

集成电路发展前景

——下一步的技术进展

王家祺

(美国 Nanodynamics, INC)

人类不久将进入下一世纪。对于半导体工业来说,可以预计集成电路的发展将进入线宽小于 $0.1\mu\text{m}$ 的图形这一范畴。那么,限制半导体工业继续进步的关键问题是什么呢?有没有现成的答案呢?我们可以将整个问题分解成三个方面,即科学上的限制、工艺的局限和经济上的考虑。

第一个方面的问题是科学上的限制。更确切地说,就是在小于 $0.1\mu\text{m}$ 线宽的图形中产生的物理上的限制。用现行的工艺制作的、尺寸如此之小的硅器件将产生很多热量,消除这些热量所需的费用相当昂贵。GaAs 器件中产生的热量要少一些,但是难于制作门电极。超导开关器件已经为我们提供了简单的、有生命力的方案来解决这一问题。朱博士(Dr. Tsu)设计的硅分子三极管突破了在制备小于 $0.1\mu\text{m}$ 图形中的这些限制。他提出利用应变层的能量来产生超薄的、理想的超晶格。弹道运输的电子或电子波可以发生共振隧穿,通过位垒,以构成场效应管(FET)。因此,可以只用硅和二氧化硅来设计出纳米尺寸的图形。

第二个方面的问题是工艺上的局限。工艺上的限制来自四项要求。第一项要求是工艺必须适宜于制备深亚微米(sub- $0.1\mu\text{m}$)的图形。因此,制版技术必须突破二次电子的、典型的极限尺寸 $0.25\mu\text{m}$ 。理想的、敏化的电子束应该是很软的电子束,它的可影响的尺度范围应为几个原子的范围。也就是说它仅仅在原位产生作用,这就可以精确地复制成掩膜的图纹。这一技术被称为“俄歇电子微制版术”,简称 AM 技术。在 AM 技术中,俄歇散射中心在原子浓度仅为感光膜的材料 0.5% 的原子浓度时就

可以接收俄歇元素的 K-吸收边的 X 射线的辐射,它可以使俄歇元素原子发射出多个俄歇电子,这些俄歇电子很软,它能产生出比通常二次光电子高一个数量级的辐射剂量,从而减少了背景噪音。

第二项要求是必须发展高效率的 X 射线分步扫描技术或反复扫描技术。这样的器件被称为“ABCD——点”扫描装置。它的定位精度为深亚微米(sub- $0.1\mu\text{m}$)而无需重复多次。第三项要求是图形的临界尺寸的监测,这就要求建立 X 射线显微镜。第四项要求是提供便宜的线聚焦的 X 射线源。Nanodynamics 公司已经发展了这两项技术。

第三个方面的问题也是最重要的问题,那就是经济性的问题。现有的集成电路生产线主要利用光学技术,生产线的长度随集成电路日趋复杂而变得越来越长。用来制备小于光波长的图形的光学装置只能有异常浅的聚焦深度(景深特小)。例如,当制作集成电路的某一层时,必须专门为之设定参数;这时,光学装置不适宜于制备另一层的图形。随着集成电路中层数的增加,生产线的长度也将按比例延长,其费用也要相应地增加。如果坚持用现行技术,则制备 sub- $0.1\mu\text{m}$ 图形的生产线的费用约需 2000 万美元。在每一条生产线标价为 2000 万美元的条件下,很少有半导体公司乐于投资兴修。X 射线的装置一举解决了这些技术上和经济上的问题。X 射线装置可成为“小批量生产”的关键部件,它有助于突破经济上的限制。

采用 X 射线时,景深很大。同时,它也可以适应各方面的要求。具有某一功能的同一种 X 射线装置可用于制备集成电路中所有各层的图

我国受控核聚变的新进展

——在 HL-1 托卡马克上用偏压电极实现 H 模运行

冉利波

(核工业西南物理研究院,成都 610041)

托卡马克是当前世界实现受控核聚变的主要途径。在 HL-1 托卡马克(中国环流器一号)上用偏压电极实现了从低约束模(L模)到高约束模(H模)的转换,研究了外加径向电场对这种转换的作用及等离子体性质的变化。此工作是我国核聚变研究的新进展和重要成果。该文简要地介绍了此项研究工作的物理内容和意义。

Abstract

The H mode has been induced by the biased electrode on the HL-1 Tokamak. The L-H transition takes place and related phenomena in the plasma are observed. The time scale of the reduction of the edge parameters is much faster than the time scale of the changes of the global parameters, indicating that the L-H transition starts at the plasma edge and gradually develops into the plasma center. To access the H mode the electrode current plays an important role. A theory of the H mode induced by the biased electrode has been developed which agrees fairly well with the experimental results.

托卡马克是当前实现受控核聚变的主要途径。托卡马克运行有两种主要的约束模式:一种是高约束模式,简称H模;另一种是低约束模式,简称L模。由于H模的能量约束时间比L模高出好几倍,因而核聚变研究人员都力求使各自的托卡马克运行在H约束模式。H模也是未来托卡马克聚变堆优选的约束模式。这就使

对H模及 L-H 转换的研究成为当今世界上托卡马克研究的重大热门课题之一。

H模是1982年在联邦德国的托卡马克 Asdex 上发现的。其主要特征是,当加热功率超过一定阈值时,等离子体边缘的 D_α 线辐射强度突然下降,等离子体密度明显增加,粒子及能量约束明显改善。H模已在当今世界上一些

形。可以说,即使集成电路的层数增加,也不必增加主要加工设备的数目。此外,同一套装置还可以制作出所有结构的集成电路,一层接一层地以小批量的方式制出。利用“小批量生产”方式所建立的生产线的费用可从2000万美元下降到200—300万美元。使用非破坏性的X射线显微镜来监测临界尺寸的主要优点是减小了批量。批量的减小不仅缩短了生产周期,而且降低了费用,也可增加集成电路的种类。像电子束车间一样,可能大量生产。另外,X射线

制备工艺对环境的洁净程度的要求也较低。

总之,Nanodynamics公司已发展了或正在发展以下技术:(1)分子三极管工艺;(2)俄歇制版工艺;(3)X射线显微镜;(4)X射线分步扫描;(5)可选波长的聚焦X射线源。

Nanodynamics公司乐于全力投入集成电路的工艺革新和发展令人振奋的小批量生产过程。

(中国科学院物理研究所 解思深译)