**单壁碳纳米管的结构控制生长方法研究**

张锦院士一看到这个天地讲坛，觉得名字很高大上，就发了发感慨，说做完研究，一定要顶天要立地，先是在窗上，接着要么上书架，要么上货架，意思应该是要么被学术界、科技界接收并归档，要么技术被工业界采用，即必须是要有其有用之处的。

碳材料是下一代比较有用的材料，现在我们的时代处于硅基时代，下一代很材料有可能和碳有关系；有两个获得了诺贝尔奖，其中一个是石墨烯；还有没有新的材料等待着大家去发现，他希望搞材料的同学，要么把这个材料做到极致，要么去做新材料。不要对于功能做到极致眼高手低，也不要新材料又不愿意做。

功能从杂化方式即结构中可以看出来；比如碳材料，碳碳键成键，sp2杂化sp3杂化，强度非常高，非常稳定；sp2杂化有一个sp键没有成键，所以导电性非常好；一是看其杂化方式，sp3杂化的相图上能不能找到新的态存在，能不能找到，取决于这样的结构的材料稳不稳定；2011年从实验上找到了一个，sp2杂化的石墨炔材料，现在也非常热，二维材料，大π键邻域，导电性非常好；而相对于石墨烯而言，又是有带隙的材料。但直到现在为止也没有人从实验上证实石墨炔确实具有这两点优良的性质。

问题在哪，现在完整单层石墨烯材料，最多也只能做到几个英寸而已。胶带粘也只能做到几十个微米。所以不论是碳管，石墨烯、石墨炔，不单单是我们实验室做出这种材料，同时要把这种材料的性质测出来，而不是只在理论上预言其性质，为此必须要放大许多倍才行；而要想真正实现应用，也需要大规模制备纳米材料，给微观和宏观之间架起桥梁。

**半赫斯勒热点材料的性能优化策略**

朱铁军老师出国之前博士做的是热电材料，出国后改成做TLD铁电薄膜了，他知道南大做铁电材料是非常有名的；铁电材料是个绝缘体，而热释电是随着温度变化极化反转造成的，给出来的是脉冲电流；而热电材料是热和电直接相互转换的一种半导体材料；所以它在应用的时候，由于是半导体材料，它是p型的材料和n型的材料通过一个金属的导流片连接起来的，这是一个最简单的热电单体，在这个热电单体两端如果有温度差的话，它就会对外面的负载做功，比方说加一个温差，连在其上的灯泡就会发光；反过来，如果给热电单体通一个电流的话，它会一段吸热一边放热，如果电流反向的话，热电单体吸/放热极就会反转。

现在真正商业化应用的时候，是8~256对热点单体串联起来的，从这个热电转换模块就可以看出来，它是全固态的，没有运动固件；这样一个热电装置在哪些领域有用呢，比如余热废热发电，大型的车企，比较关注移动分散式的汽车尾气余热发电；还有一个深空探测，飞行器电池需要充电，不能满足要求；而太阳能充电随着探测距离的增长，接收到的辐射能量是指数衰减的。所以对于深空探测，热电发电是不可替代的；这几年已经商业化应用的，有红酒酒柜，热电制冷如车载冰箱，华为5G上的光电模块有对热电的定制化制冷需求。

热点材料是个热机，所以其转化效率不可能超过的卡诺效率；公式中的zt项就落到材料上，热电材料（包含n型和p型）的ZT值越高，转换效率越高；ZT值包含三个参数，一个是温差电动势，即单位温差下，所能产生的电压；还有个电导率，或者说功率因子；还有一个就是热导率，越小越好（否则温差没法很大）；但这三个因素相互制约，随着载流子浓度增加，温差电动势下降，电导率增加，所以一定是在某一个载流子浓度时（一般是重掺杂的半导体），ZT值达到最大值。而晶格振动所贡献的热导率与载流子浓度不太相关，所以先优化载流子浓度，再降低晶格/声子热导率，努力使得电热/声解耦，二元极值。

而多铁性是想方设法铁电和铁磁的耦合，而热电是做热电去耦合。

**半导体量子结构中的演生规范场何量子相**

常凯院士深入浅出地介绍了在半导体里看到的拓扑激子绝缘相，以及薄膜材料外尔半金属里面产生的中手征反常诱导的卡西米尔螺距。

半导体是凝聚态物理的一个分支，比较“脏”；在现在的材料基因库中，有300多w种材料；其中，有6w多种是半导体，而实际上真正能用上的，其实并不多；易经中的“形而上者谓之道，形而下者谓之器”可以解释形形色色材料的背后物理，基本是一样的：量子力学的能带论的体现，无能隙的就是金属，有能隙的就是绝缘体，其中能隙比较小的是半导体；但从能隙的角度来判断半导体，并不是太准确，要电导率的变化范围大来判断。

但半导体的能隙也可从0附近，一直分布到紫外（6.0eV），其中第一代Ge、Si（红外）；第二代GaAs（红外）、第三代材料SiC、GaN（蓝光、紫外）等用的比较多。半导体一个很重要的性质是，可以掺杂，掺杂浓度可以显著地改变半导体的电导率；以Si为例，现在工业界付出的巨大努力使得控制的掺杂纯度可以达到11个9，因为每个平方厘米，百万个晶体管，出不得错。衬底做得不均匀会有问题。

用量子点做固态量子计算，用GaAs的话，自旋退相干时间太短；而Si虽然没有这个缺点，但Si有两种Si原子，Si28、Si29，而同位素Si29带有核自旋，则如果用电子来做比特的话，由于电子也有自旋，则Si29的核自旋对于电子是个环境的热扰动，会造成电子自旋退相干时间太短；目前可做到百万分之一的高纯度Si28，系统做得非常干净，MBE就是非常重要的发明，它并没有得诺贝尔奖，但一之为基础的方案，已经得了好几次诺奖了。