

SIMS 在半导体分离器件剖析中的应用

赵梦莹

(中国华晶电子集团公司, 无锡)

[摘要]本文介绍 SIMS 技术在半导体分离器件剖析中的应用。通过深度分布分析, 取得了晶体管有源区表面金属化层和内部掺杂层的深度分布曲线, 据此获得晶体管试制的重要工艺参数——基区掺杂表面浓度值及其结深值。文中还讨论了一些存在问题。

关键词: SIMS, 晶体管, 深度分布, 基区, 结深

一、引 言

在有源器件的设计阶段, 与电真空器件相似, 需借助实物样品解剖样管, 掌握一些重要的技术数据。但电真空器件比较直观, 不少参数可直接测定。半导体器件是固体器件, 且尺寸很小, 除测得一些特征参数, 几何结构可借助显微镜观察分析外, 制造器件的工艺参数是无法直接测量的。常规对结深都是磨角后再测量, 或者凭经验根据一些电参数估算, 给制造工艺过程带来较大的困难, 延长试制周期。SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) 分析技术能作微米级的深度分布分析, 而且灵敏度高, 对硅中的硼能达到 ppb 量级的检测限, 是一种比较直观的定量或半定量的分析方法。它可以通过对硅芯片表面有源区域的初级离子束轰击, 获得芯片表面轰击区域内组分的信息。如果固定初级离子束的轰击区域, 那么初级离子束将不断剥离样品, 获得分析区域的纵向分布信息。

样品和分析

利用法国 CAMECA 公司的 IMS-3F 二次离子质谱仪分析了两只三极管芯片样品, 这种芯片尺寸大约在一平方毫米左右。正面有铝金属布线, 1 号样品的背面最外层是锡层, 里面是金层。2 号样品的背面无锡层, 只有金层。分析目的是确定基区或发射区的杂质浓度分布及其结深和背面金属层的成份。我们以基区电极孔为初级离子束的溅射区域, 分别对不去铝引线 and 去铝引线两种样品作了分析。分析条件为: 初级束 O_2^+ , 加速电压 17.6KV, 初级束流强度 $6\mu A$, 分析范围 $60\mu m$ 。取得图 1.1、1.2、1.3 三幅基区的纵向分面

1990 年 3 月 8 日收

线。图 1.1 和 1.2 是 1 号样品未去铝引线的基区纵向分布。图 1.3 是 1 号样品去掉铝引线后的硅体基区硼元素纵向分布。各图横座标是时间,纵座标是每秒钟的计数值。这些曲线都很直观地描绘了芯片上铝、硅、硼三种元素的深度分布情况,而且硼的分布曲线重复性相当好,在图 1.1 和 1.2 中,硼的分布曲线有很好的一致性。图 1.4 是 1 号样品的背面金层纵向分布,可看到金层中(Z_{107} 曲线)含有镍(Y_{59} 曲线)。图 2.1 是 2 号样品未去铝的基区硼纵向分布,图 2.2 是 2 号样品的背面金层纵向分布,从图中可看出金层(Y_{107})中含有金属钒(X_{51} 线)。

由于影响离子探针定量分析的因素很多,一般采用同基体的已知浓度的标样作为分析未知量样品的参考标准。我们没有标准样品,为了确定硼在基区的掺杂浓度,采用已知注入剂量的硼离子注入样品作为参考标样,在分析样品的同时对参考标样进行深度分布分析,由此得到的二次离子计数值和表面浓度对应值,再与二样品的基区硼纵向分布的计数值相比较,得出 1 号样品的基区硼掺杂的表面浓度为 $1.38 \times 10^{14} \text{at/cm}^2$ 。用泰勒台阶测试仪测得溅射坑深度(为得到尽可能正确的结深值,当分布出现无硼时立即停止分析以控制溅射坑深度),得到 1 号样品的基区结深为 $5 \mu\text{m}$ 。制管车间已参考分析结果,采用 $5 \times 10^{14} \text{at/cm}^2$ 表面浓度值和 $5 \mu\text{m}$ 结深值作为工艺参数制出了样管芯片,中测情况良好。

三、讨 论

从样品分析来看,目前 IMS-3F 仪器用于半导体器件的剖析,尚存在一些问题:

1. SIMS 虽然是一种高灵敏度的表面分析技术,但许多因素都会影响其定量分析结果,尤其是在硅芯片上获得某一特定区域的较为满意的分析结果更为困难。突出问题之一就是要求初级离子束与分析区域要有尽可能好的对中度,稍有偏差分析结果就不准确。IMS-3F 仪器没有确定样品上某点位置的标尺设置,要求操作者目测对中这又涉及到离子束斑大小与分析区域大小的矛盾。3F 仪器的最小束斑直径是 $3 \mu\text{m}$,为了保证一定的溅射率和检测灵敏度,作深度分析时不宜采用这么小的束斑,一般取几十微米。半导体器件的分析区域大约是几十平方微米到几百平方微米(包括分离器件和集成电路),因此要在这样的相对尺寸下用视力控制良好的对中对是颇为困难的。

2. 就现有仪器来说,SIMS 用于半导体特定区域的剖析深度还不能太深,最好不超过 $10 \mu\text{m}$,如果太深,一方面加剧溅射离子的边缘效应。另外,由于太深,溅射时间太长,初级束流的稳定性也难以保证。而对于 $1 \mu\text{m}$ 以下的薄层深度分析宜采用较小的初级束流,小束流对显示薄层中各元素的分布层次较为有利。

3. SIMS 用于半导体器件剖析还受标准样品的限制。SIMS 测得的是杂质离子的计数值,要转换成掺杂浓度需依赖标准样品,而目前国内还没有离子探针的系列标样。若这方面的工作取得进展,则 SIMS 在半导体工业生产中将有更广阔的实用意义。

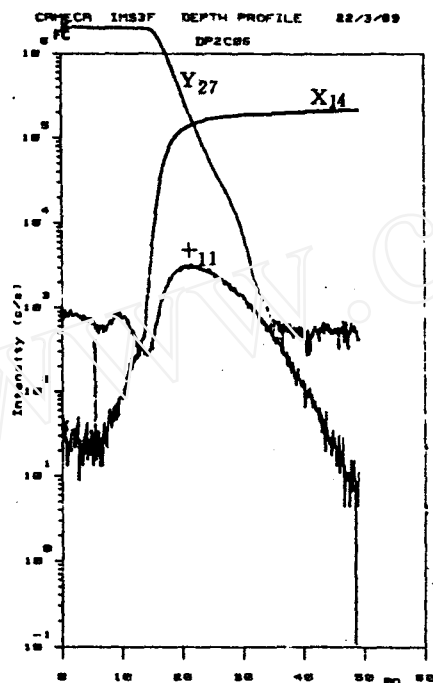


图 1.1 1* 样品基区 Al^+ 、 Si^{++} 、 B^+ 纵向分布
($\text{Y}_{27}-\text{Al}^+$, $\text{X}_{14}-\text{Si}^{++}$, $+_{11}-\text{B}^+$)

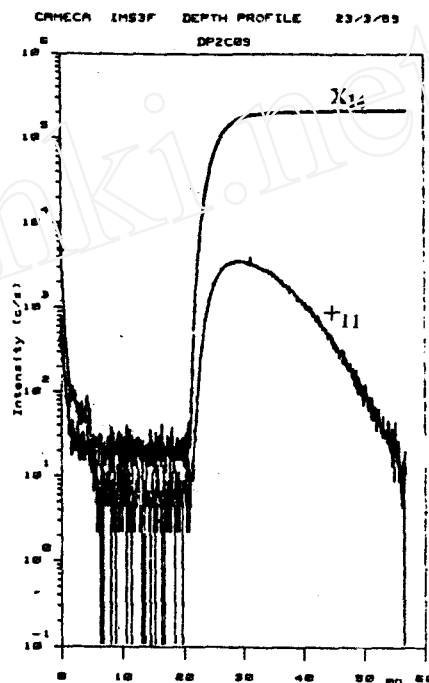


图 1.2 1* 样品基区 Si^{++} 、 B^+ 纵向分布
($\text{X}_{14}-\text{Si}^{++}$, $+_{11}-\text{B}^+$)

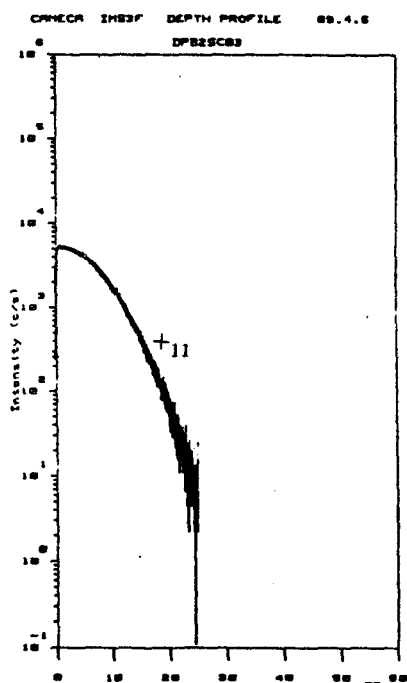


图 1.3 1* 样品基区 B^+ 纵向分布($+_{11}-\text{B}^+$)

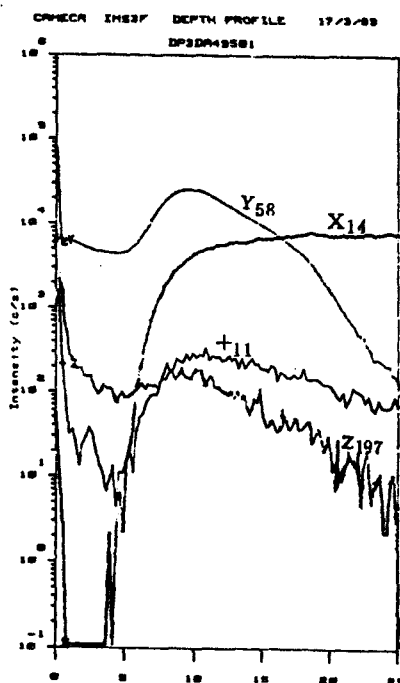


图 1.4 1* 样品背面金层元素纵向分布
($\text{Z}_{197}-\text{Au}^+$, $\text{Y}_{58}-\text{Ni}^+$, $\text{X}_{14}-\text{Si}^{++}$, $+_{11}-\text{B}^+$)

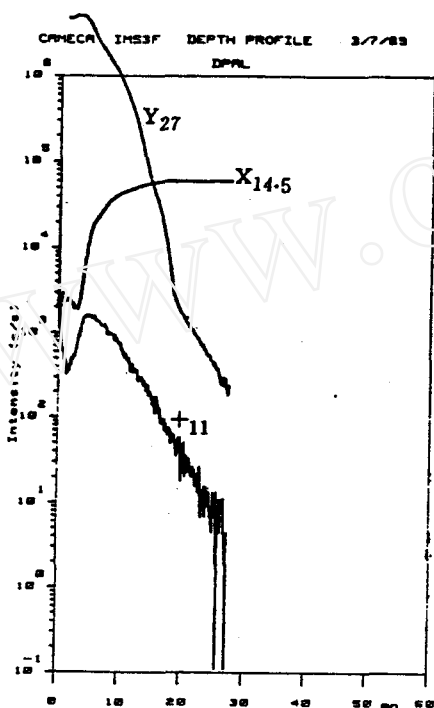


图 2.1 2* 样品基区 Al⁺、Si⁺⁺、B⁺ 纵向分布
(Y₂₇—Al, X_{14.5}—Si⁺⁺, +₁₁—B⁺)

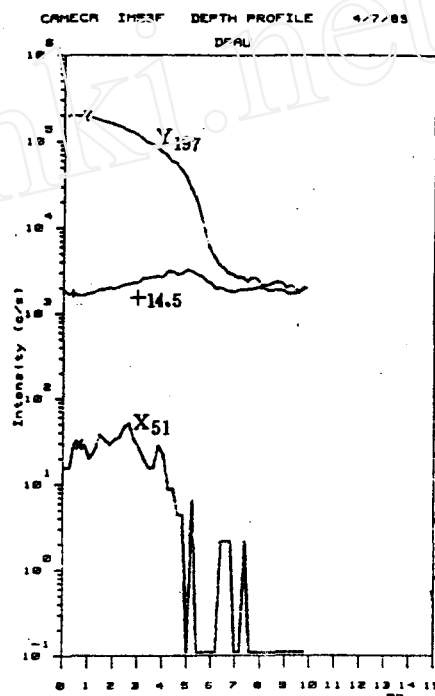


图 2.2 2* 样品背面金层元素纵向分布
(Y₁₉₇—Au, X₅₁—V⁺, +_{14.5}—Si⁺⁺)

参 考 文 献

- [1] 陆家和等编著,《表面分析技术》,电子工业出版社(1987)
- [2] 季桐鼎等编著,《二次离子质谱与离子探针》,科学出版社(1989)
- [3] 西门纪业著,《电子和离子光学原理及象差导论》,科学出版社(1983)
- [4] CAMECA IMS-3F SIMS Operation Guide

Profile Analysis of Semiconductor Discrete Component with SIMS

Zhao Mengbi

(China Huajing Electronics Group Corporation, Wuxi 214061, PRC)

Received 8, Mar. 1990

Abstract

This paper introduces SIMS applications in semiconductor discrete component dissector. By depth analysis of the transistor resource area with SIMS, the depth profiles of surface metal coating and internal doping layer can be obtained. Six pictures of two transistors are given in this paper. Depending on these profiles, we gain important technology parameters—surface concentration and depth of ion implantation in base area. Finally, some problems about this technique are discussed.

Keywords: SIMS, transistor, depth profiles, base area, junction depth