

# 物理学史中的二月

1957年2月6日：美国麻省理工学院启用  
第一部冷子管

(译自 *APS News*, 2012年2月)

萧如珀<sup>1</sup> 杨信男<sup>2</sup> 译

(1 自由业; 2 台湾大学物理系 10617)



现在很难想象以前的计算机都由庞大的真空管所建造，时常占用了整个房间。科学家研发各种装置以减少计算机的体积，其中美国麻省理工学院的研究生巴克（Dudley Allen Buck）所发明的冷子管（cryotron）是比较不为人知的装置之一。冷子管是超导性的第一个实际应用，它利用某些金属在极低温下无电阻的导电能力。

19世纪时，科学家开始试验低温状态的物质，以及它对电性质的影响，达成了将气体转化为液态和固态。1911年，荷兰的物理学家昂内斯（Heike Kamerlingh Onnes）成功地使用液态氦

来冷却固态的水银至 4.19 K，他注意到物质在那个低温度时，电阻突然消失了，这是第一次观测到的超导现象。

直至 20 世纪 50 年代中期，继晶体管的发明之后，研究员一直找寻可以将数千个晶体管合并并在单一电路的方法，以制造出速度可以快好几千倍的计算机，体积也比以前使用老式的真空管科技小很多。



巴克

但它面临的挑战之一是热：将所有的零件紧密组合在一起会导致电阻增加。因为超导体可以无阻力的导电，所以被视为是有希望的材料，巴克是放眼找寻这些材料的研究员之一。

1927年，巴克出生于旧金山（San Francisco），成长于圣塔芭芭拉（Santa Barbara），对业余无线电通讯深感兴趣，在 16 岁时就

取得了商用无线电操作员的执照。他先在一个地方广播电台兼差，之后前往美国华盛顿大学研读电机、无线电和雷达理论。1948年毕业后，他在美国海军服役 2 年，在华府一栋放置了 121 个“小炸弹”计算机，第二次世界大战期间用来破解日本和德国密码的大楼，从事加密密码学研究。他甚至曾被派到柏林从事极机密任务，这到现在仍属机密。

巴克从柏林回国后，开始在麻省理工学院研究所就读。他第一个研究是和奥尔森（Ken Olsen）一起做，要为名为“旋风”的计算机原型的磁心内存开发陶铁磁

材料。这成了他硕士论文的基础，证明铁电材料可用来做数字数据的贮存与转换，是最早铁电内存（FeRAM）的示范；他还指出这些材料可作为极佳的电压控制开关，于 1952 年获得硕士学位。

巴克的研究还包括磁材料非破坏性检测的新方法。磁心记忆的一个挑战是，当读取数据时，记忆的数据会被删除，必须再重新写入

磁贮存库，这是一个很耗时的过程。巴克非破坏性的方法可排除那多出来的一步，因为数据读取时不会删除记忆。他还发明可寻址内容内存（content addressable memory），是一种储存和读取数据时不需知道数据确切位置的方法，这也减少了处理时间。

此外，巴克还对计算机电路的制造不用真空管或最近才发明出来的晶体管的可能性深感好奇。他知道他可以只用导线、二极管和磁心制造出逻辑电路，正如那些在早期密码通讯系统所使用的。而且，假如他可以开发出以磁场干扰超导性——通常被视为缺点——的能力的话，就可能做一个开关，使用于计算机积体芯片。

1953年12月，巴克在他的研究笔记中勾勒出冷子管的想法，并开始在这两年中建造可行的设施，分别使用铌和钽两种超导线，每一个的临界温度不同。他将临界温度较高的铌线包在临界温度较低的钽线外面，确定两者彼此电绝缘。

之后，巴克将此设备浸在液态氮中，让它们具超导性。钽线在超导状态可以传导大量电流，但当电流通过铌线圈时，它会产生磁场将钽线的超导性关掉。钽的功能是“闸”，而铌线圈的功能则为“控制”。

这个突破大大激励了计算机零件微型化的远景，虽然它需要液态氮以维持超导状态。1957年，《生活杂志》（Life Magazine）为巴克做了全页照片的报导，他一手拿着冷子管，另一手是旧式的真空管，同年，他获得美国无线电工程师学会所颁发的30岁以下年轻工程师奖项。

巴克所做的冷子管越小的话，所能得到的处理速度就越快，因此他在20世纪50年代后期所做的实验都集中于研究进一步将零件缩小的方法。他和同事修德斯（Kenneth Shoulders）开始在实验室使用铅和锡的薄膜制造薄膜集成电路，并加上绝缘的氧化层。他还经由电子束平版印刷术技术的发展，来改进系统的机械强度，这样当蚀刻他所谓

的“微型印刷系统”时，即可减少化学剂的使用。

之后其他的科学家基于他的研究，于1956年发明了冷子管目录记忆系统、IBM的克罗威电池——克罗威（James W. Crowe）于1957年所申请的专利、约瑟夫森结（Josephson junction），以及第一个超导量子干涉仪（SQUID）。现在，神经科学家可以使用脑磁图仪（MEG）绘制大脑的活动，都因这些开创性的发展，以及磁浮列车、高效率风力涡轮机和粒子物理加速器的应用。

巴克的科学前景正蒸蒸日上，这让他于1959年32岁时，因罹患“神秘疾病”突来的死讯更添悲剧性。他1年前才刚获得博士学位。他在麻省理工学院的同学克劳福（Charles Crawford）在他死后回忆说：“以平常所说的野心来说，巴克没有野心，巴克对他自己没有野心，但他对全人类有野心。”

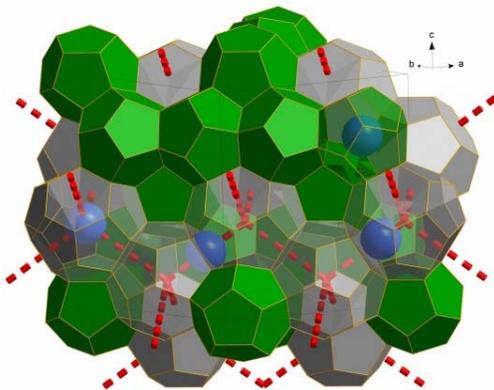
（本文转载自2015年2月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；Email: [snyang@phys.ntu.edu.tw](mailto:snyang@phys.ntu.edu.tw)）

## 科苑快讯

### 科学家研制出新型冰

水是一种性质独特的化合物，其固体比液体的密度要低，这就是冰块浮在玻璃杯液面上的原因。但是，不是所有的冰都是相同的结构。研究者公布了冰的一种已知密度最低的新固相，称为冰XVI，是迄今发现的冰的第17种固相，呈笼状结构，能够围住其他分子。

这种冰笼称为包合物，众所周知，它们在深海底储存了大量甲烷。与此相反，这种新的包合物则是中空的。这些冰笼最初围绕氦原子形成，氦随后通过水分子环被滤出包合物。这种新型冰可能将帮助研究者更好地理解包合物，使石油和天然气在低温的管道中易于流动。



（高凌云编译自2014年12月10日 [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)）