〔19〕中华人民共和国专利局

〔51〕Int.Cl.⁴
G21C 7/00

〔12〕发明专利申请公开说明书

〔11〕CN 85 1 09308 A

CN 85 1 09308 A

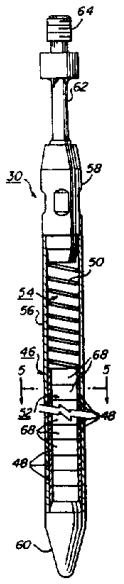
〔43〕公开日 1986年8月6日

〔21〕申请号 85 1 09308
〔22〕申请日 85.12.26
〔30〕优先权
〔32〕84.12.27〔33〕美国(US)〔31〕686,771
〔71〕申请人 西屋电气公司
地址 美国宾夕法尼亚州15222匹兹堡
〔72〕发明人 特里沃·安德里·弗郎希斯
萨姆尔·瑟尼
〔74〕专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利代理部
代理人 王 申 王宪模

〔54〕发明名称 核反应堆用的改进的灰体棒

〔57〕摘要

本发明涉及一种插入具有燃料棒阵列的核燃料组件中用的改进的灰体棒。灰体棒包括一根薄壁包壳管(46),当它插入燃料组件中时,管子的第一纵向段位于燃料棒阵列内,管子的第二纵向段基本上位于燃料棒阵列外,第一段内装一叠堆环形芯块(48),其外径对管壁起径向支承作用,第二段内装一个部分压缩的螺旋弹簧(50),它压住第一段中的芯块叠堆,并径向支承第二段的管壁,包壳管由中子浮获截面小的不锈钢构成,环形芯块最好由锆合金构成。



242/8601857/19

北京市期刊登记证第1405号

权　利　要　求　书

1、一种插入包括一个燃料棒阵列的核燃料组件用的灰体棒，该灰体棒包括一个细长的管状件和芯块，管状件由中子俘获截面小的材料构成，其两端密封，芯块由非燃料物质构成，在管状件中首尾相接地堆叠，该灰体棒当它被插入燃料组件时，有一个位于上述燃料棒阵列内的管状件的第一纵向区段，和一个基本上位于燃料棒阵列之外的管状件的第二纵向区段，该灰体棒的特征在于，芯块叠堆（48或48'）被留在一个限制于上述第一纵向区段中的芯块接受空间（52或52'）内，而每一个芯块的形状是环形的，以便在芯块中心形成一个空心区（68），而其外径足以对上述第一纵向区段的邻接管壁部分提供径向支承，管状件（46或46'）的第二纵向区段形成一个空间（54或54'），它没有芯块，而具有增强第二纵向区段对外部压力的径向抗塌陷能力的机构（50或76）。

2、一种按照权利要求1所述的灰体棒，其特征在于，上述细长的管状件（46或46'）为薄壁包壳（56或56'）。

3、一种按照权利要求2所述的灰体棒，其特征在于，上述包壳（56或56'）是由不锈钢材料构成的。

4、一种按照权利要求1、2或3所述的灰体棒，其特征在于，上述增强第二纵向区段的径向抗塌陷能力的机构是一个螺旋弹簧（50），它位于上述空间（54）内，保持部分压缩状态，以便使芯块叠堆（48）弹性地保持在芯块接受空间（52）内，该螺旋弹簧（50）纵向伸展的长度大体上充满空间（54）的全长，其外径足以径向支承上述第二纵向区段的管壁。

5、一种按照权利要求1、2、3或4所述的灰体棒，其特征在于，上述芯块（48）是由锆合金材料构成的。

6、一种按照权利要求1、2或3所述的灰体棒，其特征在于，上述第一和第二纵向区段为独立的两段管子（70和72），利用位于它们中间的实心塞子（74）连接在一起，上述环形芯块叠堆（48'）通过该实心塞子（74）保持在上述芯块接受空矮（52'）内。

7、一种按照权利要求6所述的灰体棒，其特征在于，上述环形芯块（48'）是由氧化锆材料构成的。

8、一种按照权利要求6或7所述的灰体棒，其特征在于，上述增强第二纵向区段径向抗塌陷能力用的机构至少包括一个穿过第二径向区段管壁部分而形成的开孔（76），以使得上述空间（54'）和灰体棒（30'）外部的压力相等。

说　　明　　书

核反应堆用的改进的灰体棒

本发明一般涉及核反应堆，更具体地说，涉及一种插入核燃料组件的改进的灰体棒。

在压水反应堆的常规设计中，对反应堆堆芯的起动设计了剩余的反应性，使得在堆芯寿命期间反应性贫化时，仍然留下足够的反应性以在延长的时期内维持堆芯操作。然而，由于在堆芯寿命开始时在堆芯中设计了剩余的反应性，因此此时必须采取步骤适当地控制它。

在一个典型的核反应堆中，反应堆堆芯由许多个细长的燃料组件构成，每个燃料组件包括许多根细长的燃料元件或棒。液体冷却剂被通过堆芯泵向上部，以便从堆芯中提取热量而产生有用功。堆芯的热输出量通常利用各种不同类型的可以移动的棒来调节，比如控制棒、灰体棒和／或水置换棒。在压水反应堆中，每个燃料组件通常包括许多根导管或套管，上述各种棒可以在这些管中来回移动。

所有三种不同类型的棒具有近似相同的尺寸，但是由于制成棒的材料不同，三种棒用于稍许不同的目的。置换棒不管是空心的还是包含低中子吸收材料的，都用来置换反应堆冷却剂，从而控制反应堆慢化作用。含高中子吸收材料的控制棒主要由于吸收中子而起控制堆芯反应性的作用。灰体棒类似于置换棒，但利用一种中等中子吸收材料，如反应性能较高的不锈钢。它们控制堆芯反应性的作用既通过吸收中子——但其中子俘获截面比控制棒要小，也通过置换冷却剂。

灰体棒也被看作是一种精细调整的辅助控制棒。在欧洲专利申请第８４３０８３７６，９号中，描述了一种此类的辅助控制棒，它由

不锈钢材料制成的上管和下管构成。管子的内端部用中塞封闭，管子的外端部用端塞封闭。下管包含一叠堆实心氧化锆芯块，它们堆叠在下管的中塞和端塞之间，该叠堆芯块对下管提供径向的支承。上管是开孔的，允许冷却剂进入其内部，以使通过上管管壁的压力相等。

这类辅助控制棒性能合理良好，在它为之设计的操作条件范围内符合它的目的要求。但是，已经发现，实心氧化锆芯块内部达到300°至600°之间的高温，它能够形成径向的增长，产生有害的包壳应变。

本发明的主要目的是提供一种减轻此类有害作用的改进的灰体棒。

因此本发明属于一种插入包括一个燃料棒阵列的核燃料组件用的灰体棒，该灰体棒包括一个细长的管状件和芯块。管状件由中子俘获截面小的材料构成，其两端密封，芯块由非燃料物质制成，在管状件中首尾相接地堆叠，该灰体棒当它被插入燃料组件时，有一个位于燃料棒阵列内的管状件的第一纵向区段，和一个基本上位于燃料棒阵列之外的管状件的第二纵向区段，该灰体棒的特征在于，芯块叠堆被留在一个限制于上述第一纵向区段中的芯块接受空间内，而每一个芯块的形状是环形的，以便在芯块中心形成一个空心区，而其外径足以对上述第一纵向区段的邻接管壁部分提供径向支承，管状件的第二纵向区段形成一个空间，它没有芯块，而具有增强第二纵向区段对外部压力的径向抗塌陷能力的机构。

使用环形芯块代替实心芯块，将把有害的包壳应变的危险减到最小，因为环形芯块的内部温度往往会低得多，所以通常说来径向增长将会减到最小，每个环形芯块的内部空心区的存在将进一步产生好

处，这种空心区将容纳可能存在的小的热膨胀中的大部分。而且，环形芯块的重量比实心芯块小，减小了灰体棒的质量，这一点对于灰体棒的使用操作是有利的。

在本发明的一种最佳实施方案中，一个螺旋弹簧被用来使环形芯块叠堆保持在管状件第一纵向区段的芯块接受空间内。该螺旋弹簧在第二纵向区段的空间内保持部分的压缩状态。其纵向伸展的长度大体上充满空间的全长。此外，螺旋弹簧的外径足以径向地支承第二纵向区段的管壁抵抗外部压力造成的塌陷。因此，螺旋弹簧起双重的目的，它使芯块叠堆保持在芯块接受空间的，此外它又增强了第二纵向区段的径向抗塌陷能力。因为使芯块叠堆保持在合适位置上并维持其整体性的螺旋弹簧是有弹性的，所以允许芯块有某些轴向膨胀而不产生应变。环形芯块最好由锆合金材料制成，这种大家熟知的锆合金不会粉化。在最佳实施方案中，包括上述第一和第二纵向区段的管状件是单独一件整体构件，这改善了灰体槽的准直性和平直度。

现在作为例子参考附图来描述本发明的最佳实施方案和一种替代的实施方案，附图中：

图1是反应堆堆芯的局部视图，它正面描绘一个燃料组件，一个横切燃料组件顶部延伸的上部堆芯支承板，和一个十字头组件支承的灰体棒，堆芯板被表示成截面，部分断开，燃料组件被图示成垂直缩短形式和部分断开，以露出一个体现本发明的灰体棒；

图2是十字头组件的放大顶视图；

图3是沿图2的3—3线截取的十字头组件的截面图；

图4是代表本发明最佳实施方案的灰体棒的放大而垂直缩短的部分截面图；

图5是沿图4的5—5线截取的放大的截面图；

图6是代表本发明一种替代实施方案的灰体棒的放大而垂直缩短的视图。

在下列描述中，几幅附图中相同的参考数码表示相同的或等价的部件，而诸如“向前”、“向后”、“向左”、“向右”、“向上”、“向下”等等用语，是为方便而使用的，不应解释为限制性用语。

现在参考附图，特别是图1，图中表示了一个通常用参考号10表示的燃料组件总组合，一个位于上部并横切燃料组件10顶部的上部堆芯支承板12，和一个位于上部堆芯支承板之上的十字头组件14。

被表示成垂直缩短形式的燃料组件10，基本上包括一个在核反应堆（未图示）的堆芯区域中的下堆芯板（未图示）上配接而支承组件的下端部结构或或底部管嘴16，许多根从底部管嘴16向上纵向伸出的导管或套管18，许多个沿导向套管18轴向放置的横向格架20，一个横向放置的由格架20支承的细长燃料棒22的有条理的阵列，一个置于燃料组件中心的仪表管24，以及一个附着于导向套管18上端的上端部结构或顶部管嘴26。燃料组件10组成一个整体单元，能够进行常规的装卸，而不损坏组件部件。

如上所述，燃料棒22通过沿燃料组件间隔放置的格架20而彼此间隔地夹持住。每根燃料棒22包含核燃料芯块（未图示），其相对的两端用端塞封闭（未图示）。由裂变材料制成的燃料芯块是反应功率源。一种诸如水或含硼水之类的液体慢化—冷却剂，被通过堆芯的燃料组件泵向上部，以便从燃料组件中提取热量而产生有用功。

上堆芯支承板12横切堆芯内所有燃料组件的顶部而延伸，它具

有通过其间而形成的冷却剂流通通道，比如通道２８。至少这些通道２８中的一些与导向套管１８轴向准直，使得如灰体棒３０之类灰体棒和其它控制棒（未图示）可以通过堆芯板１２中的通道２８向下移动而进入相应的导向套管１８。

如从图2和图3可以最清楚地看到的，十字头组件１４有一个中心轴３２，多个从中心轴径向延伸的叶片３４，多根安置在叶片３４上的指棒３６，指棒连接到灰体棒３０的上端。最好是，中心轴３２的形状如一根细长的管子，在它的上端有一个内攻螺纹的管头４０，以连接驱动机构（未图示），用来升降十字头组件１４，如反应堆技术中所熟知的。管状中心轴３２内装一个负荷吸收机构，它包括一个压缩的卷簧４２和一个接管４４，接管配接定位在形成于堆芯块１２上表面中的浅穴中（未图示），以便有助于将灰体棒３０适当地准直于堆芯板通道２８和导向套管１８中。如所周知，负荷吸收机构的主要目的是，防止当灰体棒３０完全插入导向套管１８时由于十字头组件１４冲击堆芯板１２而引起的堆芯板１２和燃料组件１０的冲击负荷。

现在参考附图的图4和图5，体现本发明的灰体棒３０包括一个管状件４６，一叠堆放置在管状件中的环形支承芯块４８，一个长度足以将芯块接受空间５２中的芯块叠堆４８保持在管状件４６纵向下部的螺旋弹簧５０，处于部分压缩状态的螺旋弹簧５０被安置在于管状件纵向上部中形成的没有任何芯块的空间５４中，螺旋弹簧的外径足以进一步对管状件纵向上部的管壁提供径向支承。可以注意到，螺旋弹簧５０的轴向伸展长度大体上等于空间５４的全长度。

更具体地说，管状件４６是一根筒形圆管５６，其两端分别由端塞５８和６０封闭。上端塞５８与向上延伸的杆６２形成整体，杆

６２有一个外部攻螺纹的端部６４，用来连接十字头指棒３６之一的内部攻螺纹的下端部６６。下端塞６０是圆锥形的。管子５６取薄壁包壳的形状，它象端塞５８和６０一样，是用不锈钢材料制成的。用不锈钢材料制成的包壳其中子俘获或中子吸收截面很小，由于是薄壁的，把重量减到了最小，因而也把灰体棒３０的转动惯量减到了最小。

叠堆中的每个芯块４８具有空心的环形，这使得芯块在管子５６中同心地装配，并提供一个通过芯块４８的中心空腔６８。空心芯块４８的使用把灰体棒３０的质量被到最小，而同时使管子５６保持足够高的抗塌陷能力。由于灰体棒３０质量小，灰体棒内部温度保持在可以接受的程度，因此减小了包壳应变。而且，每个芯块４８内的中心空腔６８有助于使芯块本身保持在较低的内部温度，从而还尽可能地缩小了径向膨胀，因此也尽可能地缩小了包壳应变。最好是，每个芯块由锆合金材料构成，它并不显著地吸收中子，它在灰体棒３０进入和移出燃料组件１０的步进移动中并不变成为粉末状。

如上面所指出的，螺旋弹簧或压力弹簧５０起双重作用。首先，它有足够的长度使得它在芯块叠堆４８和上端塞５８之间保持压缩状态，从而使芯块叠堆保持对下端塞６０的偏压而容忍可能在单个芯块长度中发生的某种小的热增长。因此，螺旋弹簧５０保证，当灰体棒被插入燃料组件１０时，芯块叠堆４８被保持在下管区段的芯块接受空间５２内，该下管区段位于燃料棒阵列内，而形成空间５４的上管区段基本上在燃料棒阵列的外边，在上堆芯板１２的灰体棒插入位置的有关通道２８内。螺旋弹簧５０所起的第二个作用是，在空间５４的整个范围内对薄壁管５６提供内部支承，而不增加比弹簧的轻的重量更大的重量。

附图的图6表示一种替代的实施方案。该方案中有一根灰体棒30'类似于到目前为止所描述的最佳方案中的灰体棒30。它由一根包含一叠堆空心环状芯块48'的管状件46'构成。然而，与灰体棒30不一样，该灰体棒30'的细长管子56'由下段管子70和上段管子72组成。这上下两段管子彼此分立，通过一个插在两段管子70和72之间的实心塞子74连接在一起。而上下两段管子的邻接端部连接于塞子74。下段管子70形成一个包含芯块叠堆48'的芯块接受空间52'，上段管子72形成一个没有任何内部结构的空间54'。上段管子72有几个穿过管壁形成的开孔76，允许反应堆冷却剂进入空间54'，以使空间54'内的压力与灰体棒之外的外部压力相等。两段管子70和72为薄壁包壳，它们与实心塞子74一起，都是由不锈钢材料构成的。芯块48'是由一种其热膨胀系数可以忽略不计的非燃料物质构成的，可以由氧化锆构成；特别是，因为芯块是环形的，中间形成空腔68，它们的长度不会显著增长，因此，可以在实心塞子74和端塞60之间稳固地堆叠。

说　明　书　附　图

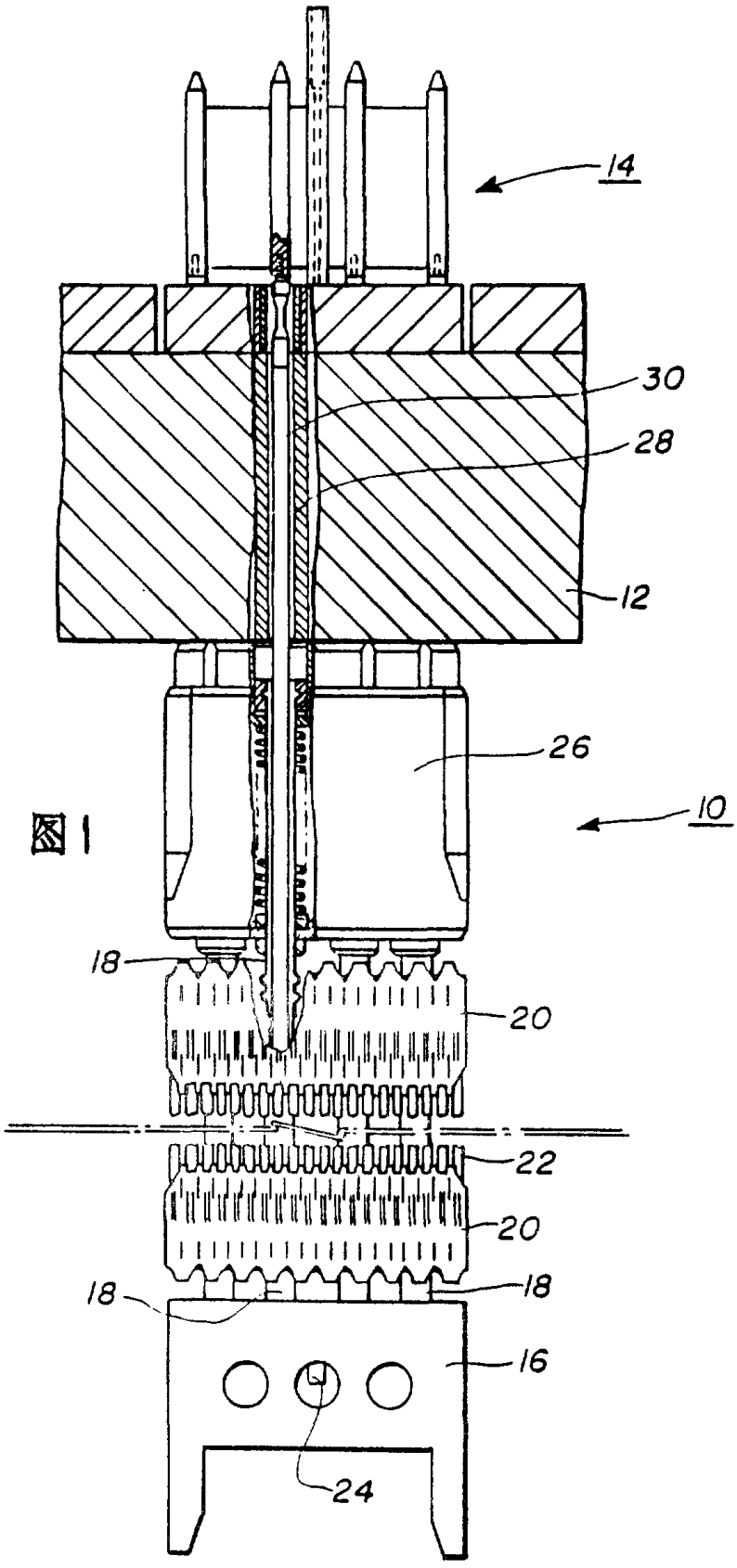


图 1

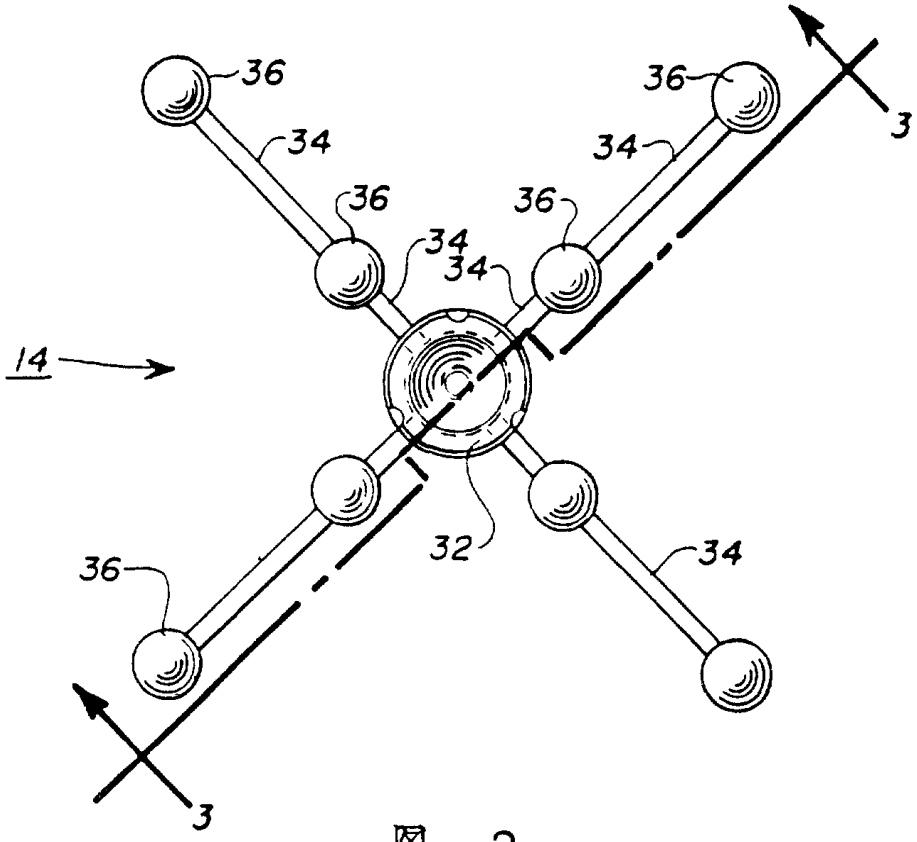


图 .2

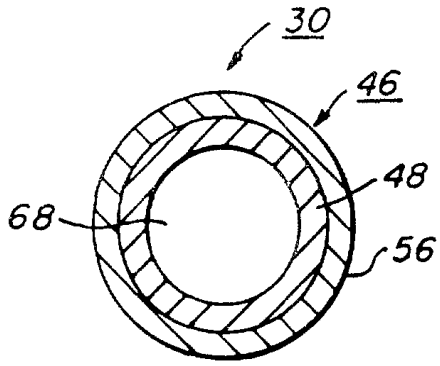


图 .5

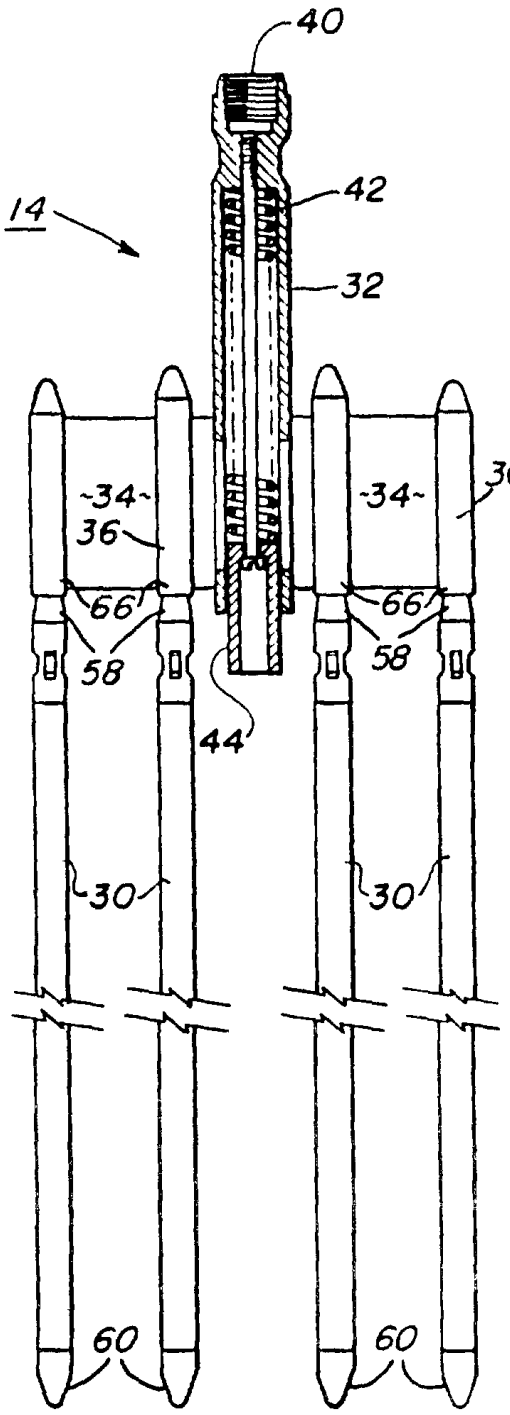

40
14
42
32
34
36
34
36
66'
66'
58
58
58
44
30
30
60
60

图 .3

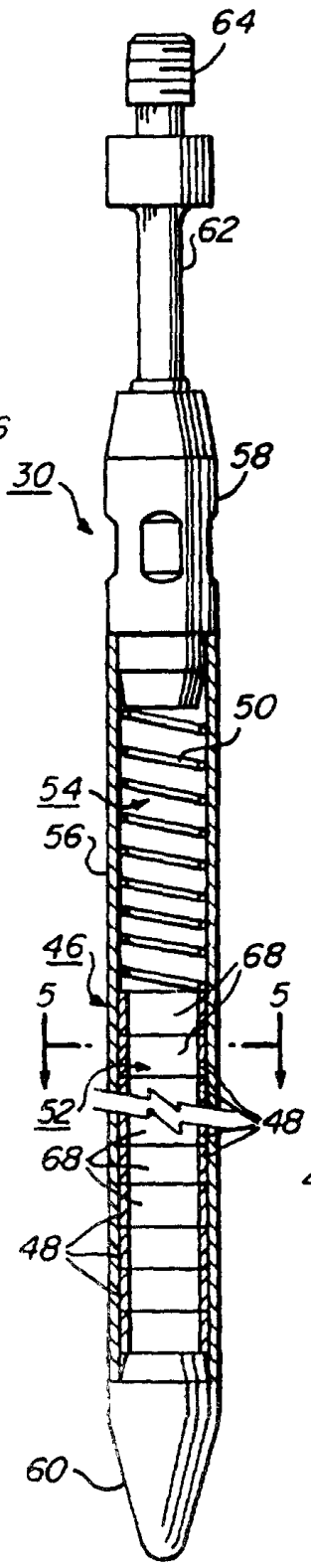

64
62
58
30
50
54
56
46
68
5
5
52
48
68
48
60

图 .4

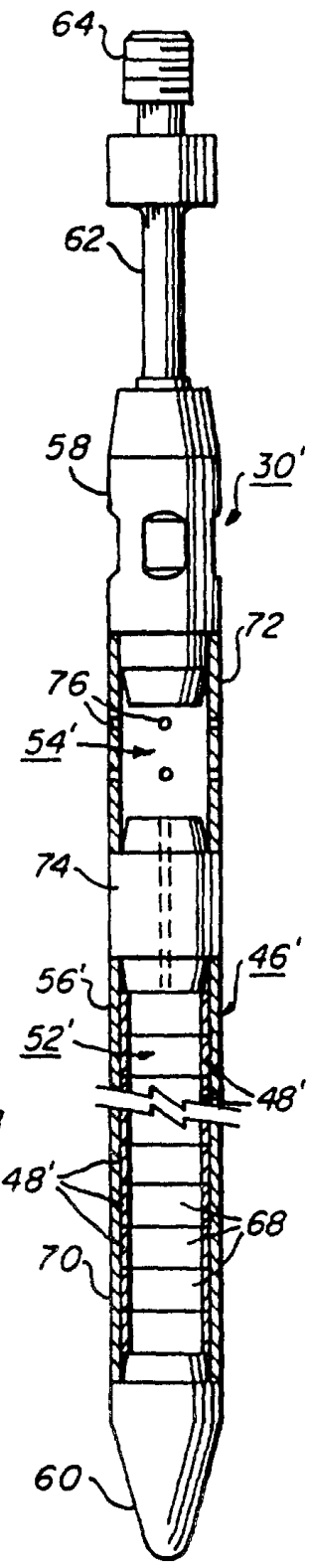

64
62
58
30'
72
76
54'
74
46'
56'
52'
48'
48'
68
70
60

图 .6