第四课：区熔技术

Thursday, October 17, 2019 12:22 AM

1. 区熔技术(Zone Melting)——区域熔炼；
2. 区熔技术的提出：
   a. 半导体工业对原料纯度的要求达到8个"9"以上，一般化学提纯方法无法满足此要求；
   b. 区熔提纯是蒲凡(W.G.Pfann)于1952年提出的一种物理提纯方法；
   c. 区熔提纯是制备极高纯度物质的重要方法，可以制备8个"9"以上的半导体材料；
3. 区域提纯(Zone Refining)；
4. 分凝现象：将含有杂质的晶态物质熔化后再结晶时，杂质在结晶的固体和未结晶的液体中浓度是不同的，这种现象称为分凝现象；
5. 平衡分凝系数：
   定义：在某一温度下，平衡状态时，杂质在固液两相中的浓度的比值；
6. 有效分凝系数：一次区熔后杂质浓度与远离界面处杂质浓度的比值；
7. BPS公式：讨论平衡分凝系数和有效分凝系数的关系；
   a. 平流区：固液界面附近的扩散层熔体中，液流运动较平静，杂质分布存在浓度梯度；
   b. 湍流区：扩散层外熔体中，热对流导致液流运动非常剧烈，杂质分布均匀；

   扩散中杂质的一位连续性方程：

   $\mathrm{D}\frac{\partial^2 \mathrm{C}}{\partial \mathrm{x}^2} - v\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t}$，　其中，D扩散系数，$-$ v液面推进速度；

   BPS公式：

   $K_{eff} = \frac{K_0}{(1-K_0)e^{-\frac{f\delta}{D}} + K_0}$，其中，$\mathrm{K_{eff}}$有效分凝系数，$\mathrm{K_0}$平衡分凝系数，$\delta$扩散层厚度；
   a. 为了使分凝显著，应使凝固速度$f < \frac{D}{\delta}\left(f < \frac{10^{-3}cm}{s}\right)$
   b. 采用电磁搅拌技术可以提高区熔纯度；
8. 影响区熔提纯的因素：
   a. 熔区长度：
      i. 一次区熔时：

         $C_s = C_0\left[1-(1-K)e^{-\frac{Kx}{l}}\right]$

         当l越大，C_s越小，提纯效果越好，因此考虑，熔区长度越大越好；
      ii. 极限分布时：

         $K = \frac{Bl}{e^{Bl}-1}$，　$A = \frac{C_0 BL}{e^{BL}-1}$，　$C_s(x) = Ae^{Bx}$

         当l越大，B越小，A越大，$\mathrm{C_s}$越大，提纯效果越差，所以从极限分布角度来看，l越小越好；
   b. 熔区移动速度：

      $K_{eff} = \frac{K_0}{(1-K_0)e^{-\frac{f\delta}{D}} + K_0}$

      熔区移动速度越大，[illegible]提纯效果越好，区熔次数越少

熔区移动速度越小，$K_{eff} \to K_0$，提纯效果越好，区熔次数n越少；

区熔速度越大，每次区熔用时少，但提纯效果差，区熔次数n增大；

i. 一般区熔时，可以按$\frac{f\delta}{D} \approx 1$的条件近似计算$f$；

c. 区熔次数的选择：

i. 多次区熔后，锭中的杂质会趋向极限分布，，因此多次区熔是无效的；

ii. 半经验公式：

$$n = \frac{(1\sim1.5)L}{l}$$

通常取$\frac{L}{l} = 10$，得出最大值15，一般采用20左右；

d. 质量输运：区熔时，物质会从一端缓慢地移向另一端；

i. 产生的原因：物质熔化前后材料密度变化；

ii. 解决质量输运：在水平区熔时，将盛放锭的容器倾斜放置$\theta = \arctan\frac{2h_0(1-\alpha)}{l}$；

9. 作业待办：用A4纸

a. 什么是分凝现象？平衡分凝系数？有效分凝系数？

b. 写出BPS公式及各个物理量的含义，并讨论影响分凝系数的因素；

c. 分别写出正常凝固过程、一次区熔过程锭条中杂质浓度C_s公式，并说明各个物理量的含义；

d. 说明为什么实际区熔时，最初几次要选择大熔区后几次用小熔区的工艺条件；