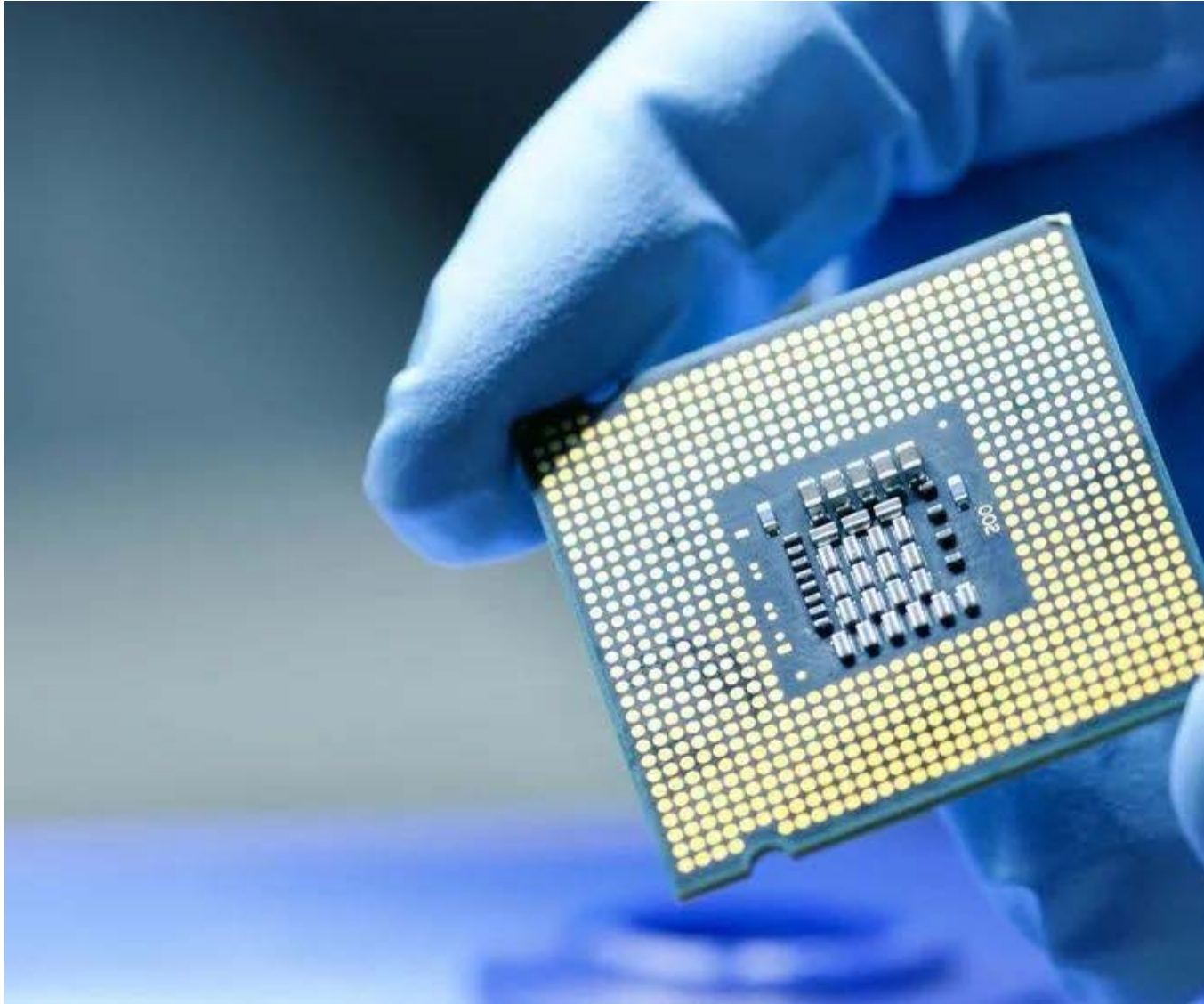


拉曼光谱在半导体材料 ZnSe 异质结构的应用



在半导体产业，拉曼光谱仪能够协助业者研究半导体材料的基本特性。包含单一元素的半导体，如矽(Si)、锗(Ge)，以及多成份组成的半导体，如硒锌(ZnSe)、镓砷(GaAs)半导体。在材料制造阶段，这些半导体材料的特性，将决定接下来晶圆制造、IC 封装这些制程的品质，本阶段是最为重要的步骤。

在晶圆制造的过程中，使用拉曼光谱仪作为制程分析与品质控管的工具，将有利于提高产品的品质，提高良率进而提高整体产量。

目前拉曼光谱仪在半导体产业常见的应用包括：

- 材料纯度
- 污染物鉴定
- 合金成份
- 超晶格结构
- 本质应力 & 应变的特性因素
- 缺陷分析
- 半导体异质结构
- 异质接面的掺杂效应

举例应用：**拉曼光谱在 ZnSe 异质结构测试**

ZnSe 是什么？



ZnSe 是一种典型的 II — VI 族半导体材料，为闪锌矿结构，具有直接带隙，室温下 (300K) 的禁带宽度为 2.698eV，在低温 (<10K) 下，其禁带宽度为 2.821ev，对应于波长 459.4nm 的蓝光。

ZnSe 的应用与研究

ZnSe 粉末在高真空中的热蒸发已得到应用。在室温下将一系列厚度在 30nm 和 1 μ m 之间的 ZnSe 单层沉积在 c-Si 和玻璃基板上。此外，研究了用相同的沉积技术制备的 SiO_x/ZnSe 周期性多层膜，ZnSe 层厚度为 2 和 4nm。使用 He-Cd 激光器的 442nm 线以及 Ar⁺或 Ar⁺/Kr⁺激光器的不同线在 295K 下测量拉曼光谱。观察到的拉曼特征与多个光学声子（1LO 到 4LO）光散射有关，并且与 ZnSe 单层和多层的随机取向的结晶 ZnSe 晶粒的存在有关。已经观察到 1LO 带的相对较大的线宽 ($\approx 15\text{cm}^{-1}$)，这与晶粒中的晶格畸变和薄于 100nm 的层中存在非晶相有关。

拉曼分析

所有测量均在室温下在空气中进行。绘制在同一图表上的所有光谱都以相同的比例缩放。

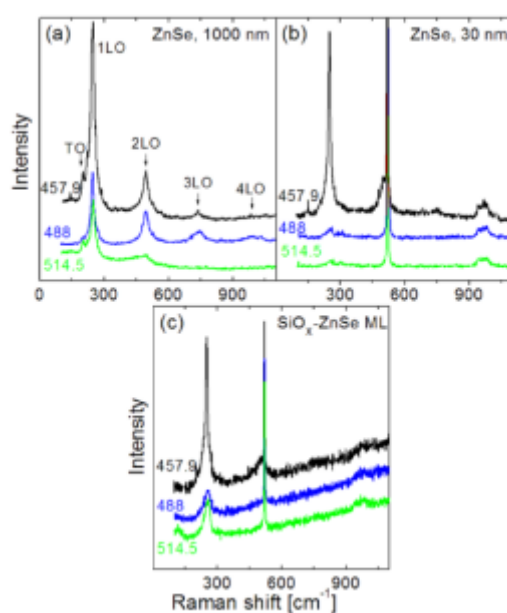


图 1 在三种激光激发下测量的厚度为 $1\mu\text{m}$ (a)和 30nm (b)的 ZnSe 单层和 $\text{SiOx}(4\text{nm})/\text{ZnSe}(4\text{nm})$ 多层(c)的拉曼光谱

图 1a 显示了沉积在 Corning7059 玻璃基板上的厚度为 $1\mu\text{m}$ 的 ZnSe 层的三个拉曼光谱。可选用国产拉曼领头羊~奥谱天成的拉曼光谱仪。在接近共振拉曼散射条件的激发条件下得到更好的分辨。当激发光接近材料的光学带隙 E_g^0 时，观察到拉曼信号的最强增强。由于 1LO 波段是 457.9nm 谱线激发的拉曼光谱中最密集的，因此该谱线的能量应该接近光学带隙。这与先前的结果一致，这些结果表明对于 $1\mu\text{m}$ 厚的 ZnSe 层的光学带隙，光学吸收遵循晶体半导体中直接允许的电子跃迁的定律。

图 1b 和 1c 分别显示了厚度为 30nm 的 ZnSe 层和 $\text{SiOx}(4\text{nm})/\text{ZnSe}(4\text{nm})$ 多层的拉曼光谱。两个样品都沉积在 c-Si 基板上，观察到的强窄带在 521cm^{-1} 处达到峰值，这是由于基板的散射造成的。1LOZnSe 带强度随着激发波长的减小而增加，并且仅在 457.9nm 线激发的光谱中可以看到一系列 4 个峰。实际上，使用 442nm 线通过拉曼光谱对 $\text{SiOx}/\text{ZnSeML}$ （具有 2 到 10nm 之间的各种厚度）进行表征，在拉曼光谱中显示出共振行为。它与尺寸引起的带隙能量随层厚度的变化有关。

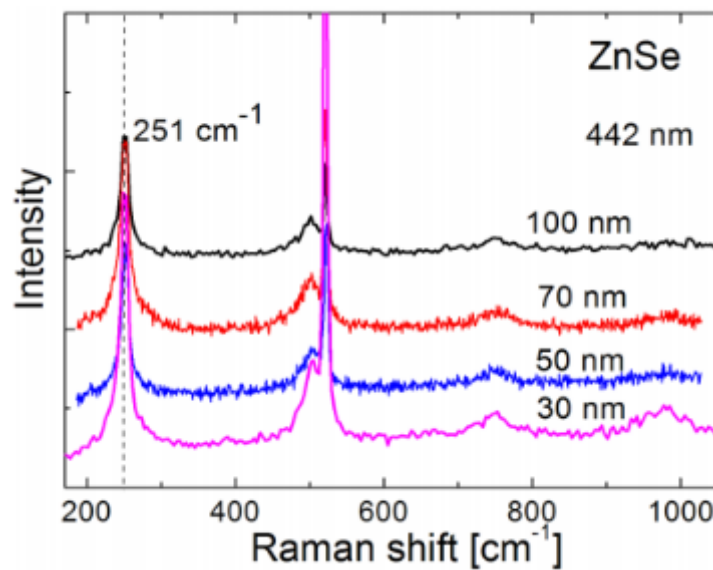


图 2 使用 442nm 激发光测量四种不同厚度（如图所示）的 ZnSe 单层的拉曼光谱。

图 2 描绘了使用 442nm 激光线测量的一系列厚度在 30 和 100nm 之间的 ZnSe 单层的拉曼光谱。30nm 层的 1LO 带的强度明显高于其他样品，拉曼结果表明，由于晶粒尺寸小，厚度小于 50nm 的 ZnSe 层可以显示出良好的化学敏感性。

总结

拉曼光谱的应用，以便使用逐步热真空蒸发对在室温下沉积的薄和超薄 ZnSe 层进行结构表征。用三个不同的 Ar⁺激光线在激发下进行的测量表明，当用 457.9nm 线激发时，与层厚度无关，1LO 带强度显示出最大值。

用 442nm 线进行的测量表明，它的能量比 457.9nm 线的能量更接近最薄单层中的晶粒和 ML 中的 ZnSe 层的光学带隙。这一观察表明载流子受限，并暗示这些层中的晶粒尺寸约为 10nm。

推荐仪器

定制款自动聚焦自动扫描科研级显微拉曼光谱仪，激发波长 457nm，波数范围 200-1000cm⁻¹。

共聚焦显微拉曼光谱成像仪

ATR8800系列 科研级显微拉曼

4个波长

532nm 633nm
785nm 1064nm

0.5nm^{-1}

超高分辨率

自动聚焦扫描
全自动拉曼成像实验

共聚焦可选
可进行立体分析



1um 级光斑

奥谱天成致力于开发国际领先的光谱分析仪器，立志成为国际一流的光谱仪器提供商，基于特有的光机电一体化、光谱分析、云计算等技术，形成以拉曼光谱为拳头产品，光纤光谱、高光谱成像仪、地物光谱、荧光光谱、LIBS 等多个领域，均跻身于世界前列，已出口到全球 50 多个国家。

- ◆ 承担“厦门市海洋与渔业发展专项资金项目”（总经费 4576 万元）；
- ◆ 2021 福建省科技小巨人科技部；
- ◆ 刘鸿飞博士入选科技部“创新人才推进计划”；
- ◆ 国家高新技术企业；
- ◆ 刘鸿飞博士获评福建省高层次人才 B 类；
- ◆ 主持制定《近红外地物光谱仪》国家标准；
- ◆ 国家《拉曼光谱仪标准》起草单位；
- ◆ 福建省《便携式拉曼光谱仪标准》评审专家单位；
- ◆ 厦门市“双百人才计划”A 类重点引进项目（最高等级）；
- ◆ 国家海洋局重大产业化专项项目承担者；
- ◆ “重大科学仪器专项计划”承担者。