

## “老科学家学术成长资料采集工程”系列报道③

王守觉(1925年~),原名王守平,祖籍江苏苏州,半导体器件及微电子学家、信息科学学家,中国半导体器件与微电子技术研究的开拓者之一,多维空间仿生信息学学科的创建者。历任中国科学院半导体研究所副研究员、研究员、室主任、副所长、所长。1980年当选为中国科学院学部委员(院士)。曾兼任中国神经网络委员会主席、中国电子学会副理事长、《电子学报》编委会主任。获国家创造发明奖、科学大会奖、中国科学院科研成果奖、科技进步奖多项。

## 王守觉:百转千回为求新

■付森 尹晓冬

正迎来九十大寿的王守觉院士长期从事半导体器件、半导体电路设计及器件制造工艺、模糊逻辑电路、新型高速逻辑电路及其应用途径的研究,对我国半导体器件工艺的成型,工艺设备的设计与定型生产,电路的集成与应用等方面作出了重要贡献。近年来他在信息科学领域独树一帜,开创我国半导体神经网络和多维空间仿生信息学领域的研究工作,为我国仿生模式识别的发展奠定了基础。

## 科学世家的“受宠老么”

王守觉的祖上是名门望族,明清两代名人辈出,涌现出了如王懿、王禹声、王颂蔚等名家。王守觉的祖父王颂蔚是晚清著名历史学家、文学家,不仅有扎实的国学基础,而且崇尚实学,希望士人“学习测量、化学、光学……”并“咨商制造”。王颂蔚共有四子五女,其中四个儿子曾被称为“王氏四杰”,他们分别是长子王季烈、次子王季同、三子王季点、幼子王季恪,他们均驰骋于数理工程领域,为近代科学在我国的发展贡献了力量;五个女儿分别是长女王季昭、次女王季莲、三女王季玉、四女王季山、幼女王季常,这“五朵金花”亦巾帼不让须眉,在中国乃至世界的科技教育史上都留下了足迹。

王守觉于1925年6月27日出生在上海。自幼聪慧的他,作为家中“老么”,深得父母宠爱。在成长过程中,对他影响最大的人莫过于父亲。父亲王季同在机械工程和数学方面造诣很高,曾赴英国任清政府驻欧洲留学生监督署随员,有机会到英吉利电器公司和德国西门子电机厂研究实习,是迄今所知中国学者最早在国际学术刊物上发表现代数学论文的人。他曾参与中央研究院筹备工作,后任工程研究所专任研究员直至退休。相关研究成果以王季同名字命名的代数方法——王氏代数,影响一直延续到上世纪80年代。

王季同对家庭中的每一个孩子都产生了深远的影响,七人在求学及工作后都卓尔不凡——长女王淑贞是我国妇产科学奠基人之一;长子王守觉是中国第一位研究量子力学并卓有成就的学者;次女王明贞是我国著名的也是最早的女物理学家之一,清华大学第一位女教授;三女王守璿毕业于清华大学,曾经留学英国,与晶体物理学家陆学善结婚后主要从事物理文献翻译工作;三子王守武是著名的半导体器件物理学家,与弟弟王守觉是中国科学院罕见的兄弟院士。

王家子女为何个个杰出?王守觉把父亲的教育方法特点总结为“三句半”:一是言教不如身教;二是多说不如多看;三是尊重自我发展;最后半句是——少管。关于这一“三句半”的具体含义,王守觉曾解释道:“第一句言教不如身教,因为大家都喜欢唠叨,小孩是最不愿意唠叨的,所以大人唠叨半天没用,言教不如身教,大人自己怎么做子女自然会学的;第二句多说不如多看,就是大人要孩子这样,要孩子那样,不如观察他朝哪个方向发展,他做的怎么样,他做了如果你认为有偏差了,你想法慢慢对他有些影响,不要唠叨;第三句是尊重孩子自我发展,因为每个小孩都有自己的想法,要尊重小孩的自我发展,不要说一定要当个科学家,他不喜欢科学愿意打球那怎么办,对小孩要尊重自我发展,所以最后半句是少管。”

## 颠沛流离的求学历程

五岁时,王守觉被送入上海采福里小学就读,初小后全家移居苏州十全街,四年级起他便在苏州彭氏小学就读。王守觉在这里受到了比较好的小学教育,这也是他一生中顺利的求学经历。

1936年,11岁的王守觉进入苏州东吴大学附中读初中。一年以后,王守觉刚读完初一,日本侵华战争爆发,威胁到苏州,1937年11月他随年迈的双亲逃难,一路颠沛流离,甚至绕道香港、越南,于1938年逃到大后方昆明。1939年初王守觉进入昆明天南中学读初三下学期,毕业后本想考高中,却因疾病缠身,住进了医院,后辍学在家。14岁的王守觉不甘心在家吃闲饭,就出去打工,补贴家用,他修过钟表、自制门锁,甚至伺

养过猪。1941年底,王守觉看到原来的同班同学高中快毕业要考大学了,心有不甘,于是就自学高中课程。他有极强的自尊心,每次碰到问题都不愿意去请教父亲,而是独自关起门来看书。他的办法则是先做题,不会做的参看答案,答案看不懂的去翻书。这样的学习方法培养了他独立思考、自立自强的个性。

1942年夏天,王守觉以同等学力报考国立大学,但因他只有高中二年级的证明,所以不能考本科院校,只能考入西南联大的电讯专修科学习。在西南联大读了两个月后,他还是对专修的学历心有不甘,便在家里找到了一张小哥哥在上海震旦大学念书时的成绩单,由于小哥哥王守元(改名前叫王守觉)当时已回苏州老家,所以他就凭这张成绩单,以沦陷区流亡到后方的学生王守觉的身份,到接待机构换了报考大学的证明。再凭这张证明报考了同济大学,结果录取在同济大学电机系弱电专业学习,从此他就把自己的名字由王守平改为王守觉,并沿用至今。

进同济大学那年,王守觉17岁,由于体弱多病,同学们给他起了个“东亚病夫”的“雅号”。虽然初上大学时他经常因为生病而脱课,但由于有坚实的基础和很强的学习能力,他的功课一直很好。第二年他起注意体育锻炼,不到两年,彻底改变了多病的体质,成了一个健壮年轻人。

王守觉天资聪明,勤奋好学,进入同济大学读书后,只要有教材,他就能自学,有时土木系、测量系等其他专业的同学遇到困难来找他求助,他阅读课本相应的章节后即能解决。在大学里,20多个不同专业的同学住在一个大宿舍里,他在给其他同学讲题的过程中竟然对自己专业以外的其他专业如土木工程等也学了不少。

1944年秋,国民政府发起知识青年从军运动,同济大学召开动员大会,学生踊跃响应,共三百多人报名参军,王守觉也在其中。

1946年,王守觉复员后到已迁至上海的同济大学继续学习。这期间他印象最深刻的是一个从德国留学回来的教授——黄席椿,讲授电机理论,他按照国外的教育模式,讲课直,考题难。一次考试,由于题目出了太难,全班19人只有3人及格,独王守觉得了96分,将出卷的黄席椿教授“震”了一回。1948年他因成绩优异而获得国民政府教育部设置的“中正”奖学金。1949年,王守觉以优异的成绩从上海同济大学毕业。

## 阴差阳错“结缘”半导体

王守觉同济大学毕业后,先后在上海北平研究院镭学研究所、新成电器厂和第一机械工业部第二设计分局工作,研制了电池浮充用系列固态整流器产品,并提高了自动报警系统的设计效率,被评为1955年上海市工业建筑业交通运输业商业劳动模范和1956年全国机械工业系统先进生产者,1956年4月到北京参加全国先进工作者代表会议。

1956年我国制定12年科学发展规划,王守觉被调到中科院,原本是要搞计算机的,可报到时,计算技术研究所筹备组的人员都到苏联考察去了,正好那年中科院应用物理所成立了半导体研究室(半导体所的前身),于是王守觉就阴差阳错地与半导体“结缘”,参加了我国第一支锗合金晶体管的研制。

1957年至1958年,王守觉被派往苏联科学院列宁格勒列别捷夫研究所进修,并和当地的科学家一道工作,在研制锗扩散型三极管中作出了很好的成绩,后在苏联期刊发表论文《具有N形电阻特性的晶体三极管》。

1958年4月回国后,王守觉开始从事半导体器件和微电子学的研究,参与并主持了锗高频晶体管的开创性研制任务,于1958年9月研制成功了截止频率超过200兆赫的我国第一只锗合金扩散高频晶体管,它的截止频率比当时国内研制的锗合金晶体管提高了一倍以上。在这个科研成果的基础上和国家对研制高速电子计算机急需高频晶体管的推动下,王守觉率领生产队伍,进行了小批量试制,为我国核工业急需的首台晶体管高速计算机——109乙机提供了半导体器件。

1961年,王守觉获悉美国发明硅平面器件与集成电路的信息,观察力敏锐、处事果断的他毅然决定终止正在进行并取得了一定成果的硅台管管的研制工作,立即集中研究室力量转而投入对硅平面工艺的探索,1963年底完成了国防部门五种硅平面器件的研制任务,并在全国新产品展览会上被评为全国工业新产品奖一等奖,次年还获国家科委首次颁发的创造发明奖一等奖。这也为我国在“两弹一星”研究工作中作出重大贡献的计算机——109丙机提供了器件基础。1964年11月半导体固体电路(后来统称为集成电路)也研制成功,随着集成电路的发展,光刻掩膜版的图形日益复杂化,源自刻胶膜照相制版的传统方法越来越难以满足复杂图形的需要。

高科技探索领域的创新要从源头上做起,不要受传统的概念与基础的束缚,随时注意基本概念上的创新,才能使我国目前相对落后的技术领域,获得更快、更强劲的发展。

1974年王守觉在我国首次成功地应用计算机辅助自动制版技术,制成了大规模集成电路掩膜版,为基于计算机与图形发生器的自动制版法代替传统的刻图照相制版方式开辟了道路,使大规模集成电路的复杂性不再受制于刻图尺寸与精度。这项工作1978年获得全国科学大会奖。

## 研制多元逻辑电路

1976年“文革”结束,王守觉摆脱了各方面的束缚,又开始了创新的探索。王守觉对逻辑电路的工艺与速度这一问题进行了深入的思考,发现各类集成逻辑电路的工作速度都受到一个共同的制约因素的影响,即常用的集成逻辑电路往往都是由一种基本单元门电路组合成复杂的逻辑功能。这对基本单元门电路有一些共同的基本要求,如阈值、输入输出高低电平的匹配以及具有一定的抗干扰能力等等。速度愈快者,这个制约因素的影响愈突出。

针对这个固有的缺陷,王守觉于1977年大胆地提出了一种新的多元逻辑电路的设计,探索一套用几种单元配套的新的逻辑电路,让逻辑电子连续变化,用一种不需阈值而逻辑摆幅略有衰减和结构简单的高速逻辑单元(如:“与”门),构成所需的逻辑系统,从而达到速度快和工艺成本低的目的。

同时,他还提出了一种使电路电容在同样工艺水平下降到最低点的电路结构——一种结构创新的双极型集成电路,其主要基本单元就是一种高速线性“与”门。1977年,这种逻辑电平连续变化的集成“与”门在实验室内试制成功,每级门的延迟时间比在当时工艺条件下最高速度的门电路速度快3倍以上,王守觉在此基础上研制了多元逻辑电路的实验计算机DYL1300,证明了多元逻辑电路的实用性。

1978年王守觉在国际上最先发表了《一种新的高速集成逻辑电路——多元逻辑电路



(DYL)一文。这是在国际上最早提出并实现的逻辑电子连续变化的集成电路。它的逻辑功能与国外在上世纪80年代发表的模糊逻辑电路相同,比日本最早发表的集成模糊逻辑电路论文早两年。

《一种新的高速集成逻辑电路》的论文,在中国《电子学报》上刊登后不久,一位美国科学家到中科院半导体研究所,参观了王守觉领导的实验室,观看了用这种电路搭成的微型电子计算机,详细询问了新电路的发明经过和发明者的设计思想,表示很感兴趣。回国后又写信说,他与美国的有关专家谈了王守觉的研究工作,一致认为:“这可能确实是一项很有用的重要发明,希望他在美国申请专利,并将论文寄给将在华盛顿召开的国际电子器件会议。”

1979年多元逻辑电路通过鉴定并获中国科学院重大科技成果奖一等奖。该电路的研制成功,为我国高速双极型中大规模集成电路的发展开辟了一条可能的新途径。

此后,王守觉进一步对多元逻辑电路拓展研究,1986年发表了《连续逻辑为电子线路与系统提供的新手段》等理论研究结果,又研发了DYL12×12位高速数码乘法器、多元逻辑8位高速数—模(D/A)转换器,其性能均达到了国际先进水平。多元逻辑电路的研制成功,在我国集成电路的发展进程中占据着重要地位,标志着我国集成电路的设计水平跻身于世界先进行列。

## 涉足人工智能 创建仿生学科

王守觉认为在科技相对落后的中国,要想作出让国际社会承认的成就,不能在国际上技术已经相对成熟的领域去奋斗,必须依照田忌赛马的规则“以我中驷敌彼下驷”,甚至“以我上驷敌彼下驷”。

正是出于这样的考虑,王守觉开始关注神经网络这一研究领域,自1991年起他致力于神经网络模式识别等机器形象思维的基础理论与应用研究,承担了“八五”科技攻关课题“人工神经网络的硬件化实现”,其代表性成果是一台小型神经计算机——“预言神一号”。

该机采用了多元逻辑电路构成的数字模拟乘法器作为神经突触基本运算的核心器件,具有自主学习和识别简单事物的功能,既能够以前向,又能够以后向,按任意拓扑结构的神经网络进行计算,1995年获得“电子十大科技成果”。

在理论方面,王守觉在《电子学报》上发表了《一种通用神经网络处理机设计及其VLSI集成化讨论》的文章,该研究1996年获国家“八五”科技攻关重大成果奖。王守觉本人也由此评为国家“八五”科技攻关先进个人。

1997年,王守觉提出模式识别用的神经网络的新模型,比原来的网络提高了两个数量级,在1998年国际会议上发表时,引起人们广泛关注。

1999年6月,王守觉主持完成了国家自然科学基金重点项目“半导体工业生产优化问题的人工神经网络模型、算法与应用”。他把半导体人工神经网络用于生产工艺优化提高,研究成果已在该领域的学术界产生了重要影响。

2000年,王守觉在“九五”科技攻关项目“半导体神经网络技术及其应用”项目的支持下,成功地研制了双权矢量硬件“预言神二号”,并用于实物模型的识别,达到很好的效果。随后王守觉还进一步研制了CASSANN-III和CASSANN-IV预言神系列计算机和通用神经网络处理机——Hopfield网络硬件。由于在神经网络方面的卓越工作王守觉2001年获得北京市科技进步奖一等奖。

在神经网络研究的同时,王守觉也在不断总结理论成果,创建新学科。1994年,王守觉在对人工神经网络分类功能的研究基础上,分析了已有神经网络神经元的结构,发现了神经元与高维空间几何形体之间的潜在对应关系,提出多值和多阈值神经元。在这个思路的基础上,1996年王守觉提出排序学习掩蔽数学模型(SLAM)及通用前馈网络模型,此时的高维几何分析方法在模式识别中的作用已经越来越突出,也更加促进了王守觉对高维形象几何的进一步思考。

有了多值和多阈值神经元以及排序学习掩蔽数学模型的发现,为了使其适用于更多更复杂的问题空间,1999年王守觉总结了这两者之间的共性,发表了一篇十分重要的论文《通用神经网络硬件中神经元基本数学模型的讨论》,高维形象几何概念和分析方法和理论被正式提出。

2002年,王守觉在高维形象几何概念的基础上提出仿生模式识别的理论。2005年王守觉从高维空间点分布分析出发,提出了以在特征空间中“认识”点分布形态予以覆盖的“仿生模式识别”理论。他把高维空间点分布分析理论首先应用于模式识别问题,提出了以在特征空间中认识点分布形态的仿生模式识别取代常规模式识别,取得了十分优异的实际效果。至此高维空间仿生信息学学科研究体系基本形成。

王守觉是一位充满创新精神的学者。他提出和发展的高维空间仿生信息学理论,为信息与信号处理提供了新理论。目前已初步应用于模糊图像的清晰化处理、虚拟表情及3D动漫产业的理论研究、人脸特征识别及身份验证系统、模糊识别等多个领域,相关研究已获得国家专利并进入企业研发阶段,技术水平居世界仿生模式领域领先地位。

回顾二十多年前步入神经网络时的认识,回顾自己的科研经历,王守觉深刻体会到,高科技探索领域的创新要从源头上做起,不要受传统的概念与基础的束缚,随时注意基本概念上的创新,才能使我国目前相对落后的技术领域,获得更快、更强劲的发展。

(作者付森系首都师范大学物理系助教;尹晓冬系首都师范大学物理系副教授)

## 延伸阅读

## 对新一年的想法

■王守觉

1985年到来,科研工作正在以崭新的步伐进入新的改革的一年。改革就是要使科研工作符合三中全会的精神,使科研工作为了四化,服务于四化。

由于历史的原因,我国在技术科学方面特别是在电子产品方面,与国际先进水平之间,总的来说还存在相当大的差距。这些差距又往往来自多种技术基础方面和多种工业生产基础方面的差距,也是不可能在短时期内克服的差距。这就使我国目前的电子产品到生产电子产品的设备都相当程度上以进口为主。

引进产品和生产设备固然可以促进我国科学技术的发展,但并不能完全替代我国自身发展科学技术的工作。从邻居园子里摘一些花插在花瓶里,既美化环境也使我们认识更多花种这是很必要的,但它并不能代替翻耕自己的土地而布上

自己的花种。从事进口基础电路芯片的封装,或只作打印,这样国产集成电路的生产工作,并不能培养我们的设计和工艺技术力量。

国际上技术先进的国家从事复杂劳动,落后的国家从事简单劳动,这是自由竞争的必然结果。科研工作者的责任就是要使我们从事的工作从简单向复杂劳动过渡。我们要从邻居那里取得经验,根据自己土地的情况,来耕作自己的土地,使它长出自己的花,哪怕相对还小和少一些,这是我们中国科研人员为了四化,服务于四化的职责,也是我们衷心的愿望。

在新的一年里我们要按照中央对科研工作的“三句话”指示,改革科研管理,促使更好服务于四化建设,为实现“翻两番”作更大贡献。我们不做美丽鲜花的观赏家和评论家,愿做平凡而艰苦劳动的花匠,在生产实践中去找我们的耕作园地。



▲本世纪初王守觉与学生在一起。

▲1985年王守觉去西安电子科技大学讲学时登山。



▼20世纪70年代王守觉指导科研人员工作。

