

半导体物理学铺路人范绪筠教授鲜为人知的故事

谢亚祥¹ 谢亚宏²

(1 亚太美国学校)

(2 美国加州大学洛杉矶分校材料工程系)

范绪筠(1912—2000)，世界著名半导体物理学家。哈尔滨工业大学电机工程学士，美国麻省理工学院(MIT)博士。范绪筠毕生致力于半导体物理学的研究和发展。留给后人的除了半导体领域的多项里程碑式的研究成果，还为我们树立了一个真正的科学工作者应如何实事求是地对待研究结果的楷模。本文作者愿与读者分享范教授几个鲜为人知的故事。

范绪筠，创新的科学家，敬业的学者，一位有影响的教师。他是世界半导体物理开创性人物之一，也是一位卓越的物理学家。他个子不高，但是腰杆笔直，不苟言笑，但偶尔发言却充满风趣幽默。他的父亲范其光，幼年丧父，家境贫寒，小时就学于满清政府举办的外语学堂“同文馆”。十二三岁时，他被选派为中国第一批留俄学生。十几年后学成回国时已是一名有实际经验的铁路工程师。回国历任数职后，于1924年被派到哈尔滨中东铁路任理事会理事。后来曾任中东铁路代局长。

范绪筠1912年7月15日生于上海。由于父亲工作的缘故，他的青少年是在哈尔滨度过的。家中兄弟姊妹四人，父亲严于家教，特别是对于两

个男孩，绪筠和绪箕，更是严格。致使绪筠从小就养成了做事一丝不苟，认真负责，严于律己的作风。1933年，范绪筠以优异的成绩毕业于中俄合办的哈尔滨工业大学(现今哈尔滨工业大学的前身)，获得电机工程学士学位，并荣获哈尔滨工业大学的留学奖学金。他怀着对知识的渴望，登上越洋客轮。踏上了前往美国麻省理工学院(MIT)深造的路途。1937年获得麻省理工学院科学博士学位。拥有满腔爱国热忱的范绪筠，同年应清华大学工学院院长顾毓琇的邀请，返回祖国，加入了当时已南迁至长沙的清华大学教师的行列，从此开始了他的教学生涯。

尽管绪筠一生事业上硕果累累，但他最得意的就是在卞家的5个漂亮



图1 范绪筠(1912—2000)

姊妹中赢得了比他小8岁的卞荔年的芳心。荔年与绪筠从小相识，可谓青梅竹马。她的性格温慧贤淑，虽然身为大家闺秀，却能吃苦耐劳，成为他一生的贤内助。他们的新婚生活就是在艰苦的战争年代开始的。

芦沟桥事变后，越来越多爱国师生历经千辛万苦来到祖国内地，清华大学也继续南迁到昆明与北京大学及南开大学合并成立西南联合大学。范绪筠随学校一起迁到昆明，住进了惠家大院。这惠家大院有几栋土木结构、极其简陋的两层小楼。墙板中间都有缝隙，连电灯也没有。可当时这里的住客却是非同小可。著名科学家、学者吴有训，赵忠尧，杨武之，吴达元，杨业治，任之恭，赵访熊，赵九章，姜立夫，叶楷等，还有清华大学校长梅贻琦都住在这里。绪筠夫妇和赵九章家就住在姜立夫，叶楷两家楼下。真可谓精英荟萃，群贤云集。这惠家大院门楼如今已成为文物保护单位。因为它目睹了一代科学大师们不畏战争、疾病以及艰苦的生活条件，在资金匮乏，信息封闭的情形



图2 范绪筠(左一)与父母及兄弟姊妹合影

下，以坚忍不拔的精神，日以继夜地从事教育与科研的事迹。范绪筠在这段期间里，完成了两篇颇有价值的学术论文：《固体间电接触的理论》和《金属间以及金属和半导体间的接触》，发表在美国著名《物理学评论》(Physical Review)上。这两篇文章定性和定量地讨论了金属与半导体的不同特性，特别是在半导体中，传导电子的密度可能会出现严重偏离平衡态的现象。他的研究结果对未来固体电子学的发展及应用，具有十分重要的意义。

科学家也是人，也需要吃饭。煮饭这件事，成了绪筠和荔年两人生平第一次。谁知这一项目，却不像其他科研课题一样，虽然事先预习了煮饭的理论，但实验结果却以失败告终。一锅饭成了上面是饭，中间是夹生米，下面是锅巴的结果。虽然从小生活富裕，范绪筠却有着克勤克俭的个性。平时衣着简朴。东西不用到坏是不肯丢的。西南联合大学清华无线电研究所的同事们，曾有人打趣，看他每天吃的是什么？趁他不在时打开他的饭盒，里面竟然只有白饭、如同白水的汤和一根没有肉的骨头！这

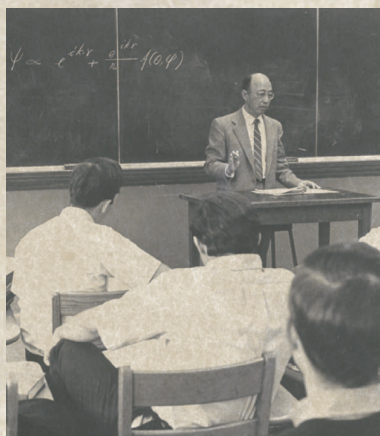


图4 1969年在普渡大学授课

个故事可能有所夸张，至于原因是由于勤俭，不会做饭，或是由于抗战期间的经济困境，就不得而知了。

抗战胜利后，绪筠随同清华大学一起回到北京。因为学校有“庚子赔款”的休假制度，1947年绪筠回到他在美国的母校麻省理工学院作访问学者。与此同时，普渡大学的物理系主任哈洛维兹由于意识到半导体领域的惊人潜力，正在组织一个由年青教授，研究人员和研究生组成的精英团队，目的在于解决一系列实验和理论问题。因对绪筠1942年发表的两篇重要文章印象深刻，遂邀请他到该校从事研究。在战后百废待兴的时

代，半导体研究倍受重视，绪筠对于科学研究的热忱得以充分发挥。凭借他对研究工作的热爱，创新的思想，一丝不苟的专注，对自己和团队工作的高标准要求，研究进展突飞猛进。他最有效地结合多样实验技术与深刻的理论分析，几乎对半导体领域的每一个分支都做出了精辟准确及原创性的贡献。在极短的时间内，已是成绩斐然，在国际上崭露头角，加入世界知名学者的行列，并荣获了多项科学技术奖。他的发明和成就，建立了半导体物理学领域的诸多里程碑，为当今蓬勃发展的半导体集成电路(IC)事业奠定了坚实的基础。他关于半导体光学性质的研究与发现，为自由载子与光子的相互作用、有效电荷质量以及电子能带结构等领域，提供了奠基性的独到认识与理解。他关于半导体红外穿透性的具有里程碑意义的发现，为固体物理学开辟了一片最肥沃的研究领域，从而引发了目前以半导体光学为基础的电子产品新时代。

普渡大学对范绪筠所取得的成就引以为荣，于1963年给范绪筠授予邓肯物理学杰出讲座教授奖，1990



图3 新婚伉俪范绪筠与夫人卞荔年在昆明



图5 1990年，普渡大学为授予范绪筠科学荣誉博士所举行科学研讨会合影(前排，左六)



图6 1983年春节,在家招待中国学生时所照(前排左二为夫人卞荔年)

年授予普渡大学科学荣誉博士。范绪筠是美国国家科学基金会和国家科学院各种委员会和评审小组的成员。他也是资深的美国物理学会会员,以及台湾中央研究院院士。

范绪筠的几项极为重要的发现,成为后人脍炙人口的故事:

一次在做完对自己提出的光伏效应理论验证的实验后,发现数据竟然完全与理论相符,换作别人一定高高兴发表成果了事。但范绪筠做事向来一丝不苟,反复验证。当重新思考自己提出的理论后,他意识到自己的理论假设入射光强度沿样品厚度方向分布是均匀的,这与当时众所认知的光在样品表面会被强烈吸收的概念是背道而驰的。为了揭开这个谜,他设计了另一个实验来直接测量透射光的强

度。实验结果让他既惊奇又振奋,原来锗晶体的光吸收率远低于当时的预期,而光在样品厚度方向的分布确实近似均匀。原来适用于一般金属的模型并不适用于锗晶体。这一重要发现为半导体研究开辟了一个新的领域:不同半导体的光谱吸收结构的研究,以及运用光谱吸收结构分析这一工具来确定各种复杂材料的能带结构。

真正的科学工作者要有能从复杂的实验数据中抽丝剥茧,去伪存真的能力。范绪筠参与的另一个有趣的研究就是一个最好的例子。在研究低于能带宽度的光子在锗晶体中的透射率过程中,发现的结果难以解释。他开始思考,答案应该与自由载流子对光的吸收能力有关。但接下来的实际测量结果却又出乎意料地远高于理论预

测值。难道这个理论有错误?在经过一系列假设、验证、修正、再验证的努力后,这个问题终于得到了解释。原来这与载流子的有效质量有关,有效质量小于自由载流子质量的电荷,有较强的光吸收能力。而半导体载流子的有效质量,又与能带结构有关,一般都远小于自由载流子质量。这就给锗中的光吸收问题,作出了圆满的解答,并使人们对所有半导体特性的认识,增进了一大步。

2000年范绪筠逝世于美国印第安纳州。普渡大学为纪念绪筠建立了以其名字命名的奖学金,以传承一代学者风范。范绪筠将毕生的精力都致力于半导体的研究和发展。对于科学研究,至热至衷;对于工作,全力以赴;对己对人,一丝不苟,至严至谨;对于权势地位,视若无睹;对于经济报酬,不为所动。留给后人的除了在半导体领域的多项里程碑,还为我们树立了一个真正的科学工作者,如何实事求是对待研究结果的楷模。这,就是范绪筠。

参考资料

- [1] A History of Physics at Purdue by Ralph Bray, Solomon Gartenhaus, Arnold Tubis, and David Cassidy
- [2] 普渡大学物理系荣誉博士公告 网址: <http://www.physics.purdue.edu/alumni/hondegree/fan.shtml>
- [3] Speech at Fan's memorial service by Professor Anant Ramdas

附录 I

范绪筠简历

1912年7月15日生于上海
1932年,毕业于中俄哈尔滨工业大学(现哈尔滨工业大学)
1934年,在美国麻省理工学院获科学硕士学位
1937年,在美国麻省理工学院电机系获

博士学位

1937—1947年,在清华大学任教(助理教授及正教授)
1947—1948年,在美国麻省理工学院从事研究
1948—1949年,美国普渡大学访问教授
1949—1951年,美国普渡大学副教授

1951—1963年,美国普渡大学教授

1963年,成为邓肯物理学杰出讲座教授
1954年,荣获普渡大学西格玛·柯研究奖
1959年,当选为中央研究院院士(台湾)
1969年,荣获普渡大学赫伯特·纽比·麦科伊研究奖
1990年,荣获普渡大学科学荣誉博士

附录 II

范绪筠主要论著

1. Transition from glow discharge to arc. Phys. Rev., 1939, 55:769
2. Theory of electrical contact between solids. Phys. Rev., 1942, 61:365
3. Contact between metals and between a metal and a semiconductor. Phys. Rev., 1942, 62:388
4. Theory of photoelectric emission from metals. Phys. Rev., 1945, 68:43
5. Theory of rectification of an insulating layer. Phys. Rev., 1948, 74:1505
6. Infrared transmission of germanium (with M. Becker). Phys. Rev., 1949, 76:1530
7. Infrared absorption of silicon (with M. Becker). Phys. Rev., 1950, 78:178
8. Photovoltaic effect of P-N junctions in germanium (with M. Becker). Phys. Rev., 1950, 78:301
9. Temperature dependence of the energy gap in semiconductors. Phys. Rev., 1951, 82:900
10. Grain boundary barriers in germanium (with W. Taylor and N. Odell). Phys. Rev., 1952, 88:867
11. Effect of traps on carrier injection in semiconductors. Phys. Rev., 1953, 92:1424
12. Infrared lattice absorption bands in germanium, silicon, and diamond (with R. Collins). Phys. Rev., 1953, 93:674
13. Infrared absorption, photoconductivity and impurity states in germanium (with W. Kaiser). Phys. Rev., 1954, 93:977
14. Energy levels and photoconductivity in electron-bombarded germanium (with W. Kaiser, E. Klontz, Lark-Horovitz and R. Pepper). Phys. Rev., 1954, 95:1087
15. Research on Semiconductors (with W. Scanlon). Science, 1955, 121:718
16. Infrared absorption in InSb (with W. Spitzer). Phys. Rev., 1955, 99:1893
17. Infrared absorption in n-type Ge (with W. Spitzer and R. Collins). Phys. Rev., 1956, 101:566
18. Optical constants and carrier effective masses of semiconductors (with W. Spitzer). Phys. Rev., 1957, 106:882
19. Infrared absorption in n-type silicon (with W. Spitzer). Phys. Rev., 1957, 108:268
20. Magnetoresistance of n-type Ge at low temperatures (with R. Laff). Phys. Rev., 1958, 112:317
21. Absorption spectra of group V donors in germanium (with P. Fisher). J. Phys. Chem. Solids, 1959, 8:270
22. Optical properties of tellurium and selenium (with R. Caldwell). Phys. Rev., 1959, 114:664
23. Optical and magneto-optical absorption effects of group III impurities in Ge (with P. Fisher). Phys. Rev. Lett., 1959, 2:456
24. Infrared absorption and photoconductivity in irradiated silicon (with A. Ramdas). J. Appl. Phys., 1959, 30:1127
25. Infrared absorption and valence band in InSb (with G. Gobeli). Phys. Rev., 1960, 119:613
26. Impurity conduction in silicon (with R. Ray). Phys. Rev., 1961, 121:768
27. Energy band structure of gallium antimonide (with W. Becker and A. Ramdas). J. Appl. Phys., 1961, 32:2094
28. Electron spin resonance in neutron irradiated silicon (with M. Nisenoff). Phys. Rev., 1962, 128:1605
29. Impurity conduction in p-type silicon at microwave frequencies (with S. Tanaka). Phys. Rev., 1963, 132:1516
30. Optical and electrical properties and energy band structure of ZnSb (with H. Komiyama and K. Masumoto). Phys. Rev., 1964, 133:A1679
31. Photoconductivity of gallium antimonide (with M. Habegger). Phys. Rev., 1965, 138:A598
32. Oscillations of hot carrier effects in the photoconductivity of n-type InSb (with V. Mazurczyk and G. Ilmenkov). Phys. Lett., 1966, 21:250
33. Recombination emission in InSb (with A. Mooradian). Phys. Rev., 1966, 148:873
34. Impurity and exciton effects on the infrared absorption edges of III-V compounds (with E. Johnson). Phys. Rev., 1965, 139:1991
35. Faraday rotation in p-type semiconductors (with T. Lee). Phys. Rev., 1968, 165:927
36. Effects of optical phonons in the impurity photoconductivity of ZnTe (with V. Mazurczyk). Phys. Lett., 1968, 26A:220
37. Phonon cyclotron resonance in the infrared absorption in n-type InSb (with R. Enck and A. Saleh). Phys. Rev., 1969, 182:790
38. Far-infrared recombination emission in n-Ge and p-InSb (with S. Salomon). Phys. Rev., 1970, B1:662
39. Oscillatory photoconductivity of GaSb under a magnetic field (with K. Uchinokura). Phys. Rev., 1970, B1:3395
40. Phonon-cyclotron resonance and carrier-transfer resonance in the infrared magnetoabsorption of a many-valley semiconductor in n-PbTe (with A. Saleh). Phys. Rev., 1972, B5:3972
41. Two-photon absorption and photoconductivity in GaAs and InP (with C. Lee). Appl. Phys. Lett., 1972, 20:18
42. Optical and magneto-optical absorption in pure HgTe (with A. Saleh). Phys. Stat. Sol., 1972, B53:163
43. Far-infrared recombination radiation from n-type Ge and GaAs (with S. Thomas). Phys. Rev., 1974, B9:4295
44. Second-harmonic generation in InSb, InP, and AlSb (with C. Lee). Phys. Rev., 1974, B10:703
45. Effect of antiferromagnetic transition on the optical-absorption edge in MnO, α -MnS, and CoO (with H. Chou). Phys. Rev., 1974, B10:901
46. Generation of far-infrared radiation by frequency mixing in insulating gas (with F. Geyer). J. Appl. Phys., 1978, 50:30
47. Stimulation of far-infrared emission produced by impact ionization in Ge(Sb), (with W. D. Williams). Appl. Phys. Lett., 1980, 36(6):400
48. Raman scattering and phase transitions in V_2O_5 and $(V_{1-x}Cr_x)_2O_5$, (with C. Tatsuyama). Phys. Rev., 1980, B21:2977
49. Stimulated spin-flip scattering, photoluminescence, and magnetoabsorption in n-type $Hg_{0.89}Mn_{0.11}Te$, (with F. F. Geyer). IEEE J. Quantum Electronics, 1980, QE-16(12):1365
50. Elements of Solid State Physics. New York: John Wiley & Sons. 1987