

## 关于双通 AAO 模板的孔径

双通 AAO 模板是由单通 AAO 模板制备而来，工艺与 Whatman 公司的滤膜是不同的。单通 AAO 模板的截面如图 1 所示，实际上用来制备双通 AAO 模板的单通 AAO 膜厚比图中的要厚很多，这里只是为了方便观察阻挡层结构，用了一个很薄的单通。单通 AAO 每一个孔就像一个试管，孔底底部是有“试管底”的，这个底就是“阻挡层”。阻挡层的与 AAO 内壁一体，材料完全相同。由于阻挡层的存在，单通 AAO 孔道一端开口，因此它不能用作过滤，也不能用于直流电化学沉积。

我们的双通 AAO 模板其实就是将阻挡层用酸腐蚀掉而来。首先去除背面的铝基，然后用酸将阻挡层腐蚀掉。

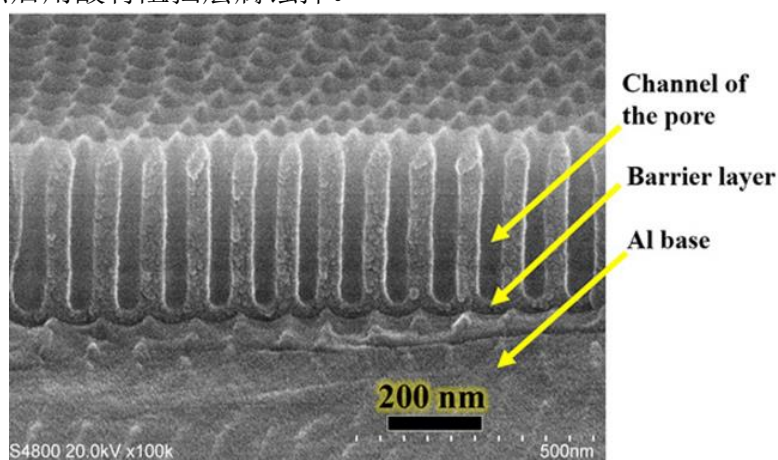


图 1. 单通 AAO 模板的截面图

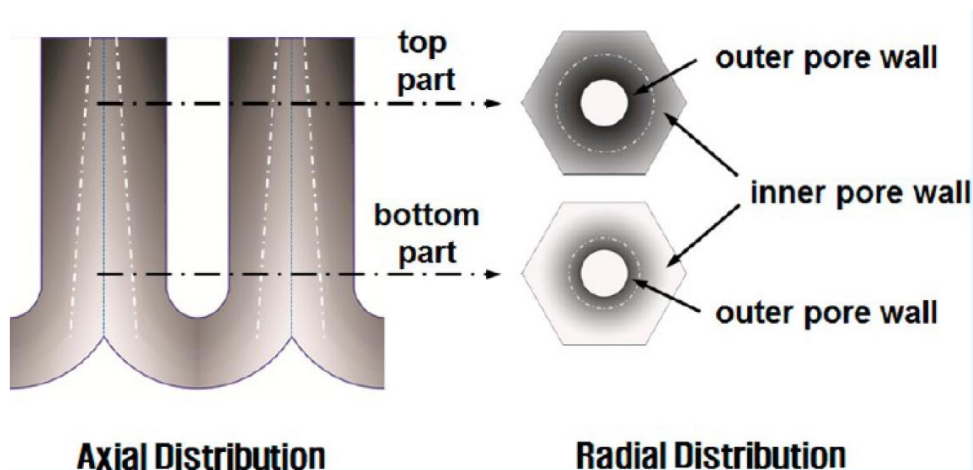


图 2. AAO 厚膜内壁含氧化杂质浓度随位置不同的分布。在 AAO 制备过程中，由于电解液的原因，导致当膜厚达到几十微米时，AAO 内壁所含杂质分布不均，接近 AAO 顶端的部分含杂质部分更多，孔道底端含杂质部分更少。含杂质越多越耐腐蚀。具体请参考文献：[ACS Appl. Mater. Interfaces 2013, 5, 3441](#).

双通 AAO 最终孔径的大小与孔道局部位置的酸的浓度、温度、抗腐蚀性能等有关。双通 AAO 厚度达到几十微米，由于电解液的原因，孔道的抗腐蚀性在不同位置是不一样的，孔道底部比顶部更耐腐蚀，因此，当阻挡层被去除过程中，

灌入孔道内的酸性腐蚀液对孔道内壁有不均匀腐蚀，从而会导致有些大部分双通 AAO 孔道正面孔径大于背面孔径。具体请参阅文献 [Appl. Mater. Interfaces 2013, 5, 3441](#)。不过，由于孔道长度很长 (~50000nm)，对于小孔径差异 (10~20nm) 而言，孔道的锥度是测不出来的，可以忽略不计。在规格列表中，有些孔径虽然标注的是正反面相同，实际上正面孔径还是略大于反面的。由此可见，双通 AAO 正面的一个孔对应于反面的一个孔。而 Whatman 公司的滤膜采用的是完全不同的工艺，大孔到后期发叉变成小孔，发叉小孔部分几微米厚，正面一个孔对应于反面很多孔。

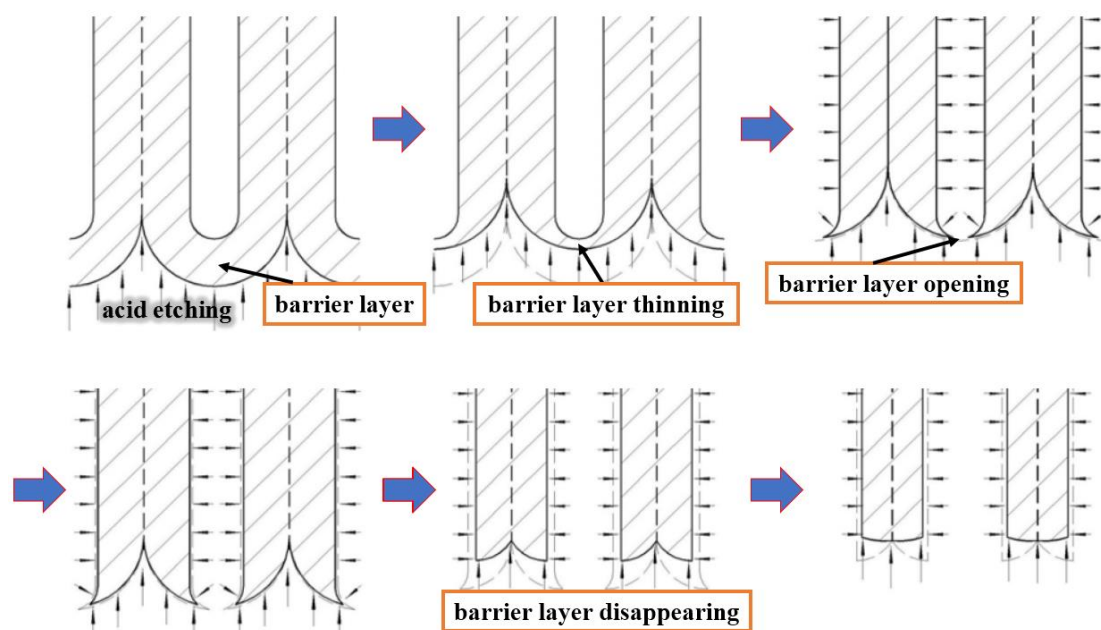


图 3. 阻挡层去除过程示意图

另外一种情况是阻挡层未完全去除时的情况。酸液腐蚀过程中，阻挡层慢慢变薄，然后中间开口。一旦开口，腐蚀液就进入孔道对整个孔道进行腐蚀扩孔。在阻挡层的厚度一般是几十纳米。当阻挡层未完全去除时，AAO 背面开口就相对较小，但是仅仅是一个阻挡层的厚度，其余部分主体孔道本身是比较大的。阻挡层未完全开口时，膜反面孔大都不是圆形，而且，开孔率也不是 100% 的。属于这种情况的双通膜的型号是 DP065-010-50000, DP065-015-50000, DP065-020-50000, DP100-030-50000, DP100-035-50000, and DP125-030-50000. 比如对于 DP065-015-50000 (正面 30 nm, 反面 15 nm)，15nm 孔径仅仅只有约 20nm 的长度，其余部分都是约 30nm 的孔。

孔间距 450nm 的双通膜型号带 S 的均匀性好些。DP065-010-50000, DP065-015-50000, DP450-110S-50000 通孔率不到 100%。注意 DP450-390S-50000 有零星分布的微米级破洞，所以不宜用于过滤。