

•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202303022

www.dxhx.pku.edu.cn

小沙成“芯”记

周佳*, 钟华英

哈尔滨工业大学(深圳)理学院, 城市水资源与水环境国家重点实验室, 广东 深圳 518055

摘要: 芯片在人类的生产和生活中有着重要的作用, 但芯片的制作却有着繁琐的流程。本文采用拟人的手法, 描述了从富含硅的沙子到芯片制备的全过程以及芯片的应用, 让读者以生动的方式了解芯片的制作和应用。

关键词: 沙子; 二氧化硅; 硅; 芯片的制作; 芯片的应用

中图分类号: G64; O6

The “Chip” Formed by Fine Sand

Jia Zhou *, Huaying Zhong

State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, School of Science, Harbin Institute of Technology (Shenzhen), Shenzhen 518055, Guangdong Province, China.

Abstract: Chip plays an important role in human life and production, but the production of chip has a tedious process. This article uses anthropomorphic approach to describe the whole process from silicon-rich sand to chip preparation and the application of the chip, allowing readers to understand the production and application of the chip in a vivid way.

Key Words: Sand; Silicon dioxide; Silicon; Chips' fabrication; Chips' application

“您好, 作为目前最受人们关注的最新芯片, 热烈欢迎您加入《成‘芯’之路》节目组。我是本期节目的主持人小欣, 请您分享一下您成为芯片的经历。”小欣站在舞台上, 激动地说着。

“我很荣幸能参加这个节目, 接下来我会简单地讲述我的经历。”小沙答道, 眼中闪烁着泪花。

1 “芯”路历程

在万千沙子中, 我这个最平凡的一个, 很幸运地被选中, 从此开启了一段神奇的旅程。经过几天的长途跋涉, 我终于到达芯片工厂。

“欢迎来到芯片工厂。如果您想在未来获得闪耀的道路, 接下来的日子, 您需要刻苦努力, 并在我们的训练下实现自我升华。加油吧!”工厂管理员说道。

“我一定会努力的!”“我会加油的……”大家异口同声地说道。

首先我们要经过制备硅的过程(图1)。硅是芯片制造的核心材料, 其制备原理为: 将二氧化硅和一定量的碳放入高温炉中, 经受了碳火和高温的折磨后, 还原纯度约为98%的冶金硅锭。然而, 我们得到的硅锭纯度还不够, 需要进一步提纯。先用盐酸把硅氧化成氯化硅(SiCl_4), 再通入氢气还原氯化硅便会得到高纯度的多晶硅^[1]。

收稿: 2023-03-04; 录用: 2023-04-06; 网络发表: 2023-05-18

*通讯作者, Email: jiazhou@hit.edu.cn

基金资助: 深圳市教育学会“十四五”规划2021年度教育科研一般课题(YB2021004); 哈尔滨工业大学深圳校区思政课程和课程思政专项课题(HITSZIP22017)

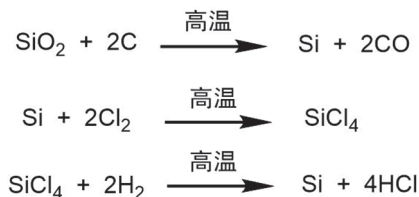


图1 制备硅的方程式

不过，这似乎还达不到管理员的标准。接着他们对我们进行了魔鬼式的训练，经过反复地酸化和蒸馏，再用“直拉法”，最终成为了一根又长又粗的单晶硅棒，纯度高达99.99999999%。

小沙润了润嗓子，继续说道：“成为一根优质的单晶硅棒后，我们坎坷的命运才刚开始……”
“你们还经历了什么呢？”小欣好奇地问。

2 “芯”路漫漫

首先，我们被去头去尾，随后进行外径研磨，将我们的直径削成了指定的尺寸(通常是8英寸或12英寸)。接着进行切片，伴随着刺耳的磨锯声，我们被切成一片片又薄又平的圆盘。经过物理磨削和抛光，我们变得锃光瓦亮，成为具有不同尺寸的硅晶圆片(图2)。

图2 硅棒和硅晶圆片^[2]

“恭喜你们！能够走到这一步，表明你们已经达到成为一名合格‘芯片’的门槛。你们将踏上新的旅程，不断历练，继续加油！”管理员充满欣慰和不舍地说道。

于是我们被送往了专用的车辆，每辆车装载着25个晶圆，等到全部准备完毕后，便出发了！

从此刻开始，他们严禁我们和灰尘幽会。运输过程中同样如此！因此，他们采取了一系列措施，包括使用沉重而庞大的隔尘载具将我们隔离开来，同时还聘请了自动化运输系统来搬运这些载具……可真严谨！

我们坐着隔尘的车到达了一个超洁净的车间，水和空气必须经过多重过滤，工作人员也必须穿上无尘工作服。

我们被送入烤炉，经过精确控制的温度和气体氛围下，表面被均匀地烘烤形成了氧化膜(图3)，接着涂布上一种叫做“光刻胶”的保护层，以保护我们的表面不被刻蚀试剂侵蚀。

“好耶！我的身上又披上了件防护衣。”小沙开心地说道。

“你可别太高兴了，它有个致命的弱点，就是一见紫外光就会‘变质’，再被水一冲就没了。”工作人员用吓唬人的口吻提醒道。

小沙的心情瞬间降到了低谷。

不知不觉中，我们进入了刻蚀阶段，刻蚀又可以分为两大类：湿法刻蚀和干法刻蚀(图3)。我们进入的是湿法刻蚀阶段，一个接一个地穿过刻蚀试剂(HF溶液)，表面没有被光刻胶保护的区域逐渐被侵蚀，直到裸露出硅基底。几分钟后，我们变成了电路的形状，身上剩余的光刻胶也被清理掉了。

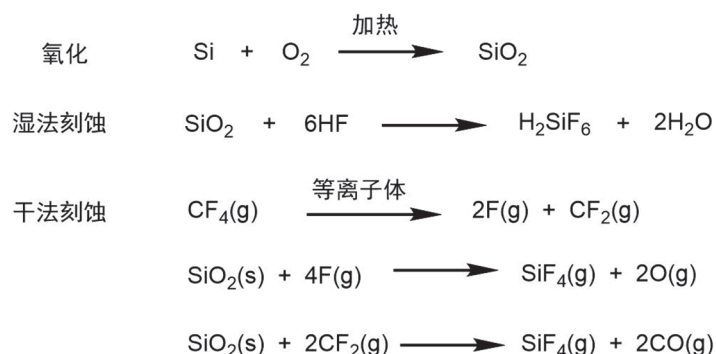


图3 氧化和刻蚀阶段方程式

接着，马上到了离子注入阶段，他们通过离子束粗暴地将掺杂离子注入我裸露在外的硅基底，从此改变了我的极性。苦命的我又被送进炉子里通过热处理让这些强行进入我身体的离子稳定下来。当离子被稳定下来时，数十亿个微小的晶体管也在我的表面形成。

小沙看着身上逐渐呈现出各种芯片原件图形的样子，变得越发兴奋起来：“我的身上变成了真正的电子宝藏，这些电路和器件看起来真地很厉害！”

工作人员则耐心地解释道：“是啊，经过多次光刻和蚀刻，你们的身上形成了复杂的电路和器件，这些都是让芯片能够正常工作的重要组成部分。”

小沙听后，更加渴望拥有更好的性能：“那我们还能再多做几次光刻和蚀刻吗？我想让我的身上尽可能的精细，实现更高的性能！”

工作人员微笑着点头：“当然可以，我们可以通过不断地优化制程，让芯片变得更加精细，实现更高的性能。这也是我们不断追求的目标。”

接着小沙经历了沉铜镀铜的全过程，感到十分神奇：“这个真空设备好像是一个魔法师，能够在我们身上创造出新的东西！”

工作人员笑着解释：“其实这是先进的制程技术，我们称之为集成电路制造技术。通过精密的工艺步骤，将各种器件和电路集成到一个芯片上，从而实现各种功能。”

随着表面处理和磨削的完成，小沙身上的导线也终于焊接完成，这时工作人员激动地说道：“恭喜你，小沙！现在你已经完成了制造，成功地成为了一颗集成电路芯片！接下来，你们将进行封装和测试，最终交付给客户使用。”

接着，我们被分割成一个个集成电路裸片。经过严格的电路测试，经过多次的组装和精密的焊接，他们将我们和地板散热片等部件拼装在一起，成为了一个完整的芯片(图4)。

最终，当我们的“芯”正式点亮的时刻到来时，我们感到了一种无以言表的激动和自豪。我们不再是平凡无奇的硅晶片，而是有了生命、有了灵魂的“芯片”，成为了人类科技进步的重要组成部分。

3 “芯”之所向

“现在的我拥有运算、存储和通讯等多种功能。我成为了电子设备的核心，让电子设备能够完成各种高效的任務。”小沙充满自豪地说。

“芯片对我们生活的影响非常广泛，几乎渗透到了现代社会的方方面面，给我们的生活提供了更多的便利。听说，你在人工智能领域应用广泛，能不能再和我们分享一下？”小欣充满好奇地问道。

小沙清了清嗓子：“当然可以，人工智能是目前芯片应用的热门领域之一，其中最重要的几个应用包括：深度学习、自然语言处理、计算机视觉和智能语音交互等^[3]。”

小欣充满好奇地问道：“深度学习？这个听起来很高级，它具体是怎么应用到人工智能中呢？”

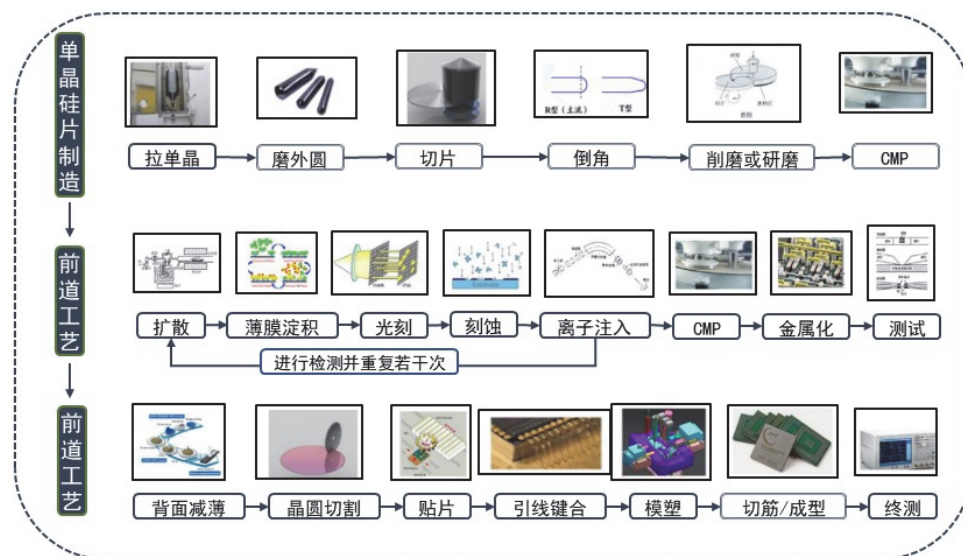


图4 半导体芯片制造工艺流程图

“深度学习是指一种基于人工神经网络的机器学习算法，它可以让机器通过大量的数据来学习特征，进而实现各种人工智能任务。例如，语音识别、图像识别和自然语言处理等任务都可以使用深度学习算法来解决。”小沙耐心地解释道。

“原来如此，那么芯片在深度学习中的应用是什么？”小欣继续问道。

小沙自豪地说：“深度学习需要大量的计算资源，传统的中央处理器(CPU)已经不能满足需求。因此，芯片被广泛应用于深度学习中。其中，图形处理器(GPU)是目前最常用的芯片类型，也就是我的兄弟，它们可以并行处理大量数据，提供了比CPU更好的计算性能。此外，还有专用的AI芯片，如Tensor Processing Unit (TPU)等，它们专门针对深度学习任务进行了优化，可以提供更高的性能和效率。”

“另外一个非常重要的应用就是自然语言处理吧，我对这个有一定的了解，比如语音识别和语音合成，当我对着手机说放音乐的时候，它会用语音回复并打开对应的软件，好方便！”说着小欣便拿起手机示范了一下，“小爱同学，播放音乐。”“好的，这就为您从云音乐播放每日推荐。”台上便响起了优美的音乐。

伴随着悠扬的音乐，小沙说道：“对的，这是人工智能在智能音箱、智能手机、智能车载系统和智能家居等场景中的广泛应用。我们芯片需要有很好的语音信号处理能力，同时还需要能够对自然语言进行处理，理解语义和上下文，以及生成合成语音。”

小欣充满疑惑地问道：“这听起来很难实现，需要很高级的技术和算法吧？”

“是的，因此，许多公司正在开发专门的芯片来支持这些任务。例如，苹果公司的Neural Engine、华为公司的Kirin和高通公司的Hexagon等。”

“好强！那么什么是计算机视觉呢？它指的是计算机也能和我们人类一样能够拥有视觉吗？”

“没错，计算机视觉是目前人工智能应用的又一个重要领域，同时也是一项挑战性的任务。与语音识别和自然语言处理不同的是，计算机视觉需要机器从感知到理解，从低层次的特征提取到高层次的语义分析，而这些过程都需要进行复杂的计算和处理。它可以帮助机器识别物体、跟踪运动和理解场景等任务。”小沙继续解释道，“除了图形处理器(GPU)和专用的计算机视觉芯片(如NVIDIA的Jetson系列)外，FPGA(可编程逻辑门阵列)也被广泛应用于计算机视觉领域，因为它们具有高度的可编程性和并行计算能力，可以为机器提供更加灵活和高效的计算资源。”

小欣听了很受启发，说道：“原来芯片在人工智能领域的应用如此广泛，而且还有这么多种类

型的芯片，让机器能够具备更多的功能和能力。小沙你真是厉害！”

4 欣“芯”向荣

“听说，我们国家在芯片领域取得了很大的进展。你能介绍一下中国在芯片领域的成就吗？”

小沙思考了一会儿后说道：“中国在芯片领域取得了一定的成就，包括：已经成立了多个国家级芯片研究院和实验室，如中芯国际、紫光集团、华为等；同时中芯国际是中国第一家成功研发出自主品牌、自主知识产权的晶圆厂，成为了中国芯片制造业的重要推手。”小沙停顿了一下继续说道：“中国的芯片设计能力也在逐渐提高，如华为的麒麟芯片已经取得了一定的市场份额；政府在芯片领域的投入也在逐年增加，不断加强对该领域的支持和引导。”

“真好！我们国家对芯片的重视程度增加，有利于推动企业和高校对芯片的进一步研究，进而缩短与其他国家之间的差距。”小欣兴奋地说道。

小沙挠了挠头，有一些沮丧地说道：“虽然我们国家在芯片领域上取得了一定的成就，但是中国在芯片领域仍面临着一些瓶颈和挑战。”

小欣疑惑地问道：“可以详细地说一下吗？”

“我就从3个方面来说：(1) 制造工艺和设备的瓶颈，与美国和欧洲相比，中国的芯片制造技术和设备仍有差距，需要进一步提高；(2) 芯片设计方面的瓶颈，虽然中国的芯片设计能力逐渐提高，但仍需要加强与国际先进水平的对接和交流，提升设计能力和创新能力；(3) 芯片产业链的不完整，我国芯片制造企业大多仍处于前端工艺和制造环节，与后端封装和测试企业缺乏有效的协作和配合。”

“涨知识了，所以说我国在芯片领域还任重道远，我们还需要不断的学习、努力研究和开动思维能力，不断缩小差距！”小欣激动地说。

“对的，我们坚信，通过科研人员一代又一代的努力，一定可以攻克各种技术难题的。未来，中国在芯片领域的愿景是建立自主可控的芯片产业链，提高芯片制造和设计的自主化水平，降低对进口芯片的依赖。加强与国际先进水平的交流和合作，提升自身的芯片技术水平和设计能力。推进芯片应用的创新和发展，将芯片技术应用于更多的领域，提高中国的产业竞争力。加大政策支持和投入，促进芯片产业的发展和壮大，成为全球领先的芯片制造和设计中心之一。”小沙充满自信地说道。

小欣听后深有感触地说：“确实，芯片自主可控对于国家的重要性不言而喻，我们应该为此而努力。希望未来中国在芯片领域能够取得更大的进步，让世界看到我们的实力！我们相信中国的芯片领域一定能够迎来更美好的未来。”

“是的，这需要每个人的努力，包括企业、高校、研究机构和政府的共同努力。只有通过不断的创新和学习，才能够实现中国芯片制造业的自主可控，实现更好的发展和进步。”小沙补充道。

“我们一定要为中国芯片的未来而努力奋斗！”小欣说道。

“一起加油吧！”小沙与小欣一起高声喊道。

参 考 文 献

- [1] 宋天佑, 程鹏, 徐家宁, 张丽荣. 无机化学(下册). 第3版. 北京: 高等教育出版社, 2015: 518-519.
- [2] 沙子是如何变成CPU的. [2018-09-11]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/44234435>
- [3] 缪鹏. 深度学习实践: 计算机视觉. 北京: 清华大学出版社, 2019: 1-15.