

# 激光扫描显微镜中的 OBIC 成像功能

袁雅珍

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 扼要的介绍了激光扫描显微镜在国内外的的发展状况,着重介绍了激光扫描显微镜中特殊成像功能 OBIC 成像的测量方法、基本原理、技术特色和应用前景。

**关键词:** 激光扫描显微镜; OBIC 成像; CCD 成像

## 1 引言

激光扫描显微镜是我国近几年来研制出的一种崭新的显微成像测量仪器。它对生物、医药、地质和半导体等领域的研究工作有着重大的意义和广阔的应用前景,因此人们对此项技术的发展也倍加关注。尤其是在当今世界,计算机和半导体事业的飞速发展,有力的推动着半导体集成电路器件向着高密度化、高精度化、高速度化的形势发展。由此便对半导体集成电路器件的测试工作提出了更高、更新的要求。它急待一批高性能的测试仪器问世。

早在八十年代,美国、英国、日本、德国等国家就已投入了大量的人力和财力进行研究,并试制出了激光扫描显微镜。为了赶上显微成像测量仪器的世界先进水平,提高我国大规模集成电路的测试能力,近几年来我们研制出了我国第一台激光扫描显微镜。

激光扫描显微镜是以光学为基础,融机械、电子、计算机为一体的高精度的测量仪器。它无论是在成像机理、系统结构、还是在数字图像处理等方面,都采用了近年来发展起来的多种高新技术。它与传统的光学显微镜相比,除了具有分辨率和几何精度高等优点外,一个突出的特点是具有当前最新的特殊成像功能——OBIC 成像。也就是本文所要重点介绍的内容。

OBIC(optical beam induced current),是指由光束照射到半导体表面,而使 PN 结产生的光激励电流。

所谓 OBIC 特殊成像功能也就是将此激励电流作为图像信号处理,使半导体集成电路内部光电响应的不均匀性图像化,通过图像分析来评价用其它方法而无法得到的半导体内部分布特性。因而,它在半导体器件的质量评价、故障分析和失效机理研究等方面都为世人所瞩目。

在国外同类仪器中还有一种测量仪器也被人们所青睐。即称作 EBIC(electron beam induced current)它是利用电子扫描显微镜来测试半导体器件。与 OBIC 方法测量相比虽然 EBIC 也具有独特的成像功能,但却有致命的弱点,即在测试时,被测样品必须放在真空室内,而且当电子束能量大时还存在损坏被测样品的危险。因而尽管 OBIC 成像方法比 EBIC 成像

\* 国家“七五”攻关课题

收稿日期:1996年3月6日

方法的分辨率略低,但由于它具有成本较低、结构简单、不必放在真空室内、测试装置较小并能准确控制所激发的能量等优点,因而仍然倍受重视。

## 2 原理与结构

激光扫描显微镜是由激光照明系统、扫描系统、光学成像系统、光电探测器、视频处理器、A/D 转换器、数据缓冲接口、图像显示和微型计算机等系统所组成。

它以激光照明系统、扫描系统和光学成像系统为基础,开发出了可以适应多种图像处理的两路成像系统。一路是 CCD 成像系统;另一路是 OBIC 成像系统。它们分别以各自不同的特殊结构和光电技术,实现了不同的图像处理功能。如图 1 所示:

如果我们要得到一幅物体表面的显微识别图像,并判断其精细线条间的精度时,就要通过光学/电流选择光学档,通过 CCD 成像系统来实现此目的。

而当我们得到反映半导体(集成电路)芯片内部的特性时,便要通过光学/电流开关来选择电流档,也就是选择 OBIC 成像系统来实现。

由于 OBIC 成像系统与 CCD 成像系统的接收方式截然不同,因而不能同用一个测试台。OBIC 成像系统测试的样品一般为未封装的半导体(集成电路)芯片,对它的放置要求比较严格和特殊。第一,器件

放置既要平稳、又要无震动,而且芯片平面必须保持与光轴垂直;第二,在用夹片固定样品时不能划伤芯片;第三,要解决各种样品厚度不均匀带来的其它影响。同时又由于光学及结构上的限制,对这些部件的精确安装与调试实现起来是很困难的。我们考虑了加工工艺所必需的特殊结构设计,充分利用空间设计了多种必需的装配调整机构,并为 OBIC 测试系统设计了专用无应力调平测试装置。如图 2 所示:

此装置既可实现大距离行程快速调整,也可在微小位移下精确调整,而没有任何附加外力。从而实现了系统中各部分的正确合理对接,为 OBIC 系统接收信号的提取工作提供了必要可靠的条件。

在我们要获取一幅被测样品的 OBIC 图像时,首先将被测芯片放置于无应力插座上,然后使光学/电流转换开关打到电流档,选择 OBIC 系统测试通路,让激光光束通过扫描光路和显微物镜等聚焦在被测芯片表面上,这时激光光束在扫描光路的控制下,对芯片逐点进行扫描。此时芯片中 PN 结内部的少数载流子被强光所激励,产生光感应电流。此电流经 OBIC 放大器放大,又经过 A/D 转换器和数据缓冲接口电

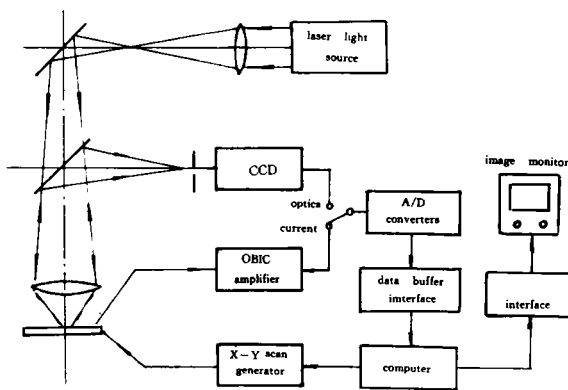


图 1 激光扫描显微镜原理图

Fig. 1 System diagram of the laser scan microscope

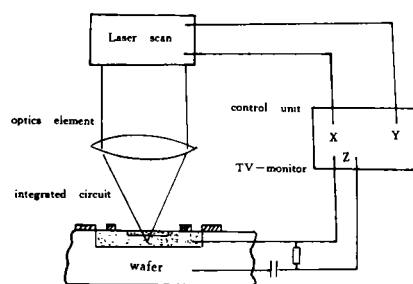


图 2 光束感应电流(OBIC)

Fig. 2 Optical beam induced current(OBIC)

路,送到计算机进行处理,便得到一幅被测芯片完整的 OBIC 图像显示。

### 3 OBIC 放大器

OBIC 放大器是 OBIC 成像过程中的关键部件,它的设计合理与否,将直接影响到光束感应电流信号的提取和处理效果。大家知道,我们所测试的半导体集成器件本身都是高密度化、高精度化、高速度的器件,在我们测试时,虽然也加上适当的电源,但仍属非工作状态,整个集成半导体都处于扩散电流或漂移电流的少数载流子流动状态,因而电流极小,仅限于  $\mu\text{A}$  级,加之来自多方面噪声的干扰,此信号的提取工作非常困难,为解决此问题,我们设计了专门的放大器,如图所示。它具有低噪声、高增益的特点。放大倍数可达 80 dB。由于运算放大器本身就有零点漂移的弱点,因而设计了克服零点漂移的可调偏置电路。如图 3 所示:

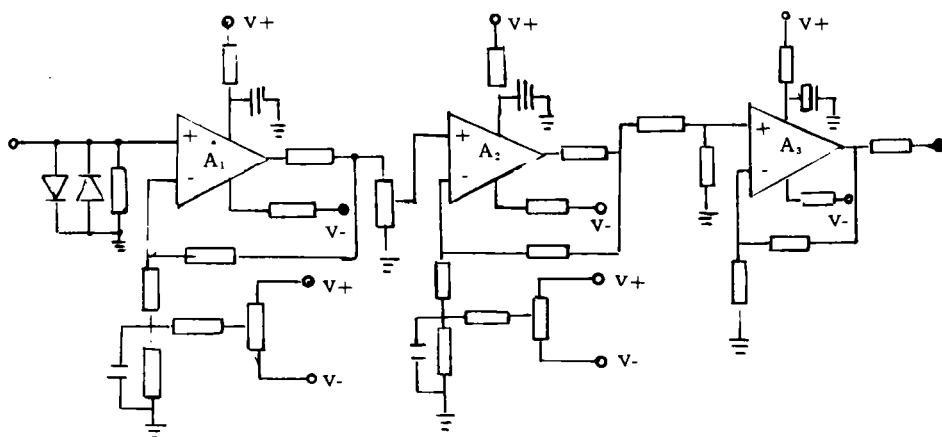


图 3 OBIC 放大器电路

Fig. 3 Amplifier circuit for OBIC

通过此电路的调整来矫正非正常的零点位置,使之尽量接近理想状态。

其次要解决的是来自多方面的噪声问题,其中包括:

(1)排除有害杂光的影响。我们将仪器放置在较好的暗室内,避免自然环境造成的无用杂光的干扰。

(2)克服由震动产生的噪声影响。为此已设计了专用装置,并对工作台采取了减振措施。

(3)克服来自多方面的电磁场和电器设备干扰噪声的影响。这也是要重点解决的关键问题之一,解决的办法是:除了在电路上加一些必要的滤波外,重点放在屏蔽上。我们采用了两次屏蔽法。第一次屏蔽是将被测组件连同无应力插座一起放在特制的屏蔽盒里,然后将屏蔽盒放在扫描台上,这样使信号在提取的过程中就避免了外界各种噪声的干扰。为了使此微弱信号减少传输过程中的损耗,我们将预放大器也放置在本屏蔽盒里。使之在抗干扰的同时又解决了电流采

样和阻抗匹配的问题。第二次屏蔽即是将三级放大器放在单独的屏蔽盒里,并使机壳接地。

由于采取了一系列严格的抗干措施,使得来自多方面的噪声得以较好的抑制,因而为下一步图像处理提供了可靠的电流转换信号,得到了令人满意的图像。

## 4 图像处理

本数字图像处理系统的主要任务是将获取的数字信号送入计算机,通过计算机有关软件的处理去实现图像增强、分割和识别等多种操作。同时此软件还设置了存取图像功能,它可将实测的各种图像都存贮起来,作为存档资料随时调出使用。并且可在同一个屏幕上同时显示出多幅图像,以供科技人员比较、分析、诊断。总之利用图像处理技术,就可使人们对图像的认识更方便、更直观。又由于 OBIC 图像功能可以更好地反映半导体(集成电路)芯片的外观和内部情况,因而为从事半导体事业的工作者提供了极大的方便。

## 5 测试结果和结束语

在激光扫描显微镜研制完成的后期,对其各项性能进行了实际测量,如:对扫描速度、光学成像分辨率、OBIC 成像等功能都进行了实际测试。测试结果为:

行扫描周期	10 ms
场扫描周期	7.68 s
显示图像大小为	512×512 点阵
光学成像分辨率	<0.5 $\mu\text{m}$

OBIC 成像性能优良

我们还利用激光扫描显微镜为北京 878 厂提供的小规模集成电路、7432、7065 芯片和长春半导体厂提供的光电三极管、高频大功率三极管等半导体器件,分别作了光学成像和 OBIC 成像对应的实际测试。通过测试分别获取了优良半导体芯片的外特性和内特性图像;有缺损、划伤的半导体芯片的外特性和内特性图像(图略)。通过这些图像的直观对比,便可以查出某个芯片的优劣,并发现其 PN 结失效之处的位置和面积。

实践证明激光扫描显微成像测量仪对当前飞速发展的半导体事业有着广阔的应用前景,我们期待着它能得到进一步的重视、完善和充分的利用,以促进我国半导体事业的发展。

参加激光扫描显微镜研制工作的还有:郝志航、胡家升、安瑞霞、匡裕光、杨桂琴、阮锦、张景和、赵文才。在此,也仅向对本项研制工作给予具体指导的郝志航老师表示衷心的感谢。

### 参考文献

- [1] Y. Ichioka, et al., Digital Scanning laser microscope. Applied Optics, 1985, 24(5): 691-696
- [2] E. Ziegler, Localization of Failures in Electronic Devices with a Laser Scan Microscope Using a Golaen Device Test. Optical storage and scanning Technology 1989, 1139: 9-26

## OBIC Imaging Function of a Laser Scan Microscope

Yuan Yazeng

*(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)*

### Abstract

Development situation of Laser Scan microscope at home and abroad is briefly introduced. The peculiar imaging function of a laser scan microscope (OBIC) is emphatically presented. The paper also looks into its basic principle, technical characteristics and application prospects.

**Key words:** Laser scan microscope, OBIC image, CCD image

**袁雅珍** 女, 1950年4月13日生。1975年毕业于长春光机学院电子系。现长春光机所工程师, 从事电子技术及数字图像处理的研究工作。曾参加了十余项的课题研究。其中“高精度显微密度计”获中国科学院一等奖; “激光扫描显微镜”获中科院科技进步二等奖; “ZG-2型杂光测定仪”获中科院科技进步二等奖, “SGY-1型干涉图形自动分析系统”获中科院科技进步三等奖。