

# TMDC於銀光柵結構上之表面增強拉曼散射研究

發表者：郭凡瑄

系級：教育學院學士班23級

學號：108090010

指導教授：嚴大任

相關人員：黃元佑、朱育德

## 壹 背景介紹

過渡金屬二硫屬化物(transition-metal dichalcogenide, TMDC)是目前熱門的二維層狀半導體材料，近年常應用於電晶體元件的製作上。TMDC通常會以 $MX_2$ 的形式存在，其中M代表過渡金屬元素，X代表硫屬元素，像是 $WS_2$ 、 $WSe_2$ 、 $MoS_2$ 等皆是常見的TMDC。TMDC主要優點在於其厚度極薄，為原子尺度，一層大約0.6~0.8nm；且在單層時為直接能隙，使得電子電洞對的產生效率佳，擁有良好的光電特性。但由於TMDC厚度過薄，導致光吸收率很低，光容易直接穿過材料本身而無法產生交互作用。因此，本研究希望能透過光柵結構激發表面電漿子共振(surface plasmon resonance, SPR)，來改良TMDC分子與雷射光子間的交互作用，改善光吸收率之問題，進而提升光子-電子之轉換效率，使其具有更高的應用價值。

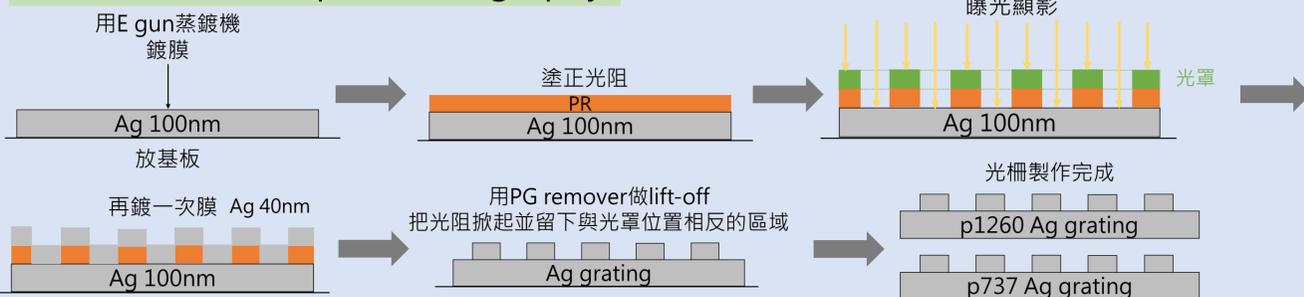
根據R.W. Wood光柵繞射實驗與Fano等人的相關研究發現，光柵結構可以激發出SPR。在特定條件下，入射光的刺激可與金屬表面之自由電子產生共振，而後電磁波會沿著金屬-空氣介面傳播並侷限於介面上，增強金屬表面電場。因此，本研究將使用金屬奈米光柵結構作為基板來激發SPR，以此產生更多電子-電洞對，進而提高拉曼散射(Raman scattering)與光致發光(photoluminescence, PL)之訊號強度。此外，由於銀具有最佳的SPR模態，因此，本研究選用銀奈米光柵結構進行實驗，TMDC材料則選用 $WS_2$ ，並比較使用不同光柵週期對於TMDC表面增強拉曼散射(surface-enhanced Raman scattering, SERS)訊號之增強效果。

## 貳 目標

- 探討 $WS_2$ 置於銀光柵結構上對於SERS與PL訊號強度之影響
- 觀測不同光柵週期對於SERS訊號增強之效果

## 肆 過程說明

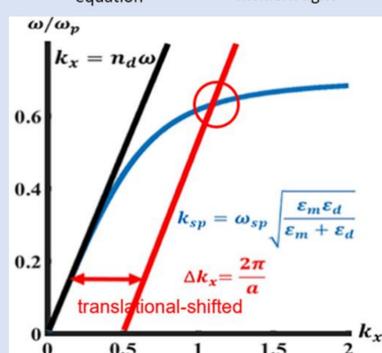
### STEP1. 微影製程 (photolithography)



### STEP2. 找出週期1260nm與737nm銀光柵結構激發SPR之條件

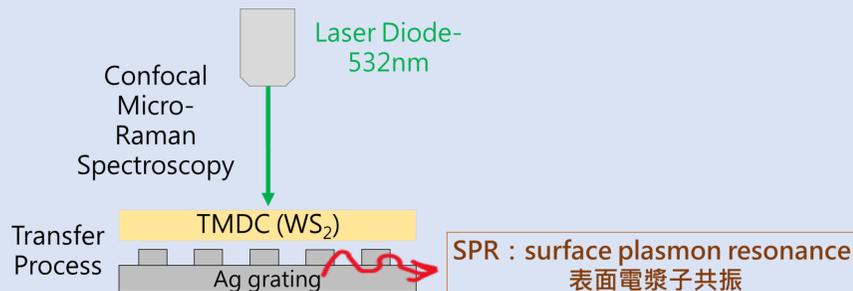
$$k_{SPP} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\epsilon_m \epsilon_d}{\epsilon_m + \epsilon_d}} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_d} \sin \theta_{SPR} \pm m \frac{2\pi}{\Lambda} \quad (m = \pm 1, 2, \dots)$$

SPP dispersion equation      Provided by Incident light      Provided by grating



### STEP3. 藉由轉移技術將 $WS_2$ 轉印至銀光柵結構及銀基板上

### STEP4. 利用共軛聚焦顯微拉曼光譜儀量測SERS訊號及PL訊號 (本研究選用波長532nm雷射進行實驗)



### STEP5. 比較 $WS_2$ 在不同週期之銀光柵與在銀基板上對於SERS與PL訊號強度的影響

## 參 執行策略

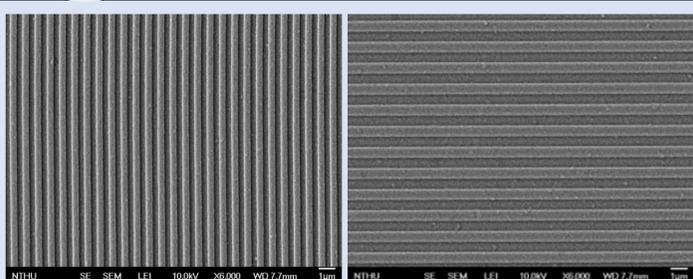
利用銀光柵結構可激發出SPR的特性，將 $WS_2$ 放置於銀光柵結構上

入射雷射光子與銀光柵表面電子產生共振後，可增強其表面局部電場

進而提升SERS及PL訊號，使得 $WS_2$ 量子轉換效率提高，以優化未來TMDC在光電元件應用上之效能

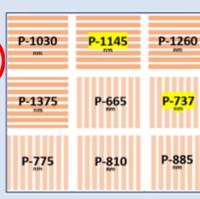
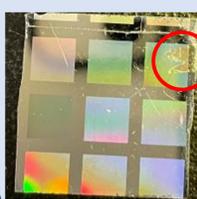
入射雷射光子與 $WS_2$ 分子間的交互作用變好，產生更多電子-電洞對

## 伍 專題成果-1



週期737nm銀光柵之SEM圖

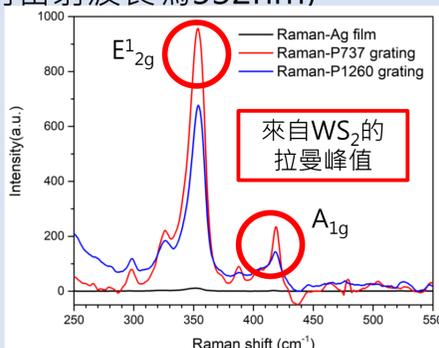
週期1260nm銀光柵之SEM圖



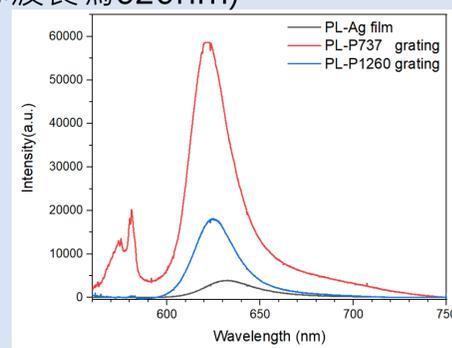
$WS_2$ 於p1260nm銀光柵上，九個方格各為不同週期銀光柵結構。紅圈處為 $WS_2$ 。

## 伍 專題成果-2

$WS_2$ 分別置於p1260nm銀光柵、p737nm銀光柵與銀基板上之SERS光譜。(入射雷射波長為532nm)



$WS_2$ 分別置於p1260nm銀光柵、p737nm銀光柵與銀基板上之PL光譜。(中心波長為620nm)



結論：因週期737nm銀光柵對應到綠光(雷射波長532nm)激發的SPR，故不論SERS或PL皆有最強的增強效果，因此得到 $WS_2$ 的特徵峰 $E_{1,2g}$ (352 $cm^{-1}$ )、 $A_{1g}$ (417.9 $cm^{-1}$ )。