



國立成功大學物理學系

專題

Department of Physics

National Cheng Kung University

Independent Study

是誰在守護我的肌膚？

Who is protecting my skin?

研究生：林其緯、趙震中

Chi-Wei Lin

課程教授：張玉明

Yu-Ming Chang

中華民國 114 年 1 月

January 2025

(一) 摘要

本研究聚焦於防曬產品的拉曼光譜分析，探討紫外線對防曬成分的影響及其光譜特徵。透過對比不同樣品的光譜數據，解析防曬產品中常見成分的光學行為與潛在健康影響，期望為選擇適合的防曬產品提供科學依據。

(二) 研究動機與問題

隨著紫外線引發的皮膚癌問題日益嚴重，研究防曬產品的有效性與成分特性成為當前的主要議題。根據統計數據，每年有大量病例與紫外線曝露相關，顯示出使用高效防曬產品的重要性。然而，不同防曬成分的效果及其對健康的潛在風險需進一步探討。本研究旨在通過拉曼光譜技術，分析市售防曬產品的主要成分與其應用效果。

(三) 文獻探討與回顧

拉曼光譜是一種靈敏的光學技術，能提供材料分子振動模式的信息，適用於分析複雜化學混合物的組成與結構。

圖一 A. 展示了拉曼散射的基本原理。拉曼散射是指當光線（通常是激光）照射到分子時，光子與分子的振動或旋轉態相互作用，導致散射光的波長改變。根據波長改變的方向，拉曼散射分為三種類型：

1. 瑞利散射：

這是最常見的散射現象，當光子與分子碰撞後，並未改變能量或波長，僅僅是改變了傳播方向。在圖中，這種散射的波長（ λ_{scatter} ）與入射光（ λ_{laser} ）相同，因此波長不變，稱為瑞利散射。

2. 史托克斯拉曼散射：

當光子與分子的振動能量進行交換後，散射光的波長變長。這是當分子

吸收了部分光子的能量，進入一個較高的振動狀態，散射光的波長變長。在圖中，這表現為藍色箭頭。

3. 反史托克斯拉曼散射：

與史托克斯拉曼散射相反，這是光子將分子的振動能量激發到更高的振動狀態，使得散射光的波長變短。在圖中，這表現為紅色箭頭。

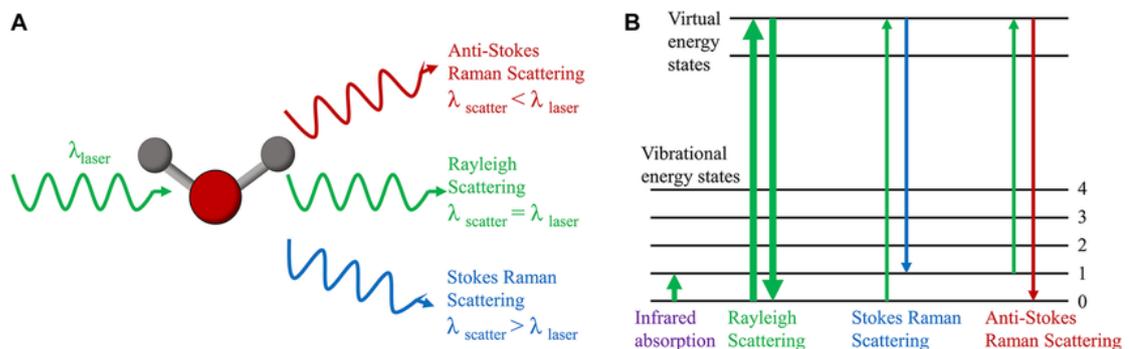
圖一 B. 為拉曼散射的能量

1. 虛擬能量態：

在拉曼散射過程中，光子首先將分子激發到一個虛擬能量態。

2. 振動能量態：

分子從這些虛擬能量態中返回到一個實際的振動能量態，這一過程中會伴隨著能量的轉移。若返回到基態，則發生史托克斯散射；若返回到激發態，則發生反史托克斯散射。



圖一、拉曼原理

文獻顯示，防曬成分如二氧化鈦、氧化鋅、與有機化合物（如氧苯酮）在不同波段具有明顯的拉曼特徵峰。本研究綜合前人研究，分析這些成分的光譜行為及其防曬波段範圍。

• Avobenzene 1608	ODPABA 1606/1713
• Octocrylene 1563	Glycerol 1470
• Benzonfenone 3 1305/1608	...etc
• Octinoxate 1172/1604/1636	
• Octisalate 1032/1448	
• Titanium dioxide 452	
• Tinosorb M 884/1000/1422	
• Octyl methoxycinnamate 1610/1640	

圖二、常見防曬成分拉曼 peak 峰值範圍

(四) 研究方法與步驟

實驗採用激光拉曼光譜儀，進行以下步驟：

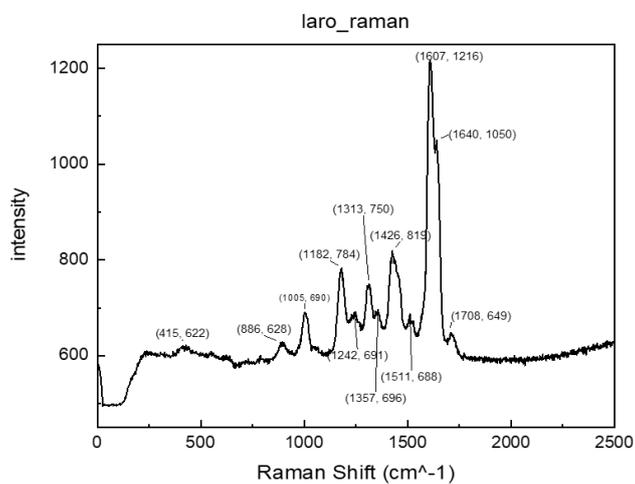
1. 收集市售防曬產品樣本，包括乳液型與噴霧型。
2. 設置激光功率（5.5 mW 與 7.1 mW）、曝光時間（100 ms）與其他參數，測量樣品光譜。
3. 比較樣品在 UV 照射前後的拉曼光譜特徵，進行背景扣除與數據歸一化處理。
4. 分析樣品成分比例變化，並探討不同拉曼峰與其對應防曬成分的關聯性。

(五) 預期結果

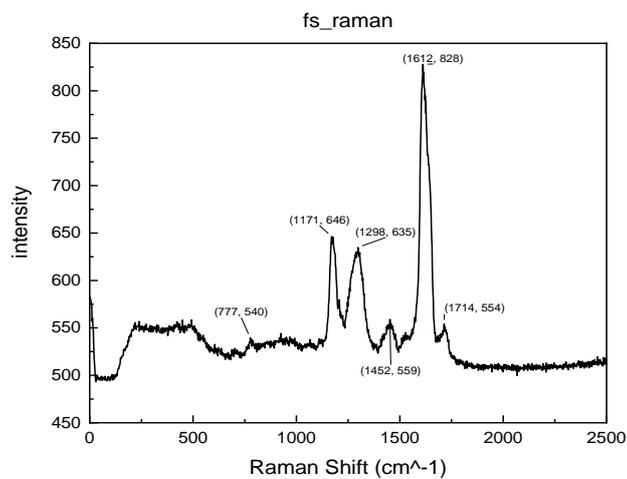
預期防曬產品中的不同成分在拉曼光譜上表現出獨特的峰位特徵，並隨紫外線照射產生顯著變化。例如，二氧化鈦與氧化鋅可能顯示出低波數區的信號隆起，而有機化合物如氧苯酮在特定高波數範圍內展現顯著峰值。

(六) 實驗結果與分析

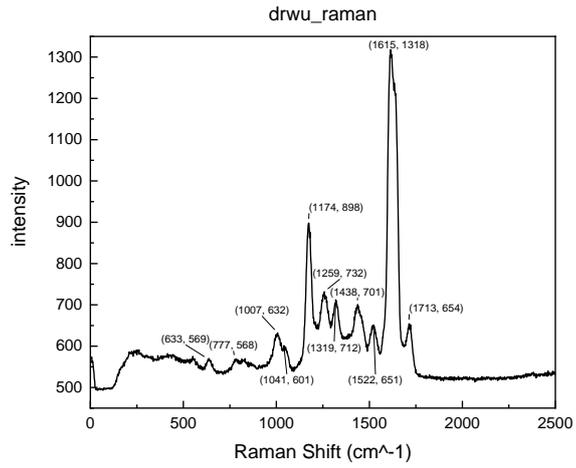
下圖為各式防曬乳之拉曼圖。



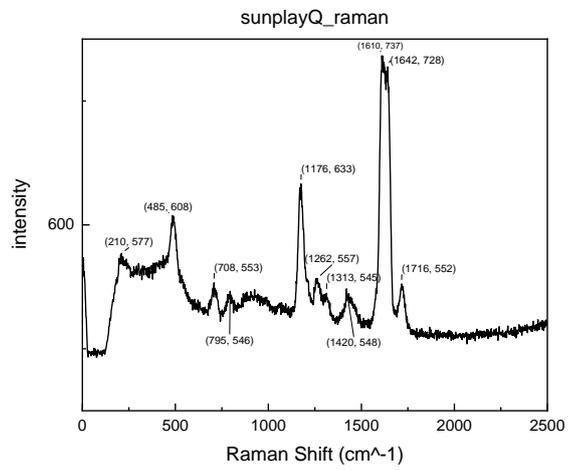
圖三、laro 防曬乳拉曼圖



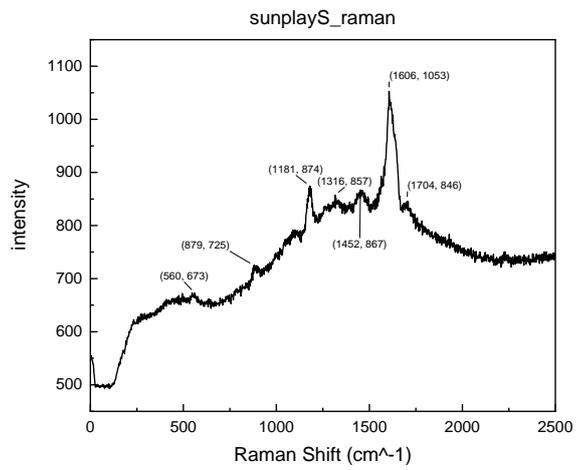
圖四、fs 防曬乳拉曼圖



圖五、drwu 防曬乳拉曼圖

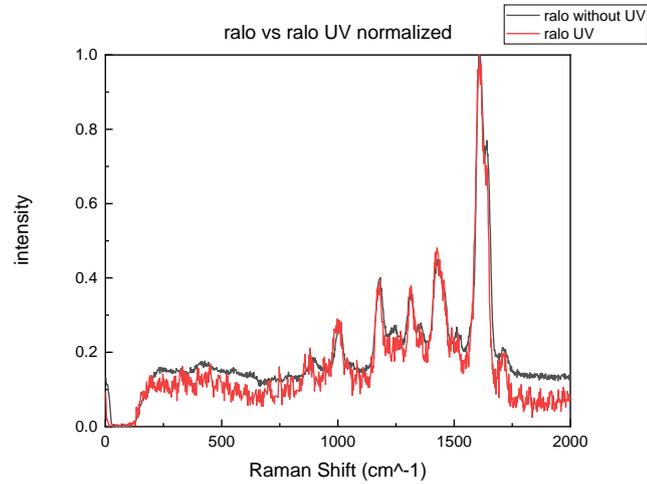


圖六、sunplayQ 防曬乳拉曼圖



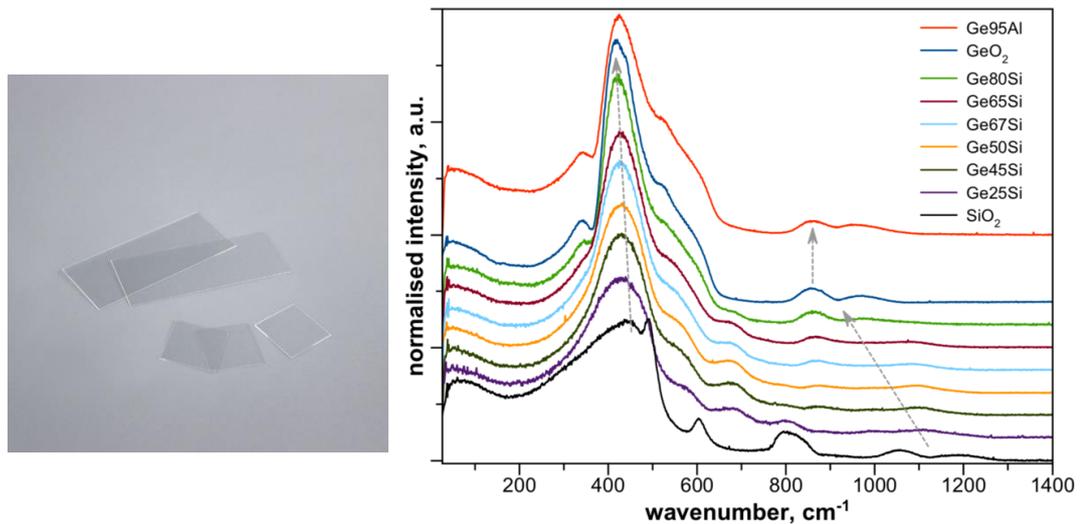
圖七、sunplayS 防曬乳拉曼圖

常見成分如二氧化鈦在 452 cm^{-1} 顯示特徵峰，氧苯酮在 1608 cm^{-1} 附近具有明顯的信號變化。數據分析進一步表明，某些成分的比例變化與拉曼信號強度呈現正相關。



圖八、ralo 防曬乳有無照 uv 拉曼圖

圖八將強度進行 normalized，去進行蝶圖分析，發現不同防曬產品的主要成分在 UV 照射前後並無差異，或可能是因為我們曝曬時間太短，導致還在防曬乳之極限範圍內。



圖九、載波片之拉曼分析

分析圖九是因為二氧化鈦在 452 cm^{-1} 顯示特徵峰比較沒有那麼明顯，可能是因為載波片之拉曼訊號疊加之關係。

結論:

1. 主要特徵峰分析：一些樣品中二氧化鈦的 452 cm^{-1} 在某些載片上表現不明顯，表示拉曼信號可能受到玻璃基板的影響。氧苯醇 (1608 cm^{-1}) 在 UV 照射前後光象表現穩定，但在高曝光條件下，其峰強度有所減弱，指示其吸收 UV 能力的穩定性與持久性。
2. 噴霧型防曬乳特徵：發現部分噴霧型防曬乳的特徵峰在 UV 照射後變化較小，這可能與其較快揮發性和成分分佈均勻有關。
3. 載波片的影響：在分析位於低波數區信號時，發現一些樣品特徵峰的分辨率降低，這可能是由於載波片的拉曼信號疊加所導致。為了排除這個影響，推薦在未來實驗中使用低背景干擾的基板進行測試。

(七) 參考文獻

- [1] <https://spectrabase.com/>
- [2] Beyere, L., S. Yarasi, and G. R. Loppnow. "Solvent effects on sunscreen active ingredients using Raman spectroscopy." *Journal of Raman Spectroscopy* 34.10 (2003): 743-750.
- [3] Oladepo, Sulayman A., and Glen R. Loppnow. "Ultraviolet resonance Raman spectroscopy as a robust spectroscopic tool for in situ sunscreen analysis." *Analytica chimica acta* 628.1 (2008): 57-66.
- [4] Tippavajhala, Vamshi Krishna, Thiago de Oliveira Mendes, and Airton Abrahão Martin. "In vivo human skin penetration study of sunscreens by confocal Raman spectroscopy." *AAPS PharmSciTech* 19.2 (2018): 753-760.
- [5] Egawa, Mariko, and Haruhi Iwaki. "In vivo evaluation of the protective capacity of sunscreen by monitoring urocanic acid isomer in the stratum corneum using Raman spectroscopy." *Skin research and technology* 14.4 (2008): 410-417.
- [6] Costa, Michele Marin da, et al. "Detecting active ingredients of insect repellents and sunscreens topically in skin by Raman spectroscopy." *Journal of Biomedical Optics* 23.10 (2018): 107003-107003.