

# 硅技术在机械手表上的应用

---

# 硅是什么？

硅是地球上最丰富的元素之一，占地壳岩石的27.6%，主要以二氧化硅和硅酸盐的形式存在。硅（也称矽），元素符号Si，原子序数14，原子量28.09。硅为同素异构体，有无定形硅和结晶硅，结晶硅又分为多晶硅和非晶硅，具有金刚石晶体结构，硬而脆。单晶硅材料的密度大约为钢铁的1/3，线胀系数是钢的1/5，弹性模量与钢相当，具有较高的硬度，具有美丽的色泽和良好的抗腐蚀性能。但是，单晶硅具有易延某个晶面开裂的特性和电阻率高的特点。由此可以看出，Si具有某些钟表材料所需要的特质，但硬而脆的特点使常规精密机械加工技术无法加工，而成熟的半导体生产技术提供了这种可能，这就是MEMS技术。

# MEMS

MEMS是微机电系统(Micro-Electro-Mechanical Systems)的缩写，MEMS是美国的叫法，在日本被称为微机械，在欧洲被称为微系统。在硅集成电路制造业中，形成了很成熟的镀膜沉积、光刻、腐蚀、外延、扩散等MEMS微细加工技术，适宜于制造具有微米级精度的各种特殊几何形状的机械结构。在这个应用领域已经有许多令人瞩目的成果，例如微硅加速度计、气相色谱仪、微型马达等。这些技术的成果给人们展示了一个新的微观的技术领域并显示出其良好的应用前景。同时我们注意到，这些技术的应用特点并不是局限在对原有材料的替代，而是在一种全新的设计制造的理念指导下产生的产品。因而这种加工方法可以方便的移植到手表精细零件的生产。

# 物理特性

1.硅制擒纵机构的零件表面光滑，在不需要润滑的条件下与传统金属材质的零件相比摩擦阻力很小，能够把更多能量传递到调速系统，对机械机芯的性能稳定性和可靠性有显著的提高。尤其是关键的擒纵轮片，在深度活性离子蚀刻工序 (DRIE工序) 中，被加工精确度可达到一微米 (1/1000 毫米)，从而具备了同心度更佳、更精确的直径大小，以及齿间距均匀等优点；

2.硅材料零件的硬度以及耐磨性较高，其硬度达 1100 Vickers (维氏硬度单位)，而钢仅有 700 Vickers；

3.硅是单晶体，因此使用它制作的机械表零件不会受磁场和电磁脉冲影响；

4.硅材料的抗腐蚀性高，使得制作出来的齿轮表面，特别是齿尖端的啮合面能够时刻保持平滑，免点油；

5.硅材料质轻 (硅的密度为2.33克/立方厘米，钢是7.8克/立方厘米)，使得硅材质零部件更加轻巧，转动惯量减小了。

# 百达翡丽硅调速系统



# 百达翡丽硅调速系统

Fig.1

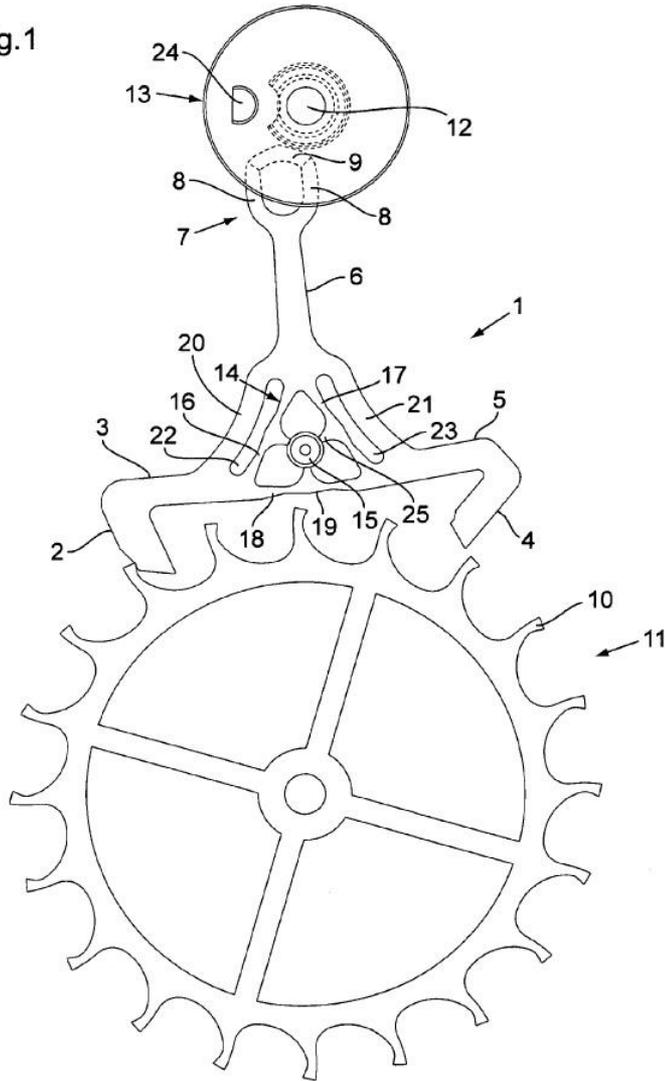


Fig.1

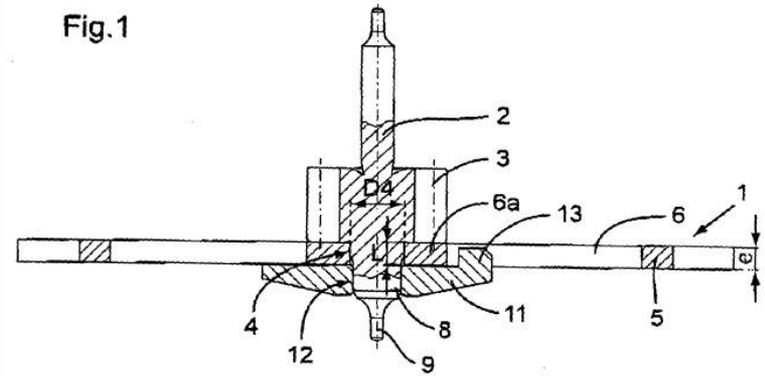
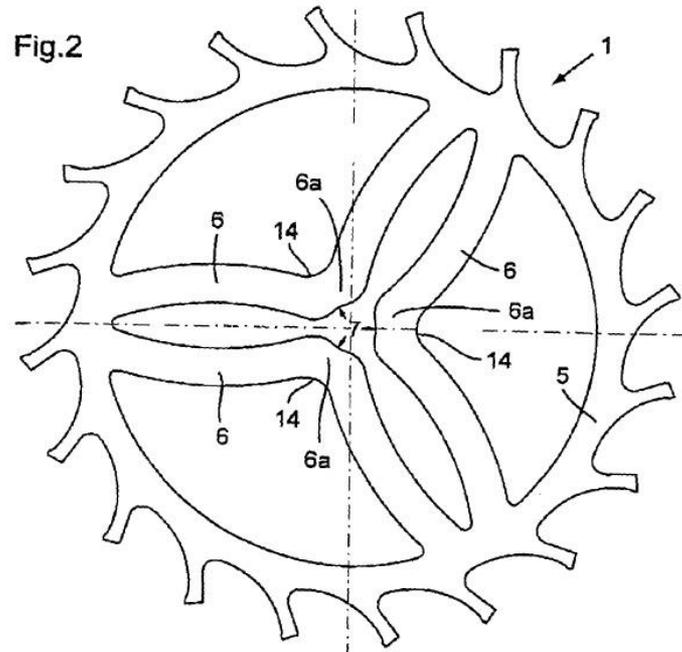
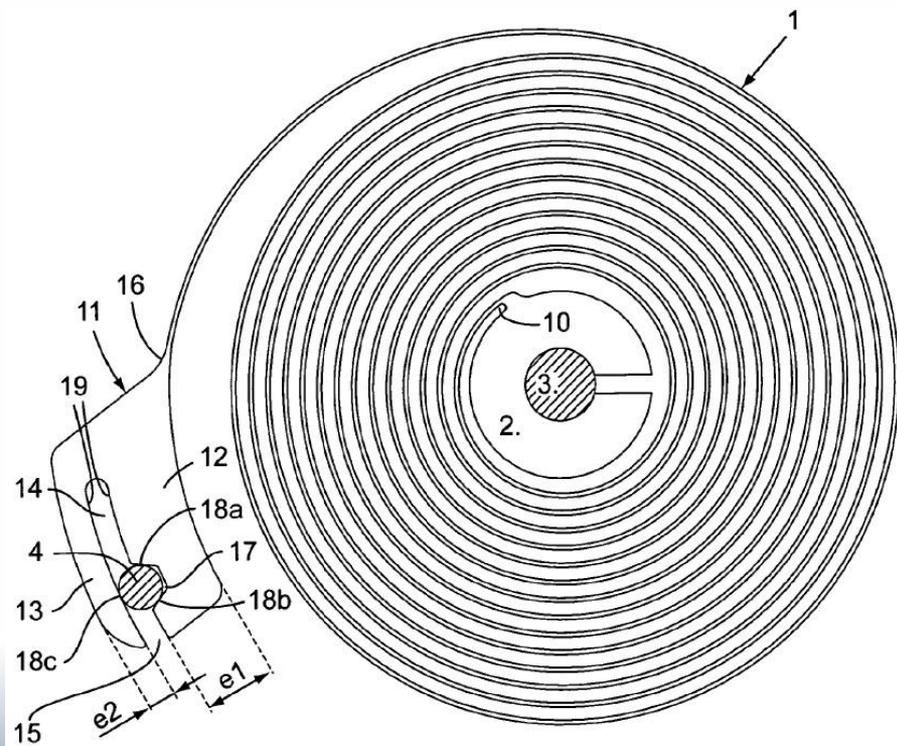
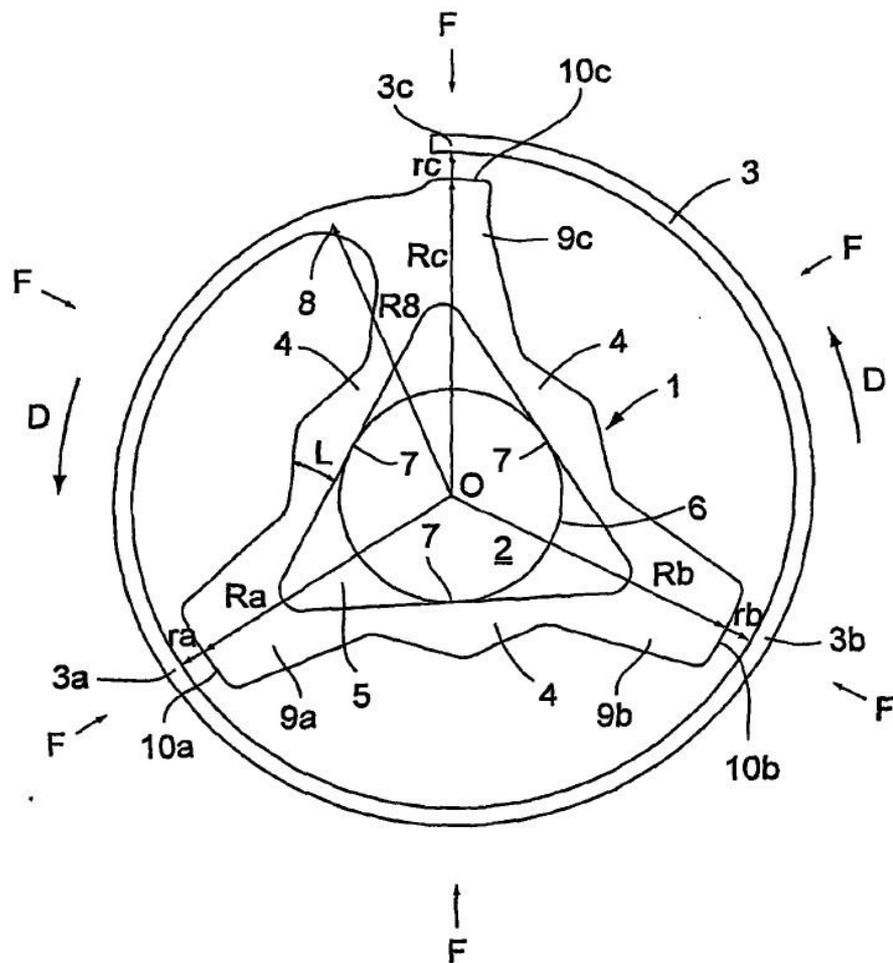


Fig.2

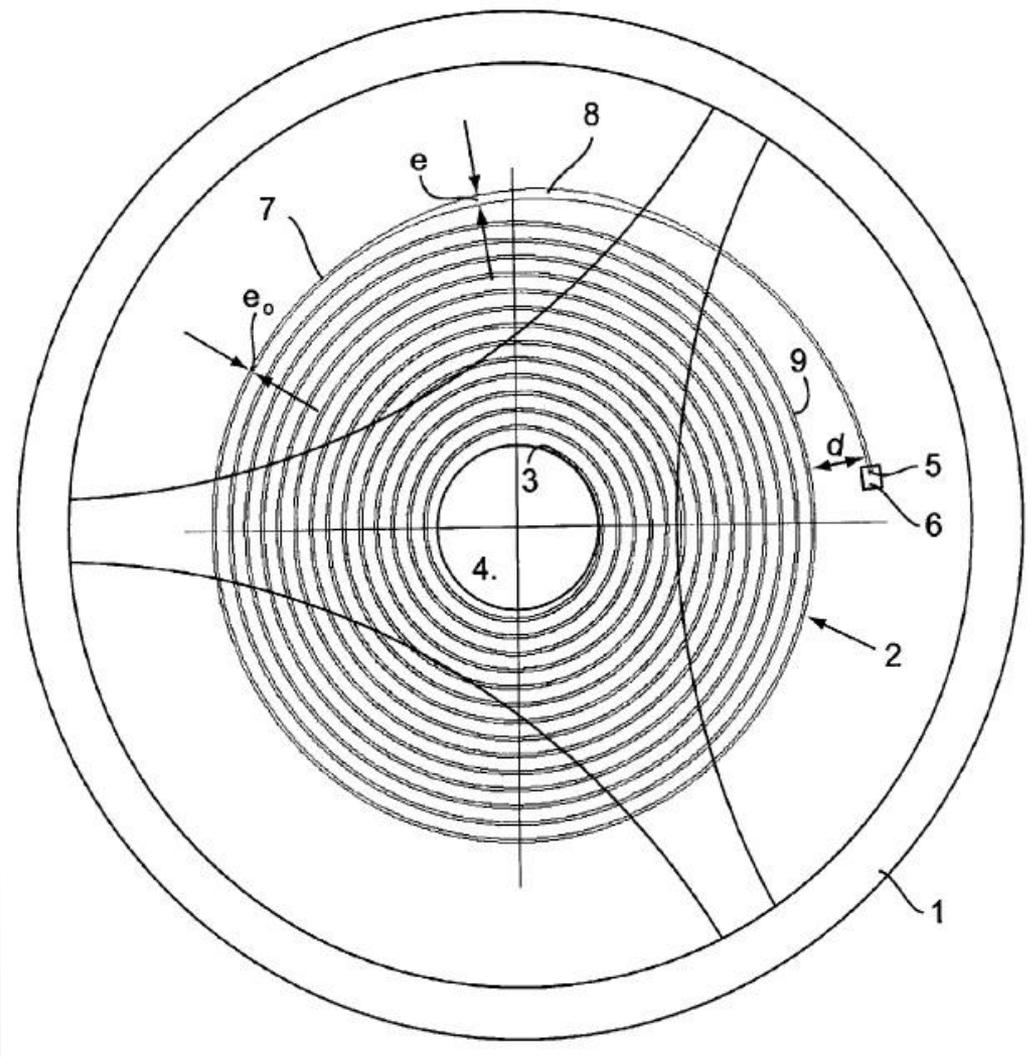


# 百达翡丽硅调速系统

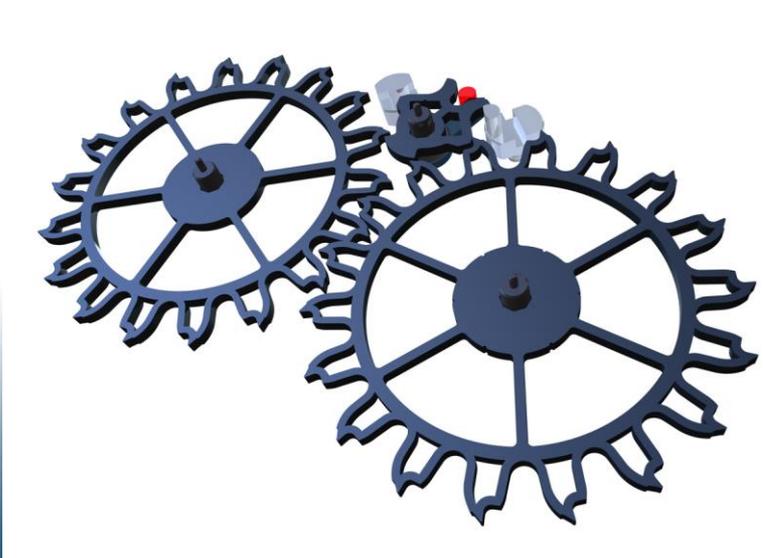
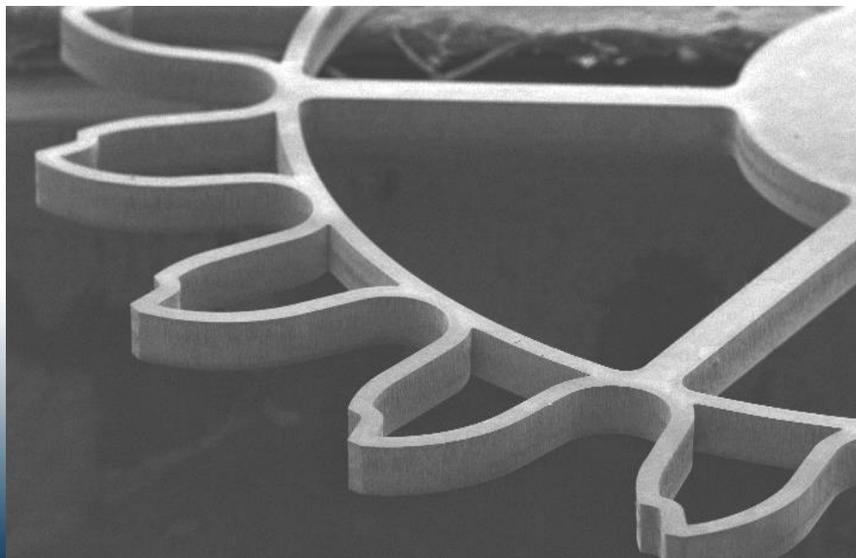
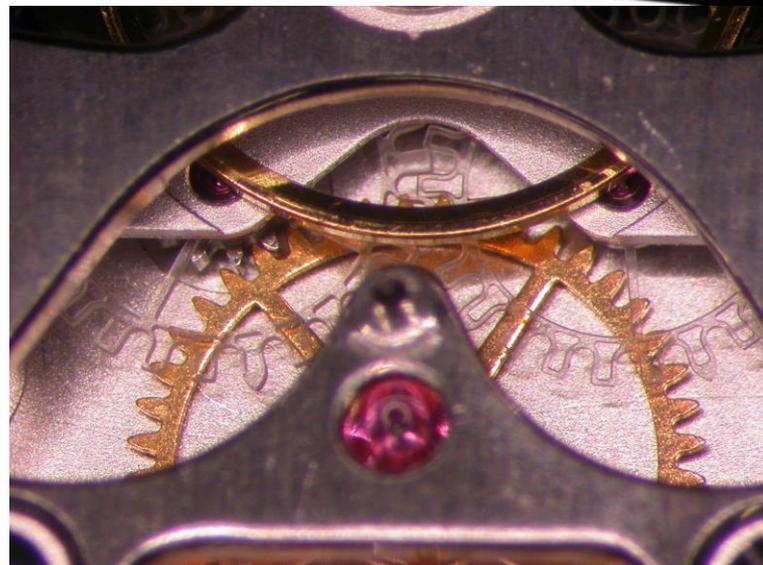
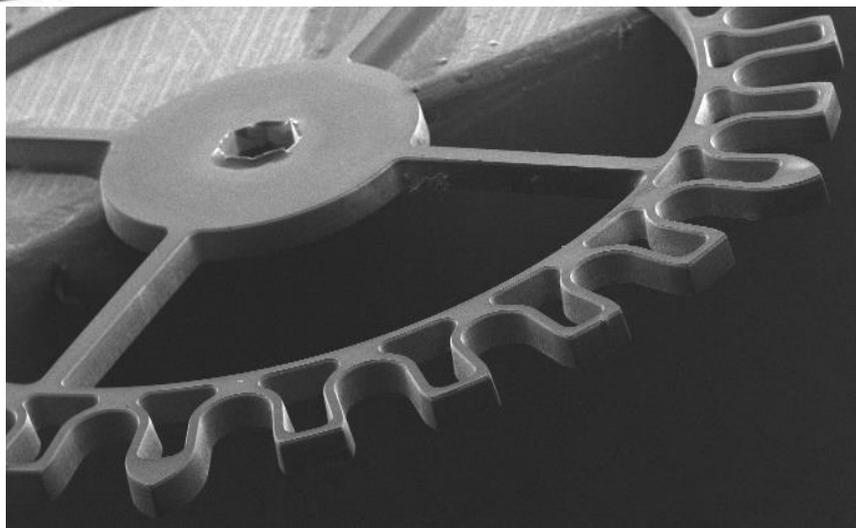


# 百达翡丽硅调速系统

百达翡丽硅游丝的技术特点是：设计了一种创新的末端“曲线”，明显增厚了游丝的外端曲线，其设计目的在于游丝在振动的时候可以实现同心扩张和收缩。

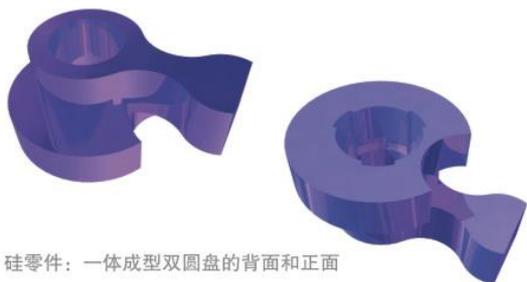


# 雅典硅擒纵机构



# 雅典的硅制作技术

硅零件一体成型：在其他表厂以单层的硅制零件宣传的时候，雅典已经能够将不同的形状，以一体成型的方式直接制造高度复杂的零件。



硅零件：一体成型双圆盘的背面和正面



硅零件：一体成型的锚式擒纵叉与叉头钉的正反面



硅零件一体成型：由硅和复合材料制造的擒纵轮

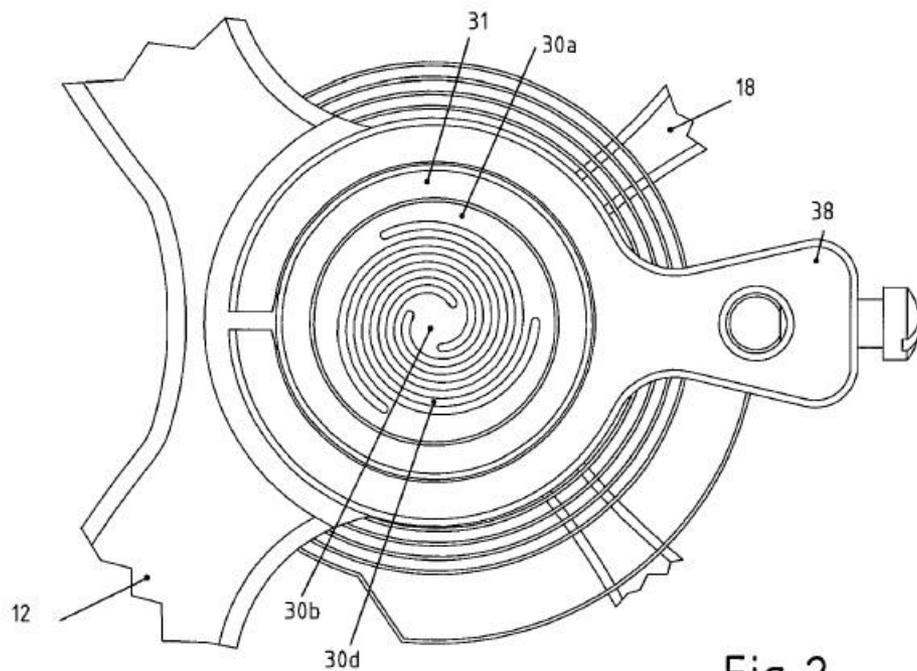


Fig 2

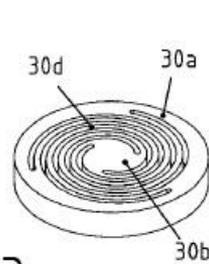


Fig 3

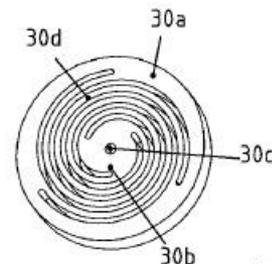
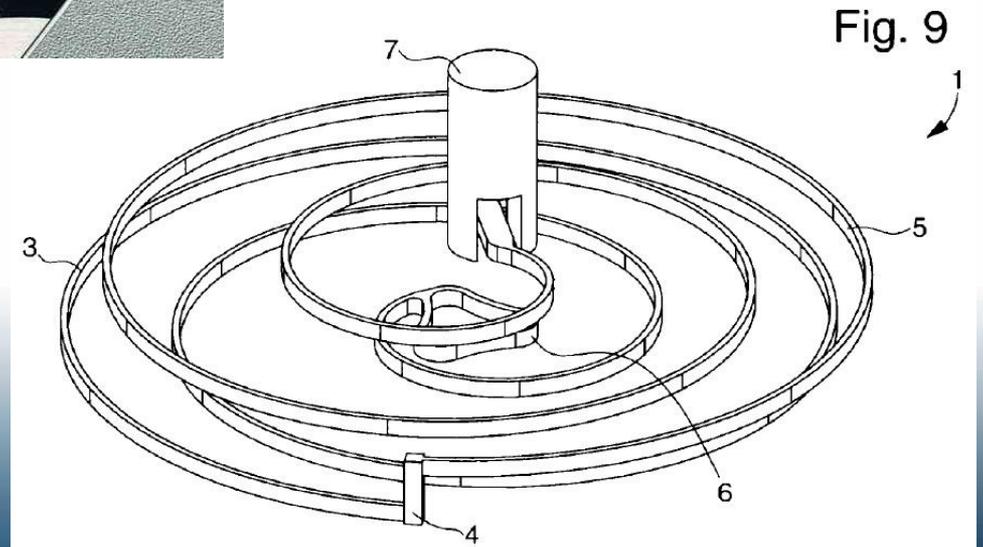


Fig 4

# 宝玑研发的硅材料宝玑式游丝



# 海鸥研发的硅游丝陀飞轮



谢谢！