

新军事变革 与军用半导体技术

□ 张蜀平 赵小宁 王祖文 编著 □



国防工业出版社

National Defense Industry Press

新军事变革 与军用半导体技术

张蜀平 赵小宁 王祖文 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

新军事变革与军用半导体技术 / 张蜀平, 赵小宁, 王祖文编著. —北京: 国防工业出版社, 2008. 2

ISBN 978 - 7 - 118 - 05525 - 2

I. 新... II. ①张... ②赵... ③王... III. ①军事改革—研究—世界②半导体—应用—军事技术 IV. E1 TN304

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 202823 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 174 千字

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 15.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

编辑委员会

主 编	张蜀平	赵小宁	王祖文
编写人员	李栓庆	李秀清	李 静
	李和委	何 君	陈裕权
	叶立剑	王 明	郭树田
	武俊齐	罗 君	

编审委员会

主 任	王阳元		
副 主 任	许居衍		
委 员	郝 跃	严晓浪	赵正平
	尤 政	李佑斌	韩建忠
	何 力	杨克武	杨乃彬
	白 丁		

前 言

世界新军事变革始于20世纪70年代,于90年代开始长足发展。这场军事变革是世界军事发展史上范围最为广泛、影响最为深刻、力量最为强劲的一次革命性的变革。随着世界新军事变革和战争转型的加速,世界各国尤其是一些军事强国,都基于本国国情和军情不失时机地推出了一系列装备建设与发展新计划。许多军事专家认为,这场新的军事变革与转型,正在使人与武器装备间的关系发生深刻的革命。美国的军事变革分为军事传感革命和军事通信革命两个阶段。目前已完成军事传感革命,正在全力推进军事通信革命。通过这场新军事革命,美军的指挥控制攻击能力、快速机动能力和超常毁伤能力都得到空前提高。

新军事变革是把工业时代的机械化军事形态改造成信息时代的信息化军事形态的过程,其主要标志是信息化武器系统逐渐主宰战场,出现知识密集型的信息化军队,信息化是这次新军事变革的本质和核心。武器装备的信息化和信息系统一体化是美国新军事变革中最大的亮点,冷战后美军不论在信息化指挥控制系统还是在精确制导武器、隐身武器等尖端武器方面均在全球军事界一枝独秀。

为了实现武器装备的信息化和信息系统一体化,首要的军事高技术就是军用半导体技术。随着新军事变革的迅猛

发展,对半导体元器件各方面的发展和创新提出了更高的要求。半导体元器件技术是军事武器装备信息化的关键技术,是武器装备实现高性能、低能耗、小型化、智能化、高可靠的核心技术,是军事系统具有明显技术优势和未来新军事变革的主导技术。综观现有军事系统的发展,所有的空间、空中、地面和海洋领域的各种军事电子系统无不广泛应用半导体元器件技术,而且依赖于半导体元器件技术的不断发展以获得先进性能。随着战场和军事电子系统环境的变化,军事电子系统对半导体元器件技术的需求主要有高密度、高速度、低功耗、高频、大功率、宽工作温度范围、抗辐射和高可靠等性能。同时,随着军事电子系统向更加复杂和精密方向发展,对这些技术的需求将不断提高。

半导体器件技术虽然理论比较成熟,但仍在不断深入研究与开发的 Si 基、GaAs 基、InP 基和宽带隙半导体器件和电路技术,以及近期涌现的 MEMS、纳电子等一些新型技术。其中最引人注目的是“纳米军团”,它将作为一种全新的作战力量,出现在未来的信息化战场。纳米技术如果应用于军事领域,必将会引发一系列重大变革,并将加速信息化建设与发展的进程,进而使未来信息化战场发生重大改观。目前一些军事强国正在竞相研制纳米微型武器。据悉,现在已有超微型信息系统和攻击系统悄然走出实验室,有的已准备投入战场,将与传统作战巨魔展开拼杀。

半导体技术虽然在各个领域都有重要作用,但要达到高水平,却不是一件轻而易举的事情,需要闯过一道道难关。当今世界,无论是发达国家还是发展中国家,都不惜斥巨资发展半导体器件技术,并把它放在高技术发展的首要位置。

已经掌握了这项尖端技术的国家,严格控制向其他国家转移,要想摆脱对别国的依赖,必须依靠自力更生。我国的半导体技术虽然取得了可喜的成绩,但是与世界先进水平相比还存在着相当大的差距,这在很大程度上成为制约我国工业发展和武器装备上台阶的“瓶颈”。在世界新军事变革如火如荼之时,我们必须紧盯世界军事变革前沿,把握新军事变革的发展趋势,以扎实有效的实践全面推进中国特色的军事变革。

为此,我们组织了中国电子科技集团公司第13所、55所、24所、44所和兵器工业集团公司214所的专家和有关人员编写了此书,旨在为我国的新军事变革尽绵薄之力。

我们虽然力求客观、准确、真实地为读者提供详尽的资料,但因水平有限,难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2007年11月2日

目 录

第一章 概述	1
第一节 世界新军事变革的起源和发展历程	1
第二节 半导体技术在新军事变革中的作用	7
第三节 影响新军事变革的主要半导体器件	13
第二章 硅器件与电路技术	21
第一节 概述	21
第二节 硅基微波功率器件与电路	22
第三节 绝缘体上硅器件与电路	32
第四节 硅模拟集成电路	37
第五节 硅超大规模集成电路	41
第三章 硅锗器件与电路技术	48
第一节 概述	48
第二节 发展现状	50
第三节 发展趋势	56
第四节 应用前景	58
第四章 砷化镓器件与电路技术	60
第一节 概述	60
第二节 发展现状	61
第三节 发展趋势	75
第四节 应用前景	77

第五章 磷化铟器件与电路技术	79
第一节 概述	79
第二节 发展现状	82
第三节 发展趋势	93
第四节 应用前景	97
第六章 宽禁带半导体技术	101
第一节 概述	101
第二节 发展现状及趋势	102
第三节 应用前景	112
第七章 微电子机械系统	122
第一节 概述	122
第二节 发展现状	126
第三节 趋势与需求	139
第四节 应用前景	147
第八章 纳米技术	164
第一节 概述	164
第二节 发展现状	165
第三节 应用前景	183
第九章 光电子器件与电路技术	187
第一节 概述	187
第二节 光子晶体器件	187
第三节 光学微电子机械系统	194
第四节 红外焦平面阵列器件	198
第五节 热成像器件	204
第六节 电荷耦合器件图像传感器	209
第十章 微组装技术	217

第一节	概述	217
第二节	发展现状	219
第三节	发展趋势	229
第四节	应用前景	236
第十一章	系统芯片技术	240
第一节	概述	240
第二节	发展现状	243
第三节	发展趋势	246
第四节	应用前景	258
后记	266

第一章 概述

新军事变革始于 20 世纪 70 年代,主要是指以信息技术为核心的高技术群所引发的一场技术革命,这场技术革命不仅影响到武器装备的发展,而且影响到军事理论创新和编制体制的调整,不断促使军队整体产生革命性的变革。主要标志是信息化武器系统逐渐主宰战场,出现知识密集型的信息化军队。从世界来看,美军是这场新军事变革的领头羊,紧随其后是英、法、德、日等发达国家,第三类是俄罗斯,第四类是发展中国家。目前,我国正在积极推行中国特色的新军事变革。

第一节 世界新军事变革的起源和发展历程

目前,正在发生的这场新军事变革,是迄今人类历史上影响最为深刻、最为广泛的一次。从发展轨迹上来看,这场军事变革从酝酿、产生到发展,中间经历了 30 多年量变的积累过程。综观这场新军事变革的演变过程,大致可分为以下几个阶段。

一、新军事变革的酝酿(或称技术萌芽)阶段

从越南战争后期“灵巧炸弹”的出现到 20 世纪 70 年代初,

美军在越南战争中深陷泥潭,企图用“地毯式轰炸”,截断被称为“胡志明小道”的交通运输线,尽管费尽心机,付出了沉重的代价,但一直未能得逞。美军先后出动飞机 600 余架次,投弹 5000 余吨,在损失 18 架飞机后仍未能将位于河内附近的交通枢纽清化大桥摧毁。1972 年 5 月,美军首次使用“宝石路”激光炸弹,只出动 14 架飞机,投掷 14 枚制导炸弹便一举将其炸毁。此后,美国等发达国家军队都越来越重视研制和生产这类精确制导武器。在这个时期,信息技术迅猛发展,并广泛应用于军事领域,美、苏等军事强国在 20 世纪 70 年代基本上实现了指挥自动化。精确制导武器与指挥自动化系统的发展,为新军事变革的孕育和形成提供了源泉与动力。在这一阶段美国开始逐步加大在以信息技术为主的新军事技术方面的投入和应用,从而慢慢拉开了与其他国家的差距。

二、新军事变革的理论探索（或称奠基）阶段

从“奥加尔科夫预言”提出到 20 世纪 80 年代末,可以看作是军事变革的理论探索（或称奠基）阶段。1979 年,苏军总参谋长奥加尔科夫元帅敏锐地看到了军事领域悄然发生的新变化,预言先进技术的出现必将引起一场“新的军事技术变革”。认为这种“军事技术革命”正在使发展着的新技术武器装备发生深刻变化,并将从根本上打破陈旧的军事理论,极可能出现比核武器更有效的杀伤性武器,从而影响到军事领域的各个方面。“奥加尔科夫预言”在世界军事领域引起了高度重视和极大反响,研究新技术对军事发展的影响逐渐形成热潮,特别是美国组成专门班子,研究和评估奥加尔科夫提出的新军事技术革命问题。马歇

尔等人对美国进行新军事变革的必要性和可能性进行了较为系统的研究。美国未来学家托夫勒发表了著名的《第三次浪潮》，认为知识是形成毁灭力的主要资源，1 盎司（1 盎司 = 28.35g）硅（Si）产生的效益也许比 1t 铀还要大。海湾战争后，不少美军将令就指出，海湾战争实际上是用美国的军事技术和苏联的作战思想打赢的。

这期间发生的英阿马岛战争、以色列入侵黎巴嫩、美军空袭利比亚等局部战争，使新军事变革初露端倪。特别是在 1986 年 4 月美军空袭利比亚的“黄金峡谷”行动中，美军飞机从千里之外的英国起飞，长途奔袭，只用不到 10 分钟就摧毁了利比亚的指挥中心、机场、港口等重要军事设施，摧毁飞机 37 架，充分显示出现代技术条件下“外科手术式”空中精确打击的威力。

在托夫勒关于“信息是决定战争胜负的关键因素”这一思想的影响下，美军提出了“空地一体”作战的新理论，1995 年出台了《2010 年联合构想》，同时还积极发展“爱国者”导弹、“阿帕奇”直升机、联合监视与目标攻击系统等多种信息化武器系统，并相应改革军队的体制编制。

三、新军事变革的全面发展阶段

从海湾战争爆发到世纪之交，可以看作是新军事变革的全面展开阶段。1991 年的海湾战争成为美国乃至世界新军事变革中的一座里程碑，它全面反映了作战方式和战争形态的根本性变化，被人们称为第一场信息化战争，是硅片对钢铁的战争，具有划时代的意义。美国在这场战争中使用了 100 多种高技术武器装备，并发挥了巨大威力。据

统计,美军一共投掷了精确制导武器 19800 枚 (7400t) , 仅占整个投弹量的 9% , 却完成了对伊战略和战役目标打击任务的 75% , 平均命中率达 80% 的非制导炸弹总计投弹量超过 80000t, 而命中率只有 25% 。特别是对重要目标的打击更是完全依靠精确制导武器。在这场战争中, 以美国为首的多国部队以最小的代价, 获得了最大的军事效益, 使战争向着以信息处理能力为基础, 以隐身、远程精确打击为重要手段的新形态转变。海湾战争中, 美军大面积地使用了 C³I 综合电子信息系统, 并且在战后大规模启动了数字化建设。世界上第一支数字化部队, 即美国陆军的第四机械化步兵师, 就是在 1994 年着手改建的。

到了 1993 年, 当时任美国国防部基本评估办公室主任的马歇尔认为, 技术革命不足以反映这场军事革命的全部内涵, 提出用“新军事革命”取代“军事技术革命”。美国陆军上将弗里克斯说: “我们从海湾战争中看到了新军事革命的曙光。”海湾战争之后, 新军事变革不仅在美国迅猛发展, 而且很快波及到世界各国, 研究新军事变革, 应对新军事变革的挑战, 成为世界各国军队的当务之急。

1998 年, 美国前国防部长佩里在该年度国防报告中专门就新军事革命定义作了说明。他认为, 当今这场世界性军事革命是采用新技术的军事系统同创新的作战理论与变革的军队组织体制相结合, 从根本上改变军事行动特点和进行战争的方式, 简单地说, 就是“三新两变”。

20 世纪 90 年代以后所发生的多次局部战争更是加速了世界新军事变革的发展。应当看到, 美军已经把高技术局部战争作为推进新军事变革的试验场。通过海外用兵, 美军可

以广泛应用新军事变革的成果,大量检验新式武器装备,试验新的作战理论,从而使美军作战能力迈上一个新台阶。

四、新军事变革的质变阶段

目前,世界新军事变革已经进入第四个阶段,即军事要素质变阶段,或初级质变阶段。这一阶段主要是新的军事体系赖以建构的军事要素的形成期。从总体上看,此时的军事变革更多地表现为对原有军事体系的改革和改造,并在这种改革和改造中,形成新的军事要素,发展新的武器装备,提出新的军事理论,浓缩新的体制编制,创造新的作战方法。

2003年的伊拉克战争,则标志着新军事变革在世界范围内又进入了一个新的发展阶段。伊拉克战争是美国近年来进行军事转型,也就是进行新军事变革成果的一次集中演示。如果说,海湾战争拉开了美国军事变革的帷幕,那么,伊拉克战争就是新军事变革的试验场,信息化武器、信息化作战平台、数字化部队纷纷在战争中登场亮相,战争的胜利明显得益于军事变革成果,反映了以直击要害为主的空地一体联合作战理论。可以预见,从今以后这类“试验型”战争将更多地出现,军事变革将通过“试验型”战争而提速。这种互动性将大大增加其他国家加快进行军事变革的紧迫感。

在这一阶段美国开始认识到军事变革的实质,那就是不仅要从技术方面改造当前的美军,而且要在军事理论、编制体制等各个方面都要进行变革。标志性成果就是美军参谋长联席会议出版的《2010年联合构想》、《2020年联合构想》,以及美国国防部各财年的《国防报告》和各军种与之相适应的军种构想。

通过这场军事信息革命,美军的指挥控制能力、远程攻击能力、快速机动能力和超常毁伤能力都得到空前提高。例如,从目标侦察评估到完成打击准备,第二次世界大战时一般需要 10 多天,到海湾战争时已缩短到 2 天,科索沃战争时为 1h,阿富汗战争时为 19min,而在伊拉克战争中,只需要几秒。精确制导技术的发展,使武器的打击精度提高 100 多倍。在当今世界,美国率先进入信息社会,这种社会基础为其实施新军事变革提供了可靠条件。

海湾战争、伊拉克战争给人们的震动非常大,它使世界各国特别是各个大国从中深切感受到新军事变革所带来的军事优势和发展前景。战后几年来,各国纷纷加快了军事变革的推进步伐,从而在变革的速度和质量上形成了一种不比赛的比赛局面。这种比赛虽然不像冷战时期美、苏军备竞赛那样大喊大叫,但实际上相当激烈。美国在这场变革中一直处在遥遥领先的地位,“9. 11”事件后全面加快。美国五角大楼 2002 年确定的转型目标是:2025 年前后,陆军将建成网络化的“目标部队”;海军将实现“从海向陆”的转变,由传统的“湛蓝色海军”(即远洋海军)变成能够主宰海洋与陆地交接地带的“棕蓝色海军”,成为以海基为主的全球远征力量;空军将实现航天、航空一体化,成为以天军为主导的全球打击力量。伊拉克战争后的近两三年,美国的军事变革大幅度提速。他们的指导思想很明确,就是要抢占先机,把对手远远地甩在后面,确保无论是潜在的竞争对手,还是自己的战略盟友,至少 15 年内谁也别想赶上。俄罗斯总统也发表《国情咨文》表示,一定要加快军队“迈向 21 世纪电子世界的进程”,使俄罗斯重返“有影响力的世

界强国之列”。日本借助美、日军事同盟,尽量加快推进“信息军事革命”。日本搞新军事变革的目的是双重的,既要实现自卫队由机械化向信息化的转变,又要突破“和平宪法”,实现国家军事战略由“本土防卫”型向“海外干预”型的转变。印度信息产业发达,软件出口2000年就居世界第一,美国进口软件的62%来自印度。如今,印度军队已经是亚洲拥有先进战机和电子对抗专用飞机数量最多、性能最好的军队,计划在2007年拥有太空激光武器,2008年基本实现陆军装备数字化。

据有关军事专家预测,2020年—2050年将是新军事变革高级质变阶段,即军事体系质变阶段,这是新军事体系的成熟发展期。在这一阶段,人们在逐步形成的新军事原则的指导下,对各个新军事要素进行全面整合,构建出真正反映时代特点、技术发展和军事需求的新军事体系,最终用新军事体系取代原有军事体系,实现军事领域的整体革命。

美国新军事变革的启示是:新军事变革是科技创新,必须把科技发展置于重要战略地位;新军事变革是观念革命,必须对旧有思想体系进行深刻改造;新军事变革是军事领域全面信息化过程,必须抢占信息化建设制高点;新军事变革是系统工程,必须促使各种军事要素有机结合;新军事变革是实力较量,必须从根本上提高国家综合国力。

第二节 半导体技术在新军事变革中的作用

科学技术的发展是新军事变革的基础和支柱,当前这场新军事变革的基础是以微电子技术为核心的高技术群,