

量子塑料

——浅谈

刘晓辉，秦伟，解士杰

山东大学物理学院

晶体材料国家重点实验室

山东大学本科生院，山东大学文学生活馆

山东大学齐鲁青年学者启动经费

国家自然科学基金

塑料是什么样子的？

天然塑料

19世纪以前，人们已经开始使用松香、琥珀等天然树脂。

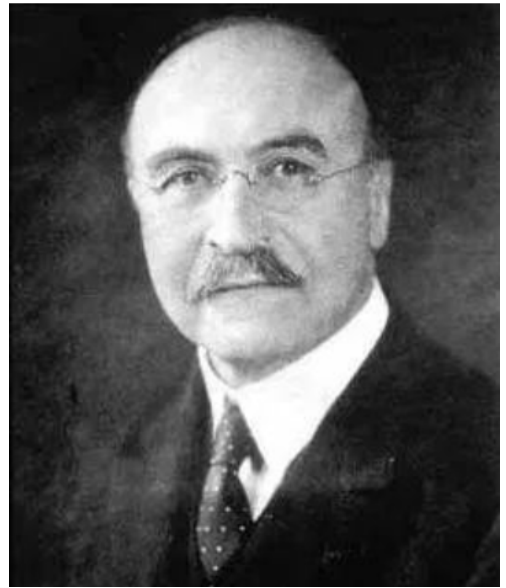


松香是未经过地质作用的树脂，有树脂光泽，主要成分是树脂酸

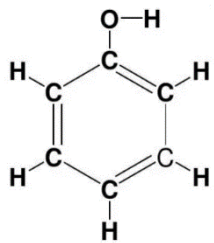
琥珀是树脂经历了地壳运动，上千万年石化形成的树脂化石，晶莹剔透，是一种透明的生物化石

合成塑料

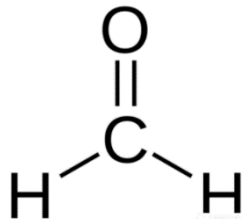
1905年，美国化学家贝克兰无意间将石炭酸和甲醛放在烧瓶里，加热。发现反应物渐渐变成黄色的胶状物，牢牢地粘在烧瓶壁上。贝克兰多次用水冲刷，怎么也洗不掉。



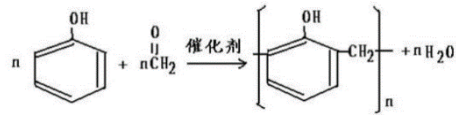
贝克兰



苯酚



甲醛



这情况给贝克兰一个启示：这东西既不怕水，岂不可作为一种很好的材料吗？

耐冲击性好；

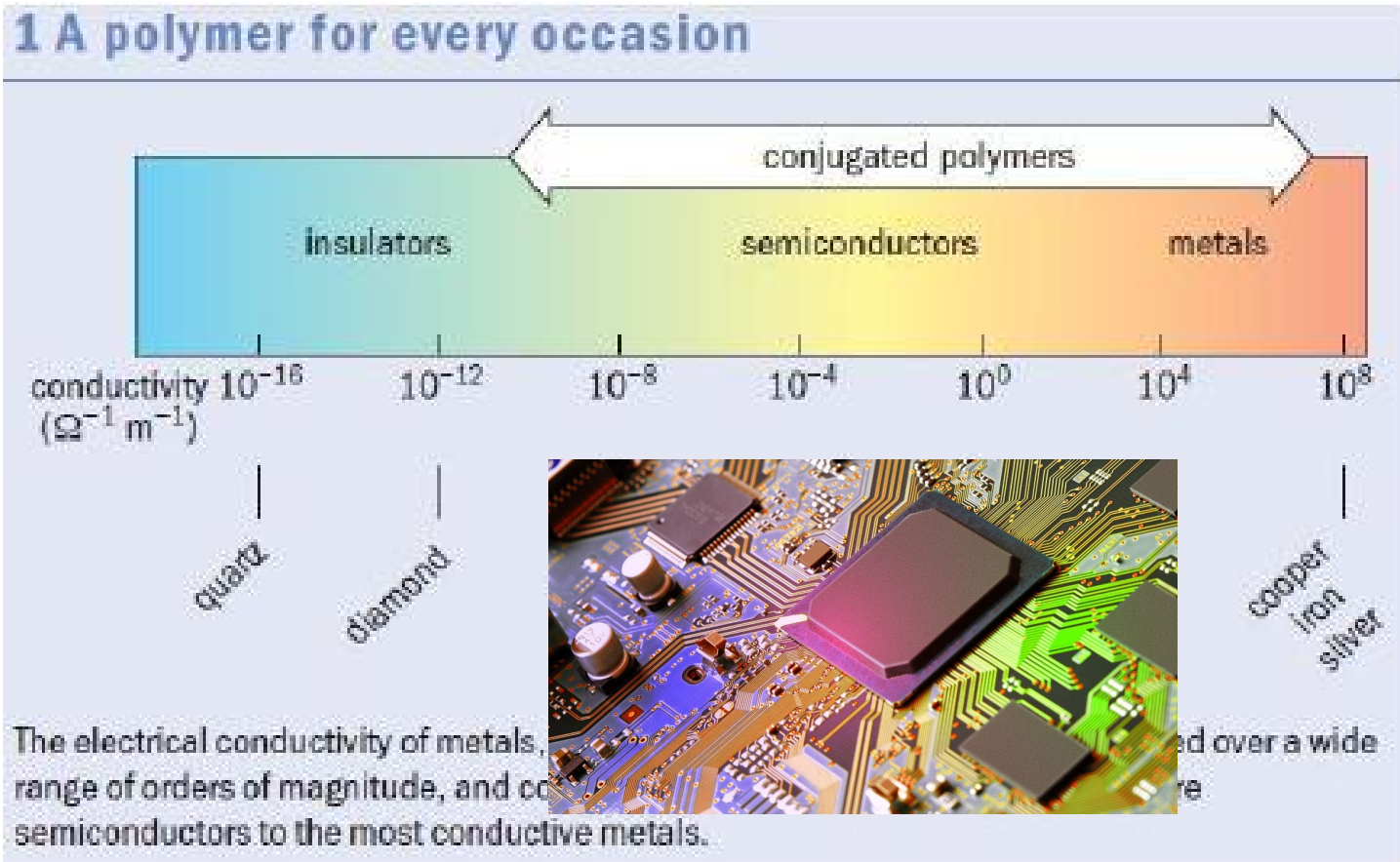
具有较好耐磨耗性；

绝缘性好，导热性低；

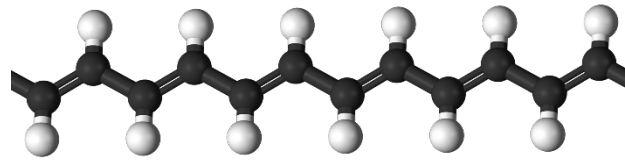
改性塑料

塑料

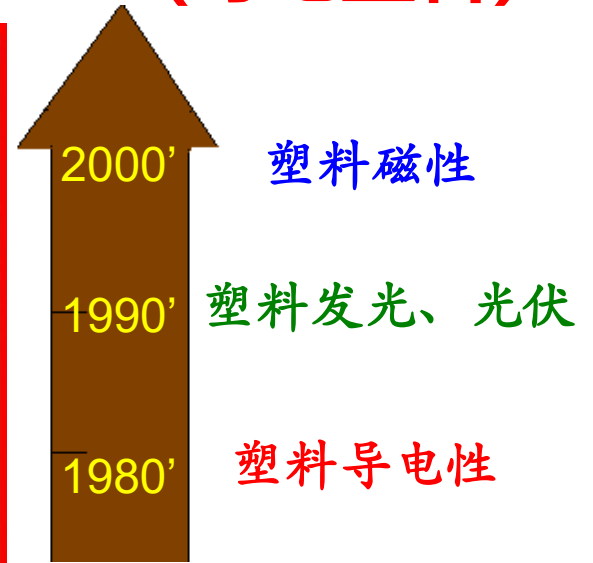
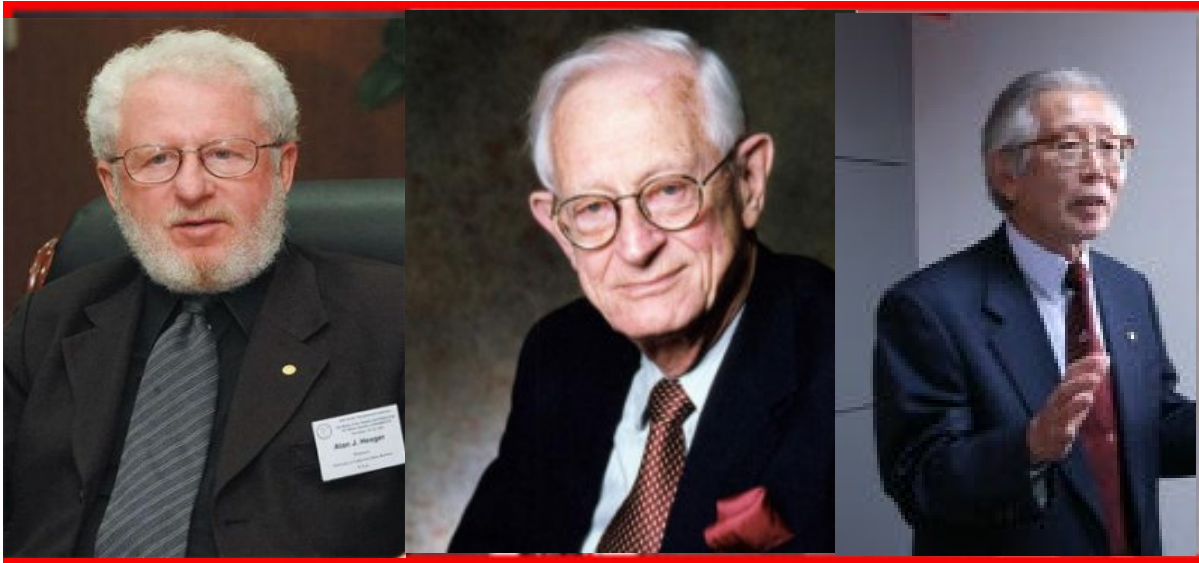
是利用单体原料以合成或缩合反应聚合而成的材料。



改性塑料



聚乙炔 (导电塑料)



A. J. Heeger A. G. MacDiarmid S. Hideki

2000年诺贝尔化学奖获得者

在做乙炔聚合成膜实验研究时，误将高于正常用量1000倍的催化剂加入反应体系

塑料中的量子现象

塑料中的电荷、自旋、光子等不连续的量子化现象



电子、光子、自旋

量子性质（功能一：塑料发光）

1887年前，德国科学家赫兹做的一个实验错误地得出：阴极射线是不带电

1897年剑桥大学卡文迪许实验室的汤姆森发现了一种奇怪的粒子（电子）
1906年诺贝尔物理学奖

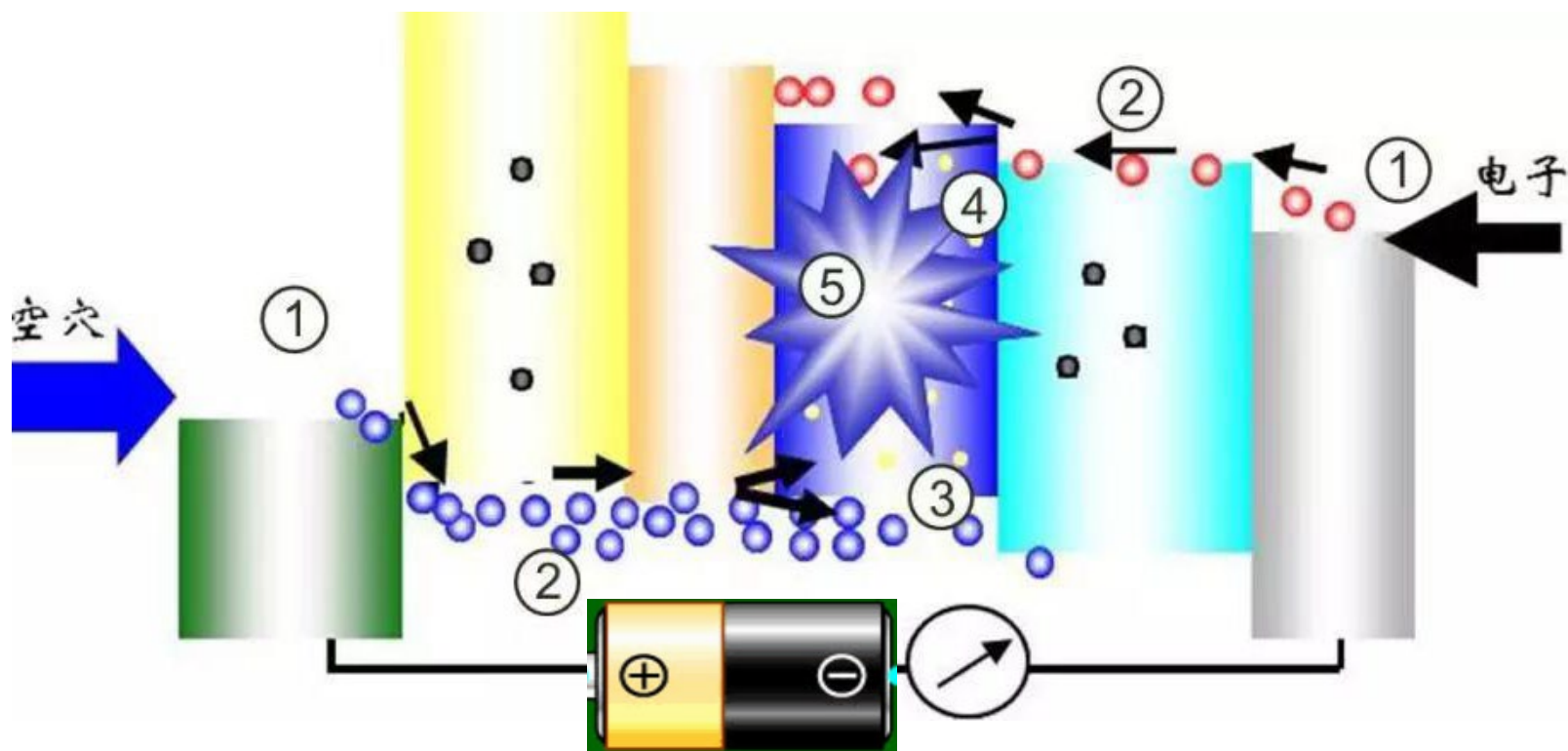
1905年 爱因斯坦提出光波本身就不是连续的而具有粒子性，爱因斯坦称之为光量子

1909 美国物理学家密立根与学生福莱柴尔测出电子电荷为 $-1.602 \times 10^{-19}C$
1923年诺贝尔物理学奖

1925年，荷兰物理学家乌伦贝克提出电子的自旋，导师鼓励将有关自旋的论文发表

1926年由美国物理化学家路易斯正式命名光子

量子塑料 (功能一: 塑料发光)



电子与空穴复合 \longrightarrow 光子

量子塑料（功能一：塑料发光）



邓青云

1979年发现塑料的电致发光

量子塑料（功能一：塑料发光）

1997年~2001年
OLED的试验阶段

2002年~2005年
OLED的成长阶段

2005年以后
OLED的成熟化的阶段

**主要应用：汽车
音响面板**



**主要应用：手机、
数码相机**



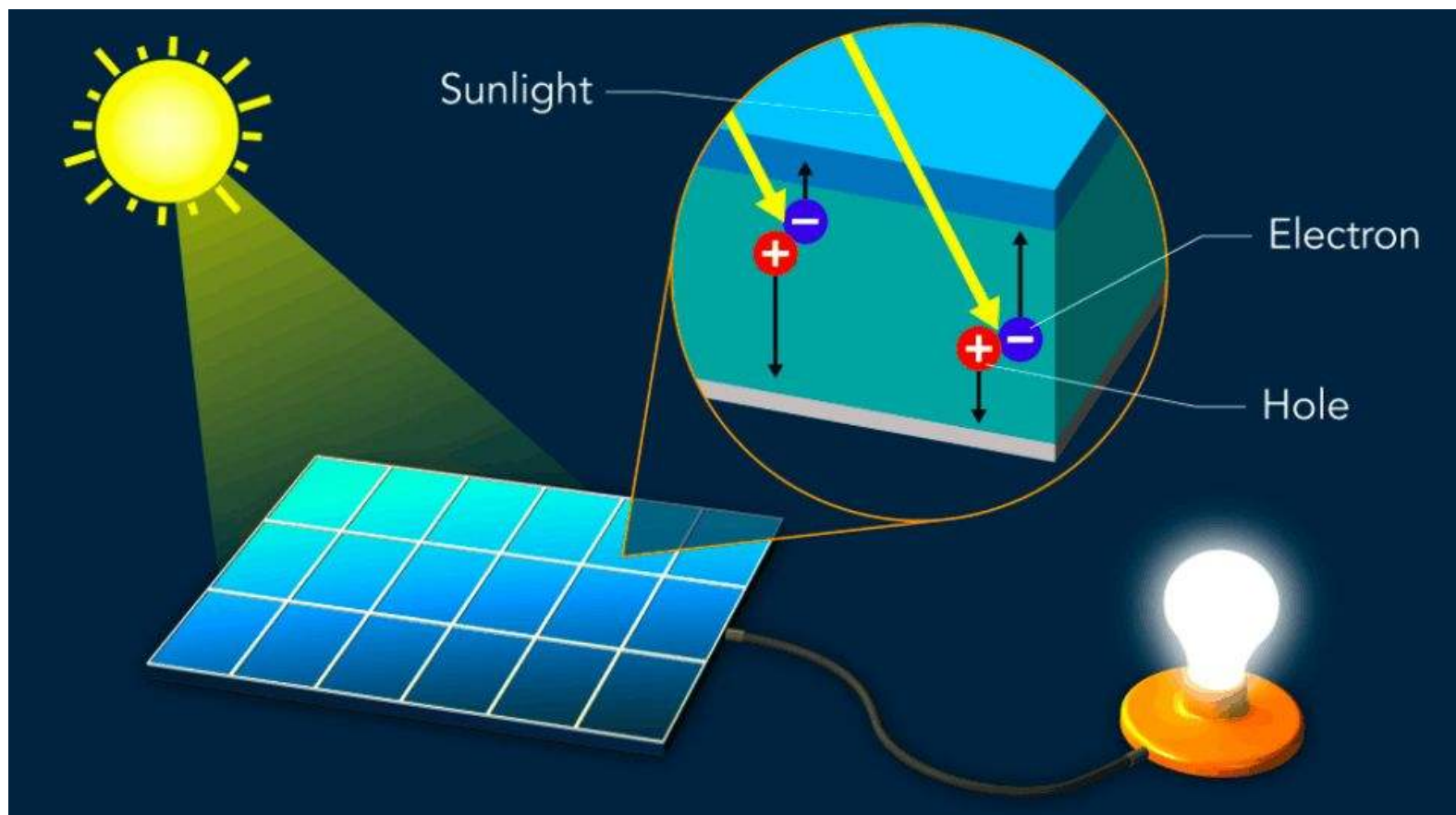
**主要应用：
大尺寸显示**



量子塑料（功能一：塑料发光）



量子塑料 (功能二: 塑料光伏)



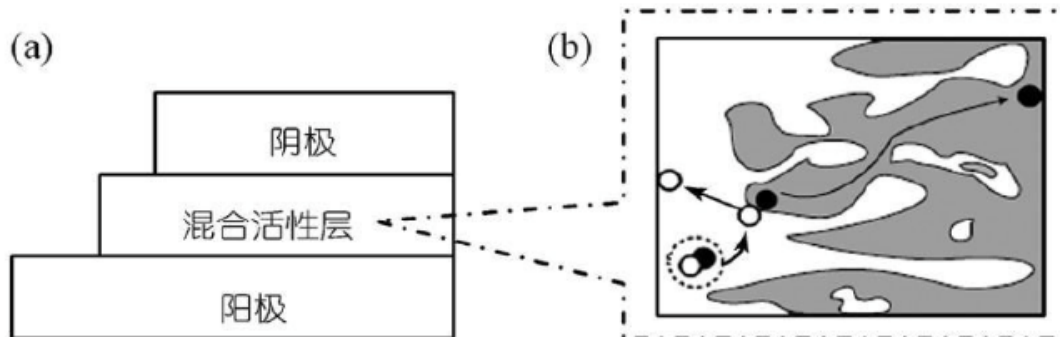
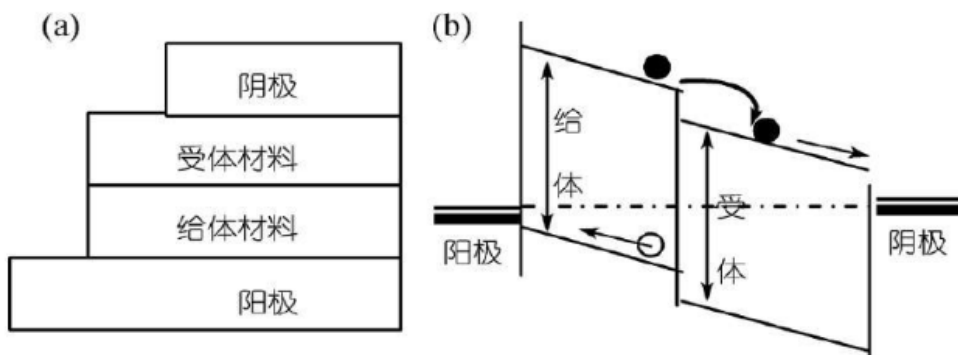
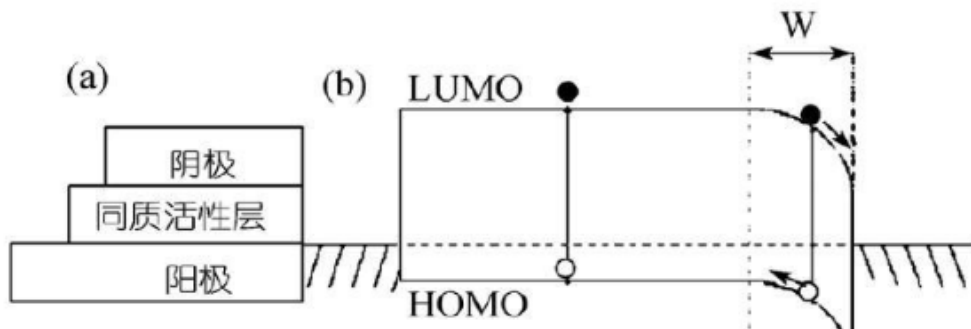
量子塑料（功能二：塑料光伏）

第一个硅基太阳能电池是贝尔实验室在1954年制造出来，它的太阳光电转化效率接近6%

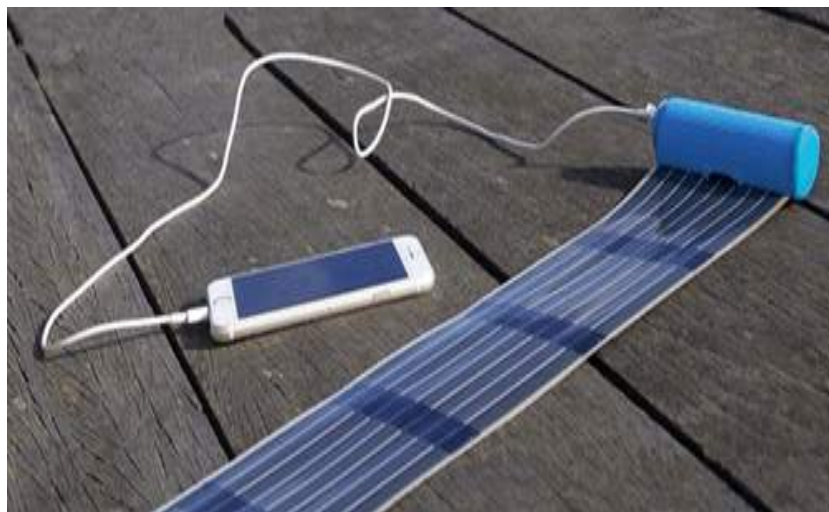
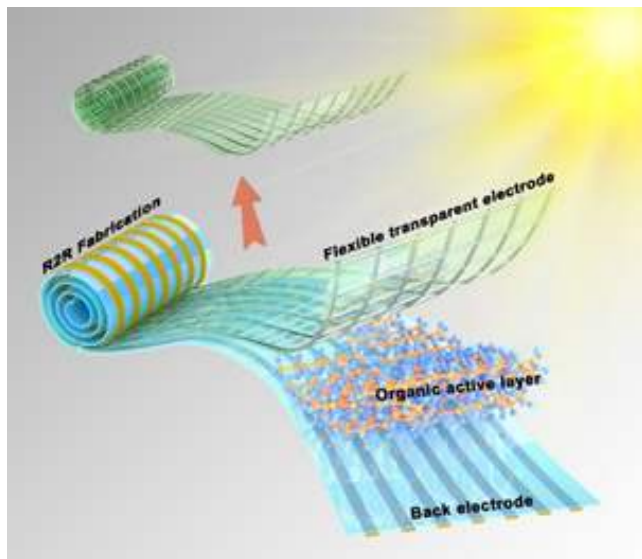
而第一个塑料光电转化器件是在1958年制备的，其主要材料为镁酞菁（MgPc）染料

1986年，行业内出现了一个里程碑式的突破。柯达公司的邓青云博士由四羧基芘的一种衍生物和铜酞菁（CuPc）组成的双层膜。光电转化效率达到1%左右。

量子塑料 (功能二: 塑料光伏)



量子塑料（功能二：塑料光伏）



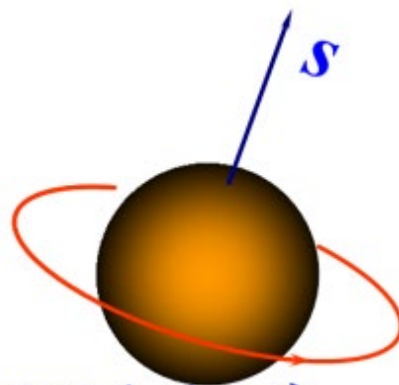
量子塑料 (功能三: 塑料磁电)

电子的两个基本特征:



电荷 $q = -e$

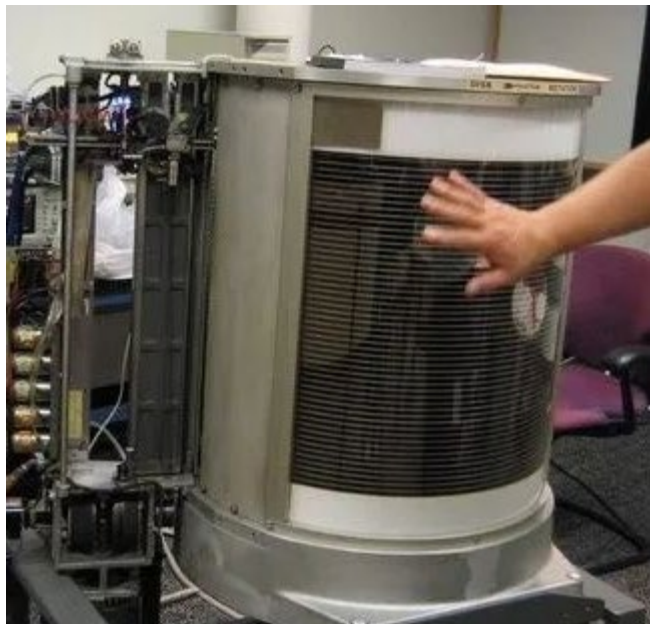
自旋 $S_z = \pm \frac{1}{2} \hbar$



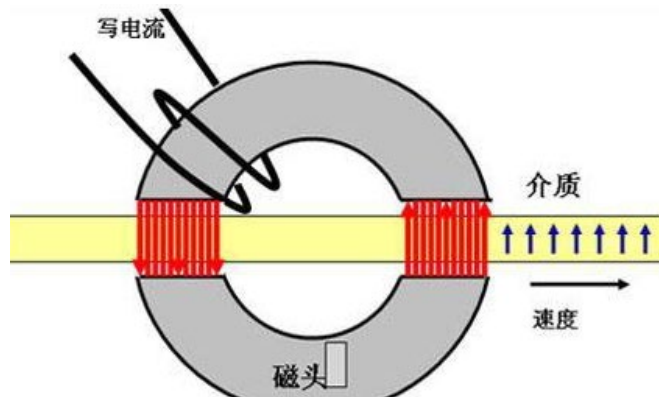
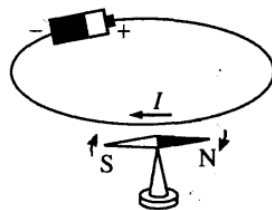
电子的自旋示意

1925年, 荷兰物理学家乌伦贝克提出电子的自旋, 导师鼓励将有关自旋的论文发表

量子塑料（功能三：塑料磁电）

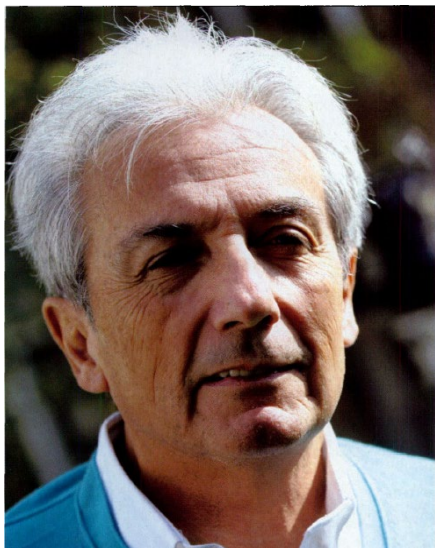


两个冰箱的体积，不过其存储容量只有5MB（一首歌曲）。



诺贝尔奖委员会：“这是一次好奇心导致的发现，但其随后的应用却是革命性的，因为它使计算机硬盘的容量从几百几千兆，一跃而提升至上千G。”

量子塑料 (功能三：塑料磁电)



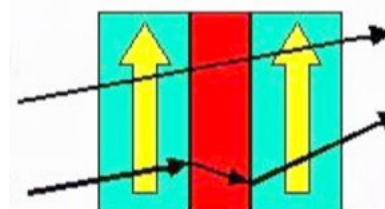
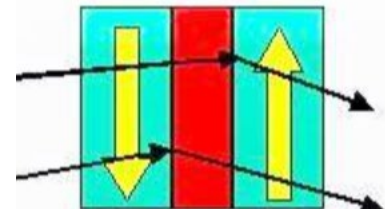
Albert Fert

1988年发现巨磁电阻效应



Peter Grünberg

1988年发现巨磁电阻效应

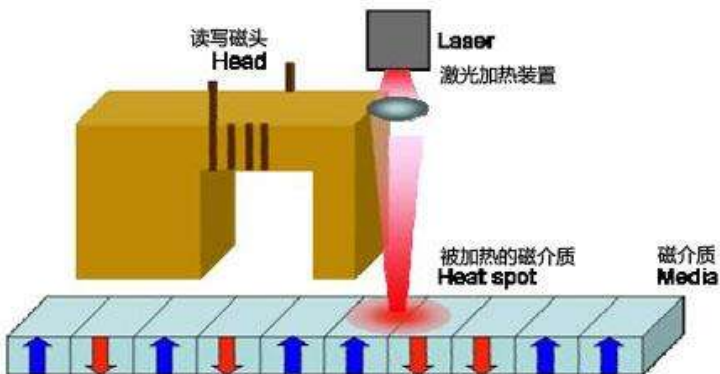


2007年诺贝尔物理学奖

量子塑料（功能三：塑料磁电）

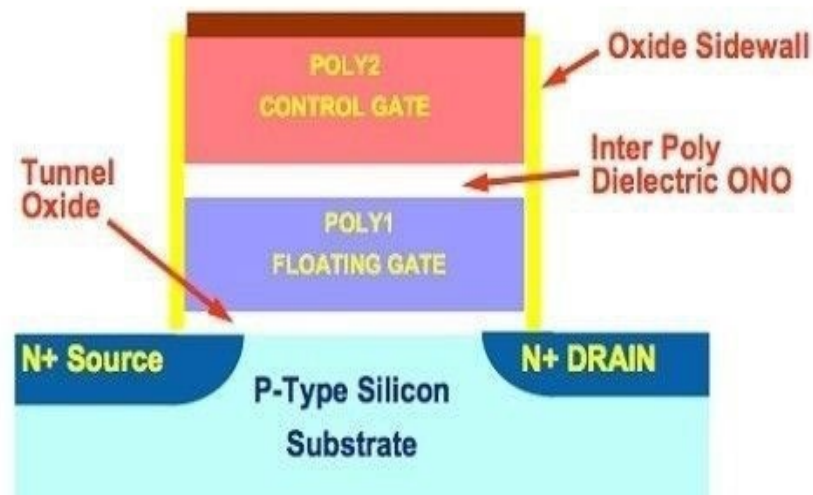
机械硬盘：

只要不是物理损坏，
寿命可以无限长。



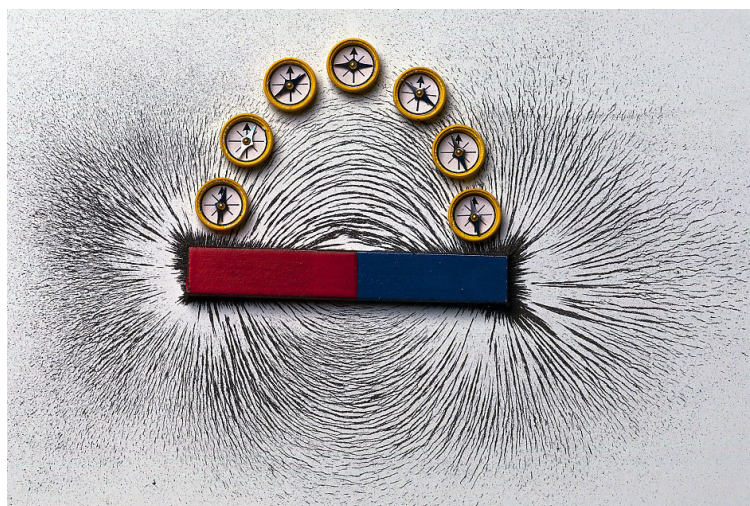
固态硬盘：

如果每天写100G，可以
写入20000天，50多年。

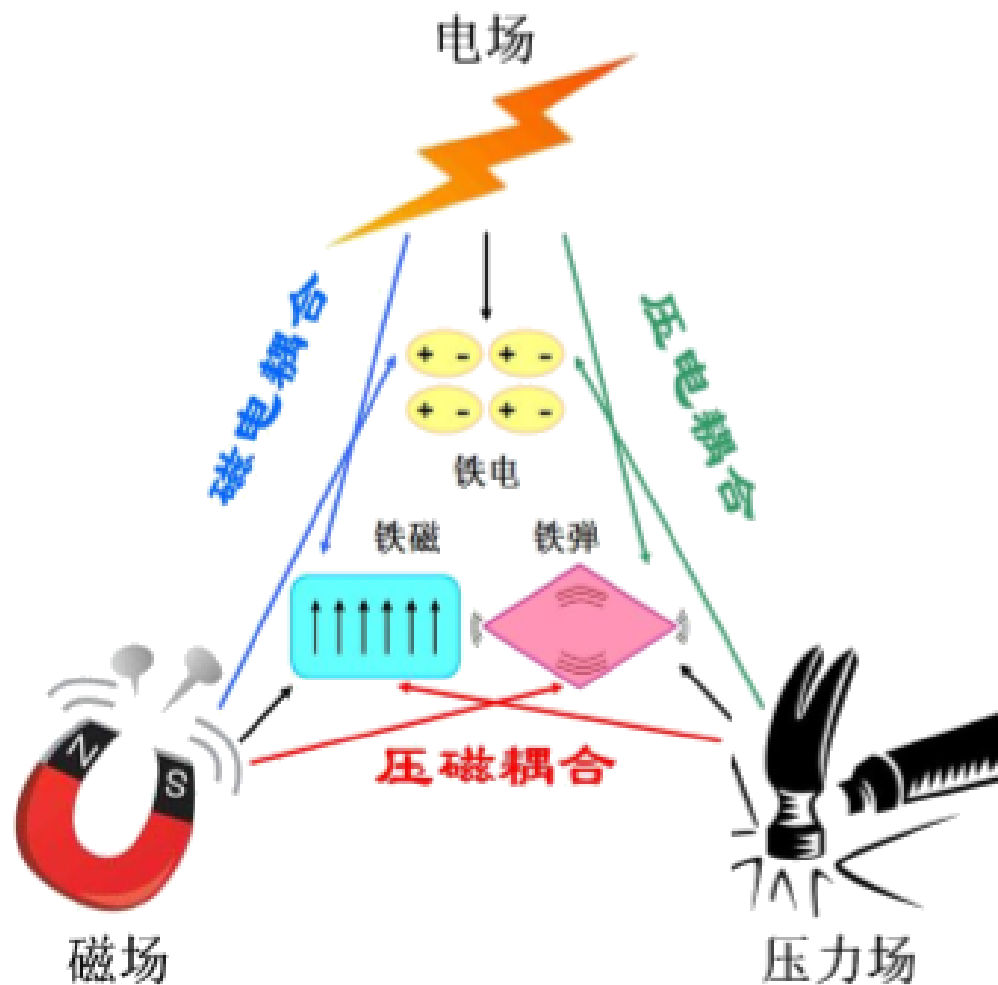


量子塑料 (功能三：塑料磁电)

塑料铁磁体



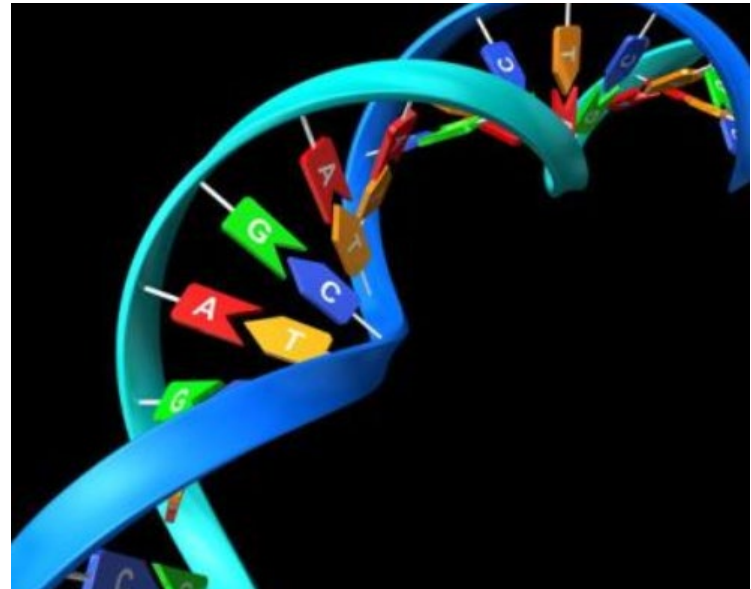
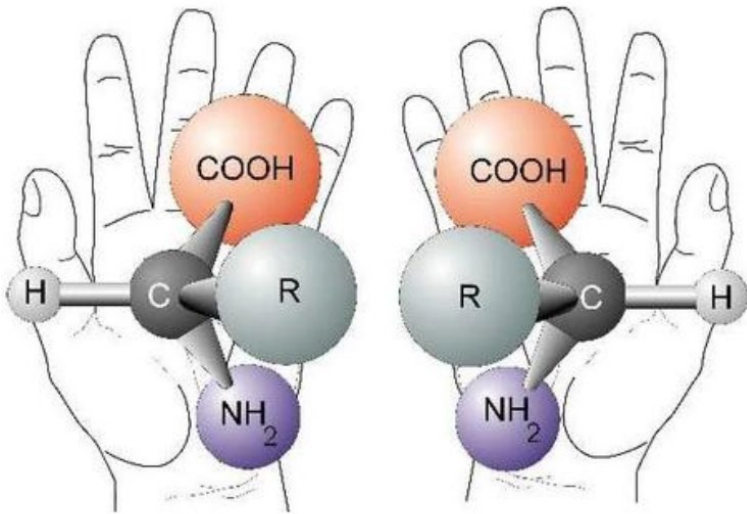
量子塑料 (功能三：塑料磁电)



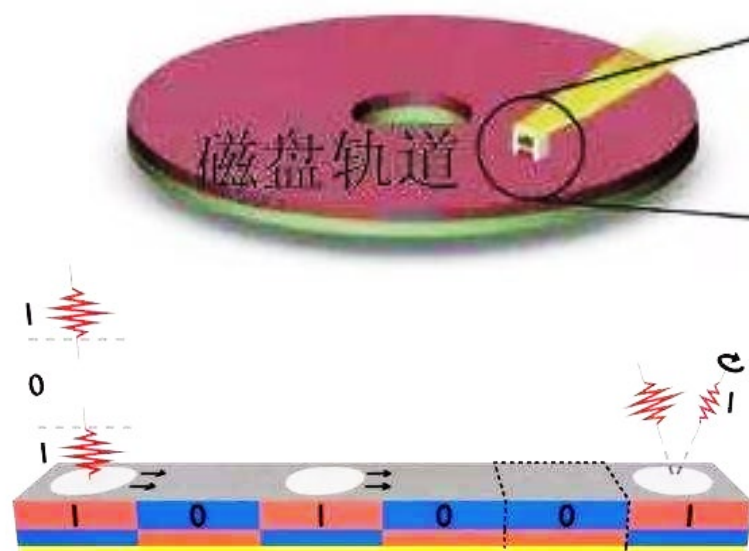
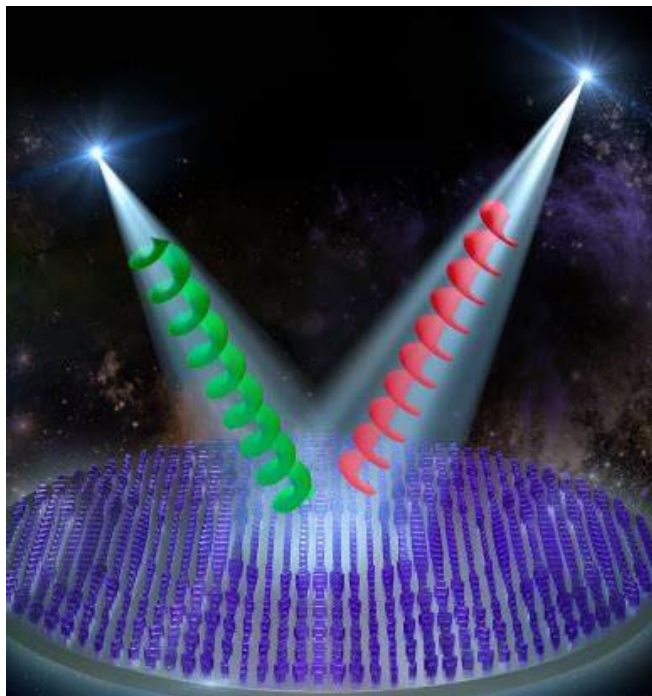
量子塑料（功能四：塑料光磁）

手性是指物体本身与其镜像不能重合的性质，是一种自然界中广泛存在的基本属性。

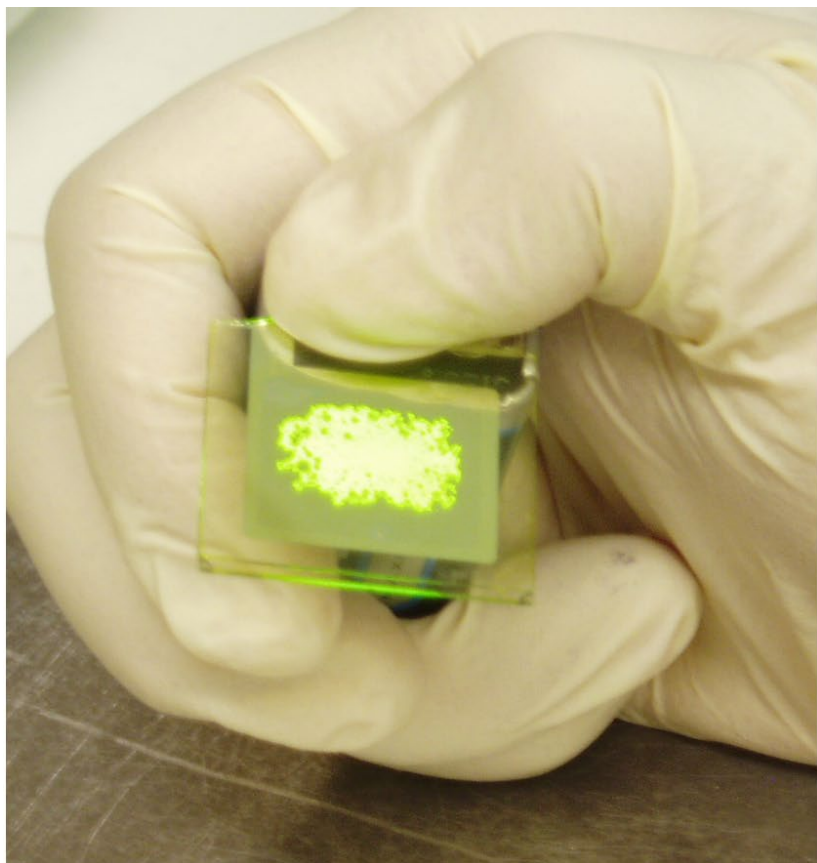
例如生命体中的DNA和蛋白质。



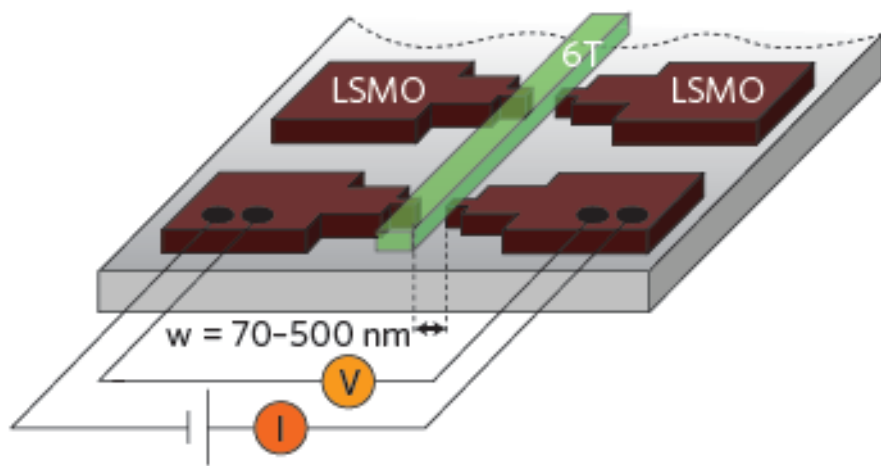
量子塑料 (功能四：塑料光磁)



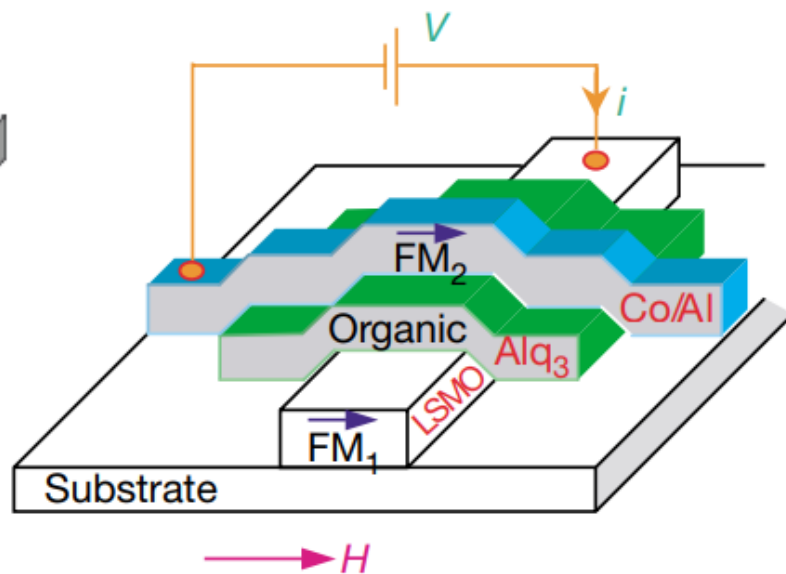
量子塑料 (功能五: 塑料自旋阀)



量子塑料 (功能五: 塑料自旋阀)

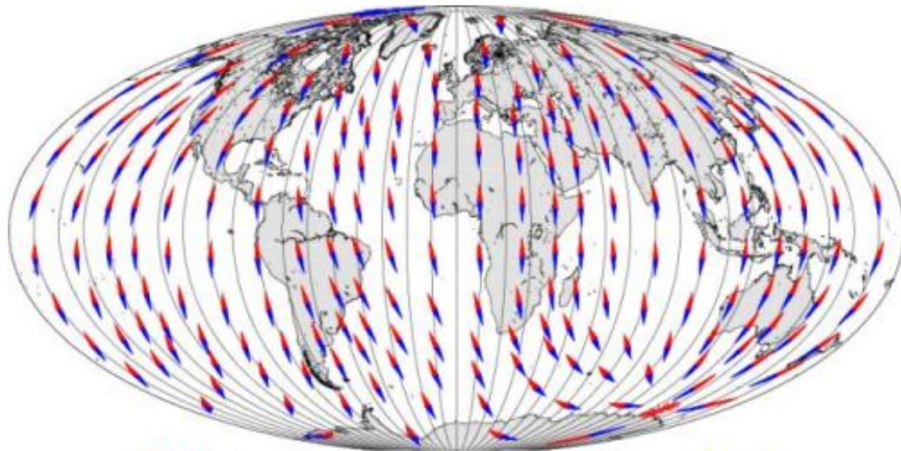


自旋注入和输运



塑料自旋阀器件

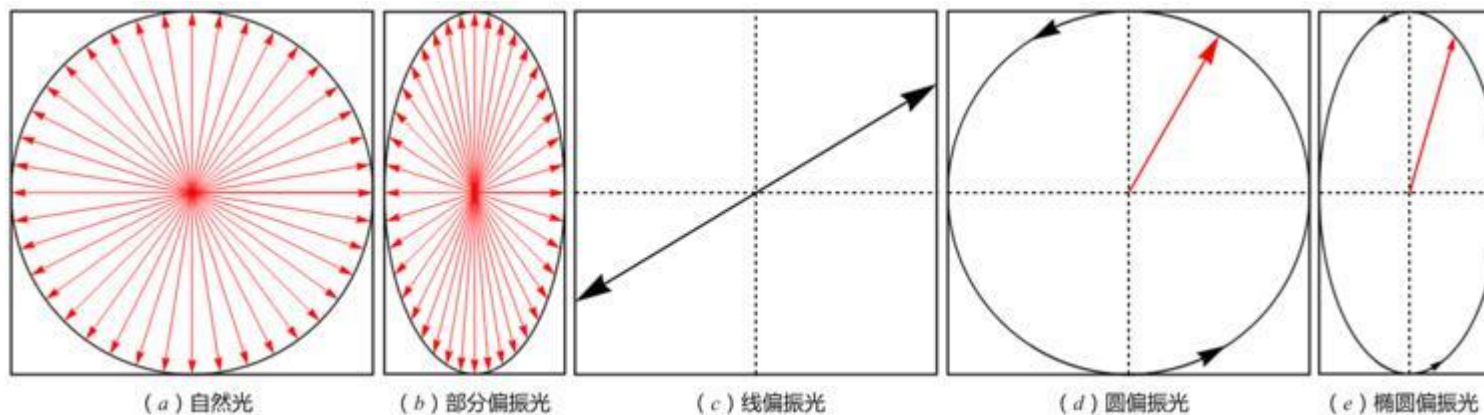
量子塑料 (功能五: 塑料自旋阀)



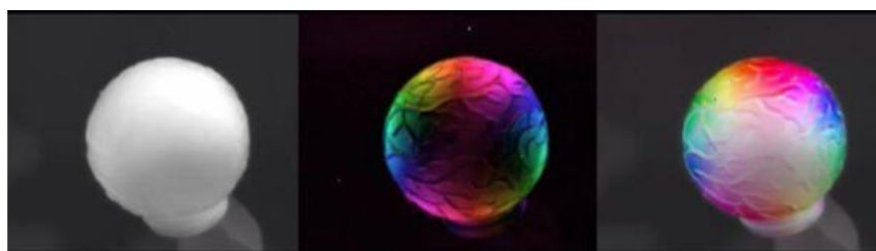
$$\dot{\rho}(t) = -\frac{i}{\hbar}[H, \rho(t)] - \frac{\hbar\omega}{2}[Q^S, \rho(t)] + \frac{\hbar\omega}{2}[Q^T, \rho(t)] +$$



量子塑料 (功能六: 塑料偏振探测)



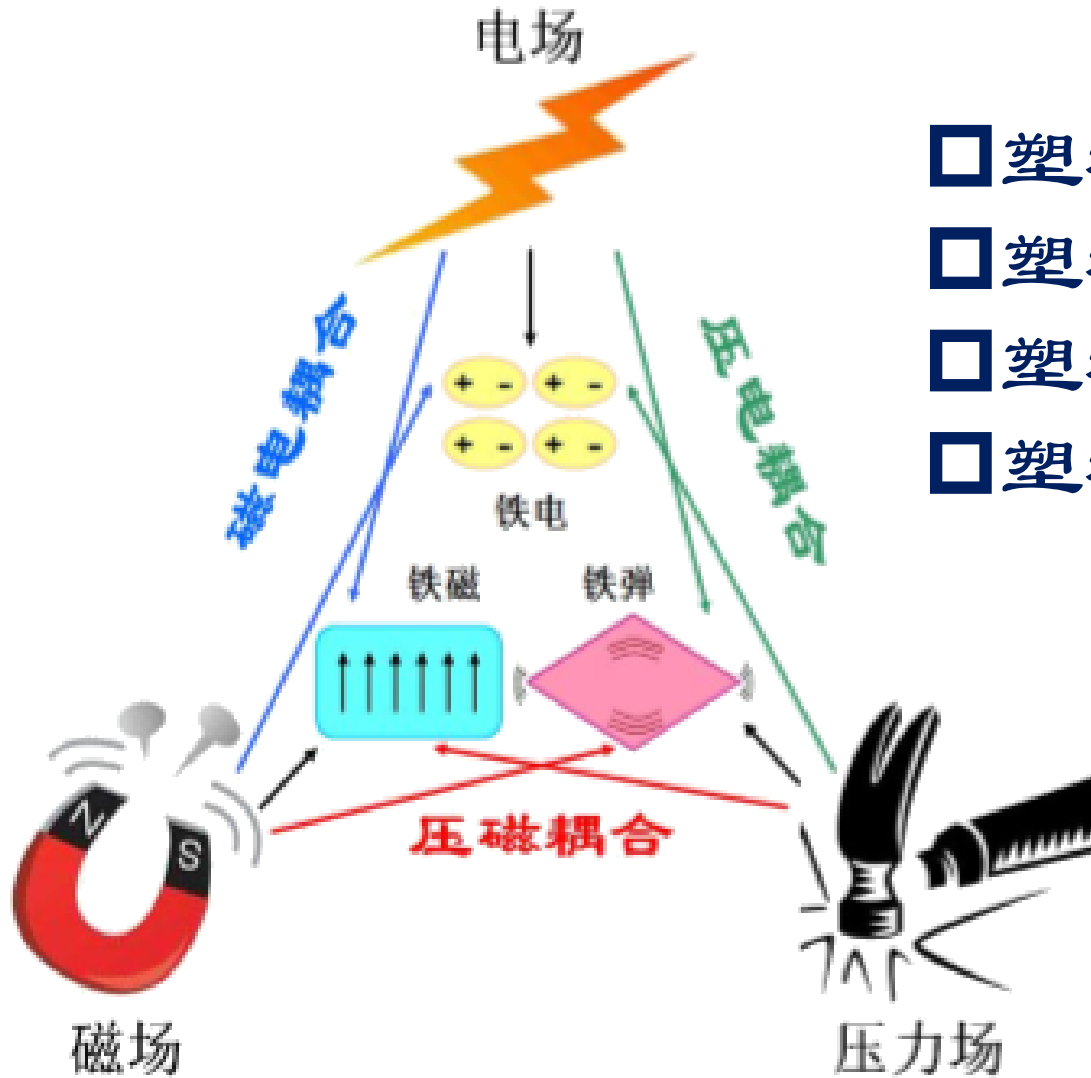
能够在红外热成像
基础上获得热辐射
的偏振信息



量子塑料（功能六：塑料偏振探测）



小结



- 塑料发光、光伏
- 塑料存储
- 塑料导航
- 塑料探测