



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102023558 A

(43) 申请公布日 2011.04.20

(21) 申请号 201010520935.4

(22) 申请日 2010.09.20

(30) 优先权数据

01454/09 2009.09.21 CH

00319/10 2010.03.09 CH

(71) 申请人 劳力士有限公司

地址 瑞士日内瓦

(72) 发明人 耶罗姆·达乌

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司 11243

代理人 张敬强

(51) Int. Cl.

G04B 17/06 (2006.01)

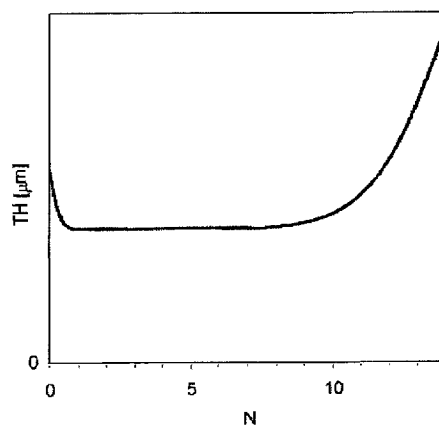
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

用于钟表平衡的扁平游丝以及摆轮 / 游丝装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于钟表平衡的扁平游丝，包括卷绕带，该卷绕带的形状保证游丝呈大致同心地展开，并保证在其内端相对于其外端从其静止位置在两个方向上少于 360° 的旋转期间，枢轴与固定点处的受力几乎为零。游丝带的硬度从其两端的每一端开始逐渐地降低一直到超过 360° ，硬度的最小值位于所述带的中间部分。



1. 一种用于钟表平衡的扁平游丝，包括卷绕带，该卷绕带的形状保证游丝呈大致同心地展开，并保证在其内端相对于其外端从其静止位置在两个方向上少于 360° 的旋转期间，枢轴与固定点处的受力几乎为零，所述游丝的特征在于，游丝带的硬度一方面从位于其内端和其第二圈之间的点开始逐渐地降低一直到超过 360° ，另一方面从位于其外端和其倒数第二圈之间的点开始逐渐地降低一直到超过 360° ，硬度的最小值位于所述带的中间部分。

2. 如权利要求 1 所述的游丝，其中，游丝带的硬度从其两端的每一端开始逐渐地降低一直到超过 360° 。

3. 如前述任一权利要求所述的游丝，其中，游丝的间距非单调性地变化，间距在其外端和按照圈数来计算的外三分之一之间减小。

4. 如前述任一权利要求所述的游丝，其中，游丝的间距非单调性地变化，间距在其内端和按照圈数来计算的内三分之一之间减小。

5. 如前述任一权利要求所述的游丝，其中，游丝的间距经历了突然的增大及随后的突然减小，这整体占据了超过 360° 并且位于离开其至少一端的至少一圈处。

6. 如前述任一权利要求所述的游丝，其中，各自不同的硬度与游丝带各自不同的横截面相对应。

7. 如前述任一权利要求所述的游丝，其中，硬度在位于其外端和其倒数第二圈之间的一点与最小值之间以至少为 8 的因数降低。

8. 如前述任一权利要求所述的游丝，其中，硬度在其内端和最小值之间降低至少 50%。

9. 如前述任一权利要求所述的游丝，由脆性材料制造。

10. 如前述任一权利要求所述的游丝，由晶体材料制造。

11. 如前述任一权利要求所述的游丝，由硅制造。

12. 一种摆轮 / 游丝装置，使用了如前述任一权利要求所述的游丝。

用于钟表平衡的扁平游丝以及摆轮 / 游丝装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于钟表平衡的扁平游丝，包括卷绕带，该卷绕带的形状保证游丝呈大致同心地展开，并保证在其内端相对于其外端从其静止位置在两个方向上进行少于 360° 的旋转期间，枢轴与固定点处的受力几乎为零。本发明还涉及一种摆轮 / 游丝装置。

背景技术

[0002] 在摆轮 / 游丝装置的振荡过程中，适于钟表平衡的游丝的不同心展开将导致游丝重心的偏心，该偏心根据手表所在的姿势将引起机芯走慢或走快，也就是说其减小或增大了摆轮 / 游丝系统的固有频率。游丝重心的这种偏心还将引起平衡枢轴对轴承施加横向压力。

[0003] 游丝的不平衡性以及枢轴的横向压力造成的影响破坏了平衡振荡等时性的必要条件。从 18 世纪中期以来，钟表匠就已经意识到，游丝的不同心展开对等时性具有不良的影响，特别是在平衡枢轴上由偏心游丝造成的横向压力扰乱了速率并且造成枢轴磨损。因此这些钟表匠建议形成一个或两个端部曲线，最初是在柱状游丝上，之后是在一个平面中的阿基米德式游丝上，这就是以其发明人名字命名的贝利坚摆轮游丝 (Breguet balance spring)。

[0004] 这些曲线或多或少是由经验产生的，并且得根据振荡器速率的结果进行校正，一直到根据这些结果形成偏好的特定形状。几十年后，爱德华菲利普对端部曲线背后的数学进行研究，由此为钟表匠的先前直觉认识提供了理论证实，也即当摆轮 / 游丝系统振荡时，如果游丝重心保持大致在平衡轴上，游丝将相对地不对游丝枢轴施加横向力并且其展开将保持同心。

[0005] 与惠更斯在 17 世纪描述的支配振动体等时性的规律相比，菲利普所描述的这些条件，与钟表匠通过观察游丝产生的故障而自己推断所定义的条件是相同的。

[0006] 贝利坚摆轮游丝要求端部曲线形成在与扁平游丝所在平面平行的平面中。这需要在相对的方向上形成两个弯曲，使得在游丝与平行的端部曲线之间形成倾斜的连接段。

[0007] 贝利坚摆轮游丝可由各种铁磁性合金或顺磁合金制造，特别是对于自补偿游丝。然而，使用如单晶硅或多晶硅的脆性材料制造它却困难得多，因为设计成允许形成贝利坚端部曲线的两个相对的弯曲处由于这种类型的脆性材料容易断裂而无法形成，因此需要求助于能形成跨接多层的结构的技术。

[0008] 已经提出，可通过改变游丝带的厚度而在扁平游丝上获得可与贝利坚曲线相提并论的技术效果。

[0009] US209 642 中提出，将游丝带的厚度从游丝的中心到外部逐渐地或非连续地增大。

[0010] CH327 796 提出，在中心或是在其外部沿着不超过 180° 的圆弧，改变游丝带的

横断面以使其更硬。这种改变通过弯曲，材料的增加（例如通过沉积法或者焊接），或厚度的减小（例如通过压延或者化学蚀刻）来实现。

[0011] US3 550 928 建议，通过使用通过其最后一圈的部分塑性变形而获得的非矩形横断面，来硬化游丝的端部曲线。

[0012] EP1 473 604 涉及一种扁平游丝，在其外圈上包括设计用来使游丝各圈的变形大致同心的硬化的部分。

[0013] BE526689 提出，沿着其长度的一个或多个部分改变游丝带的横截面，或修改外形或者在带的一个或多个部分上增加设计成能改变这些部分挠性的物体（任何物体）。但没有给出关于这些改变或修饰进一步的详情。

[0014] Emile 与 Gaston Michel 在其论文 *Spiraux plats concentriques sans courbes* [没有曲线的同心扁平游丝]，*Bulletin Annuel de la Société Suisse de Chronométrie et du Laboratoire de Recherches Horologères*，第 IV 卷，1957-1963，第 162-169 页，1963 年 1 月 1 日，提出让游丝带的一部分成为 v 型横截面。“这个 v 型的部分在高振幅时几乎没有变形。这时其不会有助于调整，并且它好像就是游丝圈的死区部分”（第 164 页底部至第 165 页顶部）。这样实际上使得游丝长度的一部分无效了。

[0015] EP1431844 涉及一种游丝，其横截面从其一端至另一端是变化的。然而，几乎没有介绍关于游丝横截面的变化形成的详情。给出的唯一信息是在图 11 以及说明书的相应描述部分。在第 4 页，第 55-57 行中给出的定义谈及“可变化的平行六面体形状的横截面”，“在这种情况下，长方形的横截面 E 朝向中心，而在外部就改变成了正方形的横截面 E'”。这个定义，关于变化类型所给出的唯一的信息，让人想到单调的变化，因为其横截面变化的这两个横截面 E-E' 似乎暗示着一种横截面的连续且单调的变化。

[0016] EP1431844 的图 10 所示出的间距变化的问题限定于沿着径向轴 F-F' 的间距变化，其使得游丝呈现椭圆的外形。该图所示出的是，类似于沿着两轴之一盘旋的游丝的变形，而不是严格意义上的间距变化，所示出的不会产生一个实用的游丝，尤其是一种在操作中各圈不相互接触的游丝。

[0017] 最后，EP1 593 004 中提出，游丝带的横截面从游丝中心向外部逐渐减小。

[0018] 上述提到的所有游丝都旨在改善在手表的变化姿势中摆轮 / 游丝振荡器的等时性。然而，通过模拟这些不同的游丝的研究显示出，以典型的操作振幅即振幅超过了 200° 在不同姿势之间的最大误差每天 4 秒，但要使误差更低是很困难的，以免危及确保在游丝压缩以及膨胀期间或者当手表受撞击时各圈在操作中不相互接触的安全限度。此外，相对于摆轮 / 游丝振荡器的幅度绘制出的速率曲线的平均斜率应尽可能低，理想的是稍负一些以补偿由直列杠杆擒纵机构产生的等时性误差。使用小游丝想获得良好的性能也将更加困难，例如在旋转轴以及外端之间尺度小于 2.5mm 的距离。

发明内容

[0019] 本发明的目的是提供一种比现有技术的游丝更接近这些目标的解决方案。

[0020] 为此，本发明的主要主题是如权利要求 1 所述的一种用于钟表平衡的扁平游丝，包括卷绕带，该卷绕带的形状保证游丝呈大致同心地展开，并且在其内端相对于其外端从其静止位置在两个方向上少于 360° 的旋转期间，枢轴与固定点处的受力几乎为

零。本发明的另一个是如权利要求 12 所述的一种摆轮 / 游丝装置。

[0021] “大致同心展开”以及“几乎为零”的措辞是为了涵盖能够至少具有与贝利竖曲线摆轮游丝一样的性能的游丝，其目的是至少能与后者一样工作，但用的是扁平游丝。

[0022] 根据本发明的游丝适用于由延展性材料以及例如硅的脆性材料制成的游丝。

[0023] 本发明的附图用图解法以及举例示出了本发明扁平游丝的各种实施例。

附图说明

[0024] 图 1 是处在静止位置的扁平游丝的俯视图，其重心位于该游丝预期的旋转中心；

[0025] 图 2 是相对于图 1 中所示游丝的绕转圈数 N 所绘制的游丝带的厚度 TH 图；

[0026] 图 3 是相对于图 1 中所示游丝的绕转圈数 N 所绘制的游丝的间距 P 图；

[0027] 图 4 是与图 1 中所示游丝相适应的摆轮 / 游丝振荡器在不同姿势相对于该振荡器的幅度（自由等时性）所绘制的理论速率曲线图；

[0028] 图 5 是处在静止位置的扁平游丝的第二实施例的平面图，其重心位于该游丝预期的旋转中心上；

[0029] 图 6 是相对于图 5 中所示游丝的绕转圈数 N 所绘制的游丝带的厚度 TH 图；

[0030] 图 7 是相对于图 5 中所示游丝的绕转圈数 N 所绘制的游丝的间距 P 图；

[0031] 图 8 是与图 5 中所示游丝相适应的游丝振荡器在不同姿势相对于该振荡器的幅度（自由等时性）所绘制的理论速率曲线图；

[0032] 图 9 是处在静止位置的扁平游丝的第三实施例的平面图，其重心位于该游丝预期的旋转中心上；以及

[0033] 图 10 是处在静止位置的扁平游丝的第四实施例的平面图，其重心位于该游丝预期的旋转中心上。

具体实施方式

[0034] 摆轮 / 游丝振荡器的性能，特别是姿势间的速率误差，实质上随游丝产生的扭矩以及其尺寸而变化，该尺寸表示在游丝附着于内桩 (collet) 的内点和附着的外点之间的距离。绕转圈数也会产生重要影响。基于这个原因，在附图中通过举例给出的游丝均具有同样的额定转矩（与游丝耦合的平衡惯量相同，以获得 4Hz 的振荡频率），以及同样的尺寸。游丝由硅制成。内端到旋转轴的距离是 0.6mm，外端到旋转轴的距离是 2.1mm。各圈的高度是 $150\ \mu\text{m}$ 。

[0035] 为了可选择地增大或降低游丝带的硬度，可以改变其横截面，更具体地是改变游丝带的厚度，因为众所周知游丝带的硬度是随着其厚度的立方而变化的。另一种可能性是采用局部热处理，或者例如不改变横截面的情况下修改游丝带的形状，例如，通过改变游丝横截面关于该游丝预期旋转中心的方向。这可以通过对其扭弯或者在游丝带上形成波浪状，或者将这些硬化的方法与改变横截面的方法结合起来来实现。

[0036] 本发明的游丝可以由脆性材料制成，尤其是例如硅的晶体材料。采用在 EP 0732635 B1 中描述的制造方法可以容易地制作出这种具有变化的横截面的游丝，其使用

的是利用化学浸蚀的遮蔽技术，这样的技术已经在特别是处理硅片的电子行业中达到了完善的先进水平。该文件本身介绍了一种用于可用于游丝或类似产品的制造方法。尽管这份文件没有提到制造非恒定截面游丝的可能性，但是很明显其使用的遮蔽技术能理想地适用于获得这样的结果。此外，其描述的方法还可能实现将游丝、其内桩以及其固定装置制作成一个整体。

[0037] 在以下两篇论文中介绍了其它采用多层电镀结合遮蔽技术以制造微观机械部件的技术，这两篇论文为发表在 Elsevier Sensors and Actuators A 64(1998) 第 33-39 页中的 High-aspect-ratio, ultrathick, negative-tone near-UV photoresist and its applications for MEMS (高深宽比、超厚、负色调近紫外光致抗蚀剂及其在微机电系统中的应用)，以及发表在 Elsevier Sensors and Actuators A 53(1996) 第 364-368 页中的 Low-cost technology for multilayer electroplated parts using laminated dry film resist (使用复合干膜抗蚀剂的用于多层电镀部件的低成本技术)。因此这些技术可用于形成具有高深宽比的微观机械金属部件，并且因此理想地适用于生产可变横截面的金属游丝，以用于以硬度的非单调变化生产游丝。因而利用这些技术也可能制造出金属游丝。

[0038] 提到的方法当然都很适合生产游丝，这些游丝中的游丝带的横截面不恒定的是作为保持游丝重心大致位于游丝预期的旋转中心上的一种措施，产生非单调性变化的硬度。为了获得期望的效果也可以在其制造的适当阶段之后的阶段，使用其它方法，例如热处理或激光加工以非单调的方式改变游丝的硬度。处理或者加工也可以与包含至少两个不同横截面部分的游丝有关。

[0039] 可以设想出有选择地进行游丝硬化以达到预期结果的其它方法。举例来说，由形成更硬的材料层可以使得游丝的硬度非单调性地变化。例如，该层可以通过电镀制成。

[0040] 通过使用例如离子注入技术或扩散法掺入硅也可以改变游丝的硬度。

[0041] 采用已知的方法对游丝进行温度补偿。例如，各圈表面上的材料层可以用来补偿基体材料杨氏模量的第一个温度系数。就硅游丝来说，适合该层的材料是 SiO_2 。

[0042] 图 1 所示的本发明游丝具有一个加厚的区域，其厚度从内端开始减少一直到超过 360° ，还具有一个加厚的区域，其厚度在外端之前和完全到达外端处逐渐增大直到超过 360° （就图 1 来说是超过五圈）。图 2 的图表中示出了这种非单调的厚度变化。在游丝外端和其最小厚度之间，厚度以 2.6 的因子减少。在其内端和其最小厚度之间，厚度减少了 35%。

[0043] 如图 3 的图表所示，与游丝带厚度的非单调变化进而引起的其硬度的非单调变化一起，本发明游丝的间距也有利地非单调变化。图表显示了在游丝内端开始的间距减小，接着在稍微增大之后，达到了局部最大值，在本例中是在外端前的两圈。局部最大值（在突然增大之后的突然降低）是设计来阻止各圈在摆轮 / 游丝装置振荡时的互相接触。要注意到，间距的变化不需要对最后一圈的间隔进行显著地增大，这样游丝的圈数就可能很多，在该例中具有 2.1mm 半径的游丝超过了 14 圈。众所周知，圈数越多等时性的平均斜率就越浅平。

[0044] 在该实施例可以看到，游丝的最大间距并不位于其外端，而是位于游丝外三分之一上（外端之前的 1 和 3 圈之间，在本例中更精确地说是在 1.75 圈），并且间距在位于

游丝外三分之一上具有局部最大值（从外端数的 1 和 3 圈之间）。

[0045] 与具有恒定间距以及恒定厚度的游丝相比，对该游丝的模拟显示出，这种游丝的几何形状使得将在时钟测试的不同姿势间的最大误差减少到一半成为可能（DU 和 DD，分别是表盘朝上和表盘朝下的水平姿势；3 点钟，6 点钟，9 点钟和 12 点钟，这些是在相继姿势之间每次旋转 90° 的垂直姿势）。在摆轮 / 游丝振荡器 250° 幅度的误差是每天 1.87 秒。关于等时性的平均斜率，图 4 的图表示出，这是在这个幅度上的非常微小的负斜率，补偿了由标准的直列杠杆式擒纵机构产生的非常微小的正斜率。

[0046] 图 5 所示的第二实施例，具有两个渐进硬度的端部曲线，一个在内部，另一个在外部，它们的任务是在端部与中间各圈之间提供平滑的过渡。在操作中也即在压缩和扩张中，间距变大的区域对于阻止各圈相互接触是有用的。在这两个区域之间的中间部分可以以小且大致恒定的间距（如图 7 的示例中大概是 4% 的间距变化）工作得很好。实际上，在游丝展开时所发生的是中间部分作为一个整体全部地移动，当压缩时朝向中心，当扩张时朝向外外部。因而各方面都需要空间。朝向中心的空间可比围绕外部的空间要小，因此不必要求如图 3 的图表所示的那样。

[0047] 概括来说，图 6 所示的厚度表与图 1-4 所示实施例的相类似；也就是说，在游丝两端加厚的区域，由此形成占据了超过 360° 的端部曲线。在游丝外端和其最小厚度之间，厚度以因数 4.4 减小。在其内端和其最小厚度之间，厚度减小了 48%。

[0048] 在图 6 的变形中，在内部和 / 或外部的最后一圈，内部和 / 或外部各圈的厚度能够停止增大，或甚至微小的减小，而不会显著地改变振荡器的特性。

[0049] 图 7 所示的间距图包含非单调和逐渐的变化，除了在外三分之一（大致是外端前的三圈）具有局部最大值之外，在游丝前三分之一（从内端起两圈）也具有局部最大值。

[0050] 如图 8 所示，摆轮 / 游丝振荡器在 250° 幅值的误差是每天 1.99 秒，并且可比得上图 4 中的示例，在 200° 到 300° 幅值之间比图 1 中的游丝具有更小的平均误差。

[0051] 这里也介绍了其它的实施例。一个如图 9 所示，具有在内三分之一以及外三分之一的各圈间隔更开的区域，具有平滑的间距变化，在内部或外部都没有间距的局部最大值。厚度变化的曲线与图 2 所示的第一实施例的相类似，从内端起的前三分之一或内三分之一（最初的四圈）开始减小，厚度恒定的部分，之后是厚度在外三分之一直至完全到外端（最后两圈）增大。间距本身的变化是非单调的，从内端到游丝长度的中间逐渐减小，之后逐渐增大直到游丝的外端，没有局部最大值。其计时性能比具有恒定间距和恒定厚度的游丝要好，但是比最前面的两个实施例略差些（姿势之间的最大误差在 250° 时每天 2.67 秒）。

[0052] 图 10 中示出了另一个实施例，在游丝内部包括广阔得多的没有间距变化的中心区域。厚度变化的曲线与图 2 所示的第一个实施例的相类似，从内端起的前三分之一（最初的四圈）开始减小，然后是厚度恒定的部分，之后厚度增大从外三分之一直至完全到外端（最后的三圈）增大。图 10 中所示的游丝的间距从游丝长度的前三分之一或内三分之一是恒定的；然后有一个突然增大接着减小，即局部最大值，外端前的三圈半。之后间距又增大直至完全到外端。计时性能可以比得上最前面的两个实施例（姿势之间的最大误差在 250° 时每天 2.08 秒）。

[0053] 上述给出的实施例是通过非限制性的举例给出的。此外，为了获得最优的计时

性能（姿势间的最小可能的速率误差以及平均等时性斜率）同时防止在操作中各圈间的相互接触，厚度与间距的变化需要进行优化，以满足游丝的规格，也即展开的扭矩以及外部的尺寸（内桩的半径和外桩（stud）的半径）。

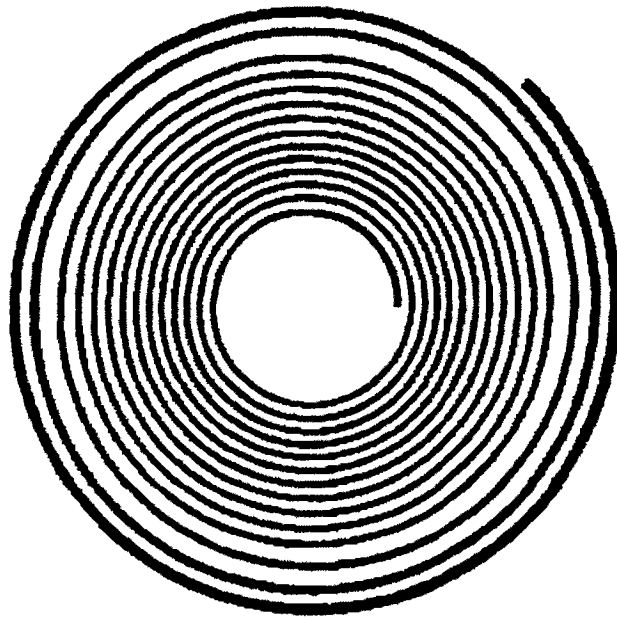


图 1

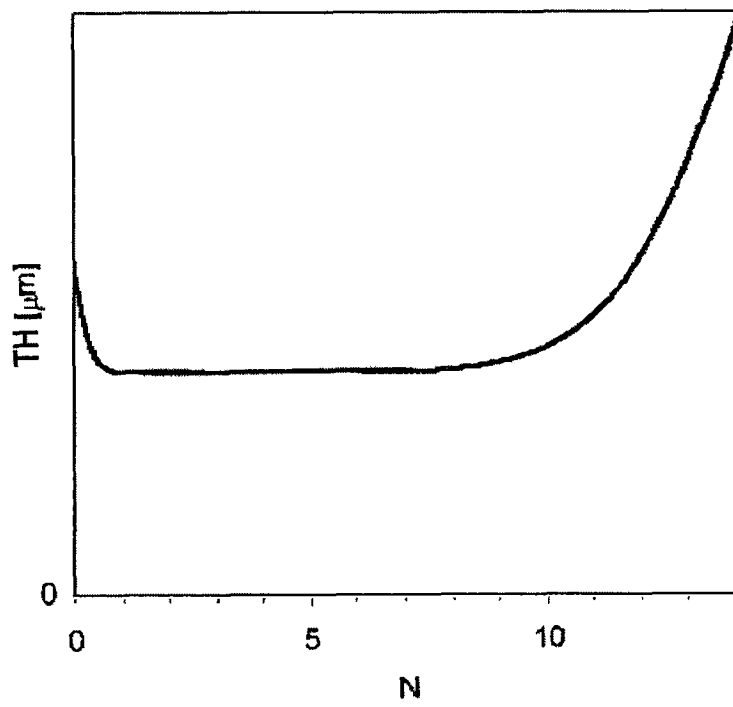


图 2

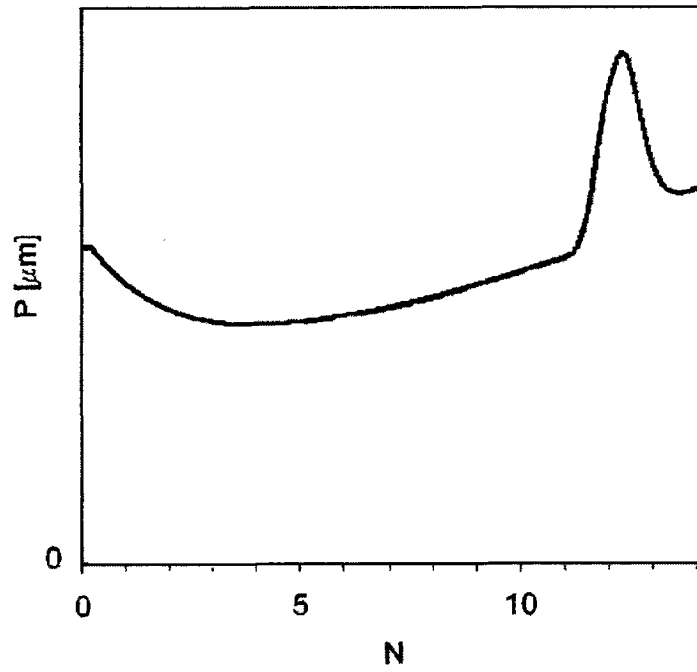


图 3

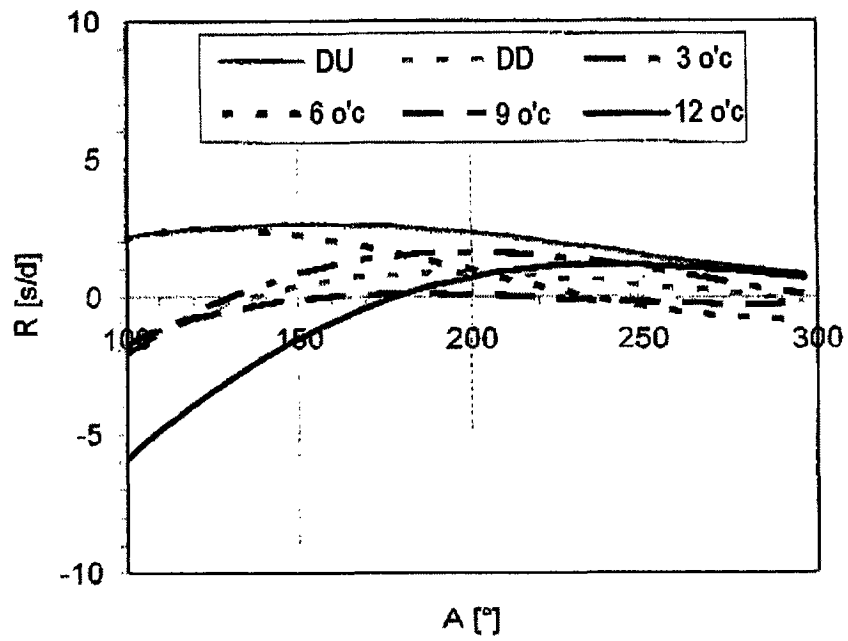


图 4

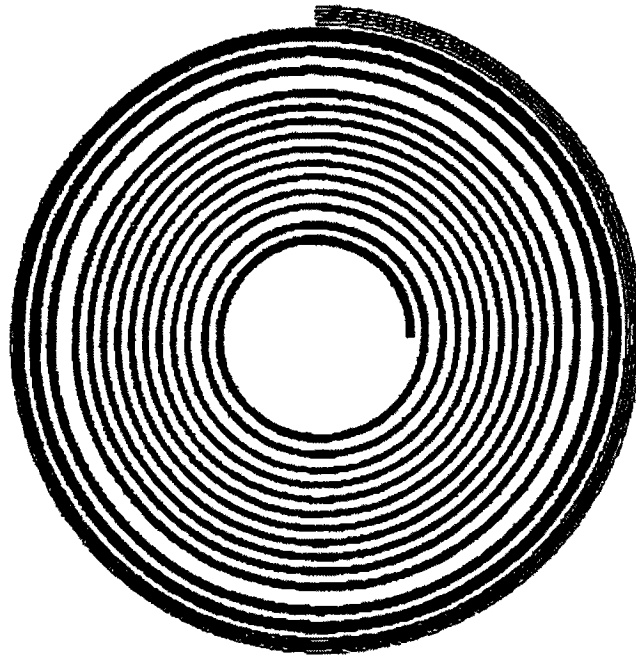


图 5

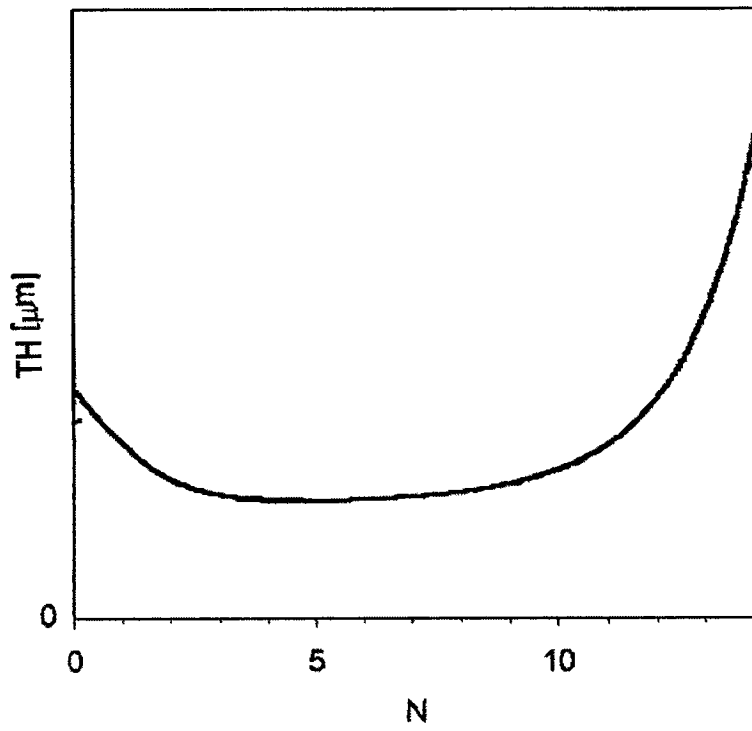


图 6

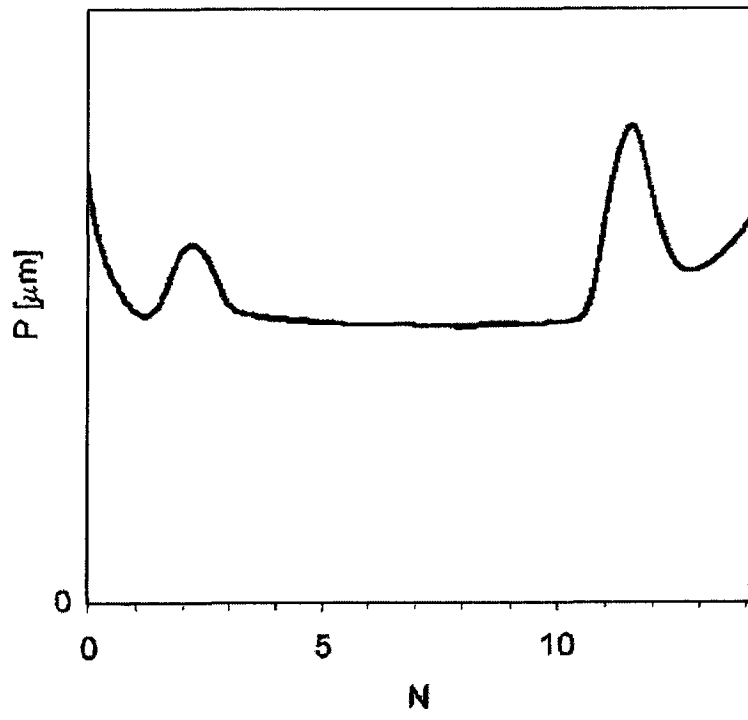


图 7

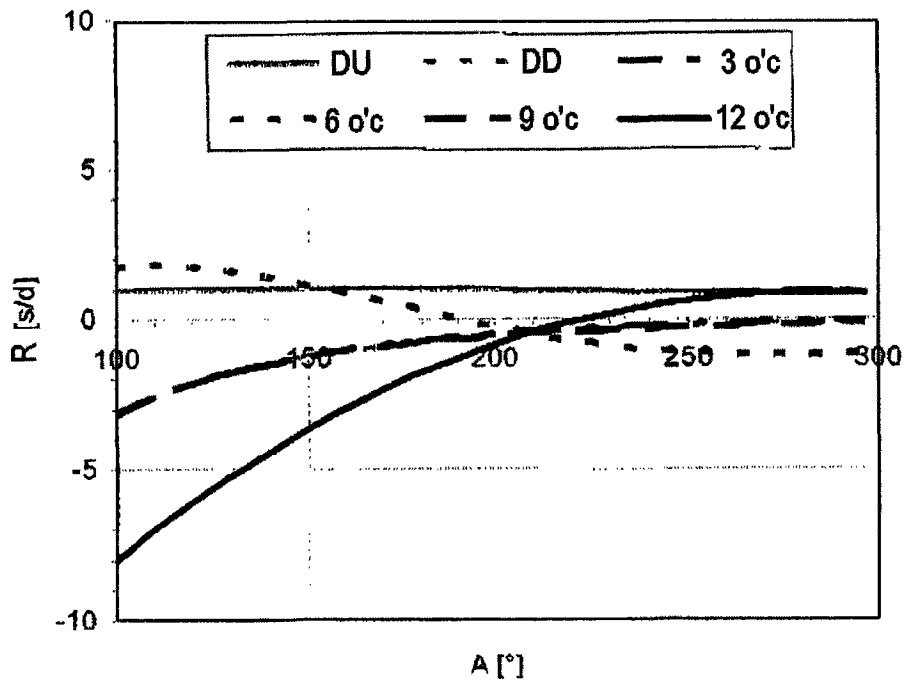


图 8

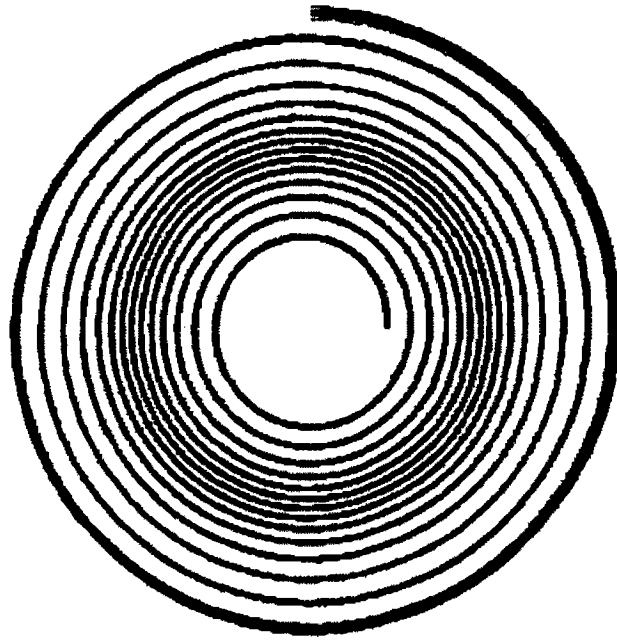


图 9

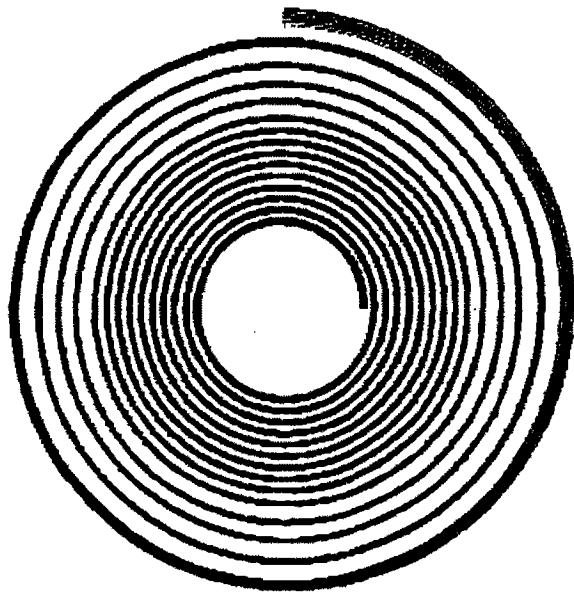


图 10