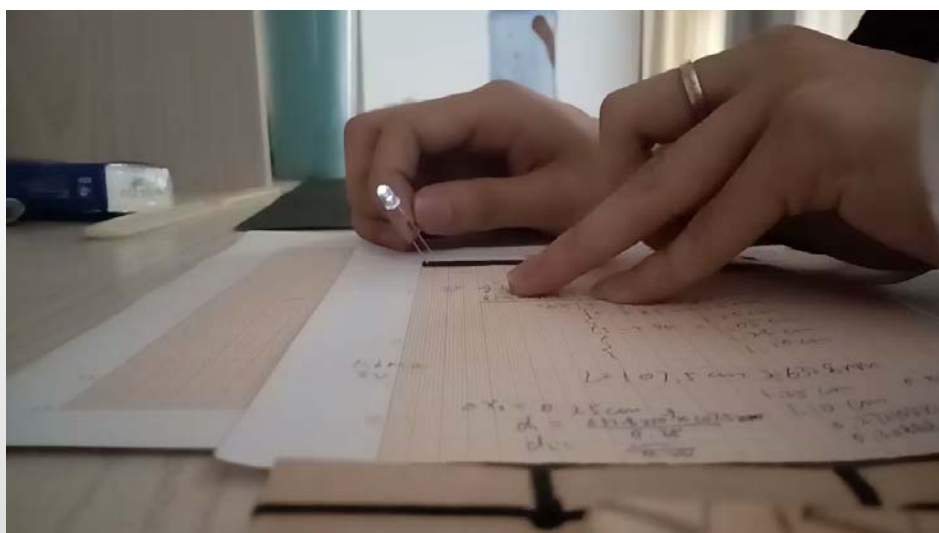


# 铅笔线电学性质实验

全宇辰 pb18010472



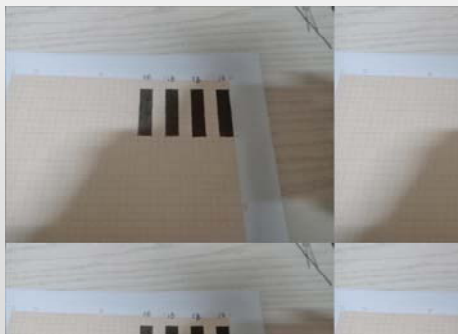
## 主要内容

- ◆ 导电性能和含碳率的关系
- ◆ 导电性能与涂层宽度的关系
- ◆ 导电性能与涂层厚度的关系
- ◆ 涂层的导电性能与块材的对比

### 实验1 导电性能和铅笔含碳率的关系

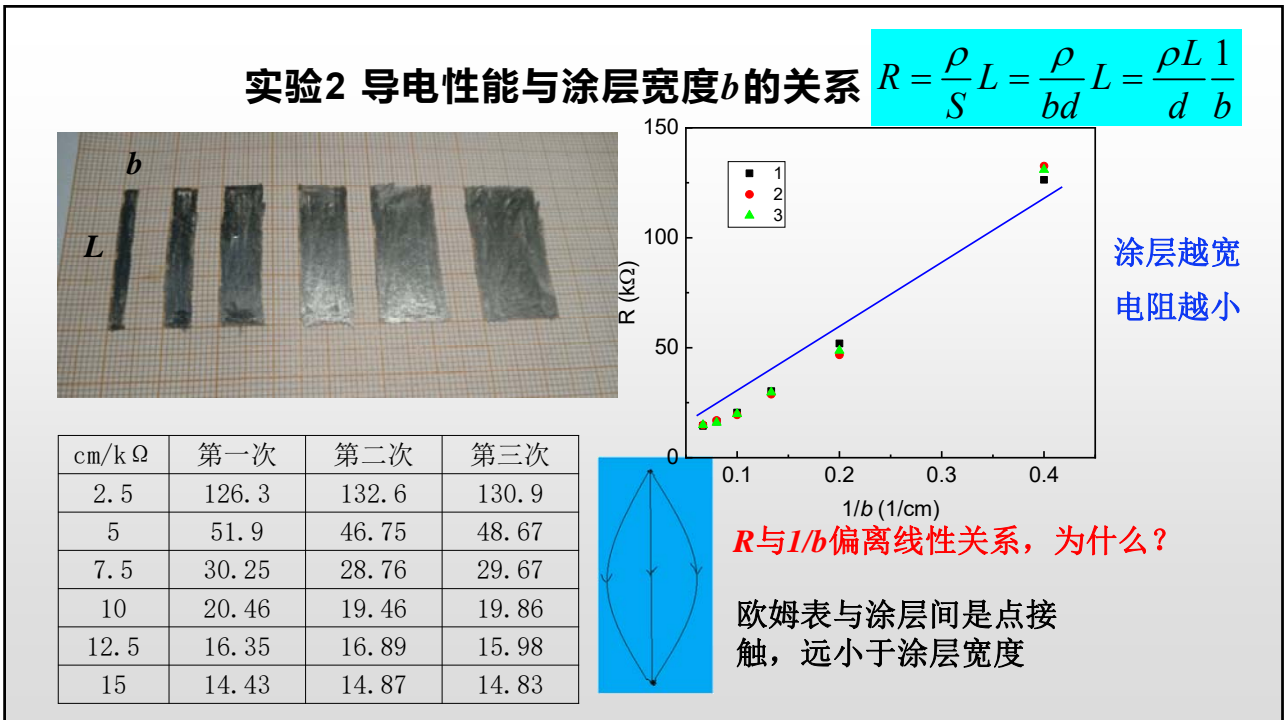
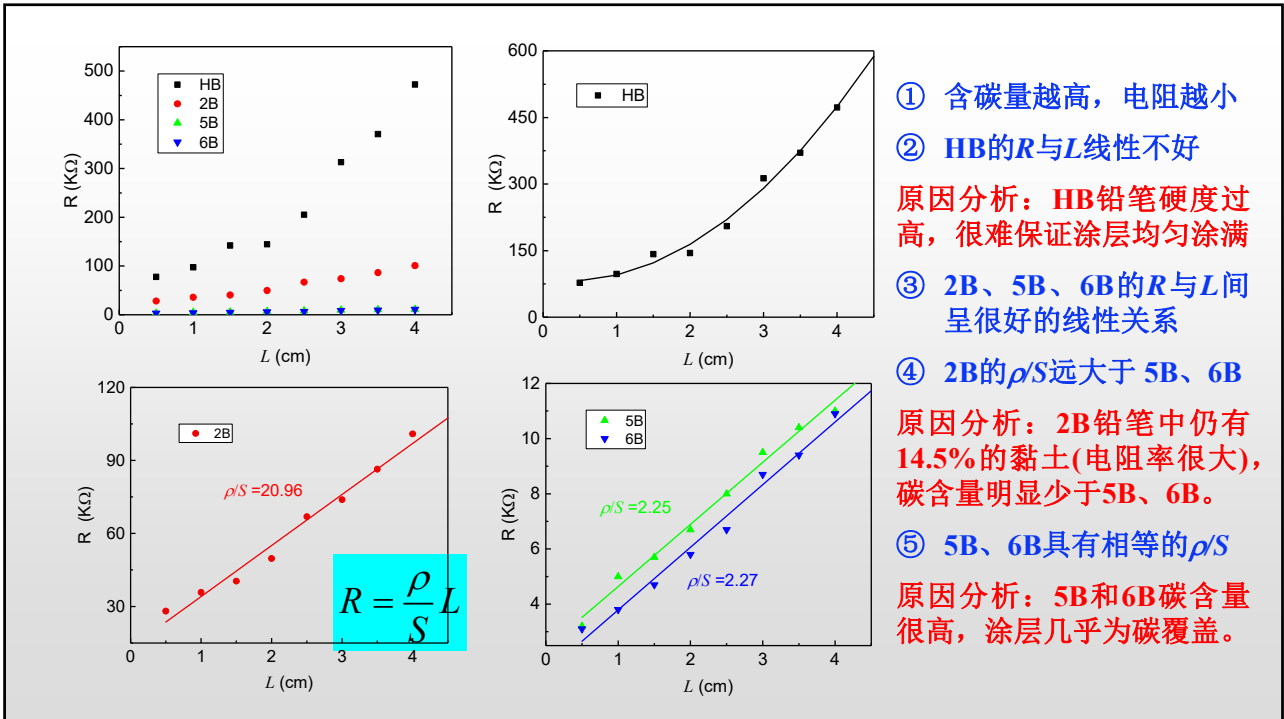
铅笔标号	2H	H	HB	2B
石墨含量 (质量分数)	74.0%	75.2%	81.3%	85.5%
黏土含量 (质量分数)	26.0%	24.8%	18.7%	14.5%

**B 数值越大, 含碳量越大**

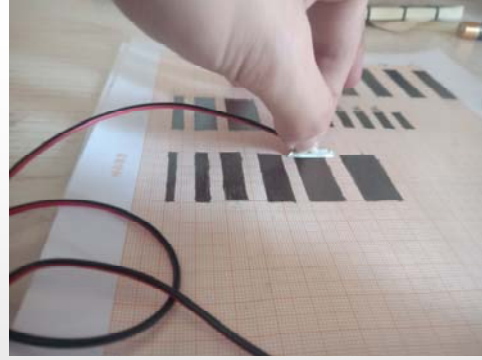


相同宽度、不同种类铅笔的电阻随涂层长度的变化

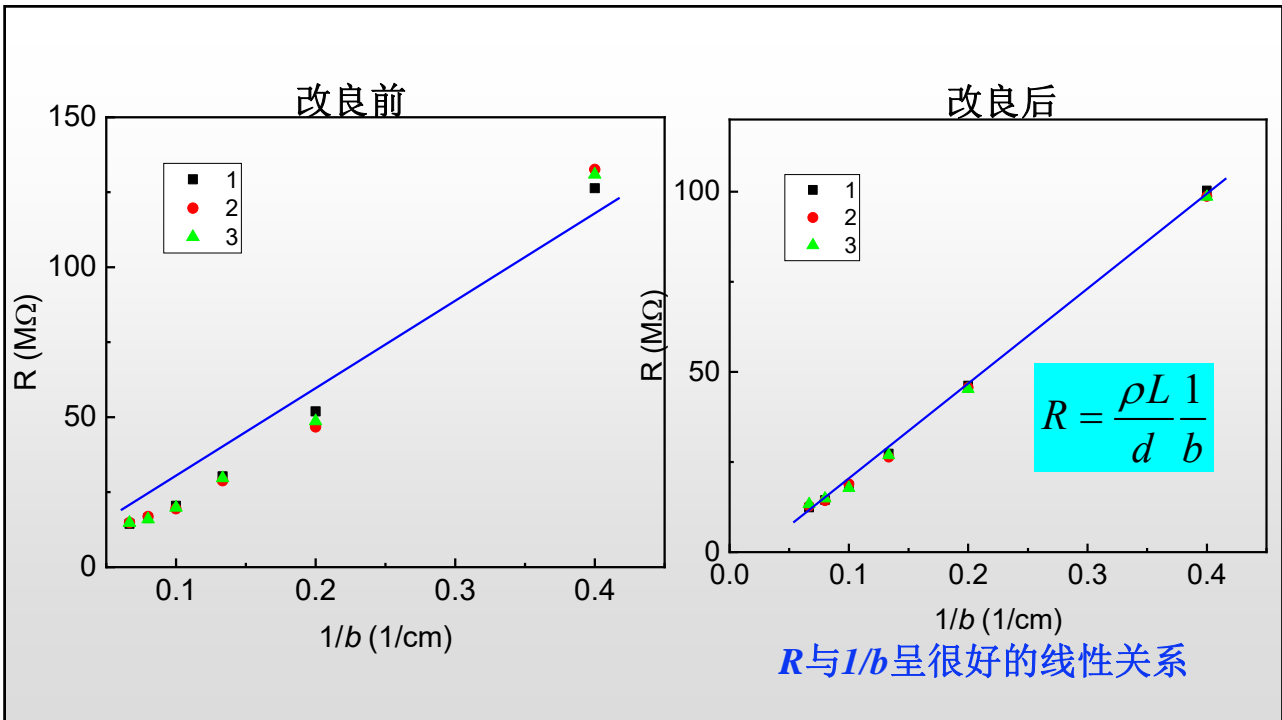
$l(\text{cm}/k\Omega)$	HB	2B	5B	6B
0.5	77.6	28.1	3.2	3.1
1	97.5	35.8	5.0	3.8
1.5	142.1	40.4	5.7	4.7
2	144.6	49.7	6.7	5.8
2.5	205.2	66.9	8.0	6.7
3	313.0	73.9	9.5	8.7
3.5	370.6	86.4	10.4	9.4
4	472.5	100.9	11.0	10.9



## 改良实验

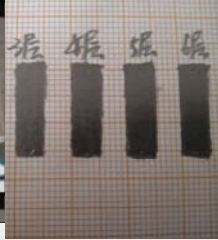


cm/k Ω	第一次	第二次	第三次
2.5	100.3	98.67	98.56
5	46.23	45.67	45.28
7.5	27.35	26.34	26.88
10	18.36	18.92	17.78
12.5	14.46	14.25	14.87
15	12.36	12.78	13.31

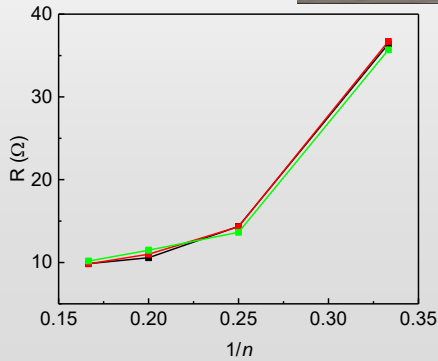


### 实验3 导电性能与涂层厚度的关系

显微镜观察涂层表面



	kΩ	3层	4层	5层	6层
第一次		36.40	14.36	10.58	9.85
第二次		36.71	14.32	11.00	9.83
第三次		35.68	13.65	11.49	10.18



- ① 涂的次数n越多，电阻越小
- ② 电阻与1/n并不呈线性关系

$$R = \frac{\rho L}{b d}$$

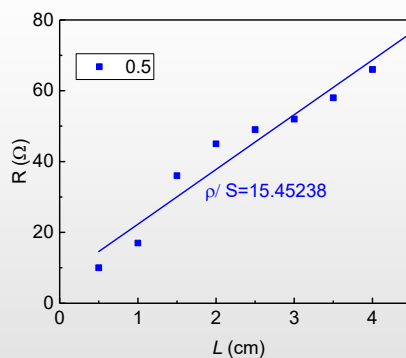
原因分析:

- a) 涂的次数n与涂层厚度d不成正比
- b) 涂层之间接触不良

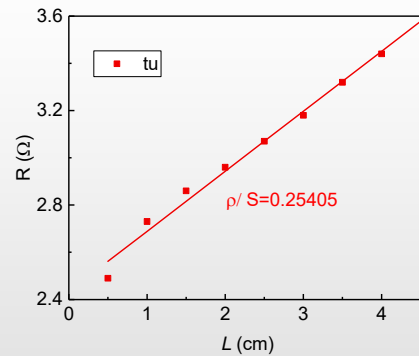
### 实验4 涂层的导电性能与块材的对比

Cm/Ω	0.5的笔芯(2B)	涂卡笔芯(2B)
0.5	10	2.49
1	17	2.73
1.5	36	2.86
2	45	2.96
2.5	49	3.07
3	52	3.18
3.5	58	3.32
4	66	3.44

$$\rho = \frac{RS}{L} = \frac{R\pi r^2}{L}$$



$$\rho = 3.03 \times 10^{-4} (\Omega m)$$



$$\rho = 4.37 \times 10^{-5} (\Omega m)$$

涂卡笔芯规格0.952\*1.807mm

石墨电阻率ρ=8~13×10<sup>-6</sup>Ωm 掺入的黏土(绝缘)，大大增加了铅笔的电阻率

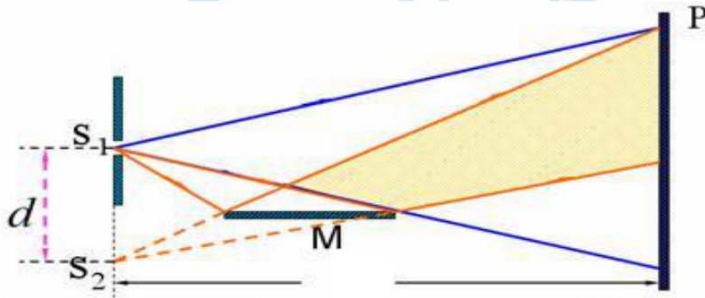


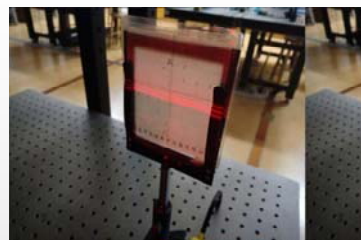
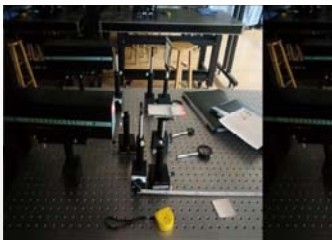
图 6 劳埃德镜光路示意图

根据杨氏干涉理论可以分析得到劳埃德镜干涉条纹间距  $\Delta x$  表示为:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{d} L \quad (18)$$

其中  $d$  为光源  $s$  与它的几何光学像  $s'$  之间的距离,  $L$  为光源  $s$  距离观察光屏的距离,  $\lambda$  为光源波长。

### 测量铅笔涂层的厚度

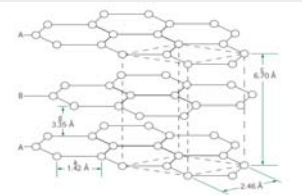


$L=107.5\text{cm}$   $\lambda=632.8\text{nm}$

代入公式  $\delta x = \lambda L / d$  中, 可得厚度  $d/2$  为  $22.13\mu\text{m}$ 。  $22\mu\text{m} \approx 65671$  层

$5\delta \times 1(\text{cm})$	$5\delta \times 2(\text{cm})$
1.35	1.15
1.25	1.05
1.25	1.10

铅笔涂层不能当做单层石墨(石墨烯)



涂层的电阻率

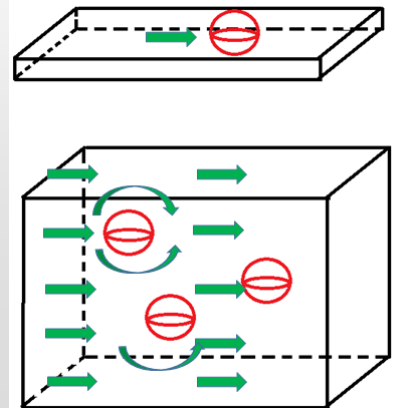
$$\rho = \frac{RS}{L} = 0.4638448 (\Omega m)$$

型号	$\rho$
涂卡铅笔芯 (0.952*1.807mm)	$4.37 \times 10^{-5} \Omega\text{m}$
自动铅笔芯 (0.5mm)	$3.03 \times 10^{-4} \Omega\text{m}$
铅笔涂层 (18.3 $\mu\text{m}$ )	$4.64 \times 10^{-1} \Omega\text{m}$

分析1: 测量的涂层厚度是平均厚度, 可能存在不均匀的现象。

2: 微观上石墨和黏土混合不够均匀, 当黏土直径和涂层厚度可比时, 局部区域被黏土完全占据, 电阻率大。

- ① 电阻率随着厚度减小而增大
- ② 铅笔涂层的电阻率远大于块材的电阻率。



## 总 结

- ◆含碳量越高, 导电性能越好
- ◆ $R$ 与 $L$ 和 $1/b$ 呈很好的线性关系
- ◆涂的次数 $n$ 越多, 电阻越小
- ◆涂层次数增加(厚度增加), 电阻变小
- ◆涂层的电阻率比块材要大几个数量级

**一言概之: 铅笔画线的导电性质并不出乎意料**