

架起科技成果产业化的“铁索桥”

■ 王恩哥

编者按

近日,中金公司“2021科技创新与产业链论坛”在北京举行。物理学家、中国科学院院士王恩哥应邀作主旨报告。

王恩哥曾经担任北京大学校长、中国科学院副院长、中国科学院物理研究所所长,为中国科研领域培养了大量优秀人才。2018年,王恩哥开始担任松山湖材料实验室理事长,探索以新的体制机制推动材料科学研究以及应用。

以下是王恩哥此次演讲全文。

解释了“量子”的概念为什么会出现。量子力学最主要的3位推动者是普朗克、玻尔和薛定谔。起初,人们碰到的很大难题是20世纪初物理界的两朵乌云。其中一朵乌云叫“紫外灾难”,这个现象用经典物理理论是不能解释的。普朗克猜想有没有一种可能,即能量是不连续的呢?这就是量子的概念。这篇论文是1900年12月19日发表的,他也因此被称作“量子之父”。

在此之后,有人一直问为什么要有关量子?而一直以来原子模型也存在困惑:核在中间带正电,外面的电子带负电,离得这么近,正负吸引到一起不就完了吗?这些问题都无法解释。这时候出现了另一位伟大的物理学家,我个人认为他跟爱因斯坦是上世纪物理界最了不起的两个人,他就是玻尔。

玻尔发现原来电子只能在特定轨道上运动,不能轻易离开轨道,变换轨道时需要吸收和放出能量,因为两个轨道之间不是靠在一起的,能量自然就是不连续的,这就是量子产生的原因。回头想一想,这些话似乎非常简单,没有什么太多的奥秘。

既然有了量子论,大家都在想,我们能不能从量子论的角度重新认识身边物质的物理性质?人们自然而然地设想要找到一个方程,这个方程实际上是1925年薛定谔在一次会上讲的,他说已经想好这个方程,但是相关文章是1926年发表的。

物理学里有10个非常漂亮的公式,学过物理的人至少能够知道牛顿方程,经典物理学里很多事情都可以从牛顿方程出发得到解释。但走进现代物理学,就要靠薛定谔方程。其他重要的公式还包括欧拉方程和麦克斯韦方程等。

科学研究的这段路走了30年。接下来有人讲,这么漂亮的公式,如何用它去算一下周围的材料?结果发现,有一种材料是金属,电子可以自由移动;有一种是半导体,电子跃迁的Gap不大;还有一种叫做绝缘体,电子跃迁的Gap很大。这样算出来以后,大家就知道了,原来导电要找导体,绝缘要找绝缘体防止导电。

后来有人想,把半导体做掺杂,使它一边多电子,另一边少电子,这就做成了PN结。做成PN结以后,如果把它加上正电压,PN结就是导通的,电子可以流过去;如果加的是反向电压,PN结就是不导通的,电流就会截断。这就是晶体管的基本单元。

简单地讲,你可以认为晶体管就是开关。集成电路就是把很多个开关放在一起,最后比谁做的开关多、谁控制开关最灵敏。这就是集成电路的基础,大家努力把开关做好。

接下来美国人一直在往前走,二战期间也没有停下来。他们首先在一个固体上做了一个开关。后来有人想这是不是很浪费,于是又在固体上做了一堆开关,这就是集成电路。这条技术驱动的创新路又走了30年,这30年跟我们老百姓没有直接关系,用不上。

后来就出现了8个叛逆者,年龄都在30岁左右,他们跑到旧金山附近的一个沙漠地区办起工厂,这就是仙童半导体公司。这件事发生在1957年,我也是这一年出生的。此后与仙童半导体相关的公司不断地分设出来。

我很感谢最早创立这家公司的人,因为那8个叛逆者实在有趣,里面有大名鼎鼎的摩尔,还有诺奖获得者。他们有一点很开明,就是鼓励大家分开,分开以后你做我的上游或者下游,大家合作。甚至最后他们还参与成立了红杉资本,红杉资本到今天都赫赫有名。

为什么会有“硅谷传奇”?我想研究机构、大学、风险资本的共同作用在这里扮演了重要角色,多方一起实现了人才、技术、资本、管理方面的强强结合。

大家都知道,科学和技术越来越不可分割,科技解决的是可不可能以及如



松山湖材料实验室供图

何高效地实现这种可能,而风险资本加速实现了科学技术的转化。这就是我呼吁的“铁索桥”。

为什么美国在科技成果转化上做得比较好,一个重要原因就是美国在科技成果转化的所有关键环节上都不差钱。为什么它们(美国)在每个关键环节上都不差钱?我认为这是今天中国需要认真研究和解决的。

硅谷是不是唯一的呢?下面说一说我访问英国曼彻斯特的故事。

二维材料石墨烯是明星材料,是两个俄罗人在曼彻斯特做出来的。前几年他们一直在约我去交流合作,但是由于我原工作时间的要求,一直没有成行。退下来后我首先想到要去曼彻斯特大学,我们一起举办了一个中英双边研讨会。我与安德烈·海姆教授两个人坐在一起聊了两天半。

我也很自豪,他们专门把曼彻斯特博物馆的顶层租了下来,作为招待我晚宴的场所。我想这主要是因为他们认为中国是有认真的科学家的,我们做出的工作也是受到国外同行尊敬的。这些话是外事。

在会议中间,我专门去了曼彻斯特工业博物馆。世界工业革命开始时最重要的蒸汽机,就是在曼彻斯特旁边的一个小镇上生产的。曼彻斯特周围聚集着当时最有名的蒸汽机公司。

简单地讲,你可以认为晶体管就是开关。集成电路就是把很多个开关放在一起,最后比谁做的开关多、谁控制开关最灵敏。这就是集成电路的基础,大家努力把开关做好。

接下来美国人一直在往前走,二战期间也没有停下来。他们首先在一个固体上做了一个开关。后来有人想这是不是很浪费,于是又在固体上做了一堆开关,这就是集成电路。这条技术驱动的创新路又走了30年,这30年跟我们老百姓没有直接关系,用不上。

后来就出现了8个叛逆者,年龄都在30岁左右,他们跑到旧金山附近的一个沙漠地区办起工厂,这就是仙童半导体公司。这件事发生在1957年,我也是这一年出生的。此后与仙童半导体相关的公司不断地分设出来。

我很感谢最早创立这家公司的人,因为那8个叛逆者实在有趣,里面有大名鼎鼎的摩尔,还有诺奖获得者。他们有一点很开明,就是鼓励大家分开,分开以后你做我的上游或者下游,大家合作。甚至最后他们还参与成立了红杉资本,红杉资本到今天都赫赫有名。

为什么会有“硅谷传奇”?我想研究机构、大学、风险资本的共同作用在这里扮演了重要角色,多方一起实现了人才、技术、资本、管理方面的强强结合。

大家都知道,科学和技术越来越不可分割,科技解决的是可不可能以及如

我想“铁索桥”很可能是一种软实力,用一个新词叫做“创新策源能力”。

单晶,最早投资支持我们的是新疆生产建设兵团。经过多年的发展才有了今天的天科合达,现在成为北京亦庄第三代半导体的旗舰公司。在松山湖材料实验室,陈小龙等几个团队致力于把单晶切片外延做成高功能器件,我相信我们会做成一个闭合的研发产业链。

金属材料方面,我们建立了高端铜材料、高温合金材料、特种铝合金材料、绿色非晶合金材料几个团队。很多电子产品的电路背板都是铜的,但铜箔一定多晶的。

最近我们团队发展了一个非常巧妙且具有革命性的技术,把多晶铜箔做成了单晶铜箔。这个成果非常重要,这是未来超级铜的基础。

光电器件方面,我们主要研究目的是做探测器和传感器。研究探测器的团队来自中国科学院西安光学精密机械研究所,现在做得很好,比如晚间可以把夜景看得很清楚。做传感器的是来自北京科技大学的团队。

另外,我们尝试在硅基上把电子的性质和光子的性质结合起来,物理所团队现在已经能够小批量供货一些材料。如果未来能成功突破材料制备难关,很可能实现弯道超车。

生物医学方面,活体器官目前无法广泛用于临床医疗,主要因为它的保存期一般不超过2天,如何保存好活体器官是件大事。

中国科学院化学研究所有个团队正在尝试通过仿生控冰的方法延长活体器官保存期限,首先成功实现了脐带血保留,现在又在做卵子精子以及干细胞的保存。如果这条路走通,相关药的市场开发会大有前景。另外,骨水泥的动物试验也在进行中。

二维材料方面,我们可以实现碳、硼氮、硼碳氮等各种纳米纤维的批量生产,以及制备大面积石墨烯单晶。石墨烯这么多年都说有用,但实际它的本征性质都没有充分用上。我们团队正在做一项突破性研究,将重新给石墨烯产业研究注入活力。

接下来来说说先进陶瓷材料。大家都在讲碳中和,碳中和最重要的一点就是如何减排,即减少各种有害排放。付超团队经过长期努力,发展了一种多孔碳化硅的陶瓷材料,实验室检测超过1万次,结构性能都保持不变。美国大概只能做到1500次,德国也只有3000次,都不如我们。通上天然气,点燃后在孔里燃烧,没有了原来的大火炬。

它的好处在于,第一,大火炬中间燃烧不充分,浪费能源,而我们发展的多孔燃烧技术可以充分利用能源,做到节能。第二,空气中充满氮气和氧气,它们以分子形式存在。大火炬周边的高温会把氮分子和氧分子分解成原子,之后氮氧容易结合在一起,就形成了PM2.5最大的元凶NO₂化合物。而我们的多孔燃烧技术在小火苗燃烧过程中,保持氮气和氧气不分解的温度,因此大大减少了NO₂化合物的产生。

这种技术被称为21世纪新的燃烧技术,在实际工业生产线上使用,节能高达50%,NO₂排放每立方米低于30毫克。这是符合北京、上海这样一线城市的最高标准的。这种材料目前已经投入产业化应用,如已经使用在韶冶炼锌、东阳光炼铝的工厂生产线上,以及胜利油田采油方面。我们最近刚刚跟宝钢和东风汽车签合作协议。

但是,我相信未来10年甚至更长一段时间,一定是硬科技的窗口期。过去国内一个科学家的研究成果是好是坏没人知道,因为无法即时应用、无法在市场上检验。但是未来市场将会很快把科学家的科研成果拿出来检验,这时是真是假就无法再打马虎眼了。

硬科技开始投入很大,肯定要砸钱,但硬科技的寿命很长,往往会带来结构性商机,一旦突破就会带来巨大的成功和丰硕的果实。于我个人而言,我常常觉得坚持做硬科技会很踏实。

机叶片等。我们另一个团队可以实现10米/20米的管子内外同时电镀,内镜可以做到很小很细。

我很感激有广东这样一个学习实践的机会。走出大学校门、走出科研院所的大门,使我懂得了政府政策多重要、金融资本多重要、市场机会多重要,甚至老百姓的习惯多重要。

我也很感激国家开发投资集团为我们设立第一个定向新材料基金,它一定会在科技成果转化中发挥巨大作用。

过去我总隐隐感觉中国的科技界跟企业界是存在隔阂的,科技界和企业界与金融界也有隔阂。

去年我们举办了松山湖新材料高峰论坛(2020),国家开发投资集团董事长白涛代表金融界出席,华为董事兼研究院院长徐文伟代表企业界出席,中国科学院副院长高鸿钧代表科技界出席。

我们今年将继续举办这个论坛,目前预定的时间是11月25~26日。我们希望通过这个高峰论坛让更多的科学家与金融家、企业家坐在一起交流,欢迎大家参加。

去年,曾任科技部领导的张景安同志来实验室调研,他跟我说松山湖材料实验室是“八不像”,我说您这是批评我呀?可他接着说:“八不像就对了,你不像政府、不像过去传统的研究院所、不像大学,也不像公司……否则你们就做不成事啦。”

我想,那么“八不像”究竟要像什么?

去年我提出了“三品论”:样品、产品、商品。我认为传统的大学、研究院所通常做的是“样品”,比如做1个话筒,做了100个以后挑出1个好的,在国际上发1篇优秀的论文。但在松山湖,我们觉得话筒有用,就会找这个团队问他们愿不愿意出校门或研究所大门,到我们实验室这个平台上试一试。

因为在高校和研究所,再把这100个话筒做得一样是不符合它们的定位的。但是在我们这儿不一样,我们的追求不仅仅是发文章,我们是希望把100个话筒都做得一样好,使它成为产品。

所以我突然想到,我们作为新体制的研发机构主要是做“产品”,这才是我们的定位啊!但是“产品”还不是“商品”。产品只能表明所有的工业生产环节都走通了,完成了中试甚至比中试走得更远一些,不再是实验室的样品。但是产品还需要资本和市场,需要投入和扩大,才能真正做成商品,最终解决产业链供应链的问题,也就是“卡脖子”问题。

我们究竟是不是这样呢?去年我们松山湖材料实验室拿到3个国家的优秀产品奖,我自己觉得我们已经摸索出了新型研发机构的一条路子,它有别于大学和传统国家研究机构的定位,我很自豪!

过去中国很多科技企业都做得非常成功,但是仔细一看,很多还是以商业模式、服务模式为主导,这是我们历史上有过欠债的原因,也可能是一个必须要经历的发展阶段。

但是随着利润空间、人口红利等因素变化的影响,将来这种缺乏产业链核心技术创新的软科技模式不会像以前那样容易。设想一下,如果我国不是14亿人口,是1.4亿或者1400万人口,估计很多大公司就不会是今天的样子。

但是,我相信未来10年甚至更长一段时间,一定是硬科技的窗口期。过去国内一个科学家的研究成果是好是坏没人知道,因为无法即时应用、无法在市场上检验。但是未来市场将会很快把科学家的科研成果拿出来检验,这时是真是假就无法再打马虎眼了。

硬科技开始投入很大,肯定要砸钱,但硬科技的寿命很长,往往会带来结构性商机,一旦突破就会带来巨大的成功和丰硕的果实。

先进制造方面,德国制造业60%、70%都采用激光加工。而我们杨小君团队已成功开发并加工了陶瓷、飞机发动机叶片等。我们另一个团队可以实现10米/20米的管子内外同时电镀,内镜可以做到很小很细。

该研究组进一步挖掘ROD1的育种应用价值,通过对3000多种不同水稻品种的基因序列分析,发现ROD1单个氨基酸的改变可以影响其抗性和地理分布,说明作物抗病性受地域起源的选择,丰富了作物驯化的理论基础。(黄辛)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.09.009>

科学家揭示植物抗病性与繁殖力平衡机制

本报讯 近日,中国科学院分子植物科学卓越创新中心何祖华研究团队在《细胞》在线发表论文,揭示了水稻钙离子感受器ROD1精细调控水稻免疫,从而降低水稻因广谱抗病引发的生存代价,平衡水稻抗病性与生殖生长和产量性状。

水稻是我国重要的粮食作物之一。但近年来,水稻病虫害发生情况严重,对我国农业生产和粮食安全构成严重威胁。但高抗的水稻品种往往生长发育受到限制,导致产量降低。那么,如何在提高水稻抗病性的同时不影响其产量性状,维持好植物抗病与生长发育的平衡?此外,面对病原菌的不断进化,如何让植物的免疫屏障有效抵御不同病原菌的反复进攻?

研究人员发现ROD1作为一个新的植物免疫抑制中枢,通过降解具有免疫活性的超氧分子(ROS),从而抑制植物的防卫反应。因此,在没有病原菌侵染时,植物的基础免疫维持在较低水平,有利于水稻生殖生长,进而提高产量。但当病原菌侵染时,植物进化出了聪明的免疫激发新途径:通过降解ROD1减弱其功能,保证植物在抵抗病原菌时能产生有效的防卫反应,不至于迅速发病枯死,并能繁殖后代。

大家都知道,科学和技术越来越不可分割,科技解决的是可不可能以及如

“军备竞赛”的协同进化过程中。研究发现水稻稻瘟病菌会进化出模拟ROD1结构的毒性蛋白,在植物体内盗用ROD1的免疫抑制途径,实现侵染的目的。由于植物无法逃避病原菌的侵染,因此进化出了与病原菌共同生存的策略:通过适当减弱植物的抗病能力,来保证其生长繁殖、延续后代,让植物抗病性与繁殖力维持相对平衡的水平。这就是植物聪明的生存之道。

“以往相关研究聚焦了钙离子信号如何激活植物免疫的问题,但这项成果揭示了一条以钙离子受体ROD1为核心的免疫抑制新通路,以及植物与病原菌利用蛋

白质结构模拟介导的协同进化机制,为植物免疫领域研究提供重要的新启示。”何祖华告诉《中国科学报》,该研究首次说明作物能够选择与气候或栽培条件相适应的免疫策略,让植物抗病能力与生长发育即环境适应性达到最佳平衡。

该研究组进一步挖掘ROD1的育种应用价值,通过对3000多种不同水稻品种的基因序列分析,发现ROD1单个氨基酸的改变可以影响其抗性和地理分布,说明作物抗病性受地域起源的选择,丰富了作物驯化的理论基础。(黄辛)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.09.009>



何祖华(左一)
带领学生在田间调查水稻抗病性。
课题组供图