

血液中流淌着艺术的物理大师*

——记 Stephan von Molnár 教授

赵建华[†]

(中国科学院半导体研究所 北京 100083)

2020-11-30收到

† email: jhzha@semi.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20210107

说起磁性半导体研究先驱,业内人士可能会想到日本东北大学现任校长, Hideo Ohno 教授。可 Ohno 教授在最近给我的 email 中评价 Stephan von Molnár 教授: “He was a great and joyful mentor to us all”。Stephan 一生充满传奇色彩: 出生于有着高贵艺术血统的家庭, 儿童时辗转躲避纳粹的迫害成为小移民, 青少年时期活跃在观众欢呼的戏剧舞台, 博士毕业后成为 IBM Watson 研究中心出色的资深研究员和高管, 最后归宿佛罗里达州立大学物理系。丰富的人生经历, 让 Stephan 成长为少有的徜徉在艺术和科学之间的物理学大师。他走到哪里, 哪里的气氛就会被他骨子里洋溢出的艺术激情感染而高涨。如今, Stephan 的生命帷幕落下, 这一天定格在 2020 年 11 月 17 日。

Stephan 1935 年出生在德国东部的莱比锡, 一个艺术与科学相结合的家族。外公是科学读物的出版商, 外婆是很有影响的艺术家, 妈妈是著名歌剧演员, 在钢琴演奏上也很有造诣。1938 年臭名昭著的“水晶之夜”发生时, Stephan 才 3 岁。不幸的是, 他妈妈是犹太人, 而莱比锡是纳粹导演这幕惨剧的发源地。为活命, 妈妈独自逃到美国, Stephan 和哥哥则躲在德国乡下一个修道院里苟且地生活。“二战”结束后, 可能是家庭艺术基因的使然, 他迷上了表演, 成了当地有名的小童星。1947 年, 12 岁的他移民到美国, 与妈妈一起生活在纽约。他很快被百老汇的演出世界所吸引, 一边上学, 一边演戏, 这在保留下来的剧照和缅因 Masque 剧院 1959 年 Stephan 主演的 *All My Sons*

与 *Damn Yankees* 等演职员表中得到了明证(图 1)。这个年轻人有一个梦想: 他的奔放激情渴望在观众面前淋漓宣泄, 他的艺术细胞太想在舞台上倍数增值。也许妈妈饱尝了一个艺人的辛酸苦难, 他的演员梦在妈妈坚决的 “No” 声中破碎, 戛然而止。这对一个有表演天赋的孩子是残酷的, 从此遗憾的是美国百老汇, 甚至好莱坞少了一位耀眼的明星, 幸运的是学术界多了一位材料物理大师。

1959 年在缅因大学毕业后, Stephan 去了杜邦公司聚合物部门工作, 枯燥的化学实验与他血管里流淌的艺术血液格格不入。一年后, 他辞掉工作, 重返校园, 来到芝加哥大学, 师从著名物理学家 Andy Werner Lawson 教授, 并在 1961 年跟随 Lawson 教授来到加州大学河滨

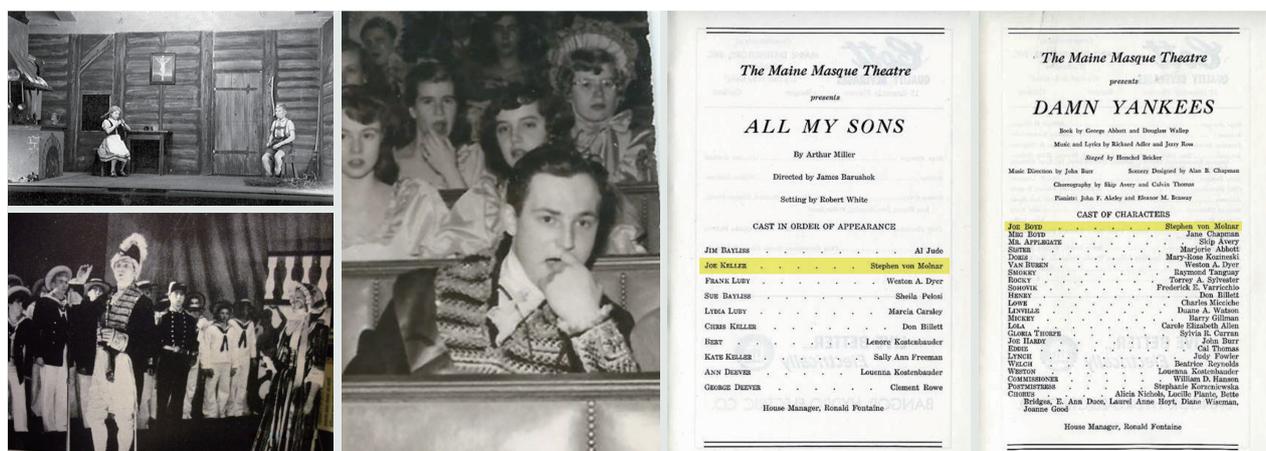


图 1 Stephan 青少年时期的剧照及剧目演职员表

* 本文原载于“量子材料 Quantum Materials”微信公众号, 本刊发表时有所删改。

分校,在这里,Stephan成为了世界上磁性半导体研究的拓荒者。1965年获得了该校博士学位,之后他去了IBM Watson研究中心,在那里工作了近30年。1994年Stephan入职佛罗里达州立大学,出任物理系教授,并担任材料研究和技术中心MARTECH主任。

意大利物理学家伏特(Alessandro Volta)发现半导体后长达160年的时间里,人们一直认为半导体与磁性材料就像两条并行的铁轨,不可能有交集。然而,镱(Eu)的硫化物既具有磁性又具有半导体性质,打破了物理学界固有的观念,这方面开拓性的工作是由集艺术与物理于一身的Stephan完成的,这是天意,还是巧合?Stephan可能不自觉地把自己的表演中大胆想象力与对角色细致入微的理解融汇贯通到他的科研工作中,结果在深入研究磁性半导体过程中的好戏一幕接着一幕。

Stephan的博士学位论文主要研究对象是第一代磁性半导体,即浓缩磁性半导体,利用铁磁和顺磁共振技术研究了EuS的磁各向异性。1965年他入职IBM Watson研究中心,开启了自旋电子学研究之路(虽然那时还没有自旋电子学这个概念)。1967年,他在掺Gd的铁磁性EuSe中观察到负巨磁阻效应以及居

里温度附近的金属—绝缘体相变现象,并与Tadao Kasuya合作首次提出了磁极化子的概念。同年基于磁性半导体EuSe的磁隧道结,他设计制备出第一个半导体自旋电子学器件结构。20世纪70年代中期,他在研究 $Gd_{3-x}V_xS_4$ (V 代表空位)磁学性质时发现了磁极化子的直接实验证据——磁场导致的金属—绝缘体相变。80年代后期,Stephan与Hiro Munekata、Hideo Ohno合作,制备出了第一个III-V族稀磁半导体InMnAs。90年代中后期,他作为美国自旋电子学专家委员会主席,引领了掀起全球范围内的自旋电子学研究热潮。1994年Stephan入职佛罗里达州立大学后,除了坚持自旋电子学的研究,还拓展到纳米物理、生物材料与技术,与同事熊鹏教授(图2)一道把始于IBM的微区霍尔磁强计技术发展成熟,并应用于生物分子传感方面。

Stephan在当代物理学舞台上虽然不是最大的一盏灯,但绝对是磁性半导体单色光中最耀眼的一盏。他一生发表学术文章170余篇,总引用超过2.4万次。在IBM工作期间他获得了杰出贡献奖,是SRC高级研究员,担任过多项管理职务。他也是Alexander von Humboldt(洪堡)美国资深科学家奖获得者、美国物理学会APS会士和AAAS会士。在佛罗里达州立大学工作期间,他是Robert A. Kromhout物理学教授,并拥有杰出研究教授的头衔。

Stephan豪爽奔放的气质在他与别人的合作方面彰显魅力。他不仅与本国同仁有良好合作,还积

极与欧洲、亚洲国家的同行开展富有成效的合作。比如诺贝尔奖获得者Neil Mott、Leo Esaki,以及Robert Buhrman、David Awschalom、Michael Coey、Hideo Ohno等知名教授都是他人生科研舞台的密切合作伙伴。

我2000年步入半导体自旋电子学领域时就拜读过Stephan关于磁性半导体的文章,久仰其大名,2007年在夏威夷召开的第4届自旋电子学与量子信息技术国际学术会议(Spintech IV)上第一次认识他。那时候,半导体自旋电子学研究方兴未艾,许多学术名家,像Robert Buhrman、Stuart Wolf、David Awschalom、Hideo Ohno、Tomasz Dietl,以及Emmanuel Rashba夫妇等都参加了会议。Stephan和熊鹏老师正在寻找能够生长Fe/AlGaAs:Si异质结构的研究组,想使用半导体AlGaAs作为自旋输运沟道,结合光照调控掺杂Si的AlGaAs中的电子密度,在同一个样品上进行大范围载流子浓度下的自旋动力学研究,以避免更换样品带来的误差,精准建立载流子浓度和自旋寿命之间的定量关系。这是一个非常巧妙、很有创意的想法,那时我回国改造的双生长室分子束外延(MBE)系统刚好可以制备满足要求的样品。

熊鹏老师介绍我认识了Stephan,会议休息期间,我们几人进行了简短的交流。初步印象:Stephan胖胖的、个头不高、面色红润、宽宽的额头、整齐浓密的白色胡须,活脱脱一个圣诞老人的形象。他声音宏亮、中气十足、形体夸张,整体极富艺术感染力。Stephan是令人敬重的磁性半导体研究前辈,喜爱并善于交谈,身边总是被一些大大小小的粉丝包围着,

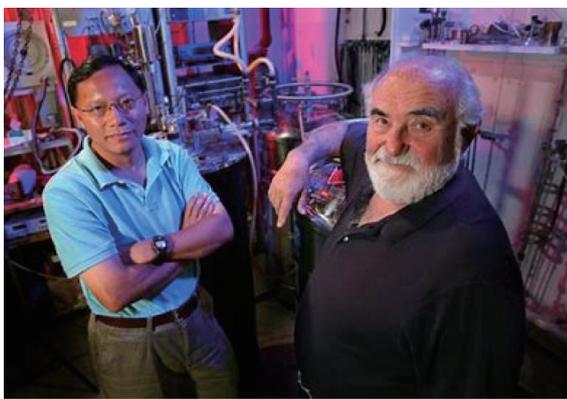


图2 Stephan与熊鹏教授

俨然一个头上永远不会失去光环的电影明星。那次会议上, Stephan作了 Introduction to Magnetic Semiconductors 的大会报告, 他结合自己的工作, 介绍了浓缩磁性半导体 EuS、II-VI 族稀磁半导体、III-V 族稀磁半导体, 以及氧化物磁性半导体方面的研究进展, 最后给出了磁极化子是众多磁性半导体的共同主题的结论。Stephan 还提醒大家要小心对待过渡族金属掺杂的氧化物磁性半导体, 最好能建立起纯相体系开展研究。这位睿智的老人配上他那幽默夸张的表情和动作, 时不时地引得听众们哄然大笑, 是为美好的记忆。

Spintech IV 会议揭开了我与 Stephan 开展合作的序幕。13 年过去了, 我们合作愉快, 成果不菲。我在他身上学到了很多科研方法, 成了相互关心的好朋友。2009 年我们成功申请了中国国家自然科学基金委(NSFC)、美国国家科学基金会(NSF)联合资助项目“半导体/铁磁体异质纳米结构的磁性质及依赖于自旋的电学性质”, 这是 NSFC 在凝聚态物理领域第一次资助的中美合作项目。虽然称作“重大国际(地区)合作研究项目”, 但当时资助额度并不太高, 3 年 100 万人民币。这也是美国 NSF MWN 支持的第一个与中国科学家的合作项目, 并连续支持了 2 期, 共 6 年。顺便提一下, 关于中外合作项目, 中国和外国项目资助的理念有点儿差别。中国方面认为, 资助一次, 意味着双方已经建立起实在的合作, 一般不会再资助第二次。而美国 NSF 管理部门认为, 既然资助双方的合作关系建立起来, 有可能的话应该持续资助下去, 保证合作关系稳定发展。

在中美双方合作项目的支持

下, 我们合作发表了 10 余篇文章, 最新一篇论文在 2020 年 10 月 23 日被 *ACS Nano* 接受发表。早期参与这个合作项目的 Stephan 博士生 Jennifer Misuraca 先后两次来中国, 到我课题组做实验。可能受 Stephan 的影响, Jennifer 也是性格开朗, 爱说爱笑, 很快就与我的学生们打成一片, 以她为第一作者的合作工作分别发表在 *PRB*(2010)、*APL*(2013)、*APL*(2014)。她因此获得了博爱教育组织(Philanthropic Educational Organization)奖学金, 美国 NSF 还把当时 Jennifer 和我的学生在超净间 MBE 设备旁的合影放在主页上, 作为样板宣传。Stephan 对此相当满意。

Stephan 先后两次来中国访问, 对中国总是充满溢美之词。2008 年 10 月他携夫人 Jean 第一次来北京, 就我们开展的一些合作工作进行了深入细致的讨论。在半导体所黄昆论坛上, 他作了题目为“Magnetic Heterostructures for Spintronic Applications”的精彩报告(图 3)。这是一位出色的演讲家, 总是能让听众聚焦在他身上, 跟着他的思路走。他以前的学生, 现在在物理所的李永庆研究员曾经告诉我: Stephan 虽然口才极佳, 但每一次作报告前都要花费很多时间做准备, 有时还在组里预讲。从 Jennifer 身上也看到了他育人有方, 比如 Jennifer 在我课题组参加组会, 每一页 PPT 的备注上都写下她想说的话, 包括问候语。可以说我的学生也间接受到大师的教诲。

Stephan 的中国之行花絮不少。那天西郊宾馆的门童看出他是一位有趣的人, 总是热切地望着 Stephan 夫妇。Stephan 则向门童假意讨好地说, “我可以与你合个影吗?” 令大家都捧腹不禁。还有一次, 我请他吃北京烤鸭, 有一道菜叫火燎鸭心, 他不知所以然, 听了我的解释后, 他大口连吃好几块, 然后拍着自己的啤酒肚夸张地说压力好大呀。

Stephan 第二次来中国访问是在 2011 年 8 月中旬, 我们在北京西郊宾馆联合举办了“固体中自旋输运国际研讨会”(Workshop on Spin Transport in Solids)。Ohno、Dietl、Laurens Molenkamp、Paul Crowell 等 10 多位半导体自旋电子学领域的国际著名教授、国内部分知名学者以及近 200 名研究生参加了会议。当时已经 76 岁高龄的 Stephan 从头至尾连续两天认真听报告、做笔



图 3 2008 年 Stephan 在半导体所黄昆论坛上



图 4 爱因斯坦手稿影印件



图5 Stephan和朋友们。左图：作者在Stephan和Jean家中合影(2010年)；右图：作者(左5)访问FSU时与Stephan(左4)、熊鹏(左6)及他俩的学生们(2010年)

记、积极提问，最后还做了细致的总结。我们很感叹他饱满的科研激情和身体状态。

这次Stephan来访，让我感动的还有一件事儿：他给我带来了精心装裱好的1912年爱因斯坦手稿影印件(图4)。此乃他出版商外公收藏的旧物，弥足可贵！这件珍品，我一直放在办公室书柜里，每每看到它们，就想起这位可敬的老人。不知怎么，我总感觉这个发黄的手稿恍惚就像当年缅因Masque剧院的演职员表。艺术与科学相距并不遥远。

这几年我经常在March Meeting或者MMM会议上看到Stephan的身影。2010年我去华盛顿参加MMM-Intermag联合会议，顺访了佛罗里达州立大学，并有幸到Stephan家中做客(图5)。当时他指着家中挂满朋友们照片的一面墙对我说，希望把我的照片也挂上去。Stephan对中国有着特殊的感情，多次在邮件中表达他想再来中国看看的愿望。2015年，永庆、熊老师和我曾计划安排他重访中国，并在北京举办一个自旋电子学方面的研讨会，以这种特殊的方式祝贺他80岁生日，Awschalom、Ohno、Dietl等他一

些老朋友都制定日程来参加。遗憾的是他夫人Jean查出身体患了癌症，未能成行。Stephan和Jean 1955年结婚，感情甚笃，但这些都未能挽留住Jean。2015年7月，相伴60年的Jean先他而去，这对Stephan的打击很大，身体每况愈下，我们不敢贸然安排他跨越太平洋的长途旅行。我最后一次见到Stephan是2016年在新奥尔良召开的MMM会议上，那时他不仅需要拐杖协助走路，还带着一个自助轮椅。但是他仍然勉力和认真地听报告，尤其是他和熊老师学生的报告。2018年夏天来访的熊老师带给我Stephan的一封信，结尾写着：“I still have fading hopes of returning to China for a visit”，我看得心酸酸的。西方的作家为打动观众往往将戏剧结尾写成悲剧，我实在不忍Stephan成为希望破灭的主人公。其实何止Stephan，这个剧本中的主角还有我，彼岸那怀着希冀关怀我的眼神一天天暗淡下来，我们却无力拽住天空划过的那颗流星。我相信剧本痛楚的主角还有熊老师、他的学生以及所有和他深度相处过的人……

Stephan对艺术的热爱浸透他的血液，舞台艺术是他一生挥之不去

的心结。熊鹏老师的学生柳天寒说：耄耋之年的Stephan听音乐会的座位是固定的，观看的主要是Tallahassee交响乐团的经典曲目。2018年熊老师带来一份Stephan的报告录像，其中前面部分是他对青葱岁月表演颇为得意的回忆。我看罢掩面沉思：他后来人生之路的改变，注定了他不再有舞台上彩虹般的美丽虚幻，好莱坞人行道也不可能有他名字的五角星。但他生活在物理的世界是真实可触摸的，他大胆丰富的想象力与细腻入微的情感完美融合，在材料物理路上留下深深的开拓性脚印。的确，他失去了舞台下观众的尖叫与追捧，但他不会孤寂，因为向山谷深情呼喊一定会有响亮回音，物理学史会留下他生动的一页，同事与朋友会继承他的精神财富并发自内心地爱着他。想到这些，我们笃定天堂中的Stephan会发出灿然的微笑。

致谢 感谢佛罗里达州立大学熊鹏教授和中科院物理所李永庆研究员的审阅及订正，以及南京大学刘俊明教授的修改意见。