

在复旦大学的实验室里,26岁的敖明睿常把造芯看作一件再平常不过的事。可就是这个自称“科研淡人”的年轻人,参与研发了全球首款基于二维半导体材料的32位微处理器“无极”,将晶体管集成度的世界纪录从115个提升至5900个,相当于提高了50倍。

凭借这项登上国际顶刊《自然》的成果,敖明睿入选2025年上海市“最美大学生”。但他更看重的,始终是把眼前的每一次实验做好。在“豆腐上雕花”般的反复试错中,他和团队一步步走出了一条属于中国青年的“芯”路。 青年报见习记者 王馨怡



青年报记者 施培琦 摄

最美大学生

「科研淡人」敖明睿的硬核「芯」路

个人档案

敖明睿

复旦大学,26岁,集成电路与微纳电子创新学院2021级直博士生。

“真正的突破,往往诞生于重复之后。”

对话

青年报:从基础研究走向产业化落地,你认为中间最大的跨越是什么?

敖明睿:最大的跨越在于思维方式的转变。在实验室里,哪怕1000个器件里只有1个达到了最高指标,在学术上也可能是一次重要突破。但到了产业化阶段,市场更看重稳定性、良率和成本可控。100个芯片里,必须有99个都能稳定工作,才具备商业价值。这要求我们不仅要仰望星空的科学家,还要具备工程师的务实思维,让前沿技术真正服务于国家的产业升级。

青年报:对于同样投身科研一线的同龄人,你有什么建议?

敖明睿:不要被外界的“内卷”焦虑干扰,也不要把“发顶刊”当成唯一目标。只要今天比昨天推进了一点,哪怕只是排除了一个错误选项,也值得肯定。硬核科技的突破没有捷径,需要坐得住冷板凳。遇到瓶颈时,不妨“钝感”一点。很多时候,真正能走远的,反而是那些沉下心来做事的人。

闯入科研“无人区”

敖明睿的“芯”路,始于一次主动的“逆行”。

本科时,敖明睿主攻的是芯片制造的后道工序“电子封装”,也就是把加工好的硅片“包装”成手机、电脑里能用的芯片形态。但他很快意识到,封装领域的研究已经相对成熟,想要在关键技术上有所突破,就必须向产业链的前端挺进。而二维半导体恰好是一片亟待开拓的“无人区”。于是,他在直博时毅然跨保转入复旦集成电路专业。

2021年10月刚入学,他便接下这项艰巨的任务。“刚接触

时,并不清楚要攻克的壁垒有多高,等真正意识到这项工程的艰巨时,我们已经深扎进去了。”

这道“壁垒”究竟有多高?二维半导体材料被公认是打破硅基物理极限的希望,但它的厚度仅有0.7纳米,大约三个原子叠在一起那么薄,极其脆弱,“就像在一块豆腐上雕花”。

为了应对这一极高难度的挑战,团队从一开始就坚定了一条与众不同的路线——采用“原位生长”工艺。敖明睿解释道:“这种工艺就像让材料自己在这层‘豆腐’上长出来,最大限度保证了材料的完整性。”

然而,找对了方向,并不意味着一帆风顺。此前,全球二维半导体数字电路的集成纪录停留在115个晶体管,由奥地利团队于2017年实现,此后多年未被大幅刷新。“数字电路是由0和1构成的严密逻辑门,哪怕只有一个晶体管失效,整条逻辑链就会彻底崩溃。”敖明睿说。

反相器良率,成了摆在所有科研团队面前的头号难题。很长一段时间里,他所在团队的实验规模始终卡在一百多个晶体管,难以突破,极大地消耗着科研人员的心力。

靠“钝感”啃下良率硬骨头

面对迟迟无法突破的瓶颈,敖明睿并未陷入内耗,反而展现出了同龄人少见的“钝感力”。这样的松弛感是他一以贯之的性格底色。他不靠“一定要发顶刊”来激励自己:“与其紧盯遥远的宏大目标,不如专注眼前的每一次实验。步子扎实了,一切水到渠成。”

二维材料生长对环境要求极高。上海夏天白天动辄三十七八摄氏度,夜间降至二十多摄氏度,温湿度稳定,才是材料生长的

黄金时段。顺应这一规律,他成了错峰出行的“夜行者”。实验最密集时,他常常在张江校区的实验室里一待就是一个通宵,第二天下午才坐车回宿舍休息。

但在高强度实验的缝隙里,他也懂得给自己留出喘息空间。遇到设备抽真空需要两三个小时,他会在这空隙里回办公室小憩,或看看别的领域的视频换换脑子。哪怕忙到凌晨四五点,他也尽量不让毫无意义的焦

虑吞噬自己。正是这份不内耗的钝感力,让团队能沉下心啃硬骨头。在日复一日的试错后,转机终于出现。为了攻克复杂的工艺参数问题,团队引入“AI for Science”技术,依托大量历史实验数据,用AI算法筛选最优工艺组合,大幅提升了实验效率和成功率。

最终,反相器良率达到了惊人的99.77%,器件规模一举从一两百个跃升至数千个。

让世界看见中国“芯”

最终,“无极”处理器集成了5900个晶体管,建立了一套包含25种逻辑单元的完整标准单元库,能够执行标准的32位RISC-V指令集,彻底改写了该领域的世界纪录。

而让这项成果被世界看见,同样经历了一番曲折。这名叫向淡定的青年坦言,自己唯一一次真正的焦虑,发生在初次投稿被拒的那个夜晚——但也只持续了两个小时。

初稿因数据过于繁杂,淹没了核心创新点,审稿人给出了偏负面的意见。短暂焦虑后,他迅速平复心态,深知纠结无用,便随师兄连夜赶赴绍兴,与导师共

商修改对策。面对编辑转投子刊的建议,团队坚信核心创新点足够硬核,果断决定大幅删减冗余内容、重理行文逻辑,把真正的核心突破点清晰凸显出来。

在接下来的整整一年里,团队累计完成了长达60多页的详尽回复与数据补充。2025年1月7日,恰逢敖明睿生日前夕,团队终于收到了《自然》原则性接收的邮件。可得知见刊的那一刻,他的内心却十分平静,统一回复了大家主动发来的祝贺后,便转身投入后续实验。

如今,敖明睿也并未停下脚步,他计划继续推进这一方向的研究和落地。他的导师已创办

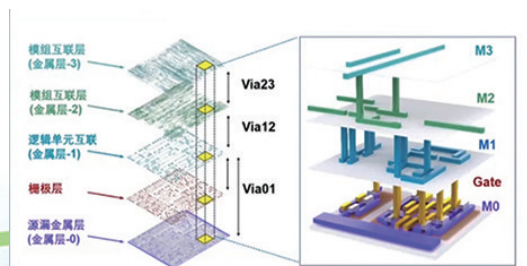
企业推动技术产业化,他也参与了早期融资与技术路演工作。

当被问及为何能当选“最美大学生”时,敖明睿说:“从未设想过自己会与‘最美’二字产生交集。于我而言,所谓‘美’,或许就体现在科研创造的价值中,体现在为我国集成电路产业实现自主可控贡献一份青年力量。”

在这个年轻的造芯者身上,“最美”不再是一个抽象的词,而是无数个通宵实验的夜晚,是面对世界级“卡脖子”难题时一步一个脚印的坚持。看似平和的背后,是把硬核科技做扎实、做到底的定力。



敖明睿在超净间工作。



芯片示意图。

受访者供图