

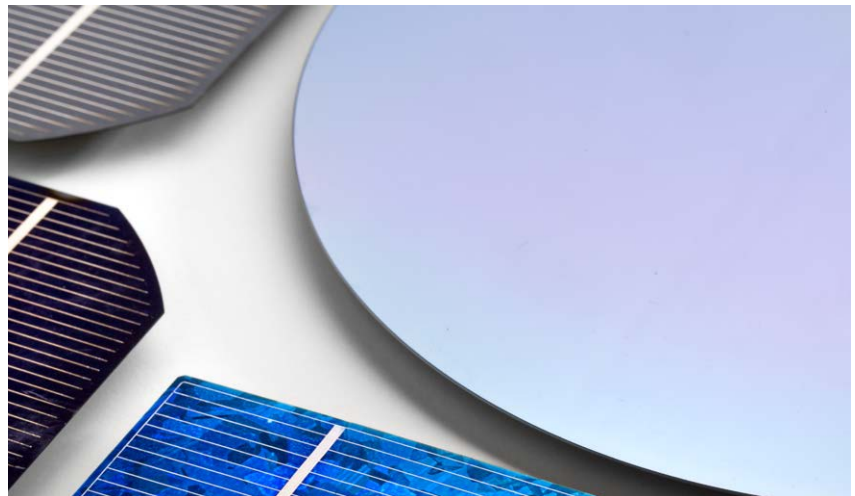
# 使用配备固体自动进样器的 Agilent Cary 7000 全能型分光光度计 (UMS) 进行涂层晶圆分析

## 应用简报

材料测试与研究

### 作者

Travis Burt、Farinaz Haq  
安捷伦科技公司，澳大利亚



## 前言

反射率 (R) 和透射率 (T) 是用于表征材料和光学涂层光学特性的基本测量指标。多角度光度光谱 (MPS) 可对样品从接近垂直到倾斜入射角 (AOI) 之间各种角度 ( $\theta_i$ ) 的反射率和/或透射率进行测量。近期，由安捷伦科技公司开发的 MPS 领域新产品 Cary 7000 通用型分光光度计 (UMS)，可在样品表面的同一点完成反射率和透射率测量，多次测量间无需移动样品。减少了对多个附件和附件更换/重新配置的需求，可确保获得无与伦比的数据质量，避免一次测量中采用多种分析技术时，产生样品不均匀效应或光谱图不一致的情况。



Agilent Technologies

本文介绍了 Agilent Cary 7000 UMS 自动进样器的一项新功能，可实现旋转 ( $\Phi$ ) 和径向 (z) 的样品位置控制。安捷伦固体自动进样器可对单个大直径样品（最大直径可达 8 英寸）实现自动化的无人值守映射。示例中展示了在 4 英寸直径蓝宝石基底上沉积的氧化锌锡 (ZTO) 薄膜上获得的空间光谱信息，结果为分辨率  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  的正方形。该方法可实现间带隙能量映射在基底的整个直径范围内。

## 实验部分

### 仪器

- Agilent Cary 7000 通用型分光光度计
- 安捷伦固体自动进样器

Cary 7000 UMS 是一款多功能的新型系统，专为 250–2500 nm 紫外-可见-近红外 (UV-Vis-NIR) 波长范围的 MPS 应用设计。MPS 测量样品从接近垂直到倾斜入射角之间各种角度的绝对反射率和/或透射率 [1]。Cary 7000 UMS 能够在自动化平台中实现对样品表面同一路径的反射率和透射率测

量，入射角范围为  $5^\circ \leq |\Theta_i| \leq 85^\circ$ 。Cary 7000 UMS 还能对非镜面反射表面的漫反射率和半透明材料的漫透射率进行测量。添加的自动偏振器有助于进一步实现 S、P 或用户指定偏振角的准确测量。

Cary 7000 UMS 的 Cary UMA 配件（通用型测量附件）是为现有 Cary 4000/5000/6000i UV-Vis-NIR 分光光度计用户提供的升级选项。

固体自动进样器是独立控制的样品支架，专为 Cary 7000 UMS 和 UMA 设计。如图 1a 所示，它可以固定在 Cary 7000 UMS 测量室内部。除 UMS 提供的 AOI ( $\Theta_i$ ) 控制外，固体进样器还提供了两个额外的自由度，即入射光束轴 ( $I_0$ ) 的径向 (z) 旋转方向 ( $\Phi$ )。不同的样品支架可装载多个样品（最多  $32 \times 1$  英寸直径）或单个大直径样品（8 英寸直径）。图 1b 显示了 8 英寸直径的样品支架。自动进样器以空间映射模式运行，适用于 ZTO 的大型样品表征研究。在映射模式下，可在样品支架中采集用户指定点处的光谱。



图 1a. 安装有固体进样器的 Cary 7000 UMS 测量室俯视图



图 1b. 8 英寸直径的样品支架图片

## 映射分析

半导体在传感器（如检测器）或发射器（如 LED）等最终用户设备上有效性的关键是其光学或电子带隙特性。半导体的带隙能量可以由粉末状材料的漫反射光谱 [2] 或沉积在透明基底上的外延半导体层的透射光谱确定。

本实验采用配备固体自动进样器的 Cary 7000 UMS 采集透射光谱，将带隙能量映射在涂覆三元金属氧化物晶圆的整个直径范围内。以 4 nm 的谱带宽度和 0.1 s 的信号采集平均时间，采集了从 700 nm (1.7 eV) 到 200 nm (7.8 eV) 的透射光谱。如图 2b 所示，以 5 mm 的间隔从晶圆底部 (-40 mm) 到顶部 (45 mm) 采集紫外-可见光谱数据。



图 2a. 直径 100 mm (4 英寸) 的 Zn/Sn 涂层蓝宝石基底

## 样品

如图 2a 所示，样品由沉积在直径为 100 mm (4 英寸) 蓝宝石基底的分级氧化锌锡 (ZTO) 层组成，厚度 = 600  $\mu\text{m}$ 。在氧气氛中，同时使用高功率脉冲磁控溅射 (HiPIMS) 和直流磁控溅射 (DCMS) 技术，将锌和锡金属靶分别由晶圆两端溅射，产生 14 nm (140  $\text{\AA}$ ) 左右的涂层。如图 2b 所示，涂层外延形成了分级 ZTO 层，从晶圆底部的近似纯锡延伸到顶部的近似纯锌。

在室温下，ZnO 有一个 3.4 eV 左右的较大直接带隙，而锡以  $\text{SnO}_2$  的形式存在一个 3.6 eV 左右的光学带隙 [3]。据报道，ZTO 非晶相的光学带隙低至 2.8 eV 左右 [4]，令人感兴趣的是，它也许能替代广泛使用但相对昂贵的氧化铟锡 (ITO)，用于包括有机光伏和柔性显示器在内的广泛应用。

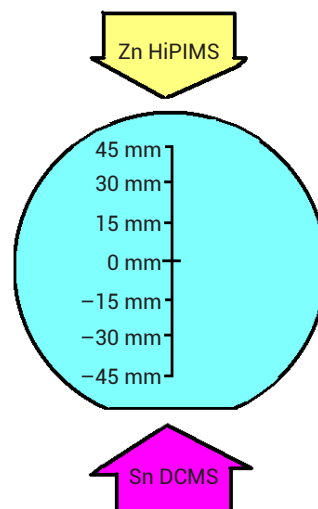


图 2b. 沉积方向示意和晶圆方向的坐标系统。Tin (Sn) 采用 DCMS 方式沉积，Zinc (Zn) 采用 HiPIMS 方式沉积。以 5 mm 的间隔由 -40 mm 至 45 mm 进行光谱测量

## 结果与讨论

### 透射光谱

在从晶圆底部到顶部的整个直径上，以等间距（约 5 mm）的间隔收集 18 幅透射光谱。可以看到晶圆顶部（也就是 Zn 浓度最高的位置）的透射光谱吸收末端（图 3a）向低频移动。在  $(\text{吸光度})^2$  相对于 eV 的曲线中，将线性拟合从吸收末端外推至零吸收来测定带隙。零吸收处 eV 的截距即为带隙能量。图 3b 显示了由晶圆直径测出的带隙能量。这一分析方法有助于以特定的靶向带隙能量从晶圆中提取小样品，无需精密控制涂层条件。

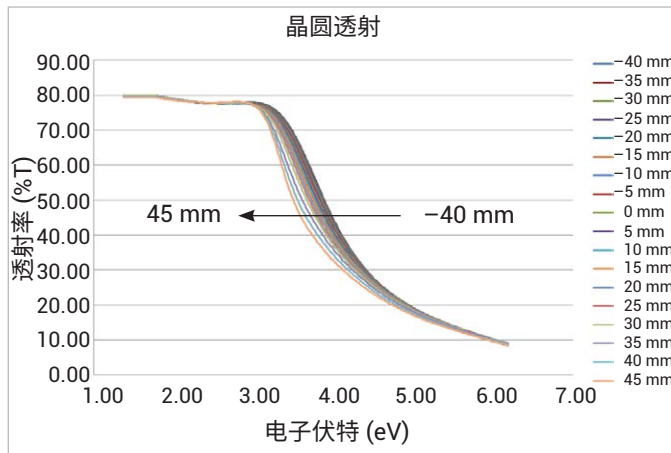


图 3a. 按照图 2b 所示在晶圆整个直径上的 11 个位置获得的透射光谱

## 结论

配备固体进样器的 Agilent Cary 7000 UMS 已成功用于薄膜基底的大样品表征。自动进样器以空间映射模式运行，适用于 ZTO 研究。通过采集透射光谱，将 ZTO 基底的带隙能量映射在晶圆的整个直径范围上。数据显示出一些差异，例如晶圆顶部由沉积过程造成了最高的 Zn 浓度，因而频率较低。

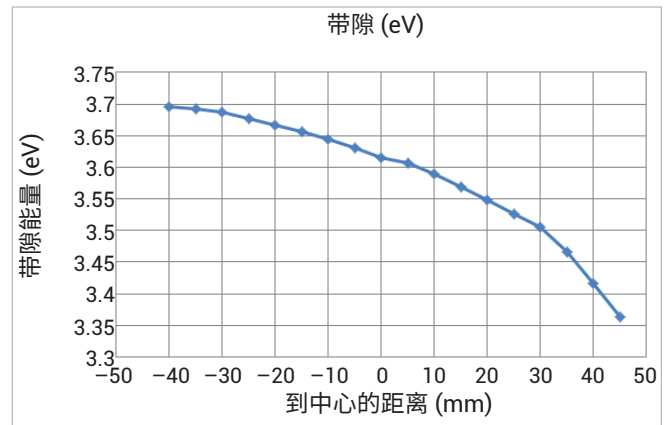


图 3b. 在  $(\text{吸光度})^2$  相对于能量 (eV) 的曲线中，由吸收末端外推至零吸收的截距来测定带隙

在寻找昂贵基底（如氧化铟锡 (ITO)）的合适替代品时，可以使用这一方法来表征光学带隙能量相近的材料。

Cary 7000 UMS 和固体进样器有望成为用于光学材料、涂层以及工业和实验室各种应用中组分表征的重要工具。

## 致谢

致谢墨尔本皇家理工大学提供样品并协助进行数据解析。

## 参考文献

1. Death, D.L., Francis, R.J., Bricker, C., Burt, T., Colley, C. "The UMA: A new tool for Multi-angle Photometric Spectroscopy" Optical Interference Coatings (OIC) OSA Topical Meeting, Canada (2013)
2. Uchida, S., Yamamoto, Y., Fujishiro, Y., Watanabe, A., Ito, O., and Sato, T., "Intercalation of titanium oxide in layered  $H_2Ti_4O_9$  and  $H_4Nb_6O_{17}$  and photocatalytic water cleavage with  $H_2Ti_4O_9/(TiO_2, Pt)$  and  $H_4Nb_6O_{17}/(TiO_2, Pt)$  nanocomposites" *J. Chem. Soc., Faraday Trans.*, 93(17) 3229 (1997)
3. Batzill, M., Diebold, U., "Review: The surface and materials science of tin oxide" *Progress in Surface Science* 79, 47–154, (2005)
4. Madambi, K., Jayaraj, Kachirayil J., Saji, Nomura, K., Kamiya, T. and Hosono, H., "Optical and electrical properties of amorphous zinc tin oxide thin films examined for thin film transistor application" *J. Vac. Sci. Technol. B* 26, 495 (2008)

查找当地的安捷伦客户中心：

**[www.agilent.com/chem/contactus-cn](http://www.agilent.com/chem/contactus-cn)**

免费专线：

**800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)**

联系我们：

**[LSCA-China\\_800@agilent.com](mailto:LSCA-China_800@agilent.com)**

在线询价：

**[www.agilent.com/chem/erfq-cn](http://www.agilent.com/chem/erfq-cn)**

**[www.agilent.com](http://www.agilent.com)**

安捷伦对本资料可能存在的错误或由于提供、展示或使用本资料所造成的间接损失不承担任何责任。

本资料中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2014

2014年2月28日，中国出版

出版号：5991-4072ZHCN



**Agilent Technologies**