

Εύρηκα

介電潤濕

-探索液滴在電極版上的現象

楊竣凱

劉柏杰

李敏鴻 教授

賴奕帆 老師

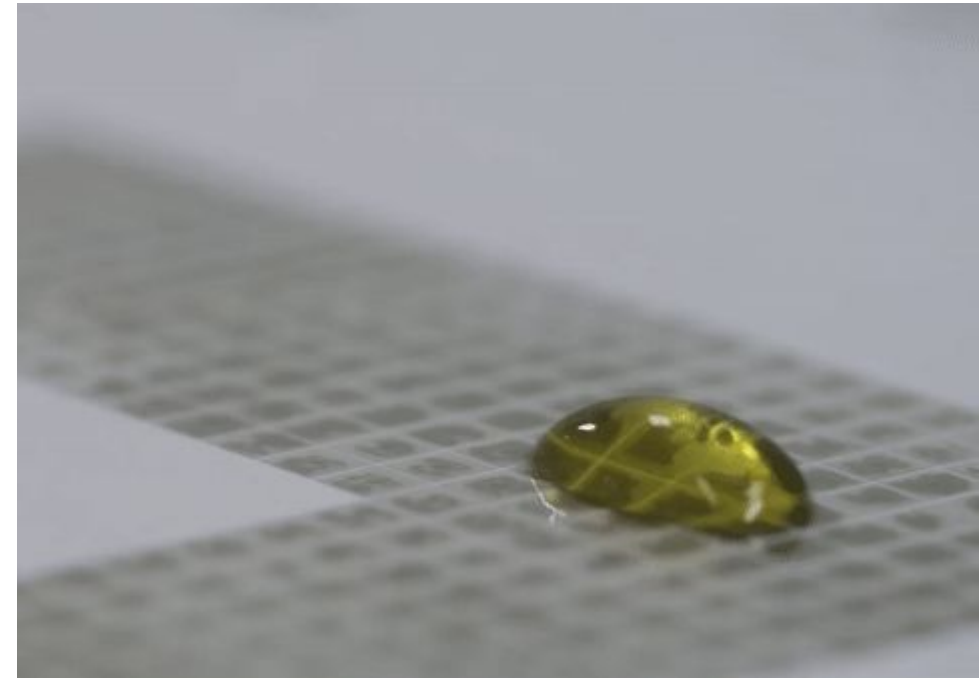
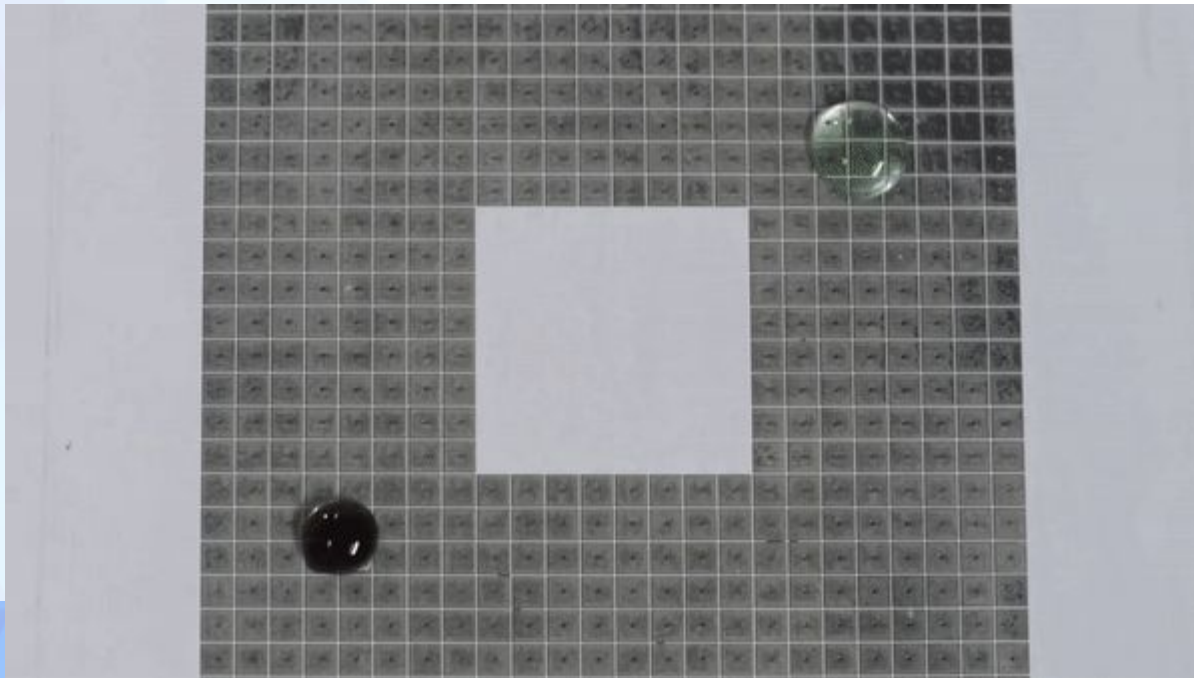


目錄

- 研究動機
- 研究介紹
 - 研究理論
 - 實驗
 - 數值模擬
- 結論
- 感謝

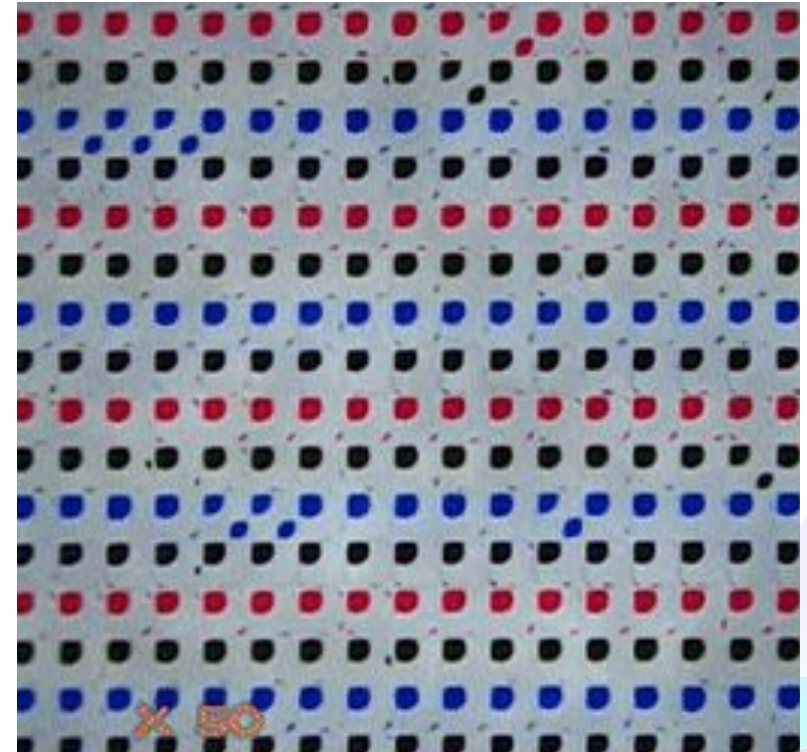
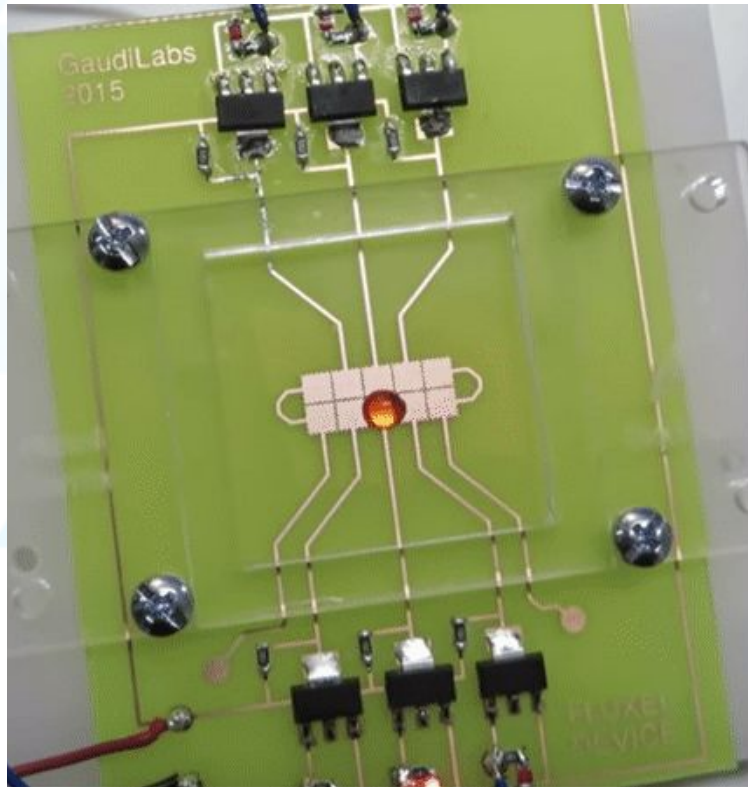
研究動機

日常生活中的小水珠隨處可見，但看到MIT關於介電潤濕的影片，水珠神奇的被電腦程式所控，讓我們對次現象十分驚嘆和好奇。



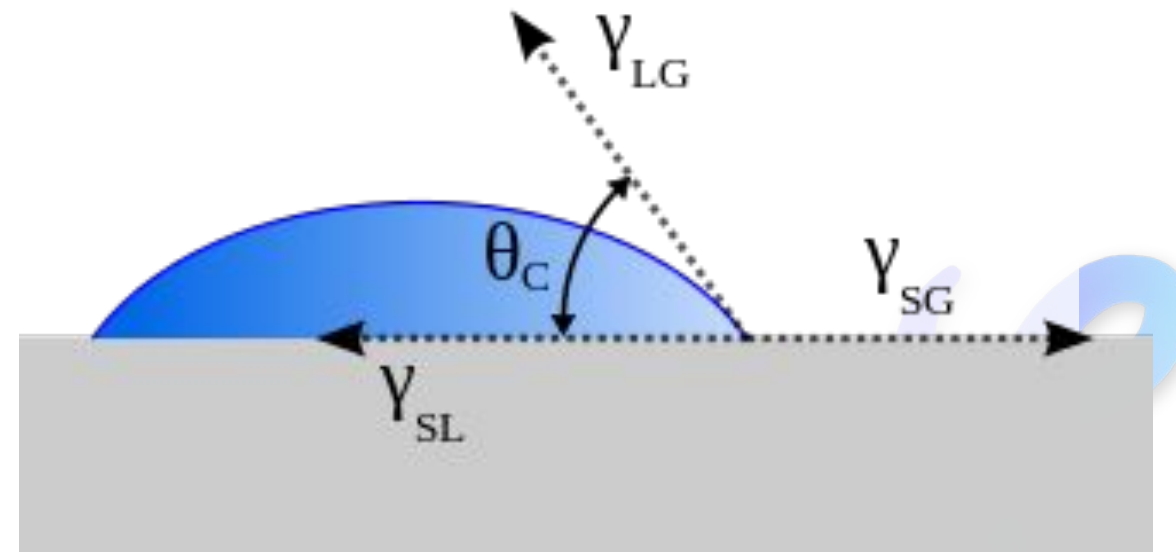
介電潤濕？

一種以施加電壓改變電極上介電層表面濕潤特性之現象。現多應用於lab-on-a-chip、電濕潤顯示器等項目上。



Young's equation

- 表面張力與接觸角的關係(靜力平衡)
- $\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{lg} \cos \theta$
- θ : 接觸角
- γ : 表面張力($\frac{N}{m}$) / $\frac{J}{m^2}$

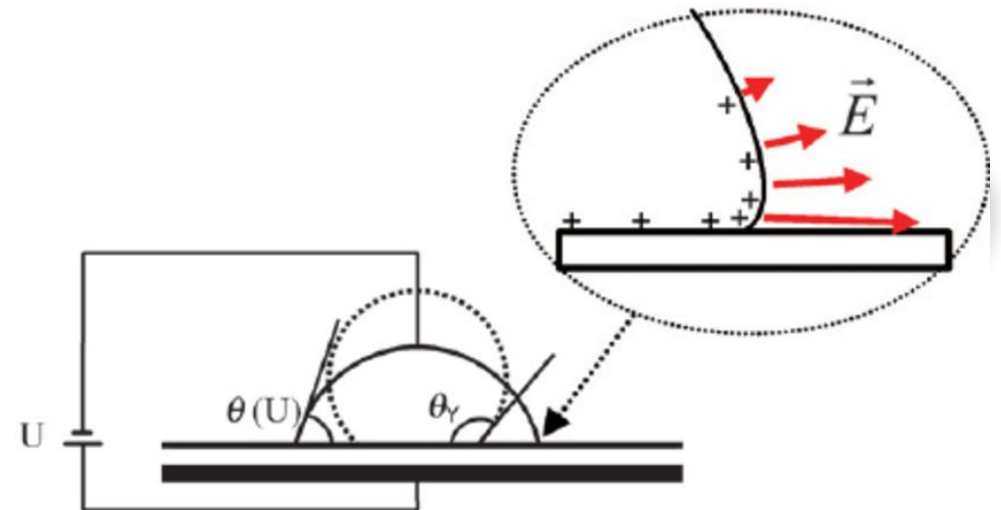


Lippmann equation

- 表面張力與電壓的關係

$$\gamma_{SL} = \gamma_{SL_0} - \frac{1}{2}CV^2, C = \frac{\epsilon\epsilon_0}{t}$$

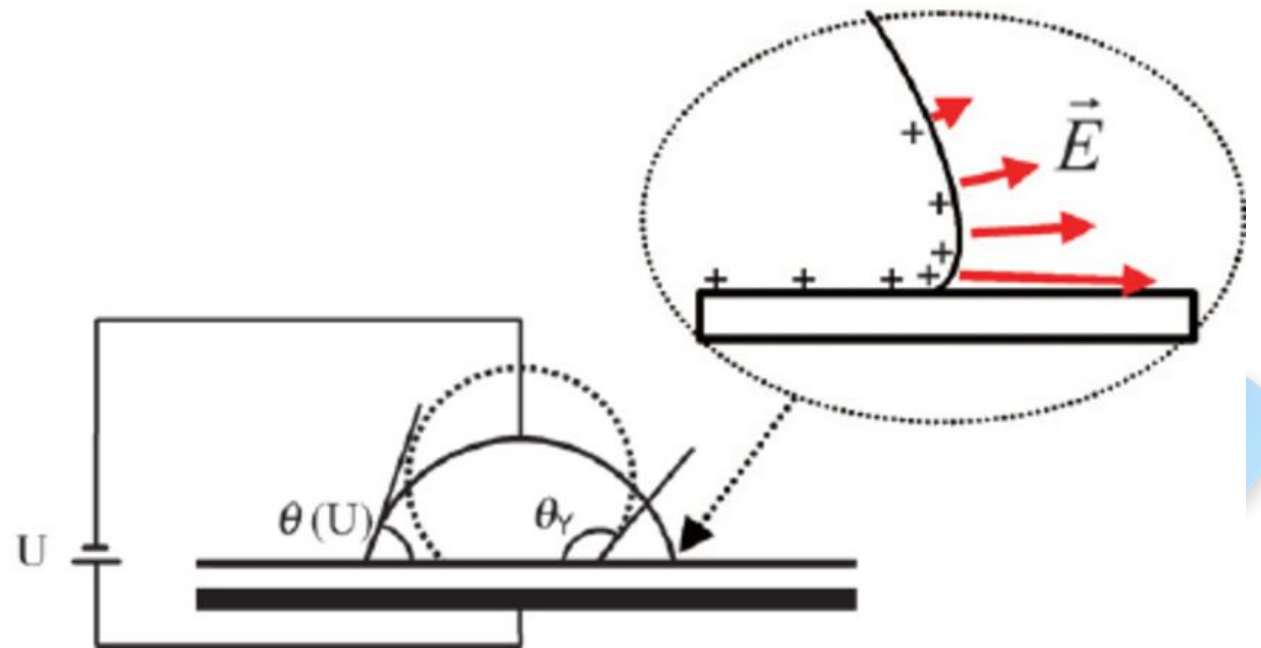
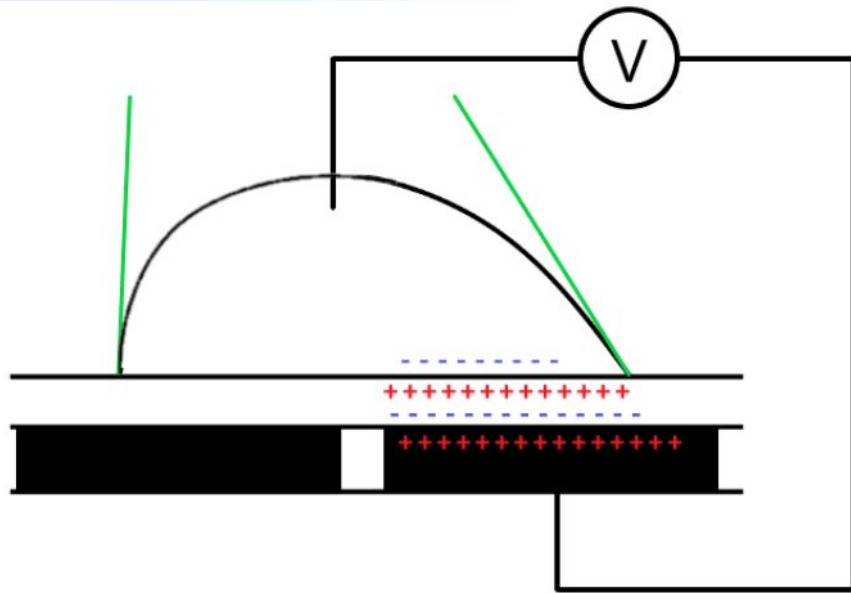
- C為比電容，為單位面積上的電容值($\frac{Q}{V \cdot m^2}$)



Lippmann-Young equation

- 接觸角與電壓的關係

$$\cos\theta = \cos\theta_0 + \frac{1}{2} \frac{\epsilon\epsilon_0}{\gamma_{LG} \times t} V^2$$

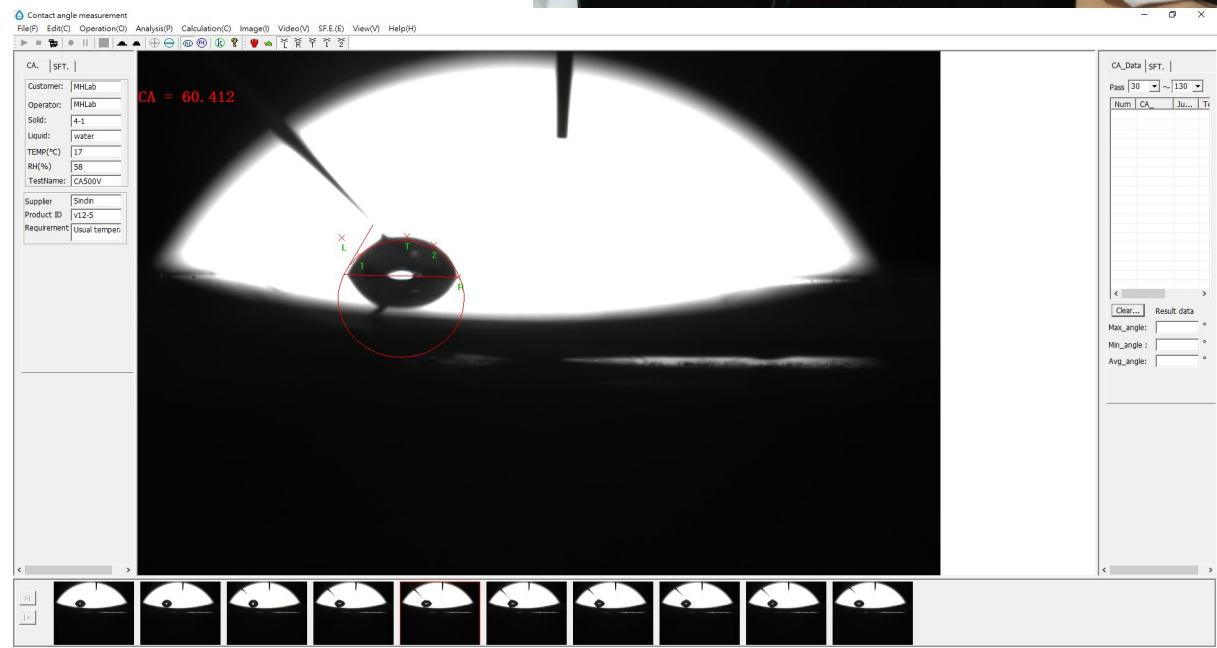
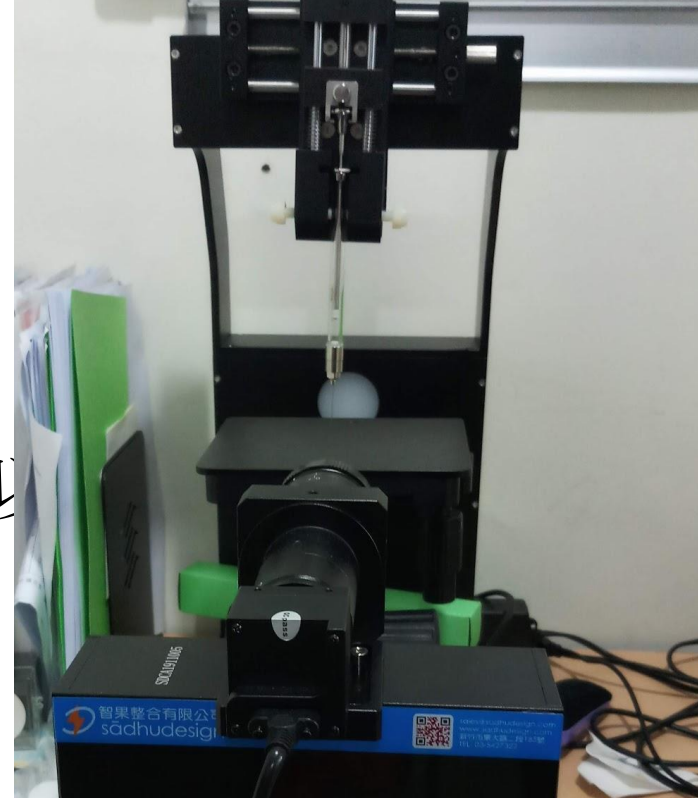


測量方法

1. 自製

- 使用USB顯微鏡，後放手機白幕增加畫面對比以
- 用Geogebra的圓錐曲線功能測量接觸角

2. 接觸角測量儀

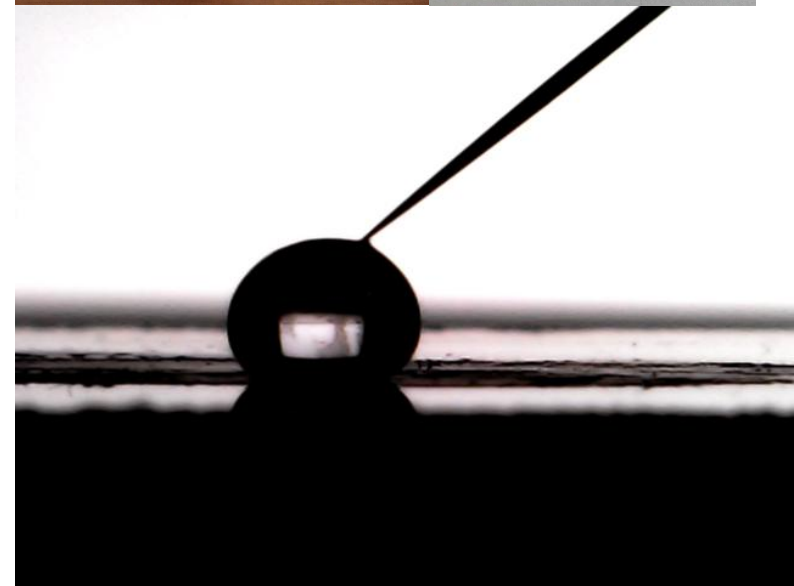


實驗樣本

樣本一：防水噴霧＋保鮮膜(PE)

樣本二：鐵氟龍＋保鮮膜(PE)
＋PET膠帶

樣本三：石蠟



樣本一：保鮮膜(PE)+防水噴霧



0V



300V



600V



900V

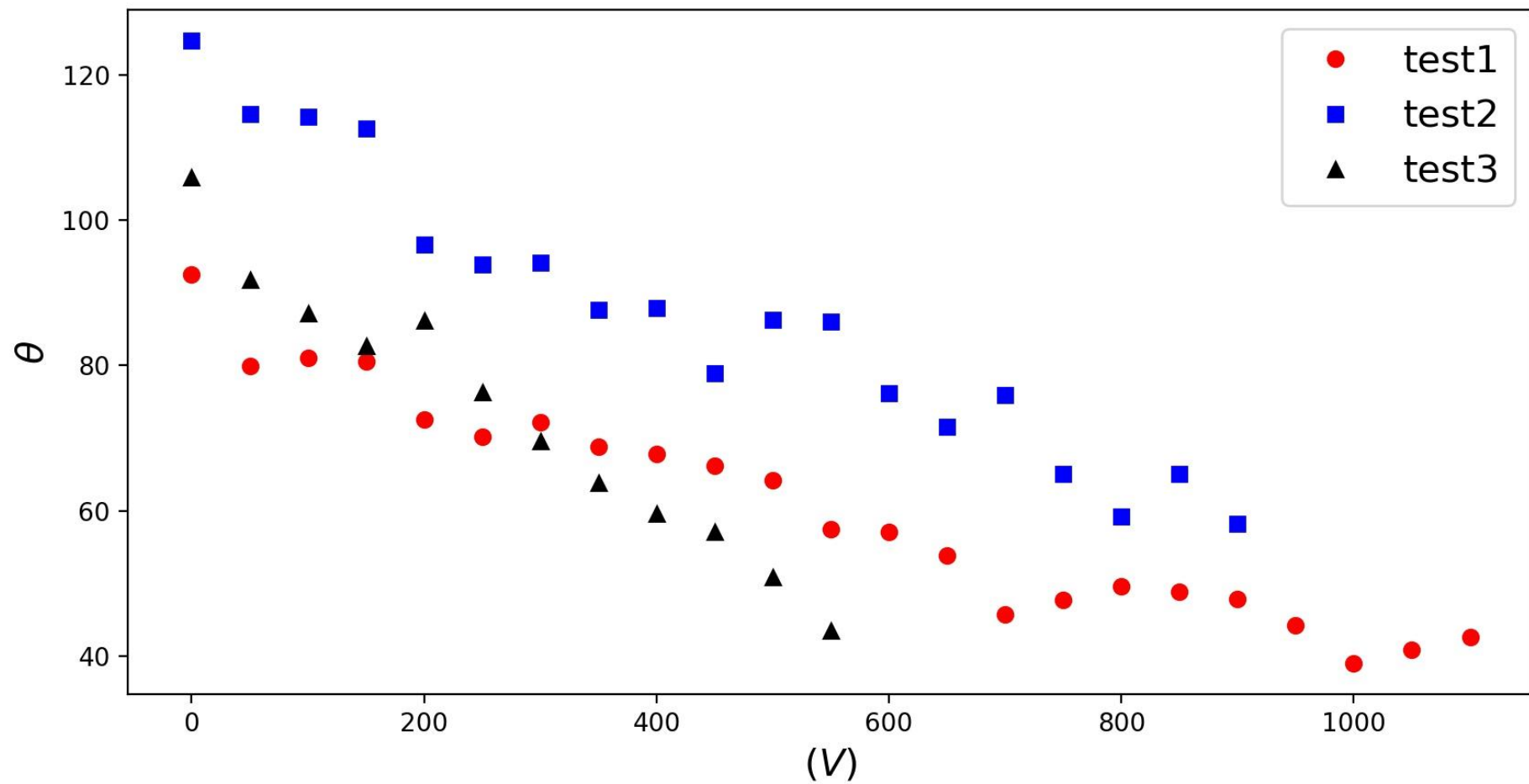
Γρήγορη κα



接觸角隨電壓的變化

Εύρηκα

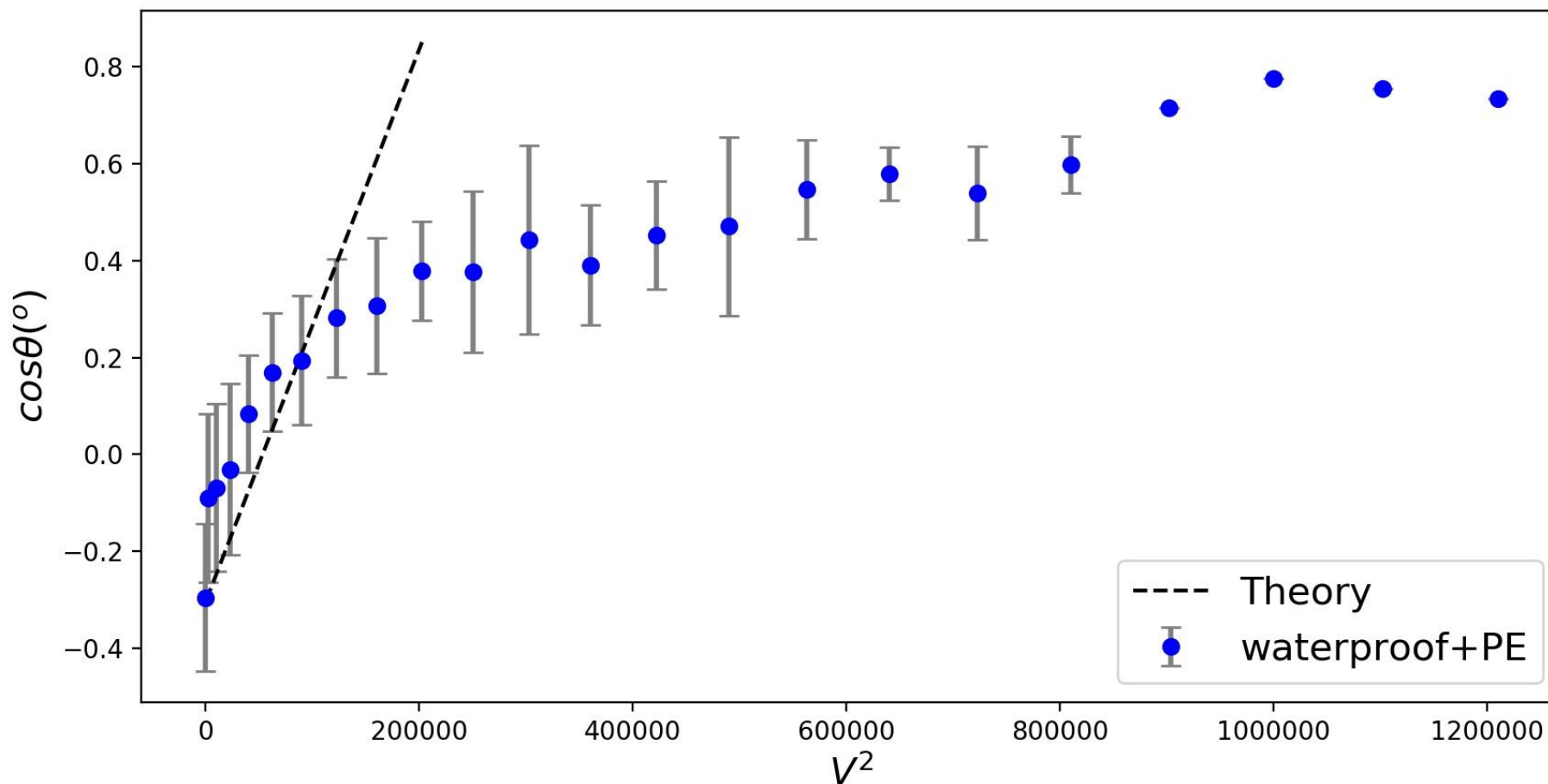
V- θ (waterproof+PE)



cos隨 V^2 的變化

Εύρηκα

$\cos\theta$ - V^2 (waterproof+PE)



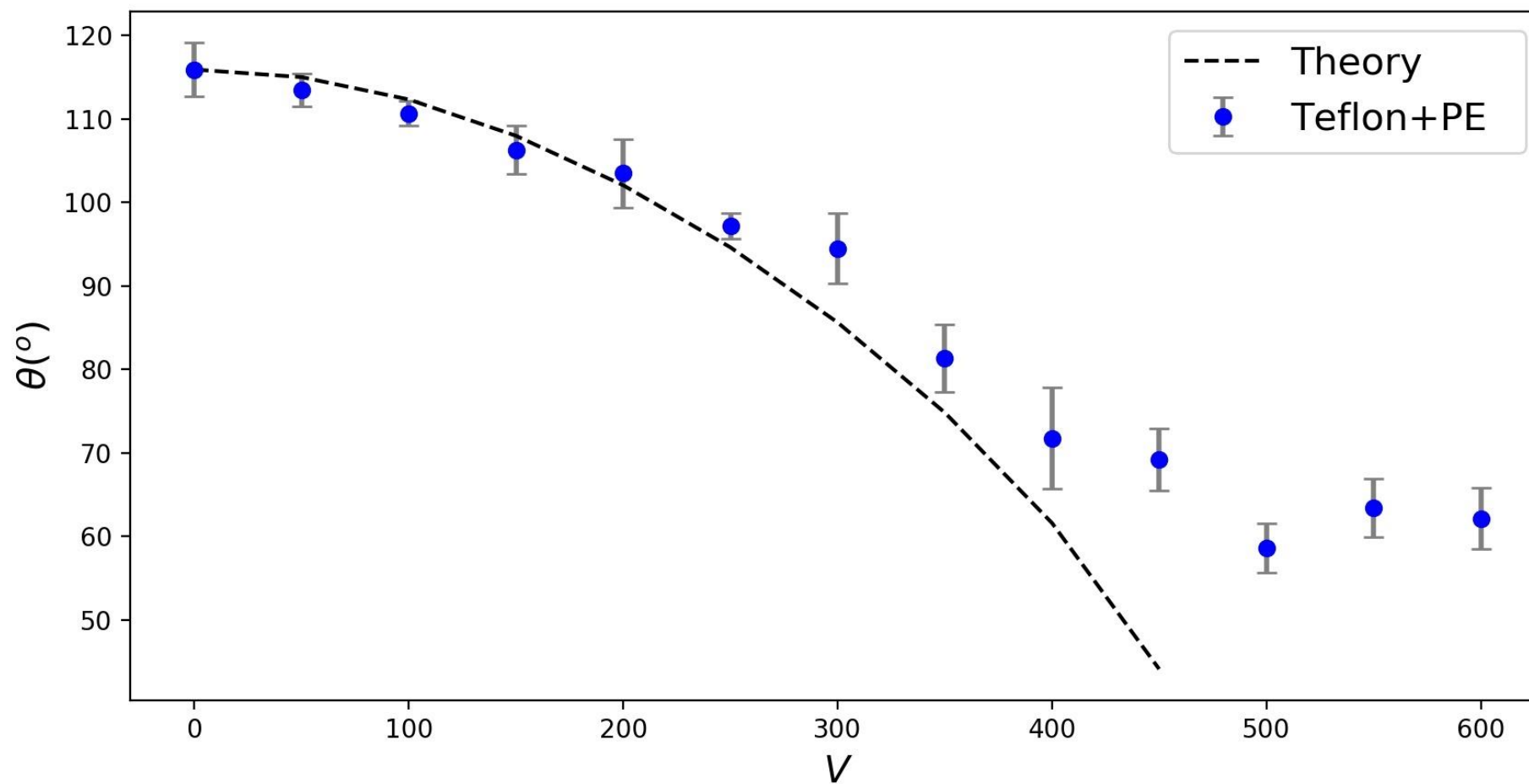
樣本二：鐵氟龍



接觸角隨電壓的變化(PE)

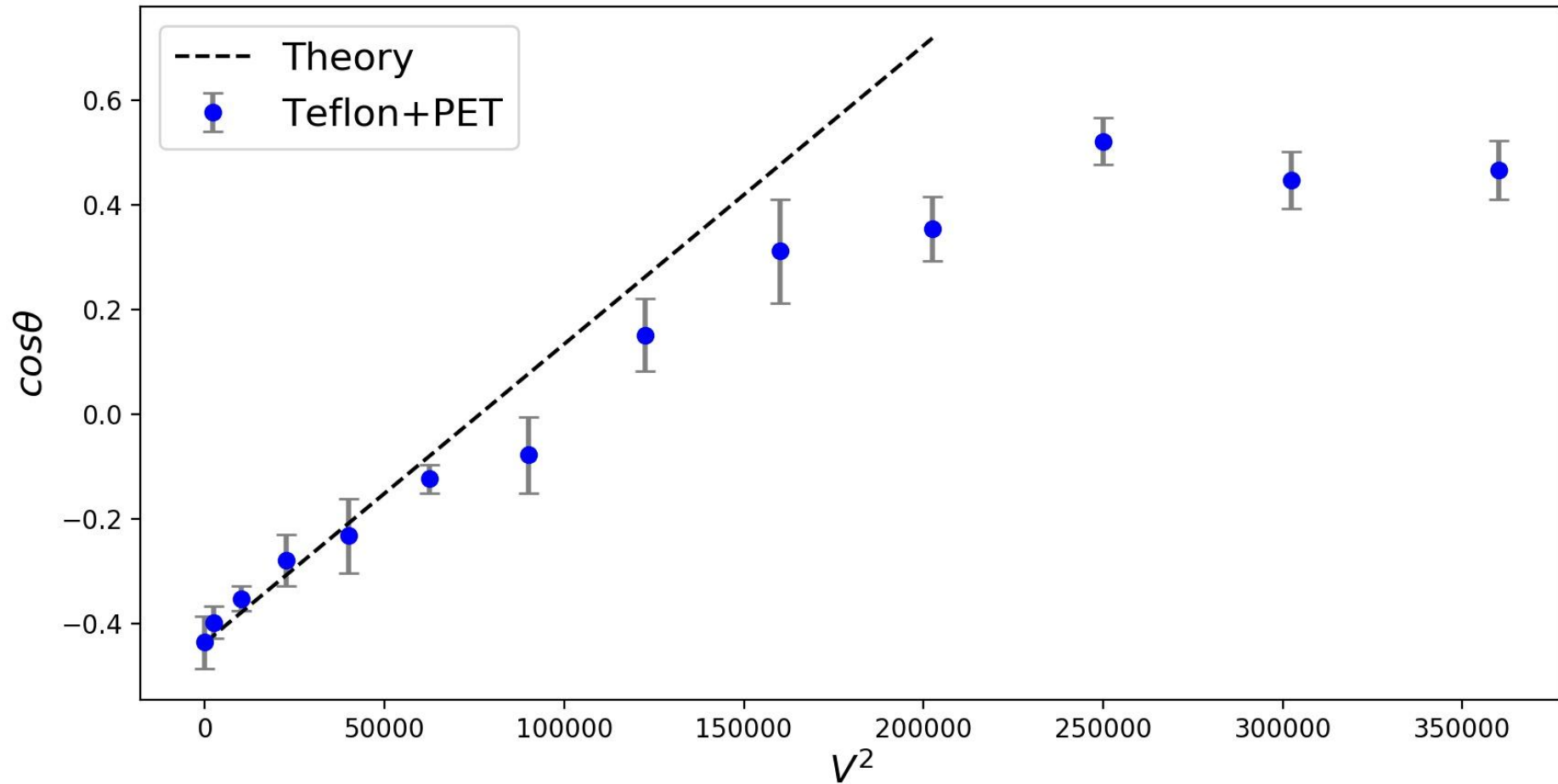
Εύρηκα

θ - V (Teflon+PE)



cos隨 V^2 的變化(PE)

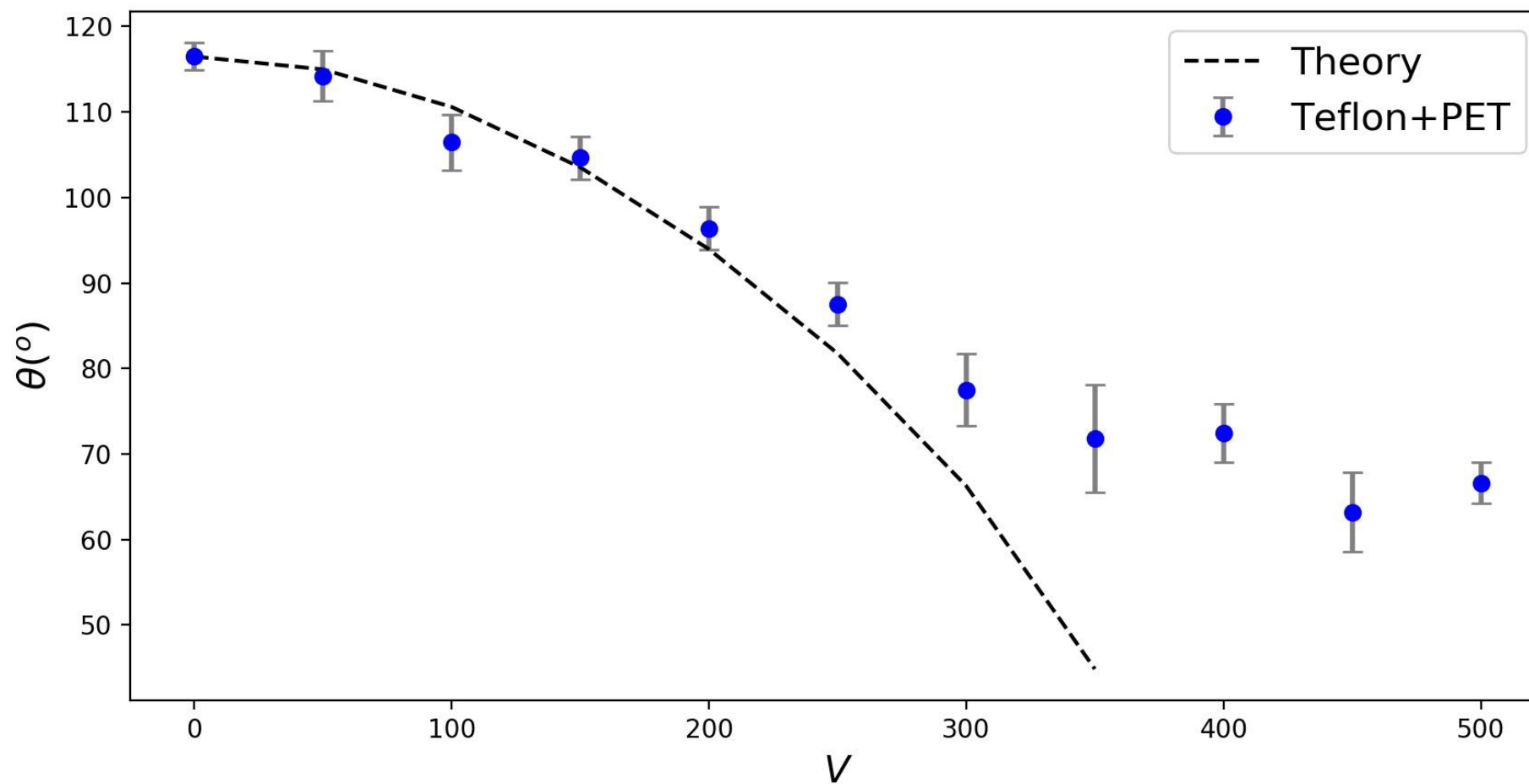
$\cos\theta-V^2$ (Teflon+PE)



接觸角隨電壓的變化(PET)

Εύρηκα

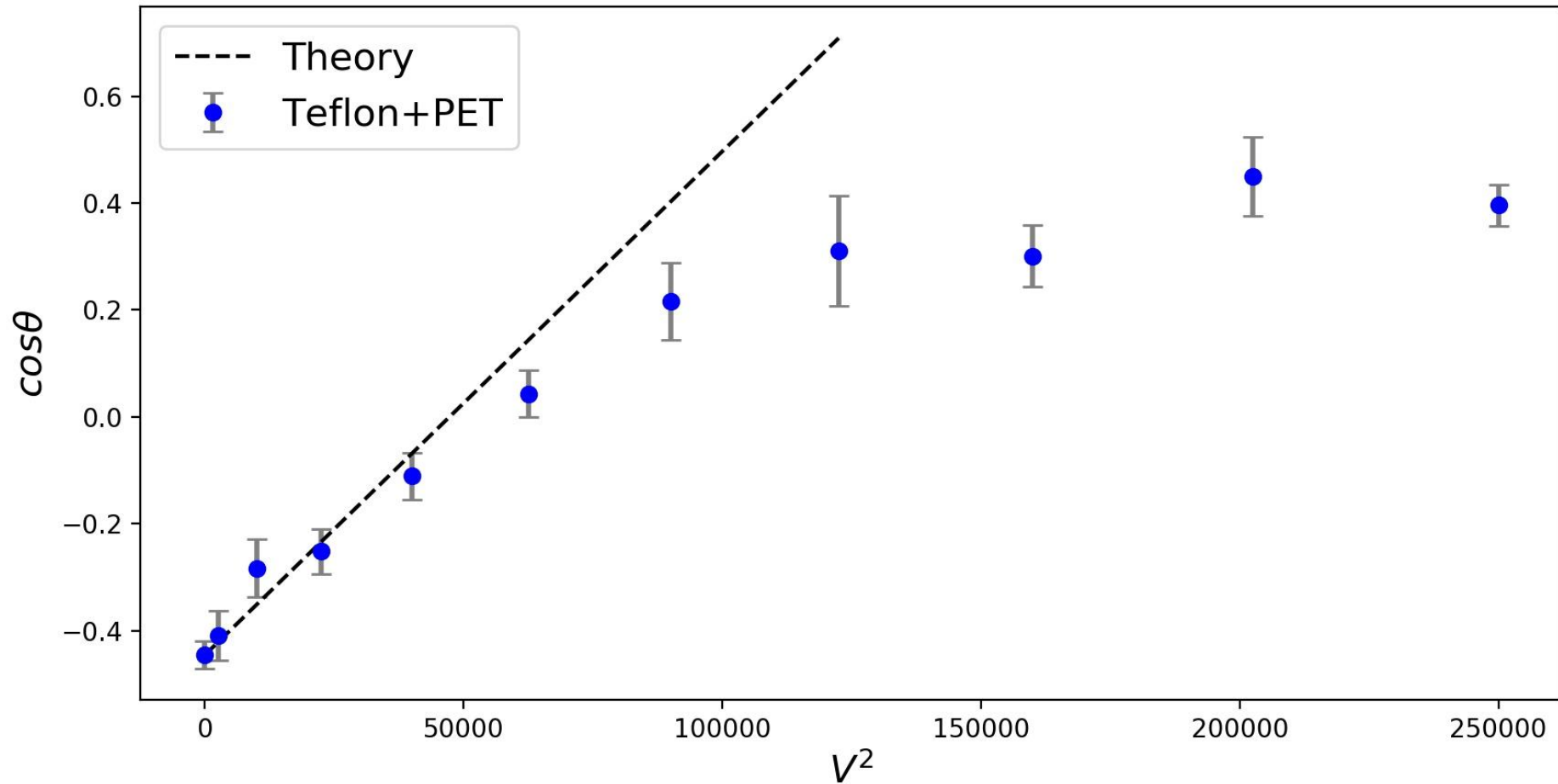
θ - V (Teflon+PET)



cos隨 V^2 的變化(PET)

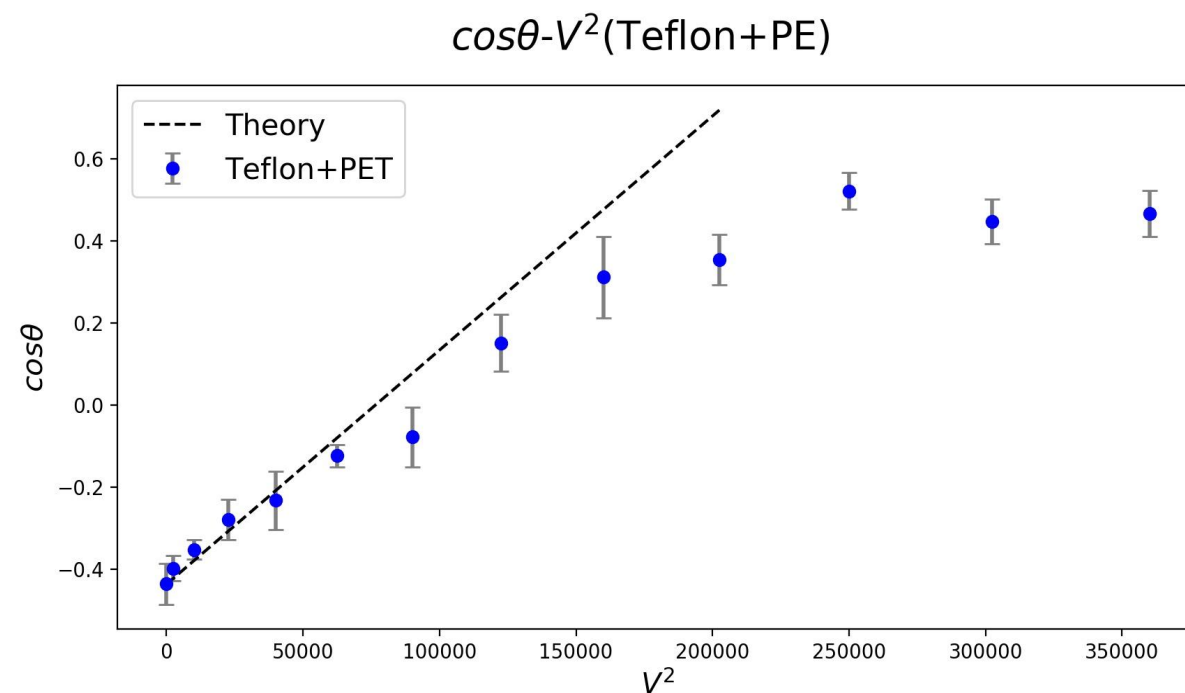
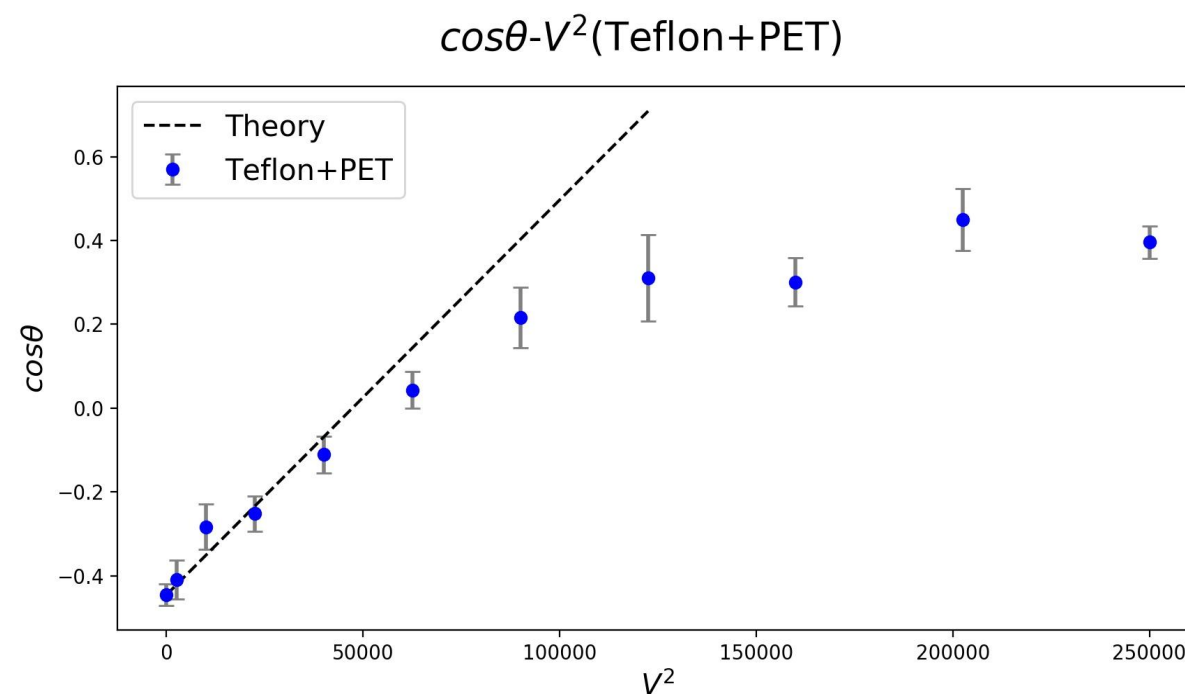
Εύρηκα

$\cos\theta-V^2$ (Teflon+PET)



比較

- PET厚度較厚(0.05mm)
- PE膜約(0.08mm)
- 可看到PET所需的電壓較小

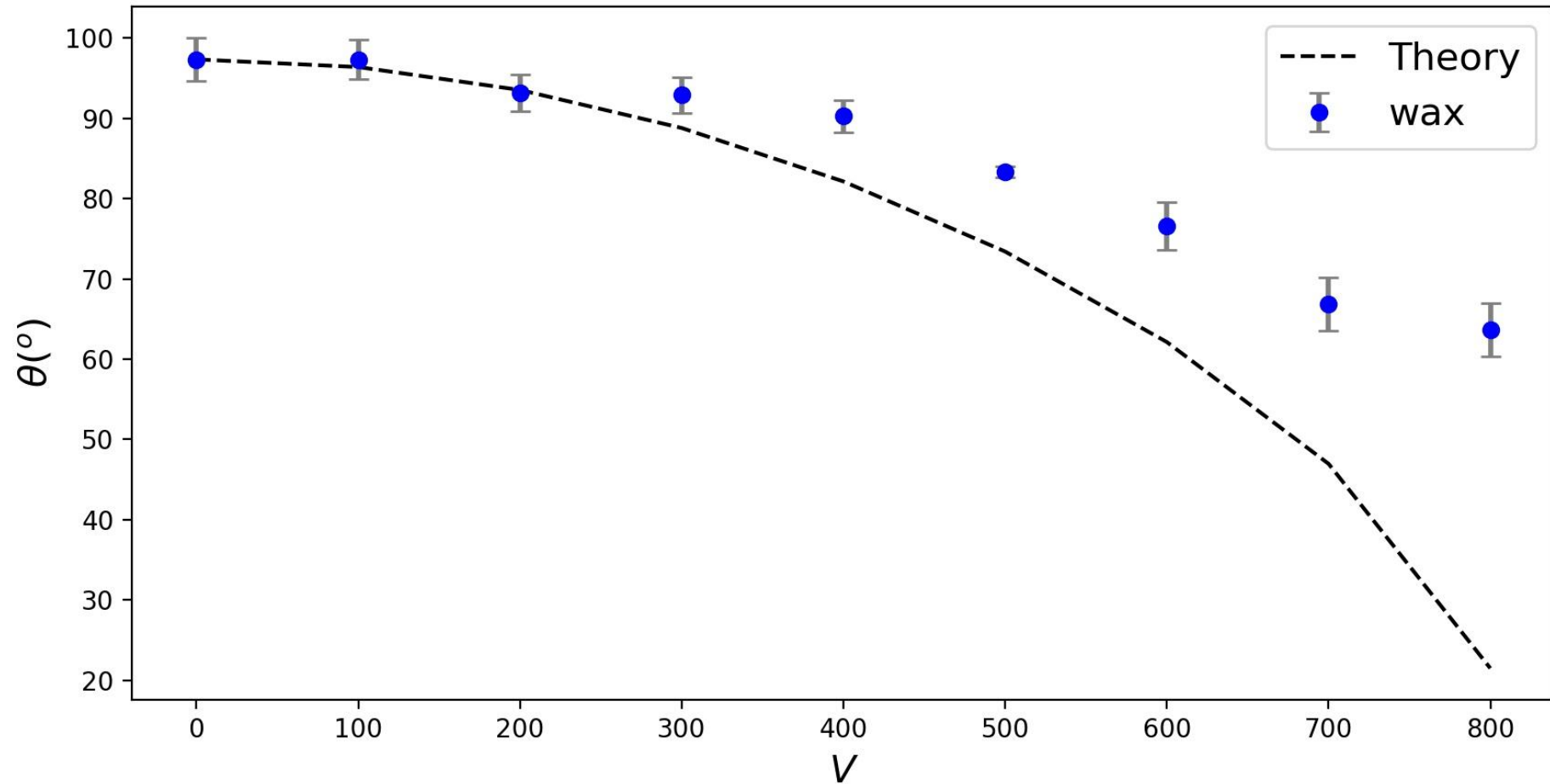


樣本三：石蠟



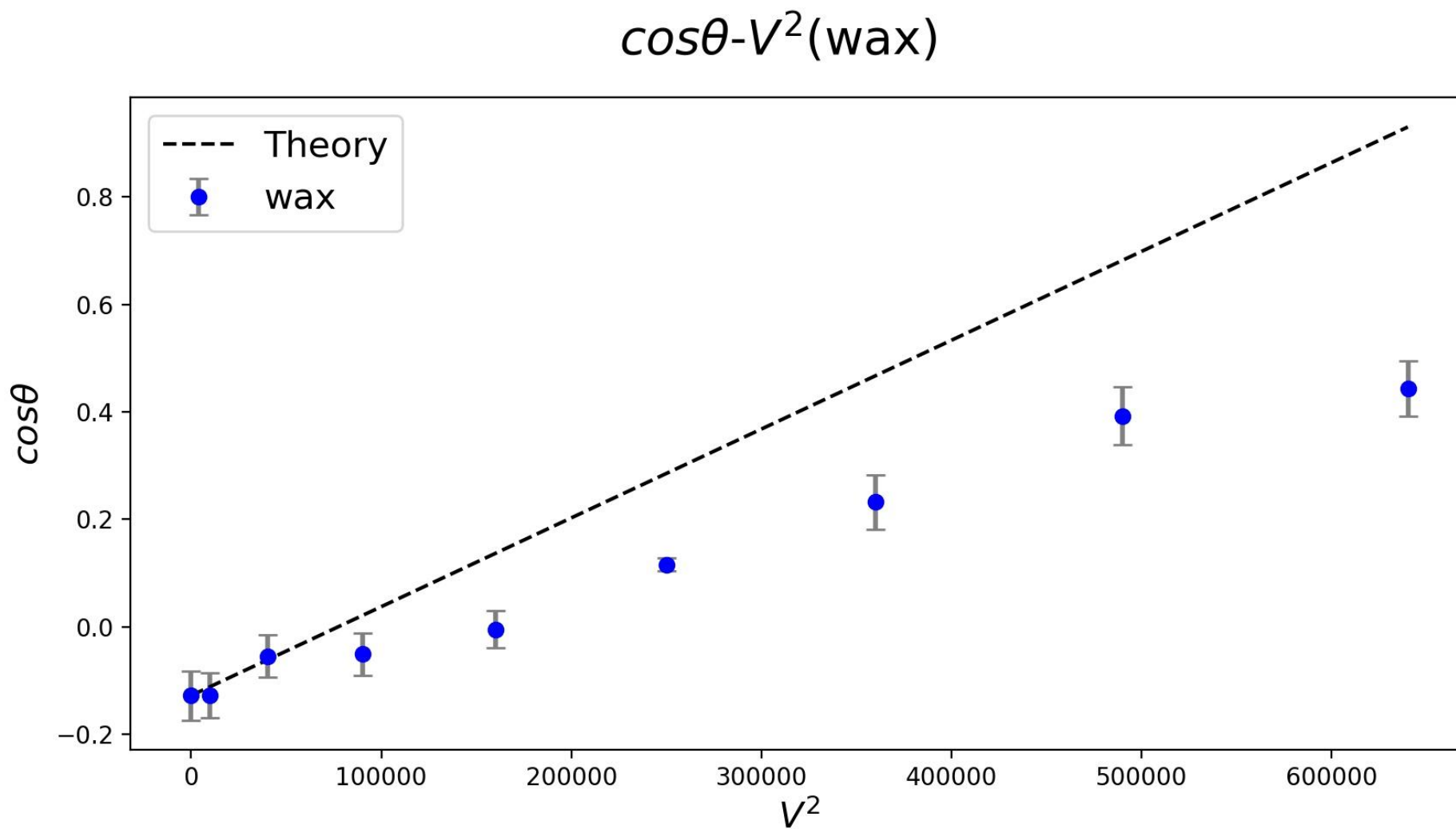
接觸角隨電壓的變化

θ - V (wax)



cos隨 V^2 的變化

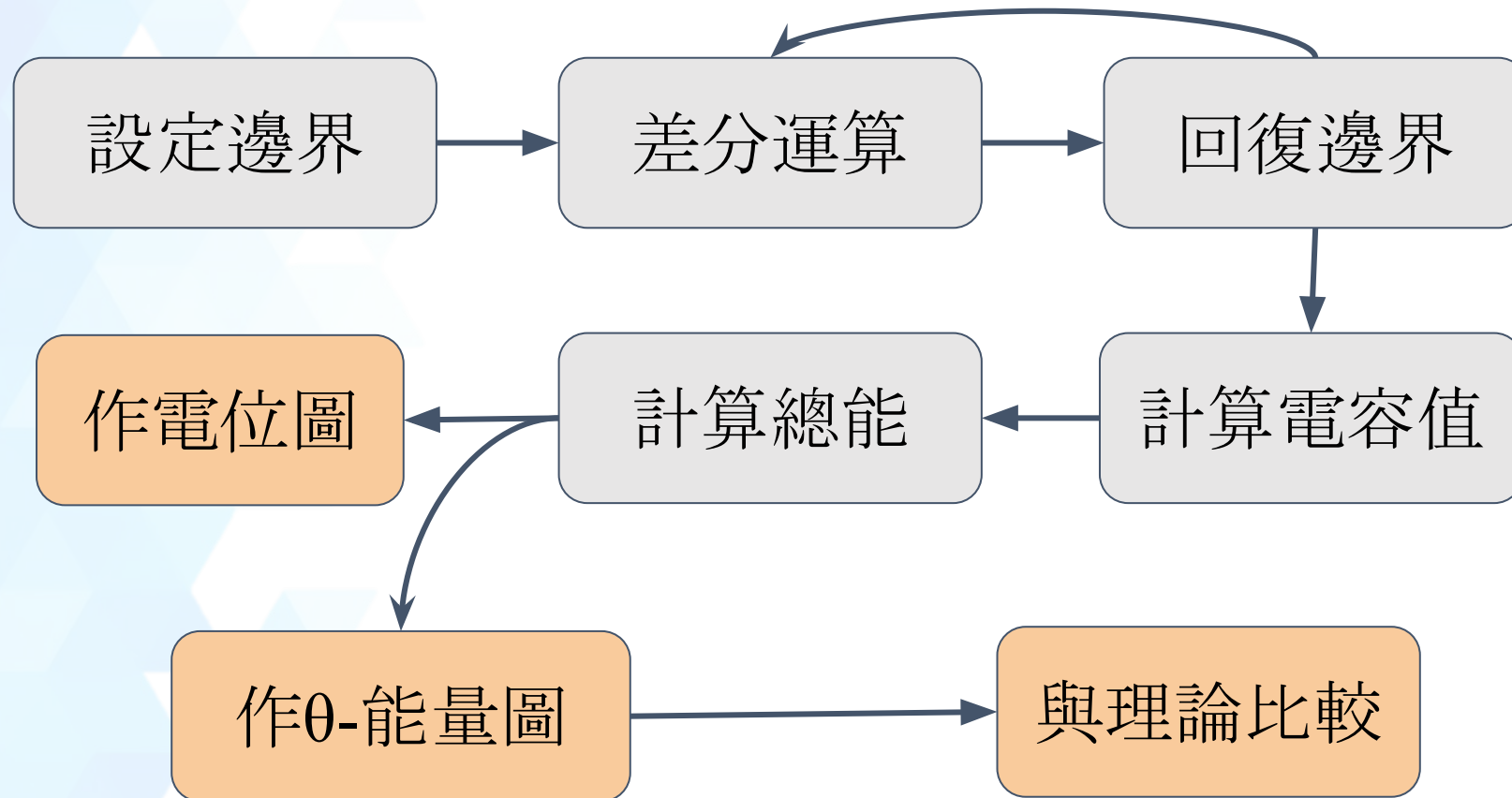
Εύρηκα



數值模擬



模擬流程

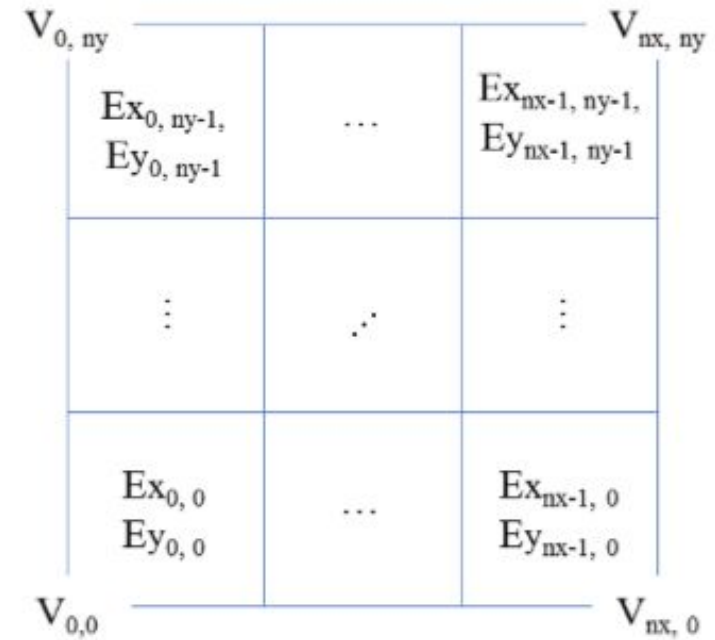


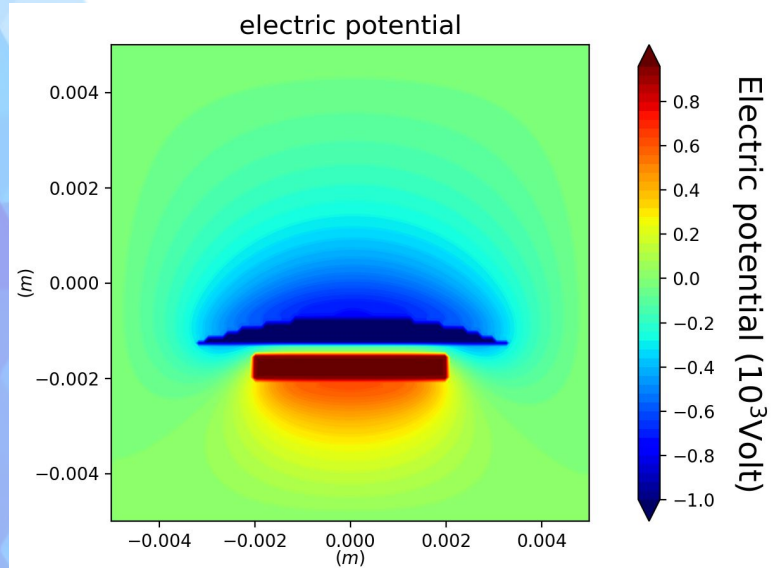
數值模擬

使用`python`以**有限差分法**進行空間中電位分布的運算，進而求出其電容和所儲存電能。

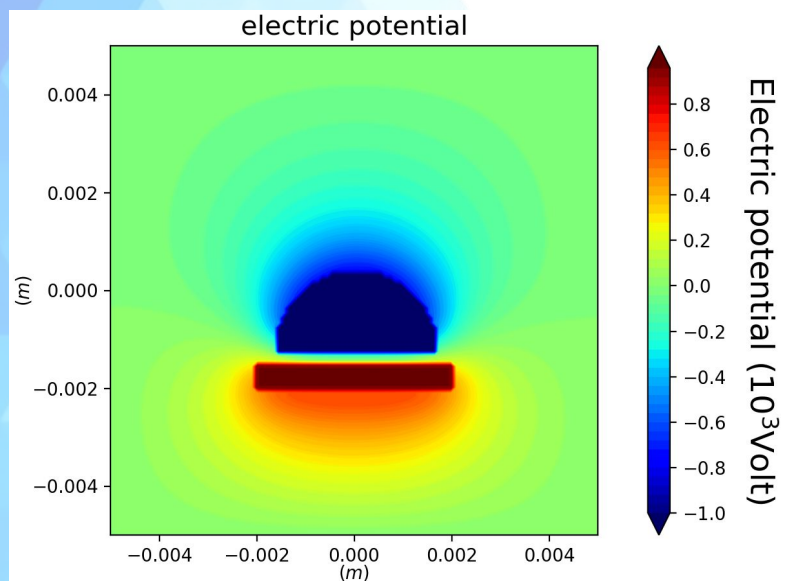
$$1. \quad \nabla^2 V = 0$$

$$2. \quad C = \frac{2 \iiint \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 d\tau}{V^2} = \frac{\varepsilon_0}{V^2} \iiint E^2 d\tau$$

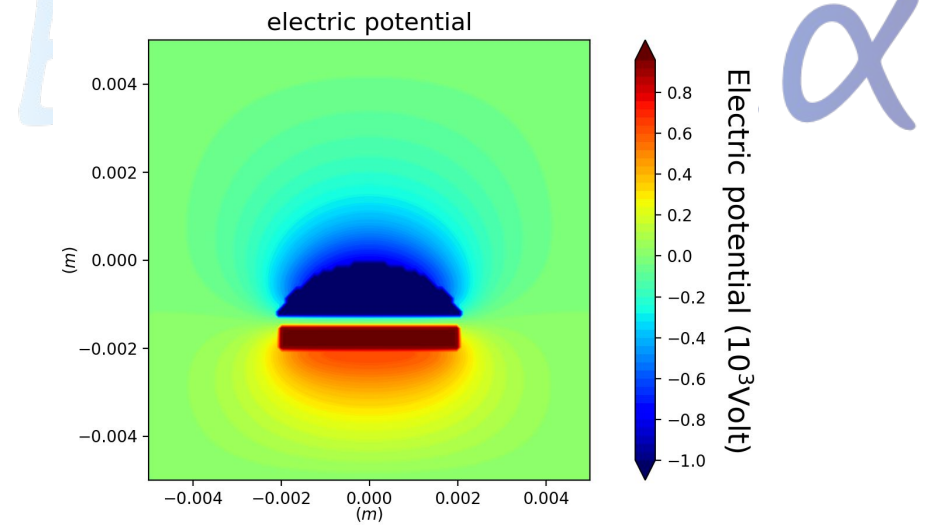




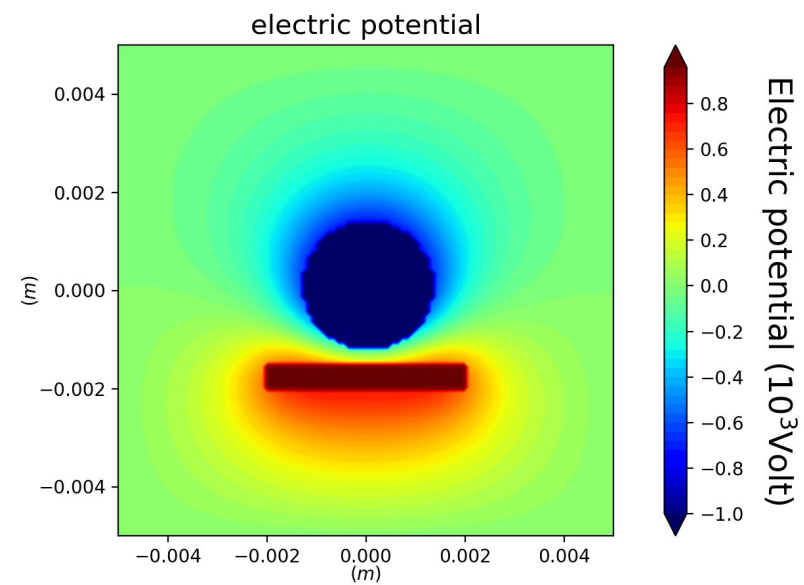
20°



90°

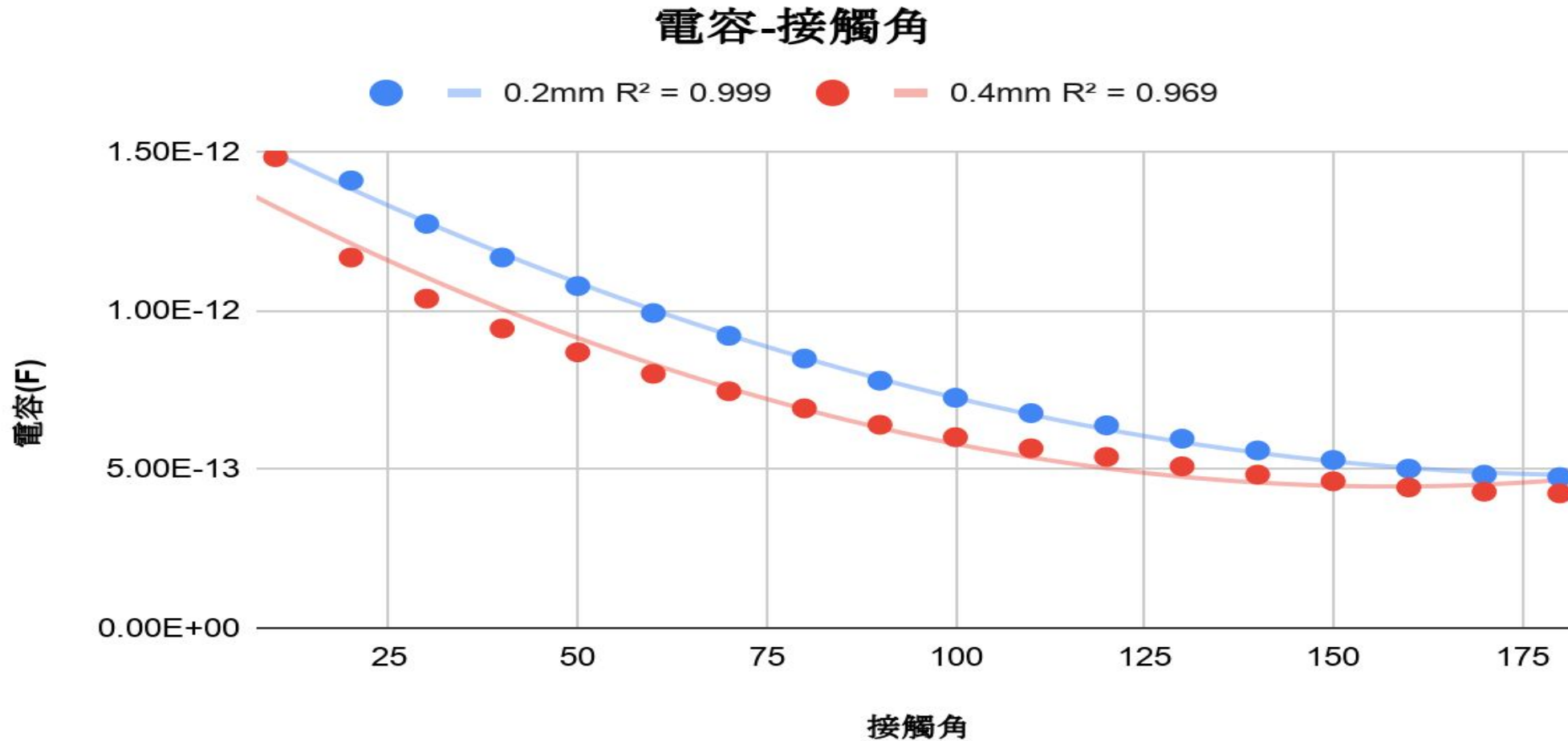


60°

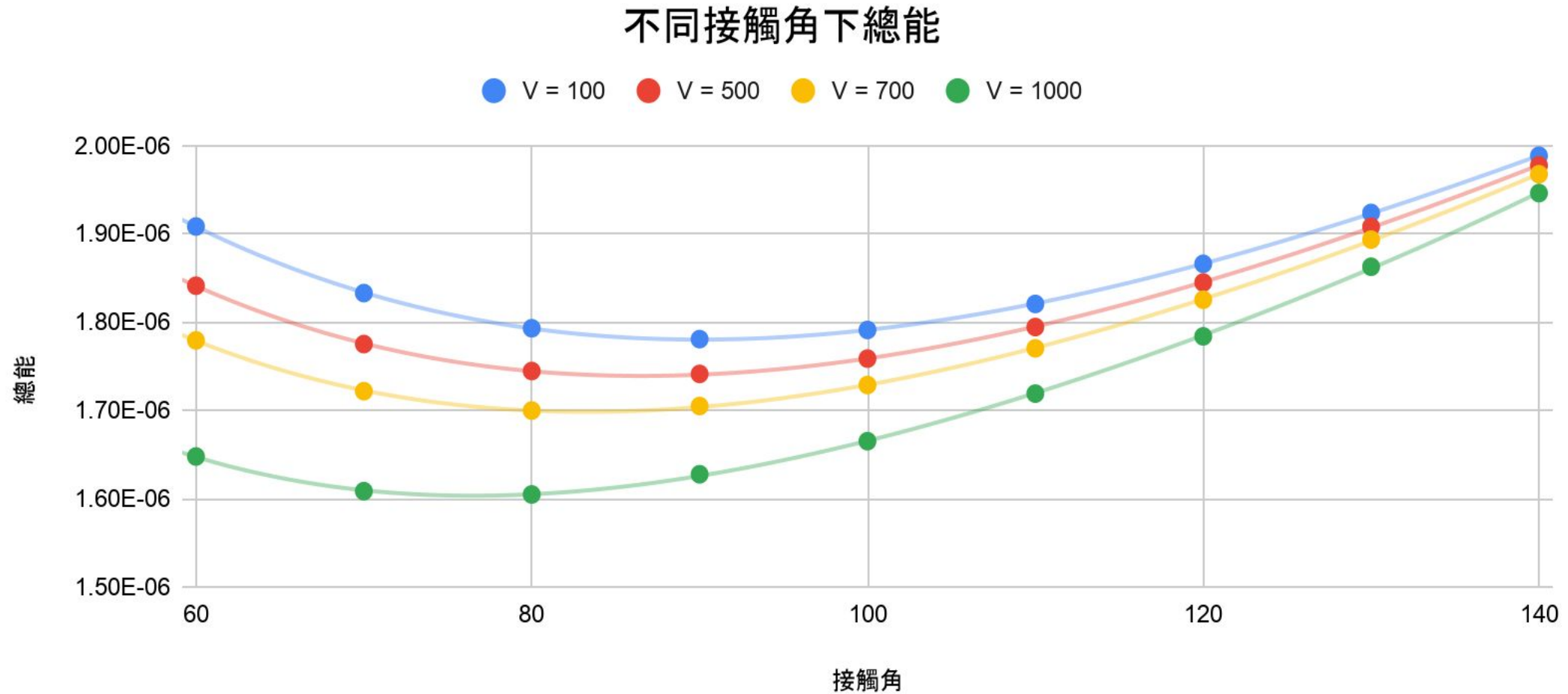


180°

不同接觸角下電容值

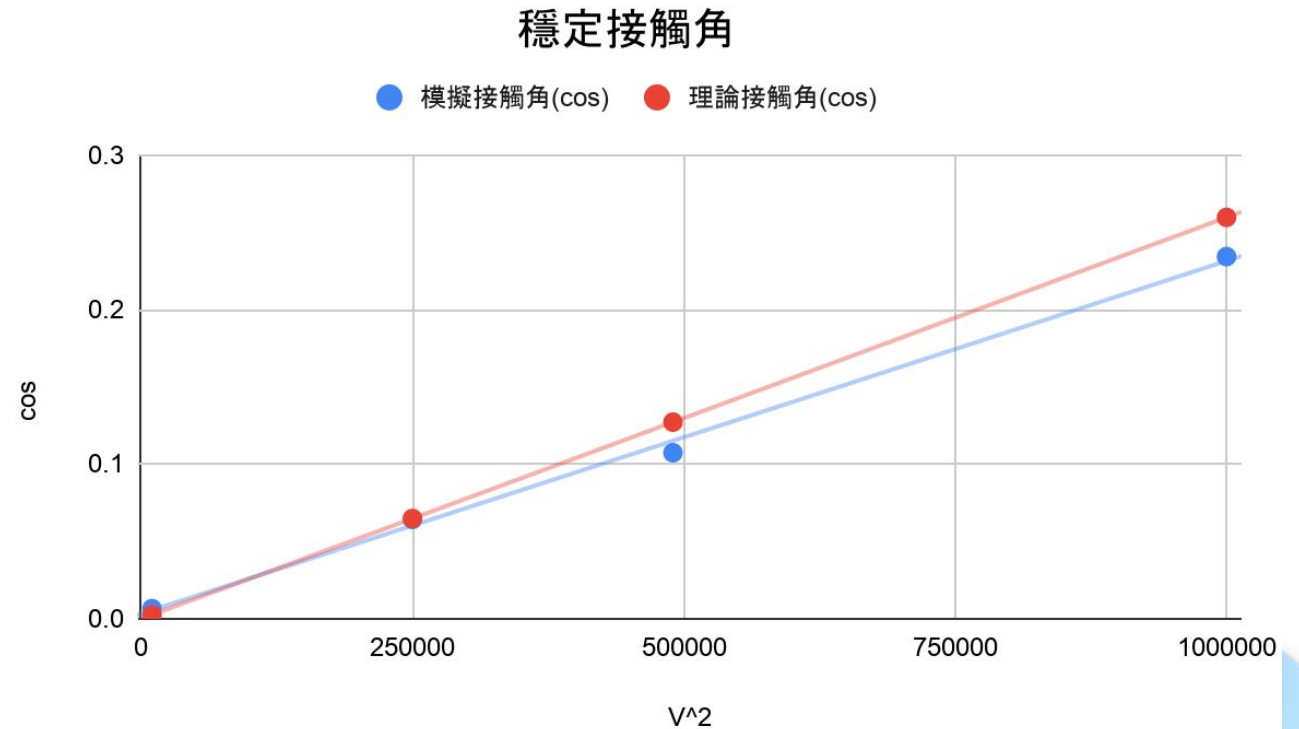


不同接觸角下總能量



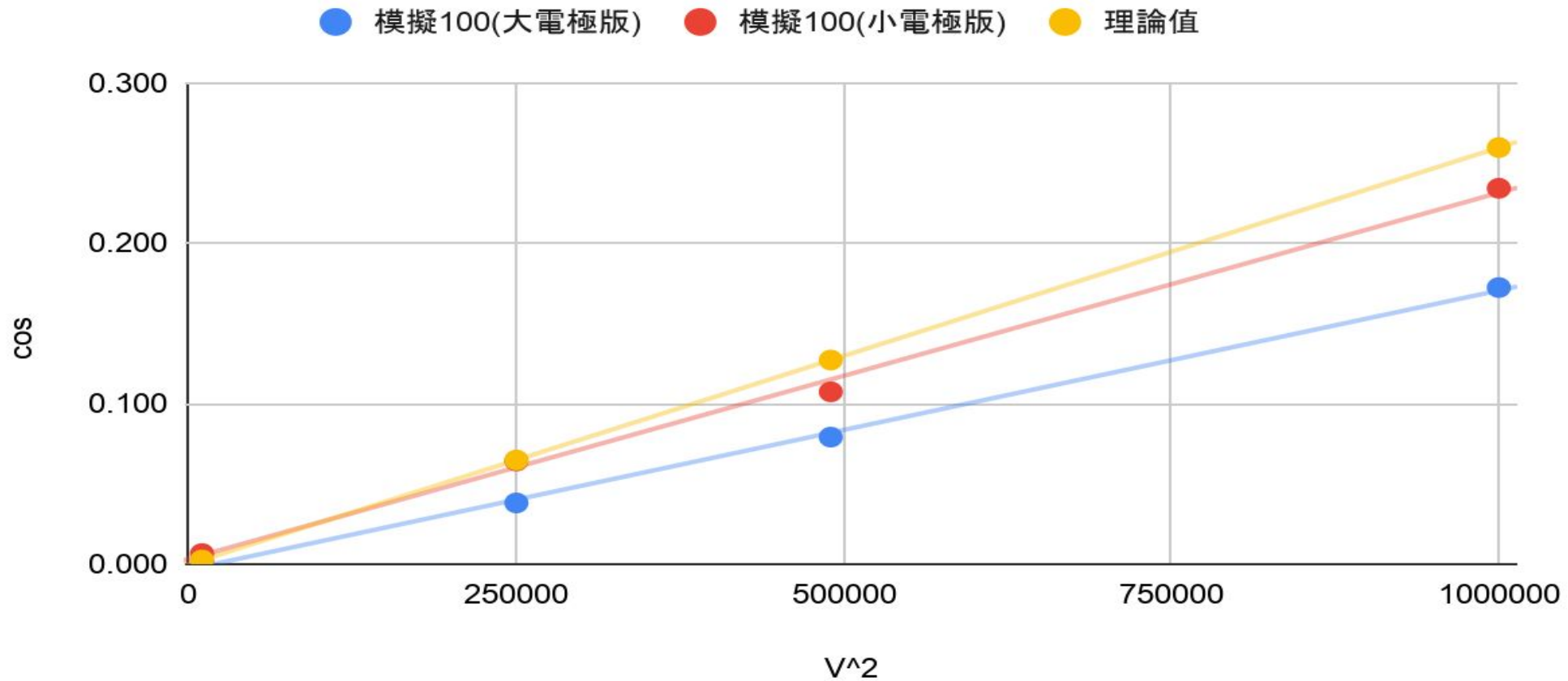
不同電壓下穩定接觸角

V	模擬接觸角	理論接觸角
100	89.621°	89.851°
500	86.312°	86.277°
700	83.833°	82.689°
1000	76.449°	74.948°



不同大小電極板比較

模擬和理論值比較($\cos-V^2$)



結論

1. 防水噴霧各處差異性太大，不適合做為疏水層；相較之下，鐵氟龍的效果良好。
2. 保鮮膜、膠帶厚度已可使操作電壓保持在300~400V以內，但難以再降低厚度，未來發展性較為不佳。
3. 雖然目前石蠟所需電壓較高，但厚度可持續降低，未來有望成為介電潤濕的新材料。



結論

4. 由於液滴形狀為球狀，其電容值與厚度的關係與平行電容板並不相同，且前者變化程度較小。
5. 液滴接觸角愈大，電極板超出水滴範圍愈多，電極板的邊際效應則愈明顯，導致電容值較小，平衡狀態接觸角較理論預測大。



Εύρηκα

感謝

- **李敏鴻** 教授, 國立臺灣師範大學光電工程研究所
- **賴奕帆** 老師
- 特教組的老師
- 所有任課老師
- 兩班導師
 - **姚志鴻** 老師
 - **高君陶** 老師
- 225, 226所有同學

