

微电子技术和我们的对策

王 守 武

(学部委员, 微电子中心研究员)

1958 年第一块单块式集成电路问世以来, 电子产品突飞猛进地向微小型化发展, 这不仅使体积大为缩小, 重量减轻, 并使产品的可靠性迅速提高, 成本大为降低; 同时产品的运行速度也越来越高, 功能更趋多样化。这种向微小型化方向发展的潜力还很大。估计 90 年代微电子技术的发展, 微小型化仍然是一个主要方向。随着元器件的微小型化, 器件的开关速度将达到微微秒量级, 电路的集成度将超过每片 1000 万个元件以上。在这种情况下, 把整个电子系统集成在一起的系统集成技术就显得越来越重要。系统集成除了要求每个元器件的尺寸继续缩小外, 还要求把各种不同功能的元器件都集成在一块集成电路上, 因此要解决各种功能元器件的工艺兼容性问题。目前系统集成中最引人注目的是把各种传感器和驱动器所用的功率器件与电路集成在一起的新技术。这种新技术的普遍应用已经在微电子领域中出现了智能传感器、电力电子以及智能功率器件等新方向。90 年代, 这方面的发展将会使许多传统工业的面貌焕然一新。另一个值得注意的方向是: 人们开始利用集成电路的细微加工技术把硅材料制成细微的机械零部件。硅材料具有和钢材料一样的机械强度。美国加州大学伯克莱分校和贝尔实验室的科学家们, 成功地制成了直径只有 75 微米、厚 5 微米的目前人类最小的电动机。这种微机械结构的工艺是与集成电路工艺完全兼容的。因此, 人们有可能制造出只有毫米级大小的微型机器人。我们还应该看到, 机械部件的缩小, 必然会带来机械运行速度和精度的提高, 从而将引起机械行业的一场新技术革命。

上面简单地谈了微电子技术进一步向微小型化发展的前景。但是要实现这些理想, 还需要做两方面的基础工作: 一是基础技术, 二是基础理论。

在基础技术方面, 用分子束外延、金属有机物化学气相淀积以及化学束外延等新技术已经能够在半导体单晶表面上生长出一两个原子层的外延层。但是在表面的横向图形加工上, 现在能够达到的最小尺寸大约是百埃的量级。尤其是在两个图形的套准精度上, 问题显得更困难。前者取决于图形加工用的粒子束束斑的大小, 后者属于图形间的定位。从发展趋势来看, 随着加工尺寸的越来越小, 所用的粒子束将从紫外光、深紫外光、软 X 光、聚焦电子束一直到聚焦离子束。它们的波长不断缩小将使粒子束的束斑也不断缩小。在图形的定位问题上, 从光电显微镜到光栅定位, 今后的发展将采用扫描电子显微技术和隧道电子显微技术来定位。

在基础理论方面, 电子元器件尺寸的不断缩小, 固体内部电子的量子效应显得越来越突出。用分子束外延技术制作的超晶格材料, 是在单晶中人为地引进了一个比原有晶格常数大几十倍的周期性晶体场变化, 从而使原有的布里渊区分割成若干个小区, 把原有的能带分裂成若干个小能带。这种超晶格材料将具有特殊的电学和光学性能, 而且这些性能可以通过人为改变晶体场的周期性而发生变化, 因此人们称之为“能带工程”。用分子束外延技术还可以制

作成单量子阱的材料。在这种材料中,电子被局限在一个二维的量子阱中,也称为二维电子气。二维电子气可以有很高的迁移率,同时它的能态分布曲线呈现出台阶的形式。利用这些特点已经研制成高迁移率晶体管(HEMT)和量子阱激光器等新器件。在具有二维电子气的材料表面上,再刻蚀成量子尺寸的线条,这就成为量子线结构。电子波在量子线中的传输可以与微波在矩形波导中的传输相类似。研究在量子线中的电子输运过程需要考虑两方面的新问题:一是电子波的相干效应;二是杂质或缺陷在微观分布上的随机性所引起的涨落问题。这方面的深入研究,将使人们设计并研制出各种具有量子尺寸的新器件。这些器件可被称之为“电子波器件”。它们的出现将使目前的微电子技术更上一层楼。

面对国际上微电子技术迅猛发展的形势,我国的微电子行业该如何搞,这是人们经常谈论的一个问题。我认为在制订我国微电子行业规划时,必须考虑到微电子本身的特点,我国的国情以及所处的特殊地位。我国是社会主义国家,又是工业比较落后的国家,而微电子却是一个非常敏感、国际竞争异常激烈的高技术领域,想完全依靠引进技术来发展我国的微电子只能是一种幻想。因此,我们必须首先下定决心,以自力更生为主,争取外援为辅来发展我国的微电子行业。这种决心必须落实在行动上而不能只是一句口号。以自力更生为主,就必须有长远的规划。要狠抓基础,切实重视科技队伍的培养。

抓基础,就是要把发展微电子技术所需要的支撑环境建立起来。没有这些支撑环境,发展微电子技术就象在沙滩上建造空中楼阁那样,是很难实现的。这些支撑环境中最重要的有两条:一是微电子所用的基础材料,二是微电子所用的专用设备。这也正是目前西方国家对我禁运的,其中特别值得注意的是微电子所用的专用设备。由于微电子本身的技术性很强,国际上早就公认,“微电子的发展是一代工艺,一代装备,一代产品”。没有先进的专用设备,就不可能有先进的微电子产品。日本在发展超大规模集成电路初期,政府曾组织5家大公司的科技骨干,成立了联合研究所,着重研究几项关键性的细微加工专用设备,这对日本后来的超大规模集成电路工业的发展起了十分重要的作用。同时我们还应该看到,微电子专用设备本身也是一项产业。在国外生产微电子专用设备的厂家要比生产微电子产品的厂家多得多。发展我国微电子专用设备行业,也必须贯彻以自力更生为主,争取外援为辅的方针,具体来说,应该抓好下列几点:

(一) 引进国外先进技术装备时,不仅要安排好消化吸收的人力、物力和财力,同时要把我国自己的科研成果结合进去,做到消化吸收之后有所创新。

(二) 中国科学院和某些高等院校以及机电部的科研所,曾在微电子专用设备的研制上做过大量工作,某些技术指标已达到或接近国际先进水平,但是在实用性和可靠性方面,差距还比较大。建议把这部分力量组织起来,给予必要的支持,同时在外贸上打通渠道,能够较快地进口一批关键的零部件,以提高整机的可靠性,争取能打入国际市场。

(三) 尽量争取与外贸合作,在国内进行总体设计和调试,分部件从国外进口或国内加工一部分。在与外资合作中要做到以我为主,防止完全受控于外商,避免使我国的民族工业受到压抑。

(四) 微电子专用设备的研制开发单位,要建立起工艺调试场地,使设备与工艺密切结合起来。同时还要培养一支维修服务队伍,逐步与国内外建立起维修服务网。只有这样,我国的微电子专用设备行业才能站稳脚跟,我国发展微电子技术才有可靠的保证。

最后,一支强大的科技队伍也是自力更生发展我国微电子技术的必要条件。目前我国人才外流严重,科技队伍出现断层。这些现象在微电子专业队伍中更为突出,如不采取果断措施,势必影响发展我国微电子技术的前途。解决这个问题的办法是:增加科技方面的投入,以改善我国的科研工作条件,吸引更多的青年科技人员投入到微电子的科研中去。同时要大力加强从科研到生产的中间环节。对微电子来说,一个科研成果要变成产品,需要经过中间试验、小批试生产、新的生产专用设备的研制和改进等一系列工作。我们如果不愿意在中间环节上投入足够的人力、物力和财力,那么自力更生地发展我国的微电子技术也只能是一句空话。