

合肥工业大学 2008 年攻读硕士学位研究生入学考试试题

考试科目名称：无机材料科学基础

适用专业：材料物理与化学

(各位考生请注意：答题请写在报考点统一发放的答题纸上，写在试卷上的一律无效)

一、 名词解释 (24 分，每题 4 分)

1. 配位数 一个原子(或离子)周围同种原子(或异号离子)的数目称为原子或离子的配位数。
2. 弗伦克尔缺陷 质点离开正常格点后进入到晶格间隙位置,其特征是空位和间隙质点成对出现。
3. 粘度 流体抵抗流动的度量,指单位接触面积,单位速度梯度下两层液体间的内摩擦力, N/m<sup>2</sup>。
4. 润湿 是一种流体从固体表面置换另一种流体的过程。
5. 自由度 在一定范围内,可以任意改变而不引起旧相消失或新相产生的独立变量。
6. 烧结 将粉末材料加热使粉末颗粒产生粘结,通过物质迁移产生强度并致密化和再结晶的过程。

二、 填空题 (36 分，每空 1 分)

1. 面心立方结构的单位晶胞原子数为 4，原子半径为  $\frac{\sqrt{2}}{4}a$ ，配位数为 12，致密度为 74.05% 它的最密排晶面是 {111}。  
*最密排晶面是 <110> 密排面 {111} 和 {110}*
2. 硅酸盐晶体结构虽然十分复杂，但可根据结构中 SiO<sub>4</sub>四面体 的连接方式分为 岛状结构、链状、层状 和 架状 五种。
3. 固溶体的分类：按溶质原子在溶剂晶格中的位置划分为 置换 型固溶体和 间隙 型固溶体；按溶质原子在溶剂中溶解度分为 有限 固溶体和 无限 固溶体。
4. 非晶体包括 熔体 和 玻璃体，最主要的玻璃结构学说是 晶子 假说和 无规则网络 假说。常见玻璃类型有 硅酸盐玻璃 和 硼酸盐玻璃。
5. 扩散的驱动力为 浓度梯度，原子扩散的机制主要是 间隙 扩散和 空位 扩散，前者扩散速度比后者 慢。
6. 单一粉末体的烧结常常属于典型的 固相 烧结，其主要传质方式有 流动、扩散、蒸发 和 气相。凡有液相参加的烧结过程称为 液相 烧结。二者烧结的推动力都是 表面张力。
7. 晶核形成过程是析晶第一步，它分为 均态 成核和 非均态 成核二类。析晶过程是

界面控制  
和打控制

由界面控制和打控制所共同构成，两个过程都需要有适当的温度

三、 判断题 ( 正确的打√, 错误的打×, 每题 1 分, 共 12 分)

1. 在三元系统相图里，四相平衡的无变量点不一定是结晶的结束点。(√)
2. 质点堆积结构中的八面体间隙总比四面体间隙大。(×) *体心立方, 四面体间隙小*
3. 在相变速度很慢或者有相变滞后现象产生时，应用动态法常能准确测定真实的相变温度。(×) *用静态法可以 (淬冷法)*
4. 稳态扩散中扩散通量总是相同的。(×)
5. 由凝固理论可知，细化晶粒的途径是提高形核率、降低长大速度。(√)
6. 二次再结晶是形核长大过程。(×)
7. 固态反应一般是由相界面上的化学反应和固相内的物质迁移两个过程构成。(√)
8. 最密排结构中的面心立方结构的密排面的堆垛顺序为 ABABAB...。(×) *ABC ABC... 六讲 紧密堆积: MBA*
9. 空间点阵只有 14 种，而晶体结构可以有无限种。(√)
10. 刃型位错的伯氏矢量  $\bar{b} \perp$  位错线  $\bar{\xi}$ ，螺位错的  $\bar{b} \parallel \bar{\xi}$ 。混和位错二者既不垂直也不平行。(√)

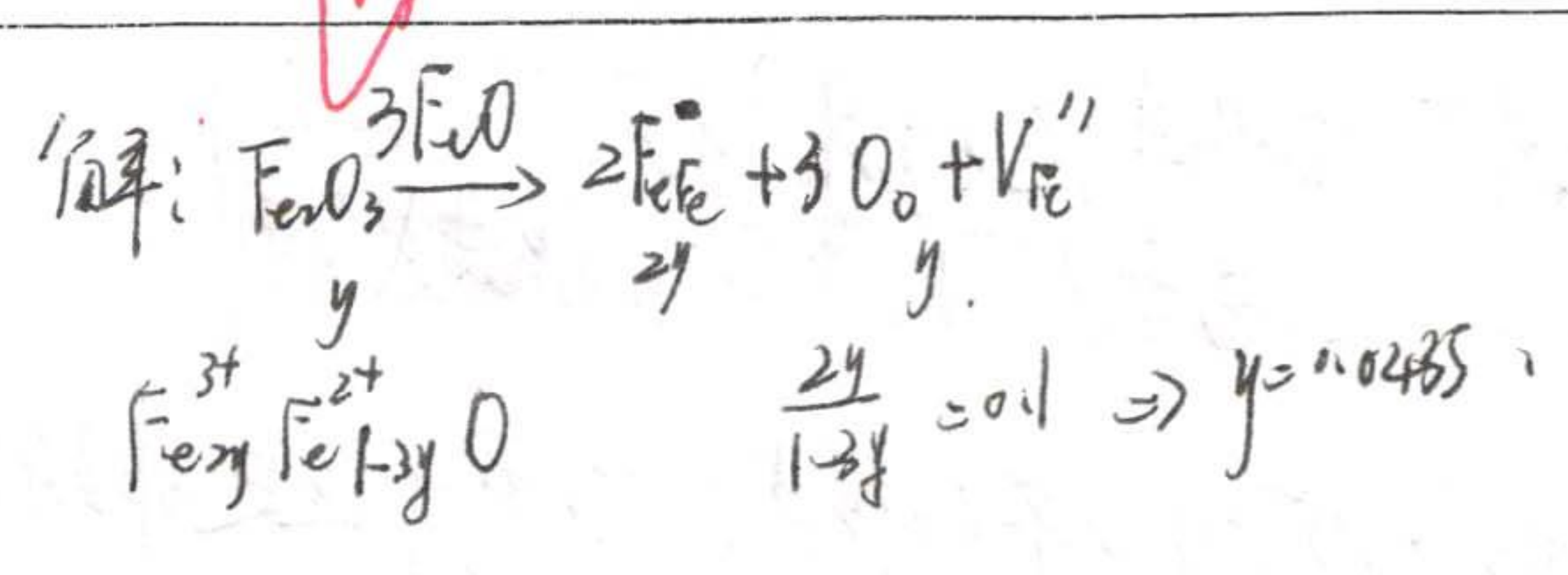
11. 非均匀形核时晶核与基底之间的接触角越大，其促进非均匀形核的作用越大。(×) *晶核对基底的接触角越小, 越有利于晶核的长大*
12. 在溶解度相同时，间隙固溶体的固态强化效果大于置换固溶体的固溶强化效果。(√) *间隙固溶体的强化效果大于置换固溶体*

四、 简答题 (20 分, 每题 10 分)

1. 何为玻璃?从内部原子排列和性能上看,非晶态和晶态物质主要区别何在?
2. 分析那些因素有利于促进非均匀形核, 原因是什么?

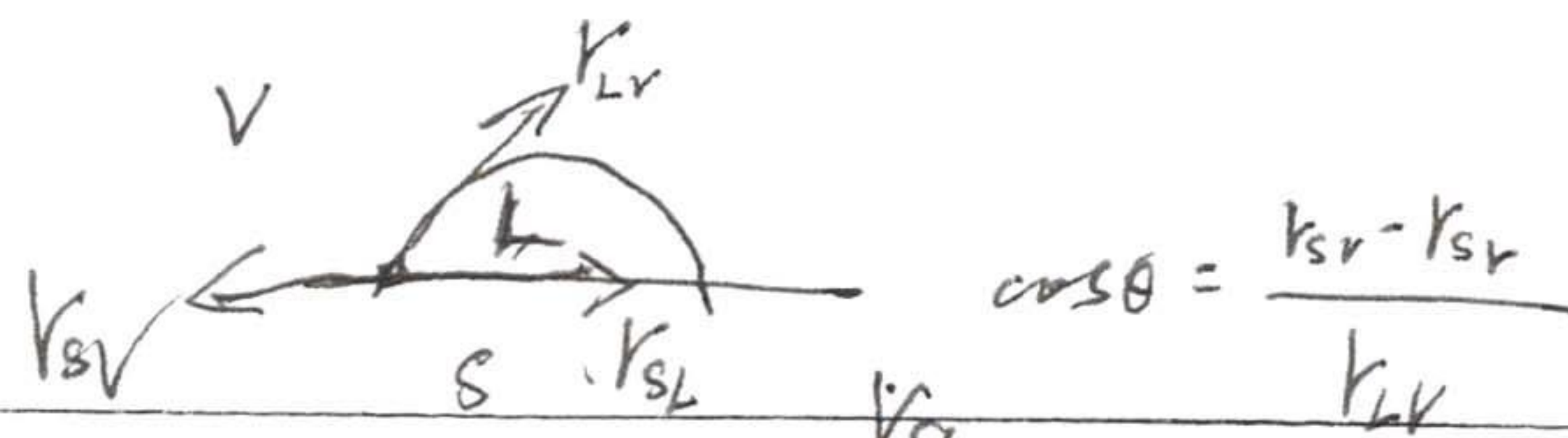
五、 计算题 (30 分, 每题 10 分)

1. 1) 一个立方晶系晶胞中，一晶面在晶轴 X、Y、Z 上的截距分别为 2a、1/2a、2/3a，求此晶面的晶面指数; *(1, 4, 3) 解: 截距为 2a, 1/2a, 2/3a, 取倒数 1/2, 2, 3/2, 化为互质整数 1, 4, 3 故 (1, 4, 3)*
- 2) 一个四方晶系晶体的晶面，在 X、Y、Z 轴上的截距分别为 3a、4a、6c，求该晶面的晶面指数。 *(4, 3, 2) 解: 截距为 3a, 4a, 6c, 取倒数 1/3, 1/4, 1/6 化为互质整数 2, 3, 2 故 (4, 3, 2)*
2. 非化学计量化合物  $Fe_xO$  中， $Fe^{3+} / Fe^{2+} = 0.1$ ，求  $Fe_xO$  中的空位浓度及 x 值。
3.  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  系统的低共熔物放在  $Si_3N_4$  陶瓷片上，在低共熔温度下，液相的



$x = 1 - y = 0.9565$ , PP  $Fe_{0.9565}O$

$[V_{Fe}^{''}] = \frac{y}{1-x} = \frac{0.0435}{1+0.9565} = 0.0222x^{-2}$



表面张力为  $900 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ , 液体与固体的界面能为  $600 \times 10^{-3} \text{ N/m}$ , 测得接触角为  $70.52^\circ$ ,

1) 求  $\text{Si}_3\text{N}_4$  的表面张力。

解  $\gamma_{SV} = \gamma_{LV} \cos\theta + \gamma_{SL} = 900 \cos 70.52 + 600 = 900 \times 10^{-3} \text{ N/m}$

2) 把  $\text{Si}_3\text{N}_4$  在低共熔温度下进行热处理, 测试其热腐蚀的槽角为  $60^\circ$ , 求  $\text{Si}_3\text{N}_4$  的界面能?

(2)  $\gamma_{SS} = 2 \cos \frac{60^\circ}{2} \times 900 = 1558.8 \times 10^{-3} \text{ N/m}$

六、相图题 (共 28 分)

1. 根据  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  系统相图说明: (12 分)

(1) 铝硅质耐火材料, 硅砖 (含  $\text{SiO}_2 > 98\%$ )、粘土砖 (含  $\text{Al}_2\text{O}_3 35\% \sim 50\%$ )、高铝砖 (含  $\text{Al}_2\text{O}_3 60\% \sim 90\%$ )、刚玉砖 (含  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$ ) 内, 各有那些主要的晶相。

(2) 为了保持较高的耐火度, 在生产硅砖时应注意什么?

因为保持较高的耐火度, 必须控制原料, 进行处理, 防止原料中混有  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 因为  $\text{SiO}_2$  熔点为

(3) 若耐火材料出现 40% 液相便软化不能使用, 试计算含 40mol%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的粘土砖的最高使用温度。(可用作图法表示)

1723, 液相量很少, 加入少量  $\text{Al}_2\text{O}_3$  后, 硅砖中会产生大量液相,  $\text{SiO}_2$  熔点急剧下降, 使硅砖耐火度大大下降。如加入 1wt%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 液相量 1/5.5 = 18%。

$\text{Al}_2\text{O}_3$  是硅砖中极为有害的杂质成分。

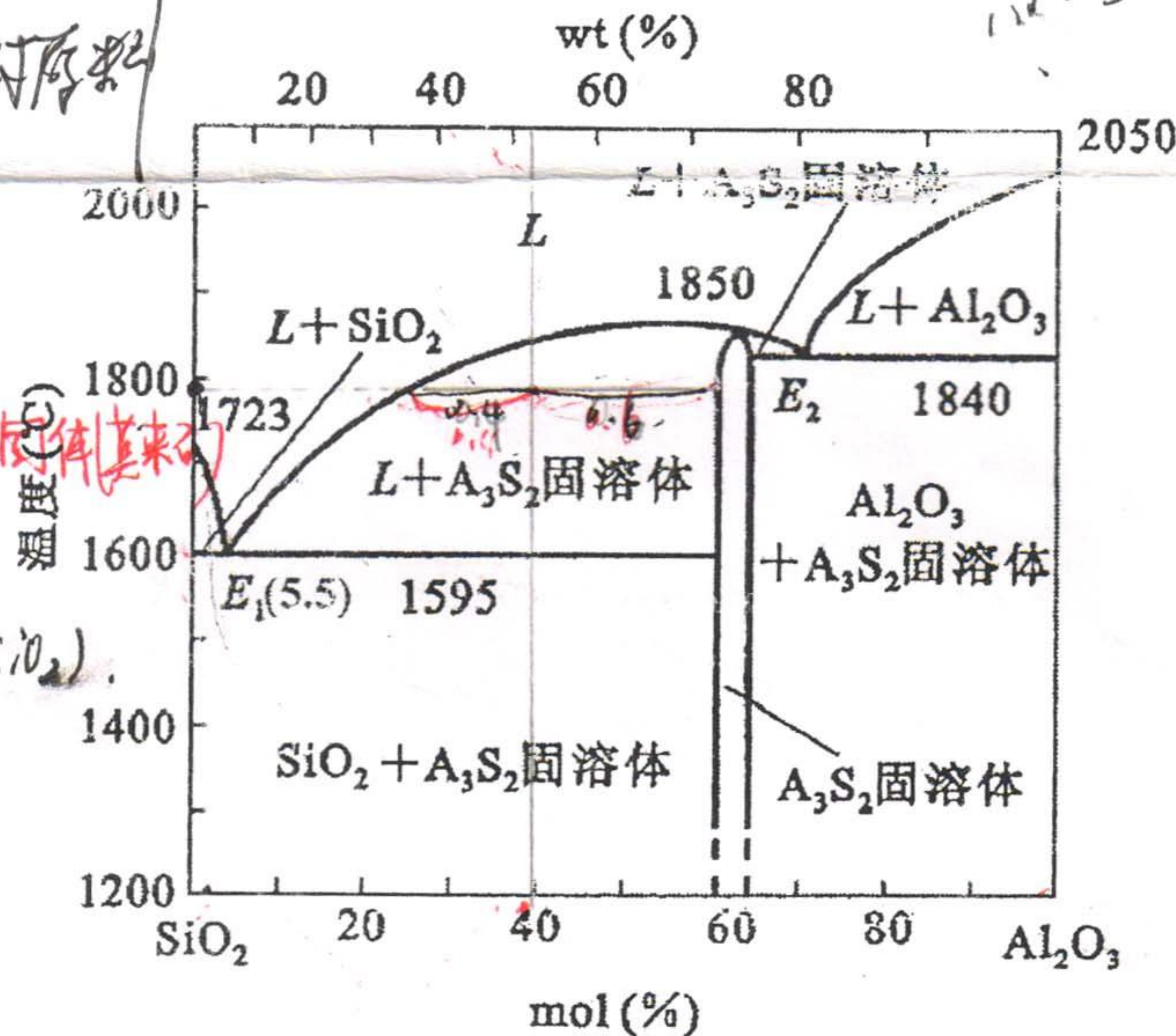
要制造高质量的硅砖, 必须对原料进行特殊的选料和处理, 尽量减少原料中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量。

1) 硅砖 (含  $\text{SiO}_2 > 98\%$ ) 主晶相:  $\text{SiO}_2, 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$  (液体基体)

粘土砖 (含  $\text{Al}_2\text{O}_3 35\% \sim 50\%$ ) 主晶相:  $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$

高铝砖 (60% ~ 90%) 主晶相:  $\text{Al}_2\text{O}_3 (3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2)$

刚玉砖 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 > 90\%$ )  $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$



2. 根据相图回答下面问题: (16 分)

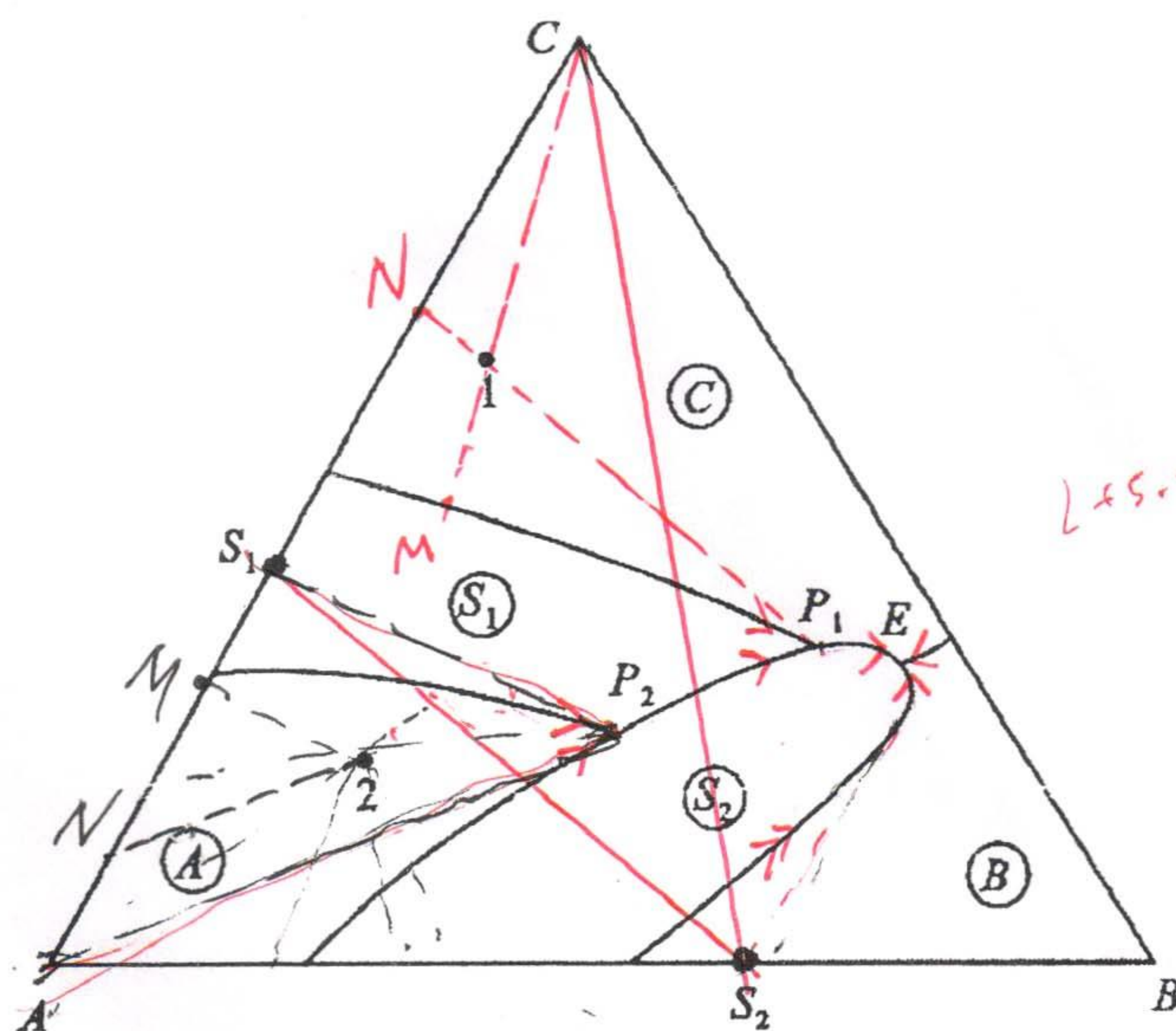
(1) 说明化合物 S1 和 S2 的性质;

(2) 在图中划分三元系统及用箭头指示出各界线的温度下降方向及性质;

(3) 指出各无变量点的性质并写出各点的平衡关系;

(4) 写出组成 1 的熔体的冷却结晶过程 (表明液、固相组成点的位置变化及结晶过程各阶段系统中发生的变化);

(5) 加热组成 2 的三元混合物将于哪一点温度开始出现液相? 在该温度下生成的最大液相量是多少? (上述各题可用作图法表示)



(1)  $S_1$  是一致熔融二元化合物 高温稳定, 低温分解.  
 $S_2$  是不一致熔融二元化合物.

界线性质  $P_1E$  低共熔线  $L \leftrightarrow C+S_2$

$P_2P_1$  低共熔线  $L \leftrightarrow S_1+S_2$

(2) 如图.

(3)  $P_1$  单转熔点  $L+S_1 \leftrightarrow C+S_2$

$P_2$  单转熔点  $L+A \leftrightarrow S_1+S_2$

$E$  低共熔点  $L \rightarrow B+C+S_2$

(4) 1点

$L: 1 \xrightarrow[f=2]{L \rightarrow C} M \xrightarrow[f=1]{L \rightarrow C+S_1} P_1 (L+S_1 \leftrightarrow C+S_2)$

$S: C \rightarrow N \rightarrow 1$

(5) 2点于  $P_2$  出现液相, 如图作  $\triangle AS_1P_2$ .

$$k) L\% = \frac{MN}{AS_1} \times 100\%$$