

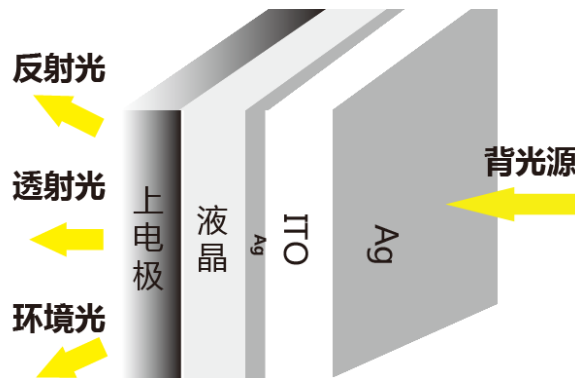
## Ag/ITO/Ag 多层导电薄膜的光学性能研究

### —UH4150 紫外可见近红外分光光度计

镀膜玻璃(Reflective glass)也称反射玻璃。镀膜玻璃是在玻璃表面涂镀一层或多层金属、合金或金属化合物薄膜，以改变玻璃的光学性能，满足某种特定要求。镀膜玻璃按产品的不同特性，可分为热反射玻璃、低辐射玻璃(Low-E)、导电膜玻璃等。

ITO(掺锡氧化铟)薄膜是一种 n 型半导体材料，具有高的导电率、高的可见光透过率、高的机械硬度和良好的化学稳定性，是液晶显示器(LCD)、等离子显示器(PDP)、电致发光显示器(EL/OLED)、触摸屏(TouchPanel)、太阳能电池以及其他电子仪表的透明电极最常用的薄膜材料。

液晶显示器(LCD)分为透射式、反射式以及透反射式。透反射式由于融合了透射式和反射式的优点，不仅功耗低，而且在强光下也画面清晰。所以广泛用在便携式电子产品上。



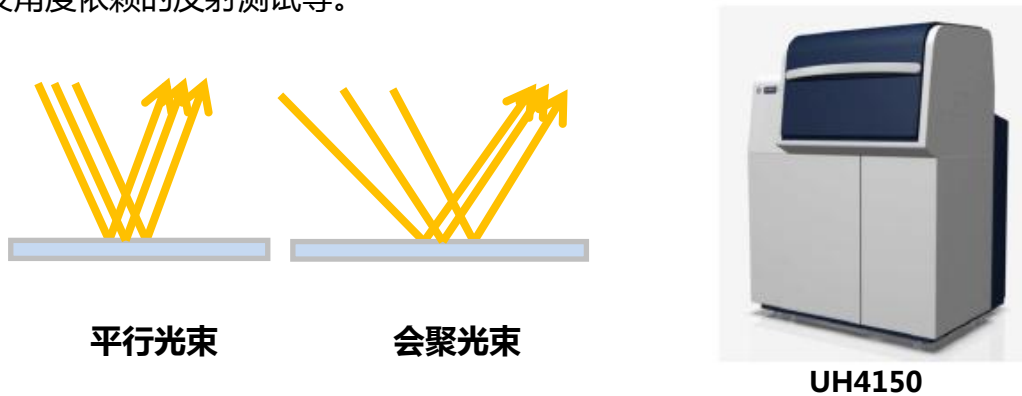
图一：透反射式液晶结构示意图

金属 Ag 具有性能优良的光电性能，在可见光光区的反射大于 90%以上，电阻率约为  $10^{-6} \Omega \text{ m}$ ，而且化学稳定性好。结合 ITO 薄膜，通常被用在透反射式 LCD（图一）。Ag/ITO/Ag 薄膜的光电性能的好坏非常影响 LCD 性能，因此其光学性能的评价尤为重要。

天美（中国）科学仪器有限公司  
TECHCOMP (CHINA) LTD.

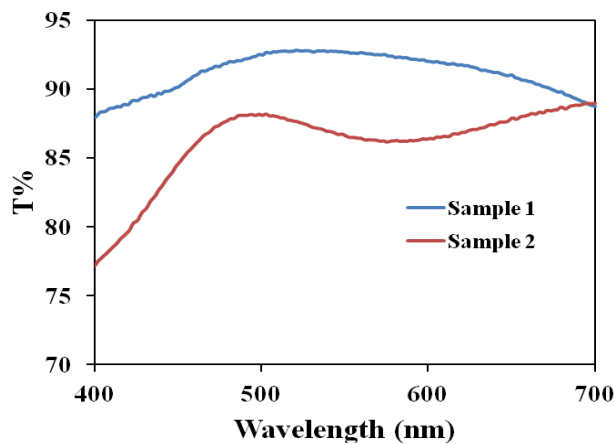
中国北京朝阳区天畅园 7 号楼 100107  
TEL:010-64010651  
FAX:010-64060202

UH4150 新一代高性能分光光度计，采用接近太阳光的平行光束，准确实现反射、漫反射、偏振光等测试，数据精准，重复性高。（图二）因此，本文采用日立高性能的 UH 4150 紫外可见近红外分光光度计评价 Ag/ITO/Ag 镀膜的光学性质，对薄膜进行透射、反射以及角度依赖的反射测试等。



图二：平行光束和会聚光束的对比（左）；日立 UH 4150 主机（右）

本文选取 ITO 与 Ag/ITO/Ag 多层镀膜两种玻璃作为模型评价其光学性质。透过率是重要的光学性能之一，因此首先进行了两种薄膜的可见光区透过率测试。测试条件：波长范围 400-700 nm，扫描速度为 300 nm/min（0.5 nm 间隔），狭缝宽度 6 nm；检测器 PMT 自动增益，检测器为 60 mm 标准积分球（开口率 7.8%），测试结果如图三。如图三所示，1 号（ITO 玻璃）和 2 号样品（Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃）在可见区的透过率都比较高。ITO 玻璃的透过大于 85%，符合 LCD 对 ITO 光学透过率的要求。但 2 号样品（Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃）由于 Ag 层的影响，透过率有所下降。

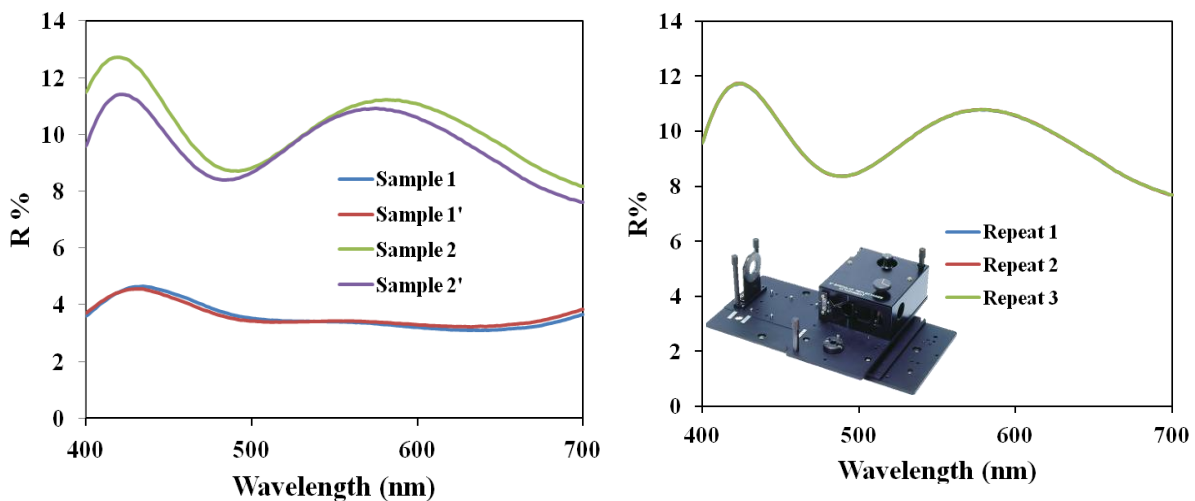


图三：1 号（ITO 玻璃）和 2 号样品（Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃）的透射光谱

天美（中国）科学仪器有限公司  
TECHCOMP (CHINA) LTD.

中国北京朝阳区天畅园 7 号楼 100107  
TEL:010-64010651  
FAX:010-64060202

镀膜的反射率也是考察其光学性质的重要参数，0 度反射是无法检测的，因此只能以小角度反射代替，本文利用日立研发的专业 5 度角绝对反射/透射附件，测试了其反射光谱，测试条件同上。对每个样品选取 2 个不同位置进行测量。通过分析图四的结果，发现 1 号样品 ITO 玻璃的反射率要比 2 号样品 Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃得低，在可见光范围内变化更平缓。另外，2 号样品 Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃选取的 2 个点的谱图差别较大，为了排除仪器的干扰，对 2 号样品同一位点进行了 3 次重复测定，谱图吻合的非常好，证明 2 号样品的镀膜均匀程度较差，下次样品制备时需要注重膜的均一性。同时说明 UH4150 仪器非常稳定，测试数据重现性非常好。

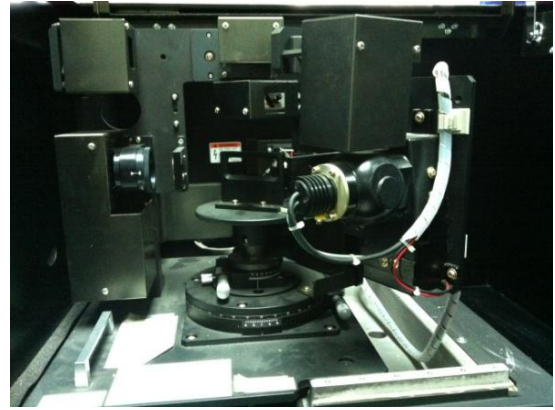
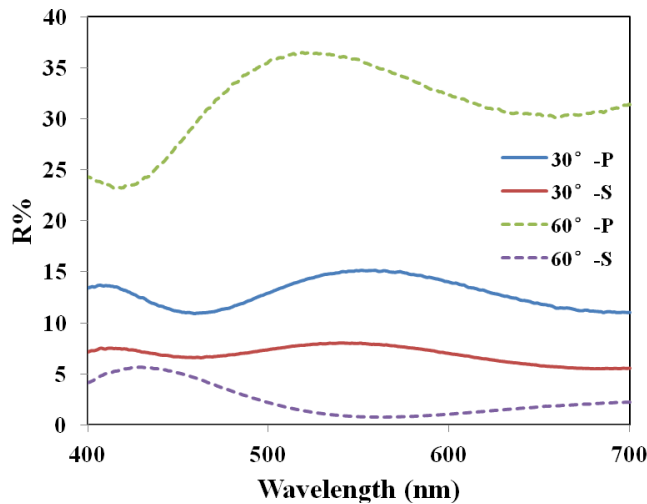


图四：1 号（ITO 玻璃）和 2 号样品（Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃）的反射光谱（左）；  
2 号样品同一位点重复测定 3 次（右），插图 5 度角反射附件

由于太阳的入射角是会随着白天和四季的时间而改变的，因此测量入射角发生改变时光的反射率对评价薄膜的光学性质非常重要。在此，利用 20-60° 连续可变角绝对反射/透射附属装置讨论了入射角分别为 30° 和 60° 时，2 号样品 Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃反射率的情况。测量 Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃的变角反射率时，入射角大于 10° 的反射率的测定，P 偏振光和 S 偏振光的反射率不同，必须考虑偏振光对反射率的影响，需要用偏振光镜来获得 P 偏振光和 S 偏振光，研究不同偏振光下反射率的变化。（5° 角测定反射率基本不受偏振光的影响）。如图五所示，同样的入射角，不同偏振光的反射率有很明显的差别，通过谱图也可以对平均反射率进行计算。

天美（中国）科学仪器有限公司  
TECHCOMP (CHINA) LTD.

中国北京朝阳区天畅园 7 号楼 100107  
TEL:010-64010651  
FAX:010-64060202



图五 :2 号样品( Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃 )30 °和 60 °的反射光谱( 左 ) ;20-60 °连续可变角度绝对反射/透射附件 ( 右 )

本文利用日立新推出的高性能的 UH4150 紫外可见分光光度计对 ITO 玻璃和 Ag/ITO/Ag 多层镀膜玻璃的光学性质进行了评价。测试结果表明日立仪器测试数据精准，重复性好。测试中利用 UH 4150 独特的 5 °角镜面反射/透射附件以及连续可变角度绝对反射/透射附件实现快速，高效，准确的多角度入射光的反射率测定，从而获得非常准确的样品光学性能信息。此独特的功能保证了 QA/QC 操作获得更高质量的数据，也为镀膜产品的研发提供更可靠地研究依据。