



王阳元,中国科学院院士,北京大学信息科学技术学院教授,主要研究方向为微纳电子学中的新器件、新工艺和新结构电路等。

## 坚定信仰,履践致远,矢志不渝“中国芯” ——访中国科学院院士王阳元

徐丽娇

《科技导报》编辑部,北京 100081

中华人民共和国成立以来,一代又一代科学家怀着深厚的爱国主义情怀,凭借精湛的学术造诣、宽广的科学视野,在祖国大地上树立起一座座科技创新的丰碑。老一辈科学家爱国奉献、淡泊名利、刻苦攻关的精神,是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富,为后人树立了优秀的榜样。为展现我国科学家与党同心、锐意创新的爱国情怀,《科技导报》采访了中国科学院院士王阳元,请王院士讲述研制“中国芯”的科研经历。

**《科技导报》:**您在哪一年加入中国共产党?当时的入党经历和感受是什么?最大的誓愿是什么?

**王阳元:**我于1956年12月23日被党支部大会通过接收为中国共产党预备党员,并于1957年1月2日举行入党宣誓仪式。1年后,按时转正。至今,计算起来已有65年党龄了!

我的入党介绍人是卫民同志和周云镍同志。卫民同志当时是上级派下来的一位专职从事政治工作的同志,周云镍同志后来则一直在无线电电子学系工作。我实际上于1955年就提交了入党申请,他们两位用了将近一年的时间在辅导和培养我。卫民同志以她特有的温馨方式来鼓励和引导我,而周云镍同志则严格地要求我,要以共产党员标准来严格要求自己,培养我成为一名合格的共产

收稿日期:2021-04-15;修回日期:2021-05-21

引用格式:徐丽娇. 坚定信仰,履践致远,矢志不渝“中国芯”——访中国科学院院士王阳元[J]. 科技导报, 2021, 39(12): 21-27; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.12.003

党员。当支部大会通过接纳我为中国共产党员,并在1957年1月2日宣誓后,我心情无比激动,自觉生命已被赋予了新的含义,正如入党宣誓中所言,“为共产主义奋斗终身,随时准备为党和人民牺牲一切,永不叛党。”从此,我为自己今后学习、教学、科学研究和产业开拓工作中定下了2条原则:一是要把自己一生的言行和工作与祖国的发展、民族的兴旺、中华民族的伟大复兴事业紧密地联系起来,为在中国实现共产主义伟大理想而不懈奋斗,不忘初心、矢志不渝;二是正如我的两位入党介绍人在培养我的时候所教育我的:为共产主义奋斗不是靠你一个人就可以实现的,而要始终保持谦虚精神,密切联系群众,共同奋斗(当时因为我在入学北京大学一年后即任校学生会副主席,与当时半导体班的同学联系不够而有些同学提出来的),这一条我也一直牢记在心。1986年北京大学成立微电子学研究所,我任所长后写了两句话:“得人才者得天下,集人心者集大成”,两句话不可分割,“集人心”就是要谦虚谨慎,团结群众共同奋斗,才可事业“集大成”。这两句话经过多年实践,深入人心,已成为我们北京大学微纳电子研究院的文化了。

回顾入党以来65年的奋斗生涯,虽然有过失和不足,但为共产主义奋斗终生的入党誓言牢记在心,从不敢有丝毫懈怠,65年的岁月已经全身心地献给了中华民族复兴的宏伟事业,献给了为最终在中国实现共产主义的伟大事业。现在虽已耄耋之年,但“发展未有穷期,奋斗永不言止”。

**《科技导报》:**1956年,我国第一个中长期科技规划《1956—1967年科学技术发展远景规划》提出将发展半导体技术作为四项紧急措施之一。“五校”联合半导体物理专门化在北京大学物理系建立,培养专业人才。您作为当时的第一批学生,在大学学习时的感受是什么?您认为半导体物理专门化的设立,对中国半导体研究的发展以及您本人此后的科学研究历程,有哪些重要的意义?

**王阳元:**为贯彻执行《1956—1967年科学技术发展远景规划》,首先要培养人才。为此,当时的教育部决定:北京大学、复旦大学、厦门大学、南京大

学和东北人民大学(吉林大学前身)五校联合在北京大学物理系举办半导体专门化,将各校的相关专业教师、高年级学生和教学实验设备全部集中于北京大学,由黄昆先生和谢希德先生分别任主任和副主任,实验室主任是北京大学的黄永宝教授、副主任是厦门大学的刘士毅教授。

1956年和1957年连续培养了2届300多名四年制的毕业生,1958年又培养了40余名五年制毕业生,我有幸成为这一批五年制的毕业生。

这是一个战略性决策。习近平总书记讲:“人才是第一资源,创新是第一动力”,五校联合集中在北大举办半导体专门化本身就是一个创新,毕业出来的300余名学生中大部分后来都成为了我国半导体事业和后继的集成电路产业的骨干和学术带头人,发挥了重要作用,所以我们常常把该半导体专门化称为中国半导体事业的“黄埔军校”。

现在网上或某些自媒体中常常把某些人因为开发了一块芯片或建设一个工厂就轻率称之为“芯片之父”或“半导体教父”。实际上,黄昆先生和谢希德先生,中国科学院的王守武先生、林兰英先生以及工业界的乌尔楨先生,他们才是我国半导体领域和固体物理学的奠基人,这些老一辈的科学家培养了集成电路科学技术和产业成长的土壤及骨干人才,他们才是中华民族的脊梁。

我作为其中一名学生,师从黄昆先生和谢希德先生,从大学一年级开始聆听黄昆先生近2年的普通物理学,从1956年起又听黄昆先生和谢希德先生联合主讲的《半导体物理学》,和他们两位分别讲授的《固体物理学》和《半导体理论》,两位大师授课过程所传授的清晰物理概念和图像以及严谨的数理分析论述,不仅为我们这些学生打下了坚实的基础,而且他们的治学精神也深刻地影响我一生的治学,我要把他们爱国的革命精神和科学精神一代代地传承下去。

**《科技导报》:**1958年,集成电路在美国发明,揭开了信息时代微电子芯片创新的序幕。您正好在这一年毕业,当时选择集成电路这个崭新的领域作为研究方向,有何考虑?

**王阳元:**1958年集成电路在美国发明出来了。我于同年在北大物理系毕业,从此我就与集成电路结下了终生不解之缘。

1958年毕业后,我先后从事锗、硅晶体管的研究,其后研制硅数字逻辑电路,逐步加深了对集成电路的理解,从物理本质上认识到集成电路可以集信息采集、处理、存储、传输和执行等功能于一个小芯片中,而且可以低成本、高可靠地大批量生产出来,像水银泼地一般渗透到各行各业,得到广泛应用,从而可以如细胞组成人体一样,与计算机、软件工程一起成为构建信息社会的基础。

20世纪60—70年代,我国的集成电路得不到充分发展。但在西方特别是在美国,集成电路首先被军方大量应用,接着就在民生方面得到广泛应用。可以清楚看到,它将是社会信息化的战略性基础,它的发展规模和水平将成为一个国家综合实力的重要标志。作为一名共产党员,我决心“用集成电路创新作为基石,铺设21世纪中华民族伟大复兴之路”(2008年出版的《我国集成电路产业发展之路》扉页上的题词),因此我把集成电路科学与工程作为我终生为之奋斗的研究方向。

**《科技导报》:**1975年,您和团队经过6年多坚持不懈的奋斗,研制成功了国内第一块3种类型1024位MOS动态随机存取存储器,独立自主地开发出了全套硅栅N沟道技术。在研究过程中,您和团队经历了哪些困难与挑战,党和国家给予了哪些支持?

**王阳元:**研制硅栅N沟道1024位MOS动态随机存取存储器时期,还处于文化大革命后期。我们当时考虑的是“做什么”集成电路才能对国家有大的贡献?而且又易于在产业界推广,提高我国集成电路产业水平?

1) 为了调研方案,北京大学200号图书馆的灯光常常亮到凌晨2~3点钟,晚上调研文献,看材料,白天组织同志们讨论。历时近半年,最终选定了硅栅N沟道MOS动态随机存取存储器这一研究方向,我们相信半导体存储器必将革新,替代当时正用于计算机的磁芯存储器。

2) 为国争光,没有条件创造条件也要上。

首先,碰到的困难是没有研制大规模集成电路的净化实验室,我们只能尽量改善大的净化环境,将全部门窗都用塑料布严密封起来,而且局部凡与芯片相接触的环节,就在密封操作箱中用纯净氮气保护起来,创造一个相对净化的小环境。

其次,是缺乏专用的设备,就自己动手利用可购到的国产设备进行改造,例如用LPCVD设备改造成多晶硅薄膜的生长设备;又如MOS N沟道器件最怕钠离子沾污,一般都要用电子束蒸发台来制备金属铝层,但当时我们没有,所以一方面用沾污钠离子较少的钽丝来替代常规用于蒸发的钨丝,另一方面争取订购一个电子枪,以便对蒸发台进行改装。没有测试设备,我们就与计算机系的同事共同合作研制存储器测试设备等。

第三,在设计出MOS 1024位存储器以后,从制备掩膜版到芯片封装,中间有上百道的制造工艺环节。没有现成的资料可供利用,我们只能借助于研制晶体管的工艺基础,从试验中学习,从实践中总结经验。碰到一个困难就分析一个困难,解决一个困难,一步步扎实前进。4年多时间,1000多个日日夜夜,做到“芯片流程到,人就先到”,人等芯片,不管是凌晨3点还是5点,每个人都把研制成功1024位MOS存储器作为自己为国争光的实际行动,每个共产党员更是发挥了党员模范带头作用,“失败了绝不气馁,总结出经验教训,就继续前进”。每个研制人员的形象至今仍深深印在我的脑海中,永不忘怀,他们是我心中的丰碑。

研制1024位MOS DRAM的革命精神和从实践中分析问题解决问题的科学精神,是北京大学微纳电子研究院(集成电路科学与工程学院)传承与发扬的宝贵精神财富。

在“1024”研制过程中,我们得到了党和人民各方面的关怀和支持。记得早在1974年、1975年和1977年电子工业部领导就先后召开了3次全国大规模集成电路会战会议,“1024”研制成为一个中心议题,先后有2次在全国大会上发言介绍研制发展情况和经验,大家争先恐后地为“1024”研制提供需要的设备和材料。当芯片出来后没有封装外壳,会

上号召一定要让“1024”穿上衣服,后来还是江苏宜兴陶瓷厂研制出了双列直插式的陶瓷封装外壳。北京市主要领导多次过问研制情况,并力荐“1024”研究者参加1978年举行的全国科学大会,并获得了科学大会奖。北京市相关部门还随之拨了一批建设净化实验室所需的材料和经费。

**《科技导报》:**在基础研究方面,您还做了哪些工作?

**王阳元:**在基础研究方面,我们创建了第一个以年青学者和博士生为主体的低功耗新结构SOI/CMOS的研究室。其原始创新的最重要成果,是将在2~3 nm工艺中被重点应用的GAA新器件,这个研究室现在已发展成为一个在国际有影响力的研究室。该研究室的原始创新不断涌现,如TFET、纳米级器件和电路的可靠性等。

**《科技导报》:**在您的科研历程中,无论是中国第一块3种类型1024位MOS动态随机存取存储器,第一个按软件工程方法开发的大型集成化的超大规模集成电路计算机辅助设计系统的成功研制,还是第一个与集成电路兼容的MEMS设计和加工平台的建立,无数个“第一”,都是您带领团队排除万难、科研攻坚、经过多年努力才获得成功,是怎样的信念,支撑您一次次突破瓶颈,登上成功的高峰?

**王阳元:**回答这个问题,要分两个方面讲。

第一方面,作为一名科技工作者的爱国情怀,凡是祖国的需要,就是我们奉献祖国的最好时机。记得在用软件工程方法开发我国第一个系统化、集成化的ICCAD系统,即三级系统(后来命名为熊猫系统,即“国宝”的意思),我在动员全体参与者时说:“人生能有几回搏?此时不搏更待何时?研制三级系统,是我们历史的机遇,是报效祖国最好的历史机遇,不拿下这个系统,死不瞑目”<sup>[1]</sup>。

第二个方面,作为一位科学家,必须对所从事领域的科技发展规律有高度的自觉性;对科学前沿的新生事物必须具有高度的敏感性,而且要有锲而不舍追求真理的科学精神。回顾历史,人类社会的

每一个重大进展,都是由人的创造活动及其成果得到广泛应用来推动完成的。提纲上所谈到的几件事都是我们进行的创新活动,当然这个活动往往不是一个人所能完成,而是需要一个团队,而这个团队必须是团结一致的,共同奋斗的。就以微/纳机电系统(MEMS/NEMS)国家级重点实验室的建设为例,就是我们紧紧瞄准了科技发展前沿,经过6年的团结奋斗,自主开发出3套新的加工工艺,成功地应用于30多种产品中,使之成为国际上富有盛名的实验室。耶鲁大学校长Richard C. Levin参观了我们的实验室,回国后就在2005年12月15日《纽约时报》撰文写道:“北京大学微电子实验室建立了2套先进工艺的实验线,分别处理2种不同的技术,到目前为止美国大学还没有类似的设备可以与之媲美”。

**《科技导报》:**您认为中芯国际的建立,对我国集成电路的发展的重要意义主要体现在哪方面?

**王阳元:**2000年我们与海外同事张汝京博士团队一起共同创建的中芯国际集成电路制造有限公司,它的创新点在于机制、资金、产品、技术和人才都是充分利用国内外两个资源,面向国内外两个市场,中芯国际的建立是我国集成电路产业发展的一个里程碑<sup>[2]</sup>,增强了我国集成电路产业发展的核心竞争力。2004年,中芯国际又在北京亦庄建成了我国第一条12英寸纳米级集成电路大生产线,这是具有历史意义的。

**《科技导报》:**刚刚闭幕的全国“两会”正式通过了我国“十四五”规划和2035年远景目标纲要,其中指出,“瞄准集成电路等前沿领域,实施一批具有前瞻性、战略性的国家重大科技项目”。您对中国集成电路产业自立自强的未来有何期待?有哪些建议?

**王阳元:**关于这个问题,我在《科技导报》2021年第3期上发表了一篇长文《掌握规律,创新驱动,扎实推进中国集成电路产业发展》<sup>[3]</sup>,对相关问题作了阐述,但我还是愿意在这里强调几点。

1) 我们必须强调原始创新,才能使我国集成

电路产业屹立于世界东方,经过多年的研究实践证明,基础研究必须“提前十年尽早部署”。

2) 产业强才能经济强,经济强才能国家强。而搞活做强企业是当前急需加强的任务,为此必须大力加强企业的研究与试验发展(R&D)活动,要采取多种政策,包括税收政策、投资政策等,鼓励企业对R&D的投入,包括财力、人力的投入,产业的R&D活动加强了,也容易与大学和科学研究机构的基础研究相对接。

3) 我们要学习比利时微电子研究中心(IMEC)的经验,IMEC建设的本意是为了在inter-university之间,给学生们提供一个实践创新的平台,但现在已发展成为全球一个从事原始创新的研发中心,它所产生的知识成果为全球所公认。中国需要建设以产业和大学相结合的产教融合中心,解决科研和产业两张皮的问题,加速实现从原创成果向生产力转化的过程。

4) 我们强调与应用和系统相结合,优先发展设计业,3个五年计划过去了,情况已经有了很大的变化,设计业产值已占世界30%以上。现在应当把重点放在芯片制造业了,同时加强上下游配套产业——专用设备和专用材料业的建设上。要加强对中芯国际的支持和投入,争取在“十四五”时期内跻身于世界前三甲。

5) 现在已进入到后摩尔时代了,我在上述长文<sup>[9]</sup>已有了较多阐述,要根据后摩尔时代的特征,加强对新材料,特别是化合物半导体材料、器件与电路的研究及其生产的支持和投入,使之在微波、太赫兹、大功率器件、各种传感器等方面能涌现出一批创新、并领先于国际的成果。要加强SiP(System in Package)的研究,发展集成微/纳系统,努力走在世界前沿。

6) 集成电路的产业链和生态链都很长,上百台套的专业装备和上千种材料,非常容易受到他人的掌控,甚至卡我们的脖子。

为此,我建议要分析、分层次的解决。对于关键的如曝光机,难度大的,要用举国体制以产业为基础,集中攻关,限期解决。这方面我们在20世纪80—90年代攻关ICCAD三级系统(熊猫系统)的经

验<sup>[10]</sup>有重要参考意义。至于一般难度的,用自主研发方法,组织产业和高校或科研单位联合攻关解决。同时还要注意加强国际合作。

7) 对产业和研究最大制约是人才,特别是缺乏综合素质高的领军人才,要抓住集成电路科学与工程一级学科的设立,加强培养人才的力度,并可以设立相应的二级学科。1956年我们都已经采取过革命性措施,五校联合培养半导体专业人才,现在条件好多了,产业也强多了,更有条件实现教育与产业的结合,培养一大批跨学科、高素质的领军人才,这方面我已写了专门文章发表在贵刊2021年第一期的卷首语中<sup>[11]</sup>,这里不再重复了。

**《科技导报》:**您在北京大学读书、从教60余年,对人才培养有哪些体会?有哪些经验可以与青年科研人员分享?

**王阳元:**教育是基础,“只要人类社会存在,教育就是永恒的主题;只要人的生命存在,学习就是不竭的任务”。

我于1953年考入北京大学物理系,1958年毕业于从教,已有63年教龄了,1956年入党已有65年党龄,如从入学算起,在北大已有68年了。

1) 作为一名北京大学的党员教师,肩负多重任务,但是最根本的是培养一代又一代的学子成才和从事原始创新,而这两者又是辩证统一的。青年学子是北京大学最宝贵的资源,特别是博士生是科技创新的生力军,而科技创新又是使青年成才,培养学习、探索和创造能力的关键环节。归根到底,如李大钊同志所言:“铁肩担道义,妙手著文章”,教师的责任就是要培养德才兼备,综合素质高,具有创新活力,能“致天下之治”的人才。

2) 2014年“五四”校庆之际,习近平总书记来到北京大学,对我们教师提出了殷切的期望:“教师承担着最严谨、最神圣的使命,以人格魅力引导学生心灵,以学术造诣开启学生智慧之门”。这是对我们教师历史使命和治学方法最确切的定位。是我们每一位教师努力的方向。人格魅力,首先要努力践行3个层次24字的核心价值观,核心价值观的形成绝非一日之功,教师要通过教学、科研多个环

节,如同“好雨知时节,当春乃发生,随风潜入夜,润物细无声”(唐·杜甫)一样,做出榜样,启迪青年学子把核心价值观的要求变成日常行为的准则,自觉奉行。以学术造诣开启学生智慧之门,则要求我们教师潜心做学问,提高自己的学术修养,始终发扬北京大学“常为新”的精神,在所从事的领域努力走向国际一流,启迪我们的学子认真探索,勇于创新,并超过我们。

教育的本质在于启迪,科研的核心在于创新。

3) 对学生的培养,在本科阶段,要打好扎实基础,虽然我们不能要求人人都能学贯中西、融汇古今,但基础要扎实要广一些,文理各科要相互选修一些。交叉学科往往是新的学科生长点。“学贵心悟,人贵执着”,“悟”就是要悟其本质,悟其规律;执着就是要把学习看作终生任务,要锲而不舍。

在研究生阶段则强调提高提出问题、分析问题和解决问题的能力。爱因斯坦曾说:“提出一个问题往往比解决一个问题更为重要,因为提出新的问题,新的可能性,从新的角度看问题,都需要创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步”。

我们教师要更多地与学生一起面对面进行讨论。我每一次与青年学子讨论都感到特别愉快,教学相长。我们实时地讨论科学技术发展前沿动向和国家需求;分析前人工作的局限性;并在分析讨论的基础上,提出我们自己所要从事的研究课题,然后有针对性地开展理论和实验研究。不断分析得到的结果,并不断地验证,最后可以总结出新的规律和新的科研成果。这种交流讨论不仅局限在学术上,也包括人生哲理、历史观、人生遇到的困难和认识,以及解决的方法。这样的交流讨论使我感到更有青春活力和创意。这也是我们教师这一职业的优越之处:常常与年青人在一起,可使青春常驻。鼓励学生提出自己见解和问题,而学校和教师理所当然地要采取更为开放和包容的态度,给学生一个良好的学术氛围,鼓励成功,宽容失败,但决不允许作假。“终生努力,便成天才”(门捷列夫)。

4) 长江后浪推前浪,一浪更比一浪高,这是历史规律。

北京大学微电子学科从1980年招生算起,到

2020年已培养了本科生1305名,学术硕士生1400余名,专业硕士900余名,学术博士生400余名,工程博士30名。我个人也直接培养了逾百名的硕士、博士生和博士后研究人员,其中培养博士生占80%,他们大多已成为我国发展微电子和集成电路科学与工程有生力量,不少人已经成为新一代学术带头人。每当他们中一部分回到母校看望我们这些教师的时候,特别是远隔大洋,从彼岸回来,往往情绪颇为激动。他们最常说的话是:“我现在从事工作的基础都是在北大打好的,从事科学研究的知识、方法和探索精神也都是在北大培养的”“是北大培育了我们!”“是北大老师培养了我们!”每逢这样时刻,我由衷地感到做一名教师的欣慰,也是我们做教师最高兴、最激动的时候。可以说,这是当你尽了一名教师职责之后所得到的最大乐趣。

其中一个数据始终使我引以自豪,电气与电子工程师协会(IEEE)是电子器件大会(IEDM)的主办单位,它的电子器件学会(EDS)每年都要从全球评选出在电子器件领域有出色工作的博士生,授予IEEE EDS全球博士生奖学金(IEEE EDS PhD Student Fellowship Award),全球名额仅有3~4名,亚洲仅有1名,从2008年到2020年这12年间,我院先后有5名博士生荣获此奖励,这就是说,不仅包括大陆地区著名高校,还包括日本、新加坡、香港特区和我国台湾地区等许多世界级亚洲名校在内,有40%的获奖者是我院学生。另外我院有2名青年教师曾荣获IEEE EDS青年成就奖(IEEE EDS Early Career Award),2013年,王润声博士获得了全球唯一1位青年成就奖;2019年,黄芊芊博士又获得了亚洲唯一的1位青年成就奖(全球也仅有3位)。他们为国争光,也为北大争光。我为有这样的学生而感到骄傲,也为北大学生而自豪!当学生超越你的时候,这是当教师最高兴的时刻!

我国正处于中华民族伟大复兴的历史时期,人才是关键,教育是基础,今年是建党100周年,我们作为一名党员、一名教师,肩负着党交给我们的最严肃、最神圣的使命,任重而道远!

《科技导报》:2021年是中国共产党建党100周

年,您对我国高科技的发展有何感受?对未来发展有何期盼?对年青一代科技工作者有何寄语?

**王阳元:**在中国共产党建党100周年之际,感受一下我国建国以来高科技事业的成就,绝非用“进步”“发展”这样几个简单的词汇可以表达的。与自己历史比,我们跨越几千年的封建社会和近200年的半殖民地半封建社会,已经步入全面小康并向初步现代化社会豪迈前进;与国际水平比,我们已具备了与国际上任何一个国家平等对话的历史地位。

以“两弹一星”为代表的威慑力量我们已掌握。航天事业方面,走向月球、走向火星我们都实现了,北斗卫星定位系统我们也有了,而且可以令人自豪地说,这里的集成电路、元器件和基础软件都是100%自主的!没有任何国家可以再凌驾我们之上,卡我们的脖子,中国人民站起来了,富起来了,强起来了!

至于信息技术的核心基础集成电路和软件,据报道,我们也有了自主的CPU和操作系统,已可应用于国家和政府部门,确保国家信息安全。当然要在市场上与西方先进的公司一决高下,还需要有5~15年的时间,而这一点正是我们“十四五”规划和2035远景设想所要解决的问题。

按照我们简单的预测,2030—2035年我国必将成为世界第一大经济体,我国高科技将整体上进

入世界前沿水平,届时我国集成电路科学和工程也必将跻身世界强国之列!

一个人的人生是短暂的,正如毛泽东诗词所言:“人生易老天难老”。青春更是短暂的,犹如滚滚长江中的一朵浪花,如能融入长江洪流东去,可以形成澎湃的大势。

我期望年青一代科技工作者,能珍惜青春年华,珍惜这个千载难逢的历史机遇,珍惜每一天,把自己一生的事业与祖国兴旺和民族复兴的伟大事业紧紧联系在一起,并为之奋斗,矢志不渝!不管什么工作岗位,物质待遇如何,那么你的一生就是很有意义的了!

#### 参考文献(References)

- [1] 王阳元. 摘取皇冠上的宝石——关于ICCAD三级系统全国联合科技攻关的启迪[M]//王阳元,王永文. 战略——生存与发展之本. 北京: 科学出版社, 1995: 257-270.
- [2] 王阳元. 创建中芯国际的战略思考与顶层设计[M]//王阳元,王永文. 战略——生存与发展之本. 北京: 科学出版社, 1995: 284-312.
- [3] 王阳元. 掌握规律,创新驱动,扎实推进中国集成电路产业发展[J]. 科技导报, 2021, 39(3): 31-51.
- [4] 深化改革,加强一级学科建设,培养集成电路科学与工程创新型人才[J]. 科技导报, 2021, 39(3): 1.