

2020年，对于中国科学院院士、南方科技大学校长、北京量子信息科学研究院院长薛其坤而言，非常特别。

年初，他获得了2020年度菲列兹·伦敦奖。菲列兹·伦敦奖是国际公认的低温物理领域最高奖，薛其坤也是国内首个、亚洲第二个获得此项荣誉的科学家。

9月，北京市人民政府授予薛其坤北京市科学技术奖最高奖——突出贡献中关村奖。

年末，薛其坤与英国的迈克尔·贝里、美国的查尔斯·凯恩一同获得了第五届“复旦-中植科学奖”，获奖当日，他履新南方科技大学校长不到一个月。

此前，与量子霍尔效应相关的数项研究斩获了诺贝尔奖——整数量子霍尔效应、分数量子霍尔效应、石墨烯半整数量子霍尔效应……但是，在量子霍尔效应家族里，最后一个神秘成员“量子反常霍尔效应”——不需要外加磁场的量子霍尔效应，迟迟没有被发现。

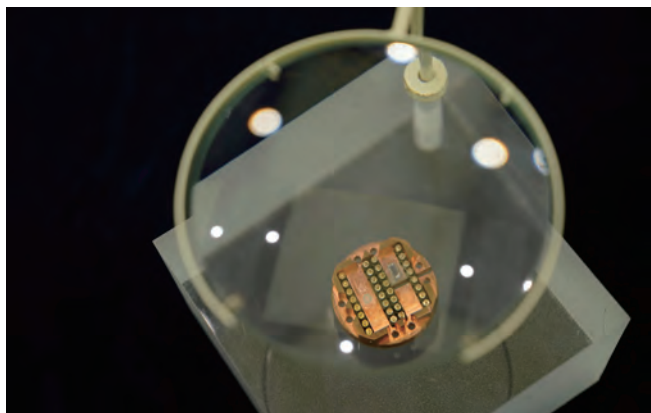
薛其坤之所以能斩获这些大奖，是因为他带领的团队在国际上首次实验发现了量子反常霍尔效应。

什么是量子反常霍尔效应？它的发现有什么重大意义？薛其坤院士接受《新民周刊》独家专访，娓娓道来。

电子运动的“交通规则”

在认识量子反常霍尔效应之前，让我们先来了解一下量子霍尔效应。

2019年12月23日，中科院院士薛其坤携清华大学量子反常霍尔效应研究团队，将自主研发的8件关键性科学仪器实物捐赠给国家博物馆。这是量子反常霍尔效应测量用的低温样品架和样品。



量子霍尔效应，于1980年被德国科学家冯·克里青发现，是整个凝聚态物理领域中重要、最基本的量子效应之一。举个简单的例子：我们使用计算机的时候，会遇到计算机发热、能量损耗、速度变慢等问题。这是因为常态下芯片中的电子运动没有特定的轨道、相互碰撞而发生能量损耗。而量子霍尔效应则可以对电子的运动制定一个规则，让它们在各自己的跑道上“一往无前”地前进。

然而，量子霍尔效应的产生需要非常强的磁场，“能产生这个强磁场的设备比人还高，不但体积庞大，而且价格昂贵，不适合个人电脑和便携式计算机。”薛其坤说，量子反常霍尔效应的美妙之处是不需要任何外加磁场，在零磁场中就可以实现量子霍尔态，人类有可能利用其无耗散的边缘态发展新一代的低能耗晶体管和电子学器件，从而解决电脑和很多电子器件发热问题的瓶颈问题。

自1988年开始，就不断有理论物理学家提出各种方案，然而在实验上没有取得任何进展。

实验中做到量子反常霍尔效应的测量为什么难度极大？薛其坤打了个比方：“把材料在5纳米的严格厚度上均匀到1毫米，才能实现对它的测量，这就相当于做一张学校操场那么大的A4纸。”

2005年左右，包括中国华人物理学家张首晟教授在内的科学家，在理论上预言了一种叫做拓扑绝缘体的新的材料（内部绝缘、表面导电的材料），在其中引入磁性就可以实现量子反常霍尔效应，擅长于材料科学研究和实验物理的薛其坤敏锐地捕捉到这一信息，带领团队寻找制作拓扑绝缘体——制备出一种像石墨烯那样，一层一层平整的纳米材料。

在研究了国际同行的常规技术路线后，他们主动放弃，另辟蹊径，在国际上率先建立了拓扑绝缘体薄膜的分子束外延生长动力学，在原子水平上实现了对拓扑绝缘体薄膜样品生长过程的精确控制，薄膜只有几个纳米厚，肉眼几乎看不到这种材料的存在。制作这种拓扑绝缘体薄膜，需要将几种元素用一种叫“分子束外延”的方法一层一层生长起来。几种原子如何配比，结构如何搭建，都十分复杂精妙。

整整4年时间里，薛其坤的研究团队生长和测量了超过1000个样品，每一个样品的实验一般需要3-4天。一次次的生长、测量，一次次的挫折、调整，再生长、再测量……把实验的每一步、