

Εύρηκα

# 自製奈米銀墨水 手繪電路圖

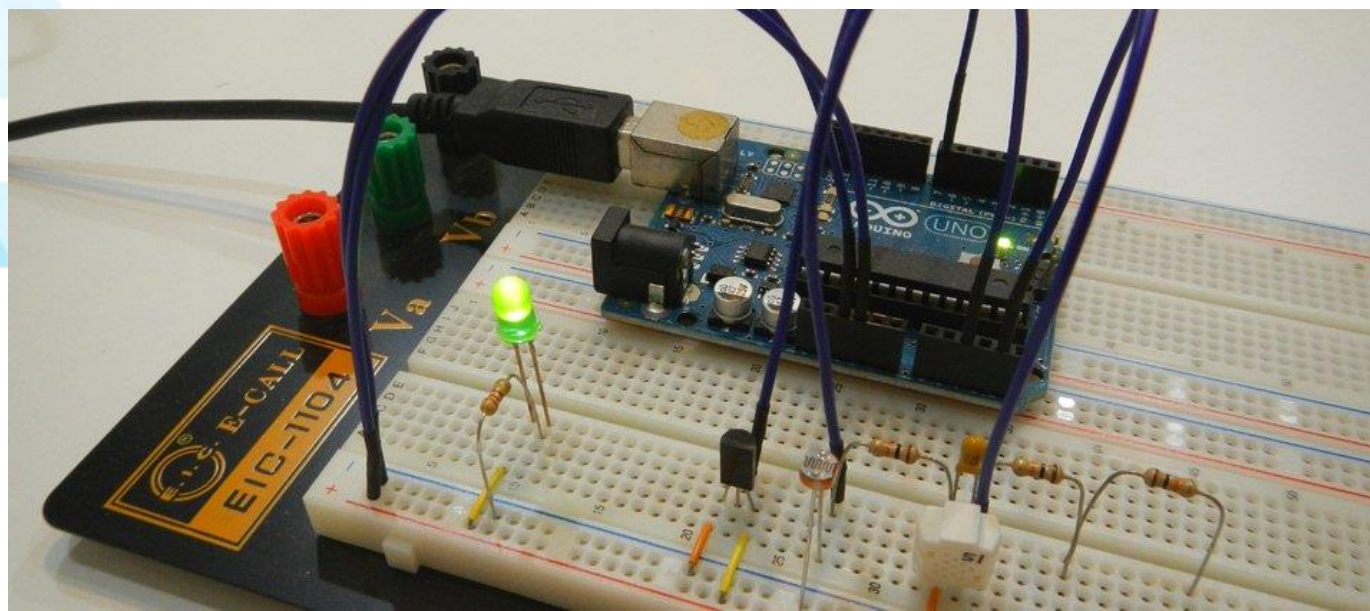
陳郁安  
賴奕帆老師  
廖英志教授



# 研究動機

- 中小學課程缺乏電學實驗
- 麵包版、杜邦線連接複雜
- 將電路畫在紙上

Εύρηκα



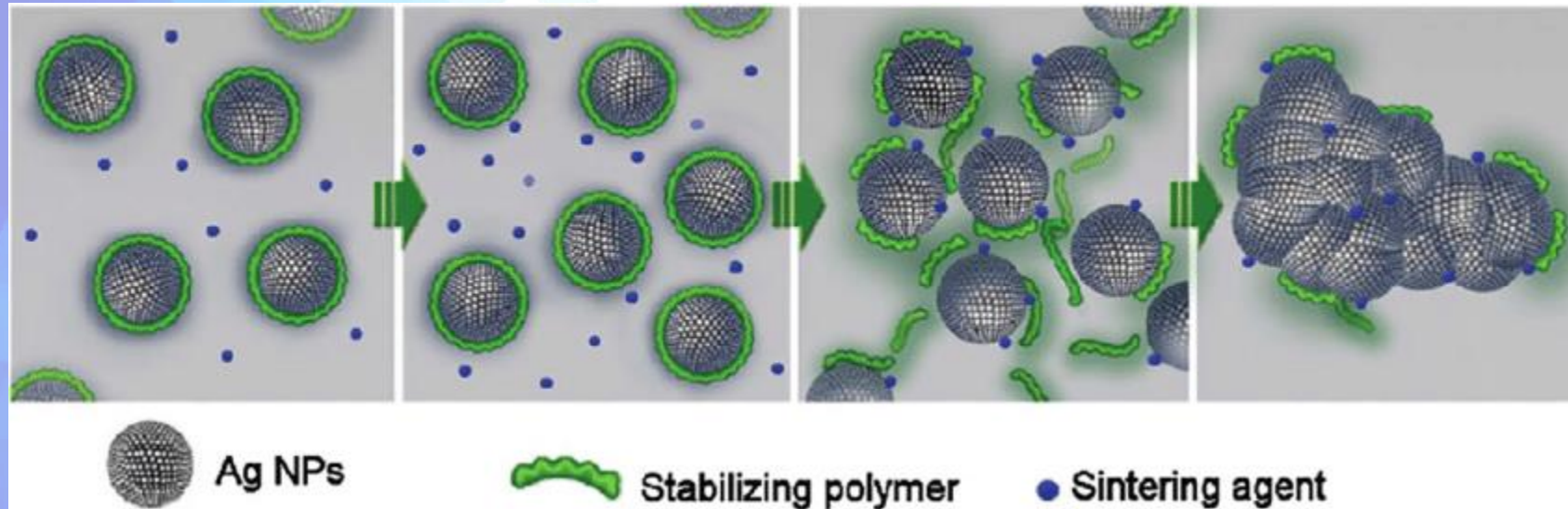
# 奈米材料的合成(化學還原法)

- 將欲製備之金屬鹽與溶劑混合
- 加入還原劑與保護劑
- 還原金屬顆粒/包覆顆粒防止團聚



## 奈米粒子的燒結

- 揮發保護劑，使粒子燒結成一相



# 奈米銀顆粒配方

藥品：

聚丙烯酸(分子量5000) PAA

二乙醇胺 DEA

硝酸銀(50%) AgNO<sub>3</sub>

酒精 EtOH

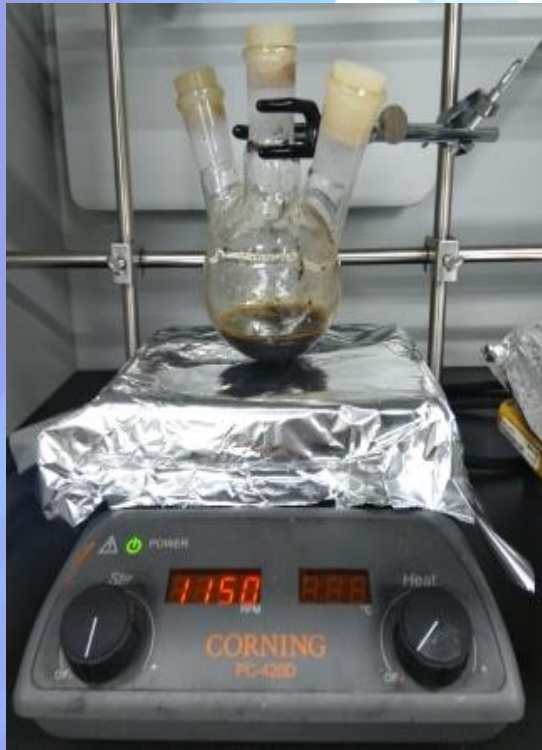
Εύρηκα





# 奈米銀顆粒製作

Εύρηκα



# 優化奈米銀墨水

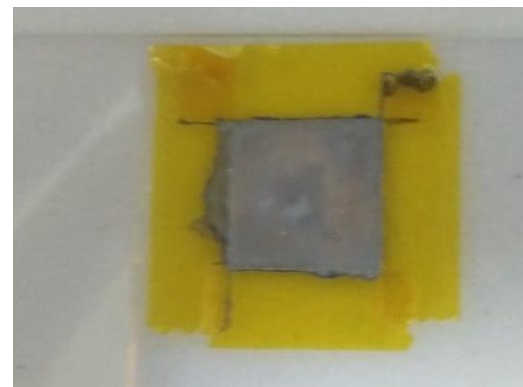
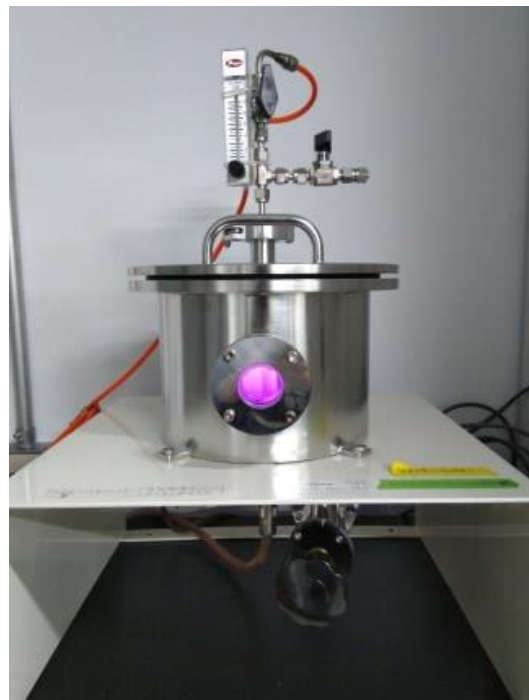
- 選擇燒結方式(加熱、打脈衝光)
- 承載墨水的基材(玻片、相片紙)
- 改變墨水濃度(10%、20%、30%)

Εύρηκα



# 玻片前處理

1. 在玻片上黏1x1公分隔熱膠帶
2. 打電漿
3. 加熱至60°C烘乾
4. 燒結



Εύρηκα

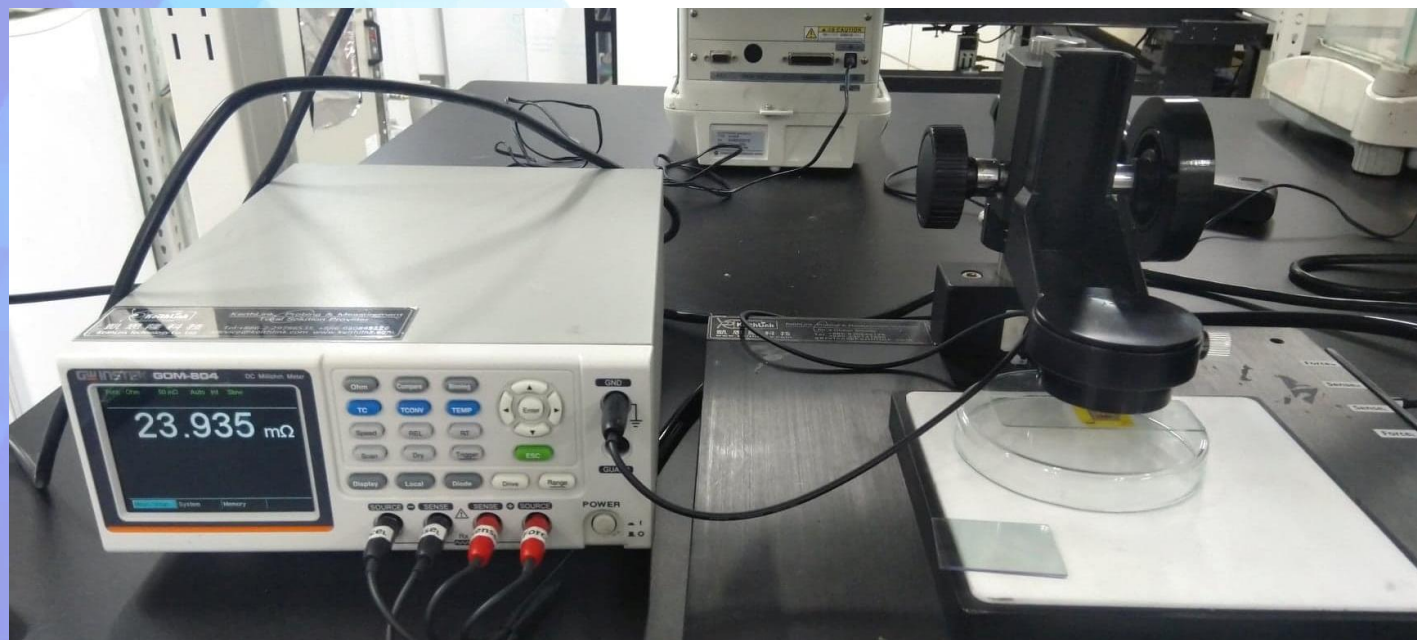
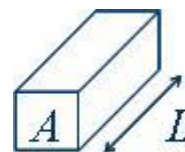


# 電阻測量

Εύρηκα

- 四點探針法
- 薄膜電阻 (  $\Omega/\square$  )
- 加熱盤不平整 → 取多處測量值的平均

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{Wt} = \frac{\rho}{t} \frac{L}{W} = R_s \frac{L}{W}$$



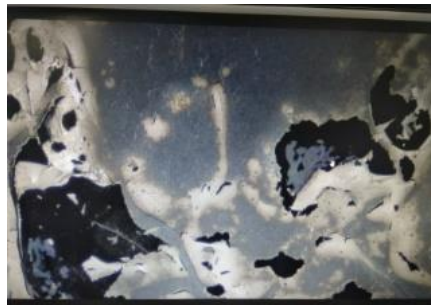
# 燒結情況

## 打脈衝光燒結

IPL施打次數	0	1	2	3
測量值的平均	51.04 K	2.19 K	1.18	0.82

## 加熱燒結

加熱溫度	60°C	100°C	150°C	200°C
測量值的平均	51.80 K	4.58 K	1.55 K	46.72 m



- 脈衝光能量過高
- 加熱操作方便



# 基材比較

加熱溫度	60°C	100°C	150°C	200°C
玻片	51.8 K	4.58 K	1.55 K	46.7 m
相片紙	271 m	117 m	96.7 m	31.6 m

- 相片紙上之銀墨水60°C就有低電阻
- 光亮塗層使奈米銀堆積良好



Εύρηκα

## 改變墨水濃度

加熱溫度	60°C	100°C	150°C	200°C
10%銀墨水	x	46.67	4.53	31.67 m
20%銀墨水	5.84 K	17.06	9.24	33.07 m
30%銀墨水	64.80	21.85	15.24	14.03 m

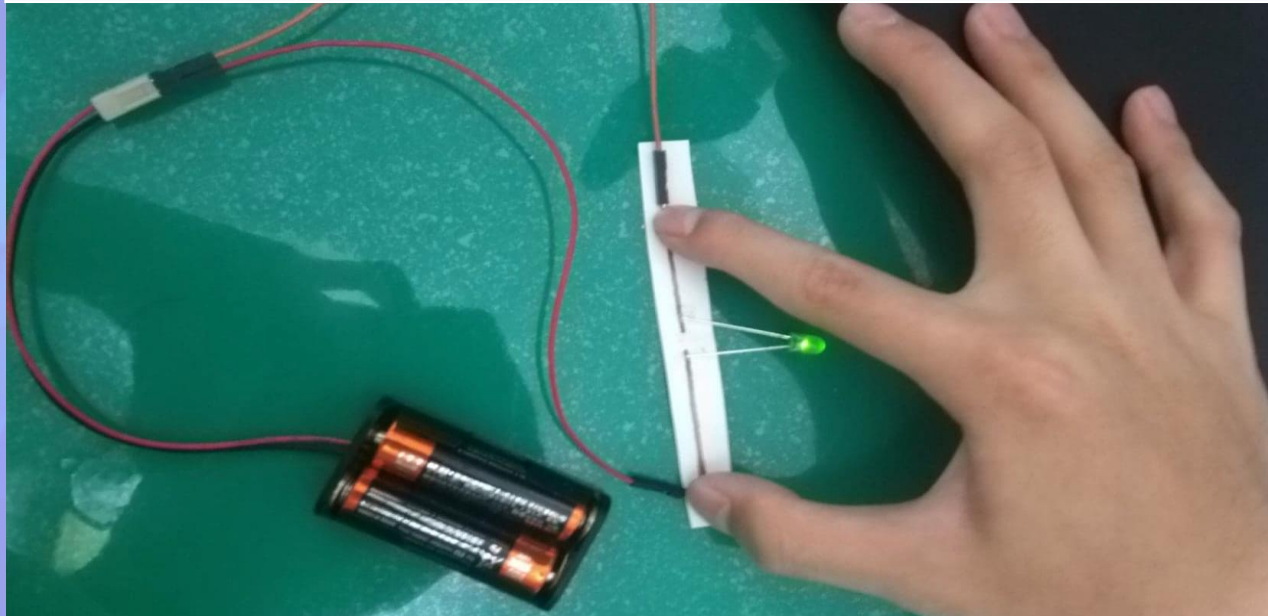
- 加熱至200°C後沒有顯著差異
- 燒結溫度可能不夠高



# 導電墨水筆書寫情形

2公分長墨水

加熱溫度	60℃	100℃	150℃	200℃
測量值的平均	244	89.7	79.1	99.1



- 使用針筆及10%墨水
- 電阻最小約100歐姆
- 接上燈泡能稍微發亮

- 出水量太少、線條太薄
- 針筆筆頭破壞相片紙表面
- 銀含量不夠
- 相片紙加熱變質





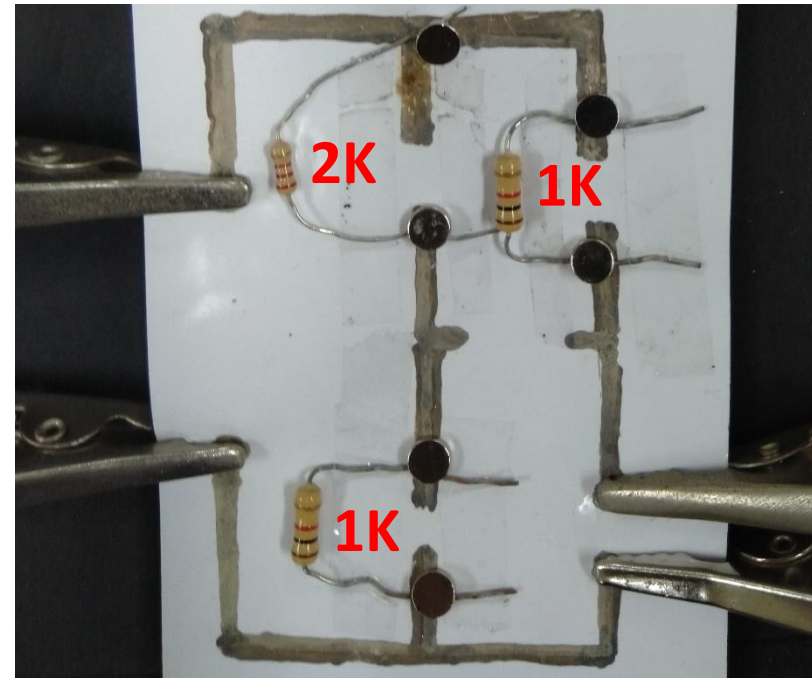
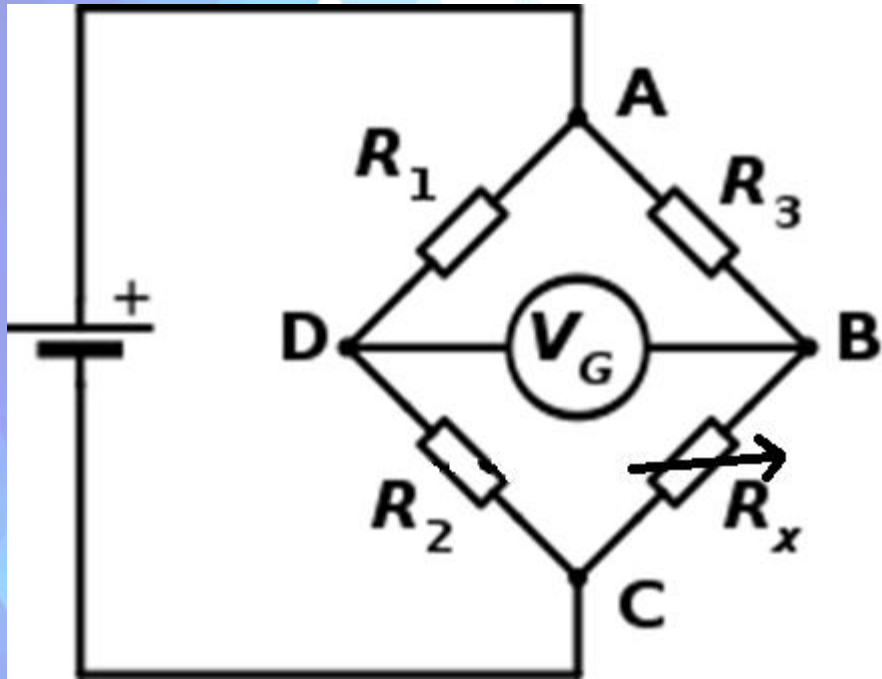
其他種筆

Εύρηκα



Εύρηκα

# 手繪電路圖-惠斯同電橋



# 手繪電路圖-惠斯同電橋

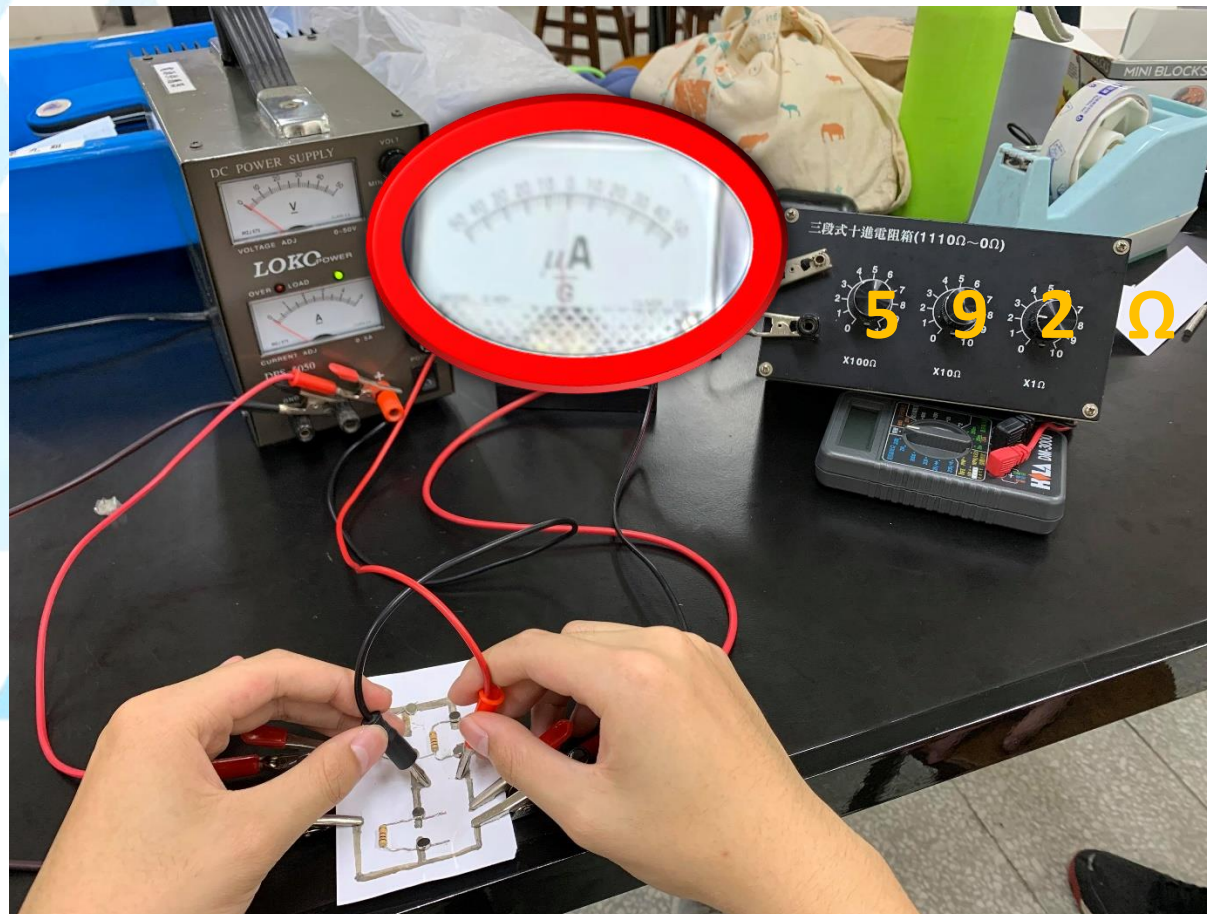
Εύρηκα





# 手繪電路圖-惠斯同電橋

Εύρηκα



# 結論

- 已成功配置出可導電之奈米銀墨水
- 加熱燒結效果良好且方便操作
- 相片紙適合書寫奈米銀墨水
- 繪製簡單電路圖可成功使用

Εύρηκα





# Εύρηκα

## 未來應用

- 搭配改裝電子元件研發一組教具



## 參考資料

- 高振裕 ( 2010 ) • 軟性電子之印刷式奈米材料與元件研究 • 新竹：國立清華大學化學工程研究所。
- 黃俊杰、林堅楊 ( 2015 ) • 奈米銀材料合成與應用 • 尖端材料科技協會，41，19-26。
- Juha Niittynen, Robert Abbel, Matti Mäntysalo, Jolke Perelaer, Ulrich S. Schubert, Donald Lupo (2014). Alternative sintering methods compared to conventional thermal sintering for inkjet printed silver nanoparticle ink. Thin Solid Films, 556(2014), 452-459.
- Bok Y. Ahn, Eric B. Duoss, Michael J. Motala, Xiaoying Guo, Sang-Il Park, Yujie Xiong, Jongseung Yoon, Ralph G. Nuzzo, John A. Rogers, Jennifer A. Lewis (2009). Omnidirectional Printing of Flexible, Stretchable, and Spanning Silver Microelectrodes. Science, 323(2009), 1590-1593.

Εύρηκα

## 致謝

- 父母
- 台大 化工系 廖英志教授
- 建中 物理科 賴奕帆老師
- 台大 化工系 精密印刷技術實驗室 學長姐
- 高君陶老師
- 姚志鴻老師
- 特教組
- 225,226全體同學



Εύρηκα

謝謝大家

