



金刚石切割多晶硅片 表面制绒研究

李妙，刘小梅，陈文浩，周浪

南昌大学光伏学院

lzhou@ncu.edu.cn





提纲

● 金刚石线锯切割技术现状

● 金刚石切割多晶硅片表面特性

● 酸性湿法制绒效果研究

● 气相刻蚀方法研究

● 结语



金刚石线锯切割技术现状

金刚石线锯切割技术：

采用固着金刚石的钢线代替钢线和砂浆。

优点

- 切割效率高、精度高
- 环境负荷小，处理成本低
- 切割硅屑易回收
- 表面机械损伤浅

发展现状

单晶硅：

已经产业化。效率高~0.15%

多晶硅：

障碍主要在：

表面制绒—现行技术失效

金刚石切割多晶硅片表面制绒问题的可能解决方案

— **RIE制绒** 京瓷，其多晶硅片**50%**为金刚石切割

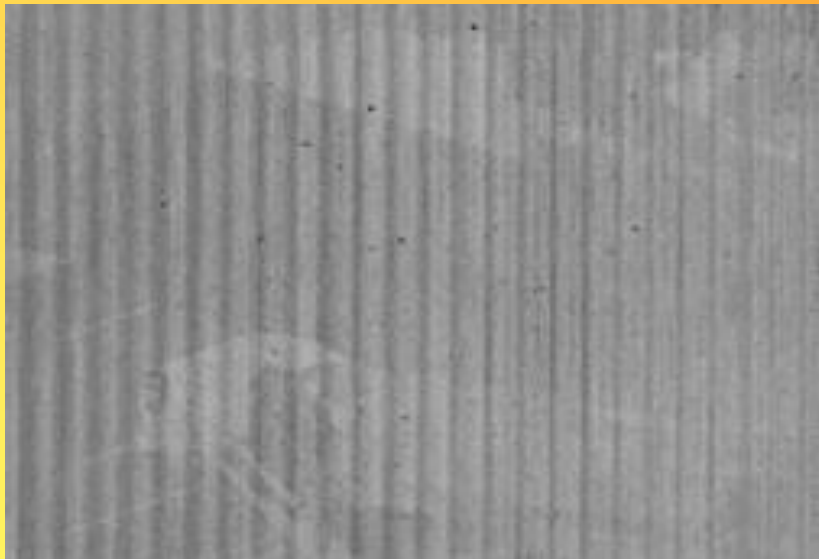
— 设备太贵

— **喷砂处理** 日本？ — 太复杂，也不会便宜

好像没办法了

介绍本研究组对此进行的多方尝试。。。

金刚石切割多晶硅片表面特性



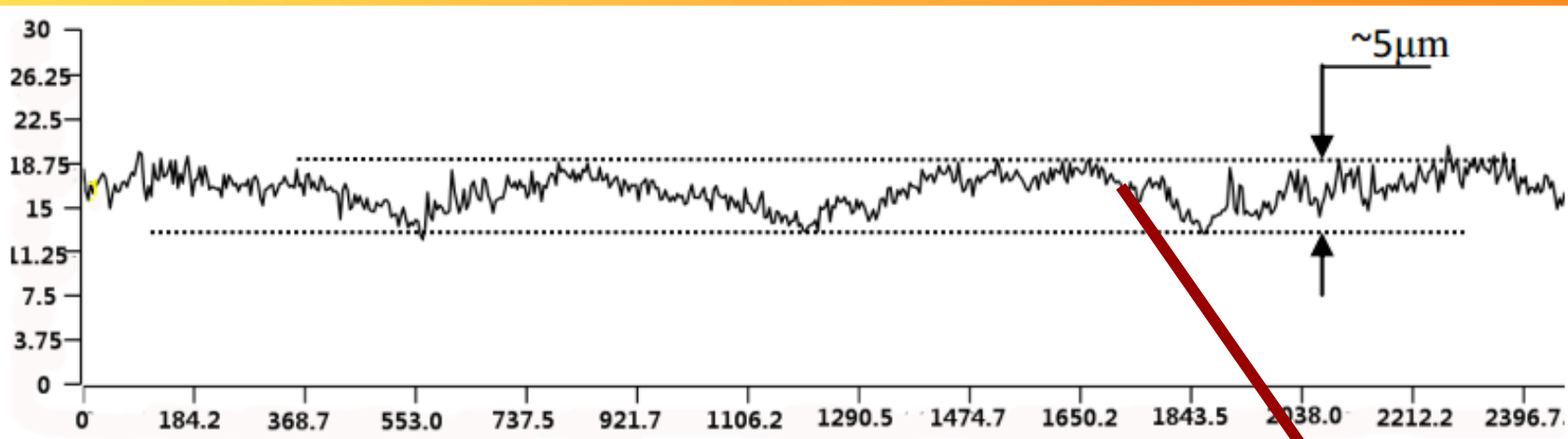
金刚石切割多晶硅片



砂浆切割多晶硅片

- 表面明显较为白亮
- 呈现清晰切割纹，其周期与切割线锯往复运行周期相对应，我们称之为**往复纹**

金刚石切割多晶硅片表面特性

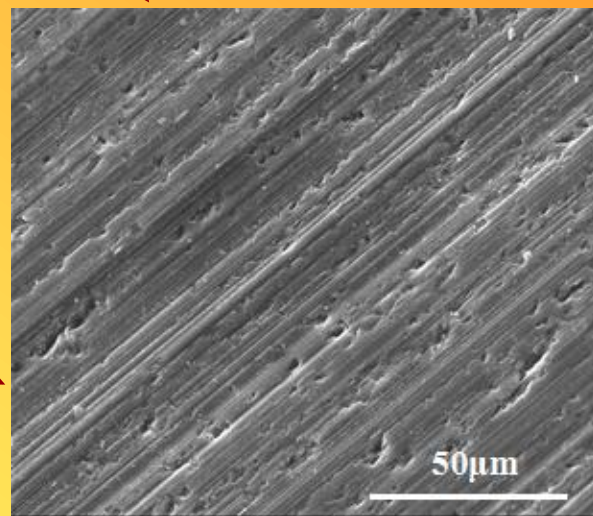


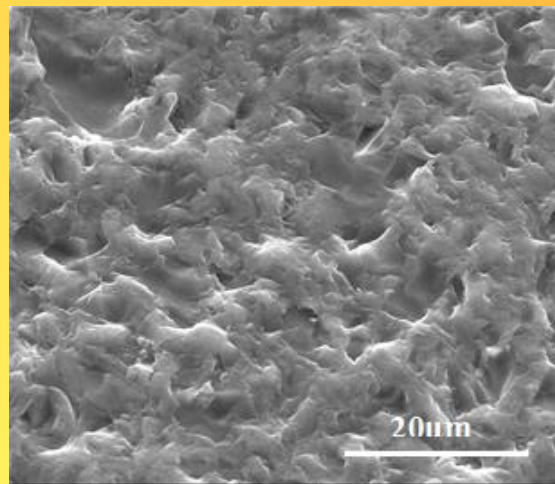
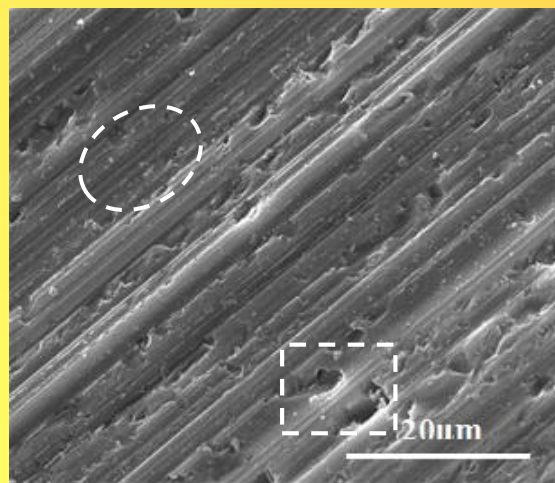
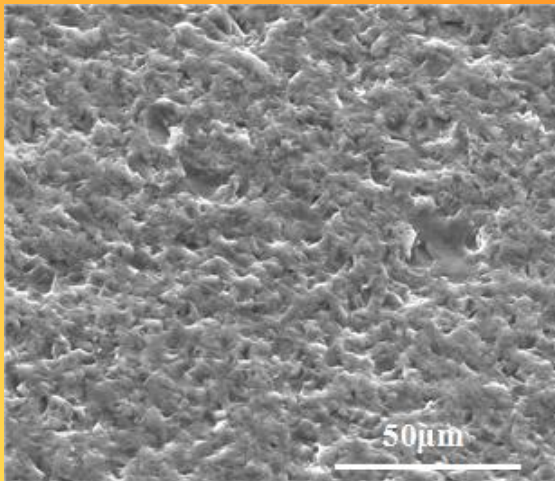
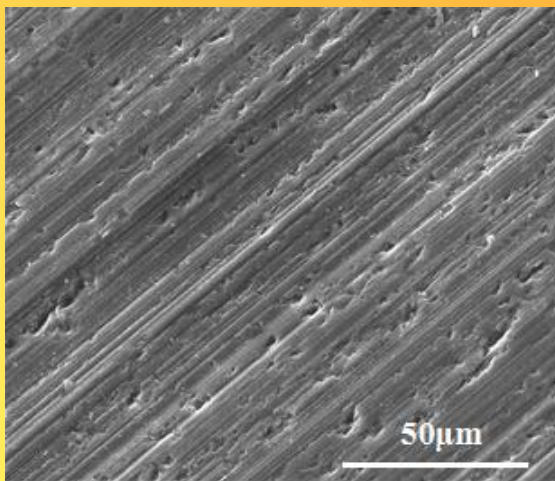
金刚石切割硅片表面沿垂直于往复纹方向的高度
轮廓扫描曲线（激光共聚焦显微镜）

金刚石切割硅片表面存在两种尺度的切割纹

— 往复纹 — 毫米尺度

— 划痕 — 微米尺度（ $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ ），密布表面





金刚石切割

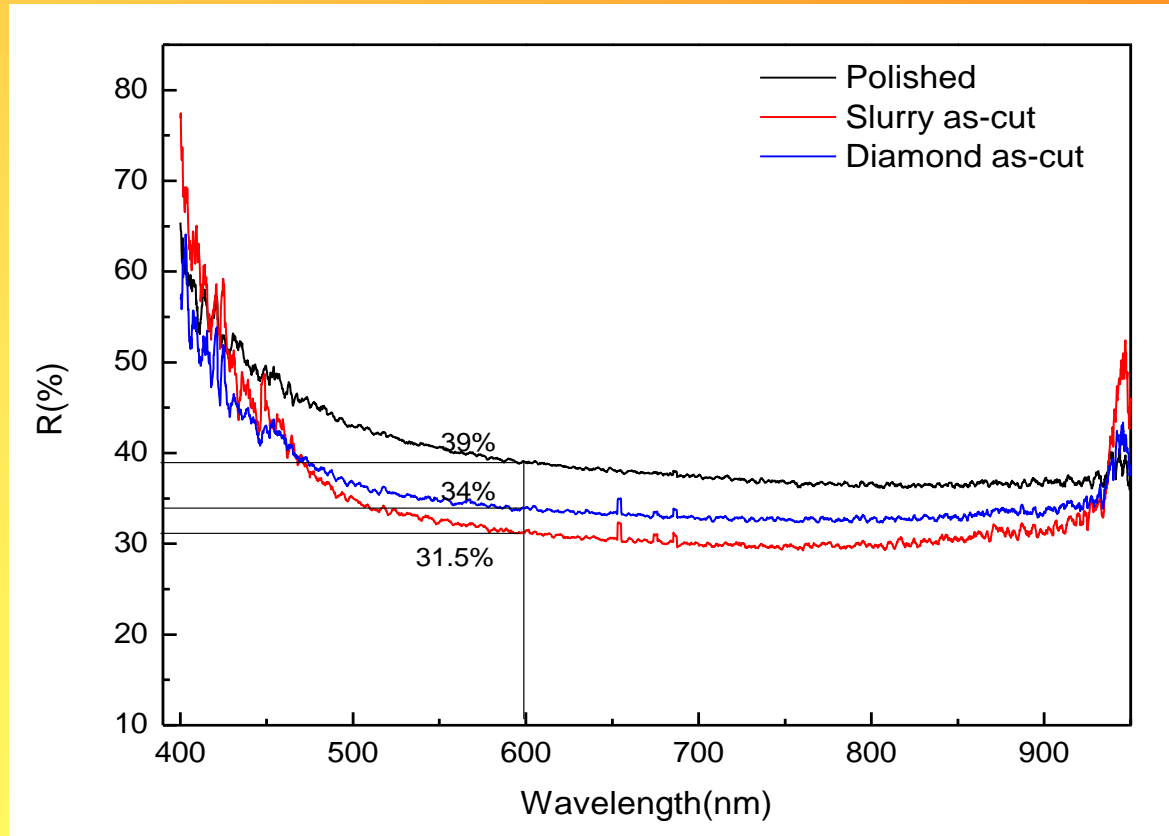
砂浆切割

多晶硅片表面形貌图

☞ 表面形貌主要有塑性光滑区、粗糙交界区、崩碎凹坑及平行等距线痕。

☞ 文献报道，表面存在非晶硅膜。*该膜应处于光滑区表面，由塑性变形造成。*

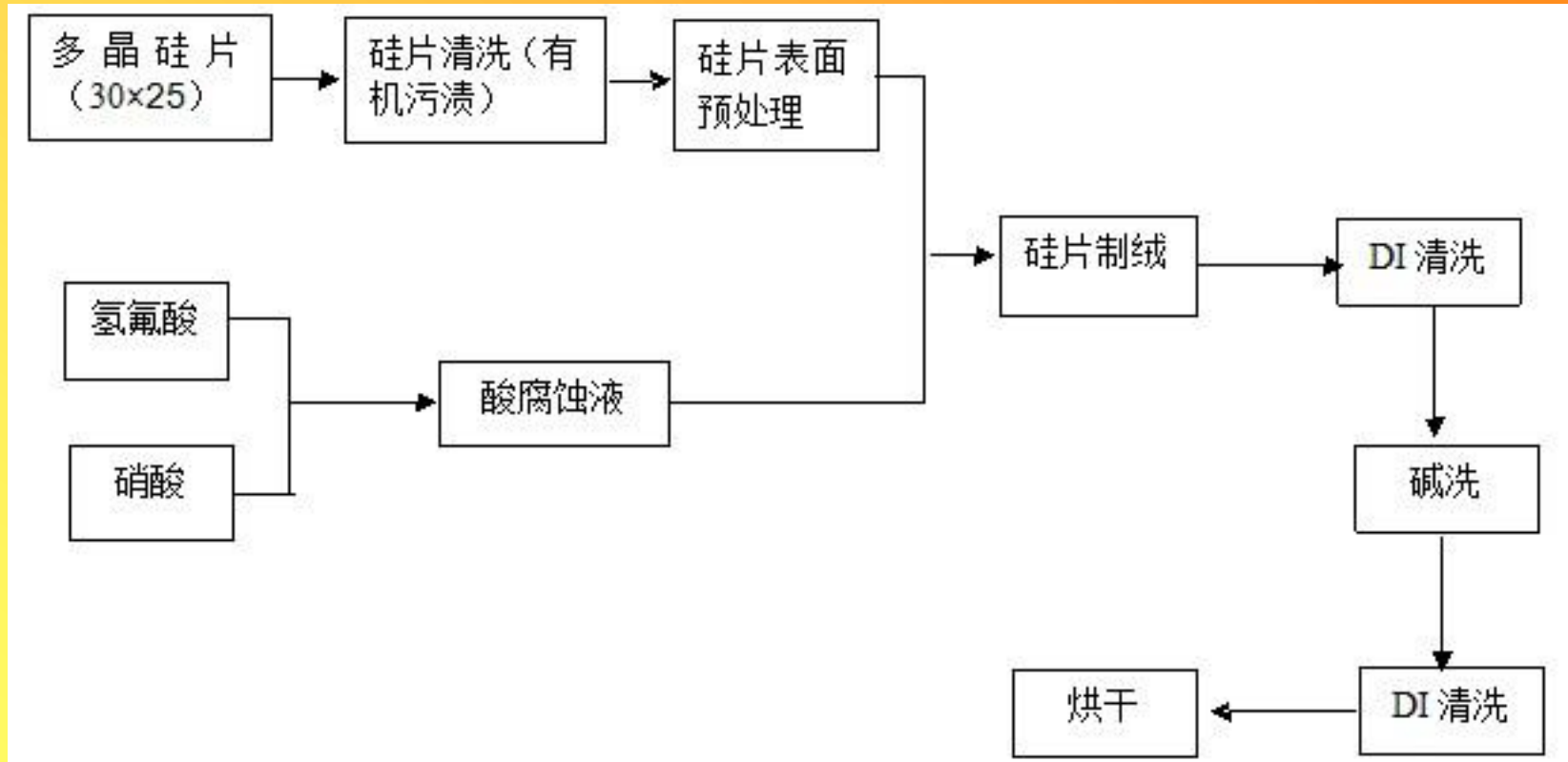
多晶硅片反射率谱



👉 在可见光范围内，金刚石切割硅片的反射率明显高于砂浆切割硅片

酸性湿法制绒效果研究

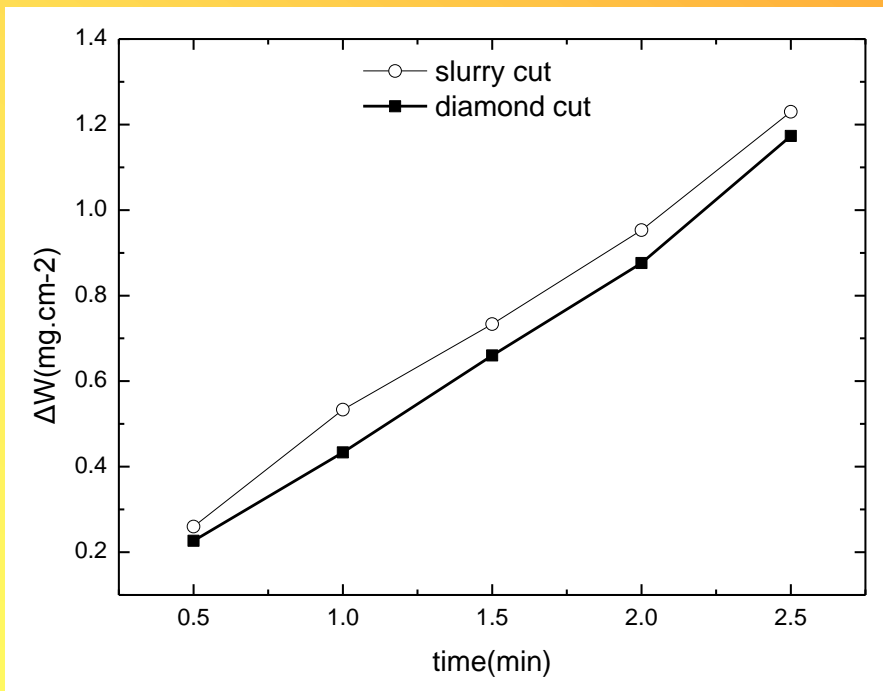
实验流程:



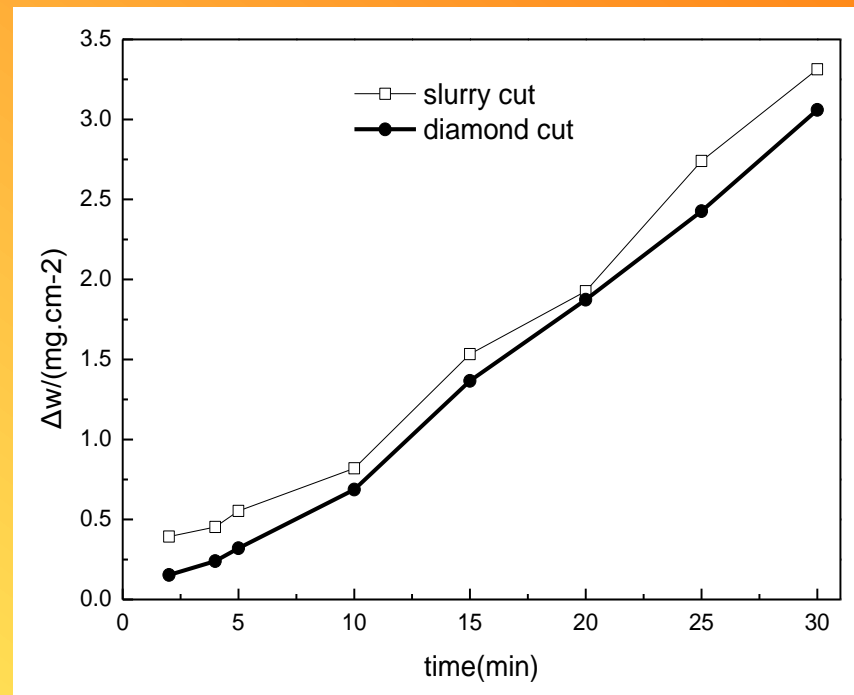
$\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:4:2$ —— 富硝酸体系

$\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=6:1:3$ —— 富氢氟酸体系

酸性湿法制绒前后质量变化



(a) HF:HNO₃:H₂O=1:4:2



(b) HF:HNO₃:H₂O=6:1:3



质量损耗较小，刻蚀速率慢

酸性湿法制绒后的光学扫描图

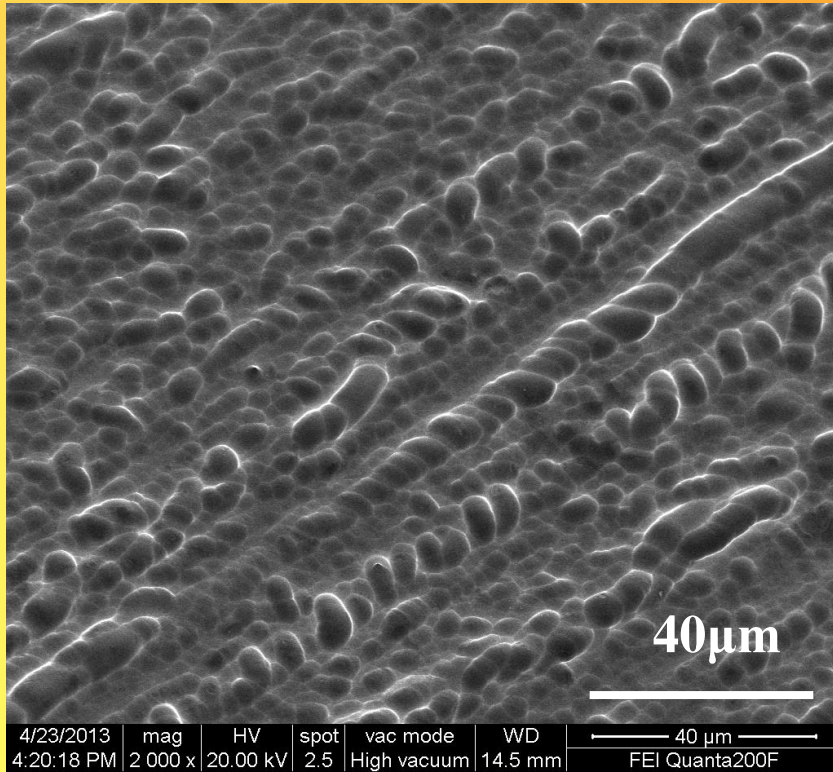


(a) $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:4:2$

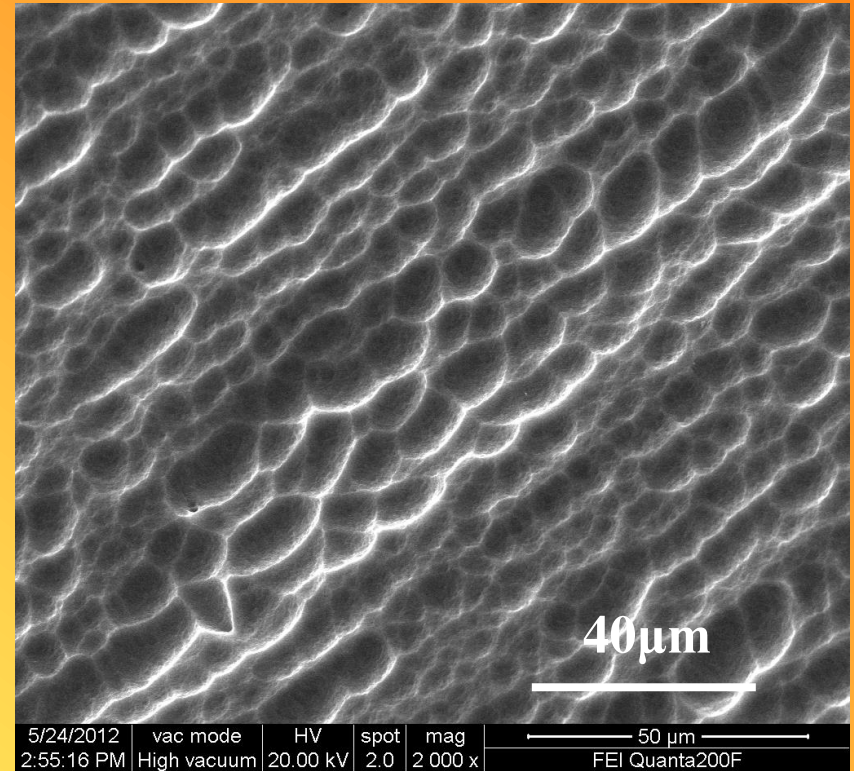
(b) $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=6:1:3$

- 👉 往复纹依存，宏观形貌与原片类似
- 👉 富硝酸体系对往复纹有所淡化，而富氢氟体系却使往复纹反差增大

酸性湿法制绒后的表面形貌



(a) $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:4:2$

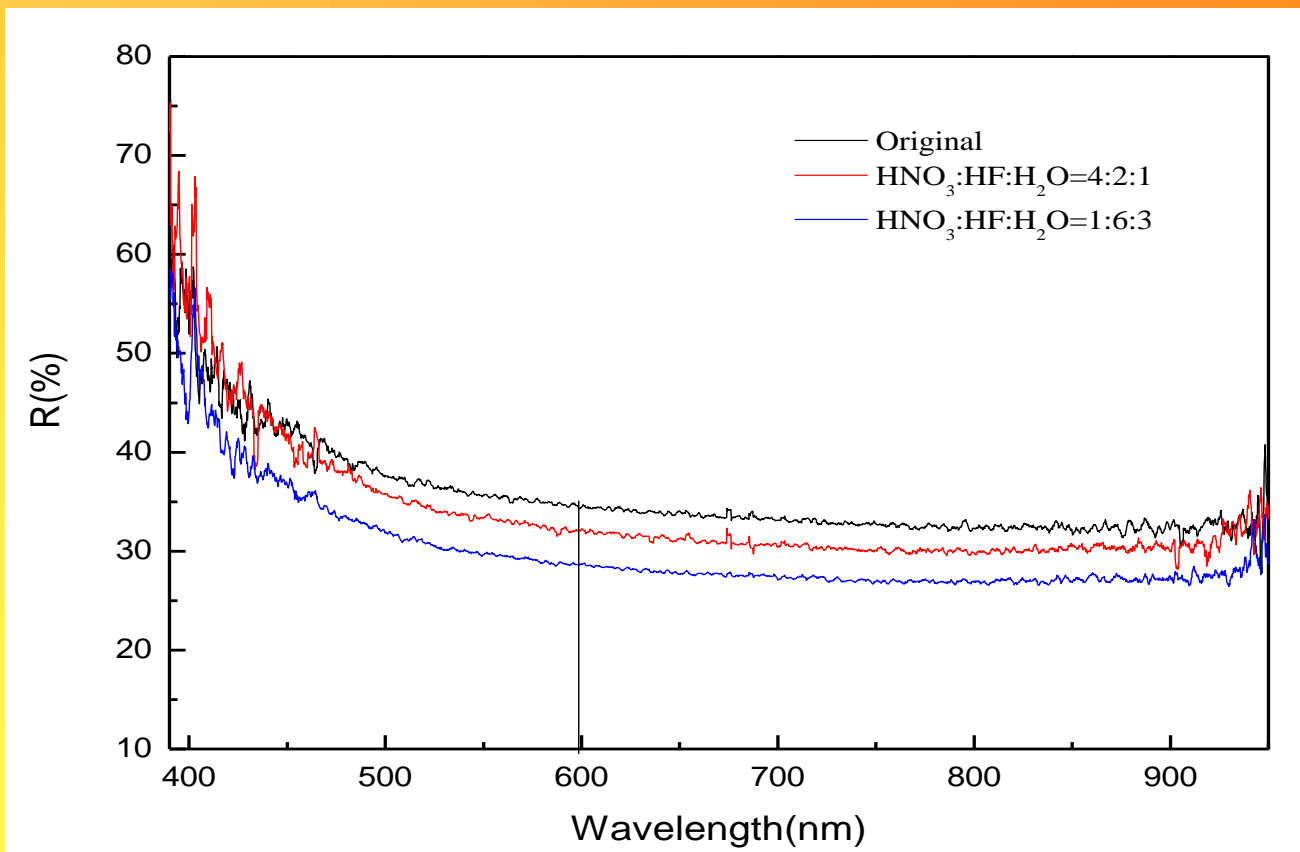


(b) $\text{HF}:\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=6:1:3$

👉 划痕遗迹犹在

👉 存在沿划痕方向无刻蚀或仅浅刻蚀条带区域

酸性湿法制绒后的反射率谱



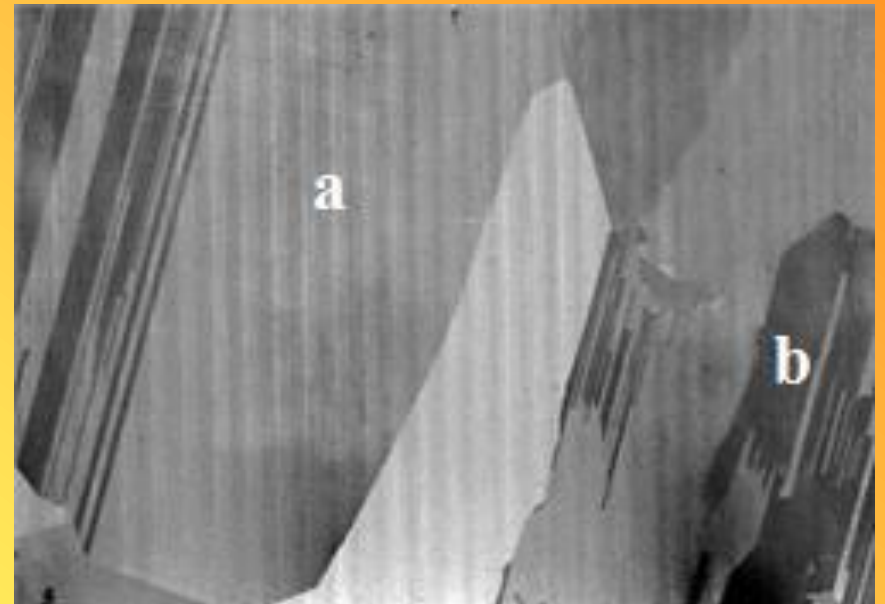
👉 富氢氟酸体系得到的硅片反射率较低，但仍偏高 (>26%)

常规碱刻蚀效果研究

碱刻蚀为各向异性，期待通过碱预处理能消除硅片对线痕特性“遗传”继承

☞ 碱刻蚀消除往复纹的效果也各向异性

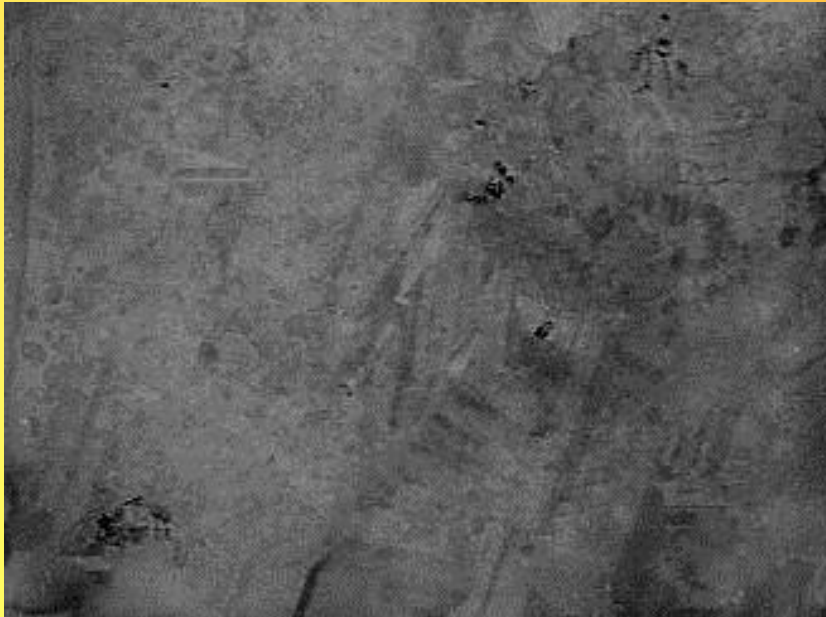
☞ 大多数晶粒（如a）往复纹不同程度保持，有些晶粒（如b）往复纹则完全消失



碱刻蚀预处理后光学扫描图像

气相刻蚀方法研究

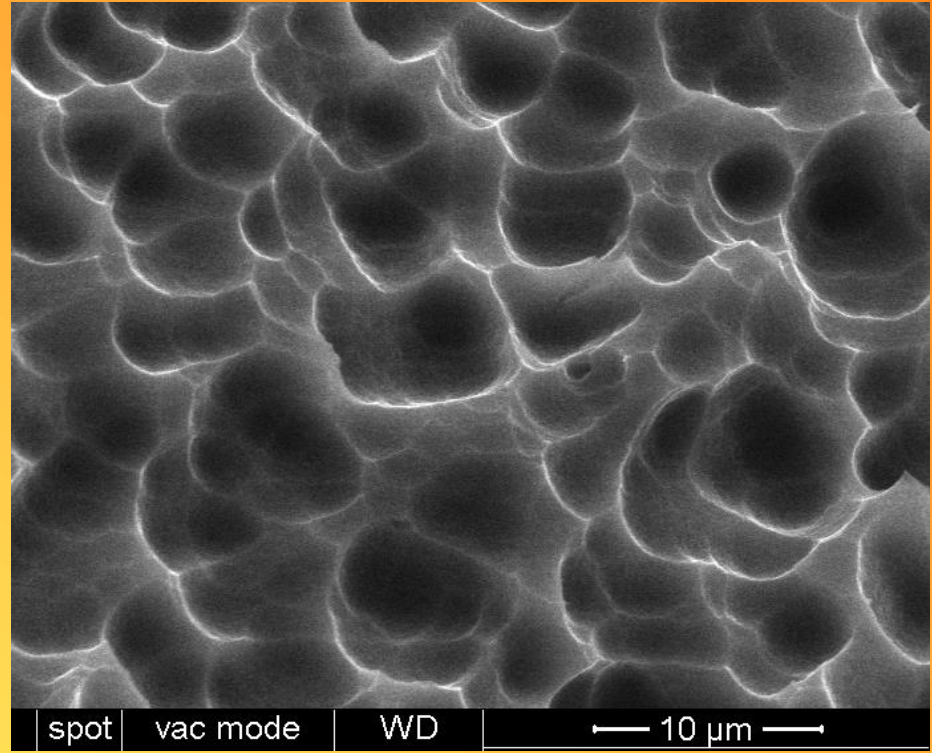
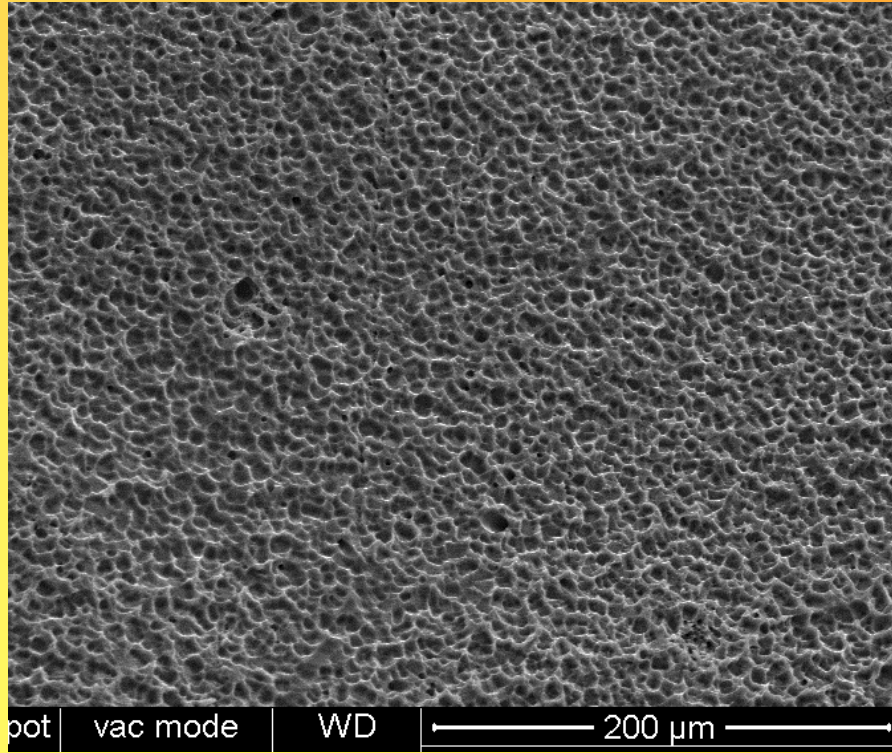
湿法酸制绒看来完全行不通。我们尝试了气相刻蚀方法，采用腐蚀性气体向硅片喷射刻蚀



光学扫描图像

- ☞ 硅片总体较黑
- ☞ 表面往复纹完全消失
- ☞ 但均匀性尚较差

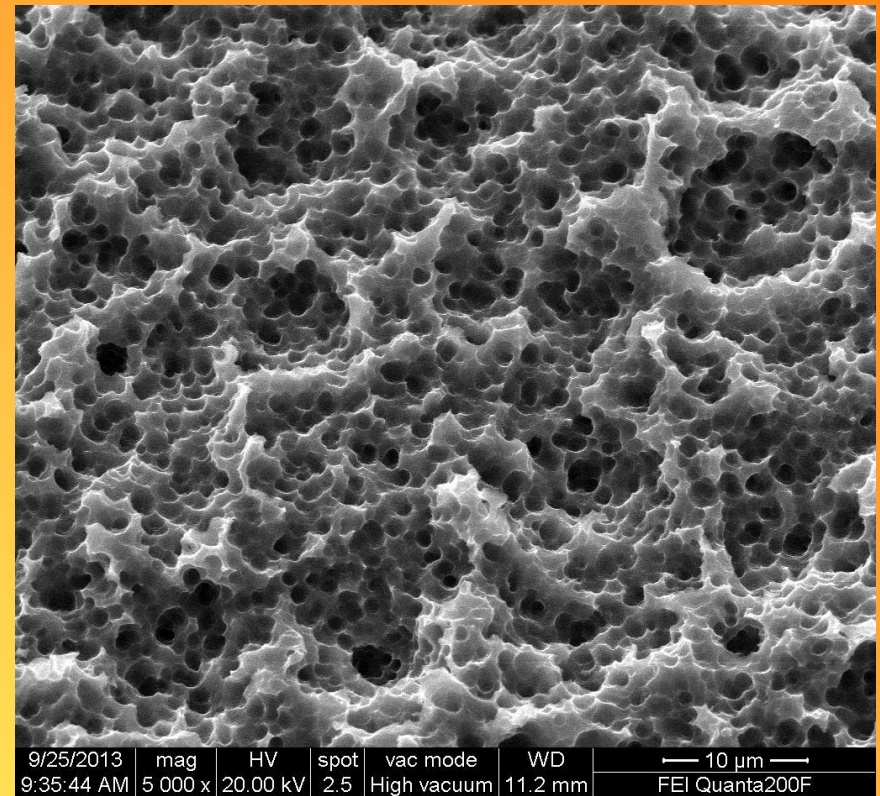
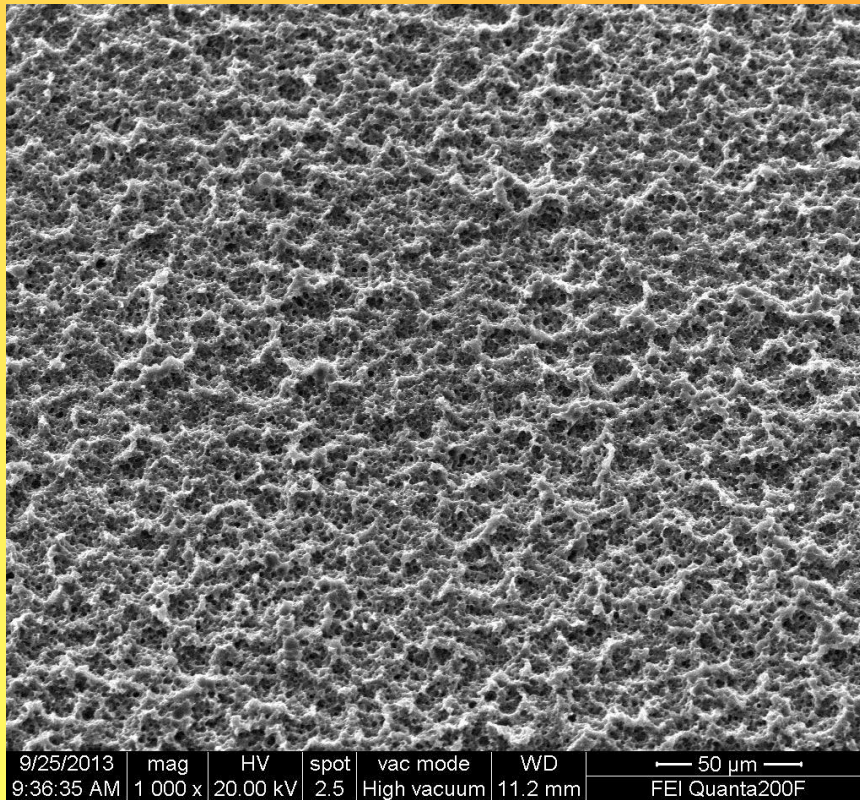
气相刻蚀方法研究——工艺一



表面显微形貌

- ✎ 划痕完全消失，密布腐蚀坑，与湿法制绒砂浆切割多晶硅片形貌特征类似，但微观上较深且均匀

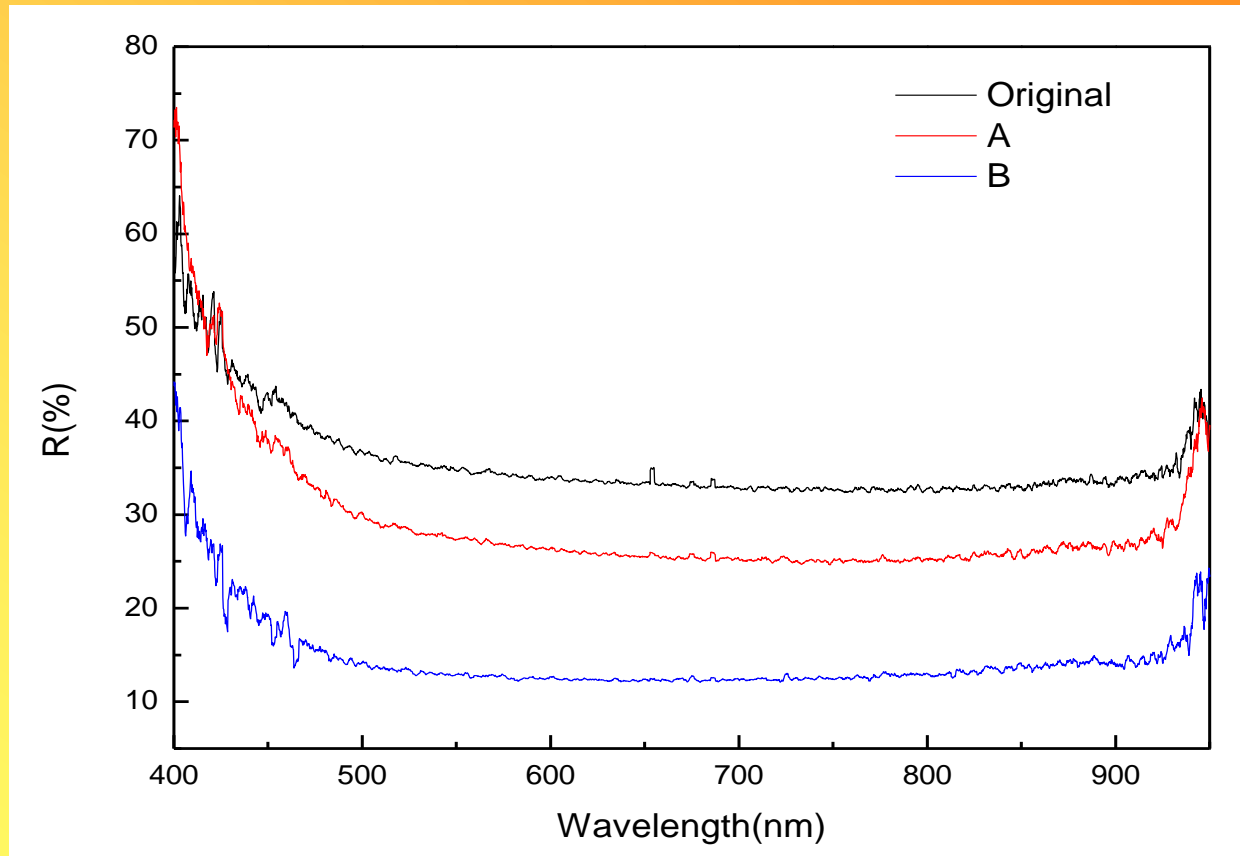
气相刻蚀方法研究——工艺二



表面显微形貌

- 👉 无线痕，呈现二次蚀坑，陷光效果很好
- 👉 对砂浆切割硅片也适用

两种气相刻蚀工艺金刚石切割多晶硅片的反射率谱



☞ 均能有效降低金刚石切割多晶硅片的反射率，工艺二相对反射率更低（**12%~15%**）

结 语

- 1、金刚石切割硅片表面白亮，存在两种尺度切割痕纹：毫米尺度的往复纹及微米尺度的划痕
- 2、酸制绒不能有效去除金刚石切割硅片切割痕
- 3、酸性湿法制绒方法完全不适合于金刚石切割多晶硅片，不能靠调节混合酸配方解决形貌和反射率的问题
- 4、碱刻蚀预处理也不能解决金刚石切割多晶硅片制绒问题
- 5、气相刻蚀法能够彻底消除金刚石表面切割纹（往复纹和划痕），其制绒效果也较好，但其均匀性和稳定性有待改善



Thank you for your attention

