

## 墨水粘度检测

### 01 量子点简介

量子点 (Quantum dot, QD) 又称半导体纳米晶, 是一类由 II-VI 族元素 (如 CdS、CdSe、CdTe、ZnSe、ZnS 等) 或 III-V 族元素 (无镉量子点, 如 InP、InAs 等) 等半导体材料构成的尺寸在 1-10nm 之间的纳米颗粒。量子点具有光色纯度高、发光量子效率高、发光颜色可调、使用寿命长等优良特性。这些特性使得以量子点材料作为发光层的量子点发光二极管 (QLED) 在固态照明、平板显示等领域具有广泛的应用前景, 受到了学术界以及产业界的广泛关注。

### 02 量子点墨水粘度测定的意义

与传统有机发光二极管显示器件相比, QLED 具有发光峰窄、色彩饱和度高、色域宽等优点。当前 QLED 实现像素化、全彩化的解决方式有转印法、微接触式打印法、刮涂法、喷射打印法、喷墨打印法等。相对于前面几种方法, 喷墨打印技术可以精确地按所需用量将量子点发光材料沉积在适当位置, 使半导体材料均匀沉积形成薄膜层, 由此使得材料的利用率非常高, 同时制造商可以降低生产成本, 简化制作工艺, 产品容易量产和普及。喷墨打印技术的关键在于量子点墨水的制备, 墨水的粘度直接影响喷墨过程及薄膜干燥过程, 是衡量喷墨打印效果的重要参数。

量子点墨水通常由量子点材料分散在有机试剂中, 由于量子点材料本身是纳米颗粒, 所以很难得到高粘度的墨水, 墨水粘度过低, 使得打印过程中墨滴不易控制, 易出现彗星点、边缘厚中间薄的咖啡环等问题, 从而导致量子点膜厚度不一致, 均匀性很差。

大量研究表明, 在量子点墨水的配制过程中, 可通过优化溶剂配方及配比, 适当添加粘度调节剂, 引发剂及其他助剂等方法以适当提高墨水粘度, 解决墨水因粘度过低而导致的上述喷墨打印的难题。使其能够满足喷墨打印工艺要求, 实现稳定出墨、稳定铺展、干燥均匀、成膜均一等技术要求。

### 03 量子点墨水粘度测定

本文使用 DV2T 锥板粘度计+TC-650 AP 循环水浴系统 (如图 1 所示) 测试一种量子点墨水 (用户提供) 在 25°C 条件下的粘度。

TC-650AP 水浴循环系统用于控制样品温度, Rheocalc T 软件连接主机, 进行程序编辑及数据采集, 绘制粘度变化曲线。根据粘度计操作手册调节锥板粘度计的转子与样品杯之间的间隙, 然后吸取一定量的量子点墨水于锥板粘度计的样品杯中, 待转子及样品杯安装完毕后, 连接粘度计主机和水浴循环系统, 设置测试温度为 25°C。使用 Rheocalc T 软件编辑粘度测试程序, 待样品温度稳定后开始粘度测试。根据图 2 的结果可知。



使用“Multi Point”功能采集数据，“Test Averaging”功能计算粘度平均值，并观察和分析测试过程中仪器稳定性及数据波动，根据图 2 可知，该量子点墨水在转速为 15 RPM 条件下测得的粘度值为 10.18cP；测试过程中，数据波动非常小，相对标准偏差仅为 0.04%。Brookfield 数显粘度计独有的连续感应器可以保证测试数据输出的实时性和准确性。此外，测试过程中，温度非常稳定，始终保持在  $25 \pm 0.01^\circ\text{C}$  之间。

锥板粘度计测试所需样品体积仅为 0.5-2.0 mL（具体的样品量与所使用的转子型号相关），特别适用于微量样品的粘度测试，可有效减少产品的消耗；锥板粘度计使用锥形转子及配套的样品杯，可以精确计算剪切速率和剪切应力，得到绝对粘度；由于样品量很少，可实现快速恒温，有效提高测试效率。TC-650 AP 循环水浴系统的控温精度可达  $0.01^\circ\text{C}$ ，为粘度测试提供准确及稳定的温度条件。

#### 04 应用概述

作为世界上最知名的粘度计/流变仪生产商之一，Ametek-Brookfield 一直致力于为广大用户提供质量稳定可靠，测量精确度高，测量重复性好的产品。Brookfield 粘度计的测量精度可以达到全量程测量范围的  $\pm 1\%$ ，重复性可以达到  $\pm 0.2\%$ 。针对不同行业的粘度测试需求，提供个性化的解决方案，完美适应各种行业用户的分析需求。

RST 流变仪可以进行全面的流变学测试，在质量控制和研发领域均可进行完美的流变分析。RST 系列流变仪具有控制剪切率和剪切应力两种模式，尤其适合于测量非牛顿流体在稳态流动下的粘度、流变曲线等特性。另外，它还可以测量非稳态剪切流动和蠕变状态下的粘弹性、屈服应力以及触变性等流变特性。

