

## 普渡琐记——从 2010 年诺贝尔化学奖谈起

林志忠<sup>†</sup>

(台湾交通大学物理研究所及电子物理系)

2010 年的诺贝尔化学奖由日本北海道大学 Akira Suzuki(铃木章)、美国德拉瓦大学(University of Delaware)Richard F. Heck, 和美国普渡大学(Purdue University) Ei-ichi Negishi(根岸英一)三位教授获得, 其中 Suzuki 和 Negishi 二位为日裔学者. Negishi 教授得知自己获奖后, 于 10 月 6 日当天早上参加了普渡大学校长为他召开的记者会, 他在记者会上的一席谈话, 值得省思.

在记者会上, Negishi 教授谈到他很赞成与支持日本式的严格的小学、中学和大学教育(Negishi 教授在日本完成了从小学到大学本科的正规教育). 他认为日本严格的(他一再重复“rigor”一字)教育, 让他有如经历仗阵, 见识风浪, 因此在尔后献身学术研究和面对探索时而混沌未明的知识疆界之时, 得以充满信心. Negishi 教授又谈到, 当他从美国宾州大学读完博士学位, 回到日本公司工作后不久, 又想要进一步从事学术研究, 申请美国的博士后时, 同时获得了加州大学柏克莱分校和普渡大学提供的职缺. 加州大学柏克莱分校的学术声誉崇高, 国际排名远在普渡之上, 那位提供博士后职位的教授, 又是一位诺贝尔化学奖得主, 但是那时候年轻的 Negishi 博士却选择了普渡大学, 因为他觉得普渡大学的 Herbert C. Brown 教授的研究领域, 是一个丰富深厚的科学领域, “一定值得挖掘”(十多年后, Brown 教授也获得了 1979 年的诺贝尔化学奖. Suzuki 教授比 Negishi 教授年长四岁, 他在 Negishi 教授到达普渡之前几年, 也曾经跟 Brown 教授做过博士后, 但是他们二人互不相识). 在普渡大学召开记者会的空档, Negishi 教授还坚持按照课程表, 上他当天的大学二年级的有机化学课, 那是一门有 300 多位学生修读的大班基础课程——愈是国际顶尖的大学, 通常愈加重视大学一年级和二年级的基础课程的教学.

由于笔者正巧曾经在普渡大学读物理博士学位, 因此想到了几件跟普渡大学物理系有关的事情,

记录如下. 这些不是名校的“琐事”, 或许值得我们深入思索.

普渡大学位于美国印第安纳州, 与俄亥俄州和伊利诺伊州紧邻, 传统上是个农业州, 民风相对保守, 生活有些单调. 它的学术排名在不同的学科领域之间差异极大(学术研究探索的是深入、多元的知识宇宙, 世界上没有任何一所著名大学或研究机构, 能够在每一个学科中都独占鳌头), 但是可以确定的一点是, 普渡大学并不是美国最亮眼的明星学校之一, 它的整体排名明显比不上东、西岸的几个名校. 换言之, 普渡大学不会是成绩优异的华裔学生选择去攻读博士学位和做博士后的学校.

在普渡大学物理系成立 130 多年的历史中, 其最重要的学术贡献之一是对半导体和晶体管(的前身)的研究. 时当 1940 年代, 为了第二次世界大战的迫切需要, 普渡大学物理系积极投入了半导体的研究(当时同盟国急需稳定和高质量的固态电子整流器, 以制造高性能的雷达), 但是即使是在战时, 时机紧急, 他们还是觉得需要彻底了解半导体的基础物理特性. 因此他们组成研究团队, 逐步发展技术, 生长高质量的锗单晶, 定量地控制杂质(施主和受主)的种类和数量, 并且深入探究这些掺杂半导体样品的光学性质和低温电性. 为了研究低温电性, 他们特地从荷兰 Leiden 大学请来了一位教授, 成立了低温物理实验室, 以期测定和了解掺杂半导体的载流子输运性质, 以便发展制作功能优异的固态整流器. 这是对锗半导体的器件进行应用与基础性研究的项目, 其研究高峰期是从战前的 1940 年代一直持续到了战后的 1950 年代. 1940 年代中期, 普渡大学取得的领先的优秀成果, 更让贝尔实验室(Bell Laboratories)以及 John Bardeen, Walter H. Brattain 和 William B. Shockley 等人, 利用种种手段旁敲侧击单向套取信息, 寝食难安了好几年. 后来普渡

2010-10-21 收到

<sup>†</sup> Email: jjlin@mail.nctu.edu.tw

大学还是失去了发明晶体管的契机,最主要的原因应该在于一方面他们没有强烈的商业化动机,另一方面更因为他们的研究团队中,缺乏一位像 Bardeen 这样的不世出的功力深厚,又能洞烛机先的固体理论物理学家(贝尔实验室制作的第一颗晶体管,使用的是普渡物理系提供的高质量锗样品;另外,已故的范绪筠教授对普渡大学长年的半导体研究与教学,贡献良多)。

那一时期,洪朝生先生也到了普渡物理系做博士后,并且参与了该项半导体低温电性的研究。洪先生在 1950 年代初期做出了对于掺杂锗的开创性定量实验量测和解释,揭示了禁带中的杂质带导电 (impurity band conduction) 之输运行为和概念。这些实验数据和物理现象,深深吸引了凝聚态理论物理学家莫特 (Mott) 的注意力,并且引起了 Mott 的极大兴趣。加上 1958 年安德森局域 (Anderson localization) 概念的适时提出,实验与理论的因缘交会,相互激荡,终于导致了 1960 年代的变程跳跃导电 (variable-range-hopping conduction) 理论的完成。1977 年, Mott 和 Anderson 二人 (以及 van Vleck), 都因为对于无序系统 (非晶态) 的研究而获得了诺贝尔物理学奖 (关于 Mott 的非晶态导电研究, 请参阅 2008 年第 37 卷第 12 期《物理》杂志发表的林志忠的《东方情怀与科学发展——从 2008 年诺贝尔物理学奖谈起》一文, 以及 2005 年第 34 卷第 9 期《物理》杂志发表的阎守胜的《我的透明片在莫特 (Mott) 家呆了一个晚上》一文。1958 年发表的安德森局域论文, 截至 2010 年 10 月, 已经被引用了 4800 多次! )。

因为在普渡参与了半导体低温电性的实验, 洪朝生先生后来 (1950 年初) 转往 Leiden 实验室继续研究。但是不久之后便束装回国 (大陆), 因此国际物理文献中, 也就不再出现洪先生的名字了。那时期, 冷战方酣, 东、西方国家之间音讯不通。但是普渡大学的研究人员仍然宽大从容地表现出了坦荡磊落的学术伦理, 他们在 1954 年的一篇 Physical Review (第 95 卷第 5 期第 1226—1236 页) 长论文中, 仍然将洪先生列为第一作者, 并且很诚实地在作者通讯处写着: “Last known address: University of Leiden, Leiden, The Netherlands”。半个多世纪之前, 普渡大学实验室的研究人员, 并没有因为洪先生只是他们的一个已经离了职且又行踪不明的博士后, 就把他的名字从论文中剔除。显然, 至少早在 50 多年之前, 欧、美的现代学术伦理观念与规范, 就已经

广植人心, 根深柢固了 (洪朝生先生返回大陆后, 成为了中国低温物理与低温技术研究的开创者之一)。

研究凝态物理的人知道有一种“热电势 (thermoelectric power)”的物理量。在金属和掺杂半导体中, 热电势主要来自两项贡献: 一项是由载流子的扩散运动 (diffusive thermoelectric power) 而来; 另一项是由声子的曳引运动 (phonon drag) 而来。声子曳引造成的热电势, 也是那时期在量测锗半导体的低温电、热学性质时, 由来自荷兰的博士后 Hans Frederickse 在普渡物理系首先发现的。这项热电势微观来源, 后来被写进许多固体物理课本里。

1985 年, 首位华裔航天员王赣俊博士, 搭乘美国太空总署的“挑战者”号航天飞机飞上了地球轨道。当时全球的许多华文报纸都大肆报道, 认为这是中国人之光荣。正巧那一年普渡大学校庆, 邀请上过太空的校友返校, 当时回去共襄盛举的校友就有 7 位。其中更包括第一位踏上月球的表面, 和 (迄今为止) 最后一位离开月球表面的人士, 这两位写下人类历史纪录的航天员, 都是普渡大学校友。附带一提, 当年里根先生在他任美国总统期间, 曾经访问了普渡大学。当时, 他的总统专机是从华盛顿特区机场起飞, 而直接降落在普渡大学的机场的。

普渡大学物理系现任系主任 Nicholas J. Giordano 教授, 恰巧是笔者的博士论文指导教授, 他只比我大了五岁, 是个典型的美国土生土长的教授 (他的第一、二位博士生的年纪, 都比他稍大)。加入他的实验室之后不久, 看到他做研究时, 我的脑海中常常不自觉地浮起了“长江后浪推前浪”这一句警句。再过了一些时日, 我又每每意识到, 他做实验的态度与方式, 岂不正是《论语》书上所教诲的“知之者不如好知者, 好知者不如乐知者”? 他是个“乐知者”, 他做实验是为了享受研究 (包括发现新科学的纯然愉悦与激动) 而研究! 虽然他并没有读过《论语》——中国典籍上的这几句话的深刻道理, 我都是在已经大学毕业, 离开台湾进到他的实验室之后, 有了具体的人物典范, 才恍然有所领悟的 (我个人认为, 在这几年文献中, 众多的文献是对准一维人工生长纳米线的电性量测与分析, 其中大多仍不如 Giordano 实验室在 1980 年代到 1990 年代中期对微小金属线、磁性细线和超导体线的电性量测与分析之精确与深入。Giordano 教授是介观物理 (mesoscopic physics) 实验的开创者之一)。

Giordano 教授后来觉得用心教育学生非常重要, 因此他自己的研究工作大致停顿了 (他做了不同

人生阶段的抉择)。他为大学生开计算物理的课,写了一本教科书,那本书得到了美国计算机学会颁发的一个奖项。他为大学一年级学生开普通物理课,被选为印第安纳州的优良教师,曾到美国首都华盛顿领奖。三十多年前,在他做完博士后,寻找教职时,他获得了麻省理工学院(MIT)提供的位置,可是他却选择了加入普渡大学物理系。他并没有按照排名做决定(一个不需要决定的决定!)。2009年底,在荷兰Leiden低温实验室所发表的一篇论文中,采用了我们20年来对于金钽合金的电子-声子散射时间的累积量测结果,作为他们设计探测“重力波”用的极低温超导量子干涉仪(Superconducting Quantum Interference Device, SQUID)器件的依据。那一系列论文(涵盖金钽合金细线、薄膜和厚膜)的起头,源自于笔者在普渡物理系时的博士论文工作。我告诉了Giordano教授这件事,他回复了一句简短的电邮:“Some materials just never go out of style.”——学术是一项长久积累的过程!

物理学系只是普渡大学众多系所中的一个并不特别显眼的系,普渡大学只是美国数十所很上轨道的研究型大学中的一所并不特别亮丽的大学。可是他们有一些工作被写进了教科书里(他们自己也写教科书而广为世界各国大学采用),他们也有一些工作改写了人类科技发展史的面貌,这是美国深厚宽广的学术实力的“藏富于民”!

最近看到日本“理化学研究所(RIKEN)”(日本最重要最顶尖的科研机构)介绍它的“基干研究所(Advanced Science Institute)”的刊物封面上,画着一棵大树,树干旁边印着两句繁体中文:“源遠者流長,根深者枝茂”,其下附有二行小字日文翻译。这两句话引用自白居易的《海洲刺史裴君夫人李氏墓志铭》一文。日本人的诺贝尔奖得主,已经累积到18位了,显然和这种根深枝茂的思想以及源远流长的学术传统是有关系的。

**附注** 日本最好、排名最高的大学是东京大学,但是日本的诺贝尔奖得主大多却来自其他大学。