

染料敏化太阳能电池的结构与工作原理

染料敏化太阳能电池主要由表面吸附了染料敏化剂的半导体电极、电解质、Pt 对电极组成，其结构如图1-1。

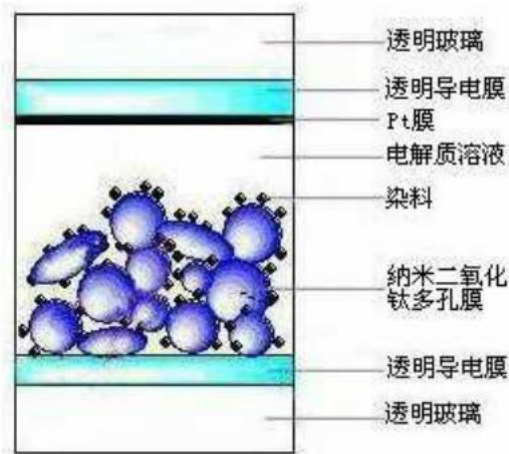


图1-1 染料敏化太阳能电池结构图

当有入射光时，染料敏化剂首先被激发，处于激发态的染料敏化剂将电子注入半导体的导带。氧化态的染料敏化剂被中继电解质所还原，中继分子扩散至对电极充电。这样，开路时两极产生光

电势，经负载闭路则在外电路产生相应的光电流（图 1-2）。

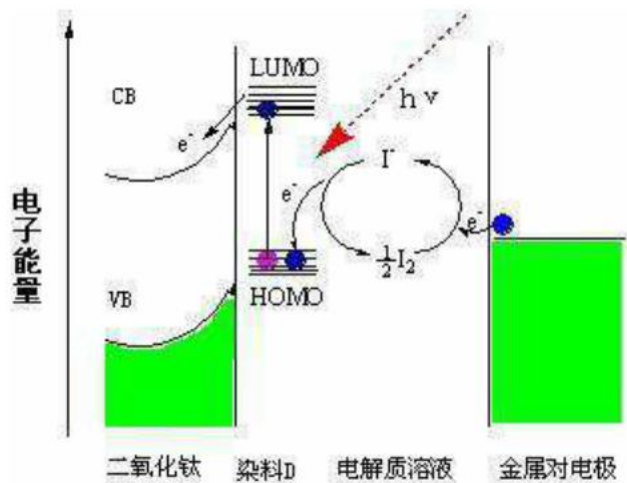
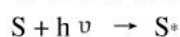


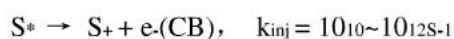
图1-2 染料敏化太阳能电池工作原理图

通过超快光谱实验可得出染料敏化太阳能电池各个反应步骤速率常数的数量级^[12]:

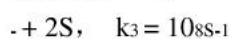
① 染料(S)受光激发由基态跃迁到激发态 (S^*):



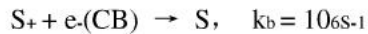
② 激发态染料分子将电子注入到半导体的导带中:



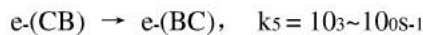
③ I^- 离子还原氧化态染料可以使染料再生:



④ 导带中的电子与氧化态染料之间的复合:

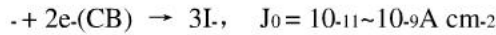


⑤ 导带中的电子在纳米晶网络中传输到后接触面(back contact, BC)后而流入到外电路中:



⑥ 纳米晶膜中传输的电子与进入TiO₂膜的孔中的I₃

-离子复合:



⑦ I₃

-离子扩散到对电极上得到电子使I₃离子再生:



激发态的寿命越长,越有利于电子的注入,而激发态的寿命越短,激发态分子有可能来不及将

电子注入到半导体的导带中就已经通过非辐射衰减而返回到基态。②、④两步为决定电子注入效率

的关键步骤。电子注入速率常数(k_{inj})与逆反应速率常数(k_b)之比越大(一般大于三个数量级),

电子复合的机会越小,电子注入的效率就越高。I₃离子还原氧化态染料可以使染料再生,从而使染料

不断地将电子注入到二氧化钛的导带中。步骤⑥是造成电流损失的一个主要原因,因此电子在纳米

晶网络中的传输速度(k_5)越大,电子与I₃

-离子复合的交换电流密度(J_0)越小,电流损失就越小。步骤

③生成的I₃

-离子扩散到对电极上得到电子变成离子I₃(步骤⑦),从而使I₃离子再生并完成电流循环。

DSC 的结构组成: 主要由纳米多孔半导体薄膜、染料敏化剂、氧化还原电解质、对电极和导电基底等几部分组成。纳米多孔半导体薄膜通常为金属氧化物(TiO₂、SnO₂、ZnO等),聚集在有透明导电膜的玻璃板上作为DSC的负极。对电极作为还原催化剂,通常在带有透明导电膜的玻璃上镀上铂。敏化染料吸附在纳米多孔二氧化钛膜面上。正负极间填充的是含有氧化还原电对的电解质,最常用的是I₃/I⁻。

DSC工作原理如下图所示:

- (1) 染料分子受太阳光照射后由基态跃迁至激发态;
- (2) 处于激发态的染料分子将电子注入到半导体的导带中;
- (3) 电子扩散至导电基底,后流入外电路中;
- (4) 处于氧化态的染料被还原态的电解质还原再生;
- (5) 氧化态的电解质在对电极接受电子后被还原,从而完成一个循环;
- (6) 和(7)分别为注入到TiO₂导带中的电子和氧化态染料间的复合及导带上的电子和氧化态的电解质间的复合

研究表明：只有非常靠近 TiO₂ 表面的敏化剂分子才能顺利把电子注入到 TiO₂ 导带中去，多层敏化剂的吸附反而会阻碍电子运输；染料色激发态寿命很短，必须与电极紧密结合，最好能化学吸附到电极上；染料分子的光谱响应范围和量子产率是影响 DSC 的光子俘获量的关键因素。到目前为止，电子在染料敏化二氧化钛纳米晶电极中的传输机理还不十分清楚，有 Weller 等的隧穿机理、Lindquist 等的扩散模型等，有待于进一步研究。