解决这类的接近问  
25

题, 已经采用将电线换位的办法, 使得各个电线采取遵循一定的凹角或编织图案, 从而阻断了彼此的接近度。这类方案在有限的频率范围上有一定的价值。对于宽的波长范围需要有更好的方案。当频率达到数十或几百兆赫频段的时候, 一根导线向另一导线的靠近成为制约性因素。

5           提供低的 XTLK 在单一线缆中

如果每个通路的屏蔽层都能足以避免互感, 那么两个分离的线缆可以被使用来减少发送和接收通路之间的 XTLK。这又将 XTLK 负担放回到屏蔽层上。屏蔽层决不能是完美的, 并且, 实际缺陷还在于如果高屏蔽衰减是目标的话需要相当重而且坚硬的结构。如果采用两个线缆, 一对线缆中的每个线缆都需要满足这一要求。其结果是总成本和重量急剧增加, 并且机械柔韧性也降低了。本发明采取的方案是将这两个电通路设置在同一个线缆系统内 (在相同的屏蔽层内), 因而避免了这一问题。这一新的解决方案使线缆系统屏蔽功能 (EMIR) 和 XTLK 的提供统一起来, 其办法是修改本发明的新颖四芯线组结构使其对称性达到完美并且使周围的“类似屏蔽层”的结构扮演新的角色。然后屏蔽层的角色是将 EMIR 的进入量保持在令人满意的数值, 所披露的系统正是得益于因四芯线组结构中两个通路的真正正交性所借以产生的平衡而对进入能量的出色抑制。穿透场的均一性是由给线缆所装的新颖护套而实现的。

15           S/N 和数字信号的再生

20           上述内容已经证明了 S/N, XTLK 和 EMIR 可以由本说明书的新颖线缆特征特别充分地加以管理, 这一点在下文将详细解释。对于数字信号, 本领域所公知的又一个参数增强了系统性能。由于采用的是数字信号, 可以使信号在传输线缆下游的一定距离处再生该信号, 这是因为在该距离处信号弱化 (不可靠) 的影响不会明显成为对数据可靠性的干扰。这对于简单的二进制或非归零 (NRZ) 数据来说尤其有利。正如有关信号功率的讨论已经表明的那样, 对于仅仅是适度的功率值, 该 S/N 可以是完全足够了。二进制或 NRZ 可以容忍适当大小的噪声, 很少产生数据误差。因此人们可以设置一个信号再生器, 这样, 其阈值能够正确地读取所谓的信号“眼图”的中心。通过避免一长串的二或一, 被 SDH/SONET 系统采用的线路代码 (比

如 B3ZS) 容易允许时钟信号在如此的检测器系统内加以恢复, 这进一步增强了数字信号检测的可靠性。将这样的再生器系统放置在线缆下游一定距离的某点处可以再生已削弱的信号, 从而恢复了大的信号噪声比。采用这样的“崭新开始点”, 使该点处具有比衰减信号大得多的能量, 将信号电平充分提高到系统噪声和串音 (XTLK) 之上。这样的一种再生方案可以被采用, 这是因为在实际的系统中对于大于 20~30dB 的 S/N, 误差率变得可以忽略。这种能力在两个传输方向均可以得到利用, 从而在信号弱化程度处于可管理的低水平的线缆长度处, 使任何信号恶化成分的大部分有效地变为零, 因为“清洁的”新再生信号所需要的大小适度功率容易加以利用。

设计员可以选取进行这种恢复的点。集成电路为领域所知, 并且其性能适于所考虑的信号速度的集成电路也是可以得到的。这样的装置包括差模阈值触发检测器 (有一些有用的滞后现象) 并在时钟控制下对该决策阈值进行定位, 以使其和所谓的“眼睛中心”同步。为两个通路中的每个通路提供服务的双重再生器系统可以被制作在极小的封装中, 即使考虑到保护它免受静电和放电的影响的要求也可以如此。这样的一种封装件可以被置入最后一英里线缆中的几乎不大于线缆本身的小空间里。这种再生器系统模件所需要的直流功率可以简单地由线缆中的导线传送, 使得这一再生操作即使在冗长的线缆游程中也可以反复进行。采用线缆的导线来传送其他系统要求 (比如使用户接口装置 (UID) 工作) 的系统功率, 被考虑作为最后一英里线缆系统设计的功能的一部分。这一方案允许这种新颖的线缆的应用被延伸到能够简单地满足典型的最后一英里要求的长度范围内, 并且提供不依赖于任何别的功率源而工作的系统, 因为别的功率源可能不如网络所提供的功率那样可靠。这一可靠性要求对于系统给予网络用户的高水平的连续使用来说是非常重要的。

### 结构

本发明所提供的“最后一英里”连接线缆系统为网络化通信系统的用户配备了具有相等宽频带性能的双向独立电通路, 而且提供适应现在和将来要求的光纤。四芯线组结构所以被选择是因为从根本上来说两个电通路

可以是完全没有互相作用的。它所需要的仅仅是非常好的对称性。对称性这一属性在两个通路的正交性 (XTLK 抑制) 以及在每个通路抑制电磁干扰的能力方面扮演非常重要角色。

5 图 1a 和 1b 以截面表示这样的含四个导线的新颖四芯线组结构可能具有的一般形状。在图 1a 中, 四个导线 71、73、75、77 的每个导线都应该达到基本准确的电气位置, 并且如果周围的“屏蔽”导线 79 居中, 并且在周边其电磁性能是均匀的 (在所关注的频率上), 那么, 这两对将精确地处于一对导线在另一对导线中的零感应点的相对状态。由于所感兴趣的是每一对导线的电磁场, 所以所达到的平衡度或对称性可以通过测量从每个导线到屏蔽层的电容以及到每个其他导线的电容来进行评估。匹配度是这一排列的电感性和电容性“平衡”或对称性的一种度量。然后串音会变得难以察觉地小, 两对导线中的每一对都可以基本上独立于另一对地进行操作。这一点正是双向两通路宽带系统吸引我们注意力的地方。借以达到这种对称性的方法包括特别模制的定位器, 下文将对此进行披露。

15 图 1b 用更多的细节显示了四芯线组环状复合型线缆的截面图。四个导线 71, 73, 75, 和 77 如图 1a 所示。图中还表示了周围的屏蔽导线 79, 它和四个导线对称。图 1b 表示的是缓冲通道 81, 83, 85 和 87, 它们可以支撑一个或以上的光纤。定位器或环状导线支持绝缘体 89 提供导线 71, 73, 75 和 77 从中通过的结构。下文对定位器 89 的结构阐述。

20 可以使用填充凝胶 91, 使之包围每个缓冲通道 81。可能合适的填充物凝胶类型包括超吸收 (superabsorbent) 化合物, 比如石油基的凝胶。如此的化合物有至少两个用途。其一是使其中所包含的玻璃光纤免于被空气侵蚀。另一个目的是提供便于电线从线缆中抽出的润滑油。

25 其他的优点产生于向四芯线组内部导线结构施加的扭曲, 使得中心绝缘和定位结构与导线的纵向线构成沿线缆的行程长度的螺旋, 螺旋度比方说为每一英尺的线缆长度一到两圈。这种结构的有益特性是当恰当地从平衡源馈入并且终止于平衡的接收器中的时候, 均匀穿透到内部导线的任何场都将不会使净电流流入其中某一对中。双绞线的使用为人所知。不过, 本发明螺旋形结构的一个优点是本发明的 EMIR 被增强的程度和其 XTLK 被

减少的程度相同。这样，在本发明的线缆系统中，减少 XTLK 的同时也会降低在普遍存在的电磁污染的现代环境中不必要的噪声侵入。本发明结构里的“屏蔽”功能不仅使干扰能量衰减，而且还通过将泄漏能量对称地分发给保持平衡的内部四芯线组线缆结构，使进入场的电磁传输对称。

5           四芯线组的平衡极大地抑制了穿过其中的能量。因此发明者作出如下定义：在此所使用的术语“屏蔽”是指周围结构的特性，而不是仅仅意味着能量屏障的通常用法。如此的能障总是不够完美，总是有一些能量透过它们。这种使屏蔽层对称从而增强 EMIR 的做法是克服其数值目前不断增长且难以以别的方式处理的 EMI 的新颖方法。本发明的精确结构所能达到的  
10 这种抑制度还没有被发明人所了解的现有技术达到，现有技术即使在他们的线缆设计中广泛使用了相当重的屏蔽层之后仍然存在着明显的干扰抑制。

#### 内部对称化设计

本发明使用包围四芯线组线缆的内部对称化装置。当然，本领域的熟练技术人员会意识到四芯线组线缆不是必需的。包围线缆的披露结构可以  
15 供双重的四芯线组线缆，同轴线缆等等使用。图 1 c 表示的是用于本地接入线缆系统的一个实施例的内部对称化器结构的截面，该结构同样可以在全部其他的实例附图中予以利用。图 1c 的设计在设法穿透到线缆内部的衰减电磁场中产生了高度的对称性，由此取得了和此前由并不具有导线对称性的强力屏蔽层所能达到的程度相比有着实质性增加的抑制。  
20

#### 例一

图 1c 表示通过线缆壁的位于图 1b 所示虚线区中的一部分所见到的内部对称化器的示意断面。这些层从距离导线 71, 73, 75 和 77 最近的层开始加以说明。这些层中每一层的功能都跟据这个简短的参考表进行阐述。  
25 当然，下面的列表仅仅是示例。实际上，它是非常特殊的，并且，这些材料的变型可以在不离开发明的精神和范围的情况下予以采用。

层号		厚度 (单位: $2.54 \times 10^{-5}$ 米)
101	在塑料载体上的两层铝箔, 每层先敷设箔侧, 将 $2.54 \times 10^{-5}$ 米的铝箔以半圈缠绕的方式锁定在一起。	4
102	在柔软的氨基甲酸乙酯粘合剂中的胶质碳, 在一个充分剪切的混合塑化剂中碳量装载达 85%, 并且以均匀薄层挤压在层 101 上。	8
103	柔韧 (pliant) 氨基甲酸乙酯粘合剂中的纯铁粉, 如在层 101 中那样装填并充分混合至体积占约 90% (铁粉由 OMG America, Research Triangle Park, NC 供给)	16
104	在柔韧氨基甲酸乙酯粘合剂中的 Ni-Zn 铁氧化物粉末 (98% 的粉末粒子大小低于 5 微米), 象上文那样混合在一起并且装填到体积占 90%。	25
105	如层 101 那样的两层 $2.54 \times 10^{-5}$ 米锁定铝箔	4
106	不锈钢抗拉编织物。	16
107	(对于一些结构是可选的) 波纹不锈钢防汽层, $2.5 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米厚, 用 $30 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米深的脊在 $45 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米中心上起皱。缠绕, 并且连续缝焊密封。缠绕在抗拉编织物上方的一个软氨基甲酸乙酯挤压物下方的 $10 \times 2.54 \times 10^{-5}$ 米底层顶部, 以填充和紧夹脊。	35*
108	外部保护性的挤出外套。柔韧氨基甲酸甲酯硬材料, 优选着色以使在裸露于太阳光下的线缆温度最低。在缺乏层 107 的时候粘结到不锈钢带。	32

合成护套可能使基本的四芯线组外径增加大约 0.210 英寸 (没有可选择的外部起皱防汽层的情况下)。其结果是对于使用成品后直径为 0.042"、并不需要采用防汽层保护这些导线可能包括的光纤的管状环形四芯线组导线的四芯线组线缆来说, 总直径大约为 5/8 英寸。

5

下边进一步阐述各成份层。

铝箔材料 101 可以由适当的塑料载体加以支持，该载体可以是“Mylar”或一些其它的在领域中为人所知的耐用材料，对工作温度范围是适当的，并且优选基本上不吸湿。配对的箔包层应该是沿相反方向缠绕，  
5 每一包层金属对金属地充分接触达大约半圈并在其自身上交迭一圈。两个不同的成对层（101 和 105）的每一层都可以要求包层呈稍微不同的螺旋形以实现适当的弯曲特性。层 101 和 105 当然可以用替代形状的导电材料替换。

胶体碳或二次人工碳粉材料 102 可以从 Asbury Graphite Mills 公司  
10 （位于 Asbury, NJ）得到，其颗粒大小低于 325 目或更为精细，这样的尺寸足以允许各材料和被选中的粘合剂在其被处理作为线缆的覆盖物之前完全混合。凝固后粘合剂里的混合物表面直流电阻率应该低于每平方 500 欧姆。可以为该层采用的其他材料包括具有类似传导特性的材料。

适当的羰基铁粉材料 103 可以从 OMG America 公司，（位于 Research  
15 Triangle Park, North Carolina）得到。目前所提供的最纯且最好的粒子大小是 K291A，是适于作这种用途的。在全部的例子中，和粘合剂进行均匀而且充分的掺和是必要的。柔软的氨基甲酸乙酯材料可以从各种来源得到，例如由 B. F Goodrich 公司提供许许多多的种类。可以为该层所使用的其他材料包括具有类似磁特性的材料。

高频 Ni - Zn 铁氧体材料 104 的制造办法是按数个步骤碾碎材料然后对  
20 之球磨，以产生平均粒子，使得所产生粒子的重量的 98% 被归类为尺寸在 5 微米以下。适当的材料可以具有对于 100 MHz - 1000MHz 频率范围是适当的复磁导率。碾碎了的飞利浦铁氧体软磁性材料制成的 4 型材料可以满足这一目的。重要的是考虑由范围为 0.25 - 0.60 特斯拉的强磁化场所产生的高频材料介电常数的各向异性。可以为此目的而采用的其他材料包括具有类似磁特性，例如剩磁、介电常数和磁导率的材料。  
25

不锈钢编织物 106 可以从编厚 4 到 6 密耳的那些材料中选出来的，这种材料显示了高的抗张强度，并且对于在户外悬挂的线缆用途中典型的张力水平而言几乎没有滑动。可以为此目的而使用的其他材料包括具有高

抗张强度的材料。

外套层 108 可以是以 32 - 40mil 的典型厚度挤压出的硬聚氨酯材料。可以为该目的而使用的其他材料包括具有类似强度特性的材料。

5 图 1c 的各层将穿透场分布在线缆内,使得它们在信号的通路上产生平衡的效果。所述技术的该非限定性例子中采用层 101 有几个理由。首先是作为四芯线组信号对的内部场的场反射镜。层 101 还作用在外部穿透场上,其办法是对来自层 102 的穿透场呈现传导性场短路,使得表面电流在离开 102 时得到更为均等的分布。层 102 和对来自损耗较大的阻性材料层 102 的场产生大的扩散效应的层 101 的铝金属表面相比较,有较高的电阻。电磁波在材料层 102 中的速度比较高,并且,它正比于允许明显的场再分布的厚度。层 102 毗连它上面的层区 103,该层区有比较高的磁导率(在所关注的频段内 5 ~ 50)和适中的传导率但有着相当低的电磁波速度。和层 102 的汇合处产生进一步的扩散效应。在该层上面,层 104 经选择在高频区(50 - 500 MHz)有比较高的磁导率,在这样的频段其电磁速度将相当低。因此,15 它比层 103 稍厚。层 104 有在和层 103 的边界处明显的电磁速度差异,这样场扩散被增强了。层 105 是一个高传导率的薄层,它产生象“屏蔽层”一样的典型场电流短路,但是其主要的价值是出于所阐述的利益而和分层进行的磁耦合,因为它对外部场仅有小的屏蔽效应。抗拉层 106 起加强的作用,同时它还在编织物带中提供一定的电流俘获。另外,作为代替,也可以使20 用层 107(未显示)。不锈钢的防汽层特性还提供屏蔽的效应和一些抗拉的优点。外套层 108 用于风化保护和其他环境,以及操作保护。

前述各层都可以分别予以改变,或者采用另一种分层组合。在突然接合处利用不同的电磁传播而改变电磁特性的原理实现了明显的对称化效应,这正是所想得到的特征。本质上讲衰减不是所阐述构造的主要目的。

25 为了评价可能的结构,可以制作一个上述类型的具有比较理想螺旋形的四芯线组线路,然后使用它作为测试装置,比较在有和没有所述类型的可能对称化的覆层的两种情况下对通过线缆的平衡信号传输的贡献。其差异反映了“准直”或者对称化特性的相对优点。

阻抗匹配外壳

第二种形状的外覆层出于减少任何被放在典型的户外环境中的导线都将展示的象天线一样的对电磁能量的有效聚集的目的，开发了一些和古典屏蔽装置有点不同的特性。由于实际上无法实现不被电磁场穿透的“屏蔽层”，发明者已经发现了另一个减少能抵抗这种电磁干扰的弱点的方法。已经就发明主题的线缆系统设计的对称性和平衡特征进行了讨论。第二种方案允许利用不同的因素。

空隙本身有描述电磁场传播特点的特性阻抗。这个辐射阻抗的阻性分量是约 377 欧姆，这个值是根据空隙的介电常数和空隙的磁导率（或者空隙的电感和电容）的比率确定的。如果线缆表面对传播电磁场所显示的阻抗数值和空隙在未被占据的时候相同，那么线缆将产生面积小得多的天线效应，由此吸收的能量和未匹配的与如此线缆同样范围的良好导线相比要少得多。线缆作为天线的的作用将明显变少，仅仅由于能量流过只不过在光学上明显突出的区域时才予以聚集。在事实上，它对于辐射电磁场而言几乎是看不见的。无论外套系统的内部各层可能设计成何种式样，如果这一效应存在，那么其它此类内层的屏蔽效应将得到大大增强。

根据本发明可以使用阻抗匹配的外壳来实现这种使表面或外部的视在阻抗和空隙的辐射相匹配的设计。该外壳如图 1d 所示。参见图 8，线缆 301 具有四芯线组导线结构 303。阻抗匹配外壳 305 设置于四芯线组导线 303 周围。该外壳具有和空隙的辐射特性匹配的视在辐射阻抗，可以采取在聚氨基甲酸酯护套材料中使用消耗性装填物的办法而应用于相当宽的频率范围。装填人工石墨碳粒子（比如 Asbury Graphite Mills（在上文引用）A99 材料（或者较细尺寸等级））和金属粉（诸如 ASTM N02200 级雾化纯镍粉的 OMG Americas（在上文引用）AN325（或者较细等级））的混合物能提供必要的辐射耗散特性。

在选择材料和结合方式以求达到和阻抗匹配外壳的表面特性的间隙或消耗性阻性匹配的效果的过程中，应该考虑两个方面。第一，有一种方法，可以评估材料和结构在将辐射电磁场在遭遇该材料时的冲击减少到最小方面的性能。这是可以选取适当材料的一种方法。使用为所关注频段的射频场而设计的消声室，可以将相对平面波射频场发射在无反射壁上。然后可

以配置一个指向性射频接收器，以便观察从如此墙壁反射回来的能量大小。可以采用发射和检测脉冲，将返回的杂散能量减少到最小。通过将和待评价线缆同样外形的金属导电物放在相同的墙壁上，可以记录其反射。然后移去这一测试部件，并且将其材料覆层有待评价的线缆放置在测试品曾经搁置的地方。然后重复测量。所得到的值是对测试材料和空隙的匹配程度的相对测量量。使用如此的方法或别的方法，可以尝试其它可能被采用形式的碳或类似材料。例如一些自然或者开采得到的片状石墨和/或其与其他传导性粒子或各种金属纤维相结合，例如包括或不包括非常小的不锈钢粒子或纤维可以是充分适当的。存在一些可以以这种方式起作用的材料，特别是非常接近和空隙特性匹配从而使对所关注频段辐射电磁场的“拾取”减少到最小的材料。

对一根线缆不将能量从外来场转移到其信号通路中的能力进行估价的一种著名的测试方法是美国军用技术标准 MIL - C - 85485A 分条 4.7 等等所定义的“表面转移阻抗”测量法。不过，这种测试法在面对平衡好的四芯线组结构的时候不能完成其（定义侵入效应的）目标。该测试法即使在其共轴系统的主要领域中也不是能完全满足要求的。这一概念，如果适当地应用于本发明结构，作为充分超出屏蔽层本身的能量衰减能力的平衡抑制所作贡献的结果，将很可能显露出极低的能量转移。关于该 MIL 指标的测试问题，以及其它有关线缆设计和测量的测试问题，参看下列两份参考资料：Clayton R. Paul 所著的“电磁兼容性介绍（Introduction to Electromagnetic Compatibility）”（1992 年由位于纽约的 John Wiley & Sons 公司出版），第 10 章，第 491 - 692 页；“电磁兼容所采用的线缆屏蔽层（Cable Shielding for Electromagnetic Compatibility）” Anatoly Tsaliovich 著（1995 年，Van Nostrand Reinhold 出版），特别是第 3 章。

包围四芯线组结构的内屏蔽层还有另一个目的，即作为电磁镜限制四芯线组导线的内部场，这样防止信号能量的损耗。进一步的好处是，导线结构也通过其受到更多限制的传播减少信号能量损耗。回到图 1c，在电介质定位器 89 的外表面附近的传导层 101 经设计使如此的损耗最小。这一表面经过最佳配合（料），这样，它和四芯线组导线之间的空隙和导线对间的

隔相比是明显的，有助于保持精确对称性，并把屏蔽层（“镜”）的影响减少到最小。这将是一个可能达到导线对之间的空隙的两倍或比两倍还多的直径。（参看贝尔系统技术期刊（Bell System Technical Journal）卷15，第2期，第248 - 283页，Estel I. Green, F. A. Leibe 和 H. E. Curtis 著述）

5 为了保持四芯线组固有的平衡，源和端接装置也很重要。对线缆在这些端部的固有平衡的任何明显干扰都促进所进入的不必要能量的增加，另外增加导线对之间的内部串音。新颖的平衡到不平衡耦合器（“baluns”）和线缆驱动电路不平衡变压器的一些例子显示在图12和13中，它们构成图2系统图表中所示的再生器，节点接口装置和用户接口装置的一个重要部分。它们将在“良好平衡的驱动和端接”部分进一步讨论。

10 本发明对达到电磁结构性几何形状的精度的另一个贡献产生于如图3所示的导线定位器结构。已经有证据表明挤压有四个导线在适当位置的四芯线组的努力存在明显的可变性，即使在尽极大努力来控制这一过程的时候也是如此。1968年6月25日授予Compagnie General d'Electricite公司（巴黎，法国）的Eyraud和Delorme的加拿大专利No. 788, 603致力于产生良好的对称性，办法是将四个螺旋形槽机械碾磨到由热可塑性电介质（大概经过挤压）构成、由玻璃纤棒在中心加固的连续圆柱形“轴”中、然后将导线放入这四个经过碾磨的槽中。该专利表明槽呈螺旋形以提供四芯线组取向的所希望的螺旋形旋度。然后这样的组件用适当的补充性绝缘电介  
15 质遮盖，然后进行屏蔽，并在外面加护套。塑性“轴”材料及其处理方法未被讨论，也许将其挤压成适于机加工的形状。

20 在本领域众所周知的是，在以如此的方法形成的材料中通常存在相当大的压力。机加工释放了这些压力，结果是明显的应变松弛。这既在初始时影响了机加工所产生的“轴”的精度，而且随着时间的流逝由于既有场内老化也有户外线缆系统所经历的日常温度循环所带来的释放而增加了这一影响。Eyraud专利的方法，撇开其产生“轴”的方法的任何局限性不谈，自然地引出了将其接线的“轴”置于一些电介质和屏蔽层之中时所出现的一组不同的精度问题，因为这样做所出现的任何误差也将转变为所产生的系统中的不平衡。完成这一最后制作阶段的方式没被披露，该专利只是简  
25

单地提出了一些建议，比如用带缠绕。

本发明避免所有这些问题的办法是提供一个精确绝缘和定位结构（如图3所示），它把导线组71，73，75和77锁定在电磁围住的最终形状内的精确位置。在一种形式中，利用被披露在下文的“挤压方法”一节的稳定性特别高的挤压处理工艺，将定位器89制成为四个连接的纵向部分。这一工艺确保四个部件的如此制成的形状不仅在制造期间而且在接着的长期使用期间以及在场的老化期间都保持相同状态并且稳定。本发明方法释放了通常和在通用挤压方法中（甚至在利用螺杆塑化装置进行混合的时候）出现的压力与温度梯度有关的应力。本发明线缆系统的终生性能，无论是在室内还是户外，可以保持到甚至100年以上。所选的现代材料和本发明的制作方法一起使这一合乎需要的目标能够以经济可行的方式达到。

在几个优选的形式中，另外，这些新颖的绝缘和定位部件互锁在也具有下文将进一步披露的特殊形状的精确环状信号导线周围。这四个定位器部件的一般形状的一些实例进一步图解在图3，4，5，6和7中。这些图图解了典型的一组联锁的凸出和凹槽是如何经过构造，将用于四芯线组的四根导线的定位器结构的各元件捕获并固定在相对位置处。参看图3，定位器89具有四个单独的部分。这些部分被编号305，307，309和311。每个部分一般是L形的，包括和狭槽315相配的凸出构件313。这些元件进一步表示在图3a中。图3a还表示了允许这些部分方便地加以挤压的绞链点317。一旦形成象图3a那样的挤出件，每个部分可以相对于其毗连部分旋转，以便形成一个完整的定位器89'。

图4显示模压成（mold-in）绞链317的详细图。如同也许能见到的那样，在四部分挤出件中，通常三个连接或绞链317b将是适当的。

这些部分可以旋转以便形成完整的定位器89，或者可以在如此的形成之前在绞链点分开。图5显示了它们被分开的实施例。图5也表明了每个定位器的凸出构件313进入狭槽315时的位置。

这一情形用更多的细节表示在图6中。特别是，图6显示的是一个可能的弹簧锁定结构例子。凸出构件313周围的一个环形圈装配到开槽315的一个对应部分里，从而更牢固地固定定位器89'的各部分。

其周界可以是任何方便的形状，图8中所示的是圆形。另外，图8还  
5 显露了固定光纤或者其他导线的可选周界狭槽319。在该结构的一个替代形  
式中，开槽319也许不存在，而是该周界仅仅是呈一定圆对称的表面。在  
该结构例子中，除四芯线组的四根导线以外的任何光纤或导线可以是完全  
在四芯线组线缆导线的内部。

回到图1b，在定位器的孔隙或缓冲物通道81，83，85和87中有足够  
10 的空隙来安装光纤线路。此外，可以形成定位器形状89'，以便接纳无论哪  
种渴望形状的线缆。不过，这四个区域的定位和电介质特性必须保持四芯  
线组的内部电对称性。这四个区域必须在它们的电特性上保持一致，即便  
是那个方面可能和它们作为光纤固定器的功能没有关系。

发明者已经进一步发现了另一个在新四芯线组结构中包括光纤的途  
径。如图3所示，四个环状导线71'、73'、75'和77'的芯部90可以被用  
15 来按每种或任何一种组合包括光纤321，而不会扰乱电平衡。例如，在四个  
环状导线的每一根的内部提供1到16或更多根光纤，允许电性能独立于光  
纤的电介质特性之外。这一优点是相当可观的，这是因为四芯线组的所渴  
望的螺旋形扭曲（非限制性例子采用一英尺大约2圈的螺旋度）还将为光  
纤的弹性凸纹提供明显的裕度，把它从热膨胀运动中或将机械应变从线缆  
20 移动中解放出来。在例子中所建议的螺旋度使线缆内的导线和光纤长度达  
到相当于其总外部线缆长度的110%。

图10a是本发明环状导线的一种可能类型的截面图，它这里例示为  
20 71'，该导线的中间区92允许光纤在制造期间进行安装，或者甚至在线缆  
被安装之后吹入到位。可以在线缆被铺设之后安装光纤的一种途径包括光  
纤吹入技术。在该技术中，蘑菇形状的装置被缚在光纤的端部上，并且，  
光纤的尖端放置在线缆内。高压的空气源使蘑菇形状的装置移动，将光纤  
25 从线缆中拽过。另外，也可以使用其他的技术，比如在本领域中的公知技  
术。图10a表示此革新性设计的环状导线例子的横断面。中心环状支撑护  
套94的厚度仅仅需要能够充分支撑编织成的特殊电导线110即可。内光纤  
导管94的表面可以由类似一种含氟聚合物的低摩擦材料制成。这允许在接  
纳光纤时可以采用广泛的可能选择方案。在这个例子中可能采用的例如36

根单线的每根线的结构得自于把在编织带状的多线导线结构中发现的趋肤效应和靠近损耗减少到最小的新方法。关于趋肤效应的讨论在上文名为“能量损耗和 HFTL”的一节中有介绍。在考虑电磁波传播到传导性介质的有关特性的时候，进入材料中的实际物理能量的群速度基于对它是电场效应的考虑，显著变少。那个速度仅仅是光在自由空间传播的速度的非常微小的一部分。例如，在描述上述给定的铜的趋肤效应数据的条件下，该群速度在 1MHz 下是 47m/s 而在 100MHz 仅仅增大到 470m/s。环状导线的空隙和形状可以进行选择，以便在不牺牲环状导线的质量的情况下适合光纤的要求。随着时间的推移，光纤也许会由于水蒸气的腐蚀而易受损害。可以使用超吸收性的化合物来填充在塑料被覆的光纤周围的在携带这些光纤的中心区 92 里的空隙。这些材料吸收进入在其它方面密封较好的防水线缆结构的极少量水，并将其固定不动。如此线缆的外护套 94 也必须是水相对透不过的。

图 10b 表示把本发明结构利用于改进 36 股（在图中显示为端部）其上被覆有铜、导电率 50% 的 #39 号磁性材料电线的性能的环状导线，下文结合图 11 加以说明。这 36 股中每股电线都如同图 10b 所表示的那样，用铜材料的第一导电层 353 被覆一个抗拉钢纤 351。接下来是有高介电常数各向异性的高频磁性材料基质 355，下文将对此进行描述，并进一步覆盖以含氟聚合物绝缘体 357。为了形成环状导线，这些电线被编织成  $2 \times 18$  织布编带，填充外径 .042 英寸中空护套的周围部分，该护套适于包括光纤或其他的导线。编带是将设计外部直径紧紧保持在保持公称设计阻抗值所需要的数值的密织布。

另一种形式的环状导线，如图 10c 所示，本质上是防水蒸气的，它借助坚固的金属管 102 为其包容的光纤提供更好的保护。在图 10c，显示了一个供光纤用的中心区 96。包围该区的壁厚应该足够支持一定的弯曲和所遭遇的磁场强度。该区域的周围是层 98，该层由管状磁性材料形成，用来为光纤提供环状的支撑护套。最后，在层 98 上放置被覆层 102。如图 10d 所表示的那样，被覆层 102 可以有 3 层。第一个被覆层 104 由导电层形成。就这个例子来说，第一被覆层 104 可以是厚度 28 微米的铜。第二层 106 由

磁基质形成，它具有各向异性的 $\mu$ 和 $\epsilon$ 。就这个例子来说，第二层 106 的厚度大约 10-20 微米。第三层 108 可以由电介质被覆层构成，就这个例子来说厚度为 4-8 微米。关于这些层的概括说明在图 10d 中表示。

#### 环状导线

5 该说明书的环状导线有对这四个导线在本发明中实行的这些功能进行补充的一些元件和结构。环状导线可以根据特定的准则而选择。适当的环状导线可以实行这六个功能中的至少一些功能：

1. 携带具有可接受高频色散的两个信号通路。
2. 给在线再生器、UID 外围设备，以及有关装置提供能量，并且选择性地允许 POTS 信号流动。
3. 保持在每对导线的宽频带特性传播阻抗方面的精度和平衡。
4. 将信号损耗保持在可管理水平以下，特别是在高频。
5. 当前和未来应用所需要的光纤的保护管道。
6. 为四芯线组组件提供补充性的强度和稳定性，以便保持为达到低 XTLK 和高 EMIR 所需的几何结构。

15 图 11 是上文结合图 10b 所讨论的如此一种单电线的截面图。其设计在一些明显的解决途径上有别于现有技术，它可以利用一些不太为人所知的波传播效应于导电介质内和其上。本发明的这些方面的目的是改进载送信号元件的性能以及通过改变下面两个因素来抑制不必要的外部电磁能量：

- a) 单导线的趋肤效应特性；以及
- b) 实质性地更改一根导线对相邻导线产生的靠近效应相互作用。

对电磁信号能量传播到导线结构中的方式的修改是以不对称的方式实现的，该方式鼓励沿导线长度的传播，并改进信号到导电元件中的渗透。

这些导线至少有这些主要的特征：

- 25 1. 它们采用强度相当高的铁磁性材料芯线 351，它们是由在轴向磁化的时候也有着明显剩磁的材料中选出的。

2. 高传导率的金属被覆层 353 被施加到如此的芯线的表面上。在图 11 所阐明的例子中，为覆盖着铜的制得电线所选的直流电阻是完全用铜做成的相等直径的电导的 50%。如果用铜作为传导性材料，仅仅需要在铁磁性材

料上覆盖相当薄的铜层。

3. 该导线层还用特殊高频磁性材料的薄被覆层 355 覆盖，它有着适度磁导率，还显示有下列的其它特性。该被覆层材料 355 是从各种材料中选出并以成型方法制成，使得它被置于复合线材上的时候，其磁导率 ( $\mu$ ) 和介电常数 ( $\epsilon_r$ ) 可以通过强度以及实际偏置磁场的方向充分改变。当电线磁化的时候空间各向异性导致  $\epsilon_r$  和  $\mu$ 。对于给定的应用和所关注的频率范围，磁性材料更多地被选择，使得它具有在该范围上随频率作适当期望变化的磁导率，以及有着期望的有限能量耗散性损耗。

4. 磁性被覆层 355 可以是非常细粒子材料（例如，甚至是纳米级）和基质粘合剂的混合物，基质粘合剂的选择是允许介电常数和磁导率能够在复合电线的制造期间充分永久地定向和被磁场调整，使得由此产生了在这两个参数 ( $\epsilon$  和  $\mu$ ) 中的明显且期望的空间各向异性。这在导线的圆周区域提供了和轴向明显不同的磁导率，而同样地在圆周和轴线的介电常数方面存在着相关的各向异性。这可以通过让磁性材料和粘合剂在一些准流体或半固体形状中混合，混合物在制造过程期间凝固，但仍然处于具有能够满足目标的足够比例的磁场的影响下。

磁性材料可以是一类高频铁氧体，比如飞利浦铁氧体软磁性材料 4 型镍锌材料在烧制之后压碎，然后精细碾磨成粒子大小在 5 微米以下的占重量 98% 的颗粒。

已经进一步发现合乎需要的是，可以施加偏置磁场，这样，场极性以将导致各向异性沿电线长度连续出现的方式反转，但是，用铁磁材料线芯的剩余磁化和磁分子的相关极化沿电线长度方向在空间上周期性地反转。空间周期性是结合铁磁材料线芯里的退磁效应，而且还结合拟在线缆系统中传输的最高频率频谱的波长和该频谱所希望的传播特性而选出的。

该各向异性系统的结构和作用与现有技术根本不同。有为数众多的例子是，利用磁性材料来如过去所作的努力那样简单地“装载”信号导线，以增加线路的电感，由此提高了其传输阻抗，并且由此减少了信号损耗以及纠正频率响应衰落。关于这一点的美国专利有：Elmen 的 1,586,887 “感应性装载信号导体 (Inductively Loading Signaling Conductors)”；

Fondiller 的 1,672,979 “负载导体 (Loaded Conductor)”；Prache 的 2,669,603 “具有磁负载的传输线 (Transmission Line With Magnetic Loading)”；Raisbeck 的 2,787,656；Josse 的 4,079,192 “减少高频泄漏的导体 (Conductor For Reducing Leakage At High Frequencies)”。并且，按效应不同的分类有：Barlow 的 3,668,574 “利用加重非对称双表面波的混合模式电传输线 (Hybrid Mode Electric 20 Transmission Line Using Accentuated Asymmetrical Dual Surface Waves)”；Lorber 等人的 4,017,344 “时间延迟特性改进的磁增强同轴电缆 (Magnetically Enhanced Coaxial Cable With Improved Time Delay Characteristics)”；Broomall 等人的 5,574,260 “高频信号传输特性改进的复合导体 (Composite Conductor Having improved High Frequency Signal Transmission Characteristics)”。Elinen 和 Prache 是在线路中电感加载和集总电感线圈效应相等的例子。Prache 是首批分析磁性材料对加载线缆阻抗的电介质效应的人员之一。Raisbeck 的美国专利 2,787,656 (1957 年 4 月 2 日) 通过在分析中加入包括被 Prache 疏忽的介电损耗在内的全部损耗而完成如此的分析。Raisbeck 的分析在他于贝尔系统技术杂志 (Bell System Technical Journal) 1958 年 3 月刊 (第 361 - 374 页) 上发表的文章中有进一步的详述。此类工作的重点是把给定尺寸 (主要是在共轴类型的线路中) 的传输损耗减少到最小。它们并不试图直接改变诸如表面或靠近的效应。

Fondiller 的较早美国专利 1,672,979 (1928 年 6 月 12 日) 以一种挤压方法用磁性材料包裹电线，他还通过沿电线发送“强直流电流”将该电线磁化。所阐述的被覆材料是在粘合剂里的铁粉。该专利解释道：直流磁化的目的是提高被覆层的磁导率，因此增加每单位长度的电感，遵循的是通过提高传输线阻抗水平来降低损耗的已定方案。并没有不对称特性或其它磁或电介质效应的有关披露。

Josse 用磁性材料包裹电线的主要目的是减少来自靠近电线中的涡流的损耗，将该原理适用于 Litz 电线应用场合。他还对超导线缆和非常高电流功率传输线频率应用采用该处理工艺，在该应用的焦点似乎是涡流效应。

后面一组的三个专利 (Barlow, Lorber 等, 以及 Broomall 等) 是截然不同的。它们全部描述了不容易被古典传输线路和导线理论解释的实验性结果。它们全部都引用显现出非经典特性的实验性数据。仅仅 Barlow 发展了一个有关影响波传播的表面波特性的理论。Lorber 在他的结构中观察到异常低的时间延迟, 但是建议提高与线缆的分路电容串联的有效电感来对它进行解释。在他的说明书的其他部分中, 暗示了这个观察特性应归因于一个“波导”效应。Lorber 还引用 Kehler 和 Coren 的 1970 论文 (参看 Kehier 等人的文章“柱形膜的磁化系数及波纹研究 (Susceptibility & Ripple Studies in Cylindrical Films)”, 应用物理期刊 (Journal of Applied Physics), 卷 41, 3 期, (1970 年 5 月 1 日) 第 1346、1347 页), 该论文证实在被采用作为共轴结构中的中心导线的一小段薄磁性覆盖的电线里在 110 MHz 下存在着非经典的传播效应。

Broomall 等人发展了他们的纯粹根据趋肤效应特性解释不规则传播效应的理论。他们的结构和 Lorber 不同之处是采用了磁衬底作为它们的基本结构, 但是它们也建议了一个将磁性材料放在中间层中的三层结构。他们所给的例子仅仅表明在损耗和延迟特性方面有适度的改善, 而没有对传播占支配地位的过程给出建议。他们的教导并没有清楚地说明如何使他们的的方法优化适用于其他的材料和尺寸。

如此说来, Barlow 是这些例子中清楚地提出了对波传播过程的直接效应的唯一一例。正如前文所作的讨论那样, 趋肤效应可以更有效地被看作是在所有这三个专利所采用各种手段的高传导性和 / 或可透过性介质内的传播效应。Barlow 在他的说明书中承认分析数学处理方法的缺乏。他把他发现的一类实验论述为他称作是 non-TEM 模式的一种新颖传播模式的示范。他采用电介质层开发新颖的模式, 并且给出一个很宽的厚度范围, 拟使其覆盖 1 MHz 到 10GHz 的频率范围。他的杂志论文和在专利给出的曲线表明在衰减作为所加的电介质薄层的函数关系存在着明显的改变。

很有可能这三个专利都能从改变能量传播的能量陷井特性中得到充分理解。

这些所引用的现有技术都没有涉及本发明提出的传播效应, 它们也没

有在连结点各向异性对介电常数和磁导率的影响和发展方面提供教益。上文所讨论的铁氧体型材料仅仅是有显微结构特性的可能材料的一个例子，该可能材料使得在适度值（1 特斯拉以下）的磁场的影

响下，它们的电磁特性（电介质，并且磁性）相对于磁场的强度和方向有明显的改变。其它的晶体、半晶体或者甚至有些无定型物质可以展示显现出可比较的各向异性的内部排序特性。本发明在某种程度上利用这样的效应来完成对产生于这些特性的不寻常空间分布的传播特性的增强。

5 5. 复合电线可以被绝缘外层 357 进一步覆盖。然后绝缘结构将复合电线各组分分离成在如图 10a 所示的支持纤芯上的编织或者螺旋状包缠的环状导线。

#### 环形导线的选择性实施例

图 10c 是可以用于四芯线组线缆的环形导线的又一非限制性实施例。首先参看图 10d，这个空芯环形导线可以磁性材料单管 98 被覆以导电（金属）层 104，后加以磁基质薄层 106，然后再在其上被覆以非常薄的绝缘层 108 而构成。这一结构类似于前文所述单线的层状结构。对于许多应用，这种单一的管状磁芯结构是较为有利的。例如，它允许四个环形导线各自将光纤围在防汽管中，而不要求整根线缆都完全进行水汽防护。这样一种管还有可能增加光纤和充分吸收的保护性填充物可用的中心空间的直径。可磁化管中的剩磁、导电层的尺寸确定、以及基质层的各向异性特性都可以加以调节，以使损耗足够低并提供均匀的传播特性，从而导致其性能基本上和前文所述的金属丝网相同，也许比其更好。这简化了线缆的结构并且降低了成本，其结果是线缆更轻，尺寸上也略有减少。该线缆例子的抗张强度构件可能是一个被置于线缆中刚好在外套覆层之下的抗蚀高强度编织带。所述的外覆层应当采用 EMI 对称化器，而阻抗匹配的外壳层具有阻性的空间阻抗设计，两者均如上所述。

25 这些环形导线至少具有下列独特且新颖的特性，它们在许多基本点上均不同于发明人所了解的现有技术。

现有技术的磁“装填”结构和系统针对用于发射和传递电磁能量的导线系统的损耗特性，一般着重于简单地提高传播电磁能量的传输线的阻抗

值。按照这一策略，这种导线损耗的电阻大小成为传输系统阻抗的较小部分，因而减少了由于这一原因而损耗的那部分能量。这些尝试本质上不会影响传播特性，它们也不会降低（特别是在高频下）支配着导线交流电阻的趋肤效应电阻。这些方案的缺点是为降低损耗牺牲了可用带宽。一些例外情况已经涉及了上文提到的涡流和接近效应。该技术大多数是在采用了窄带或固定频率策略的电力传输应用之中，而这一策略并不能应用到宽带信号能量传输之中，也不适合于此（参看美国专利 3,160,702, Lapsley; 和 3,594,492, Bader.）。

另一方面，本发明改变了导线中的趋肤效应，更改了能量沿传输线路传播的方式。这样的方案不必提高结构的阻抗来达到改进的目的，而且带宽也未因此而受影响。

对导线结构的审慎选择要求除了使传输能量损耗适于任何给定应用要求以外，还能够实现其它的目的。这种对各项选择所作的平衡例如有先进的四芯线组结构的系统目标，该目标着重强调信噪比，因而更强调在 XTLK 和 EMIR 特性方面的高性能。这些特性一起要求网络性能能够满足最后一英里线缆系统的要求。

### 孤子传播

在一些条件下，在所研究的线缆中的传播表现出非常低的能量扩散特性，其类型和在十九世纪中叶（1834年由 J. S. Russell）首先观测到的孤子传播特性有关，这是一种由拖轮在苏格兰的运河上航行时产生的传播距离很远的非常水波。在 Russell 之后，其它人随着 Korteweg & deVries 研究出一个重要的基本描述（1895年）也从数学上探究了这一现象。Fermi 及其他人在 1955 年研究出这种水系统的数学模型，但接下来的主要成就是在 Zabusky & Kruskal 将分析进一步深入时取得的，他们杜撰了新的术语“孤子”用以解释这些波现象的类似于相干群的特性。关于这一主题的大多数数学和实际工作是在此后的 30 年内作出的。孤子传播已被应用于光纤系统，其光模态取得了显著的改进。如今在应用中的光纤采用的即是孤子技术。

根据本发明的电磁传播条件的新颖各向异性本性允许采用空间传播非

线性（即，相对突然而且空间周期性变化的 $\mu$ 和 $\epsilon$ ），来发射和接收此类孤子模式下的能量，其色散度非常低，因此有非常好的高速波形逼真度。孤子传播的优点是较低的能量损耗，较长的行程，较大的有效信号带宽，这是因为孤子群速度具有载运信号能量达一段可观距离同时在时间和空间上保持其能量和形状的特征。

用以实现这一目标的信号源和负载耦合装置可以采用较为复杂且成本较高的结构，但是在需要的时候应易于证明其是正确的。发明人还未发现将此类方法采用于在基本为电的能量传输模式下亚光波段内进行电磁波的孤子传播的现有技术。上文所引用的三份专利（Barlow, Lorber, and Broomall）全都建议非传统的传播方式，但它们既未解释也未教导能够达成此类适宜状态的方法。本发明的该实施例预期了如上所述的这种各向异性结构安排，它将不仅展示数字信号较高速分量的低色散性，还促进了信号传输的低损模式的发展。在前面有关特殊环形导线结构的章节中所讨论的其它各向异性波传播效应可以通过选择磁场而加以改变，并获得对于任何给定信号而言的最佳值。

#### 定位器制造实例

出于对四芯线组线缆所需对称性精确度的考虑，合乎需要的是不论定位器的环境条件的预期（或通常）的改变带来什么样的变化，定位器应能够保持基本不变的电磁功能性。通常的热塑性挤压形状包含了显著的内应力，该应力导致在成形之后，特别是在室外使用过程的老化期间发生形状和尺寸上的变化。为了从根本上克服这种问题，发明人开发了种种技术来降低在成形处理期间这种应力的产生。

可以采用热塑性熔体、模壁和挤压机的振动来提高流率以及改进成品质量。现有技术采用在 0.7 和 20000Hz 之间的振动频率来达到在制备一些热塑性产品时的各种目标。

发明人采用了一种新颖的技术来处理热塑材料。发明人发现在挤压处理期间频繁地重复进行急剧减压和受压会导致在所得到的挤出物形状中产生平滑得多的流动和低得多的内应力。图 8b 和 9b 中所示的这种从高到低再高的压力循环是快速的，足以使这一过程是绝热的。

该循环从效果上看是一种抗锻造工艺，通过该工艺引入的扩展波促使钩住和互锁的聚合物链开扣、解锁。本发明的一个重要特点是在最终成形期间压力释放，变为大致相当于大气压的压力，以及在从略高于玻璃态转变温度冷却到基本固化状态期间维持如此的低压。由于不同瞬时材料和工艺的变化很小，可以利用模制材料的共同流动同时形成定位器的各部分。

对于其玻璃态转变温度低到足以在低于 600°F 的溶化温度下提供充分的可塑性的热塑材料来说，优选采用如下文实例 A 所示的过程。对于其它热塑材料，比如聚四氟乙烯 (PFTE) (它实际上并不完全溶化而是需要有一个烧结处理，实例 B 这个实施例可能更为适当。下文将对这些实例加以注解和说明，并将之图解于图 8 和 9 中。

#### 实例 A

这个处理过程的一个重要因素是在熔体成形和挤压处理期间压力的释放以脉动形式快速而频繁地进行。这些热塑聚合物的分子构型的特点是分子量和聚合物链长度都发生变化，这促使各链之间互锁，导致非牛顿流动特性，从而由典型的高压形成方法产生牢固 (locked-in) 的应力。

图 8a 表示的是和挤压机主体 203 相连的挤压模头 201。一个挤压螺杆 205 位于挤压机主体 203 之中。和活塞 209 一起使用的是一或多个液压活塞组件 207，它用于调节体积的变化并进而调节压力。使压力明显降低所需的体积量变化可以较小。因而在最后的混合室周围刚好位于挤出模之前的小液压活塞仅需运动一个非常短的冲程，即足以允许产生快速的压力变化，而其惯性比努力使螺杆式塑化机或主压力活塞运动时可能出现的惯性要小得多。发明人还发现挤压模沿镗孔的形状应当为小的锥形，以免在接近最后成形孔的地方出现湍流式混合。

对于这一处理过程，比较恰当的压力可以从约 0psi 到 2000psi，而这一压力可以在大约每 1 到 10 毫秒的时间内循环一次。循环压力可以在热的挤出物冷却到比如从 -50°C 到 +50°C 起伏的玻璃态转变温度时作用在其上。

脉动挤压阶段之后是在浴槽 211 中作受控制的缓慢冷却退火，其用意在于防止在挤出物中形成明显的冷却梯度，以防引入应力。这种冷却退火

流程图表示在图 8c 中。图 8c 是在挤压之后挤出物立即进入的挤出物（大约  $100^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ ）处理炉的简要结构安排。在步骤 213，热的挤出物从模头脱出。在步骤 215，热的挤出物暴露在比挤出物温度低  $20 - 50^{\circ}\text{C}$  的温度下的第一浴槽，在下一步 217，有点冷却的热挤出物暴露在比步骤 215 温度低  $20 - 50^{\circ}\text{C}$  的温度下的第二浴槽。在下一步 219，挤出物暴露在比步骤 217 温度低  $20 - 70^{\circ}\text{C}$  的温度下的第三浴槽。最后，在步骤 221，挤出物暴露在温度保持在大约  $145 - 150^{\circ}\text{F}$  下的洁净浴槽。在洁净浴槽之后，进行温和的冲洗（步骤 223），清洁挤出物，然后作温和的空气干燥。每个步骤的持续时间经设定能够使挤出物在进入下一退火步骤之前保持温度平衡。每个步骤的时间因挤出物的截面形状和尺寸而改变。

在检查这一脉动性释放压力的方法的成品结果时，完全冷却样品和老化样品的整个挤出长度都浸入均匀加热的浴槽中，确定是否能观察到任何变形。当采用和未采用实例 A 所略述的处理过程生产出的挤出材料互相比时，其差别是显而易见的，未经这种技术处理的部件发生明显的变形。而经过处理的部件没有形状或尺寸上的变化，或几乎不存在变化。所观察到的改进据信是由于互锁和加有应力的分子链在脉冲的短暂低压部分期间解锁和释放而造成的。挤压的最后成形阶段可以在低压条件下进行，在该条件下流动特性明显得到了改进。凝固阶段应当在和将提供模具接触的压力一样低的压力下进行，通常在  $1 \times 10^5$  帕左右。

脉冲化的释压处理增强了挤出物的流动性。所采用的锥形根据要产生的截面的形状和尺寸而定。从 2 到 15 度的锥度可以包括对于大多数小的形状和类似聚乙烯、聚丙烯、高分子量聚乙烯和一些共聚混合物的材料而言的最佳范围。进行锥度控制的一个重要参数是局部体积缩减的比例，该局部的体积缩减会产生将挤出物排出的压力升高，和绝热温度上升。所需要的锥度大小将因熔体特性（粘性和非牛顿特性）而变化。角度的选择可以和局部体积有直接关系，而且在理想情况下，它将因复杂形状下的局部厚度而变化。对于许多的熔体特性，有效的缩减量可以在大约 1 到 7 个百分比的范围内。

挤出物的初始出口在进入第一个退火浴槽之前具有非常短的空气冷却

段。这个第一浴槽温度的选择可以由实验作出，只是为了以相对于其形状、段厚度和出口体积速度而言最小的应力稳定这一特定材料。考虑到在脱离模具时由于压力降总是有一定的绝热冷却，无论何处这一温度可以比挤出物出口温度低 20°F 到 100°F。发明人已经发现三个阶段的连续浴槽温度降低也许足以完成应力的释放并使大多数的模具稳定。挤出物和浴槽接合的长度以及它在其中所花费的时间是由挤出物从浴槽中脱出时的温度的稳定性决定的。在最后的退火浴槽之后，一个洁净浴槽将退火浴槽的任何残余物除去。对于高温热塑材料，初始的浴槽可以含有适宜于工作温度的低酸性净化的矿物油之一。洁净浴槽清除这类残余物和其它重要的表面杂质。

#### 实例 B

由于在 10MHz 到 1GHz 频段其具有较低的介质常数和极低的损耗特性而极受欢迎的含氟聚合物有着困难得多的成形特性。这些材料不能象在实例 A 中所讨论的热塑塑料那样融化。以微粒形状开始的含氟聚合物材料按照和粉末冶金类似的方式处理。将其压成一定形状，可以采用粘合剂进行，使其成为“生坯”，然后烧结成最终的固态。发明人发现，在这种生坯的压力成形期间，类似的脉冲压力释放对成形之后的烧结处理过程的产物和均匀性有积极影响。图 9a、b、c 叙述了一种应用于这种材料和形状的方法。在完全烧结和熟化处理 PTFE 之后，例如在惰性气氛下和在产生 1 到 3 个百分比的快速高-低-高容量变化的压力脉冲化成形模中对受热材料进行后处理，增强了最终形状的稳定性和准确性。这一系列的改变压力的处理步骤构成了用于这类材料的实例 B。

参看图 9a，图中表示的是一个惰性气氛室 251，一个带状 253 的烧结材料连续流馈入其中。在惰性气氛室 251 内有一个带状加热室 255 对带 253 加热。锥形的成形模装置 257 接纳带 253。脉动压力活塞 259 对加热烧结带 253 施加退火压力波，由此减轻内应力并改进形状的稳定性和准确性。脉动压力活塞 259 可以采用时间图案和图 9b 相似的脉动波。压缩比由模挡板设定。

图 9c 的流程图中表示了这些步骤。具体地说，步骤 261 表示了引入惰性气氛腔 251 之前的热压缩 FTPE 带。步骤 263 表明该带以低压进入烧结

腔中。在步骤 265, 热烧结的带馈送到图 9a 所示的脉动惰性气氛模装置中。步骤 267 是最后一步, 在该步骤热带以低压送入冷却腔中。

#### 螺旋性扭曲

5 本发明四芯线组线缆的最后成形步骤包括对定位器作适当的扭曲。所期望的螺旋扭曲是在这样一个处理过程中完成的, 该过程仅仅装配没有导线的中心定位器, 然后在受热阶段通过被保持在低于玻璃态过渡温度 ( $T_g$ ) 的某温度下的一个成形模系统将所期望的螺旋性扭曲加给该组件。冷却后的组件随后在下一阶段部分地打开, 使导线得以安装在它们的槽口中。接下来, 组件在进入下一阶段的时候受压闭合, 由此内层的屏蔽 (或镜) 材料装配到线缆初级产品上。然后这一组件可以作最后的被覆操作, 覆盖以屏蔽层部分、抗拉构件和外套层。

10 在挤压处理之后, 定位器准备进行安装。用于定位器的合适热塑材料可以是这样的: 定位器材料的电阻率在  $10^5 - 10^{18}$  欧姆-秒, 其介电常数在大约 1.05 到 4.0 之间, 并且其低的介电损耗在目标频段, 一般高达或大于 15 1GHz 的频率上具有小于 0.1 的损耗正切值。

其它材料特性是, 定位器材料应当具有老化和风化特性, 使得对于  $-50^\circ\text{C}$  to  $+50^\circ\text{C}$  的温度范围和 0 到 100% 的湿度范围, 电磁功能性的变化应当小于 1%。供定位器用的塑性材料的可接受弯曲模量值在  $0.07\text{E} + 9\text{Pascals}$  的最小值 ( $0.01\text{E} + 6\text{psi}$ , 软聚乙烯并且可能也是 PTFE 的典型值) 20 到  $6.89\text{E} + 9\text{Pascals}$  ( $1.00\text{E} + 6\text{psi}$ , PAEK 的典型值) 之间。这些类型的材料可进行不同程度的模制, 或需要加以“烧结”, 使得它们能够跨越上述类型范围。以玻璃填充的聚丙烯也可以是候选的一种材料。这些材料的各种混合物也可以使用。

#### 为取得良好平衡而驱动并端接

25 本说明书所预期的网络操作有三个感兴趣的频域: 1) 用于电源或极低频信令的 DC 或低频段, 正如 POTS 振铃电压在约 20Hz; 2) 从约 375Hz 到约 3400Hz 的低频或语音频段; 3) 达到 1GHz 左右的供数字数据用的宽带高频段。

所预期的驱动装置和端接装置可以将这三个范围有效分开, 从而隔离

它们之间的任何互作用。从现有的世界标准来看，最为合适的数字数据制式是被接受为当前标准的 SONET 或 SDH，目前世界范围内大多数的光纤通讯正按此标准工作。这一时分复用方案的基帧或“时间矩形波串”被设定为 125 微秒的持续时间，即每 1/8000 秒一组。这两种制式的时隙结构都表示在图 14 中。每帧的组织由 810 个时隙或“鸽笼”表示，它们以 9 行乘 90 列的矩阵 283 排列。每个时隙 281 包含一个 8 比特的字或字节。对于每个 125 微秒帧，字节按序逐行流动，自 1 开始并在 810 结束。这样每帧有 6480 比特，这在每秒 8000 次的情况下基本比特率为每秒 51.84 兆比特。这仅仅是 STS-1 制式在处于电形态时的基本或最小比特率。当用于为例如光纤通路产生光信号的时候，这一制式被称为 OC-1 光载波。SONET 和 SDH 标准包括采用被称为 B3ZS 的 8 比特编码方案，这一方案的作用是通过以允许对真实的源数据解码或恢复的方式修改数字数据来避免过长的一或零的长串。这一方案当初的开发目的包括避免过多的低频能量将信号的基线移动，如果基线发生移动，就会干扰数字信号的准确恢复。这样，这一制式避免在 51.84 MHz 信号中有过多的低频分量。

基本的 STS-1 帧用作为进一步分时的框架，办法是设置可达 192 倍于该基本制式中的数据。即，每个 125 微秒帧将 810 单元的每一个细分为 192 个字，每个字仅仅 8 比特长。这又使比特率增加了高达 192 倍，结果得到目前最大的 9.9456GHz 数据比特率。在全世界所采用的正在工作的通讯系统中，当前的标准通常采用基本速率的 3、12、24、48、96 和 192 倍。对此处披露的某些类型最后一英里系统设定的电信号模式通常是 STS-3 (155.52 MHz) 或 STS-12 (622.08 MHz)。在这些情况下，所需要的仅仅是在本发明所采用的平衡驱动或端接装置的那部分具有非常有限的低频响应。

大多数信号处理电路拓扑图，特别是那些使用集成电路技术的拓扑图是单端或非平衡的设计。必须采用一定的装置将平衡的四芯线组设计耦合到此类非平衡单端电路中并从其中耦合出来，同时保留线缆的 EMIR 和 XTLK 性能。为此目的，此前已经采用了性能类于变换器的巴伦器件。C. L. Ruthroff 在 IRE 会议文集 1959 年八月版第 1337-42 页发表了和这一

主题有关的经典文件。这种设计已经限制了共模抑制 (CMR) 和一些相关的带宽局限性。采用多孔铁氧体芯的准传输线装置已经被利用于构成巴伦器件, 但是它们难以在较宽的带宽上取得好于 25 - 30dB 的 CMR。两个例子是授予 Crowhurst 的美国专利 No5, 220, 297, “传输线变换装置(Transmission  
5 Line Transformer Device)” ; 和授予 McCorkle 的美国专利 5, 379, 006 “宽带不平衡变换器 (Wideband (DC to GHz) Balun)” 。

图 12 和 13 给出了本发明可以采用的驱动器和端接装置的细节。在新颖的驱动器和平衡接收机系统中, 端接阻抗基本上被 “ $\Delta$ ” 构型的电阻控制。在这两种情况下, 这些小的薄膜电阻阵列通过所示的高通滤波器 501 和集成到每个  $\Delta$  电阻阵列中的实际较小的电容将线路上的 DC 和低频分量隔离。  
10

图 12 所示的平衡驱动器包括驱动线缆的推挽式信号电流源 503 和 505, 外加源和端接电阻阵列, 由此使过渡阶段或 “一” 或 “零” 状态中的阻抗变化最小。特别是, 图 12 是进入驱动高频提升电路 507 的 STS 制式的数据流。高频提升电路 507 用于补偿损耗。高频提升电路 507 采用接收机孔径提升电路 509 (图 13) 调节, 以满足 BER 技术指标。高频提升电路的输出被送往分相器 508。分相器 508 的输出是两个相位相差 180 度的信号。线 511 所表示的第一信号进入一个宽带电流源驱动器 503。线 513 所示的另一信号进入宽带电流驱动器 505。一个平衡的高通滤波器 501 接收这两个信号。这些信号通过电阻阵列 515, 进入四芯线组线缆 517 中。如图 12 所示,  
15 还有从辅助低频装置接收输入信号的低通滤波器 519, 以及直流电源。这些低频信号又被送入线缆 517 中, 以提供图 2 的线路 55 和 57。

图 13 所示的平衡线路的接收端结束于与推挽共发共基长尾输入放大器相连的无源电阻阵列 515'。这一阶段将信号耦合到系统或耦合到在整个带宽上具有非常好 CMR 的时钟控制的数字比较器。图 13 详细表示了平衡线缆接收机系统。线缆 517 的接收端被置于无源电阻阵列 515' 中。信号的低频分量通过低通滤波器 519' 来提供辅助的低频服务并提供直流功率。高频分量通过高通滤波器 501'。高频分量进入平衡的输入放大器 521。平衡的输入放大器可以具有微分共发共基长尾输入放大器对的构造。平衡输入放大器的 CMR 在带宽范围内可以大于 40dB。平衡输入放大器的输出端可以通  
25

过直流恢复电路同步箝位系统 523。箝位系统的输出被送到接收机孔径提升电路 509。接收机孔径提升电路 509 可以修整所谓的“眼图”，以达到 BER 技术指标。接收机孔径提升电路 509 的输出是数据流。

5 这样的驱动器和接收器阶段显示了好于 50dB CMR 的性能。在完全集成的设计中，这种水平的性能应当以较低的成本严格达到。这里所讨论的这些类型的输入和输出阶段可以较容易地置入再生器模块之中，供前文所披露的线缆系统使用。

10 在前文讨论的附图中还显示有暂态电压箝位装置，用来避免来自各种可能源的高压脉冲。（例如静电放电，附近的闪电或 EMP，或连接或瞬时现象）。

将该四芯线组用于“火警线 (FireWire)”的应用

最近供计算机外围设备使用的新的串行数据总线标准开始取得广泛的应用。这一新的标准是 IEEE 1394 或其国际 IEC 1883 中的相近内容。名称“火警线”被广泛地运用来称呼这种新的总线线路和系统。这些系统的物理互连线缆采用位于其总体屏蔽层之内的两根双绞线和两根电源线。火警线的本意是指将各种附件和个人计算机相连的较短长度。这些标准在范围和操作数据率方面均有增长，使得最初的 100 兆每秒的界限现在扩大到 400 兆比特每秒，并经建议将进一步增加到 1200 兆比特每秒。这样的线缆在经本发明修改之后可能完全适合于一幢住宅或写字楼内的许多当前和未来类型的设备、信息装置和附件连接起来。

20 本发明的线缆形状能够很容易地达到这一目标。该线缆可以简单地加以修改，使其内部包含两个电源引线。尺寸缩减之后的款式当然可以设计供室内环境下使用。这种形状的线缆的独特优点使其能够开发作此种用途，并且对于这一更为有限的应用而言其成本的节约是显著的。

25 有趣的是，标准所选择的根总线周期仲裁采用的是和 SDH 与 SONETT 协议相同的时间间隔 - 125 微秒。考虑到所披露的全局通讯系统的总是保持连接状态的有源用户接口以及火警线的高数据速率目标，这些系统看起来配合得很好，其数据功能很容易和局部环境接口。新颖线缆结构的这种火警线形状和其此类的的应用均为本说明书所包含。

### 制造方法实例

该例子利用了图 7 形状的定位器，但是在该定位器中省略了为光纤所留的径向定位器空间。本例所选择的材料是 PTFE。经过组装的芯的直径是 0.420 英寸。它是通过上文所述的“生”挤压、烧结和最终的煅烧过程而形成的。它经预组装，然后在惰性气氛的受热管道中成形，得到一个每英尺 1.8 圈的螺旋性扭曲。这些单管状环形导线 (UTAc) 中心相隔 0.200 英寸，而正交的四芯线组居于芯支柱的 0.420 英寸直径中。

UTAc 由 0.0384 英寸的 OD 管形材料制成，它由轴向可磁化到大于 0.6 特斯拉的高镍铁合金(含 18 - 30% Ni)经软退火而形成。管的内径约为 0.026 英寸。该管以具有连续长度的经成形、碾轧和熔合的材料的形式制造，得到的是内表面光滑的“无缝”构造。它经镀铜并电镀抛光以达到一定的光滑、明亮的表面光洁度，其厚度为 28 微米。该表面然后加上被覆层，办法是将包含如上所述的 Ni - Zn 铁氧化物粉末的尿烷瓷釉 (urethane enamel) 的磁基质在经过轴向磁化场的凝固之后挤压成最终的额外的 11 - 14 微米定形厚度。这可以在电镀制管之后以一个连续的操作来进行。然后固化的组件在类似于用来将绝缘材料涂敷在磁线上的多阶段浸渍和烘干处理过程中被涂以软的尿烷瓷釉材料。可以很便利地对该层进行色编号，以标明制成后的线缆中四个 UTAc 的每一个。由此便结束了单管环形导线的成形过程，在这一阶段导线应当存放在直径最小为四英尺的卷轴上。

接下来的导线处理步骤是利用为计划中的已完成线缆的游程长度 (从例如 4000 英尺到可利用的最短长度，通常为 400 英尺) 而选择的适当长度，来把所需要数目的光纤拉入选定的管中。这些光纤是单模的，以塑料包裹，并且进行色编号以供鉴别。它们和超吸收性化合物一起沿一般平直的路径被细的钢丝导杆拽入管中，所述的超吸收性化合物起纤维拽拉操作的润滑剂。根据应用的不同，光纤可以仅插入一个 UTAc 中，也可以插入几个 UTAc 中。建议的最小含光纤量是在两个电信号对的每对中每 UTAc 一根光纤。

四个长度适当选定的管接下来在 PTFE 定位器的一连续分离和再组装过程中组装起来。在该时刻，预先选定的芯线缆长度准备按照上文在“屏蔽设计”一段概要说明的时间表进行屏蔽层装配。外覆盖层应当采用 EMI

“对称化”第一屏蔽层（对称化器）和具有上文所述的阻性空间阻抗设计的第二（最外面的）屏蔽层（阻抗匹配外壳）。这些屏蔽步骤结束了线缆成品的组装。完成后的线缆应当存放在最小四英寸直径的卷轴上。

5 在线缆制造之后，端部的端接在不同的环境下进行，其中线缆端部回切至适当长度，以便根据光纤被一些支持性塑料缓冲管缓冲的合适服务长度来剪裁光纤。这些光纤可以保留在这一状态下供未来使用或端接至所选的连接器。同时，管状环形导线由收缩的套管接续器进行电连接，以向源驱动器和接收器端接设备提供非常短的电连接。

10 本例中的线缆可以使用在 Node 系统中，其速率为 STS - 3 或 155 兆比特/秒，或对于数据传输而言为 622 兆比特/秒 (STS - 12)

15 上文描述了本发明的一些实施例。然而应当理解的是，可以在不偏离本发明的精神和范畴的情况下作出各种修改。例如在同轴线缆中可以有利地采用对称和阻抗匹配的外壳。这种外壳还可以采用在双轴线缆（图 15）中，其中两个同轴线缆 1601 和 1603 位于一个护套 1609 中。在这个实施例中提供了双同心环形导线 1605 和 1607。类似地，参看图 16，一些线缆制式比如 Super VHS 或 Y/C 采用的是两个同轴线缆，这里回程不是同轴的。这一些可以类似地受益于阻抗匹配的外壳 1707。当然，任何一根线缆也可以进一步受益于一个对称层。

20 还应当注意的是，每根线缆（比如 1701 和 1703）也可以是四芯线组线缆。三轴线缆也在本发明的考虑范围之内。

四芯环形中心支持件  
比例 10 X

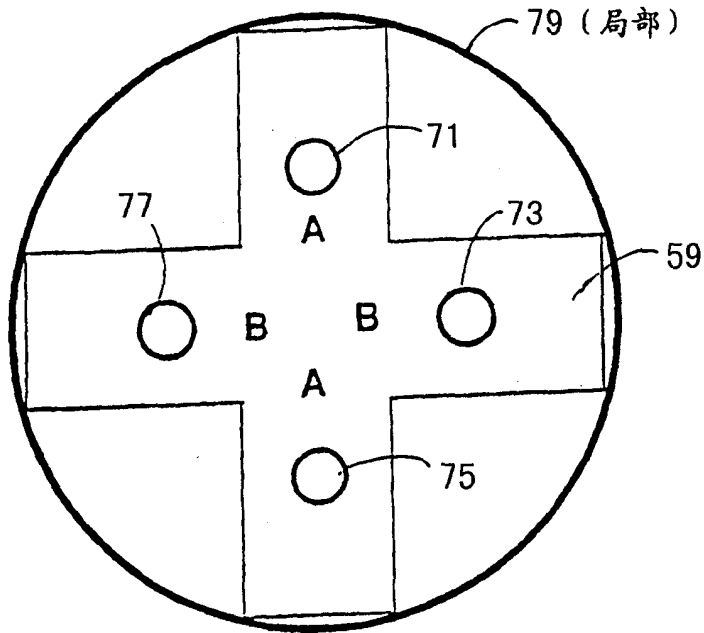


图 1a

四芯线组环形混合装置的截面图  
 每对平均阻抗100欧姆低损耗聚合物混合装置,  
 有四个光纤缓冲通道

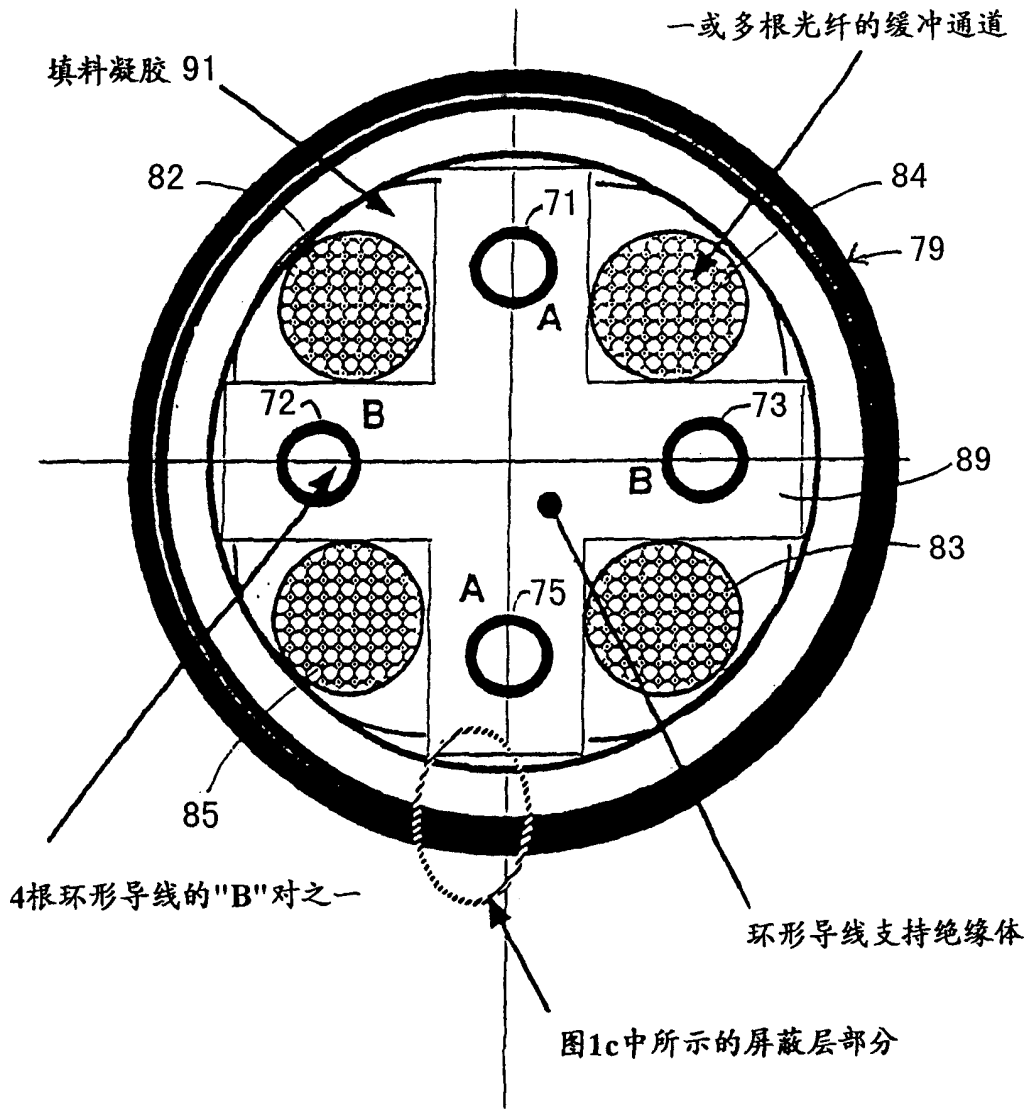


图 1b

穿过位于图1所示虚线部分的一部分缆壁的屏蔽  
层构造实例的示意横截面

参见说明书第22页对各层的说明

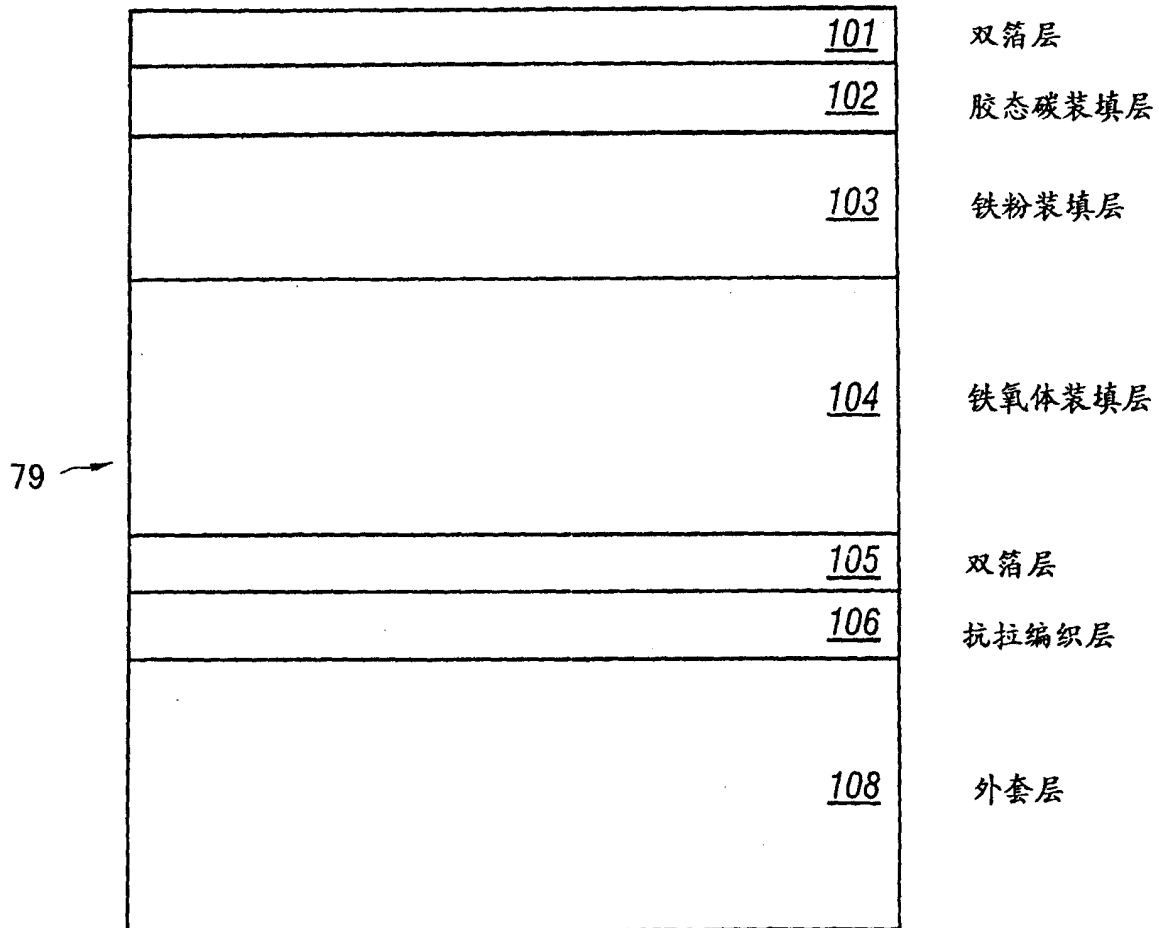


图 1c

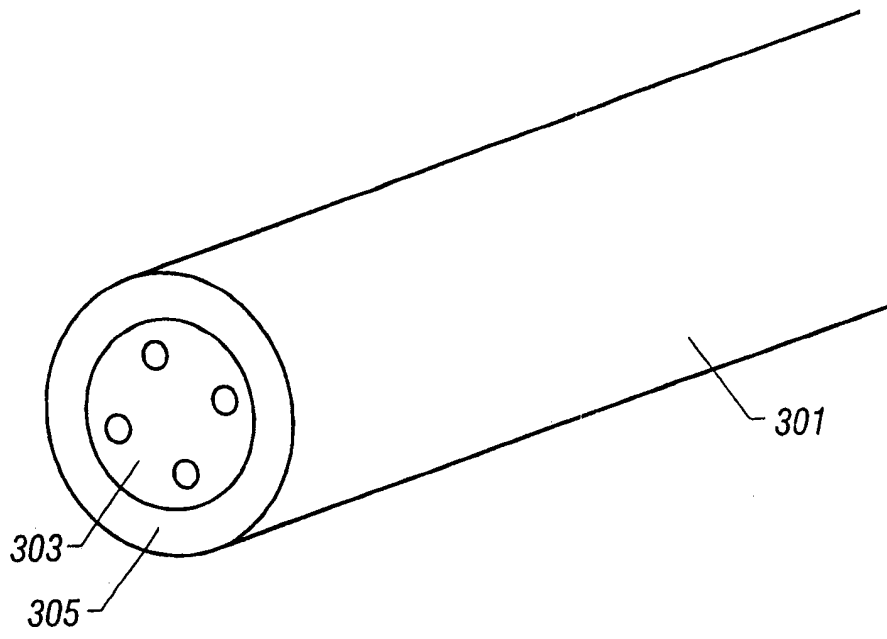


图 1 d

### 采用新线缆设计方案和相关接口装置的本地节点至用户的典型网络配置框图

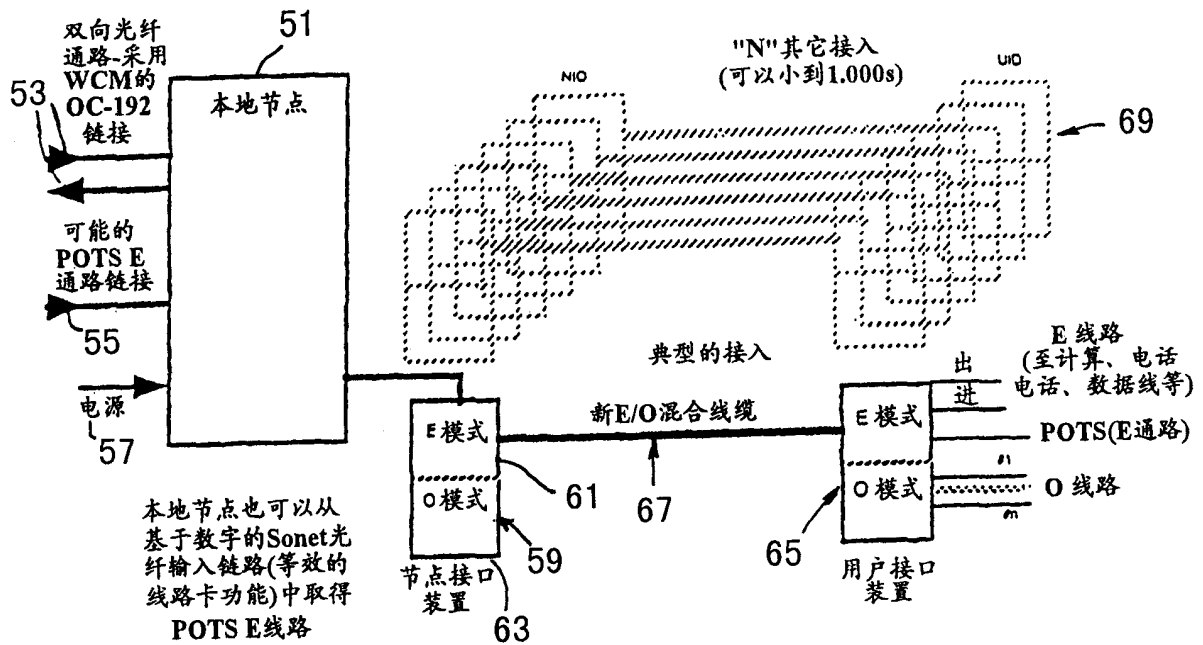


图 2

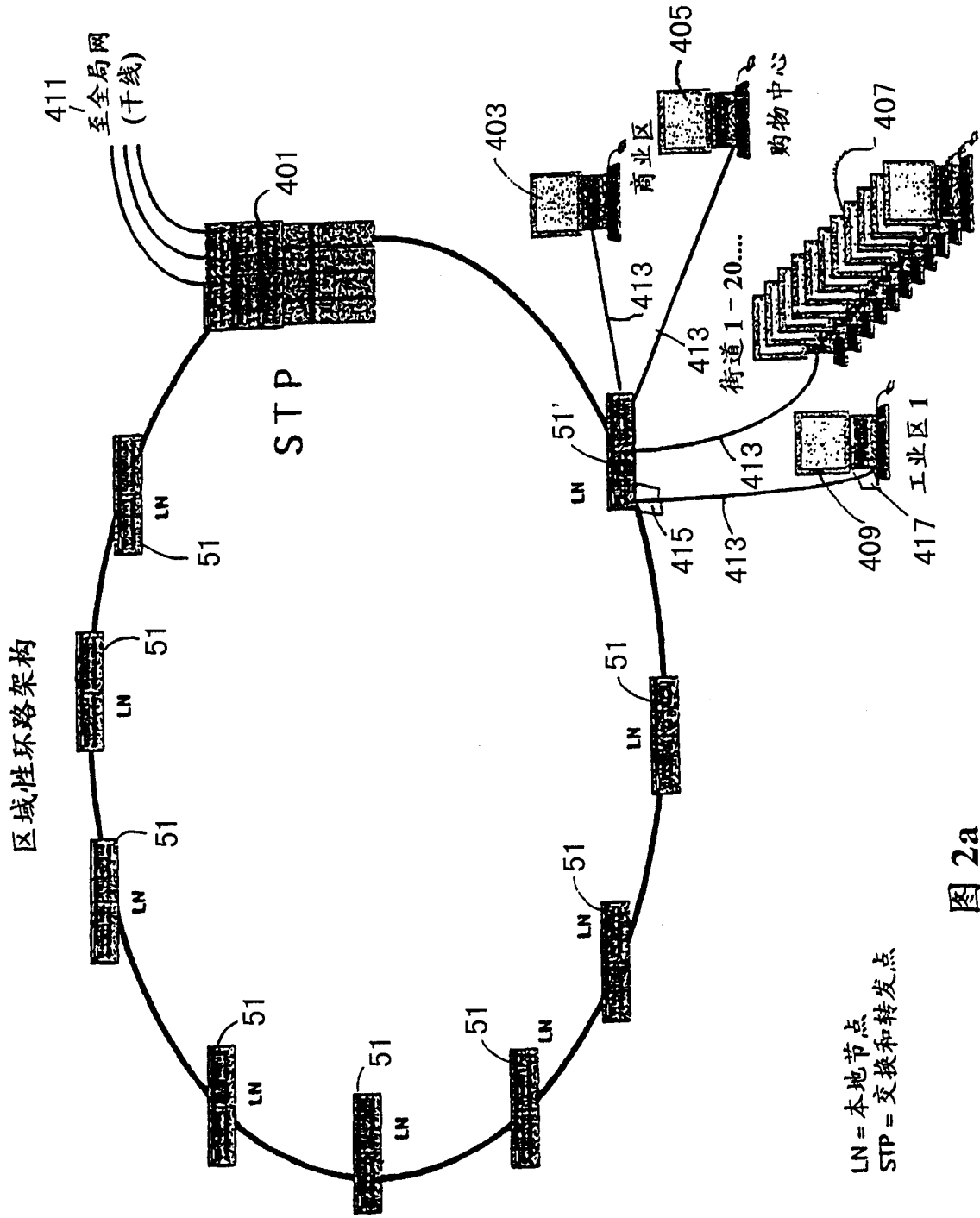


图 2a

节点, 光纤接口装置(FID)和节点接口装置(NID)功能框图实例

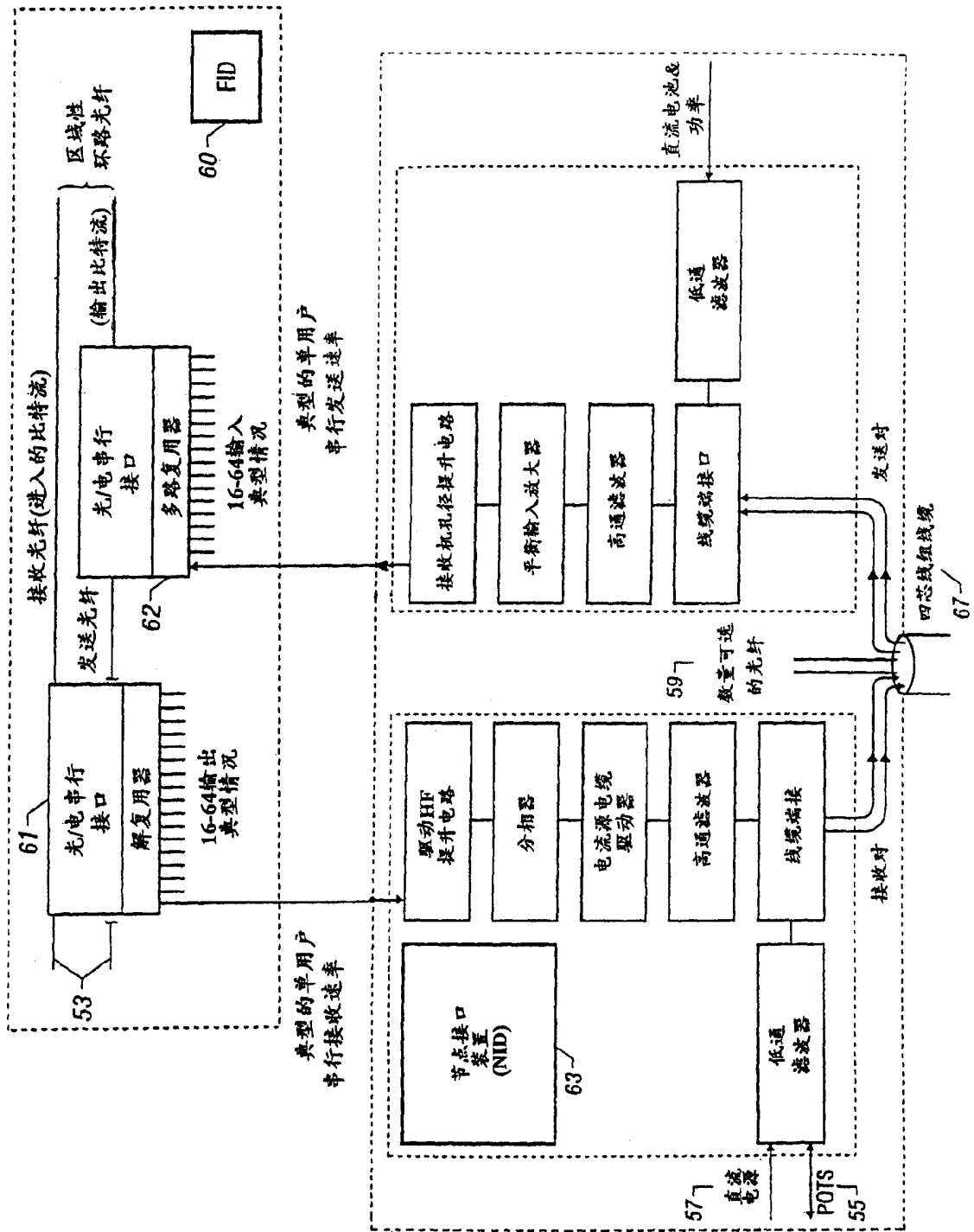


图2b

用户接口装置(UID)  
功能性框图实例

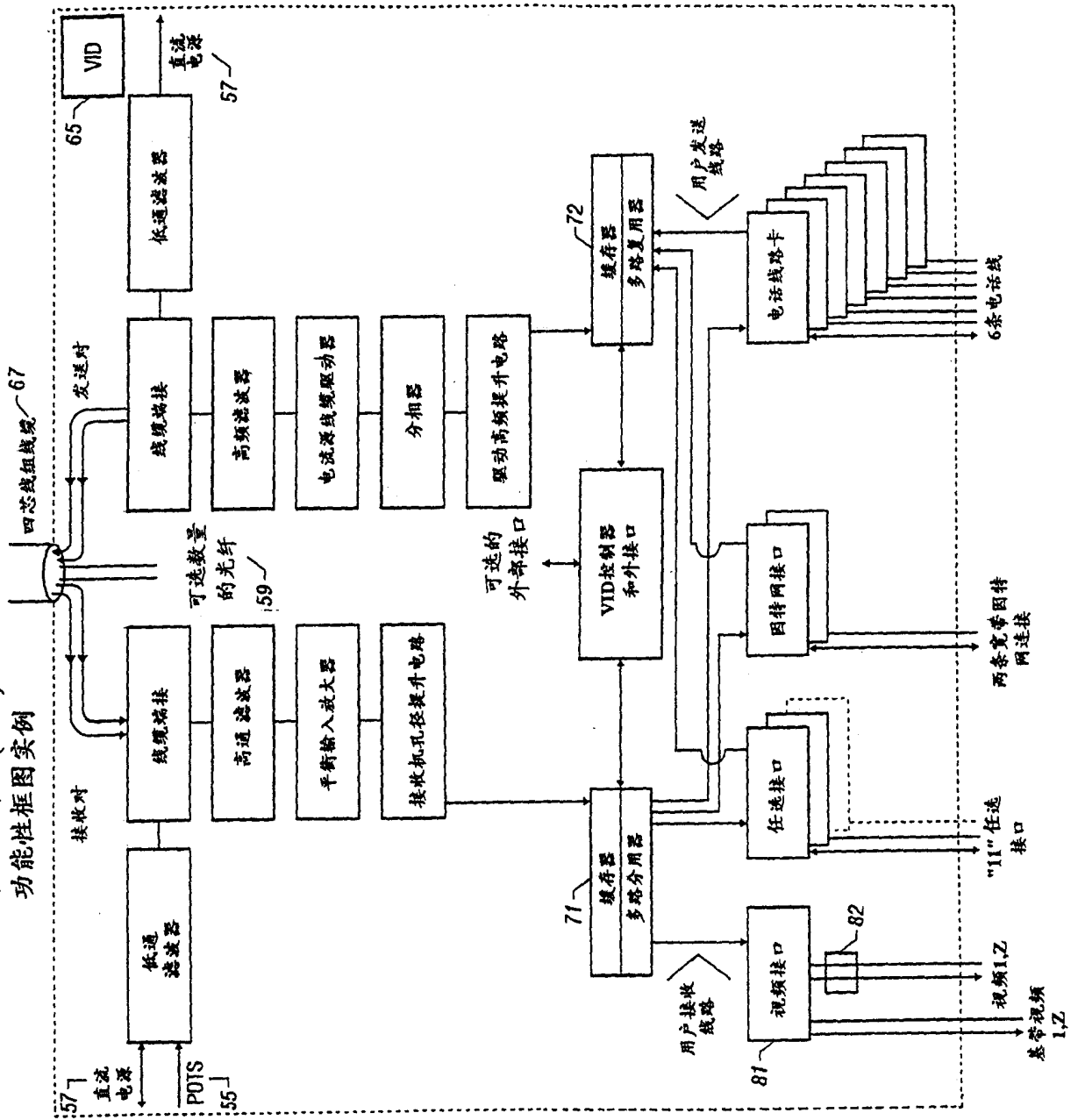


图2c

采用一种精确“环形导线支持绝缘体”(图1b的#11)的四芯线组环形混合装置,该绝缘体构成其细节进一步公开在图4、5和6中的交叉支持结构

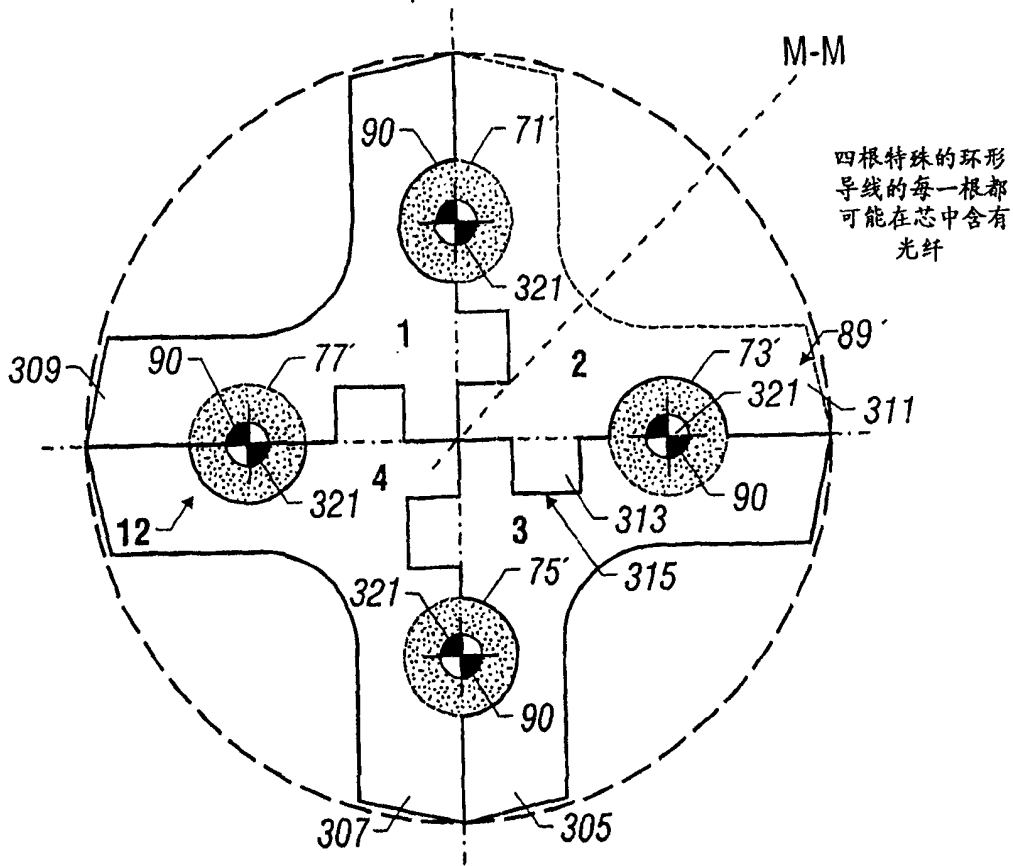
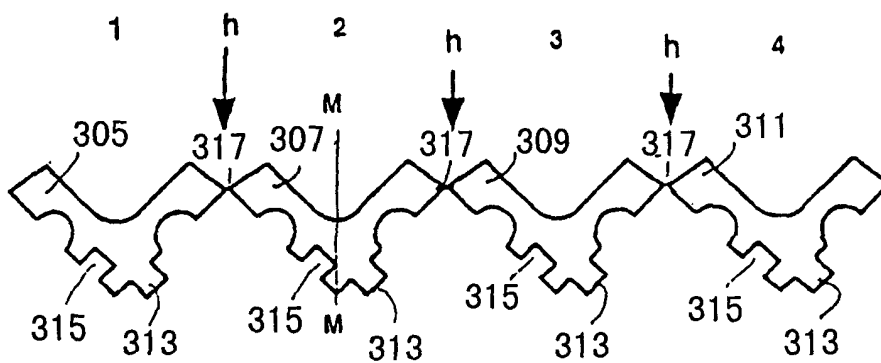


图3



构成燕尾形交叉支持结构的精确挤压件的横截面  
注意: 模制链点标记为 @ "h"

图3a

### 精确导线交叉支持

四部分挤压件中的模制铰链细节

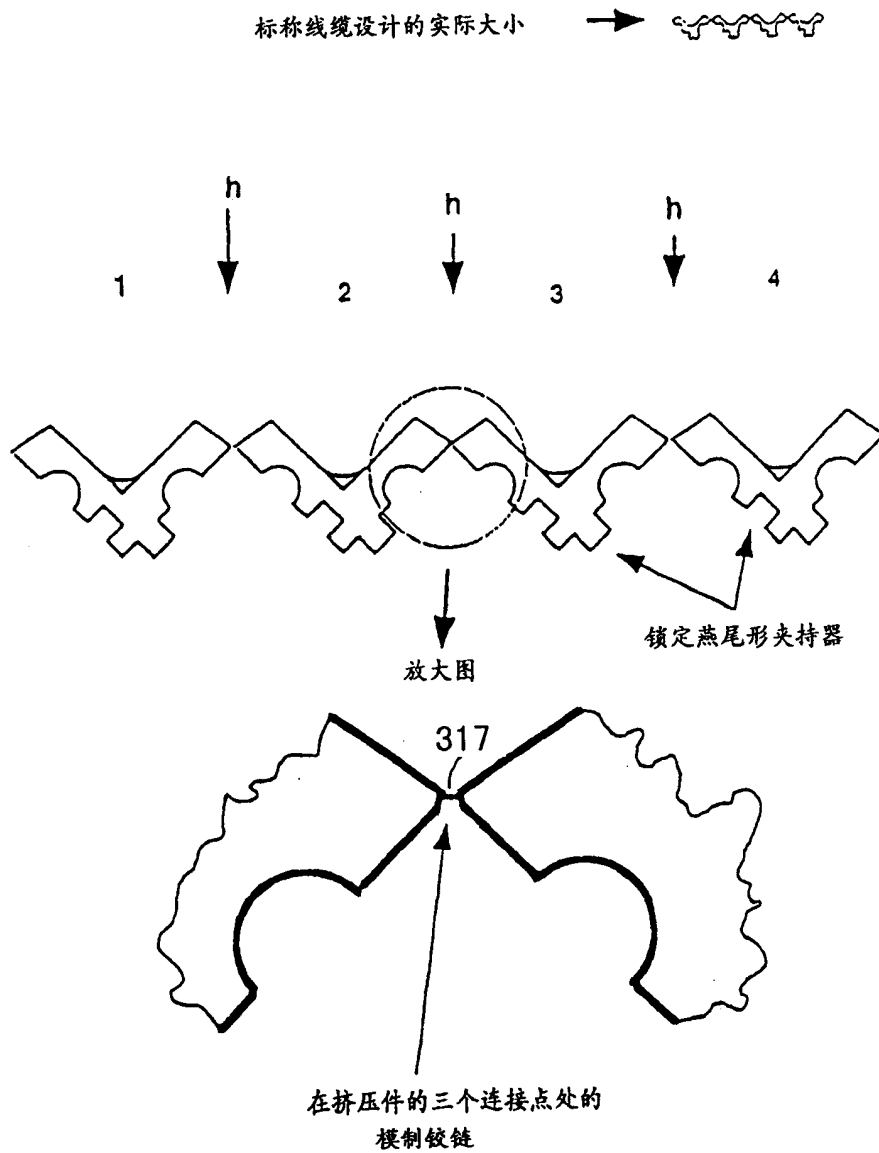


图 4

可以被图3和图4结构采用的精度交叉支持件的各分离  
部件的横截面细节，还表示了提供各部件精确锁定的夹持器

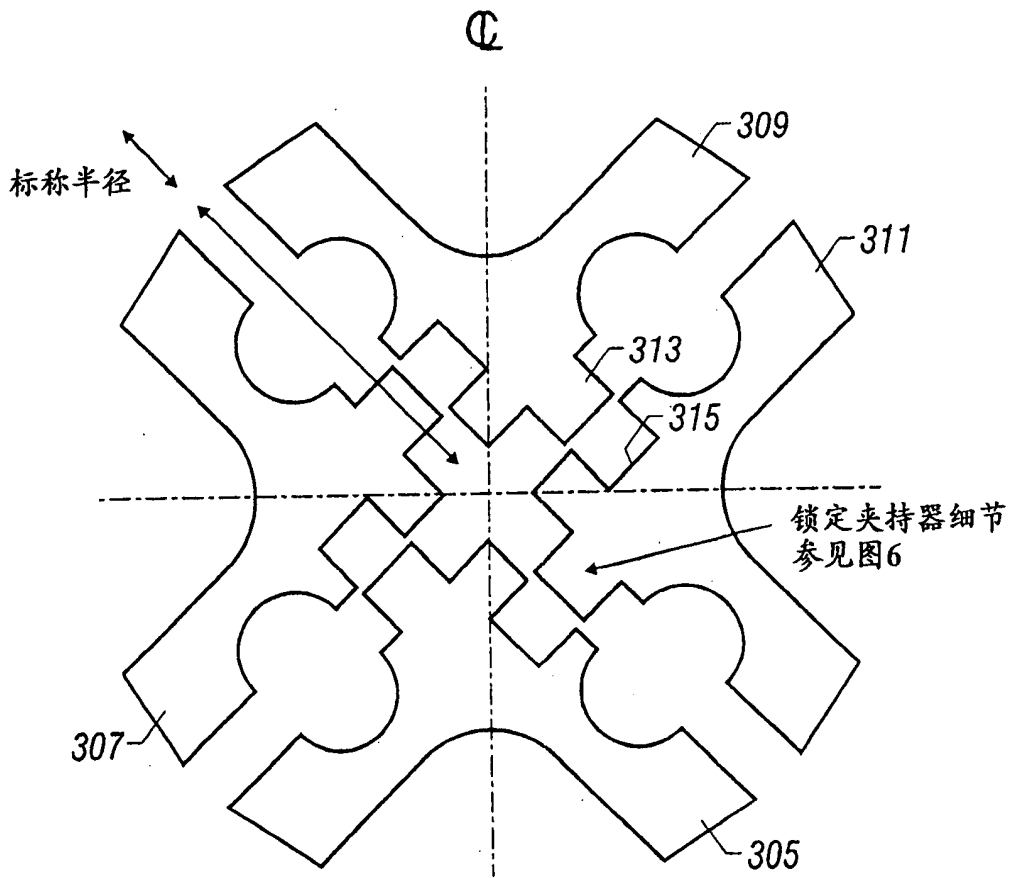


图 5

可能的弹簧搭扣夹持器  
啮合装置的例子  
所示尺寸是用于标称设计实例的尺寸

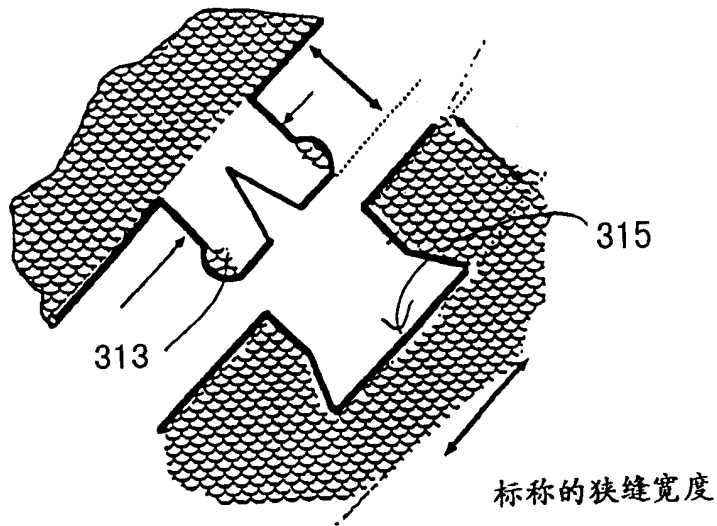


图 6

任何参照图7的说明应被  
视为不存在  
(参见 Article 14(2))

表明形状不同于图3至图5的圆形精确交叉支持件各分离部件的横截面细节。表明光纤用的可选精确定位器，用以精确控制所包围的电缆成品电气几何形状

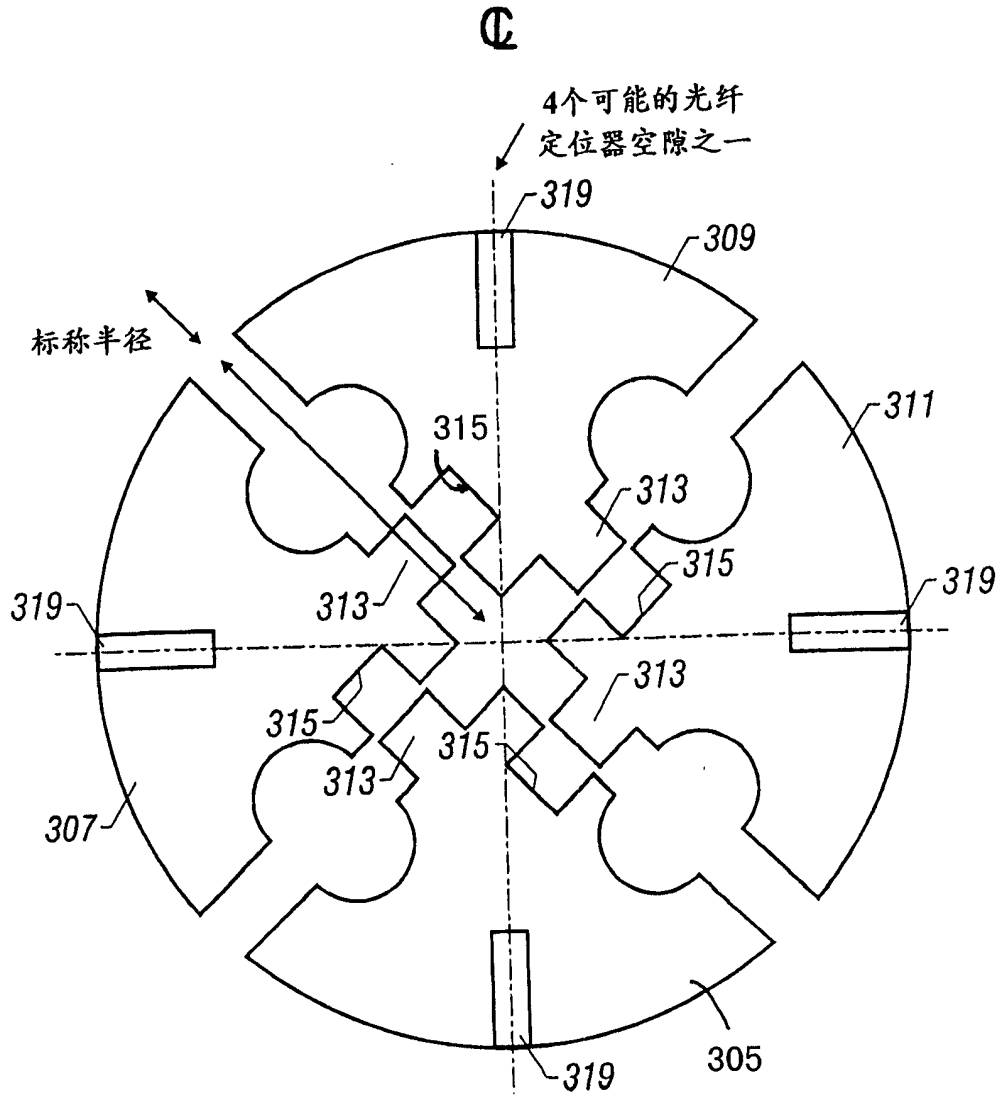


图 8

低内应力及使用寿命期稳定性提高的热塑材料的  
脉冲化压力形成-例 A

图 9a 修改的螺杆塑化机头部的示意截面

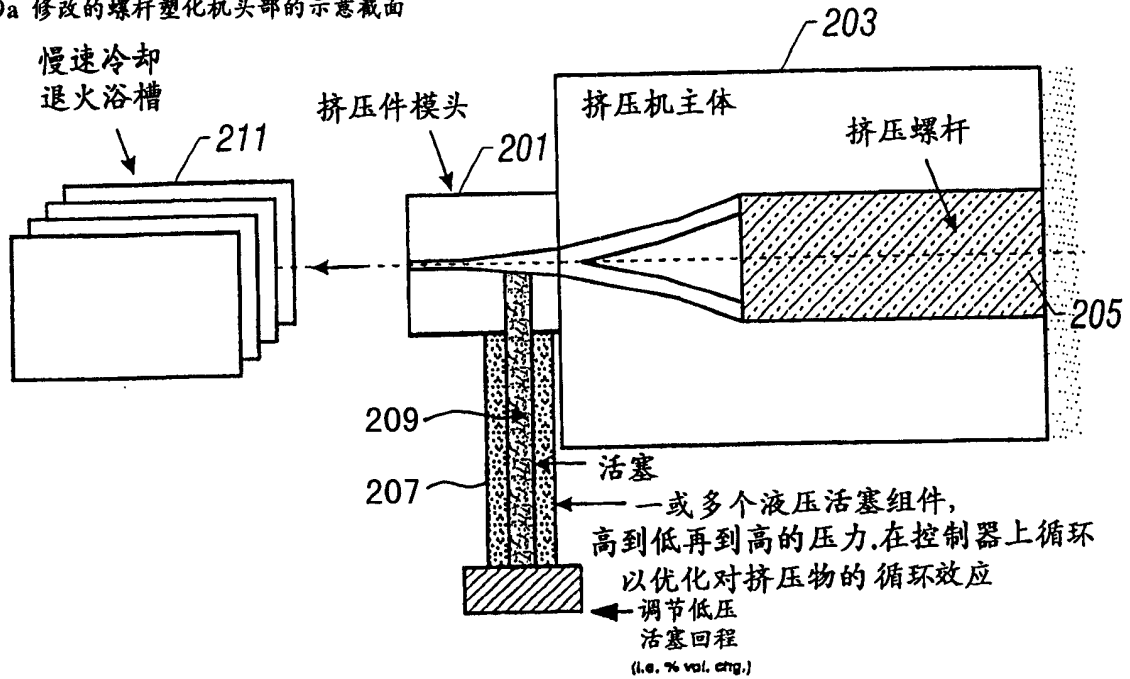


图 9b 典型的压力时间曲线

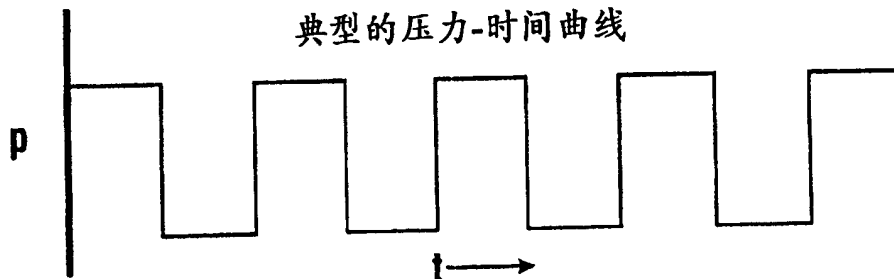
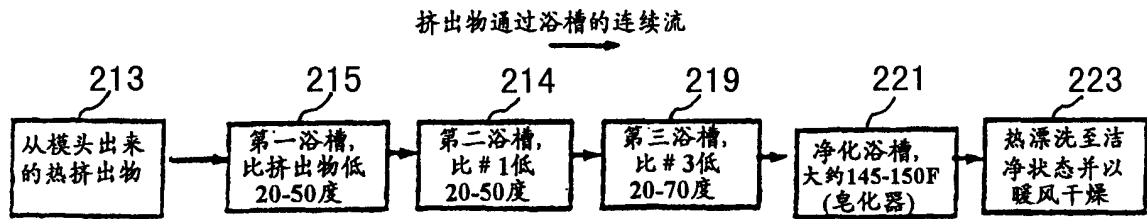


图 9c 紧接挤压工艺之后挤出物处理浴槽的示意结构



设定通过每个浴槽的持续时间，以便挤出物进入下一退火阶段时达到温度均衡。该时间因截面形状而异

图 9

低内应力和使用寿命期内稳定性提高的热塑料的脉动  
压力成形-例B

图 10a 例B示意图

脉动加热压缩模向扁平形状的受热烧结中心支持件施加退火压力波，  
由此降低内应力并改进形状的稳定性。下面是这样一种可能的  
脉动受热模靴的示意图

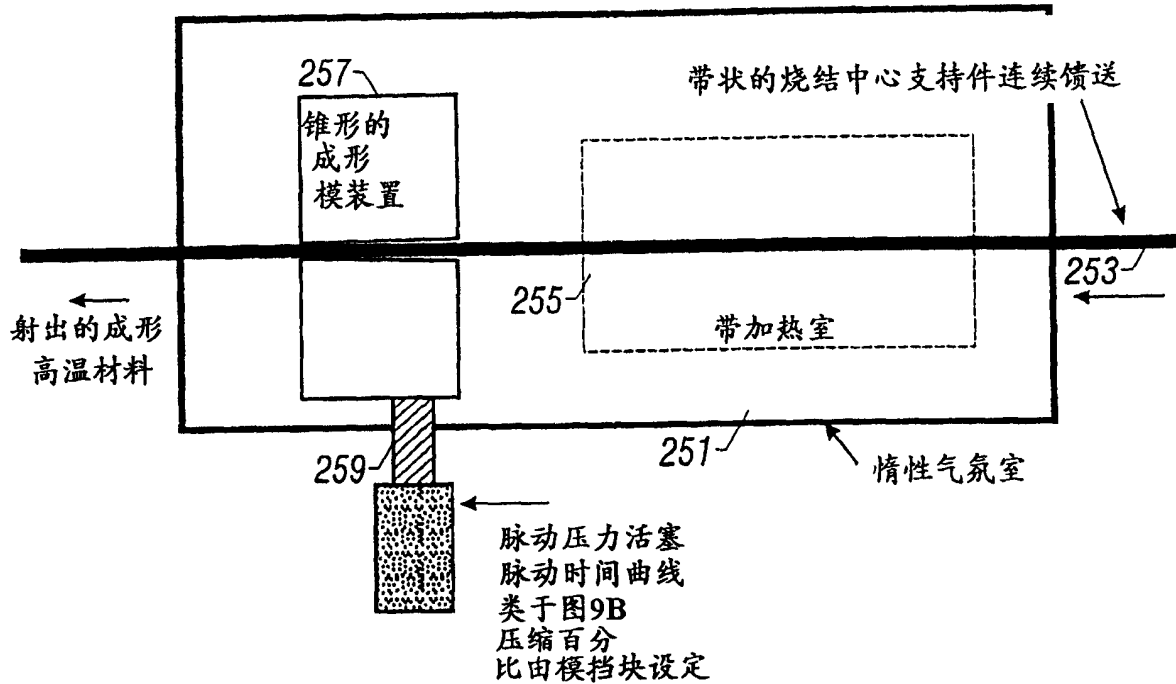


图 10b 典型压力-时间曲线

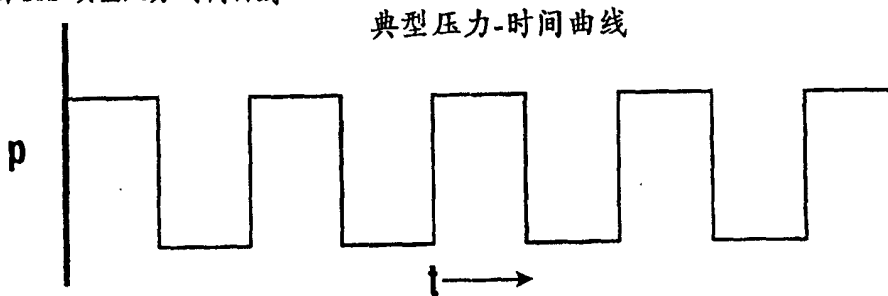


图 10c 例B所述处理过程流程图

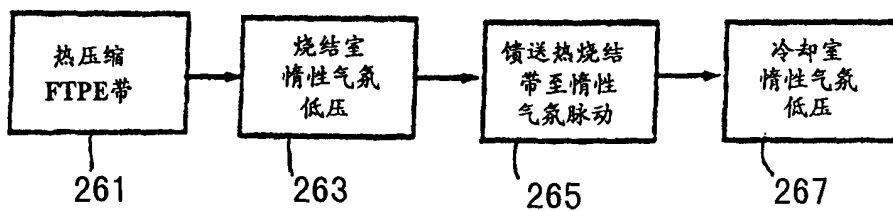
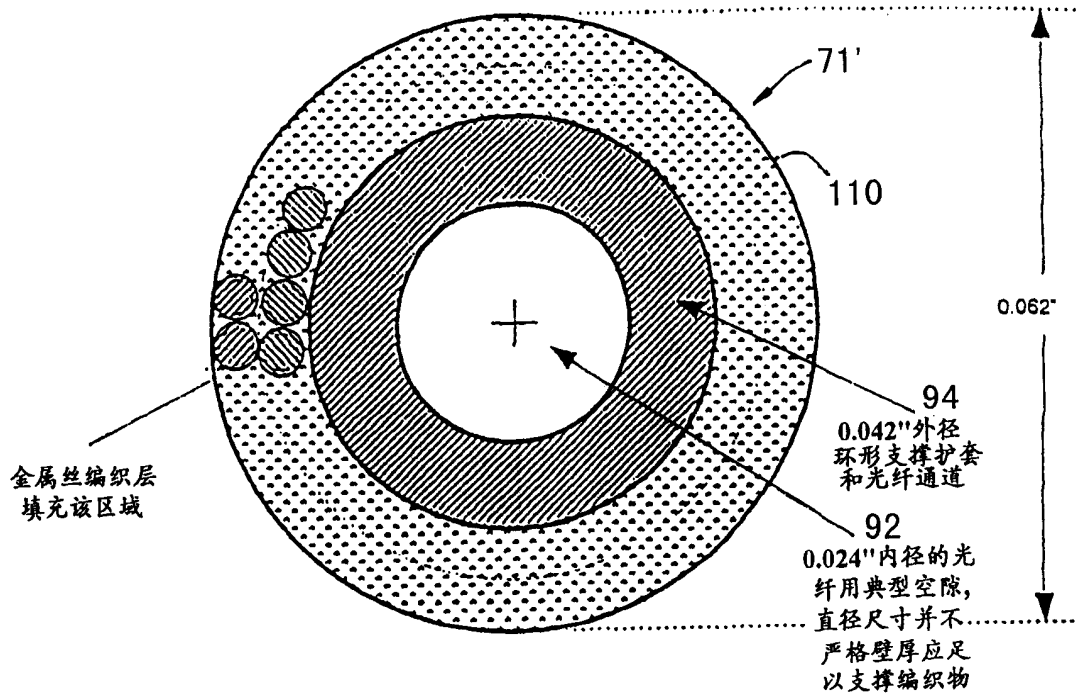


图 10

一种四芯线组的单环形导线的剖面  
(同时参见图3、4、5、8)



36端39号50%导电率的磁性材料线, 如说明书中所述首先用传导材料, 然后用高频磁材料基质被覆, 然后以含氟聚合物绝缘层绝缘。编织成2×18的编织带填充.042外径中空护套的周围, 该护套适于包容光纤或其它导线。紧的编织带将设计外径严格保持在设计值以维持标称设计阻挡值

图 11a

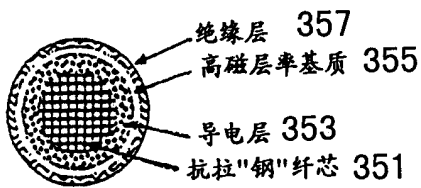


图 11b

一种四芯线组可能采用的单管环形导线的剖面

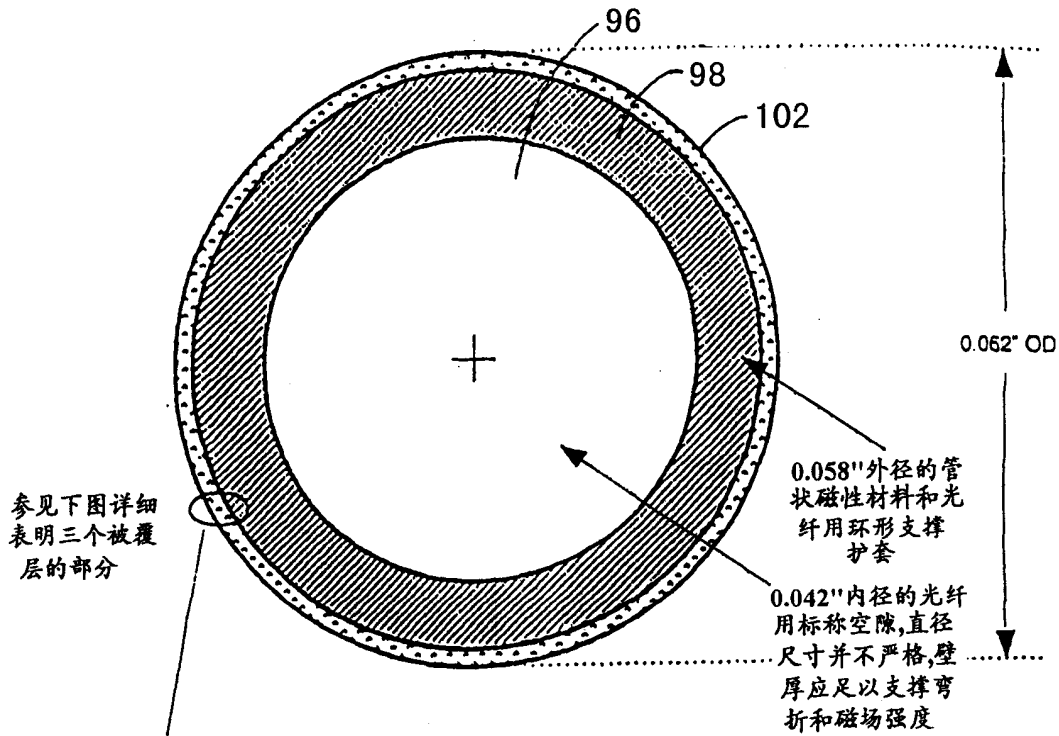


图 11C

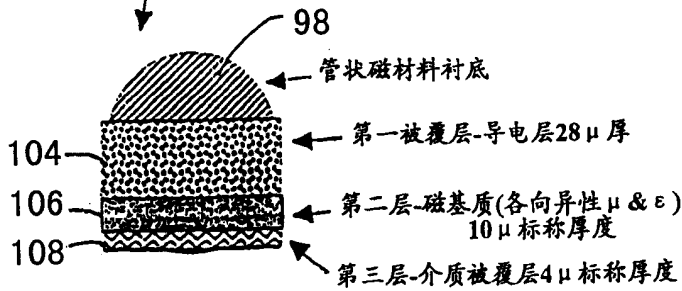


图 11d

单股环形四芯线组导线的截面  
尺寸是所描述#39Ga线真实尺寸的640倍

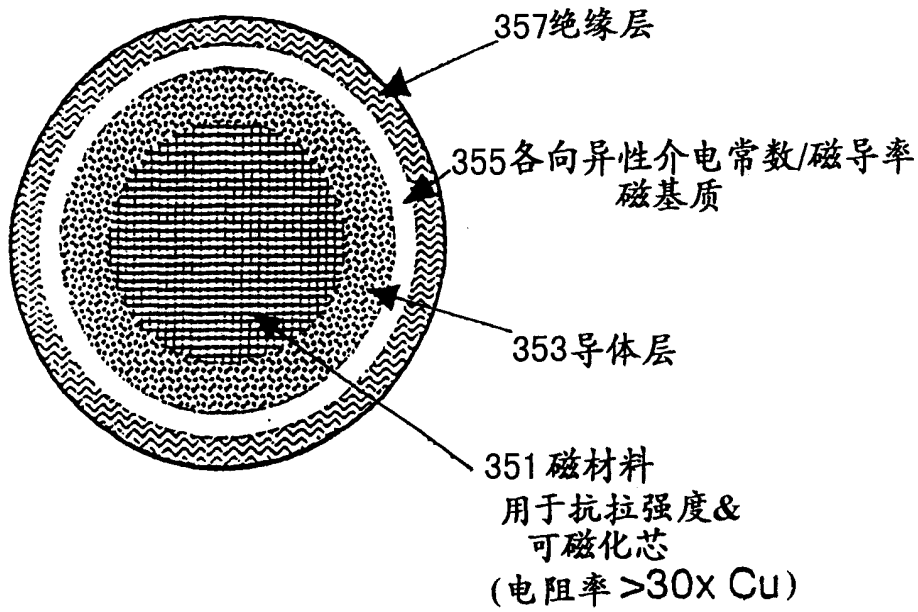


图 12

平衡电缆驱动系统

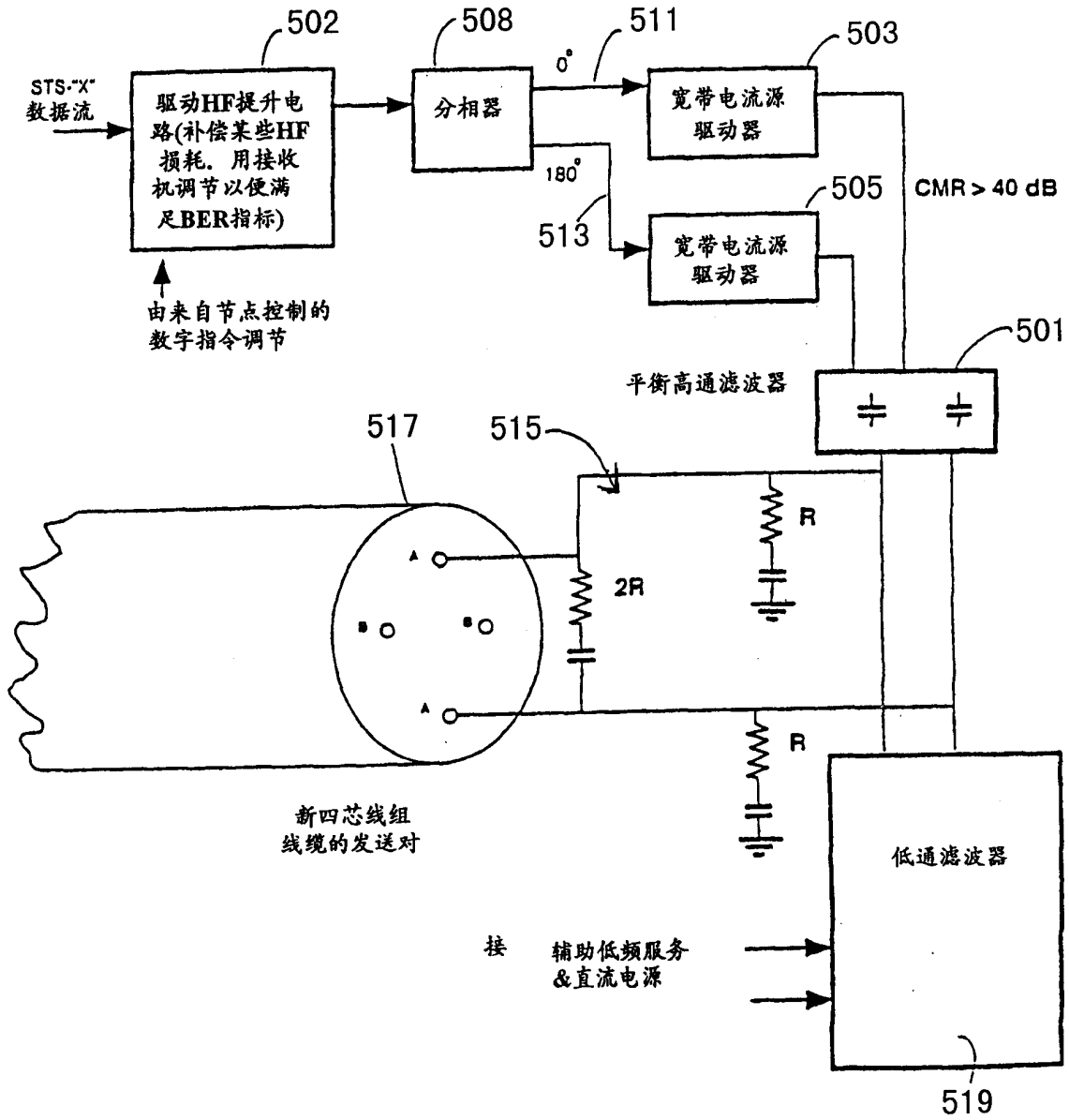


图 13

平衡线缆接收系统

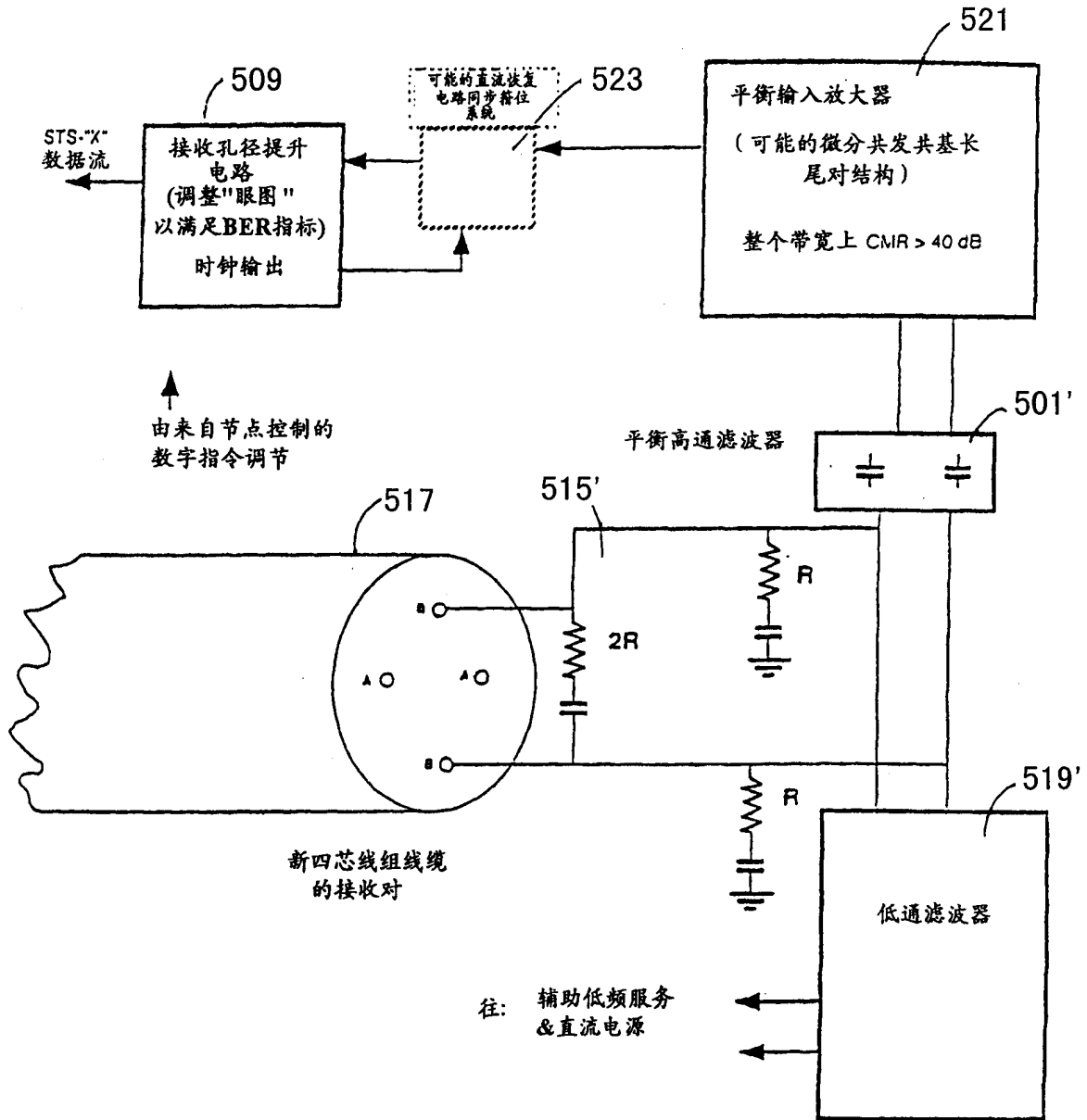


图 14

### SONET和SDH时分复用系统的基本框架

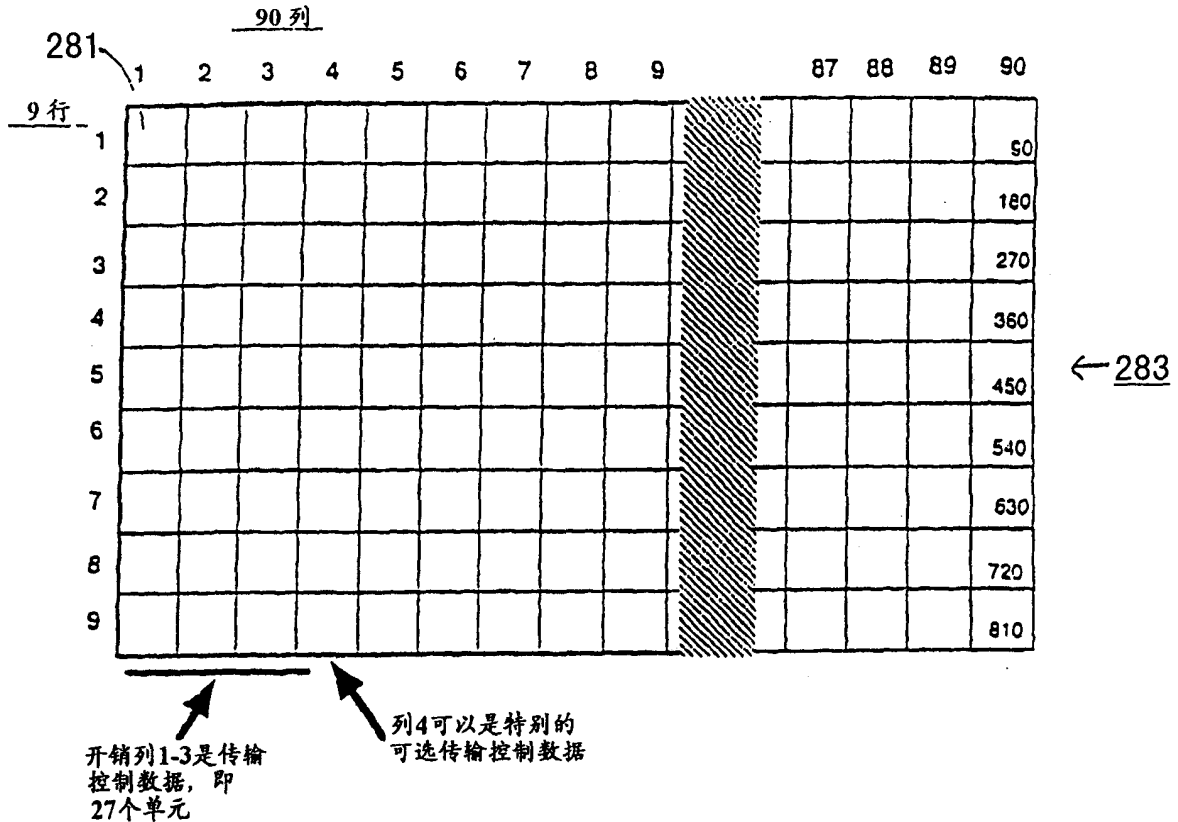
数据字节是每单元8比特，每帧有810个单元 (9 × 90矩阵)

时间从左向右流动，每行自 #1单元开始，#80单元结束。每个时间帧是125微秒长 (每秒8000)

基帧每个单元有8比特数据

$8 \text{ bits} \times 810 \text{ cells} \times 8000 \text{ frames/sec} = 51.84 \text{ Megabits/sec}$  数据速率

基速率被指定为 STS-1; STS-3, 12, 24, 48 & 96 是所采用的标准速率



开销列1-3是传输控制数据, 即 27个单元

列4可以是特别的可选传输控制数据

该基帧进一步作多路复用，每个单元在时间除以3-192之间的一个倍数，然后将帧数和数据速率乘以同一倍数。

开销列对于所有速率都保持为架空状态。

51.84MHz的数据速率在当前标准内可以提高192倍至9.95382GHz

图 15

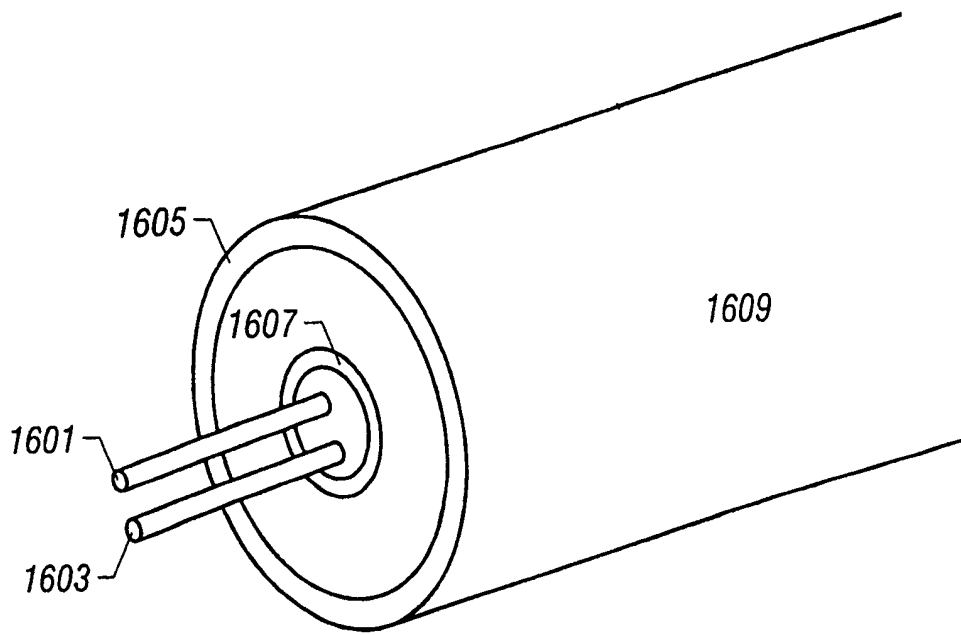


图 16

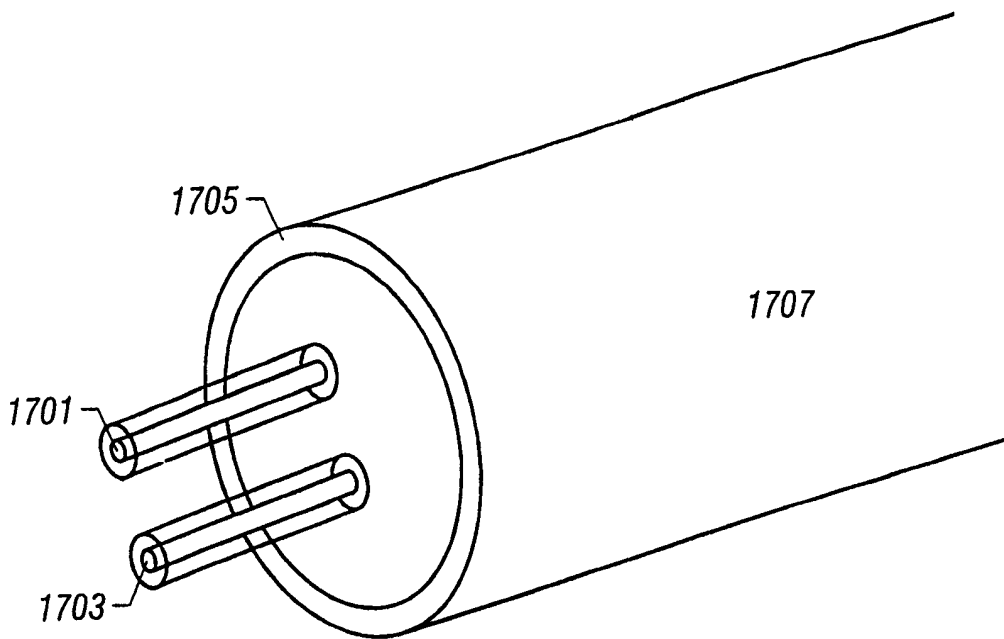


图 17