

吋甲吋金

探討光療凝膠材料與美甲燈光源

姓名：黃唯禎 李偲瑀

指導教師：張玉明 老師

摘要

本研究旨在探討光療凝膠材料與美甲燈光源的物理與化學特性，並驗證相關光學性質對凝膠固化過程及其結構變化的影響。我們在實驗中採用光纖光譜儀直接量測美甲燈的發射光譜，並結合吸收光譜和拉曼光譜技術分析光療凝膠在照光前後的性質變化。結果顯示，美甲燈主要發射 371nm 的紫外光與 400-500nm 的藍紫光，這些波長的光能激發凝膠進行固化反應。

吸收光譜分析表明，未固化的光療凝膠在 400-500nm 範圍內存在顯著吸收峰，證實其能有效吸收美甲燈的光源進行固化。進一步的拉曼光譜結果顯示，凝膠的主成分為聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)，未照光凝膠具有四個明顯的特徵峰，而經照光 60 秒後，這些特徵峰消失，證實其結構發生改變並形成非晶相。

綜合以上研究，我們可知光療凝膠的固化過程伴隨明顯的光學與結構變化。此研究不僅揭示了光療凝膠與美甲燈光源的相互作用機制，還提供了實驗數據驗證了過度使用美甲燈可能導致手指膚色變深的現象，提醒消費者在美甲時應適當防護紫外光曝曬，同時也為光療凝膠與美甲燈的應用及安全性提供了科學參考。

關鍵字：光療凝膠、美甲燈光源、吸收光譜、拉曼光譜。

圖目錄

圖 1 光療凝膠	3
圖 2 美甲燈光源	4
圖 3 拉曼顯微系統模組光路	4
圖 4 穿透模組光路	4
圖 5 美甲燈之發射光譜	6
圖 6 未照光凝膠之吸收光譜	7
圖 7 照光 60 秒凝膠之吸收光譜	7
圖 8 未照光與照光 60 秒凝膠之拉曼光譜	8

一、研究動機

光療美甲一直都是女生聚會會出現的話題，近年來社群網路愈加發達的情況下女生做指甲的比例也越來越高。2022 年臉書某論壇內部出現一篇比較光療凝膠指甲價格與台北市房價的文章，文主在文內提到當年台北市 30 坪左右的平均房價是 2781 萬，一坪 92.7 萬，換算下來一平方公分要價 28 元。而時下女性喜愛的指甲彩繪十隻手指 20 平方公分，施作一次價格 1300 元，平均每平方公分就要 65 元。若以這個計算方式比較，光療凝膠指甲的價格會是台北市房價的 2.3 倍。除此之外，網路上還有另一個關於凝膠指甲的謠言，網路上傳聞說假如女生常常做凝膠美甲，手指容易變黑。

在本研究內我們想討論兩個議題:

1. 凝膠美甲的材料為何，為什麼做一次指甲的價格會如此昂貴？
2. 美甲燈的光波長為何，常做指甲手指是不是真的會變黑？

二、實驗部分

2-1 實驗樣品

1. finish top gel(光療凝膠)

廠牌：Dashing diva



圖 1 光療凝膠

2. 美甲燈光源

廠牌：Dashing diva



圖 2 美甲燈光源

2-2 實驗儀器

1. 光纖
2. 拉曼顯微系統

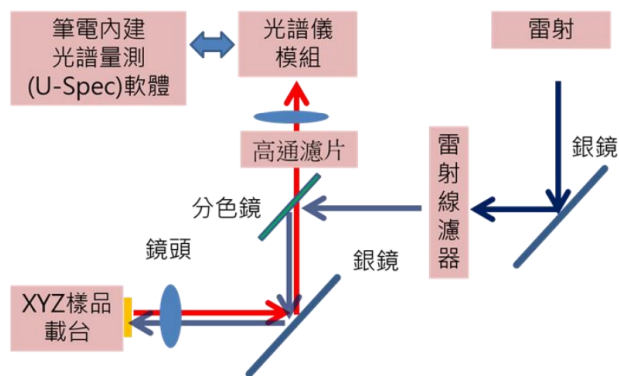


圖 3 拉曼顯微系統模組光路

3. 穿透模組（吸收光譜）

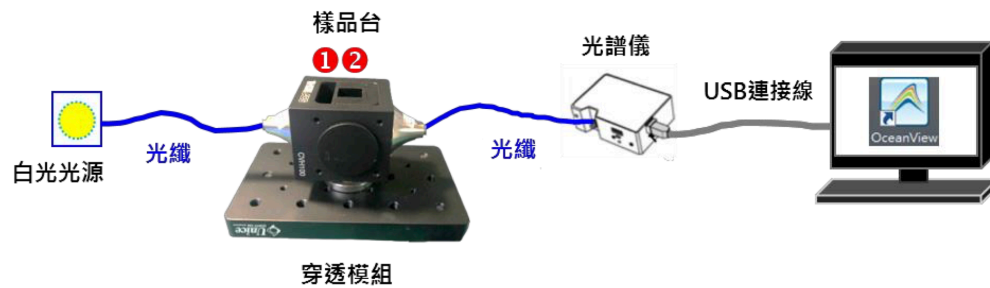


圖 4 穿透模組光路

2-3 實驗方法

1. 使用光纖直接量測美甲燈光源發射波長
2. 拉曼顯微系統量測之樣品準備與測量步驟

樣品準備：使用空白玻片擷取背景訊號後，在玻片上塗抹約 0.5cm^2 的凝膠放置於待測台上。

測量步驟：將量測系統蓋上黑布隔絕環境光源，設定雷射波長，使用軟體中的 **monitor** 鍵連續擷取光譜，緩慢調整 xyz 軸旋鈕將雷射光聚焦於樣品上使光譜訊號達到最大值，調整積分時間以及平均次數和平滑度優化光譜訊雜比。

3. 吸收光譜（穿透模組）量測之樣品準備與測量步驟

樣品準備：將未照光的凝膠使用 **cuvette** 承裝，照光 60 秒的凝膠塗抹在玻片上。

測量步驟：在軟體上選擇 **Absorbance** 功能鍵，測量參考光譜並儲存，將空白 **cuvette** 以及空白玻片放入樣品台測量背景光譜並儲存（需擋住白光），將待測物放入樣品台量測並儲存光譜。

三、結果與討論

3-1 美甲光源之測量

使用光纖直接量測美甲燈光源得到的光譜如圖 5，從量測結果中觀察到波長 371.4nm 處有一個發射光，波長 400-500nm 之間有連續的發射光。根據 2017 年 Yuh-Shiuan Liu 等人發表的文獻^[1]中的結果顯示 371.4nm 處的發射光來自於氮化鎵(GaN)，說明 LED 美甲燈運作原理為電激發 GaN 之放光後打在燈管上的螢光粉使其激發出 400-500nm 間的藍紫色放光。

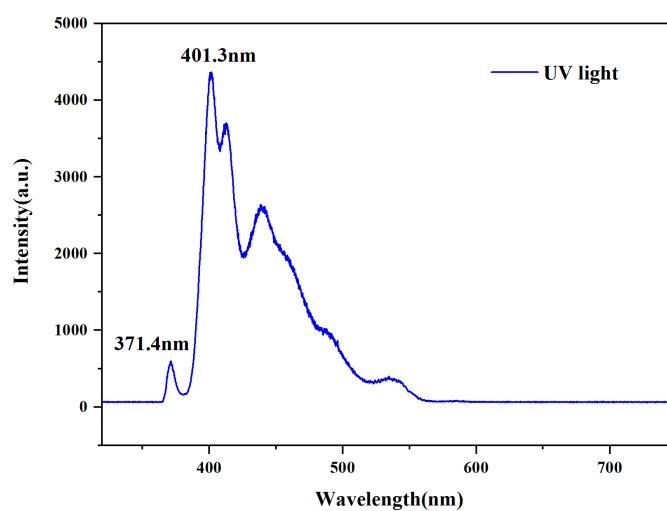


圖 5 美甲燈之發射光譜

3-2 光療凝膠之吸收光譜

凝膠吸收光譜的量測分為兩個部分，第一部分是測量未固化的凝膠如圖 6，從圖譜上可以看到凝膠在 400-500nm 處皆有吸收峰，對應美甲燈光源的在 400-500nm 皆有發射光，顯示凝膠可以吸收光源進行化學反應使其被固化。

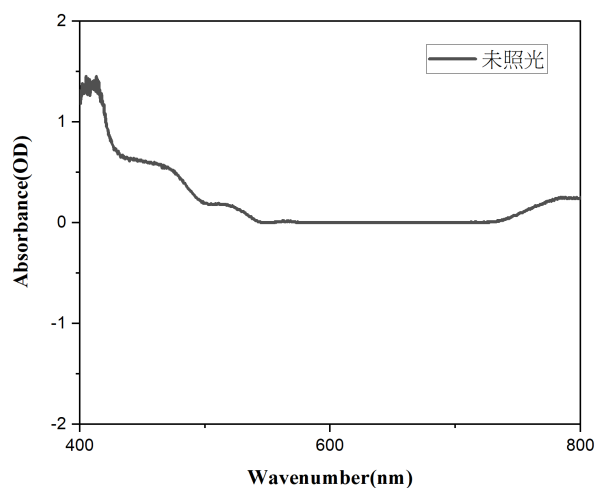


圖 6 未照光凝膠之吸收光譜

第二部分是測量照光 60 秒凝膠的吸收光譜如圖 7，從光譜上可以看到 400-500nm 的吸收峰值降低，推測是凝膠被固化後因為結構改變而導致原來的吸收波段不再吸收，後續使用拉曼光譜進一步驗證其照光後會產生結構變化。

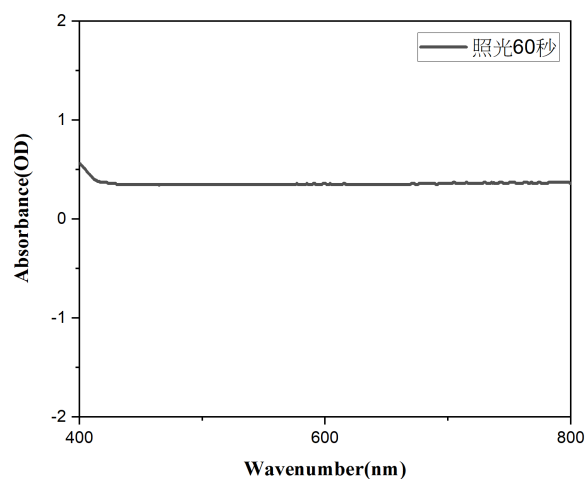


圖 7 照光 60 秒凝膠之吸收光譜

3-3 光療凝膠之拉曼光譜

未照光與照光 60 秒的凝膠拉曼光譜結果如圖 8，未照光的凝膠在 1297.9 cm^{-1} 、 1450.4 cm^{-1} 、 1637 cm^{-1} 、 1733.6 cm^{-1} 的位置有四隻明顯的特徵峰值，2008 年 KJ Thomas 等人發表的文獻^[2]顯示聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)在 1264 cm^{-1} 、 1460 cm^{-1} 、 1648 cm^{-1} 、 1736 cm^{-1} 有四隻強訊號特徵峰，說明凝膠材料主成分為 PMMA，而照光 60 秒後凝膠的拉曼光譜特徵峰消失，說明其結構轉變形成非晶相，證實吸收光譜所推斷的結果，凝膠經過光照固化會發生結構改變。

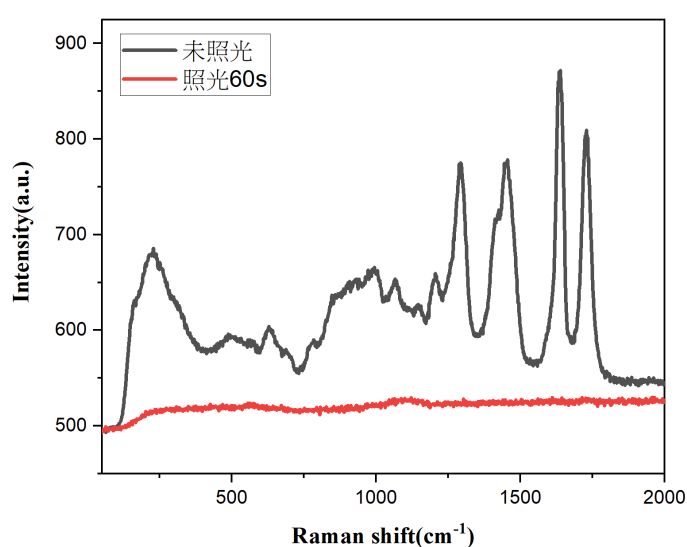


圖 8 未照光與照光 60 秒凝膠之拉曼光譜

四、結論

由光纖直接量測光源的光譜中可以看到有一個發射光特徵峰在 371nm 以及 400-500nm 的多個波段。藉由以上結果得出美甲燈光源運作原理，美甲燈內部含有氮化鎵 LED 燈泡，經過電激發放光後打在燈管上的螢光粉使其放出 400-500nm 波長的光。

未照光凝膠的吸收光譜顯示其吸收落在 400-500nm 的範圍，說明未照光凝膠可以吸收美甲燈的光源。而凝膠照光 60 秒後的吸收光譜在原本吸收範圍的吸收峰減弱，從外表直接觀察可以看到照光後的凝膠會從液態轉變為固態，光譜結果則說明材料照光後可能發生結構改變導致照光前後有不同的光譜結果。

使用拉曼光譜鑑定未照光與照光 60 秒的凝膠結果顯示，未照光凝膠在 1264 cm^{-1} 、 1460 cm^{-1} 、 1648 cm^{-1} 、 1736 cm^{-1} 有四隻較為明顯的特徵峰，對應文獻資料得出凝膠主成分為聚甲基丙烯酸甲酯 PMMA，而照光 60 秒後材料的化學鍵被打斷，結構轉變為非晶相，在拉曼光譜上無特徵峰，根據此結果進一步證明吸收光譜在照光前後的變化，說明材料照光狀態以及內部結構皆發生改變。

根據以上實驗結果得出美甲材料的來源並不昂貴，做美甲價格與成本有強烈懸殊的原因可能來自於市場機制或是隱藏的成本，如：美甲師訓練費用、店租等等...；網路文章提到的做美甲會導致手指變黑藉由實驗驗證其真實性，因為美甲燈會放出紫外光波段的光，科學研究也顯示照射 UV 光會導致皮膚顏色變深，因此未來若要做美甲可以先塗抹防曬乳或在手指上帶上防曬套避免曬黑。

五、參考資料

1. Liu, Y.-S.; T.-T. Kao; Y. Zhu; Y.J. Park; K. Mehta; S. Wang; S.-C. Shen; D. Yoder; F.A. Ponce; T. Detchprohm. *Ultraviolet microcavity light-emitting diode with ion-implanted current aperture (Conference Presentation)*. in *Gallium Nitride Materials and Devices XII*. 2017. SPIE.
2. Thomas, K.; M. Sheeba; V. Nampoore; C. Vallabhan; P. Radhakrishnan, Raman spectra of polymethyl methacrylate optical fibres excited by a 532 nm diode pumped solid state laser. *Journal of optics a: pure and applied optics*, **2008**,10 (5), 055303.
3. https://www.ntu-ccms.ntu.edu.tw/lab/ultrafast/photonicedu/News_n_176409_sms_108512.html