



纳米材料多方面的特殊性能，在电子信息、生物医药、能源储备、航空航天等尖端领域应用前景巨大。自2004年在实验室成功分离出石墨烯以来，石墨烯因优异的力学、热学、电学和磁学特性，成为近年来材料科学和凝聚态物理领域的一个研究热点。而包括石墨烯在内的纳米线、纳米管、纳米球等一维、二维、三维的小尺度材料，往往具有特殊的变形机制或相变机制。这使得它们的电、磁、光、化学等性能有望通过非传统冶金手段得到连续、精细的调控。纳米材料基础研究的不断深入，将成为多应用领域巨大革新的基石。

小微观 大世界 令人惊喜不断的纳米科技



纳米材料主题由叶恒强院士（右二）和周济教授（左一）主持。南方科技大学俞大鹏院士（右一）作了题为“梯度退火多晶铜箔制备单晶铜以及在其上高速外延生长米量级单晶石墨烯”的报告、西安交通大学马恩教授（左二）作了题为“Sub-nanometer Structural Control Delivers Record-setting Sub-nanosecond Speed for Phase-changr Memory”的报告、麻省理工学院李巨教授（中）作了题为“弹性应变工程”的报告。

南方科技大学俞大鹏院士介绍了一种大面积高质量的单晶石墨烯制备方法。通过温度梯度驱动退火技术在20 min内快速生长 5×50 cm²尺寸石墨烯薄膜，其中具有超高取向的晶粒超过99%。该方法可用于制备具有单一结晶度的大尺寸和高质量的石墨烯薄膜，从而以低成本实现各种工业级应用。

西安交通大学马恩教授介绍了如何从纳米尺度上推进材料性能，设计了一种新型的硫族化合物相变合金，在大型传统PCRAM器件中实现了创纪录的高写入速度（短至~700皮秒），而不需要预编程或额外的器件设计。该发现可以实现缓存型相变随机存取存储器

(PCRAM)技术的亚纳秒切换，为利用PCRAM技术开发通用存储器提高计算系统的工作效率铺平了道路，而且突出了材料科学原理的实际应用，提供从原子（键合配置和亚临界核）尺度引导合金设计的思路。

麻省理工学院李巨教授介绍了如何利用低维材料的应变设计空间。报告指出应变工程是使应变来指导材料结构与电子、光子等的相互作用，并控制能量、质量和信息流动，应变可支配材料中的铁弹性和带状拓扑结构转变。通过静态或动态地控制应变张量和应变梯度，开辟了一个更大的参数空间，用于优化材料的功能特性。



热烈讨论

• 请问马恩教授，您刚才讲的存储空间密度有多大？

马恩教授：空间密度现在是 $50.13 \mu\text{m}$ ，我现在只是做一个模型。目前跟他们做气电的实验室在探讨要缩小到 $20 \mu\text{m}$ ，这样的密度就会变小。

单智伟教授：铜箔在光镜下表面很粗糙，难以置信在这样的铜箔下能长出很大的石墨烯单晶。另外，石墨烯单晶分片生长，最后它能够无缝地缝合起来，意味着这些石墨烯片晶最初一定是同一个取向，这个好像从原理上很难理解。请教一下俞老师。

俞大鹏院士：这个铜是工业铜箔，是比较纯的(111)取向的多晶铜，它上面的宏观部分是抛光的冷轧铜。这个宏观的东西对石墨烯的生长情况没有影响。我们经过处理，铜箔表面很干净，氧化物都去除了，这是第一个问题。第二个问题，(111)取向铜的话，跟石墨烯的mismatch是最小的，所以它上面所有的石墨烯畴取向是完全一样的，但是这个也有1%不到的概率是长歪的。所以按我们的条件长好以后，石墨烯畴密度很小，但是个头很大。然后它们长的过程中碰到一块以后，由于取向完全一致，从最低能量的角度，趋向于把它缝起来。但是也有长坏的，这个有一个成品率的问题。我可以肯定地告诉你，条件掌握好的话，衬底有多大，铜单晶有多大，石墨烯就能多大。目前我给大家看的是一个 $5\sim6 \text{ cm}$ 宽， 0.5 m 长的铜单晶，上面就长了一层石墨烯。石墨烯单晶结构我们通过检测，在透射电镜里面通过反射电子快速的宏观微观结合起来去确认。所以诀窍就是在氧辅助催化下石墨烯生长速度非常快，一下子就长得很大，单畴能到厘米、毫米量级，密度很小，取向完全一致，然后它会缝起来。也有不好的，铜本身有杂质、有缺陷的话就长不过去了，只能长歪了。我们发现99%以上的畴取向一致，长好后就完全是单晶。我们目前长得宽一点的比较难实现，可能因为窄一点的温度梯度分布比较容易掌控，现在宽度上长得最大的是A4纸那么大的铜箔。第三点，生长时Cu表面是处于半融化状态，完全是平的，工业宏观的粗糙度完全消失。最近我们和合作者用原位SEM加热实验可以证明这一点。以上因素造成这样米量级的石墨烯单晶。

如果说这个体系里面只是一个单晶的世界，这个可能好理解一点。如果体系里面出现多晶这种现象，怎么控制？实际上不同的地方，时间上跨度大，是同时的吗？那记忆过程是不是也是有很多噪音？

马恩教授：它现在实际上就是多晶。不是同时的，它是随机的。你要把这一块都变成晶体，这个实验就算完成了。

关于阻变存储器，很多人做的是氧化物。其实在锌化物、铋化物这种材料当中也会存在阻变，也是可以用于存储功能。但是这个阻变存储器现在的研究感觉它的机理并不像相变存储器那么明朗，想问一下您对这个阻变存储器这方面研究的看法？

马恩教授：我的看法是有前景，就是你刚说的很多东西不明朗，很多机制不清楚，也不能解读出来，值得很多新人进去继续做，而且现在是很热门的一个题目。昨天有一本书刚刚出版，就叫《阻变存储材料》。

