

- [23] 陈宗柱,高树香. 气体导电(下册). 南京:南京工学院出版社,1988. 48
- [24] 胡志强,甄汉生,施迎雄. 气体电子学,北京:电子工业出版社,1985. 78

- [25] 林立中. 冷等离子体表面处理设备及其处理工艺,中国发明专利,ZL89107909. 2
- [26] 林立中. 滚筒式等离子体表面处理机,中国实用新型专利,98227420. 3

## 物理学对微电子高新技术的推动作用\*

李秀琼

(中国科学院微电子中心 北京 100010)

**摘要** 描述了物理学对微电子高新技术的推动作用. 无论是从本世纪晶体管的发明到计算机的日新月异发展,或者从下个世纪的新结构半导体器件到计算机的全新变革,都充分说明了物理学的重要作用.

**关键词** 物理学,微电子

### HIGH TECHNOLOGY FOR MICROELECTRONICS WAS DRIVEN BY PHYSICS

Li Xiuqiong

(Microelectronics Center, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100010)

**Abstract** From the history of microelectronics high technology, this paper shows how it was motivated by physics. Whether from the invention of the transistor to rapidly changing computer engineering of the 20th century, or from new semiconductor devices which will create a completely new structure of computers in the 21st century, it is evident that physics has been playing an extremely important role.

**Key words** physics, microelectronics

20世纪是物理学推动高新技术飞速发展的世纪,对微电子技术也毫不例外. 美国于1925年创建的贝耳实验室,如今已成为世界上规模最大、技术最先进的科学技术研究和发展的研究院之一. 自1947年以贝耳实验室的肖克莱为首的固体物理研究组发明了晶体管以来,世界微电子科学技术得到突飞猛进的发展. 领导贝耳实验室的7个总裁中,有4个是从美国的不同大学的物理系毕业的. 这些事实已足以看到物理学对推动贝耳实验室的发展起了多么重要的作用. 物理学也对20世纪世界高新技术发展起决定性推动作用.

本世界50—70年代,理科中最好的学生考

大学时第一志愿多是物理系或与物理相关的系科,他们现在都已成了各行各业的领导和重要骨干. 我国一星两弹的成功发射正是解放后从国外回国的老一代科学家和国内自己培养的大量从事物理(和化学)的科学家共同努力、拼搏和奋斗才创造出来的人间奇迹. 它令全世界人刮目相看,大大地增强了我国的国力,空前地提高了我国在国际上的地位.

在科学的不断发展、人类的不断进步的过程中,虽然许多学科是交叉地发展的,但无一门是不用到物理学的. 无数事实证明,学物理学的

\* 1998-10-07收到

人要转向别的领域比较容易,而别的领域要转向物理学就比较困难,对领导来说,这就是说学物理的人好用。所以物理学应该成为培养高新技术人才的基础学科。就拿目前最热门的计算机来说,它来源于真空电子管。第一代的一台计算机是一座好几层楼房高的大家伙,发展到今天的中央处理器单元(CPU)芯片只有指甲盖大小,它是通过物理学上发明了晶体管才取代真空管,又由于技术的进步发展成为集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路才实现的。多媒体网络电子系统的需求和发展,日益强烈地刺激着集成电路向更高集成度、更高运转速度的方向发展。到 21 世纪,数据传递将是异常地高速。目前提高芯片密度和速度的主要方法是按比例缩小器件的尺寸,然而尺寸的缩小使芯片的功耗增加,也使工艺复杂程度提高,从而增加了成本的投入。再者,由于尺寸小,参加工作的杂质数目有极限而使传统的统计平均的杂质分布理论不成立,从而带来潜在的信号涨落和起伏问题的增加,这样带来了器件的不稳定性。产生这些问题的原因是这时的量子效应突出。由于计算机中大量 MOS 电路的使用,国际上已经讨论过,要使小于  $0.1\mu\text{m}$  栅长的大规模集成电路器件工作得很好,必须采用新的器件结构。

为了解决以上问题,研制出下个世纪的新结构器件,国际上从 1991 年就成立了“Electrotechnical Laboratory”专门来研究和开发一种叫做“量子功能器件(the quantum functional device)”的新型器件。这个课题有两个主要的目标:(1)通过控制量子现象,建立崭新的高速、低功耗、多功能运作的纳米尺寸器件基本工艺技术;(2)这些新器件的集成技术的研究和开发。

要实现通过控制量子现象制作出这些新器件和集成这些新器件的目标,必须解决如下关键问题:(1)制造这些器件的合适的材料;(2)具有最佳化量子现象的纳米制造技术;(3)能精确地控制量子现象的器件的结构;(4)改进信息处理质量的方法。

通过控制和利用量子现象,该研究组已提

出以下 8 个新器件课题:(1)隧道控制功能器件;(2)量子带间耦合多功能器件;(3)共振电子跃迁器件;(4)能量量子化的逻辑/存储器件;(5)耦合量子点器件;(6)量子波结构的功能器件;(7)单电子逻辑器件;(8)CMOS 耦合单电子器件。

这些全新名词和结构器件的提出和研究,如果没有深厚的物理基础和量子物理知识是根本不可能的,而这些器件将可能成为 21 世纪的新器件。当然,对 21 世纪需求的新器件首先要对它们的物理原理进行研究,并解决以下几个问题:隧道结势垒高度控制问题;两个隧道结势垒之间的量子阱或量子点能级分离问题;量子点之间的单电子隧穿控制问题;穿过量子线的极化声子的输运和干扰问题。解决了这些问题,作为多功能逻辑存储器的单元器件是能工作的。

综上所述,从现在开始提出并正在研究的 21 世纪微电子面临的课题来看,所要解决的问题以及去解决这些问题的人所需要的知识不仅仅是基础物理、量子物理、超导物理、材料物理、工艺物理,还涉及到数学、化学、电路、计算机等学科的交叉知识。所以说微电子学是一门需要综合性知识很强的人来攻关,同时微电子工业发展是需要综合国力很强的国家才能完成,这就是为什么目前全世界计算机的芯片几乎由美国独家包揽的奥秘所在。美国长期以来以优厚的待遇吸引全世界的优秀科学家,来弥补它本国大规模发展微电子工业所需人才的剧增而本国人才培养又不足的尴尬局面。

我曾了解到这么一个中国学生,他高中毕业时就保送到北京大学物理系学习,当他大学毕业时,同时拿到同校的物理系和无线电系两个学士学位,马上被美国的明尼苏达州立大学招去攻读博士,他攻读博士的课题是大规模集成电路工艺,后来另一个同校同系的教授看中了他,这个教授是搞大规模集成电路设计的,结果这个教授把他挖走了,因此引起两个指导教授大战了一场,最终还是以这个学生自己选定的方向作为准则,继续搞大规模集成电路设计。

从这个例子可以看到,外国的教授都在抢具有综合知识能力的人才,特别是有良好物理基础的人才,而相比之下,我们却白白地流走了许多难得人才.当然,我们希望这只是暂时的现象.

总之,20世纪物理学高度发展促进了微电子学的产生,微电子学的高度发展又大大地促进计算机科学空前壮大、发展和提高,并在全世界、全人类范围内得以普及,它使人类居住地成

为地球村.然而信息产业的高速发展,要求信息量的大和快的传输又对微电子学提出新一轮的难题,而解决这个难题的关键角色又是物理,特别是基础物理、量子物理、材料物理和工艺物理.所以我们可以说物理学将伴随着人类永远走向更辉煌灿烂的明天,如果你要使自己成为达到辉煌顶点的一员,就应该先把物理学好.

## 1999年第8期《物理》内容预告

### 中国物理学会第7届全国会员代表大会文集

中国物理学会第7届全国会员代表大会会议纪要;  
在中国物理学会第7届全国会员代表大会上的工作报告(陈佳洱);  
在第6次胡刚复、饶毓泰、叶企孙、吴有训物理奖授奖大会上的讲话(彭桓武);  
中国物理学会第6次胡刚复、饶毓泰、叶企孙、吴有训物理奖获奖项目、获奖者及其主要贡献;  
在中国物理学会第7届全国会员代表大会闭幕式上的讲话(陈佳洱);  
中国物理学会第7届理事会理事名单;  
中国物理学会第7届理事会常务理事名单;  
中国物理学会第7届理事会正副理事长、秘书长名单.

### 研究快讯

电荷密度波材料  $\text{NbSe}_3$  高温隧道谱的意外发现(张殿琳).

### 知识和进展

高红移 Ia 型超新星的搜寻和宇宙的加速膨胀(邓祖淦等);

光电子物理及应用前沿问题(褚君浩);  
表面科学研究回顾与21世纪发展展望(孙牧等);  
理论预言的氮化碳超硬膜研究新进展(顾有松等);  
光学分数傅里叶变换及其应用(张岩等).

### 物理学和经济建设

表面科学技术在空间的应用(达道安等);  
表面工程技术的发展和應用(徐滨士等).

### 实验技术

薄膜层状外延生长的光学原位实时监测方法(陈凡等);  
低能单色正电子束装置的原理、研制及应用(王天民等).

### 书刊评介

不简单的整体性——评《简单物理系统的整体性》(葛墨林).

### 前沿和动态

1997年度物理学成果精粹( ) (张端明等);  
木星的“月亮”内存在海洋——伽利略探测器磁强计实验(戴闻);  
玻色-爱因斯坦凝聚中的等效约瑟夫森效应(戴闻).