

# 军用微电子技术发展与院校教育思考

李建成, 庄钊文, 张亮

(国防科技大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**[摘要]** 本文分析了新军事变革时代下军事高技术发展现状与趋势, 介绍了军用微电子技术的发展现状, 并对军事院校加强军用微电子技术教育提出了思考。

**[关键词]** 微电子技术; 军事变革; 武器装备; 集成电路; 院校教育

**[中图分类号]** E251.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874 (2005) 01-0025-03

当前, 推进中国特色新军事变革, 建立适合军队建设发展的军用微电子技术基础研究和应用研究, 培养和造就一大批掌握军用微电子技术的高级人才, 是军事高等学府刻不容缓的任务和责任。

## 一、新军事变革时代下军事高技术发展趋势

信息技术是新军事革命的核心技术, 现代信息技术中发展最成熟、应用最广泛的是电子信息技术。电子信息技术正在引发新的军事变革, 一场以信息技术为基础、以信息优势为核心、以高技术武器为先导的军事领域的深刻变革, 正在世界范围内蓬勃兴起, 必将对军队武器装备、体制编制、作战训练及军事理论等方面产生重大而深远的影响。

军事电子信息技术的蓬勃发展正在改变全球范围内的信息获取、传输、处理和应用的能力, 对强化军事优势具有重要意义, 导致武器装备及其体系发生革命性变化, 表现为武器装备信息化、信息系统武器化和武器装备一体化等。夺取战场信息优势, 已成为人们关注的问题。未来战争是陆海空天电五维一体的联合作战, 是军事系统的综合一体化能力的对抗。互操作性、一体化和费效比合理, 成为以微电子技术支撑的 C4KISR (指挥、控制、通信、计算机、杀伤、情报、监视和侦察) 系统追求的三大发展目标。

近年来, 世界上几次局部战争表明, 现代战争是以微电子技术为基础, 以电子战、信息战为背景的高技术战争。微电子技术的发展及应用, 不仅提升了信息化武器装备和信息化作战平台的性能, 而且导致了新概念武器以及新军兵种的产生, 并改变

了传统战争的作战模式, 制信息权成为制空权、制海权和制天权的关键, 非接触、非线性作战以及体系对抗成为可能, 并把面对面的战斗演变成当今及未来的超视距作战。战争发展的需求和军事系统的发展, 促使军事电子产品向着小型化、轻量化和智能化的方向发展, 并对微电子技术提出了高性能、高集成度、高可靠性等越来越高的要求。

## 二、军用微电子技术发展的现状与趋势

随着现代战场和军事电子系统环境的变化, 军事通信、计算机、雷达、导航、电子战、火控、制导、电子对抗、指挥自动化等系统对微电子器件的性能、尺寸和可靠性提出很高的要求, 特别是高速、超宽带、大功率、低功耗、小体积、耐高温、抗辐射等高技术需求, 导致微电子技术在半导体材料、器件结构、电路设计、加工工艺、电子封装等方面不断进行技术改进和创新, 推动着微电子技术的快速发展, 出现了满足各种军事需求的高性能军事应用微电子产品。根据美国等先进国家的关键军事技术清单, 需求的重点微电子产品主要有: 硅基集成电路、数据转换器集成电路 (A/D、D/A 转换器)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程集成电路、存储器集成电路、微处理器集成电路、系统级芯片集成电路、智能集成电路、化合物半导体集成电路、纳米电子集成电路、分子电子学集成电路、抗恶劣环境集成电路、单片微波集成电路 (MIMIC) 及微电子机械系统 (MEMS) 等。

### (一) 半导体材料技术

当前典型代表的动态存储器现已达到 0.11 $\mu\text{m}$ 、1GB 水平, CPU 已达到 90nm、4.5GHz 水平, 微电

**[收稿日期]** 2004-10-09

**[作者简介]** 李建成 (1971-), 男, 湖南长沙人, 博士研究生, 国防科技大学电子科学与工程学院讲师。

子技术的主流工艺已达到130nm(0.13 $\mu$ m)。随着集成度的不断提高,预计到2006年,微处理器芯片的特征尺寸将缩小到50nm或以下,存储芯片容量将达到17.2GB。

随着GaAs技术、SOI技术、SiGe/Si技术、SiC技术等成熟与发展,使得利用这些技术制作的集成电路具有低功耗、低驱动电压、耐高温、抗辐射、无闭锁效应等优点,极具军事应用发展前景。SiGe技术的主要优势在于:高速度、低功耗、低噪声;高集成度;低成本。SiGe的异质结晶体管、功率放大器、低噪声放大器、混频器、压控振荡器等在无线通信和有线通信中均已获得广泛的应用。SiGe技术是实现第三代移动通信系统(射频前端)和SOC(System on Chip)的最有力的技术竞争对象,在军事通信应用中具有重要的意义。碳化硅SiC材料的主要特点是:禁带宽度大;击穿电场强度高;热导率大;电子饱和漂移速度高;具有很高的临界移位能。这些特殊性能使其成为高频、大功率、耐高温、抗辐射的半导体器件的首选材料,其器件可应用于地面核反应堆系统的监控、战场核环境、原油勘探、环境检测及航空、航天、雷达、通讯系统及汽车马达等领域的恶劣环境中。特别是其高热导率、高电子饱和漂移速度、高临界击穿电场、大的功率密度、强抗辐射能力的优良性能,使其能在空基相控阵雷达应用的功率模块中取代GaAs器件。GaAs材料具有电子迁移率高、禁带宽度大、本征载流子浓度低、光电特性好以及耐热、对磁场敏感等优良特性。用砷化镓材料制作的器件频率响应好、速度快、工作温度高、抗辐射能力强,是继硅材料之后最重要的微电子材料之一,适合于制造超高频、高速、抗辐射的器件和电路。

## (二) 纳米与MEMS技术

微电子技术的巨大成功在许多领域引发了一场微小型化革命,出现了以微米、纳米结构和系统设计制作为目标的微米、纳米技术。一方面,利用物理化学方法将原子和分子组装起来,形成具有一定功能的纳米结构;另一方面,利用精细加工手段加工出微米、纳米级结构。前者导致了纳米电子学、纳米生物学、纳米化学等边缘学科的产生,后者则在微小型机械制造领域开始了新的一场革命,导致了微电子机械系统(MEMS)的产生。

MEMS和纳米技术的发展前景十分诱人,已取得了令人瞩目的成果。一些先进国家利用纳米技术已突破微电子技术的极限,制成了新型量子器件——量子点阵列和单分子存储器等。利用MEMS概

念和纳米技术,已组装成功米粒大小的汽车、纳米齿轮、纳米弹簧、纳米喷嘴、纳米轴承等微型构件以及纳米发动机。同时,微型传感器、微型执行器等也相继制成。这一系列成果表明,MEMS和纳米技术将对未来战争产生重大影响,使得武器系统超微型化、智能化、高集成化,同时使武器装备成本大大降低、可靠性提高,武器装备研制、生产周期缩短。MEMS和纳米技术的迅速发展,出现了“麻雀”卫星、“蚊子”导弹、“苍蝇”飞机、“蚂蚁士兵”、“间谍草”、“沙粒坐探”等形形色色的纳米武器装备及其微型战斗队伍,MEMS和纳米技术的发展将彻底变革未来战争的面貌。专家预计,先进国家的第一批微型军将在5年之内进入服役,10年之内进入大规模部署。

## (三) 抗辐射加固技术、抗干扰技术

微电子器件的抗辐射加固、抗干扰技术对于赢得战争起着关键作用,主要是针对微电子器件的应用场合和辐射环境的辐射因素及强度,从微电子器件的制作材料、电路设计、器件结构、制作工艺、封装等方面加以考虑。抗辐射加固技术、抗干扰技术比常规微电子技术难度大得多,加固技术比常规微电子技术落后1-2代,可也是军事微电子技术发展的重点,现已成为军用微电子技术研究中的关键技术,各国都在大力进行研究、开发和应用。

21世纪,军用微电子技术的发展趋势主要体现在三个方面:(1)IC的特征尺寸将进一步缩小,预计到2016年,器件特征尺寸将达到13nm左右;(2)IC将逐步走向系统集成芯片(SOC),包括传感器、信息存储、信息传输、信息处理以及执行、显示等等为一体的SOC将得到广泛应用;(3)微电子技术将与其它学科相结合,诞生一系列新技术和产业增长点,如MEMS和DNA芯片。

## 三、我军院校微电子技术教育的思考

我军经过多年的发展,部队的信息化建设取得了长足的发展,信息化武器装备和军事电子信息系统也得到了飞速的发展。但纵观我军信息化建设的深层,我们发现,以微电子技术作基础的器件大部分是国外产品。国内近年来微电子技术研究与投入虽然都很大,取得了快速的发展,但与我国国情、军情还有很大的差距。因此,积极推进中国特色军事变革,解决部队信息化建设中以微电子技术为核心的关键技术,培育一批掌握关键技术的高科技人才,军队院校面临着十分严峻的挑战,也是军事高等学府责无旁贷的义务。

分析全军军事高等学府，与微电子技术相关的专业和学科有计算机、通信、电子、控制、物理等，但真正意义上的微电子技术本科专业在全军还没有，只是个别院校设立了电路与系统、微电子学与固体电子学、物理电子学等二级学科，具有硕士和博士研究生招生权，每年培养的人才数量很少，很难满足部队对微电子技术人才的需求。如何适应军队信息化建设对军用微电子技术以及掌握微电子技术高级人才的需求，军事院校应在专业设置、学科建设、人才队伍建设等方面引起思考。

### （一）加强学科建设，合理设置专业

加强学科建设，是军队院校发展军用微电子技术要解决好的一个首要问题。学科建设必须要利用相关的电子、通信、计算机、物理、自动化、材料等学科已有的优势，遵循学科生长和发展的规律，尊重各学科、专业的特色和优势，吸收其他学科建设多年积淀的经验，前瞻微电子学科未来发展的趋势，并结合军队建设对微电子技术的特殊需求，提升学科建设内容，合理设置微电子学本科专业，在专业设置上突出军事应用背景和人才队伍的建设，在专业教学上与国际接轨，时刻体现一个“新”和“高”。并以科学研究促进学科发展，以培养高层次人才增强学科活力，以构筑优良科研基地支持学科建设，以“973”、“985”、“211”等重大科研项目的建设加速微电子学科平台建设，积极构建本科生、硕士生、博士生人才培养体系，造就一批学术造诣深厚、在国内外有一定影响的学科学术带头人，形成科研力量集成，学科交叉渗透、协调发展局面。去年10月国家教育部、科技部批准建立国家级集成电路人才培养基地9个，今年8月又批准建立基地7个，分布在全国著名高校（如清华、北大、浙大、交大、西电、成电、东南、华中等），由此可以看出国家正在努力推进我国微电子技术的快速发展。对于军队院校来说是一次难得的发展机会，也是一种挑战。军队院校应抓住这次国家支持和军队信息化建设需求的发展机会，谋求在学科建设上取得空前的发展，培养出适合军队需要的、掌握微电子技术的高级人才，这必将大大促进军队武器装备信息化建设。军队院校也可如地方院校一样，在个别院校建立军队级或国家级的集成电路人才培养基地，如在国防科技大学。

### （二）科学设置教学内容，紧跟时代发展

微电子学专业是一个新兴专业且发展异常迅速，专业教学既要顾及基础知识的完备性、系统性，又要体现专业的最新进展。微电子学涉及的知

识范畴很广：半导体物理与半导体器件物理、大规模集成电路、微电子制造工艺、集成电路设计原理、集成电路CAD、特种微电子器件、微机电系统(MEMS)、系统芯片以及微电子技术新进展等。当前，国内清华大学、北京大学、上海交通大学、复旦大学、中科院等院校微电子学专业的教学内容，主要涉及以下课程：量子力学、固体物理、半导体物理、半导体器件物理、半导体材料及工艺原理、电路理论、模拟/数字电路、超大规模集成电路(VLSI)设计原理、VLSI CAD、传感器原理、专用集成电路(ASIC)设计、现场可编程门阵列(FPGA)、微机械加工技术等。相比之下，国外及我国港台地区高校的微电子学专业更强调实用性和可操作性。军队院校发展微电子专业，既要突出基础知识的完备和系统性，也要体现专业的实用性，更要突出军事应用的特殊性，对于一些特殊的关键技术课程，在军队院校也要适当开设。作为军事院校，在专业教学和人才队伍的培养上要坚持有所为、有所不为，突出军事特色，有侧重地科学设置专业教学内容，突出专业的系统性知识；充分利用现有的教学资源，配以反映专业教学的实验；积极开展教学改革，对基础类、研究类、自学或讨论类、设计类、讲座类等课程实施不同的教学方式；加强国际交流，直接引用外文专业教材和实施双语教学等。通过高水平的学科建设以及高水平的科研，带动专业教学的深入，让学生在科研实验的观察、探索、发现和创新中涉足本学科专业的发展前沿，获得创新能力和创新思维。

### （三）建设一支高水平教师队伍

军事院校要发展微电子学科，培养高质量的微电子技术人才，首先要有一支以微电子学专业毕业为主体的，电子、物理、计算机等相关学科专业毕业的高水平教师队伍。要采取送出去、请进来和相关专业培训等办法，不断提高教师队伍的素质和业务水平。通过完善考核评价体系，强化激励机制，深化职称评审制度，重点抓好学科带头人、中青年学术带头人和学术骨干的选拔培养工作。以师德建设和业务建设为重，在教师队伍中树立严谨的学风、浓厚的学术气氛、专心致志、开拓进取、团结协作的工作作风。积极发挥老专家、老教授学术造诣深厚、工作经验丰富的优势，传帮带中青年教师，努力形成一支老中青结合的、学术造诣深厚的、以博士毕业为主体的优秀教师队伍。

（责任编辑：阳仁宇）