

## 一沙一世界

还记得中学化学的内容吗:硅是地球上含量最多的元素之一!

在我们的世界中,硅,除了构成浪漫美丽的白色沙滩,还会给你带来什么?打开你手机的后盖,或者一只小巧的U盘外壳,你会看到什么?也许你会不解地回答:集成电路啊!实际上你也可以回答:看到了硅!作为微电子学和纳米技术的门外汉,我们实在很难把沙子和那一个个规整的绿色方块联系起来,更加难以想象短短60年中以“沙”为基础的一项技术如此深刻地改变了我们生活的面貌。

但你想知道沙子和笔记本电脑之间的联系吗?想做个微电子“极客”吗?想在与朋友聊天时侃侃而谈手机的前世今生和iphone的工作原理吗?想面带轻松地介绍晶体管的种类而让同伴惊讶地下巴掉下来吗?阅读约翰·D.克雷斯勒(John D.Cressler)撰写的《硅星球——微电子学与纳米技术革命》,可以帮助你实现这个目标,就像它已经做到的那样——带我进入一个充满神奇魅力的微电子和纳米魔幻乐园。

要写出这样一本书,作者不仅要熟悉微电子学和纳米技术,更要对其发展历史极其熟悉,对其未来前景富有判断。克雷斯勒是美国佐治亚理工学院电子和计算机工程专业的拜尔斯讲席教授,他精于研究高速电子元件,而且对其发展和应用前景有清醒的认识:“微电子学和纳米技术革命正在深刻地重塑世界,极大地改变了我们的沟通、社交、购物、玩游戏、创造艺术、选举领袖、行医、施教、经商的方式,甚至我们思考的方式。这是非常重要的事情。你要在乎吗?你最好在乎,否则你将被席卷全球不断进步的微电子-纳米技术变革扫出地球。”

如今,微电子学和纳米技术的应用已经非常普遍,在工业生产、医疗、通信等领域都能看到它们的身影。微电子学和纳米技术所依赖的一个重要元件是晶体管,而晶体管绝大部分是用硅制造的。之所以选用硅,是因为人们幸运地发现,硅是性能良好的半导体材料,无毒且高度稳定,这

使其成为当今信息社会的基石。作者采用《硅星球》这个书名,一方面说明硅是地球上的主要元素,更重要的是说明硅已经是今日我们所生活世界的基础,它无所不在。集成电路目前的集成度已经非常高,例如,一块奔腾4微处理器中,有超过 $4.2 \times 10^7$ 个90nm的晶体管,所有这些晶体管一起构建在一片300mm的硅片上,这着实让人惊叹不已。在短短的62年内,在我们的地球上,晶体管从0发展到了如今的 $1 \times 10^{19}$ 个,可见其应用之广泛。

当然,科学技术的发展离不开科学家的努力创新,晶体管的发明与发现也是如此。从历史角度看,莫尔斯、贝尔、麦克斯韦、爱迪生等赫赫有名的人物都为晶体管的诞生奠定基础,而站在巨人肩膀上的贝尔实验室则最终发明了晶体管。晶体管的发明不只是一个人的贡献,实际上,这是一个充满合作和竞争的故事:布拉顿(W. H.Brattain, 1902—1987)、巴丁(J. Bardeen, 1908—1991)、肖克利(W.B. Shockley, 1910—1989)被称为“晶体管三剑客”,科学界公认是他们3人共同发明了晶体管,从而分享了1956年度诺贝尔物理学奖。但肖克利一直摆脱不了在发明晶体管过程中自己被轻视的想法,埋头苦干,严格保密,单独提出了双极型晶体管(BJT)并申请了专利,这令布拉顿和巴丁目瞪口呆。科学家的可爱与顽固,科学家与创业者的身份转换,一项发明涉及的利益与冲突,在发明晶体管的实践中得到了充分体现。《硅星球》中不乏类似的一个个小故事,散发出了浓厚的人文气息。

集成电路(IC)是该书的重点之一,作者花了相当多的笔墨进行介绍。平日里人们见到微处理器,或许会有很多疑问:这么一小块功能强大的集成电路究竟是如何生产出来的?有着怎样的复杂工艺?要在直径300mm的硅晶片上制造90nm的晶体管,其复杂度和难度可想而知,仅投入的成本就令人瞠目,通常一套IC制造设备需要投入20亿~30亿美元,更别说要求极高的生产环境了,因为生产过程中即使偶尔落在晶片表面的灰尘微粒也



[美] 约翰·D.克雷斯勒 著,张溶冰,张晨博 译。上海科技教育出版社,2012年12月第1版,定价:88.00元。

会影响后续生产步骤。《硅星球》对IC制造设施、晶体生长,再到晶体管的制作、集成电路的封装进行了图文并茂的介绍,精炼地展示了人类的智慧和巧夺天工的技术。除此之外,本书关于IC可靠性的介绍也是一大亮点,因为大部分人并不了解日常生活中购买的电子产品的好坏、使用寿命与IC的可靠性有多大的关系。没有人希望自己在用计算机书写文档时突然死机而造成难以挽回的损失,而研究人员也确实花费了大量努力试图确保IC足够的可靠性。但是将3亿个工作时会发热的晶体管集成在 $1\text{cm}^2$ 的IC上,要保障不出故障其难度可想而知。

除了晶体管和集成电路,该书还介绍了微电子学和纳米技术的各种最新应用,如生物微机电系统、全球定位系统、太阳能电池、纳米机器人等,能让读者感受到微电子学和纳米技术的魅力。难能可贵的是,作者同时反思了微电子学和纳米技术的负面效应,对其已经带来的和可能带来的危害进行了系统讨论。例如,因特网这一“杀手级程序”的黑暗面,电子成瘾的危害,暴力游戏与攻击行为的因果关系,基于晶体管和计算机技术的人类基因组、克隆和生命伦理学,教育的变脸,社会化媒体的演变(如维基百科),网络活动主义和网络政治,集成电路对环境的影响等。的确,我们正处在有史以来最能改变人类生活的技术革命漩涡的中心。过去60年中,以晶体管技术为基础的微电子学和纳米技术引发了百舸争流,改变了我们基本的生存方式。再一个60年,世界将会如何?

**作者简介** 丁祎,上海科技教育出版社编辑。  
**栏目主持人** 尹传红,中国科普作家协会常务理事、副秘书长,主任编辑。

(责任编辑 陈广仁)