

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 化學科

探究精神獎

050202

探討奈米銀在不同基板上的表現

學校名稱： 國立彰化高級中學

作者：  高二 申庭懿	指導老師：  林怡慶
-------------------	------------------

關鍵詞： 奈米銀、表面增強拉曼光譜、藥物檢測

## 摘要

表面增強拉曼散射（SERS）在許多領域中被廣泛應用，可提供快速、準確且非破壞性的方法獲取物質的分子結構和化學組成。本研究主要目的為探討不同粒徑奈米銀所製造出的不同結構基板（PET）對於檢測的靈敏度，藉以選擇合適粒徑與基板，作為應用在不同藥物檢測的基準。

將硝酸銀（ $\text{AgNO}_3$ ）加入水中後解離出銀離子和硝酸根離子，加入還原劑檸檬酸鈉，能使被解離的銀離子還原成金屬銀。而根據還原劑的強弱、多寡，以及配製溫度等，都會影響奈米銀粒徑大小。

## 壹、前言

### 一、研究動機

高中化學課學到原子放光光譜，不同波長的光，會形成不一樣的譜線，但無法從光譜知道光的強度。我想知道基板鍍上銀顆粒之後，紫外光在基板上表現的強度如何，並分析銀顆粒在什麼形狀的基板，紫外光表現出的強度較好。

目前檢測藥品利用氣相層析法（GC），必須把樣品氣化，有一定限制。製造出不同結構基板，並將奈米銀滴於基板上，利用拉曼光譜儀方可測得各自的拉曼光譜。透過表面增強效應（SERS）的原理，此方法在檢測方面可大幅減少時間成本與經濟成本。因此本研究的方針，將以探討奈米銀粒徑大小與不同基板結構，所表現出的拉曼訊號強度，並找出表現最好的組別，日後加以應用。

## 二、文獻探討

### (一) 奈米銀應用

奈米銀主要應用於抗菌和醫療，帶正電的銀離子很容易被還原，與氧反應可生成氧自由基 ( $O^-$  及  $O^{2-}$ )，具有淨菌效果。而這種特殊的殺菌機制，與傳統抗生素相比，沒有抗藥性的問題，對細胞的刺激性及毒性都較低，抗菌時效也較久，因此在現今被廣泛運用。

奈米銀粒子 (AgNPs) 比奈米金粒子 (AuNPs) 有更佳的拉曼散射效應強度。使用化學還原法合成的奈米銀粒子，不同還原劑比例與反應時間會影響其粒徑大小，因為尺度小，必須使用紫外光—可見光光譜儀 (UV—Vis) 測出準確粒徑。

### (二) 熱點效應 (Hot Spot)

兩個奈米銀顆粒間距接近時，奈米銀顆粒會受到入射光電場影響，產生局部電場增強，此區域稱為熱點，顆粒距離增加會使熱點效應強度下降。本研究比較兩種銀顆粒粒徑，銀顆粒愈大，顆粒之間間隙愈小，熱點愈強，能使 SERS 表現較強，代表此基板有較好的藥品檢測能力。

## 貳、研究目的

### 一、奈米銀 (AgNPs) 原液 40 nm AgNPs 和 70 nm AgNPs 粒徑的拉曼訊號強度

(一) 半球基板

(二) 井字基板

(三) 綜合比較

### 二、70nm 奈米銀 (AgNPs) 與二次蒸餾水 (DDWater) 不同比例時在半球基板的拉曼訊號強度 (選用第一個實驗中表現最優組別)

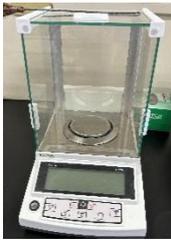
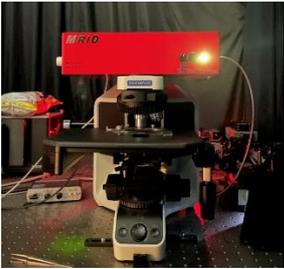
## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備與器材

(一) 研究材料：硝酸銀、PET 試片、Rhodamine 6G ( $10^{-6}$  M)

(二) 實驗藥劑：DDWater、檸檬酸鈉

(三) 實驗器材：(照片皆自行拍攝)

		
離心機	加熱攪拌器	UV-Vis 光譜儀
		
電子精密秤	拉曼光譜儀	掃描式電子顯微鏡 (SEM)

### 二、研究設備原理

#### (一) 拉曼光譜儀

表面增強拉曼散射 Surface-enhanced Raman Spectroscopy (SERS) 是強大的分析方式，具有極高的分析靈敏度和分子的識別能力，可在低濃度之樣品中檢測到微量分子。當分子吸附在具有特定表面結構的金屬表面上時，雷射光在金屬表面上產生強烈的電場增強效應，使拉曼散射訊號大幅增強，以檢測到平常很難觀察到的拉曼散射訊號。

如圖 1 所示，與原激發光頻率相同的譜線，稱為瑞利光譜線 (Rayleigh line)，而與原激發光頻率不同的譜線，稱拉曼光譜線 (Raman line)。在 Raman 譜線中，Stokes 光譜線

為頻率小於入射光頻率的光譜線，反之，Anti-Stokes 光譜線為頻率大於入射光頻率的光譜線。圖 2 中，紅線表示偵測到 SERS 訊號，可看出明顯特徵峰；而綠線則表示檢測不到訊號。

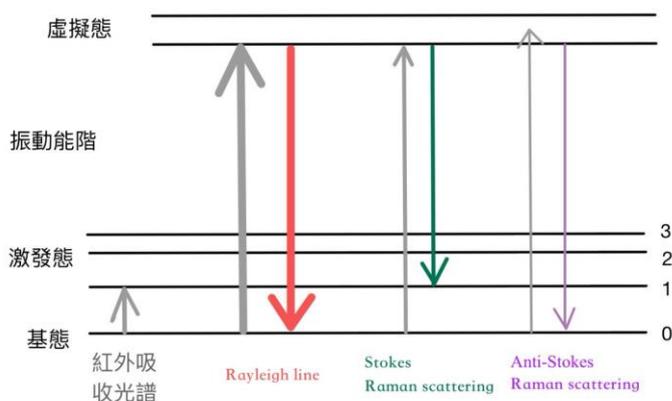


圖 1 拉曼光譜

自行繪製，參考新國科技：分子振動能階圖

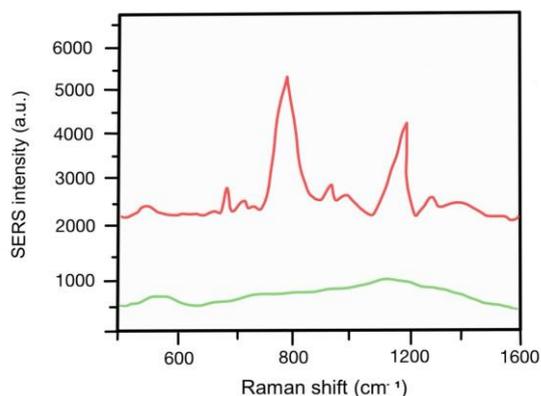


圖 2 拉曼訊號有無示意圖

自行繪製

## (二)紫外光—可見光光譜儀 (UV-Vis)

以紫外光~可見光區域電磁波連續光譜作為光源，照射樣品後，研究物質分子對光吸收的相對強度的方法。物質中的分子吸收入射的光能量，電子躍遷產生具有特徵的光譜，可用於確定化合物的結構和性質。

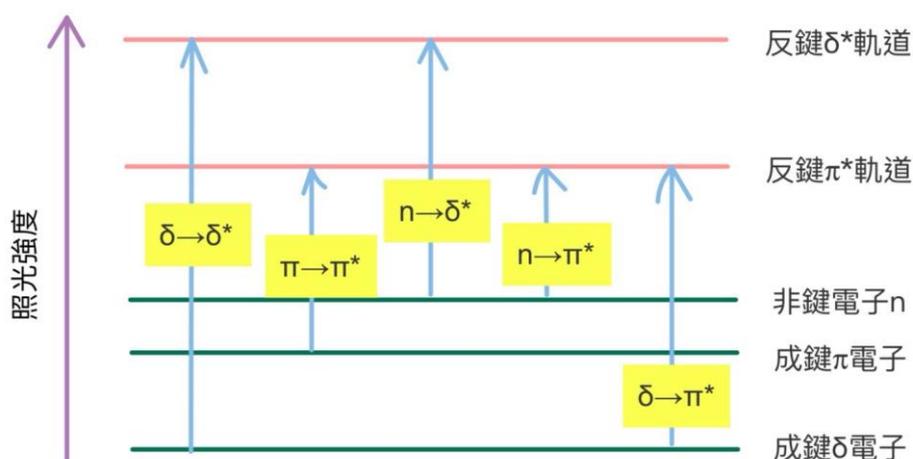


圖 3 紫外光—可見光光譜

自行繪製，參考新國科技：有機化合物中電子躍遷類型

### (三)濺鍍機

濺鍍利用電漿對靶材料進行離子轟擊，而將靶材料表面的原子撞擊出來，這些原子以氣體分子型式發射，到達欲沉積的基板上，經過附著、吸附、表面遷徙、成核等過程之後，於基板上成長形成薄膜。

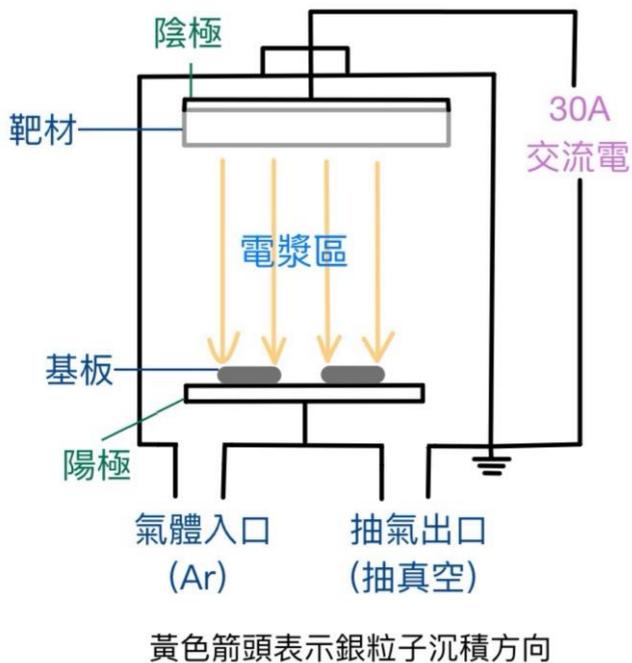


圖 4 濺鍍原理

自行繪製，參考臺灣師範大學，楊啟榮博士所繪之基本濺鍍原理圖

### (四)掃描式電子顯微鏡(SEM)

特定電子束掃描過樣品表面時，電子與表面碰撞會產生二次電子和背散電子，而成像原理就是經非彈性碰撞後，低能量的二次電子被偵測器檢測數量而產生樣品表面的圖像，而電子束斑點極小，故掃描電子顯微鏡可達奈米範圍。

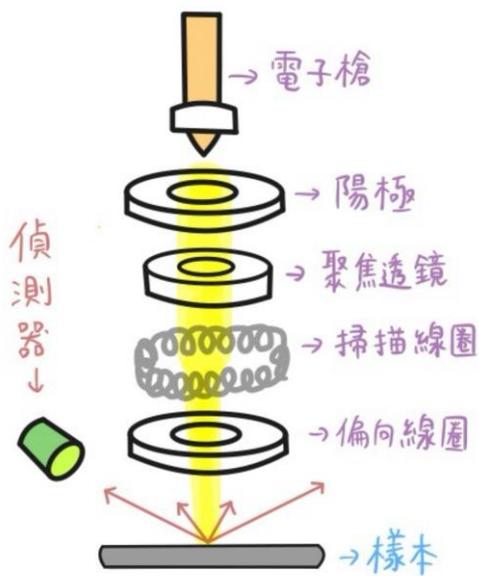
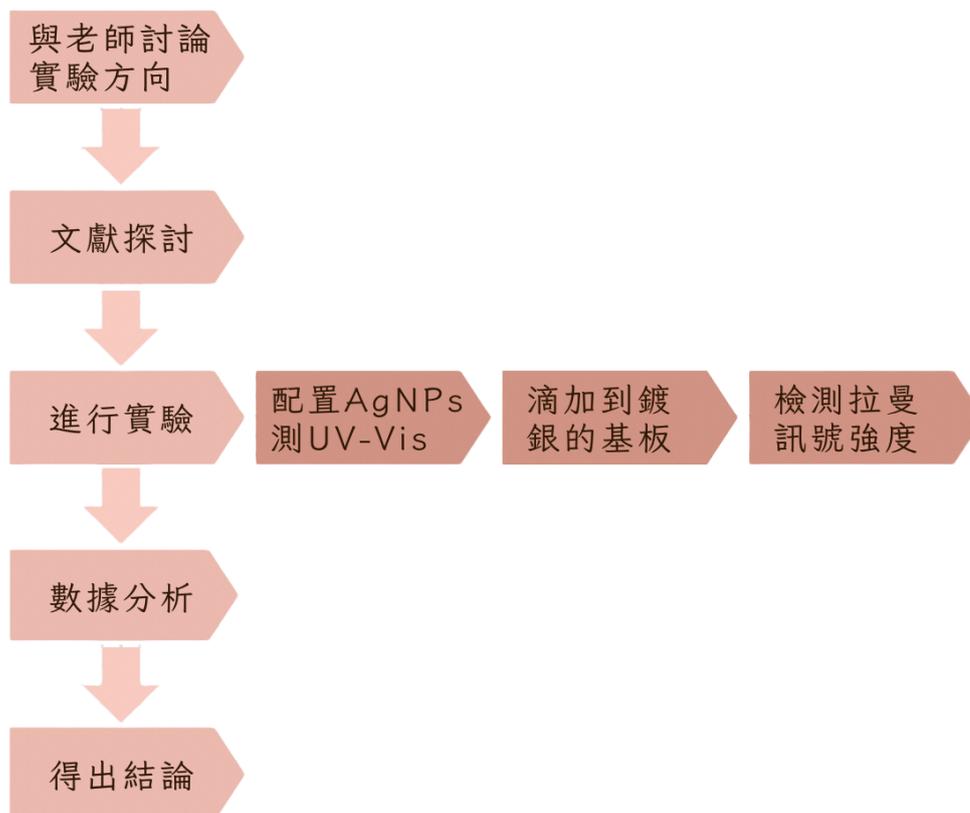


圖 5 SEM 原理

自行繪製，參考剋傑科技：典型 SEM 配件示意圖

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究方法



## 二、文獻回顧

### (一) Rhodamine 6G (R6G)

對於任何光致發光物質(photoluminescent species)，其發光的量子產率 ( $\Phi_f$ ) 是其最基本的特性。染料在激發波長處的摩爾十度吸收係數  $\epsilon$  與  $\Phi_f$  的乘積，是常用的光譜測量方法，用於比較功能性螢光基團。因此， $\Phi_f$  的測量值為表徵任何光致發光物質的關鍵步驟。

作為建立 UV/vis/NIR 量子產率標準的第一步，我們確定了 R6G 的  $\Phi_f$  值是表徵最好的螢光基團之一，具有與激發波長無關的量子產率和新的積分球設定。並且發現奈米銀對濃度  $10^{-6} M$  的 R6G 有最好的表現，因此本實驗選用其作為檢測拉曼強度的藥劑。

### (二) 表面電漿效應

金屬粒子置於非定域價電子的奈米級電子海中，當金屬內非定域電子受到光的電磁場擾動引發瞬間極化，使得電子分布不均，會造成密度差異。

低電子密度區域正電荷較電子多，會因庫侖引力吸引電子，當這個區域聚集過多的電子時，又會導致電子相互排斥，使得電子再度遠離，造成密度降低。這樣所產生的局部電子密度變化會形成整體的縱向集體振盪。

金屬吸收特定波長與入射角的激發光時，這些非定域電子以特定頻率在表面振盪，因波的建設性疊加，在奈米金屬粒子表面產生同調性振盪，這種表現即「表面電漿共振」。因金屬性質及尺度的差異，會有不同的吸收頻率與散射，進而改變共振頻率而產生不同的顏色，本實驗中奈米銀粒子會吸收 400 nm 左右而呈現銀黃色。

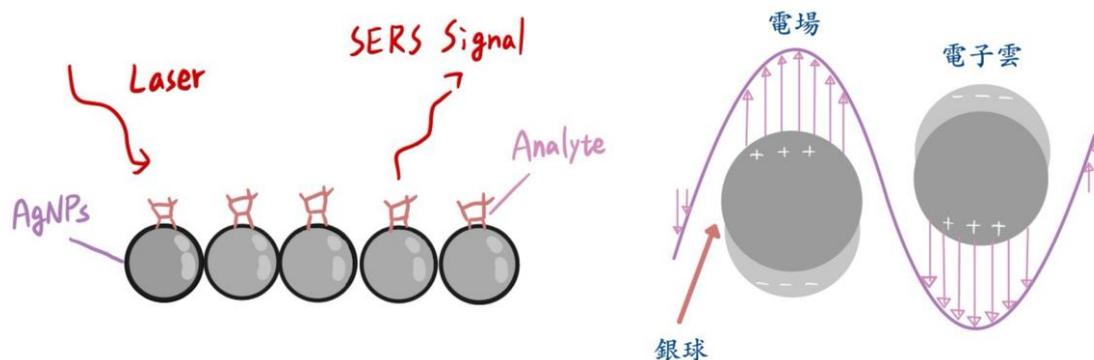


圖 6 表面增強拉曼光譜原理

自行繪製，參考未來科技館：

表面增強拉曼光譜

圖 7 表面電漿共振效應

自行繪製，參考張家瑜、賴英煌：

表面電漿現象及其應用

### 三、研究過程

#### (一)合成奈米銀流程

##### 40nm 奈米銀

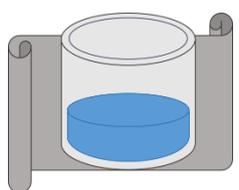
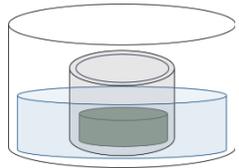
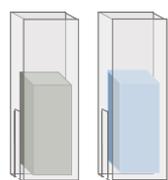
1. 量筒取 88mL 的 DDWater 倒入燒杯
2. 取  $\text{AgNO}_3$  原液，並配置  $\text{AgNO}_3 : \text{DDWater} = 1 : 1$  樣品
  - (1) 取  $\text{AgNO}_3$  1500  $\mu\text{L}$
  - (2) 加上 DDWater 1500  $\mu\text{L}$
3. (1) 關燈 ( $\text{AgNO}_3$  遇光分解)
  - (2) 用微量吸量管取 1 : 1  $\text{AgNO}_3$  1500  $\mu\text{L}$
  - (3) 取檸檬酸鈉 0.7 克與 9.9mL 水混合於 10mL 離心管
4. 用保鮮膜封住杯口 (防止熱源散失)
5. 鋁箔紙包住整個燒杯 ( $\text{AgNO}_3$  遇光分解)
6. 加熱攪拌器轉到 150 °C、400 轉
7. 加熱至 60°C 後加入 9.8mL 配置後的檸檬酸鈉溶液
8. 煮沸到 100°C 後關掉溫度
9. 計時 3 分鐘讓磁石繼續攪拌
10. (1) 等待溶液降溫
  - (2) 取 1mL 裝入比色管
  - (3) 利用光譜儀測得其吸收波長
  - (4) 參考文獻將波長對應 AgNPs 粒徑大小

## 70nm 奈米銀

1. 量筒取 88mL 的 DDWater 倒入燒杯
2. 配置 1 : 1  $\text{AgNO}_3$ 
  - (1) 取  $\text{AgNO}_3$  1500  $\mu\text{L}$
  - (2) 加上二次水 1500  $\mu\text{L}$
3.
  - (1) 關燈 ( $\text{AgNO}_3$  遇光分解)
  - (2) 用微量吸量管取 1 : 1  $\text{AgNO}_3$  1500  $\mu\text{L}$
  - (3) 取檸檬酸鈉 0.1 克與 9.9mL 水混合於 10mL 離心管
4. 用保鮮膜封住杯口 (防止熱源散失)
5. 鋁箔紙包住整個燒杯 ( $\text{AgNO}_3$  遇光分解)
6. 加熱板轉到 150  $^{\circ}\text{C}$ 、400 轉
7. 加熱至 60 $^{\circ}\text{C}$ 後加入 9.8mL 配置後的檸檬酸鈉溶液
8. 煮沸到 100 $^{\circ}\text{C}$  後關掉溫度
9. 計時 20 分鐘讓磁石繼續攪拌
10.
  - (1) 等待溶液降溫
  - (2) 取 1mL 裝入比色管
  - (3) 利用光譜儀測得其吸收波長
  - (4) 參考文獻將波長對應 AgNPs 粒徑大小

流程圖一 - 合成奈米銀



			
步驟 3-1	步驟 3-2	步驟 3-3	步驟 4
			
步驟 5	步驟 6	步驟 7	步驟 8、9
			
步驟 10-1	步驟 10-2	步驟 10-3	步驟 10-4

## (二)離心

1. 將超濾離心管內用於保濕的水倒出
2. 以 DDWater 小心清洗管內避免濾膜破裂
3. 將煮過後的奈米銀以微量吸量管裝入超濾離心管
4. 調整離心機至 3000 rpm、25°C、五分鐘
5. 將濾出奈米銀稀釋後再離心
6. 重複 3—4 次，直到整杯奈米銀皆離心完畢

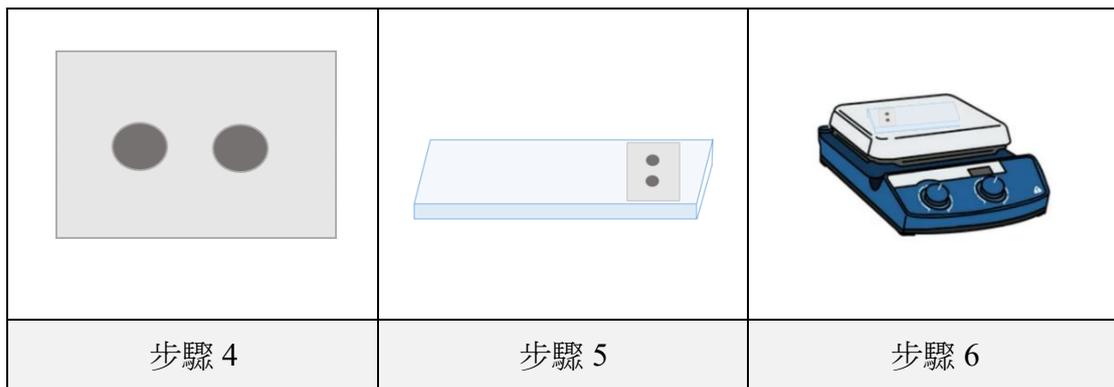
流程圖二 - 離心



(三)製作基板

1. 安裝將要濺鍍的靶材
2. 將欲鍍物 (TPL) 放在平台上
3. 抽真空，濺鍍參數 120 秒，30 安培
4. 將 parafilm 裁成合適大小後利用打孔器於上方打洞
5. 把裁好 parafilm 放到鍍銀後的載玻片上
6. 放到加熱攪拌機上加熱至 55°C 使 parafilm 與載玻片貼合

流程圖三 - 製作基板



流程圖所用之圖片皆免費網路素材或自行繪製

(四)檢測

1. 將離心後的 AgNPs 溶液以 10 $\mu$ L 的微量吸量管滴液珠至基板上
2. 放置於室溫陰影下，以鋁箔紙避光，等待乾燥

3. 於已乾燥處用移液器滴 2 滴至 R6G
4. 拉曼光譜儀對焦
5. 用矽晶圓校正(因其單一訊號特性，且校正後可避免之後實驗誤差)

## 伍、研究結果

### 一、UV-Vis

粒徑	40nm AgNPs	70nm AgNPs
高峰波長	416 nm	446 nm
實際粒徑大小	約 45 nm	約 72 nm

表 1 UV-Vis 波長與粒徑對照

本實驗合成出的 40nm AgNPs，經 UV-Vis 檢測，在 416 nm 可看到明顯的吸收峰，奈米銀實際粒徑約為 45 nm；70nm AgNPs 經 UV-Vis 檢測後，在 446 nm 可看到明顯的吸收峰，奈米銀實際粒徑約為 72 nm。

### 二、銀原液

#### (一) 半球基板

##### 1. SEM 圖

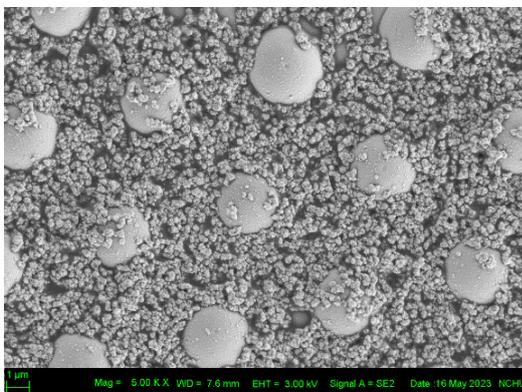


圖 8 40nm AgNPs 結構  
自行拍攝

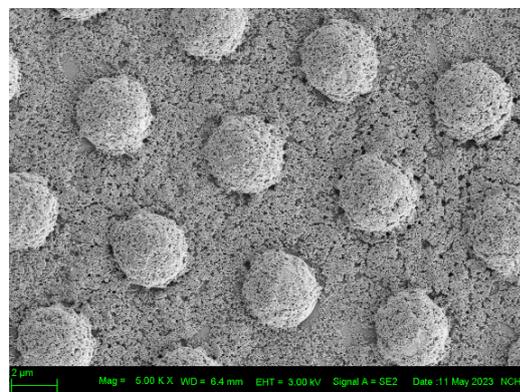


圖 9 70nm AgNPs 結構  
自行拍攝

## 2. R6G 濃度檢測結果

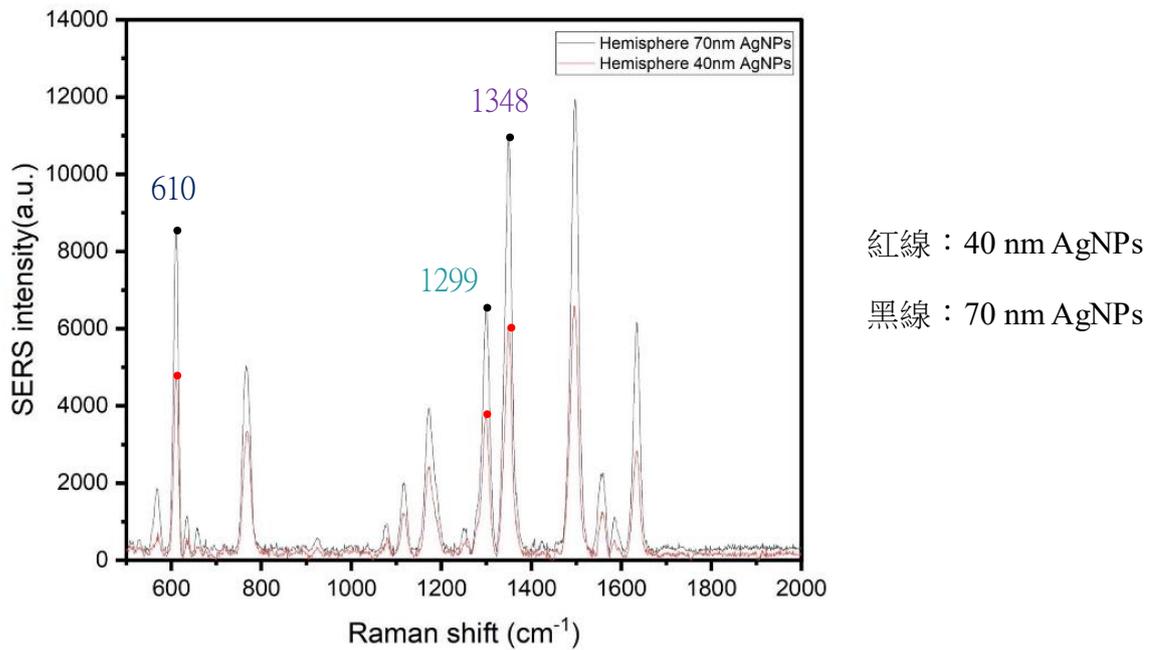


圖 10 半球基板拉曼訊號強度

自行繪製，使用 Origin8

高峯值／強度	610 cm <sup>-1</sup>	1299 cm <sup>-1</sup>	1348 cm <sup>-1</sup>
40 nm	4945.8542	3701.2234	5924.0612
70 nm	8433.7890	6433.9844	10900.2338

表 2 半球基板拉曼訊號強度

3. 在半球基板上，比較兩種不同粒徑之奈米銀，滴 10<sup>-6</sup>M R6G 並經拉曼光譜儀測定後，其訊號強弱可發現在高峯值處，70 nm 奈米銀所製之半球基板在測量時所得訊號較強。

## (二) 井字基板

### 1. SEM 圖

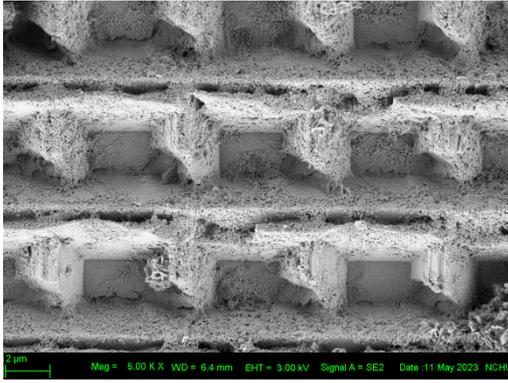


圖 11 40 nm AgNPs 結構

自行拍攝

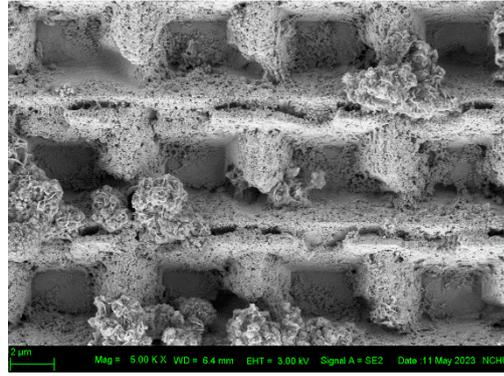
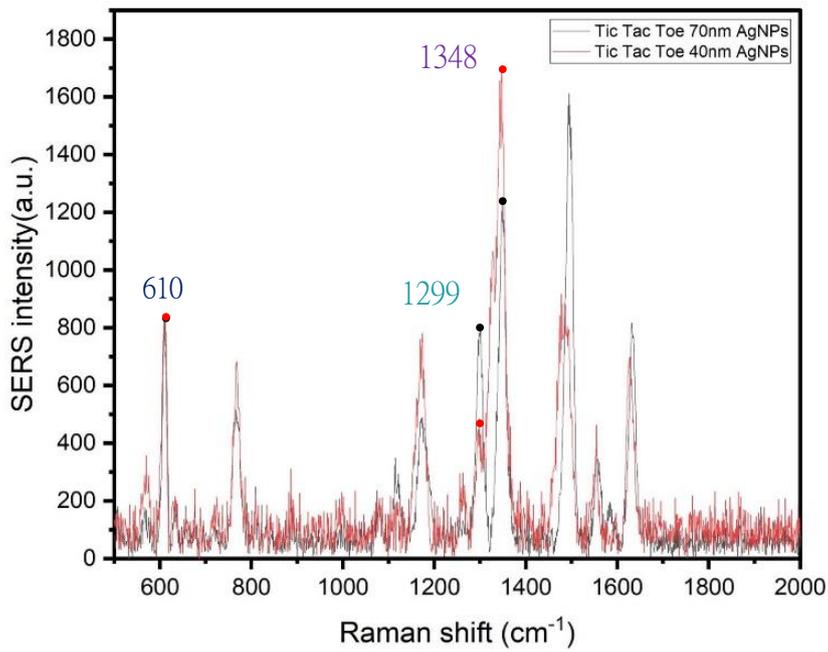


圖 12 70 nm AgNPs 結構

自行拍攝

## 2. R6G 濃度檢測結果



紅線：40 nm AgNPs

黑線：70 nm AgNPs

圖 13 井字基板拉曼訊號強度

自行繪製，使用 Origin8

高峯值／強度	610 cm <sup>-1</sup>	1299 cm <sup>-1</sup>	1348 cm <sup>-1</sup>
40 nm	818.0903	389.3240	1688.5412
70 nm	784.9456	762.0985	1225.0893

表 3 井字基板拉曼訊號強度

3. 在井字基板上，比較兩種不同粒徑之奈米銀，滴 10<sup>-6</sup>M R6G 並經拉曼光譜儀測定後，發現檢測時雜訊多，兩者於 610 cm<sup>-1</sup> 高峯值強度相當，於 1299 cm<sup>-1</sup> 高峯值時 70 nm AgNPs 強度較高，而於 1348 cm<sup>-1</sup> 時 40 nm AgNPs 強度較高，故兩者強度無法比較。

### (三) 綜合比較

#### 1. R6G 濃度檢測結果

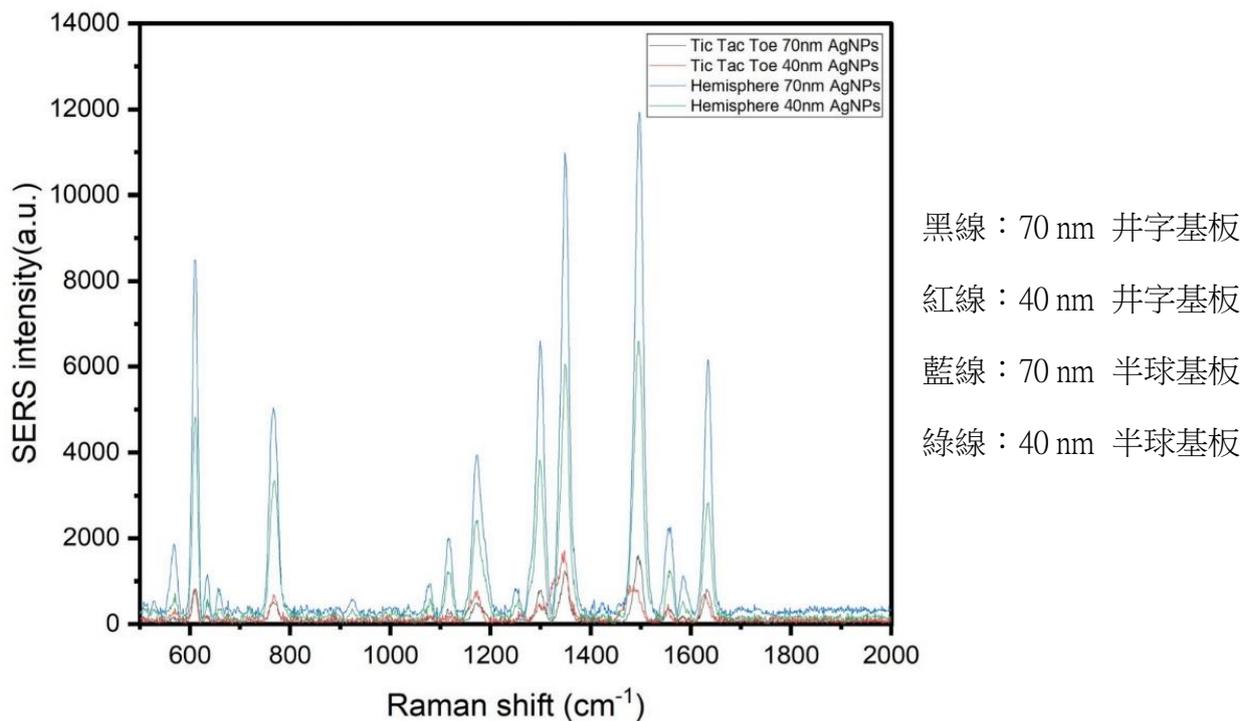


圖 14 拉曼訊號強度綜合比較

自行繪製，使用 Origin8

2. 由圖 14 可知，半球基板不論在 40 nm 或 70 nm 表現皆優於井字基板，其中 70 nm 的表現較 40 nm 好；而井字基板上兩種粒徑的表現難以比較優劣。

3. 由綜合比較，得知粒徑 70 nm AgNPs 在半球基板上的表現較佳，因此第二個實驗選用其進行。

### 三、70nm 奈米銀與 DDWater 不同比例時在半球基板的拉曼訊號強度

#### (一)R6G 濃度檢測結果

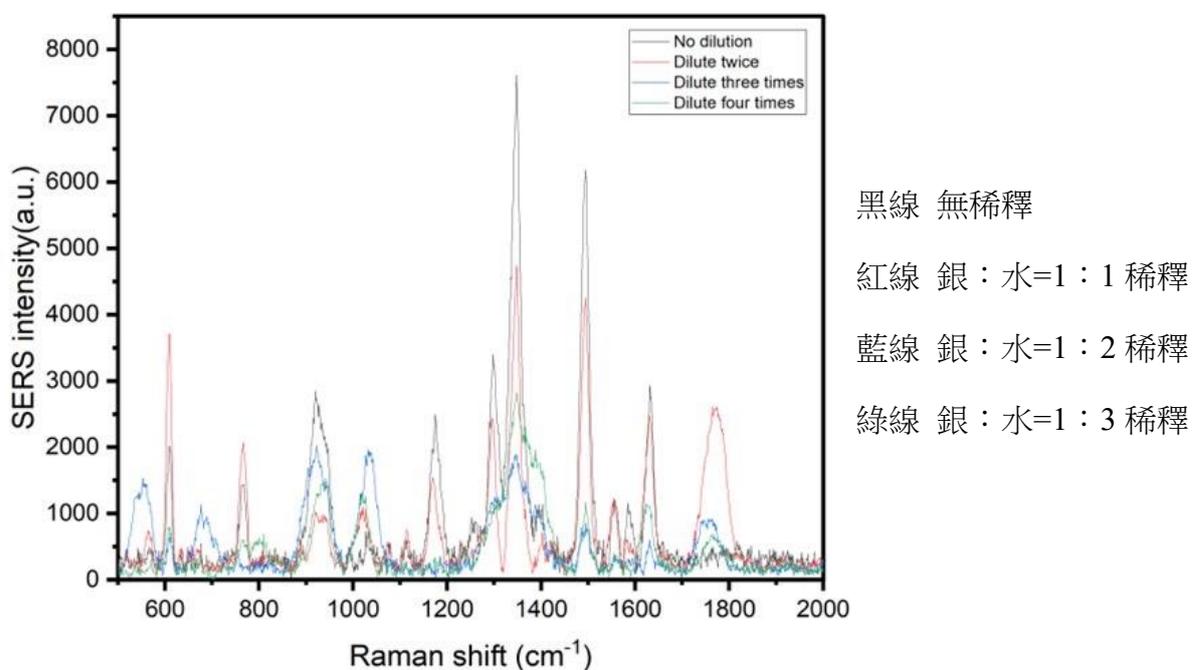


圖 15 不同倍率稀釋拉曼訊號強度

自行繪製，使用 Origin8

由圖 15 得知，無稀釋組別（黑線）表現明顯優於其他，而對半稀釋（紅線）也有不錯的表現，因此未來進行藥物檢測時，會選用此二組別。

## 陸、 討論

一、兩種粒徑奈米銀皆在半球基板偵測到較強訊號，可得知奈米銀顆粒與半球基板的結構結構匹配度高，表現強度最強。基於日前研究文獻，得知平面（無結構）基板所測得訊號較此二者低，推論井字基板結構與平面較類似，故與銀顆粒結合度較半球基板差。

二、綜合比較後得知，粒徑 70 nm 的奈米銀，滴在半球基板上，能檢測到最強訊號，表現強度最強。因為所用濃度相同，可推論 70 nm 的奈米銀覆蓋更多表面，卻又不致於過厚導致光強度減弱。相對於 40 nm 的奈米銀，70 nm 的奈米銀所表現強度更強，但拉曼訊號強度是否隨粒徑大小增加仍有待討論。

三、選用粒徑 70 nm 的奈米銀，滴在半球基板上，不稀釋所能檢測到的訊號最強，而對半稀釋組別也有不錯的表現。若奈米銀覆蓋過厚，稀釋可使拉曼訊號強度增強，由此實驗來看，滴加 10 $\mu$ L 之銀原液並不會導致銀顆粒太厚，因此不稀釋所檢測的拉曼訊號最強。

## 柒、 結論與未來展望

一、應用在生醫材料上，選用粒徑 70 nm 的奈米銀，不稀釋並滴在半球基板上，能有最好的效果。

二、SERS 具有高靈敏度和分辨率，能夠檢測到低濃度分子並提供詳細的樣品資訊，能在分子檢測中廣泛應用。先測定已知藥品的拉曼散射圖，確定該藥品的高峰波長，即可得知待測樣品中是否含有該藥品。

三、不斷發展 SERS 技術，並結合更先進的基板材料，有望實現更高效、更靈敏和更準確的分子檢測方法，可應用於生醫材料或毒品檢測。

## 捌、參考資料及其他

一、新國科技：淺談拉曼光譜儀技術分析原理 2021.12.24

[https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport\\_Detail-39.html](https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport_Detail-39.html)

二、Einburgh Instruments：拉曼訊號有無示意圖

<https://reurl.cc/WGALo7>

三、新國科技：淺談紫外光可見光光譜原理/uv vis 原理 2023.02.20

[https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport\\_Detail-60.html](https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport_Detail-60.html)

四、友威科技股份有限公司：濺鍍機原理

<https://www.uvat.com/technology.html>

五、勅傑科技：什麼是 SEM？淺談掃描式電子顯微鏡技術 2019-11-04

<https://www.kctech.com.tw/what-is-sem/>

六、Christian Würth, Mart ín G. González, Reinhard Niessner, Ulrich Panne, Christoph Haisch ,  
Ute Resch Genger: Determination of the absolute fluorescence quantum yield of rhodamine 6G  
with optical and photoacoustic methods – Providing the basis for fluorescence quantum yield  
standards (15 February 2012)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914011011192>

七、張家瑜、賴英煌：表面電漿現象及其應用 2019/3/15

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=f782b1bc-dc51-4538-abaf-1eae14d928e6>

八、未來科技館：表面增強拉曼光譜 2017

[https://www.futuretech.org.tw/futuretech/index.php?action=product\\_detail&prod\\_no=P0008700001615](https://www.futuretech.org.tw/futuretech/index.php?action=product_detail&prod_no=P0008700001615)

九、三達光學材料有限公司：濺鍍靶材

[https://www.sunda-optical.com.tw/products\\_detail/25.htm](https://www.sunda-optical.com.tw/products_detail/25.htm)

十、國立東華大學，徐子晴，碩士論文－奈米銀陣列的表面增強拉曼散射特性研究:分子濃度與表面電漿共振的影響 2018

<http://etd.lib.ndhu.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi?o=dstdcdr&s=G0610514211.id#XXXX>

十一、優勝奈米科技有限公司：奈米銀的抗菌機制與原理 2021-01-18

<https://www.uwin-nano.com/news.php?id=87>

十二、科技大觀園，嚴鴻仁、徐善慧-奈米科技與生物醫學：奈米金與銀的妙用 97/11/10

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=33511f86-b58b-4e72-ba79-4d8cd8c63b34>

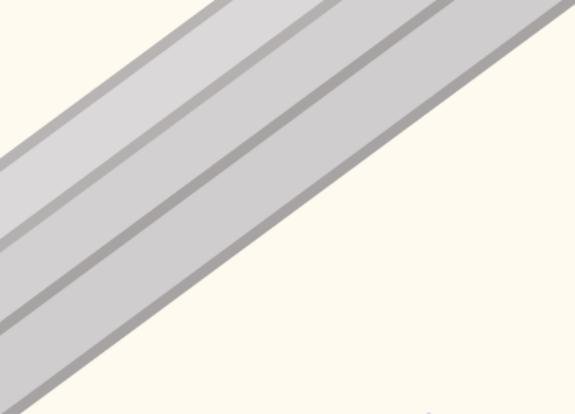
十三、國立臺灣師範大學，楊啟榮博士：濺鍍技術原理

<http://mems.mt.ntnu.edu.tw/document/%E6%BF%BA%E9%8D%8D%E6%8A%80%E8%A1%93.pdf>

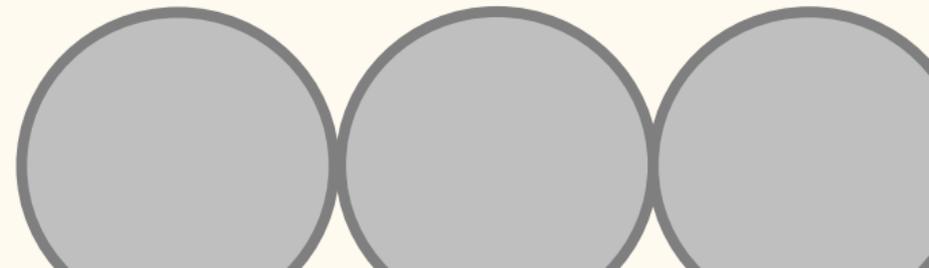
## 【評語】 050202

此一作品探討有邏輯且詳細，結果豐富。以下有幾點建議：1) 在引言介紹和結論中仍未說明為何，半球基板不論在 40 nm 或 70 nm 表現皆優於井字基板。此一部分應多做說明。2) 在數據呈現上，除了放入圖片以外，應要加以說明，解釋數據為什麼符合、或是不符合預期。3) 作者做了很多實驗，在執行上也執行不錯，但是，似乎對於『為何要進行這樣的實驗』以及『為何這這實驗可以給我們答案』不是很清楚。這部分未來可以再加強。

## 作品簡報



# 探討奈米銀在不同基板上的表現



## 摘要

表面增強拉曼散射 (SERS) 在許多領域中被廣泛應用，可提供快速、準確且非破壞性的方法獲取物質的分子結構和化學組成。本研究主要目的為探討不同粒徑奈米銀所製造出的不同結構基板 (PET) 對於檢測的靈敏度，藉以選擇合適粒徑與基板，作為應用在不同藥物檢測的基準。

將硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ ) 加入水中後解離出銀離子和硝酸根離子，加入還原劑檸檬酸鈉，能使被解離的銀離子還原成金屬銀。而根據還原劑的強弱、多寡，以及配製溫度等，都會影響奈米銀粒徑大小。

## 壹、前言

### 研究動機

高中化學課學到原子放光光譜，不同波長的光，會形成不一樣的譜線，但無法從光譜知道光的強度。我想知道基板鍍上銀顆粒之後，紫外光在基板上表現的強度如何，並分析銀顆粒在什麼形狀的基板，紫外光表現出的強度較好。

目前檢測藥品利用氣相層析法 (GC)，必須把樣品氣化，有一定限制。製造出不同結構基板，並將奈米銀滴於基板上，利用拉曼光譜儀可測得各自的拉曼光譜。透過表面增強效應 (SERS) 的原理，在檢測方面可大幅減少時間成本與經濟成本。因此本研究的方向，將以探討奈米銀粒徑大小與不同基板結構，所表現出的拉曼訊號強度，並找出表現最好的組別，日後加以應用。

### 文獻探討

熱點效應 (Hot Spot) :

兩個奈米銀顆粒間距接近時，奈米銀顆粒會受到入射光電場影響，產生局部電場增強，此區域稱為熱點，顆粒距離增加會使熱點效應強度下降。本研究比較兩種銀顆粒粒徑，銀顆粒愈大，顆粒之間間隙愈小，熱點愈強，能使 SERS 表現較強，代表此基板有較好的藥品檢測能力。

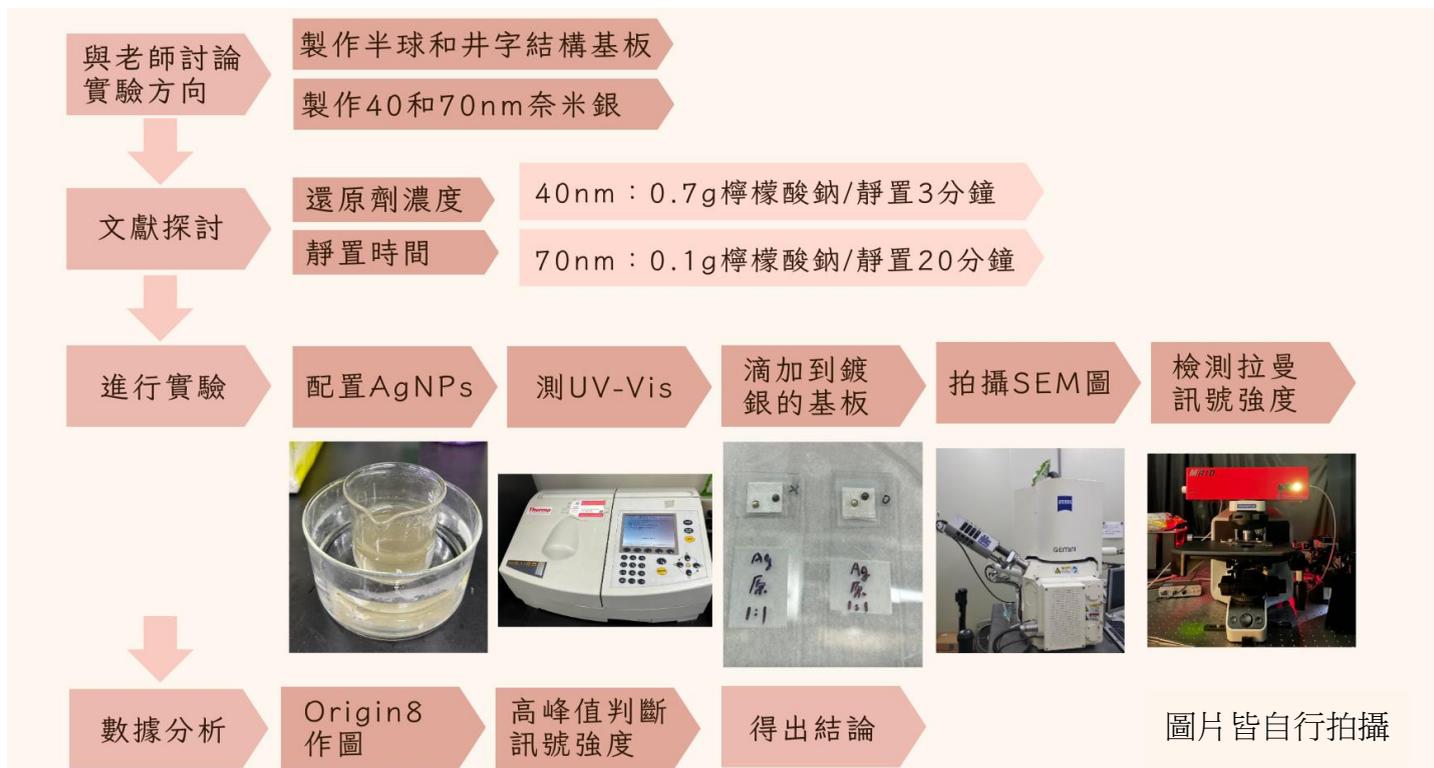
## 貳、研究目的

- 一、奈米銀 (AgNPs) 原液 40 nm AgNPs 和 70 nm AgNPs 粒徑的拉曼訊號強度  
(一) 半球基板 (二) 井字基板 (三) 綜合比較
- 二、70nm 奈米銀 (AgNPs) 與二次蒸餾水 (DDWater) 不同比例時在半球基板的拉曼訊號強度 (選用第一個實驗中表現最優組別)

## 參、研究設備及器材

- 一、研究材料：硝酸銀、PET 試片、Rhodamine 6G ( $10^{-6}$  M)
- 二、實驗藥劑：二次水 (DDWater)、檸檬酸鈉
- 三、實驗器材：離心機、加熱攪拌器、UV-Vis 光譜儀、電子精密秤、拉曼光譜儀、掃描式電子顯微鏡

## 肆、研究過程或方法



## 伍、研究結果

### 一、UV-Vis

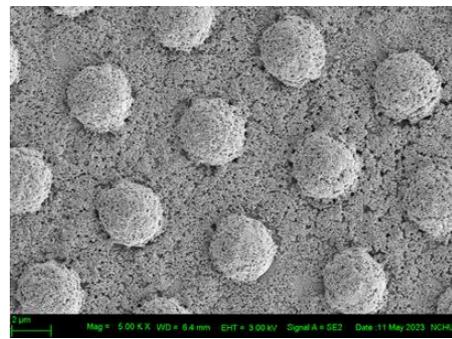
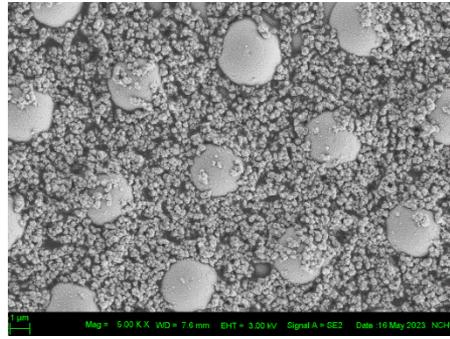
粒徑	40nm AgNPs	70nm AgNPs
高峰波長	416 nm	446 nm
實際粒徑大小	約 45 nm	約 72 nm

表(一) UV-Vis 波長與粒徑對照

### 二、銀原液

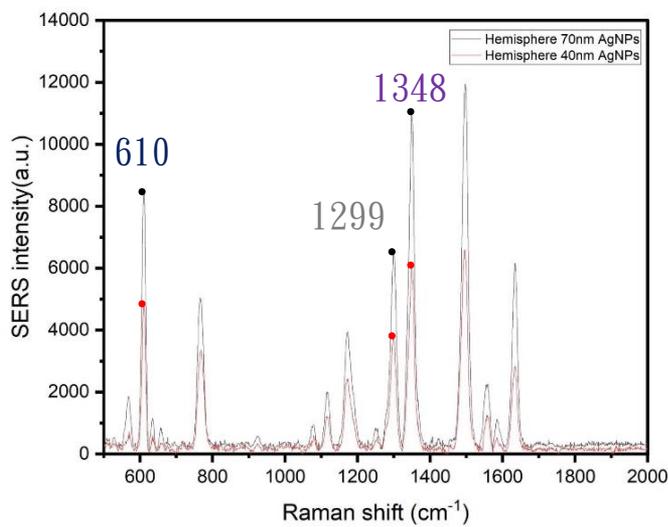
#### (一)半球基板

##### 1. SEM 圖



圖(一) 40nm AgNPs 結構 (自行拍攝) 圖(二) 70nm AgNPs 結構 (自行拍攝)

##### 2. R6G 濃度檢測結果



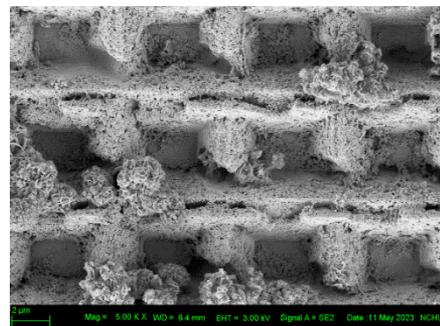
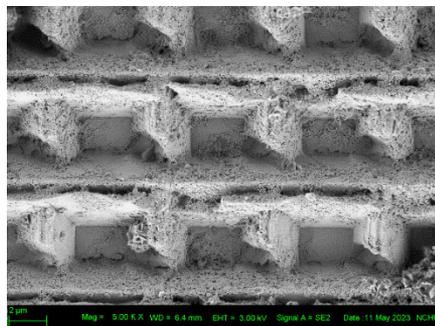
黑線：70 nm AgNPs  
紅線：40 nm AgNPs

在半球基板上，比較兩種不同粒徑之奈米銀，滴  $10^{-6}M$  R6G 並經拉曼光譜儀測定後，其訊號強弱可發現在高蜂值處，70 nm 奈米銀所製之半球基板在測量時所得訊號較強。

圖(三) 半球基板拉曼訊號強度 (自行繪製)

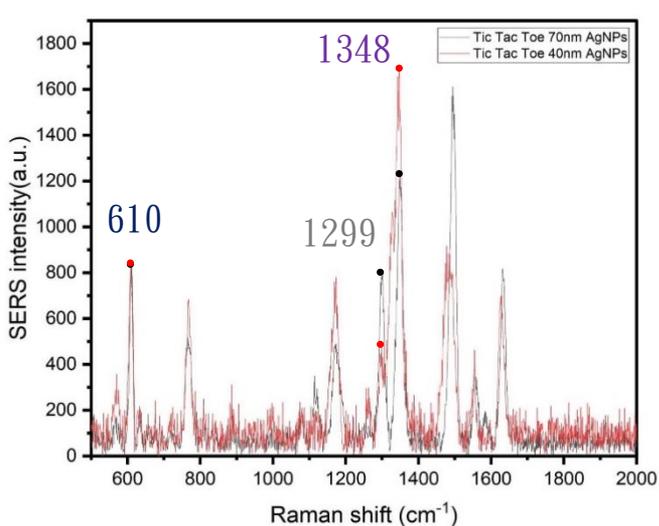
#### (二)井字基板

##### 1. SEM 圖



圖(四) 40nm AgNPs 結構 (自行拍攝) 圖(五) 70nm AgNPs 結構 (自行拍攝)

##### 2. R6G 濃度檢測結果



黑線：70 nm AgNPs  
紅線：40 nm AgNPs

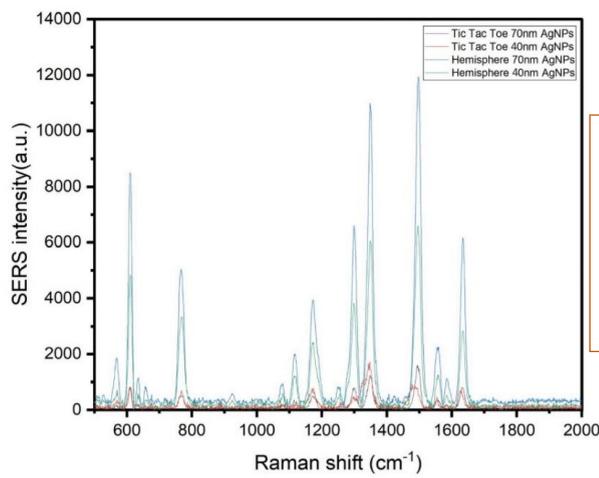
在井字基板上，比較兩種不同粒徑之奈米銀，滴  $10^{-6}M$  R6G 並經拉曼光譜儀測定後，發現檢測時雜訊多，兩者於  $610\text{ cm}^{-1}$  高蜂值強度相當，於  $1299\text{ cm}^{-1}$  高蜂值時 70 nm AgNPs 強度較高，而於  $1348\text{ cm}^{-1}$  時 40 nm AgNPs 強度較高，故兩者強度無法比較。

圖(六) 井字基板拉曼訊號強度 (自行繪製)

### (三)綜合比較

#### 1. R6G 濃度檢測結果

圖(七) 拉曼訊號強度綜合比較  
(自行繪製)

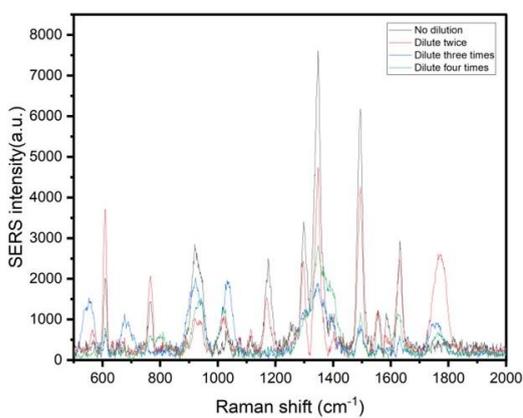


藍線：70 nm 半球基板  
綠線：40 nm 半球基板  
黑線：70 nm 井字基板  
紅線：40 nm 井字基板

- 綜合以上實驗可知，半球基板不論在 40 nm 或 70 nm 表現皆優於井字基板，其中 70 nm 的表現較 40 nm 好；而井字基板上兩種粒徑的表現難以比較優劣。
- 由綜合比較，得知粒徑 70 nm AgNPs 在半球基板上的表現較佳，因此第二個實驗選用其進行。

### 三、70nm 奈米銀與 DDWater 不同比例時在半球基板的拉曼訊號強度

#### (一)R6G 濃度檢測結果



黑線 無稀釋  
紅線 銀：水=1：1 稀釋  
藍線 銀：水=1：2 稀釋  
綠線 銀：水=1：3 稀釋

由圖(八)得知，無稀釋組別（黑線）表現明顯優於其他，而對半稀釋（紅線）也有不錯的表現，因此未來進行藥物檢測時，會選用此二組別。

圖(八) 不同倍率稀釋拉曼訊號強度(自行繪製)

### 陸、討論

- 兩種粒徑奈米銀皆在半球基板偵測到較強訊號，可得知奈米銀顆粒與半球基板的結構結構匹配度高，表現強度最強。基於日前研究文獻，得知平面（無結構）基板所測得訊號較此二者低，推論井字基板結構與平面較類似，故與銀顆粒結合度較半球基板差。
- 綜合比較後得知，粒徑 70 nm 的奈米銀，滴在半球基板上，能檢測到最強訊號，表現強度最強。因為所用濃度相同，可推論 70 nm 的奈米銀覆蓋更多表面，卻又不致於過厚導致光強度減弱。相對於 40 nm 的奈米銀，70 nm 的奈米銀所表現強度更強，但拉曼訊號強度是否隨粒徑大小增加仍有待討論。
- 選用粒徑 70 nm 的奈米銀，滴在半球基板上，不稀釋所能檢測到的訊號最強，而對半稀釋組別也有不錯的表現。若奈米銀覆蓋過厚，稀釋可使拉曼訊號強度增強，由此實驗來看，滴加 10 $\mu$ L 之銀原液並不會導致銀顆粒太厚，因此不稀釋所檢測的拉曼訊號最強。

### 柒、結論與未來展望

- 應用在生醫材料上，選用粒徑 70 nm 的奈米銀，不稀釋並滴在半球基板上，能有最好的效果。
- SERS 具有高靈敏度和分辨率，能夠檢測到低濃度分子並提供詳細的樣品資訊，能在分子檢測中廣泛應用。先測定已知藥品的拉曼散射圖，確定該藥品的高峰波長，即可得知待測樣品中是否含有該藥品。
- 不斷發展 SERS 技術，並結合更先進的基板材料，有望實現更高效、更靈敏和更準確的分子檢測方法，可應用於生醫材料或毒品檢測。

### 捌、參考資料及其他

- 新國科技：淺談拉曼光譜儀技術分析原理 2021.12.24  
[https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport\\_Detail-39.html](https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport_Detail-39.html)
- Einburgh Instruments：拉曼訊號有無示意圖  
<https://reurl.cc/WGALo7>
- 新國科技：淺談紫外光可見光光譜原理/uv vis 原理 2023.02.20  
[https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport\\_Detail-60.html](https://www.scincotaiwan.tw/zh-cht/TechnicalSupport_Detail-60.html)

其他詳列於作品說明書