

# InSb 液相外延层内的两类层错

俞振中 马可军 金 刚

(中国科学院上海技术物理研究所)

1982年7月9日收到

## 提 要

实验表明, InSb 液相外延层内存在着两类层错,即哑铃状层错与杆状层错。对两类层错的形态,结构与相互之间的作用进行了观察。分析表明,哑铃状层错为本征型层错,四周围以 Shockley 不全位错,而杆状层错很可能为非本征型层错。最后对层错的形成机制进行了讨论。

如图1所示,作者发现,经CP4溶液腐蚀后,在InSb液相外延层内存在着两类在形貌上截然不同的堆垛缺陷。根据其腐蚀图案,可形象地将它们谓之哑铃状层错与杆状层错。哑铃状层错的蚀象通常呈 $\Delta$ 、 $\Lambda$ 、一形三种几何图案,蚀象较为浅细,其两端总存在着两个与通常的位错坑形貌相似的腐蚀坑。杆状层错的蚀坑要比哑铃状层错短一些,但其深度与宽度均远远超过前者。另外,在杆状层错两端,未发现附加的腐蚀坑。实验表明,两类层错与 $\{111\}$ 晶面的交线均沿 $\langle 110 \rangle$ 晶向。逐层腐蚀证明,两类层错面均为 $\{111\}$ 晶面,包围哑铃状层错的不全位错位错线的走向是沿 $\langle 110 \rangle$ 晶向,而杆状层错周界的不全位错位错线却无严格的走向。

图2表明了同类与异类两种层错之间相互作用的一些情况。实验表明,对于哑铃状层错,当两个层错面相遇时,均不能相互越过而继续向前发展,不管层错图形如何复杂,在图形的每一点上(不论是否为交点)均只能存在两个分支,整个图形可一笔画成。而对于杆状层错,或当两类不同的层错相遇时,能观察到具有三个分支的交点,但未曾看到过有“ $\times$ ”形的交点。显然,对于杆状层错或二类不同的层错之间,具有较大的不相干性。如将图2a的层错逐层腐蚀,表明,这两个套迭的哑铃状三角形层错,原先为两个互为独立

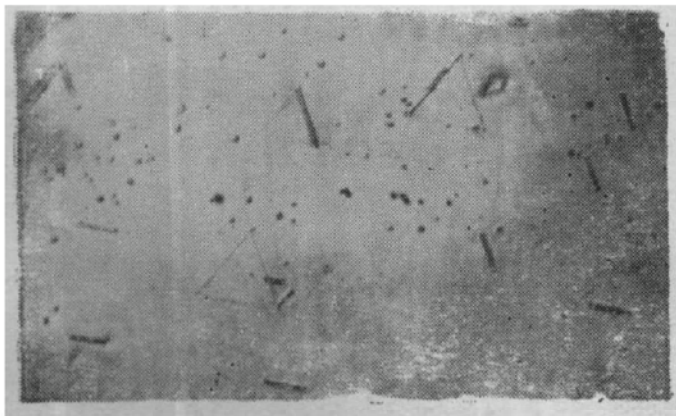


图1 InSb (111)晶面上的二类外延层错

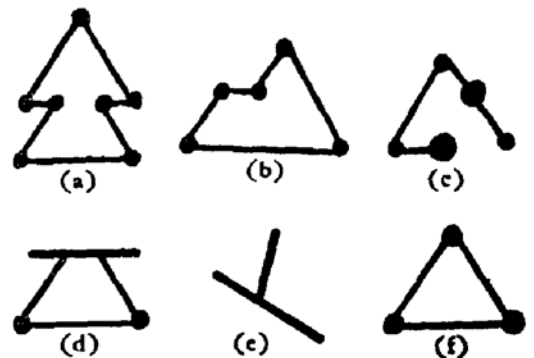


图2 同类与异类层错间的相互作用

的三角形层错,如图 3 所示. 随着外延层的不断增厚,两个三角形层错相遇,交迭处的层错面自行消失. 图 4 给出了图 3 中层错的空间结构. 图中, J 是两个三角形层错开始相交时的起点, DJ, EJ 分别是层错面 BHC 与 DJIF 和 EJIG 的交线. 显然,  $DJ \parallel BH$ 、 $EJ \parallel CH$ , 实验上,就表现在腐蚀过程中 BD、EC 线段长度始终保持恒定,直至 D、E 点相遇,两个三角形层错完全分离.

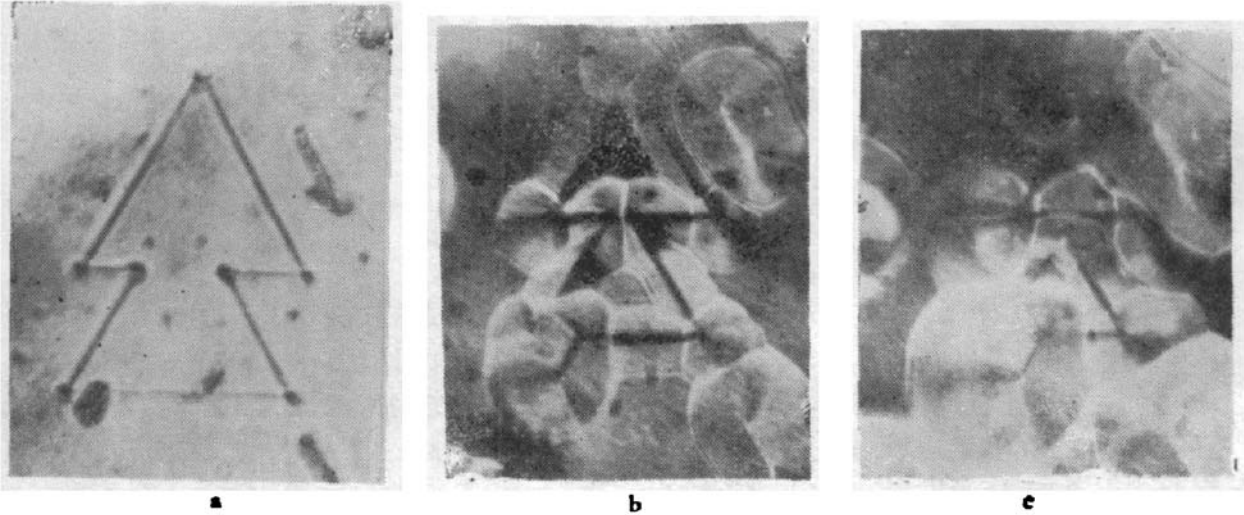


图 3 哑铃状三角形层错交迭结构的逐层腐蚀

根据腐蚀图案的形貌以及层错间相互作用的差异,作者认为,哑铃状层错与杆状层错可能是属于两类性质上完全不同的层错. 由腐蚀沟槽或坑的深度与宽度来看,杆状层错所引起的晶格畸变似乎要比哑铃状层错大的多. 实验表明,与单根哑铃状层错两端的腐蚀坑相比,哑铃状三角形层错顶点处的腐蚀坑较小. 这表明,该处的 Lomer-Cottrell 型不全位错的能量较小,如图 1,图 5 所示. Booker 等人曾指出<sup>[1]</sup>,在 Si 外延薄层内,三角形层错一般起源于衬底表面上的非本征不全位错环. 如果这一规律也适合于我们的情况,那么,可以假设,哑铃状层错为一本征型层错,周界由鲍格斯矢量为  $\frac{a}{6} \langle 211 \rangle$  的 Shockley 不全位错所包围,当两个本征型层错面相遇时,两根 Shockley 不全位错将合成为一根低能的鲍格斯矢量为  $\frac{a}{6} \langle 110 \rangle$  的梯杆不全位错,这正好与上述的实验事实相一致. 当然,也可认为哑铃状层错的周界为 Frank 不全位错. 然而,此时三角形顶点处的 Lomer-

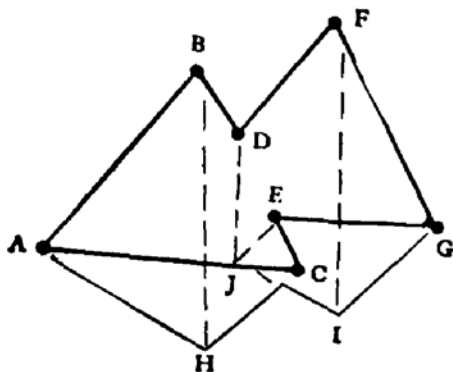


图 4 图 3 层错的空间结构

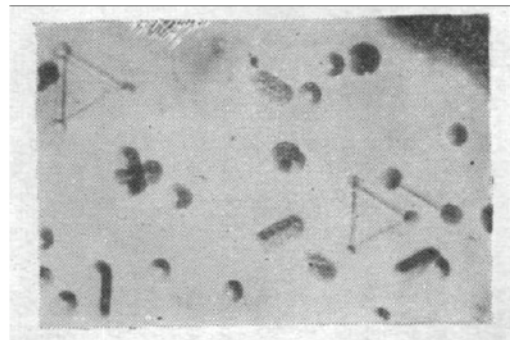


图 5 两类层错腐蚀形貌

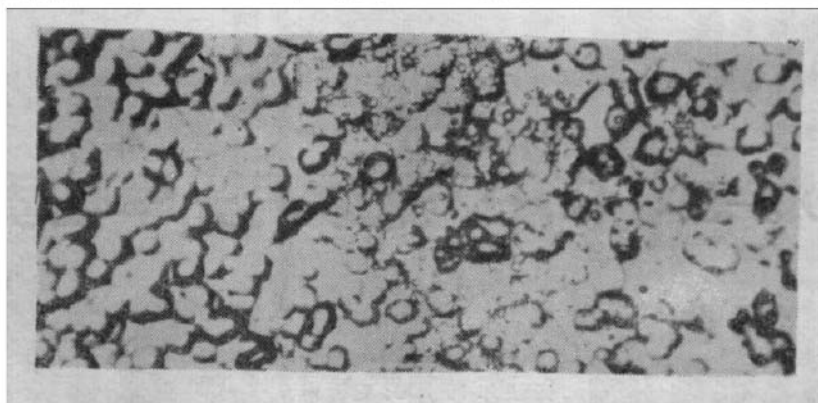


图6 外延层倾斜面上的腐蚀金相

Cottrell 不全位错的鲍格斯矢量为  $\frac{2}{3}a\langle 110 \rangle$ , 显然大于所假设的单根哑铃状层错两端的 Frank 不全位错的鲍格斯矢量  $\frac{a}{3}\langle 111 \rangle$ , 这与实验结果相矛盾。当然, 为确定两类层错的具体结构与属性, 还必须作进一步的实验论证与分析。

图6是将具有层错的外延面以  $2^\circ$  的倾角研磨和腐蚀后, 在衬底—外延层界面附近所拍摄的金相照片。a、b、c 分别表示衬底、界面与外延层的腐蚀形貌。由图可见, 在衬底—外延层交界处, 存在许多污状物的腐蚀浅坑, 估计这是由于衬底表面的氧化物或其它污染所致。实验表明, 采用严格的工艺条件, 可望大大地减少乃至消除外延层错。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] G. R. Booker and R. Stickler, *Appl. Phys. Letters*, 3, 158 (1963).

## Two Kinds of Stacking Faults in InSb Liquid Phase Epitaxial Layers

Yu Zhenzhong, Ma Kejun and Jin Gang  
(Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica)

### Abstract

The experiments show that, in InSb liquid phase epitaxial layers, there exist two kinds of stacking faults, namely dumbbell- and pole-shaped faults. The feature and structure of the two faults and the interaction between them have been observed. Analysis indicates that the dumbbell-shaped faults belong to intrinsic faults, with Shockley partial dislocation around, while the pole-shaped ones probably belong to extrinsic faults. The mechanism forming the stacking faults is also discussed.