



物理学名家名作译丛



半导体的故事

The Story of Semiconductors

约翰·奥顿 著 姬扬 译

中国科学技术大学出版社

当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书

物理学名家名作译丛

半导体的故事

The Story of Semiconductors

约翰·奥顿 著

姬扬 译

中国科学技术大学出版社

安徽省版权局著作权合同登记号:第 121414032 号

The Story of Semiconductors, First Edition was originally published in English in 2009. This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

All rights reserved.

© Oxford University Press & University of Science and Technology of China Press 2014

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Oxford University Press and University of Science and Technology of China Press.

This edition is for sale in the People's Republic of China (excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan Province) only.

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

图书在版编目(CIP)数据

半导体的故事/(英)奥顿著;姬扬译.—合肥:中国科学技术大学出版社,2015.1

(当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书:物理学名家名作译丛)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

书名原文:The Story of Semiconductors

ISBN 978-7-312-03600-2

I.半… II.①奥… ②姬… III.半导体—普及读物 IV.O47-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 221447 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

合肥市宏基印刷有限公司印刷

全国新华书店经销

*

开本:710 mm×1000 mm 1/16 印张:30.25 插页:8 字数:590 千

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定价:78.00 元

内 容 简 介

本书是关于半导体科学技术发展的高级科普图书,重点描述了许多重要的半导体器件的诞生和发展过程的历史,截至 2000 年左右。这本书不像标准教科书那样仅仅关注半导体物理与器件技术,而是把历史和科学有机地结合起来,在相关应用的具体背景下讲述器件的发展。正文重点描述了半导体科研的历史沿革以及个人和研究小组的具体贡献,同时用独立的专题介绍了相关的科学概念和技术细节。

全书共 10 章,47 个专题,近 300 张图片(包括书末 40 余幅珍贵图片,既有著名的科学家,也有珍贵的原型器件和先进的仪器设备)。首先概述了半导体研究的对象、范围和早期历史,以猫须探测器为例介绍了半导体的早期应用,说明了材料、物理和器件这三者的相互作用在半导体研究中的重要性。然后是第一个晶体管的诞生、少子法则的确立以及硅基半导体的迅猛发展和巨大成功。接下来是化合物半导体的发展,重点介绍了微波器件、发光二极管和激光器、红外探测器以及它们在光通信领域掀起的革命浪潮。最后以太阳能电池和液晶显示器为例介绍了多晶半导体和非晶半导体。本书还穿插介绍了半导体对基础物理学研究的贡献,包括量子霍尔效应、低维结构、介观物理学以及多孔硅等等。

本书面向对半导体科学技术感兴趣的读者,既可以作为大学和研究生阶段半导体物理和器件课程的辅助读物,也有助于半导体专业人士了解本学科历史发展的更多细节。

编 委 会

主 编 叶铭汉 陆 燧 张焕乔 张肇西 赵政国

编 委 (按姓氏笔画排序)

马余刚(上海应用物理研究所)	叶沿林(北京大学)
叶铭汉(高能物理研究所)	任中洲(南京大学)
庄鹏飞(清华大学)	陆 燧(紫金山天文台)
李卫国(高能物理研究所)	邹冰松(理论物理研究所)
张焕乔(中国原子能科学研究院)	张新民(高能物理研究所)
张肇西(理论物理研究所)	郑志鹏(高能物理研究所)
赵政国(中国科学技术大学)	徐珊珊(近代物理研究所)
黄 涛(高能物理研究所)	谢去病(山东大学)

译者的话

现在是信息发达的时代,从衣食住行到休闲娱乐,从学习考试到工作研究,我们生活的各个方面都离不开信息的处理。现在是交通便利的时代,我们不仅乘着飞机遨游世界,坐着高铁漫游中华,还要驾着“嫦娥”上九天揽月,骑着“蛟龙”下五洋捉鳖。现在是能源紧缺的时代,石油的开采很可能已经达到历史的峰值,天然气、煤炭以及传说中的“可燃冰”也只能再支撑几百年,对太阳能、风力、水力与核能发电的需求日益高涨。所有这一切都受益于半导体科学技术,并对它的进一步发展提出了更高的要求。然而,普通人对半导体的了解还非常少,即使青年学生也是如此。虽然我们每天用手机聊天、导航或者打游戏,用电脑寻友、交易或者查资料,但是对于支撑这些系统的半导体器件的了解往往少得可怜。部分原因可能在于现在的大学教材有些深奥、有点过时,也可能在于没有通俗易懂的科普读物。英国诺丁汉大学奥顿教授写的《半导体的故事》也许有助于改变这个现象,能够让更多的青年学生对半导体科学技术产生兴趣,鼓励他们投身到这个激动人心的领域。

本书是关于半导体科学技术发展的高级科普图书,重点描述了许多重要的半导体器件的诞生和发展过程的历史,截至2000年左右。这本书不像标准教科书那样仅仅关注半导体物理与器件技术,而是把历史和科学有机地结合起来,在相关应用的具体背景下讲述器件的发展。正文重点描述了半导体科研的历史沿革以及个人和研究小组的具体贡献,同时用独立的专题介绍了相关的科学概念和技术细节。

全书共10章,47个专题,近300张图片(包括书末40余幅珍贵图片,既有著名的科学家,也有珍贵的原型器件和先进的仪器设备)。首先概述了半导体研究的对象、范围和早期历史,以猫须探测器为例介绍了半导体的早期应用,说明了材料、物理和器件这三者的相互作用在半导体研究中的重要性。然后是第

一个晶体管的诞生、少子法则的确立以及硅基半导体的迅猛发展和巨大成功。接下来是化合物半导体的发展，重点介绍了微波器件、发光二极管和激光器、红外探测器以及它们在光通信领域掀起的革命浪潮。最后以太阳能电池和液晶显示器为例介绍了多晶半导体和非晶半导体。本书还穿插介绍了半导体对基础物理学研究的贡献，包括量子霍尔效应、低维结构、介观物理学以及多孔硅等等。

本书面向对半导体科学技术感兴趣的读者，既可以作为大学和研究生阶段半导体物理和器件课程的辅助读物，也有助于半导体专业人士了解本学科历史发展的更多细节。

奥顿教授多次在书中强调，本书并不是标准的教科书，重点关注的是历史而不是未来。“忘记历史就意味着背叛”，为了更好地开创未来，必须了解历史。然而，科学的历史并不仅仅意味着搞清楚谁发现了什么，正确地理解相关的科学内容也是非常重要的。奥顿教授不仅用很多独立的专题介绍了具体的物理概念和器件工艺，还经常提醒读者去查阅标准的教材或更新的综述文章。借此机会，我也介绍一些与半导体物理和器件有关的中文书籍（包括外文教材的中译本），虽然不免挂一漏万，但是希望能够对读者有些帮助。固体物理学方面主要是黄昆的《固体物理学》和基泰尔的《固体物理导论》，内容更深的是冯端和金国钧的《凝聚态物理学》。我国第一本半导体教科书是黄昆和谢希德的《半导体物理学》（科学出版社，1958年）。国内采用最多的教材可能是刘恩科的《半导体物理学》（主要面向工科特别是电子科学与技术类的学生）和叶良修的《半导体物理学》（主要面向理科特别是物理系的学生）。国际上的标准教材当然是施敏（S. M. Sze）的《半导体器件物理》、《半导体器件物理和工艺》以及《现代半导体器件物理》，国内都已经有了译本。近年还翻译引进了一些国外教材，例如《半导体材料物理基础》、《芯片制造：半导体工艺制程实用教程》和《半导体物理与器件》。科学出版社从2005年起开始出版《半导体科学与技术丛书》，现在已经有20多本，从各个方面介绍半导体科技的前沿发展。科普性质的书就很少了，印象深刻的有郑厚植的《人工物性剪裁》和朱邦芬的《黄昆——声子物理第一人》。最近，上海世纪出版集团翻译出版了克雷斯勒的《硅星球：微电子学和纳米技术革命》，清华大学出版社出版了张汝京主编的《半导体产业背后的故事》，这两本书都有助于简要了解半导体器件和工艺以及一些历史。

借此机会谈谈科技文章的翻译。我们大多有这样的感觉，中文科技文章往往很拗口、很难懂，英文科技文章常常很通顺、很清楚。我认为至少有两方面的原因。首先，英文文章其实也很拗口、很难懂，只不过我们读得多了就适应了——作为中国人，我们要读各种各样的中文文章，而只读与自己专业有关的那些英文文章；普通英国人读英文科技文章想必也会觉得很拗口、很难懂。其次，现在的中文科技文章确实写得不够认真，也许因为它们几乎不能给作者带来任何好处——我有机会读过《物理学报》20世纪80年代初的几篇文章，比30年后出版的一些文章强得太多了；科学书籍大多也是如此，现在的书装帧好得多，以前的书内容好得多，各有所长，各擅胜场。现在通行的科学语言当然是英语，但是我们应当看到，英语占据统治地位的时间还不到100年，而且，随着中国经济的日益发展，中国对科学技术的贡献也会越来越多、越来越重要，再过20年，最多30年，科学世界的工作语言肯定会发生巨大的变化。可能的前景不外乎两种：一种可能是中式英语(Chinglish)占主流，另一种可能是汉语成主导。从个人角度来说，我很不喜欢第一种可能性，所以就想为后一种可能性做点事情。

这几年来，我根据自己的兴趣和工作性质翻译了几本科技书，这本也是其中之一。一方面是因为我自己对半导体科技的发展历史有些兴趣，另一方面也是因为多年来教授半导体物理相关课程而发觉现有教材的一些缺失之处。《半导体的故事》是我在国际半导体物理大会(ICPS 2010)的书展上发现的。现有的半导体物理或器件教材中对器件的实际应用和来龙去脉讲述得不多，而这本书却做得很好。读过几遍之后，自己获益良多，也曾将相关内容介绍给青年学生和工作人员，并希望有人能够翻译它，让更多的人接触它。近几年来，中国科学院半导体研究所与国内多所大学尝试举办“黄昆班”，以便吸引更多的大学生从事半导体科学研究工作；2012年中国科学院大学成立以后，研究生院希望把以前的一些课程做得更好一些，并且用数字化教学的方式传播(比如“精品数字课程”项目)，以便提高研究生的理论水平。今年年初，我在整理相关课件的时候，觉得这些培养工作都需要更有吸引力的教材或者教学辅导材料，就又想到了这本书，再加上觉得“求人不如求己”，翻译这种小事还是不用有劳大贤了吧。

相对于以前翻译的其他几本书来说，《半导体的故事》这本书的物理内容对我来说是最熟悉的了，但是翻译起来感到最困难。套用英国作家乔治·奥威尔

在《动物庄园》中的标语“所有动物都平等，一些动物更平等”，这本书让我真切地体会到“所有英语都难译，一些英语更难译”。一个重要原因似乎是本书作者的母语就是英语，而其他作者大多是第二外语，尽管是运用娴熟的第二外语。类似的经历我以前也有过一次，当我刚到以色列做博士后的时候，靠着国内练就的中式英语，一两个月以后我就可以和周围大多数人进行有效的交流，但是，组里唯一来自英国的博士后却让我吃了半年多的苦头，周围的人总是安慰我：“别担心，我们有时候也听不懂。”为了不让面向青年学生的高级科普读物变得过于艰涩，我不得不对原文的语句结构做很大调整，从而让译文读起来顺口一些。另外，我对索引部分也做了一些删减。为了让读者了解译文和原著的差别，我特意把奥顿教授为中国读者写的话与译文放在一起，读者可以“窥一斑而知全豹”——正文的差别应该比这还要大一些，但是内容应该没有差别。庄子说：“筌者所以在鱼，得鱼而忘筌；蹄者所以在兔，得兔而忘蹄；言者所以在意，得意而忘言。”我也希望这个译本能够为中文读者充当“筌”和“蹄”的角色，帮助你了解半导体物理、材料和器件发展的全貌——毕竟原著在国内还不那么容易得到，而且读起来可能会花费你更多的时间。

不管怎么说，这本书的翻译让我了解到自己能力的极限。再说，如果真的不想让中式英语成为科学的主导语言，那么只是把英文书籍翻译过来显然是不够的，终究是需要用汉语描述前所未有的开创性研究成果。此外，自己碰巧已经在其他某个地方达到了自己能力的极致，能够不再羡慕翻译的杰作《哥德尔艾舍尔巴赫——集异璧之大成》（商务印书馆，1997年）：原作和译本都各尽其妙，相得益彰。最后，我也逐渐认识到同事和亲友们多年来的建议和忠告的正确性。所以，我还是认清形势，老老实实地从事更有前途的职业去吧。比如说，把自己的本职工作做得更好一些。

由于本人的精力和能力所限，翻译难免有些疏漏之处，请读者谅解。如有翻译不当之处，请多加指正。来信请寄 jiyang@semi.ac.cn。

最后再谈谈我国半导体物理学研究的前景。我在中国科学院从事半导体物理学研究工作。经常有人问我：“中国的半导体研究怎么这么落后？”不客气的可能还会接着问：“国家给你们投了那么多钱，都干什么用了？”实际上，我国的半导体研究并没有一般人想象的那么落后。1956年我国制定《十二年科学技术发展规划》的时候，就提出了要大力发展半导体科学技术，当年就创办了五

校联合半导体专门化,开始大规模培养半导体科研人才。这样逐渐开始建立起半导体研究和生产的体系,形成了基本的框架,服务于国民经济建设和国防事业。在“文革”开始前,我国半导体事业已经有了相当程度的发展。

必须承认,我国的半导体研究确实比较落后。原因当然有很多:“文革”耽误了一段时间;改革开放和经济大潮又让很多人发现了新天地,不愿意从事艰苦的基础研究和枯燥的工艺开发;随着教育产业化发展以及老一代科研人员的退休,许多学校的半导体专业都萎缩了;科研模式的变化也有一定的影响,除了为军工服务的一些研究所以外,中国科学院和大学里的研究工作从以前的团体作战模式逐渐变化为科研个体户模式,原先有着整体规划的教研室和课题组都逐渐消亡或者已经名存实亡了。但是,最关键的原因是投入不够、规划不足。“不谋全局者,不足以谋一域;不谋万世者,不足以谋一时。”对于半导体研究这种高投入的领域,没有长远的规划,没有充分的投入,当然不会有如意的结果。如本书所言,晶体管在最终主宰市场之前,它的性能、稳定性都比真空管差得多,全靠美国政府特别是国防部门投入的巨大资金才挺了下来,并取得了最终胜利。而当时我国的财力、人力和物力很大部分投入到“两弹一星”这样保障国家根本安全的领域,对半导体的投入不足以支撑中国半导体事业的发展。这样,一步慢就步步慢,差距也就越来越大了。

那么,是不是说我国的半导体研究就彻底没有希望了呢?完全不是,现在我国的经济已经有了巨大的进步,完全有能力而且也有必要投入半导体研究。2006年,国务院颁发了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》,“量子调控国家重大研究计划”对半导体物理基础研究有了一定的支持,国家科技专项更是重点支持产业发展,与半导体直接相关的就有“核心电子器件、高端通用芯片及基础软件产品专项”(简称“核高基专项”)和“极大规模集成电路制造装备与成套工艺专项”,其他专项的成功也都强烈依赖于半导体科学和技术。国内也逐渐出现了一些亮点工作,例如清华大学和中国科学院合作发现的量子反常霍尔效应、复旦大学制作的半浮栅晶体管等等。今后,不仅这样的成果会越来越多,肯定还会涌现出更新更好的工作。

科研的进步和产业的发展并不仅仅是投入资金和购买设备,更重要的是培养人才。只有吸引优秀的有志青年学习半导体知识,投身于半导体行业,才能进一步推动我国半导体事业的发展。为了实现这个目标,大学院系有必要更新

教学内容、重新规划教学模式,科研和产业单位有必要重新设计项目课题的研究方式、重新协调科研与生产的关系。“十年生聚,十年教训。”20年后,无论是科研还是生产,我国都应该拥有世界上最先进、最强大的半导体事业。

感谢奥顿教授耐心地解答了我在翻译过程中提出的很多问题,有一些体现在以“译者注”形式出现的脚注里,更多的则是不加注明地融合在译文中。感谢奥顿教授专门为中国读者写了一篇序。感谢日本东北大学遊佐刚教授在翻译日本人名和地名方面提供的帮助,他根据上下文把英文名字译回日文,再由我照猫画虎地译为中文。感谢科学出版社钱俊编辑在翻译准备过程中提供的帮助。感谢中国科学技术大学出版社在整个出版过程中提供的各种帮助。

感谢半导体超晶格国家重点实验室和中国科学院半导体研究所多年来对我工作的支持,感谢国家自然科学基金委员会、中国科学院和国家科学技术部的支持,感谢国家科学技术部对本书翻译出版工作的支持。

感谢全家人特别是妻女多年来的鼓励、支持和帮助。

姬 扬

2013年9月

中文版序—— 致中国读者

中国学生现在可以读到这本关于半导体历史的书了,我非常高兴。本书中译本的出版标志着“西方文化”和中国文化相互关系的重要发展。在过去10年里,中西文化之间的关系更加密切了,在科学领域里更是如此。在过去10年里,中国在半导体物理和半导体器件的科学研究领域的贡献显著增加了,部分原因在于中国学生能够在西方国家的大学和实验室里从事学习和研究工作——这当然需要掌握西方语言,主要是英语。如果所有的中国学生都能够看到中文出版的英语著作,当然是件大好事。对于中西文化的进一步融合来说,这是重要的一步。

借此机会,我想提请各位注意,我所在的诺丁汉大学是最早致力于中英文化交流的英国大学之一。诺丁汉大学宁波分校创建于2004年(本书碰巧也于同一年出版),为中国学生授予包括工程专业在内的诺丁汉大学学位。诺丁汉大学宁波分校现在有6000名学生,还建立了“可持续能源技术研究中心”,在2010年由于“促进中国科技创新”而获得奖励。希望这本书能够为推进中英文化交流略尽绵薄之力。

最后,我要感谢牛津大学出版社和中国科学技术大学出版社为中译本的出版作出的努力,还要感谢中国科学院半导体研究所姬扬教授出色的翻译工作。

约翰·奥顿

2013年9月于诺丁汉

A Few Words to Chinese Readers

I am delighted that my book on the history of semiconductors should now be available to Chinese students. Its publication in Chinese marks an important

development in relations between the so-called ‘Western’ and Chinese cultures which, over the past decade have grown significantly closer and it is significant that this should be particularly true within the field of science. The Chinese contribution to scientific research in the areas of semiconductor physics and semiconductor devices has grown dramatically during the past decade and this is certainly due in part to the fact that Chinese students have been able to spend time at Western universities and in Western research laboratories, learning about scientific subjects and contributing to scientific research. This, of course, has demanded a working knowledge of a Western language, most usually English and it is admirable that English books should now be made available to all Chinese students in their own language. It surely represents an important step towards the further integration of our various cultures.

I may, perhaps, be allowed to draw attention to the fact that my own university, The University of Nottingham is in the vanguard of English universities trying to establish cultural connections between our countries. The University of Nottingham campus in Ningbo, near Shanghai was opened in 2004 (co-incidentally the same year as my book was published) and now offers University of Nottingham degrees to Chinese students in a range of subjects, including Engineering. It has facilities for 5 000 students. Research activities at UNNC include, for example, ‘The Centre for Sustainable Energy Technologies’ which, in 2010, won an award for ‘Promoting scientific and technological innovation in China’. I would be happy to think that my book might play a small role in furthering such worthwhile activities.

Finally, I should like to thank the Oxford University Press and the University of Science and Technology of China Press who have collaborated to make this Chinese version of the book possible. I should also like to pay tribute to Professor Yang Ji of the Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences for his skillful translation.

John Orton
Nottingham
September 2013

序言

1966年,我们夫妻俩买了第一台电视,那是家里的一件大事。那一年,英国在温布利球场获得了足球世界杯冠军。这台电视花了我们100英镑,而我那时候的工资每年才200英镑。30年后,我退休了,工资大约高了20倍,不需要费心就可以用500英镑买一台好得多的彩电。2003年,我们观看了英国获得橄榄球世界冠军,相应的经济支出没有给我们带来任何不安——现代电子工业对消费者越来越友好,令人印象深刻。由此我们看到了资本主义哲学的巨大成功——高度竞争的商业环境为消费者提供了无法想象的价值,为大量劳动力提供了相对舒服的职业,还为股票持有人的投资提供了满意的回报(虽然最近经济衰退了,马可尼公司的不幸遭遇就是例子)。但更重要的是,一个产业完全而又牢固地建立在科研投资的基础上。除了医药产业,也许从来没有过这样有组织的大规模的研究和开发(R&D)工作,科学与产业的结合获得了如此丰富的成果。

更特别的是,这种引人注目的商业成功在很大程度上来自于半导体物理学的发现以及半导体技术和器件概念的发展,前者在20世纪上半叶开花,后者的标志性事件是,贝尔实验室的科学家们在1947年圣诞节成功开发了世界上第一个固体放大器。这个激动人心的时刻宣告了像贝尔这样的工业实验室投入基础固体研究的胜利,为迅速扩张的商业行动设定了行动方式,这种行动持续地增长到现在,稳定的速度令人瞩目,一直进入到真正的世界范围的产业中。起初是锗,很快就换成了硅,然后又逐渐引入了神奇的化合物半导体材料,从而满足快速发展、不断分化的器件需求。它们同样建立在极为广泛的应 用的基础上。今天,我们把可见光、红外光、紫外光以及电子学的应用视为理所当然。这个广阔 的产业涉及照明、显示、热成像、太阳能发电、光通信、光盘(CD)音响系统、数字影像光盘(DVD)影像系统、半导体激光器的许多令人印象深刻的应用,以及更传统的以个人电脑为代表的电子学应用。这个电子学产业无处不在,年营业额总计大约是 5×10^{11} 美元,与引导潮流的汽车工业的 2×10^{12} 美元

相比,这个数字也毫不逊色。

晶体管电子学的出现刚刚超过50年,在此期间,半导体器件的发展非常迅猛。我本人参与这个行动也超过了30年,在此期间,我写了很多书和专业综述。退休以后,我觉得应该总结一下自己工作过的这个领域。我觉得,虽然已经有很多优秀的文章描述了半导体器件的物理和技术,但是,很少有通俗文章描述这些器件的诞生:有哪些驱动力?需要克服什么困难?什么因素决定了某个特定发展的出现?工作是在哪里做的?谁做的?换句话说,某个主题的历史是怎样的?我对这些问题的兴趣越来越大,逐渐认识到本领域的其他工作者也许希望简要地了解它的历史,作为他们现在工作的背景,也许有更多的非专业人士希望对这个开创时代的活动有些了解,最后,还有可能鼓励大学生不仅理解半导体物理学和器件技术,还要了解这些冒险故事的背景。这个故事讲的是人,当然也说明了半导体的优势和指数式发展的特点。这种发展进行得很快,我写的东西很快就会过时,所以,我不打算讲述最新进展。故事大致停止在(也许比较合适)千禧年,我的目的是写一本历史书,而不是紧跟形势的教科书。

在大多数学术研究工作中,我们对涉及的人物有些了解:谁画了这幅画?谁提出了哪个哲学观点?谁搞了哪个政治创新?科学研究似乎也是如此。这里的困难在于现代科学研究的特点:科学研究现在越来越多地成为团队行动,而不只是涉及特定的个人;因此我觉得,在许多时候,提到实验室比只讲某个人更合适。在综览全局的时候,很难精确地区分究竟是哪个科学家对某个特定发现作了贡献,我也不打算这么做。这是职业历史学家的任务——我可不假装是职业选手。也许这会鼓励严肃的历史学家加入进来,研究科学和技术的历史细节。它是现代文化的一个重要部分,应该得到比现在更多的重视。我希望现在这个粗略的描述可以激励进一步的更加细致的研究工作。

说完这些话,我必须感谢一两个确实存在的细致的研究工作。我特别要提到:迈克尔·瑞奥丹和莉莲·霍德森的杰作《晶体之火》,该书描述了晶体管和集成电路的早期工作;弗雷德里克·赛兹和诺曼·埃斯普鲁斯的著作《电子的精灵》,讲述了大体类似的事情;另外,《光之城》对光纤光学的描述令人尊敬。在《激光如何偶然发现》^①这本书里,查尔斯·汤斯提出了许多关于激光起源的

^① *How the Laser Happened: Adventure of a Scientist*, Charles Townes. 《激光如何偶然发现:一名科学家的探险历程》,查尔斯·H·汤斯著,关洪译,上海科技教育出版社,2002。——译者注

深刻看法,尽管很少提到半导体激光器。我发现这些书都很有用,在本书的相关部分也都做了致谢。当然,每个读者都会认识到,还有很多其他的研究工作。现在,我们对迈克尔·法拉第在19世纪早期的研究工作的了解要比对20世纪III-V族半导体的研究工作的了解好得多。

我大致设定了本书的读者范围,我认为他们覆盖了很大的范围,从而在一个重要方面影响了本书的形式。许多“专题”描述了更加专门化和更加数学化的细节,支持正文中的基本描述。读这本书的时候,并不需要参考这些专题,正文本身是完整的。只有当读者想深入理解的时候才需要这些专题。它们可以伴随着正文同时阅读,也可以作为附录单独阅读。我认为大多数读者仅对主题的历史部分感兴趣,他们读读正文就可以了,然而,这些专题为学生提供了很有价值的深刻看法。我还是要强调一下,在任何意义上,都不应该用这本书替代关于半导体物理学和器件的各种标准教材,它只是作为补充材料,更偏向于人的因素而不是纯粹的技术观点。我希望、我也相信,很多学生会觉得这种背景知识有助于满足他们的好奇心:事情是怎么发生的?为什么发生?这也有助于他们欣赏器件发展过程的特点:它是一种人类活动,具有所有的人性弱点,应当在合适的背景中理解它。

从始至终,我采用了交叉科学的方法,总是试图在相关应用的具体背景下讲述器件的发展。例如,通过介绍长波半导体激光器和光电探测器,我相当彻底地描述了光纤的发展。类似地,在描述半导体功率器件以前,我给出了几种相关的应用。在所有情况下,我都按照相关的时间顺序描述技术材料,重点关注半导体材料的重要性、它们为了满足器件需求的发展以及它们和半导体物理学的重要关系。这三条线索都描述得很好,也只有作为整体才能恰当地理解它们。因此,本书应该会吸引物理学工作者、电子工程师以及材料学专家等。实际上,如果能够把这种真实活动的必要信息传播出去,我就会非常满意。如果没有这些跨学科的相互作用,电子工业显然就不会有今天的成就,这个领域中的未来工作者就是今天的学生,他们在开始职业生涯的时候,应该充分地了解这个重要的真理。在今天的中学和大学里,科学课程通常把知识包装得整整齐齐,但是,真实世界对这种精致的分门别类却毫不在意——成功的发明者和企业家必须经常表现出超越传统界限的想象力。

每个熟悉半导体物理学或器件发展的人都知道,为了用一本篇幅适当的书

描述它们的历史,就免不了高度的选择性,我的选择必然会受到这样的批评,对此我并不道歉。在诺曼·戴维斯的(相当厚的)著作《欧洲史》的前言中,他说:“可以写出来的欧洲历史几乎有无穷多个,本书只是其中的一个。一双眼睛观察了这个场景,经过一个大脑处理之后,再用一支笔写了出来。”

我也可以作同样的声明,除了我的想法是直接计算机写出来的以外。本书是一个人对于半导体故事的看法。它的重点是自己的,基于本人的参与,不可避免地受到我自己经验的影响。但是我相信,它代表了一个历史,我希望它读起来会让人高兴。如果其他人想写他们的历史,我也会同样高兴地读它们,而且确信自己有可能激励了他们改进我的原型。

最后,我很高兴地向很多同事表示感谢。我的夫人乔伊斯(Joyce)耐心地忍受着漫长的分离(即使当我们待在同一个屋檐下的时候!),还能够找到鼓励的话语。感谢下面各位人士提供的帮助(无特别顺序): Illinois 大学的 Nick Holonyack 教授, Urbana; 皇家科学研究所的 Frank James 博士, London; NTT 的 Sunao Ishihara 博士, Kanagawa; 国家物理实验室的 Tony Hartland 博士, Teddington; 电工实验室的 Hirofumi Matsuhata 博士, Tsukuba; 牛津大学的 Sir Roger Elliott 教授; 诺丁汉大学的 Tom Foxon 教授和 Richard Campion 博士; 西门子的 Brian Fernley 先生; Essex 大学的 Rodney London 教授; 新南威尔士大学的 Professor Martin Green 教授, Sidney。我还要感谢在瑞德希尔的穆拉德(后来的飞利浦)研究实验室与我一起工作多年的同事们,以及在埃因霍温的飞利浦研究实验室的对应部门中的诸多同事。需要单独提到的人太多了,我非常感谢他们无数次给予的激励作用,使得我对半导体物理学的认识逐渐由很差劲变得不那么糟糕。我真心实意地将此书献给他们——没有他们的帮助,我几乎不可能考虑写这本书。虽然他们的贡献使得此书成为可能,但是这本书肯定还会有错误和晦涩之处,其责任完全在我自己。

作者

2003年12月于诺丁汉