



*In*在*Cu*中的扩散

蔡金明 (09904089)

李 亮 (09904035)



内容概要

- 实验背景
- 实验方法和内容
- 实验结果与分析
- 小结与分析
- 展望
- 参考书目



实验背景

- In可作Cu质外延的活化剂
- 室温下Cu表面原子的运动比想象中要活跃得多
- 卢瑟福背散射的实验方法特别适合于研究重元素在轻基体中的掺杂
- 随着Si电子器件尺度的减小，人们对金属在Si中的性质给予极大兴趣。

实验内容和方法

○ 实验内容

1. 衬底: $\text{SiO}_2(\text{Ca});\text{Si}(100)$

结构: $\text{Cu}-\text{In}-\text{Cu}-\text{衬底}$

实验温度	室温	加热200度	退火200度
第一层Cu (\AA)	600.0 (空气)		
In层厚度 (\AA)	0.5		
	2.0		
	10.0		
第三层Cu (\AA)	50.0 (衬底)		

table. 1 (实际厚度有波动)

实验方法和内容

2.衬底: SiO_2 (Ca) ; NaCl

结构: Cu—In—Cu—衬底

实验温度	室温	退火200度
第一层Cu (\AA)	600.0 (大气)	600.0 (大气)
In层厚度 (\AA)	0.5/10.0	0.5/10.0
第三层Cu (\AA)	600.0 (衬底)	600.0 (衬底)

table. 2 (实际厚度有波动)

实验方法和内容

3. 结构：Cu (600Å) — Si (100) 衬底

衬底温度：100度；150度；200度。

注：附属实验，研究Cu在Si衬底上的扩散现象

○ 实验方法

电子束热蒸发： $5 \times 10^{-4} \text{Pa}$ $I_{\text{丝}}=0.6\text{A}$ $V_{\text{丝}}=30\text{V}$

膜厚监测仪工具因子：100.0

电子枪： $V=8.8\text{KV}$ $I=0.07\text{A}$

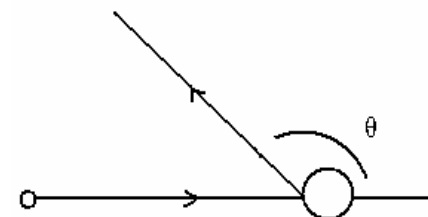
实验方法和内容

○ 实验分析方法

1. 卢瑟福背散射： α 粒子打入样品，和其中粒子碰撞反射回来，从深层回来的能量低，从表层回来的能量高。由于反射回来的深度不同，峰有一定展宽。不同元素反射回来的 α 粒子能量不同，从而一种元素构成一个峰。

通过程序设定样品参数（即样品构成）拟和实验曲线，尽量符合，可得样品元素分布。

2. X射线衍射分析



卢瑟福背散射公式：

$$\left| \frac{d\sigma}{d\Omega} \right| = \left(\frac{Zq^2}{4\pi\epsilon_0 m v_0^2} \right)^2 \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$$

实验结果与分析——Si衬底 室温

○ 实验内容一

用卢瑟福背散射分析In在Cu中的扩散。

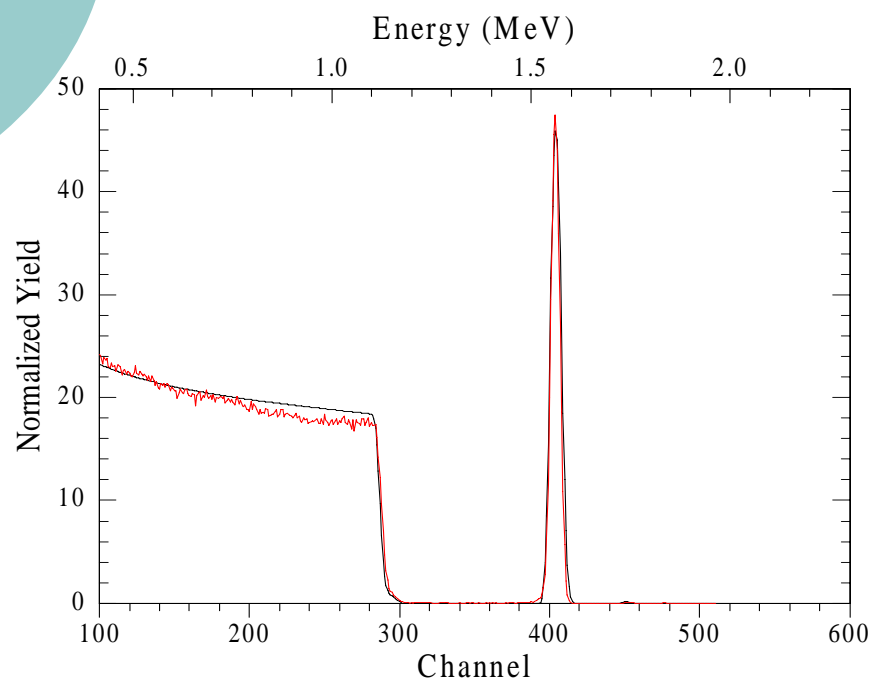


Fig.1 In(0.5Å) Si衬底 室温

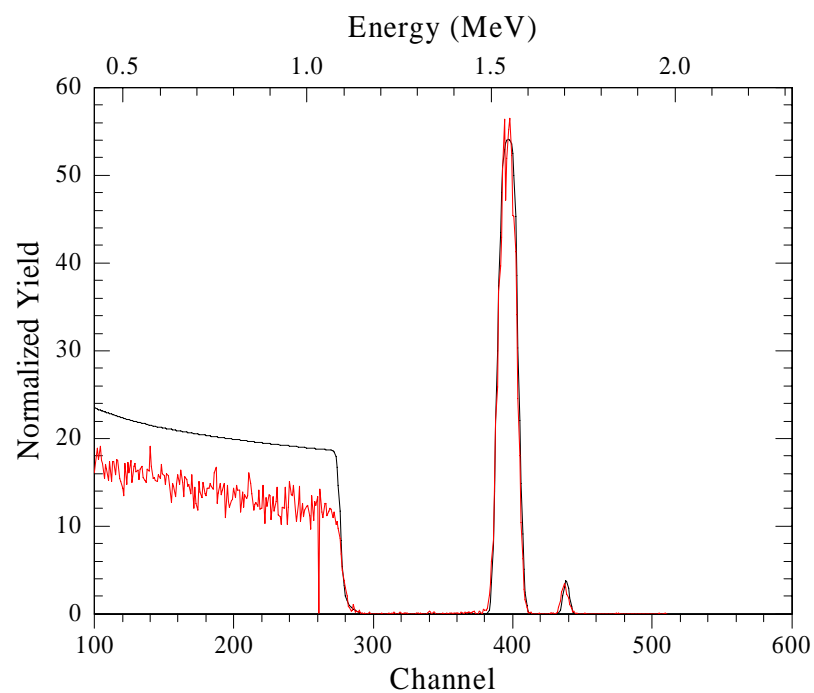


Fig.2 In (10Å) Si衬底 室温

实验结果与分析——Si衬底退火

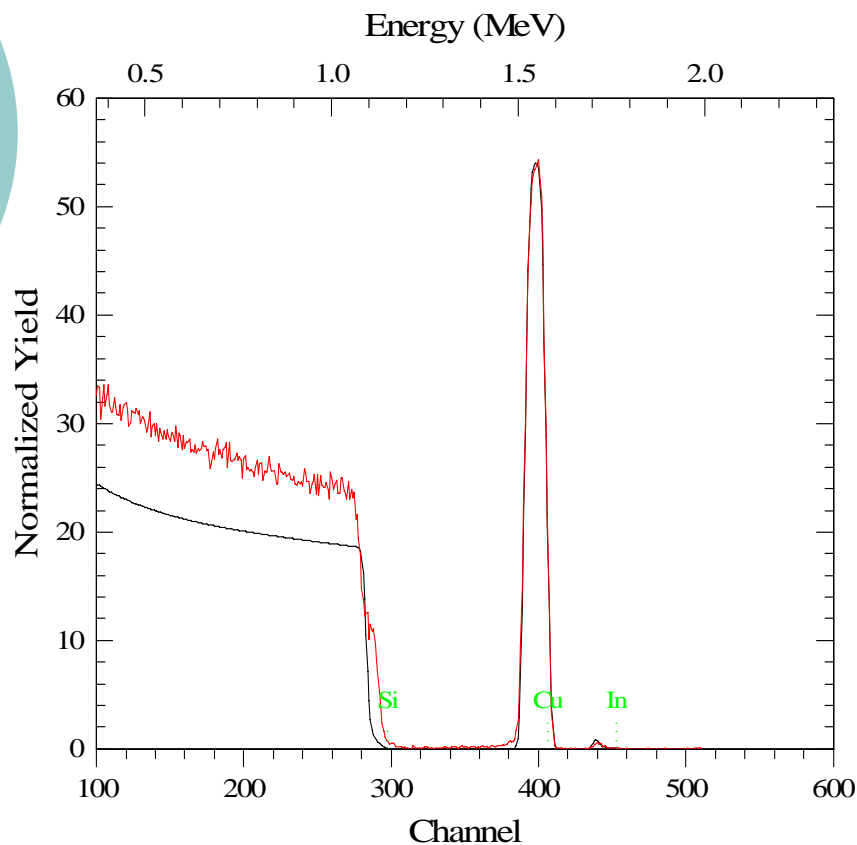
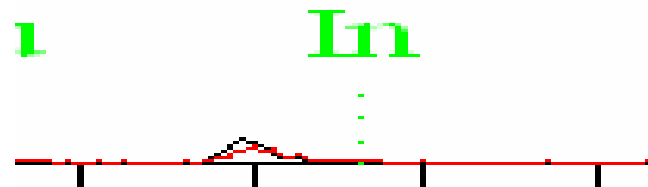


Fig.3 In (2Å) Si衬底 退火



层	厚度 (Å)	比例	
		Cu	In
1	480.0	500	0.5
2	2.0	0	1
3	50.0	1	0
4	衬底	—	—

table. 3

实验结果与分析——Si衬底退火

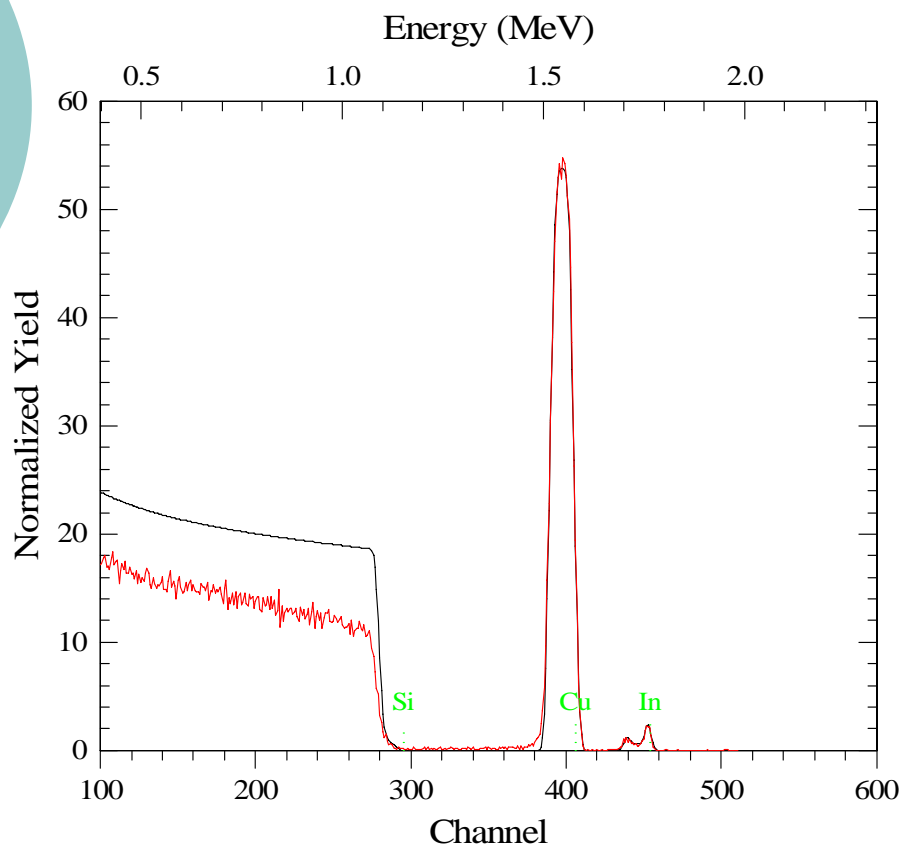
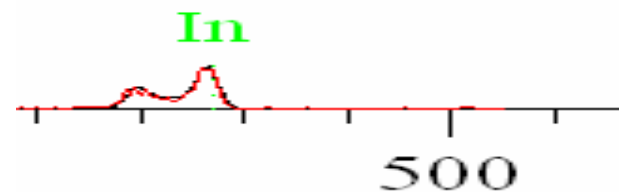


Fig.4 In (10Å) Si衬底 退火



层	厚度 (Å)	比例	
		Cu	In
1	5.5	0	1
2	500.0	500	1
3	2.0	0	1
4	50.0	1	0
5	衬底	—	—

table. 4

实验结果与分析—— SiO_2 衬底 室温

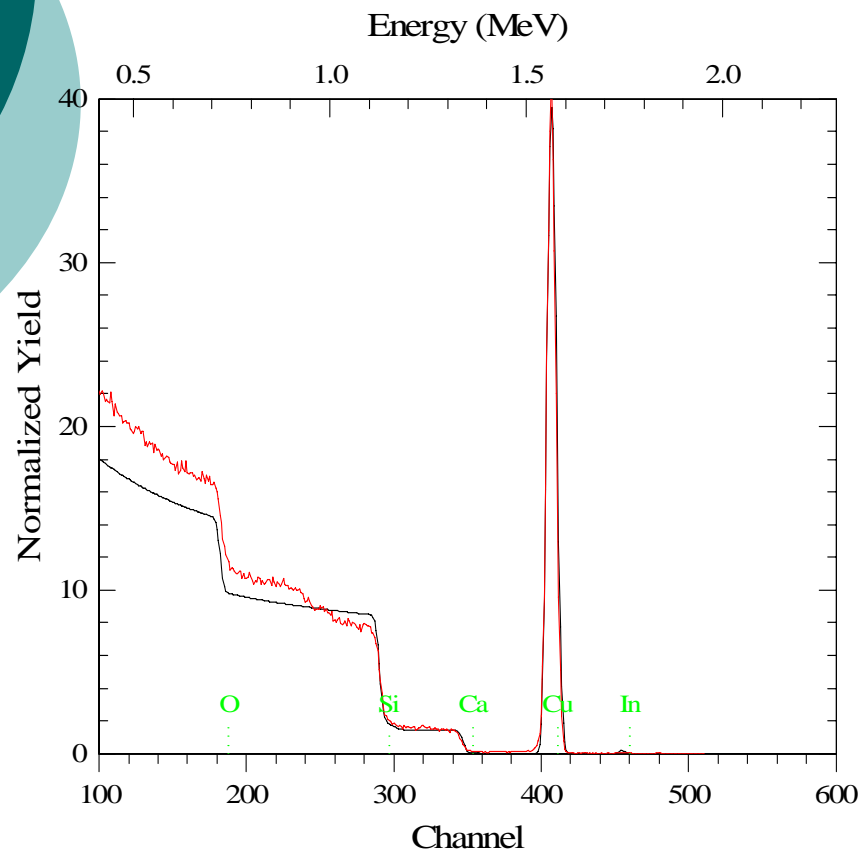


Fig.4 In (0.5Å) SiO_2 衬底 室温

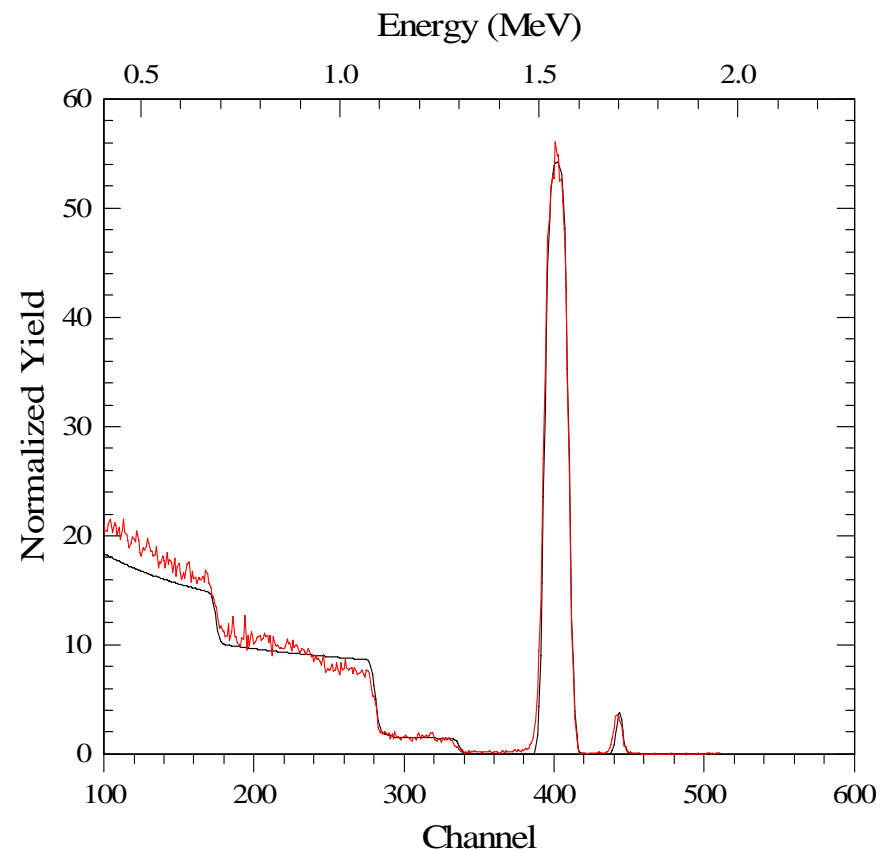


Fig.5 In (10Å) SiO_2 衬底 室温

实验结果与分析—— SiO_2 衬底加热

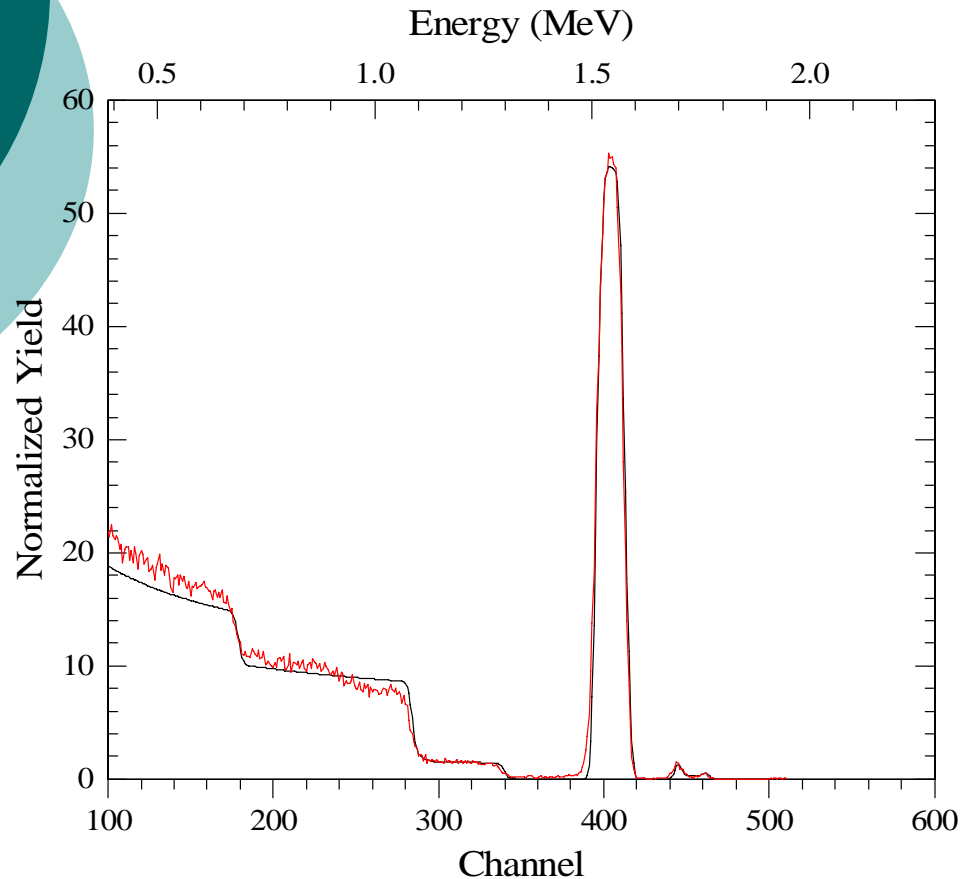
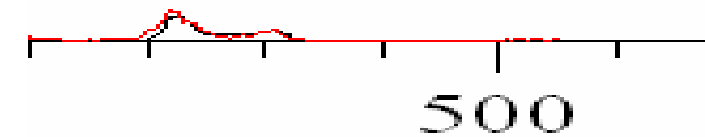


Fig.6 In (2\AA) SiO_2 衬底 加热



层	厚度 (\AA)	比例	
		Cu	In
1	1.0	0	1
2	550.0	500	1
3	2.0	0	1
4	50.0	1	0
5	衬底	—	—

table.. 5

实验结果与分析—— SiO_2 衬底退火

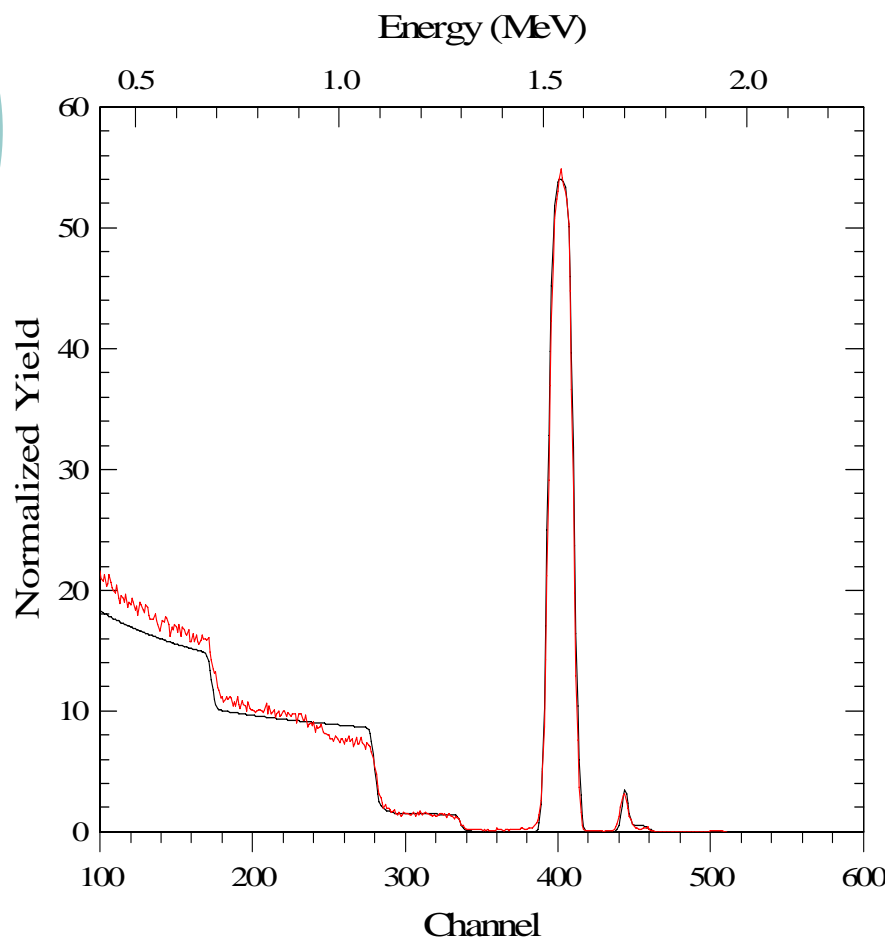
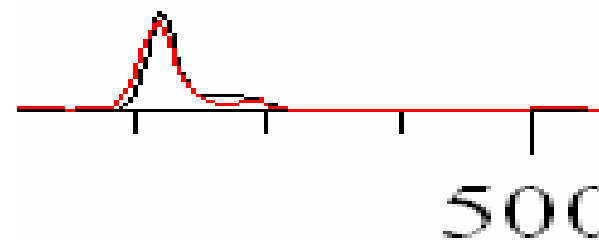


Fig.7 In (10\AA) SiO_2 衬底 退火



层	厚度 (\AA)	比 例	
		Cu	In
1	550.0	600	2
2	8.0	0	1
3	50.0	1	0
4	衬底	—	—

table. 6

实验结果与分析

○ 实验内容二

为了看In的扩散是否和Cu的晶向有关，在NaCl和SiO₂衬底上重复实验。为了看In的扩散是否方向性（向内或向外），在In层两侧Cu均为600Å。

用X射线衍射分析Cu在NaCl和SiO₂衬底上的晶向选择。用卢瑟福背散射分析In的扩散。

实验结果与分析——XRD

1. X衍射分析(XRD)

NaCl衬底



Fig.8 In_{0.5}-NaCl(室温)



Fig.9 In_{0.5}-NaCl(退火)



Fig.10 In₁₀-NaCl(室温)



Fig.11 In₁₀-NaCl(退火)

实验结果与分析——XRD

SiO₂衬底



Fig.12 In_{0.5}-SiO₂(室温)

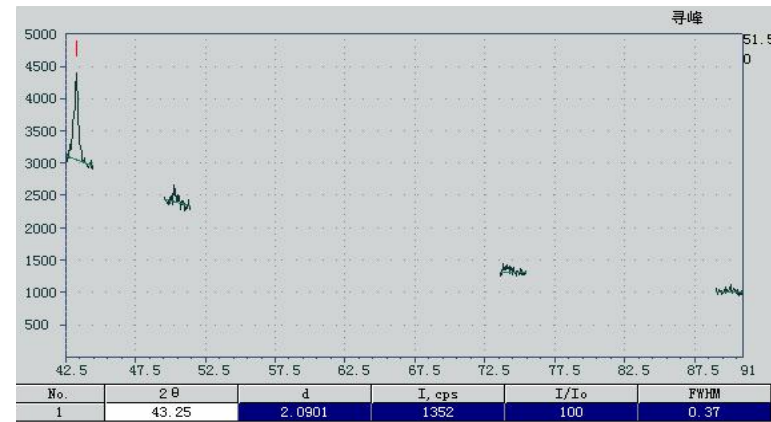


Fig.13 In_{0.5}-SiO₂(退火)



Fig.14 In₁₀-SiO₂(室温)



Fig.15 In₁₀-SiO₂(退火)

实验结果与分析——XRD

结果：Cu的标准样品X衍射峰值比为：

$$(200)/(111)=70/100$$

由上边的XRD图看出：

NaCl衬底 $(200)/(111) = 100/(25-65)$,

SiO₂衬底 $(200)/(111) = (0-21)/100$,

故在电子束热蒸发过程中，Cu的沉积是有择优取向的。对于NaCl衬底，Cu择优方向为(200)面。对于SiO₂衬底，Cu择优方向为(111)面。

实验结果与分析——对比

2. 卢瑟福背散射分析

- 看Cu晶向对扩散的影响

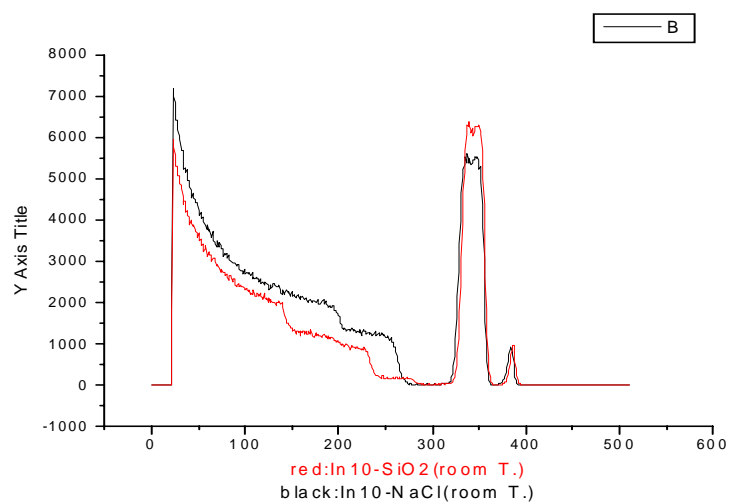


Fig.16 In10-室温 (不同衬底)

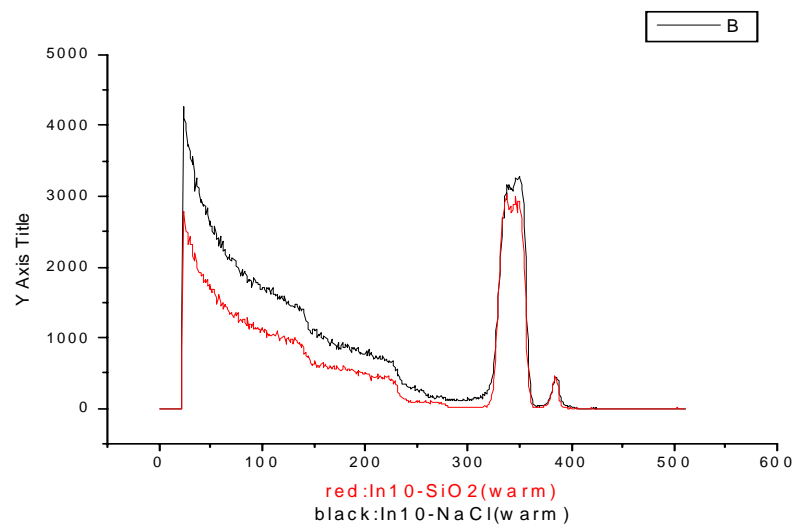


Fig.17 In10-退火 (不同衬底)

实验结果与分析—— SiO_2 衬底退火

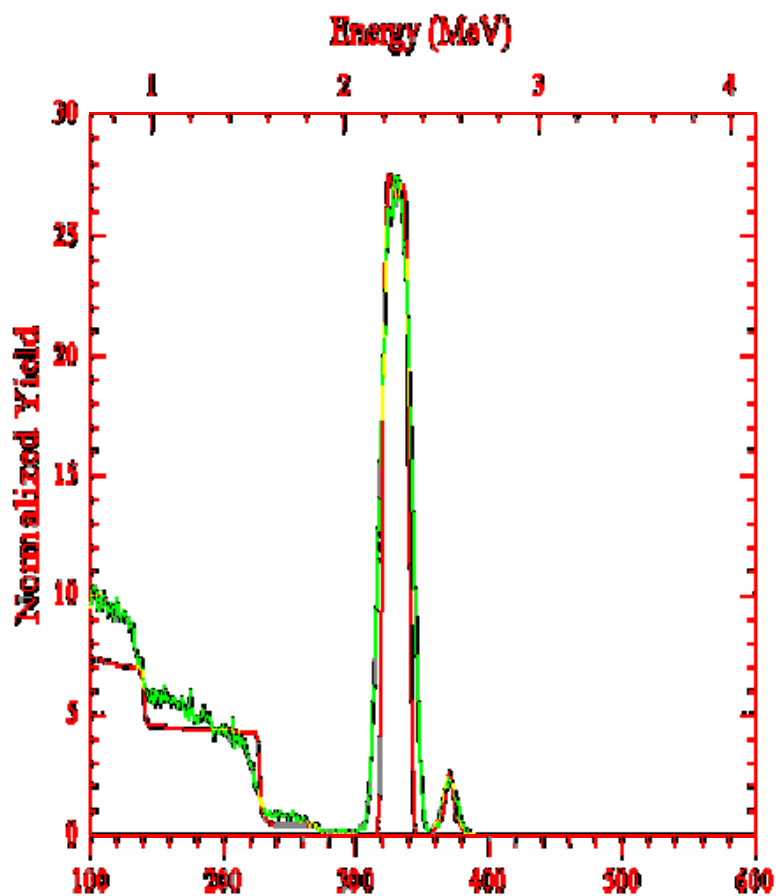


Fig.21 In10-SiO₂ (退火)

层	厚度 (Å)	比例	
		Cu	In
1	450.0	1000	8
2	200.0	500	15
3	50.0	50	2
4	1.0	0	1
5	50.0	50	2
6	200.0	500	15
7	550.0	1000	8
8	衬底	—	—

table.. 7

实验结果与分析—— SiO_2 衬底退火

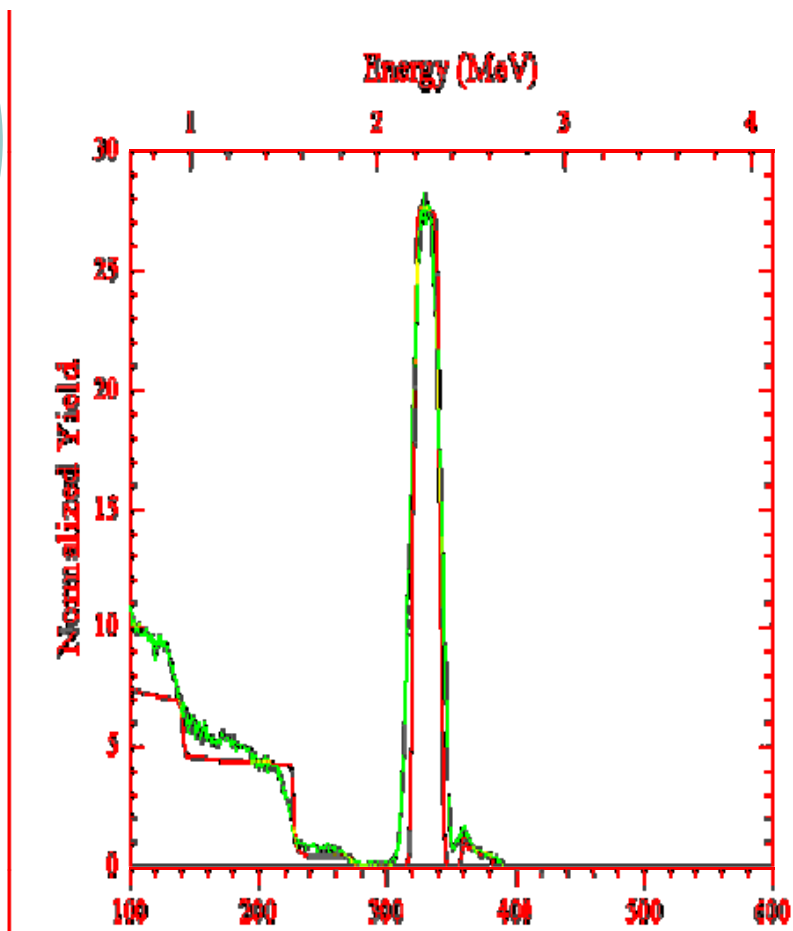


Fig.22 In10-SiO₂ (退火high)



层	厚度 (Å)	比 例	
		Cu	In
1	450.0	1000	8
2	200.0	500	2
3	50.0	50	0.2
4	1.0	0	1
5	50.0	50	0.4
6	200.0	500	4
7	550.0	1000	10
8	5.0	0	1
9	衬底	—	—

table.. 8

实验结果与分析

○ 实验内容三（附带实验）

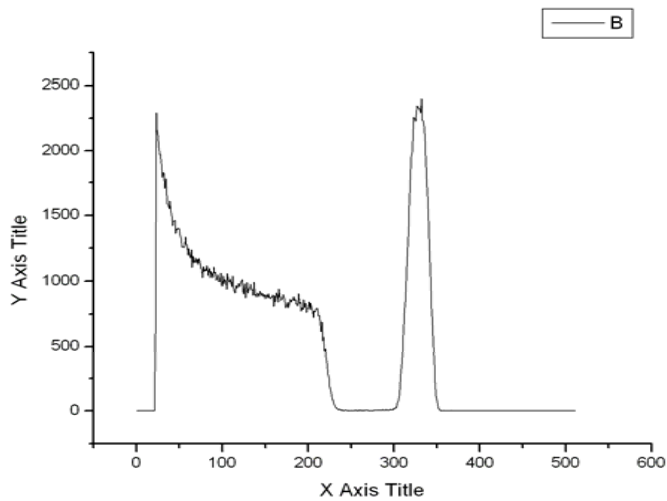


Fig. 23 Cu-Si (100度)

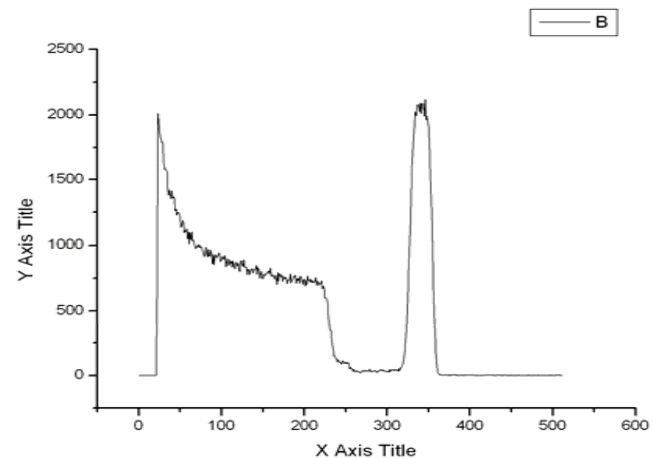
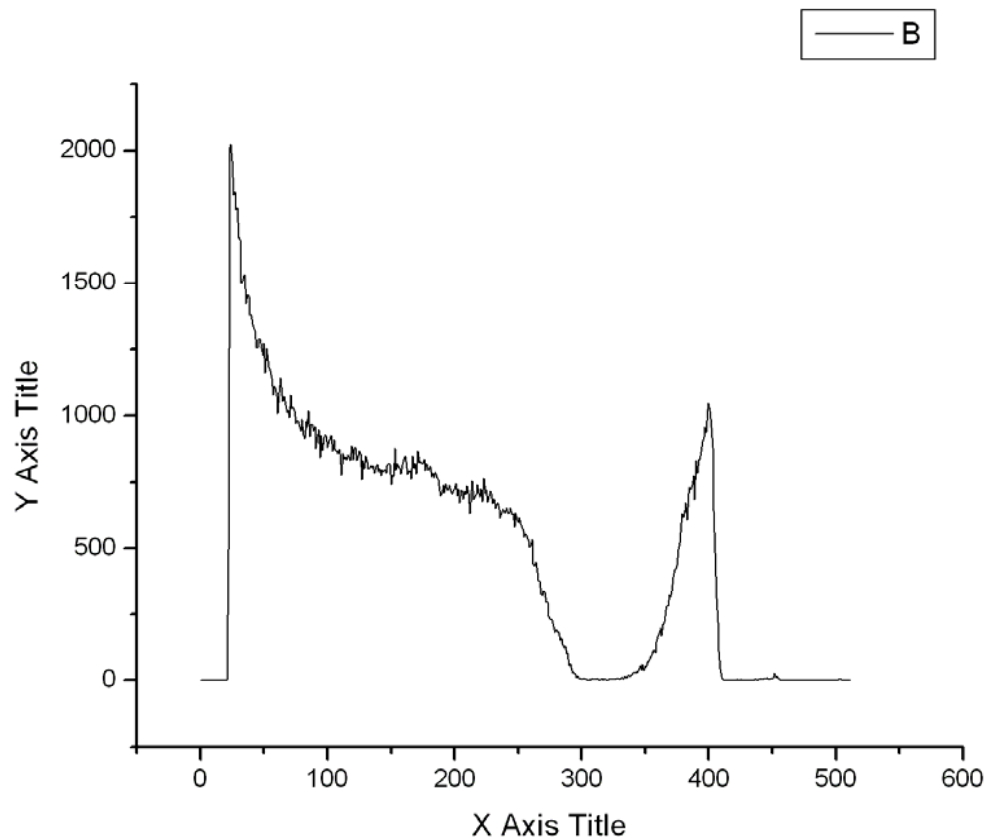


Fig. 24 Cu-Si (150度)

扩散并不明显。150度比100度扩散明显一些。

实验结果与分析



加热温度200度，
扩散非常明显。
说明在沉积过程中，
Si衬底的温度是引起扩散的
主要因素。

Fig. 25 Cu-Si (200度)

小结与分析

- In在Cu中的确有扩散，温度对In的扩散影响很显著。在室温下扩散不明显，经过200度退火扩散明显。在衬底加热时扩散也非常明显。
- Cu的晶向是否影响In的扩散有待进一步确定。
- 在界面处可能存在In的Trap。
- Cu在Si衬底上沉积时会向Si的内部扩散，温度是影响扩散的主要因素。



展望

- 解释
- Cu晶向对扩散的影响
- In在其他金属中的扩散
- 其他金属在Cu中的扩散

参考文献

- 《背散射分析技术》 朱唯干 著 邹世昌 林成鲁 译 原子能出版社 1986
- 《薄膜物理学》 L.埃克托瓦 著 王广阳 张福初 梁民基 译 科学出版社 1986
- 《电子薄膜科学》 杜经宁 J.W.迈耶 L.C.费尔德曼 著 黄信凡 杜家方 陈坤基 译 科学出版社 1997
- 《固体X射线学》 黄胜涛 主编 高等教育出版社 1985

参考文献

- “A giant atomic slide-puzzle” R. van Gastel etc
Nature 2000
- “Diffusion and transient trapping of metals in silicon”
J.Wong-Leung and J.S.Williams, Physics Review B 1999
- “Indium-induced lowering of the Schwoebel barrier in
the homoepitaxial growth of Cu(100)” H.A van der
Vergt etc. Physics Review B 1995
- “A theoretical study of surfactant action in the layer-by-
layer homoepitaxial growth of metals: the case of In on
Cu(111)” Ming Jiang etc. Physics Letter A 1998



Thank you !