

反应扩散法制备的 PbMo_6S_8 超导带的 超导特性

李 宏 成

(中国科学院物理研究所)

D. G. HINKS

(Argonne National Laboratory, Argonne, IL 60439, U. S. A.)

1984年2月7日收到

提 要

本文报道反应扩散法制备 Chevrel 相 PbMo_6S_8 超导带材的过程以及带材的超导特性。Mo 带与 H_2S 气体反应生成单相的 Mo-S 化合物 (MoS_2 或 Mo_2S_3 , 根据反应温度而定), 再与 Pb 的蒸汽反应生成单相的 PbMo_6S_8 薄层。 PbMo_6S_8 超导层的临界温度 $T_c = 13.0-14.5\text{K}$, 转变宽度在 $0.15-0.20\text{K}$ 之间, $j_c(6\text{T}, 4.2\text{K}) \approx 1.9 \times 10^8 \text{A/m}^2$ 。

Chevrel 相超导体 PbMo_6S_8 具有相当高的临界温度^[1,2]以及非常高的上临界磁场^[2,3]

$$H_{c2}(0) \approx 60\text{T}.$$

它的 $H_{c2}(4.2\text{K})$ 分别等于 Nb_3Ge , Nb_3Sn 与 Nb-Ti 的 1.5, 2—2.5 与 4 倍。它的应用前景是很吸引人的。

文献已报道了数种制备 PbMo_6S_8 带(线)的方法。在硫与铅的气氛中处理钼线, Alekseevskii 等人^[4]得到 $j_c(10\text{T}, 4.2\text{K}) \geq 5 \times 10^6 \text{A/m}^2$, Decroux 等人^[5]得到

$$j_c(4\text{T}, 4.2\text{K}) \approx 2 \times 10^7 \text{A/m}^2.$$

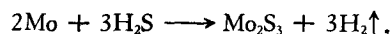
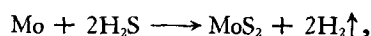
采用粉末装管拉丝法, Luhman 等人^[6]得到 $j_c(4\text{T}, 4.2\text{K}) = (1-5) \times 10^7 \text{A/m}^2$, Seeber 等人^[7]得到 $j_c(6\text{T}, 4.2\text{K}) = 2.2 \times 10^8 \text{A/m}^2$ 。采用溅射法, Alterovitz 等人^[8]得到

$$j_c(14\text{T}, 1.8\text{K}) \approx 5 \times 10^7 \text{A/m}^2,$$

Przyslupski 等人^[9]得到 $j_c(6\text{T}, 4.2\text{K}) \approx 1.3 \times 10^7 \text{A/m}^2$ 。

我们使 H_2S 气体与 Mo 带反应, 生成 MoS_2 或 Mo_2S_3 , 再与 Pb 蒸汽反应扩散, 生成 PbMo_6S_8 薄层。我们将这种方法称之为反应扩散法, 简称 RAD 法 (reaction-diffusion method)。制备过程如下:

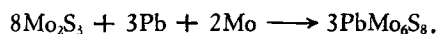
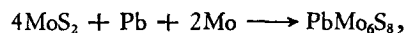
1. Mo 带(或线)与 H_2S 气体反应生成 Mo-S 化合物



依赖于反应温度不同, 生成 MoS_2 或 Mo_2S_3 。反应结果生成平整的 Mo-S 化合物层, 厚度易于控制, 可在 $1-10 \mu\text{m}$ 范围内调节。X 射线检验表明, Mo-S 化合物薄层的衍射峰尖锐

程度与仔细制备的粉末样品相同, 除了基底 Mo 的衍射峰之外没有其它杂峰存在. 这表明生成了单相的 Mo-S 化合物.

2. 与 Pb 蒸汽反应扩散, 生成 PbMo_6S_8 薄层



所得到的 PbMo_6S_8 -Mo 复合带是平整的. X 射线检验表明, PbMo_6S_8 的衍射峰尖锐程度与仔细制备的粉末样品相同. 除了基底 Mo 的衍射峰之外没有其它杂峰存在, 这表明所生成的薄层是单一的 Chevrel 相 PbMo_6S_8 .

用这种 RAD 法制备的 PbMo_6S_8 -Mo 复合带 $T_c = 13.0-14.5\text{K}$, 转变宽度在 $0.15-0.20\text{K}$ 之间, 与仔细制备的粉末样品磁测量的转变宽度相同. 在 4.2K 下, 临界电流密度测量结果如图 1 所示. 样品 2-9# 的 $j_c(6\text{T}, 4.2\text{K}) = 1.9 \times 10^8 \text{ A/m}^2$, 与粉末法的最好结果 $j_c(6\text{T}, 4.2\text{K}) \approx 2.2 \times 10^8 \text{ A/m}^2$ 非常接近. 测量中发现, 样品很易被损伤, 从而使 j_c 大大降低. 因此图 1 给出的结果可看作是样品真正的 j_c 的最小值. 没有受任何损伤的样品的 j_c 可能显著地高于此值.

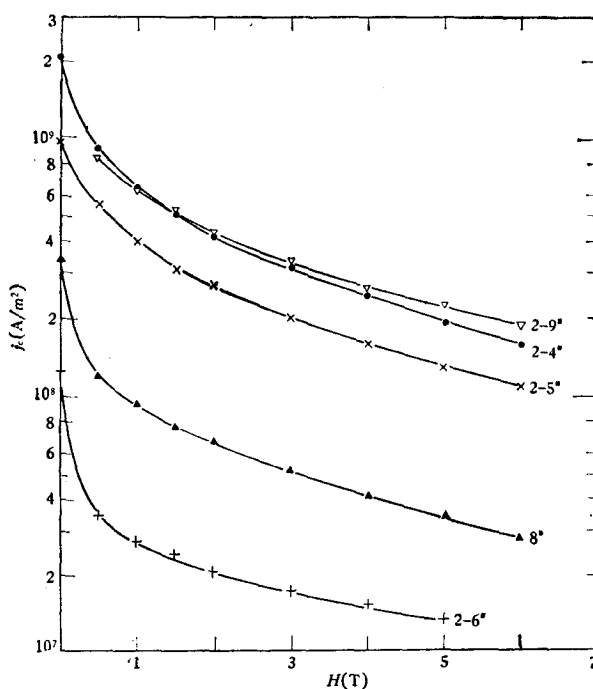


图 1 PbMo_6S_8 带临界电流密度曲线

概括地说, 本文介绍了 RAD 法制备 PbMo_6S_8 超导带的过程以及所得到的带材的超导特性. RAD 法容易控制 PbMo_6S_8 超导层的生成条件, 可以得到平整的单相的 Chevrel 相薄层. 这种带材具有相当高的负载超导电流的能力, 而且提高载流能力的潜力是很大的.

参 考 文 献

- [1] B. T. Matthias, M. Marezio, E. Corenzwit, A. S. Cooper, H. E. Barz, *Science*, **175** (1972), 1465.
- [2] O. Fischer, *Appl. Phys.*, **16** (1978), 1.
- [3] O. Fischer, R. Odermatt, G. Bongi, H. Jones, R. Chevrel, M. Sergent, *Phys. Lett. A*, **45** (1973), 87.
- [4] N. E. Alekseevskii, M. Alinski, N. M. Dobrovolskii, V. I. Tsebro, *JETP. Lett.*, **23** (1976), 412.
- [5] M. Decroux, O. Fischer, R. Chevrel, *Cryogenics*, **17** (1977), 291.
- [6] T. Luhman, D. Dew-Hughes, *J. Appl. Phys.*, **49** (1978), 936.
- [7] B. Seeber, C. Rossel, O. Fischer, Ternary Superconductors, Shenoy, Danlap, Fridin eds., (1978), p. 119.
- [8] S. A. Alterovitz, J. Woollam, Lee Kammerdiner, Huey-Lin Luo, *Appl. Phys. Lett.*, **33** (1978), 264.
- [9] P. Przyslupski, B. Gren, *J. Low. Temp. Phys.*, **46** (1982), 279.

THE SUPERCONDUCTING PROPERTIES OF PbMo_6S_8 TAPES PREPARED BY REACTION DIFFUSION METHOD

LI HONG-CHENG

(Institute of Physics, Academia Sinica)

D. G. HINKS

(Argonne National Laboratory, Argonne, IL60439, U. S. A.)

ABSTRACT

The process for making Chevrel-phase PbMo_6S_8 superconducting tapes by reaction diffusion method and the properties of the tapes are reported. Mo tape reacts with H_2S to form single phase Mo-S compound (MoS_2 or Mo_2S_3 , depends on the reaction temperature), then with Pb vapor to form single phase PbMo_6S_8 layers. The transition temperature of the layers are 13.0—14.5 K, the widths of the transitions are in the range of 0.15—0.20 K and $J_c(6\text{T}, 4.2\text{K}) \cong 1.9 \times 10^8 \text{A/m}^2$.

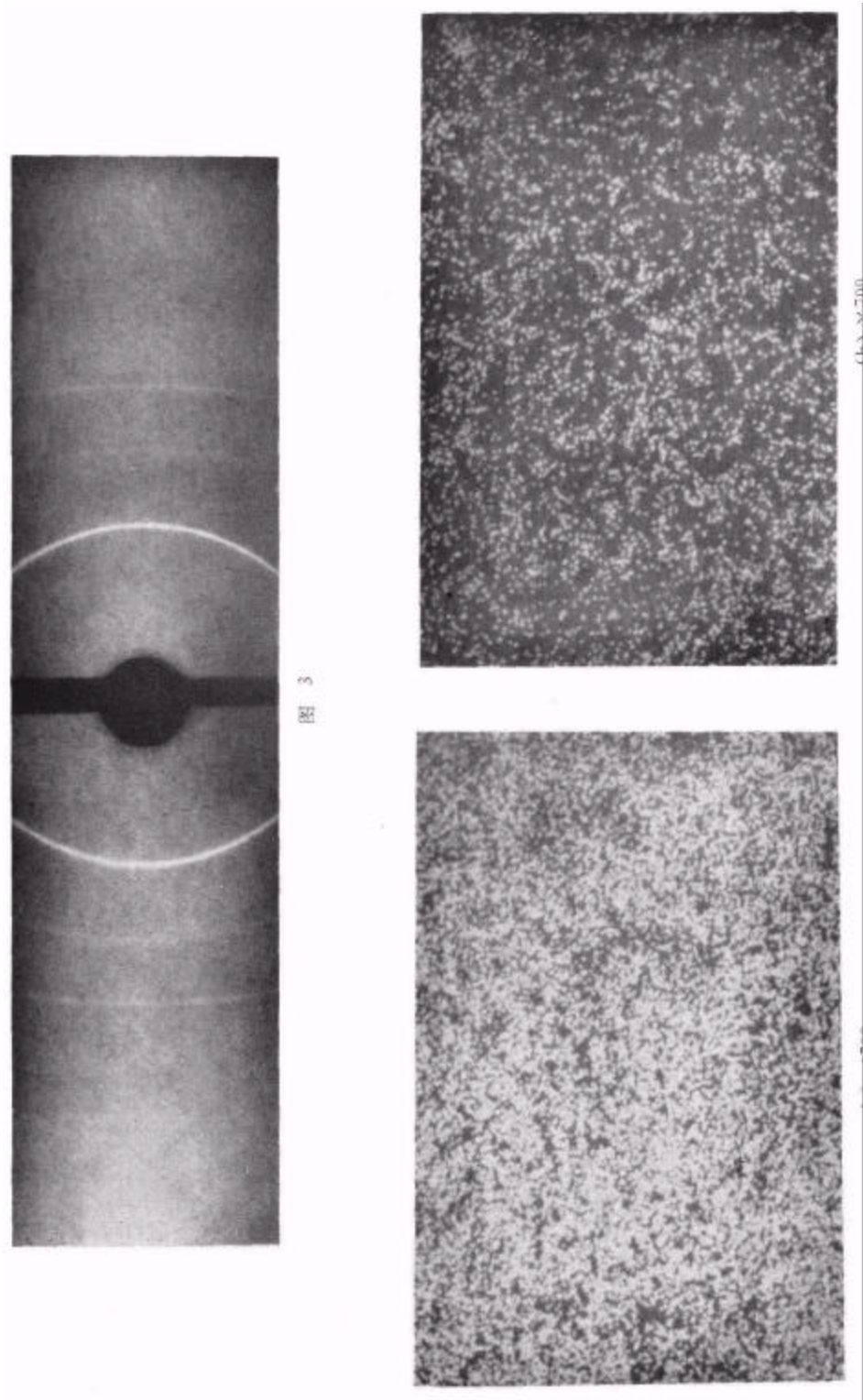


图 3

(b) $\times 700$

(a) $\times 700$

图 4

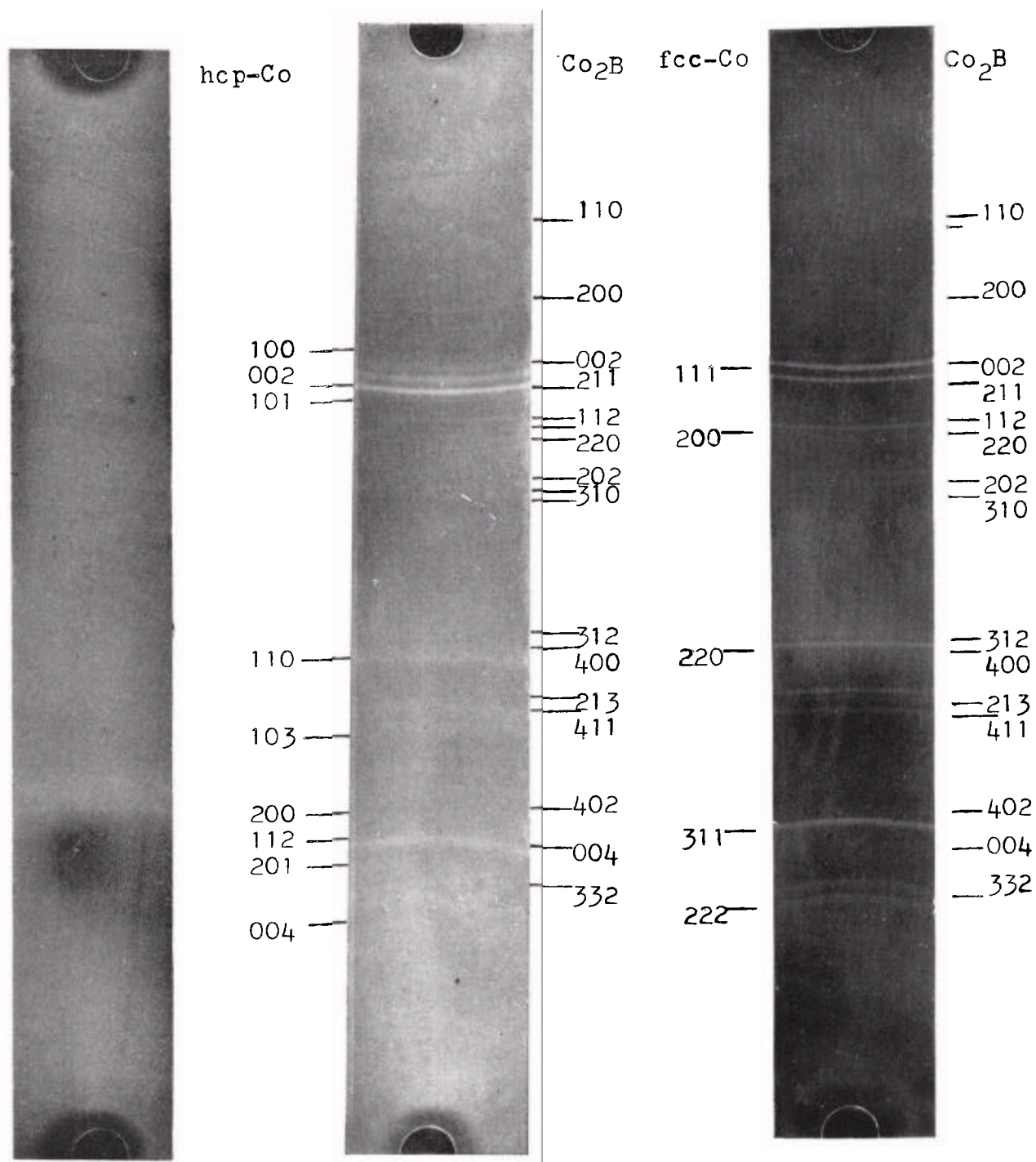
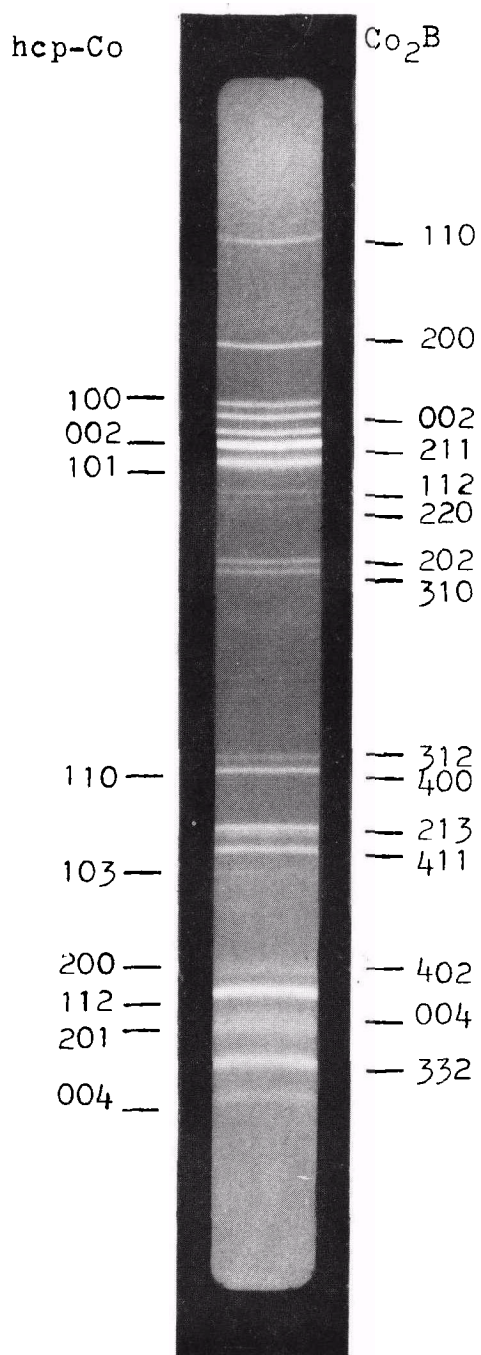


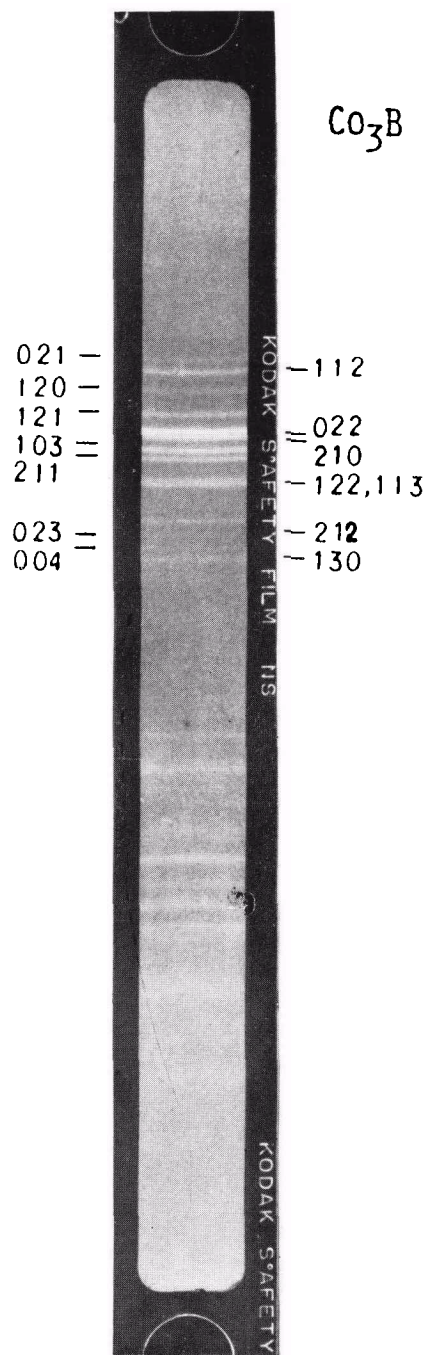
图 4

图 5

图 6



8 图



6 图

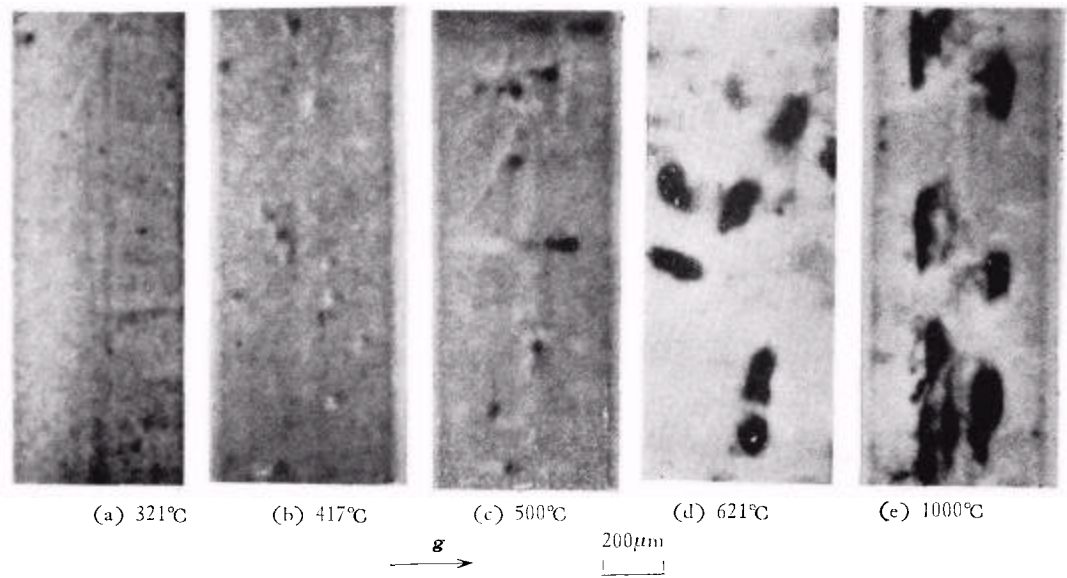


图 1 不同热处理温度下氢气区熔硅单晶中氢致缺陷应变区的X射线截面形貌图
(a), (b), (c) 和 (e) 为 $11\bar{1}$ 衍射, (d) 为 $40\bar{4}$ 衍射

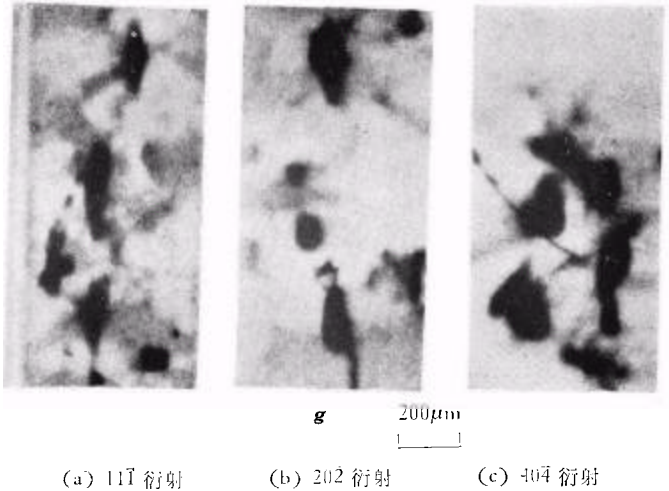


图 2 700°C 热处理样品的X射线截面形貌图

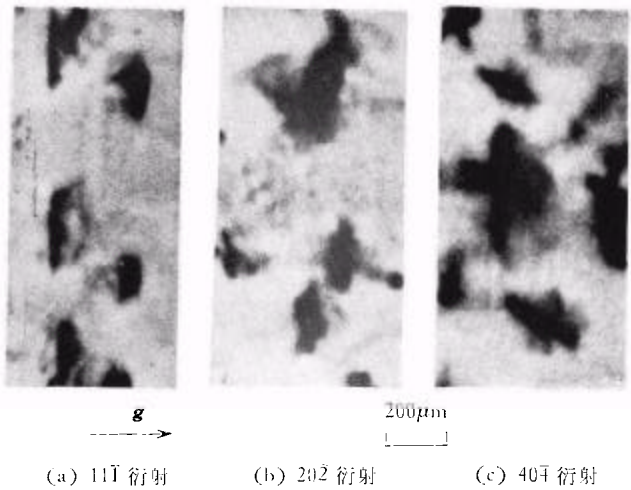


图 3 1000°C 热处理样品的X射线截面形貌图



图 1 六角亚稳相 α_2 的生长形态

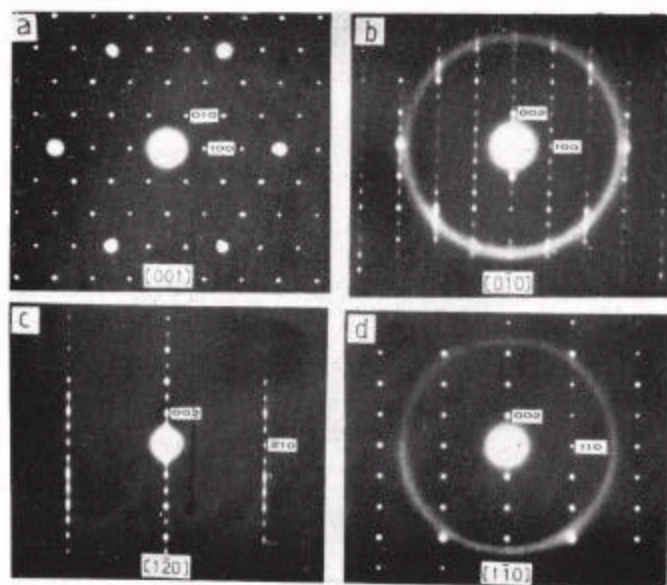


图 2 六角亚稳相 α_2 晶体的电子衍射图

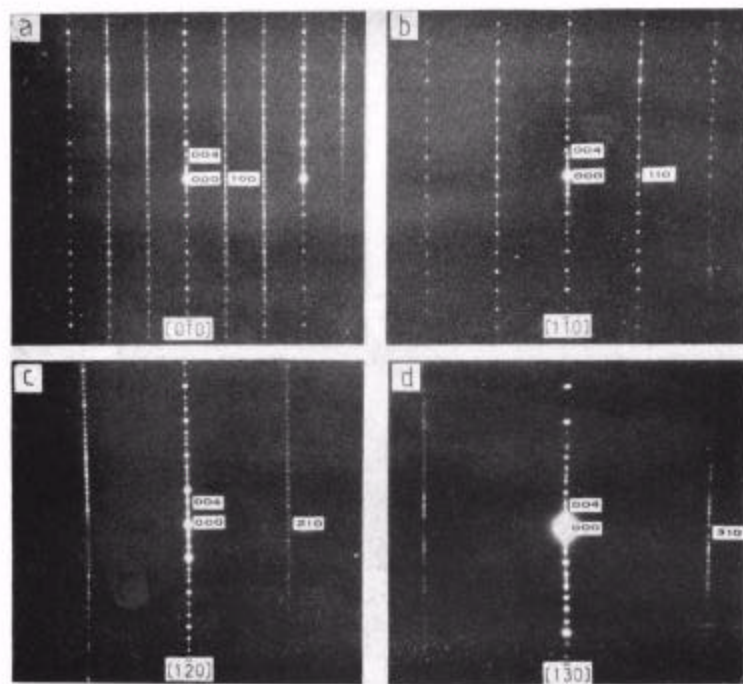


图3 六角亚稳相 α_3 晶体的电子衍射图

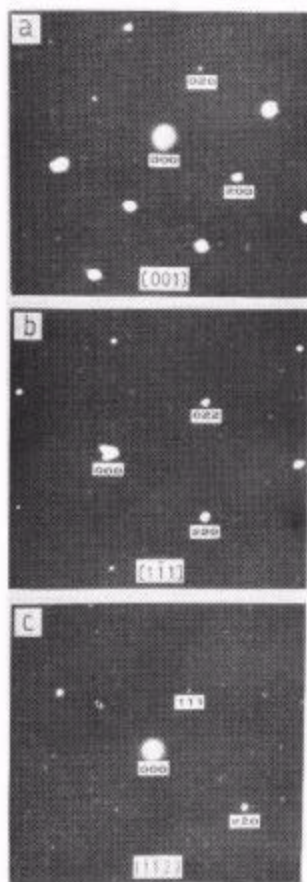


图4 面心立方亚稳相 α 晶体的电子衍射图