

出國報告(出國類別：進修)

赴英國謝菲爾大學 碩士進修報告

服務機關：軍備局生產製造中心第二〇五廠

姓名職稱：楊于廷上尉

派赴國家：英國

出國期間：110年1月8日至110年9月30日

報告日期：110年11月

摘要

本次進修係奉國防部 109 年 12 月 18 日國人培育字第 1090280548 號令核定，赴英國謝菲爾大學(The University of Sheffield)進修授課型高分子及複合材料科學工程理學碩士(Master of Science in Engineering Polymers and Composites, Department of Materials Science and Engineering)。囿於 COVID-19 疫情影響，校方核發學習錄取確認函時程延誤(CAS, Confirmation Acceptance of Studies)，致後續簽證申辦事宜亦因此推延，自 109 年 10 月 26 日至 110 年 1 月 7 日期間於國內以線上授課方式修習課業。

職於 110 年 1 月 8 日啟程赴英，於核定修業期限內完成課程修習及論文繳交，並於 110 年 9 月 30 日返國。依據中央流行疫情指揮中心相關規定，英國屬重點高風險國家，入境後須入住集中檢疫所 14 日，職於 9 月 30 日至 10 月 14 日期間進行集中檢疫；集中檢疫解除後，返家續行自主健康管理 7 日(10 月 15 日至 21 日)，另依部頒相關檢疫措施，取得入營前 3 日內陰性核酸檢驗報告後，於 10 月 25 日返廠述職。

本返國報告依據「行政院及所屬各機關出國報告綜合處理要點」相關規定撰擬，內容主要記述於英國進修經驗及所見所聞，除提供大眾查閱外，亦可供後續申請赴外進修及教學研討人員卓參。本報告內容主要區分為目的、過程、心得、疫情影響及建議事項等項次，針對修課內容、COVID-19 疫情影響及心得與建議等要項簡要提報。

目次

壹、 目的-----	1
貳、 過程-----	1
參、 疫情影響-----	13
肆、 心得-----	15
伍、 建議事項-----	16

壹、目的

本次進修係奉國防部 109 年 12 月 18 日國人培育字第 1090280548 號令核定，赴英國謝菲爾大學(The University of Sheffield)進修授課型高分子及複合材料科學工程理學碩士(Master of Science in Engineering Polymers and Composites, Department of Materials Science and Engineering)。目的在於習得專業知識，提升個人學識涵養並開拓視野，培養宏觀、邏輯性思維及獨立思考能力，俾將所學運用至國家未來軍需發展為目標。

貳、過程

一、 學校及環境簡介

謝菲爾大學屬於公立研究型大學，為紅磚及羅素集團（Russell Group）成員之一，亦是 QS 世界大學排名(QS World University Rankings)前百大的學校，研究水準與素質在英國具有數一數二的地位。

謝菲爾大學地理位置在英國的中部，坐落於英格蘭南約克郡 (South Yorkshire)的謝菲爾市 (如圖 1)，謝菲爾為英格蘭地區第四大城市。該城市有便捷的交通，如火車及輕軌(Super tram)，距離倫敦車程約 2 至 2.5 小時，距離曼徹斯特車程約 1 小時。謝菲爾以鋼鐵工業聞名，又稱為鋼鐵城市，該市鄰近峰區(Peak District)國家公園，易達性高，可搭乘公車或火車抵達，為假日踏青的好去處。



圖 1、謝菲爾城市地理位置

二、課程設計及內容簡介

授課型碩士學制為一年制，主要以授課為主，通常一個完整學年可分為三個學期，其中，一個學期期程約為一季 (3 個月)，包含聖誕節及復活節假期。而本學年因受疫情影響，原定 9 月底開學，學校延期至 10 月底授課，故此次碩士期程為 109 年 10 月 26 日至 110 年 9 月 28 日止，高分子與複合材料工程學系課程均為必修課程，無選修課程。

此科系是由化學部門及材料科學工程部門共同授課，修習課程計基礎高分子化學等 9 科，除專題論文比重較高，佔 60 學分外，其餘學科均佔 15 學分，合計 180 學分。主修學科、學分及學期分配如表 1。授課方式是主要是預先錄製好的影片由學生自行安排時間觀看，搭配線上即時的問答課程，講解主要概念並供學生提問。

學期	科目	學分
秋季	基礎高分子化學 (Fundamental Polymer Chemistry)	15
	高分子特徵分析技術 (Polymer Characterisation and Analysis)	15
	高分子實驗 (Polymer Laboratory)	15
	高分子物理 (The Physics of Polymers)	15
	複合材料及微觀力學 (Composite Materials and Micromechanics)	15
春季	高分子材料科學與工程 (Polymer Materials Science and Engineering)	15
	複合材料設計與製造 (Design and Manufacture of Composites)	15
	高分子材料製程 (Polymer Processing)	15
全學年	專題論文 (Project)	60
	總計	180

表 1、20/21 學年課程及學分配當表

(一)、化學學院課程

由化學部門負責授課的課程包含基礎高分子化學 (Fundamental Polymer Chemistry)、高分子特徵分析技術 (Polymer Characterisation and Analysis)，以及高分子實驗 (Polymer Laboratory)，集中於秋季學期授課，學期開始前 6 週先介紹高分子化學基礎學理，以及分析高分子特性的檢驗方法，使學生有基本概念後，於第 7 周再進行實驗課程。

基礎高分子化學主要涵蓋聚合物結構、聚合物合成的基礎知識，以及天然和合成聚合物的化學特性。介紹聚合物微觀結構、聚合物合成的化學反應路線、分子量分佈，以及聚合物降解和穩定性等。該課程除透過期末測驗檢驗學習成果外，亦須撰寫一份針對聚合物科學永續性發展為主題的政策簡報(POST note)。由於最通用的聚合物為塑膠材料，其成本低、化學及物理特性表現優良的特點使之廣泛運用，但塑料污染造成環境破壞的例子亦廣為人知，經由此份報告，可反思聚合物科學的發展使傳統塑料對環境造成的衝擊；而當今及未來的發展可以在哪些方面提高聚合物的可持續性及應用，使科學的發展能兼具應用的彈性及對環境的友善。

高分子特徵分析技術主要涵蓋如何鑑別聚合物種類與確定聚合物分子量、分子量分佈、立體化學、共聚物中的序列分佈、相變溫度、表面特徵等的主要儀器方法。主要分成四個部分：量測聚合物莫耳質量的各種方法；由光譜及熱分析方法檢驗聚合物的化學結構；聚合物的成像和其表面特徵的檢驗技術；使用散射方式（例如光、X射線、中子）以產生關於聚合物結構訊號的分析方法。

對於聚合物的合成反應路線和分析方法建立基礎知識後。實驗課程透過實際操作與運用適當的分析方法，能更清楚了解天然和合成聚合物的特徵及差異。

(二)、材料科學工程學院課程

由材料學院負責授課的課程包含高分子物理 (The Physics of Polymers)、複合材料與微觀力學(Composite Materials and Micromechanics)、高分子材料科學與工程 (Polymer Materials Science and Engineering)、複合材料設計與製造 (Design and Manufacture of Composites)，以及高分子材料製程(Polymer Processing)，分於秋季及春季學期授課。

秋季學期主要介紹典型高分子材料及複合材料的種類及其特性。高分子物理透過介紹熱塑性塑料使學生了解典型聚合物的分子結構、物理和機械性能；以及如何通過化學、添加劑和工程應用的加工條件等方式改變這些特性。複合材料及微觀力學則分為兩部分，一部分介紹不同類型的複合材料：存在於自然界（如骨骼、木材及貝類），或是人造（如纖維；金屬基材或聚合物基體），並

進一步討論複合材料的優點和缺點；另一部分是從微觀力學角度檢視複合材料在衝擊和疲勞負載下的失效模式，例如古典層板理論 (Classical Laminate Theory) 和剪力延遲理論(Shear Lag Theory)等，用以預測和理解複合材料的特性。

經初步了解典型的高分子及複合材料類型及特性後，春季學期探討兩種材料的加工製造方法，先由聚合物材料加工時的物理及化學變化，如流變及相變等基本概念，再介紹將科學原理應用於塑料產品的實際製造方法，如擠出成型 (Extrusion)、注塑成型(Injection moulding)、吹塑成型(Blow moulding)、熱成型 (Thermoforming)、壓縮成型(Compressing)。並探討加工過程可能會產生的缺陷，如何避免或是修復等，引領學生思考如何結合材料的特性並以適合的加工方式設計製造，使產品符合需求。

(三)、 專題論文

論文指導教授的主要是由系上統一分配，約 12 月左右由學生自行選填 5 位指導教授及志願順序，分派結果於 2 月中公布。雖然本科系是由化學部門及材料部門共同授課，但主要隸屬於材料工程學院，故無法跨部門選擇指導教授，與高分子及複合材料領域相關的教授計有 6 位。當知道自己被分配到哪位指導教授後，依教授研究領域訂定論文題目與主要目標及研究方向。

論文評分方式多元，由期中報告、書面論文、口試、成果發表及指導教授的評分等 5 項，以不同比重計算總成績。

首先第一階段是期中報告(Interim Report)，佔總成績 10%，須於 5 月初繳交，主要展示目前對論文題目的了解程度，內容屬文獻回顧的部分，閱讀相關文獻，對目前研究主題做基礎的背景介紹，並計畫及思考未來著手研究時，可能要怎麼進行實驗或是會用到哪些檢驗技術。

接著，第二階段是書面論文(Final Dissertation)，佔總成績 70%，主要是 6 月至 8 月撰寫，此段時期為夏季學期，無任何額外課程，讓學生專心撰寫論文。論文的評分由兩位不同專業領域的教授評分，主要針對報告的批判性思考、引言與文獻回顧、結果與討論，以及報告總體質量作為評分依據。藉以檢視學生是否

明確了解論文主題，研究目標與方向是否與主文相扣，實驗數據與結果是否清晰闡述及解釋數據意義，另外，報告總體質量包含整份報告的邏輯性及可讀性，是否容易閱讀，以及是否清晰解釋科學術語等。

最後，第三階段則針對完成的論文評分：口試答辯(Viva Examination)佔總成績 10%、成果發表(Grand Finale Presentation)佔總成績 5%，以及指導教授的評分(Supervisor's Report)佔總成績 5%。口試答辯及成果發表均是以簡要明瞭的方式展示研究報告，使不同專業領域的人亦可了解報告內容。兩者差異在於，口試答辯部分，評審教授已經事先讀過完整的論文；而成果發表則是評審教授對論文內容一無所知。

口試答辯全程約 40 分鐘，一開始，由學生以簡報方式針對論文內容簡要介紹，提報時長約 10 分鐘，剩餘時間則是由評分教授提問，檢視學生口頭報告的清晰性及邏輯性、對論文背景知識確實理解，以及答辯的能力。成果發表是以海報方式呈現，著重以圖表或圖片傳達實驗成果，並輔以少量的文字註解，藉由視覺展示，使研究的成果一目了然。並檢視學生是否能清楚向評審教授解釋研究項目的目標與研究成果的關聯，以及對專業問題應答的能力。

職的論文題目為「由左旋、右旋對掌性多鏈型聚合物及二元混合物構成之對掌及非對掌性雙連續晶相 (Formation of chiral and achiral bicontinuous cubic phases from left- and right-handed chiral polycatenar compounds and in their binary mixtures)」，主要係探討雙連續立方相液晶 (bicontinuous cubic phase liquid crystals)，並觀察立方相之間的相變，以及不同立方相如何隨溫度改變而變化。

檢驗的樣品主要是左旋(S)及右旋(R)的對掌性多鏈型化合物，以及透過接觸實驗 (contact experiment)形成的二元混合物(binary mixtures，由不同比例的左旋及右旋化合物組成)。從多鏈型化合物的分子結構了解其基本特徵。觀察不同雙連續立方相的對掌性特徵和不同溫度下的相變。

實驗方法首先採用差示掃描量熱法 (DSC, Differential Scanning Calorimetry) 進行檢測，該方法可以觀察熱量變化，大致了解化合物在加熱和冷卻過程中物質狀態的轉變。然後採用小角度散射(SAXS, Small-Angle X-ray Scattering)的光學檢驗方法，以測得的特徵峰更精確地判別是哪種立方相。接著，由於雙連續立

方相是各向同性的(isotropic)，藉由偏振光學顯微鏡 (POM)觀察其旋光性。最後，結合所有檢驗結果，可以更清楚地分析雙連續立方相的相變與溫度變化之間的關係。另外，次要發現是化合物中的螢光效應(Fluorescence effect)，分子結構的剛性(rigid)越高，則立方液晶相中的螢光效應越強，尤其是在二元混合物中表現出更強的螢光效應。

當聽到「液晶 (Liquid Crystals)」一詞，大家第一個閃過腦海的答案就是液晶顯示器 (LCD, Liquid Crystal Display)，液晶顯示器在我們日常生活中無所不在，例如電視螢幕、智慧型手機、電腦顯示器等。在自然界中，有固相、液相和氣相等三種狀態。然而，液晶相於 1888 年由 Friedrich Reinitzer 博士首次發現，自此之後，液晶相成為自然界中的第四種相態。液晶是介於液體和固體之間的狀態，也稱為中間相(Mesophase)，如圖 2 所示。

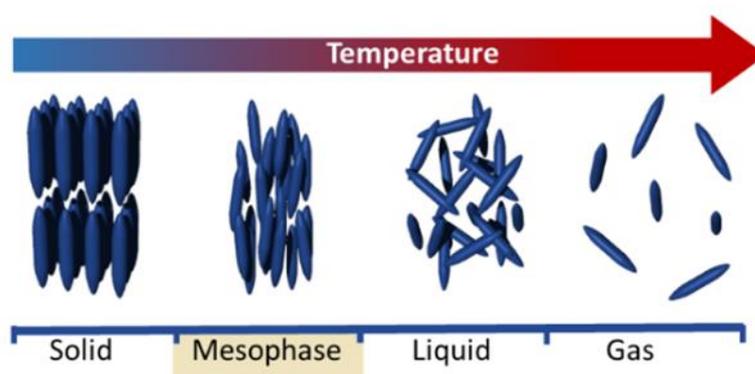


圖2、自然界中物質的相變，隨著溫度增加，物質的狀態會經由固態、中間相、液相以及氣態等四種的相態。

液晶相可以像流體一樣任意改變形狀，但同時也具有固態晶體的分子排列特性。液晶相的典型類型根據分子排列方向和平移自由度，主要分成向列相(Nematic Phase)、近晶相(Smectic Phase)、膽固醇相(Cholesteric Phase)和盤狀相(Discotic Phase)，上述四種相的結構如圖 3 所示。一般來說，液晶相是各向異性的(anisotropic)，並具有雙折射(birefringence)等光學特性。

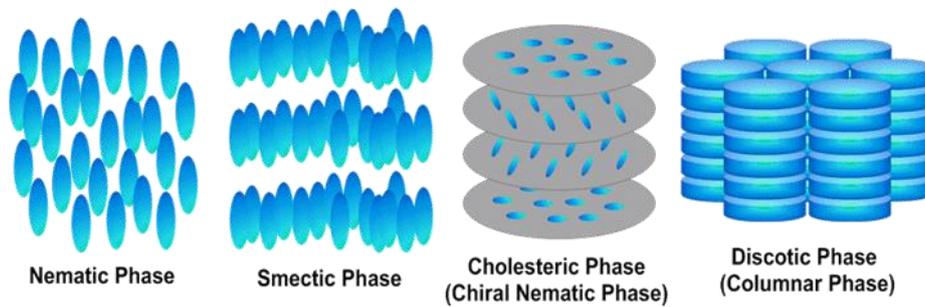


圖 3、液晶相的典型類型：由左至右分別為向列相(Nematic Phase)、近晶相(Smectic Phase)、膽固醇相(Cholesteric Phase)又稱為對掌性向列相(Chiral Nematic Phase)和盤狀相又稱柱狀相(Columnar Phase)。

相反地，立方相液晶與典型的液晶相完全不同，它們是屬於各向同性的(isotropic)。以偏光顯微鏡 (POM, Polarized Optical Microscopy) 檢視立方相液晶時，當兩個偏光片(Polarizers)方向為正交 90 度時，此時，由於光源無法通過偏光片(Analyser)，故於偏光顯微鏡下只呈現出黑暗的畫面。最常見的雙連續立方相類型為 $Ia\bar{3}d$ 、 $Pn\bar{3}m$ 和 $Im\bar{3}m$ ，如圖 4 所示。

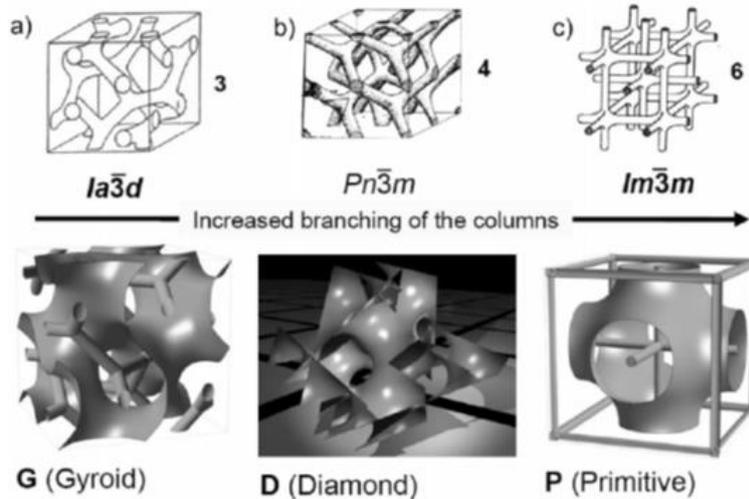


圖 4、最常見的雙連續立方相液晶類型為： $Ia\bar{3}d$ 、 $Pn\bar{3}m$ 和 $Im\bar{3}m$ 。 $Ia\bar{3}d$ 又稱為 G 型或陀螺儀型(Gyroid)， $Pn\bar{3}m$ 稱為 D 型或鑽石型(Diamond)， $Im\bar{3}m$ 稱為 P 型或原始型(Primitive)。

由於疫情的影響，論文的實驗無法依原先的計劃進行任何 POM(Polarized Optical Microscopy)光譜實驗，替代方案為由教授提供先前的學生所收集的實驗結果，再根據不同檢測方法所得結果並輔以軟體分析數據：以 ImageJ 軟體定量分析由左旋(S)和右旋(R)化合物及其混合物(mixtures of S and R)透過小角度的旋轉偏光片展現出的旋光特性以及螢光效應的對比度變化。隨溫度變化可觀察到不同的立方相。偏光顯微鏡(POM)的數據也與差示掃描量熱法(DSC)和小角度散射(SAXS)結果相關。

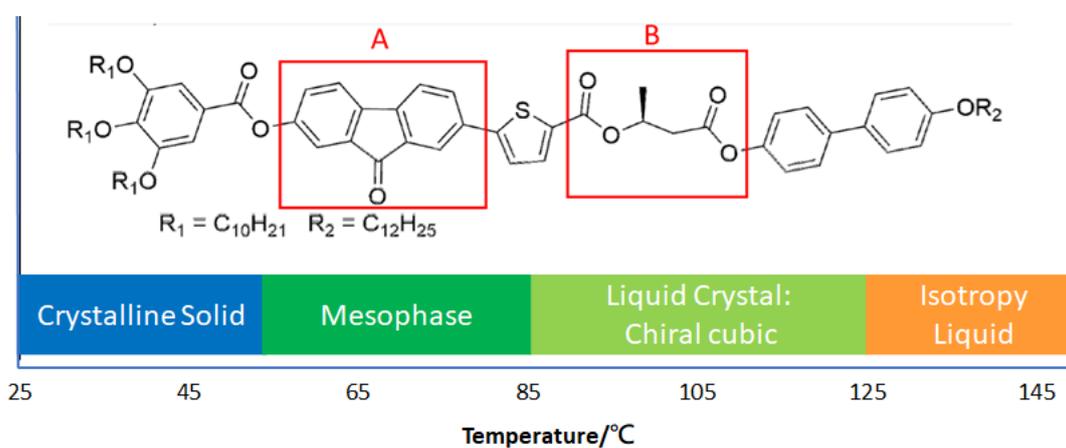


圖5、實驗樣品的分子結構式，以及隨著溫度改變而形成不同相態的示意圖

如圖 5 所示，標示為 A 的紅色方框處為苯環，其共振結構使實驗樣品的分子間鍵結強度較高，且分子間不易產生電子轉移，使其結構較為穩定。除此之外，標示為 B 的紅色方框處為此對掌性化合物形成鏡像異構物(enantiomer)的關鍵。結合 DSC 和 SAXS 檢測結果得知，物質狀態隨著溫度不同而改變。當實驗樣品從各向同性的液體(isotropy liquid)狀態冷卻至常溫的過程中，溫度介於 125°C 至 85°C 之間時，物質狀態轉變為對掌性立方相液晶(chiral cubic phase liquid crystal)。而隨著溫度降至 85°C 時，對掌性立方相態消失，但物質狀態則尚未完全轉變為固態晶體(crystalline solid)，為中間態(mesophase)。最後，當溫度持續冷卻至 55°C 後，物質狀態已轉變為固態。

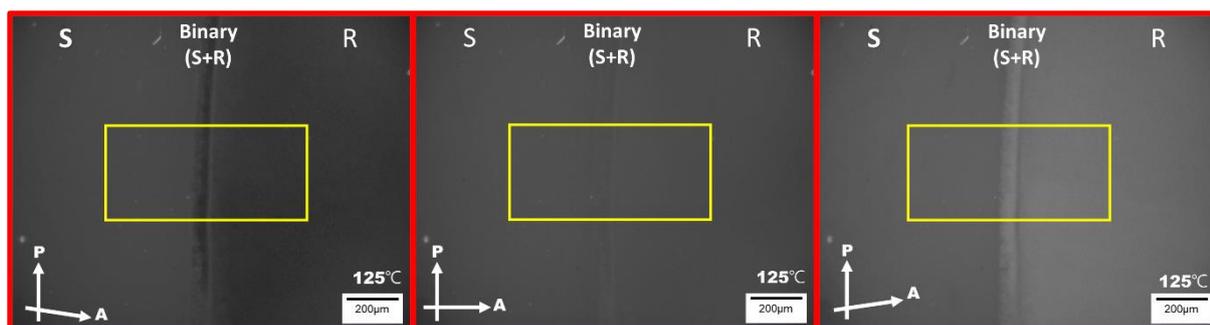


圖 6、由左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary, S+R)在 125°C 透過 POM 檢測的圖。

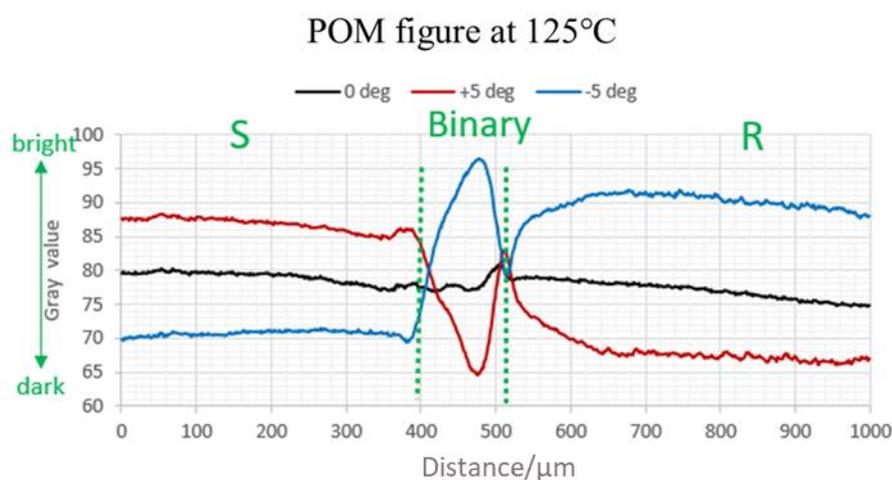


圖 7、由 ImageJ 測得左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary S+R)於 125°C 透過 POM 檢測的圖。圖中黑色曲線代表兩偏光片正交 90 度，以 0 度表示，紅色曲線則代表由 2 個相交的偏光片順時針旋轉 5 度，藍色曲線代表由 2 個相交的偏光片逆時針旋轉 5 度。

如圖 6 所示，以偏光顯微鏡檢視溫度在 125°C 時的左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary, S+R)，小角度旋轉偏光片時所顯示出不同區域的對比。左邊的圖為當 2 個偏光片(Polarizer and Analyser, Polarizer 以 P 表示；Analyser 以 A 表示)，由正交 90 度順時針旋轉偏光片(Analyser) 5 度時所顯示的對比，中間的圖為當 2 個偏光片正交 90 度時所顯示的對比，右邊的圖為當 2 個偏光片由正交 90 度逆時針旋轉偏光片(Analyser) 5 度時所顯示的對比。

為了能夠更清楚地看到不同區域化合物的對比，以 ImageJ 量測圖 6 黃色方框內的區域，再將分析所得灰階度(Grayscale value)的數據繪製成曲線圖，如圖 7。

由圖 7 可明顯看出圖 6 中的左圖與右圖中各區域(S, R and Binary region)以小角度旋轉偏光片所呈現的明暗對比(灰階值越高則亮度越高；相反地，灰階值越低則亮度越低)。此種現象是由於化合物的對掌性，當以偏振顯微鏡檢測時，可觀察到其旋光特性。而當溫度在 90°C 到 120°C 之間時，亦可以觀察到類似的明暗對比，如圖 8。

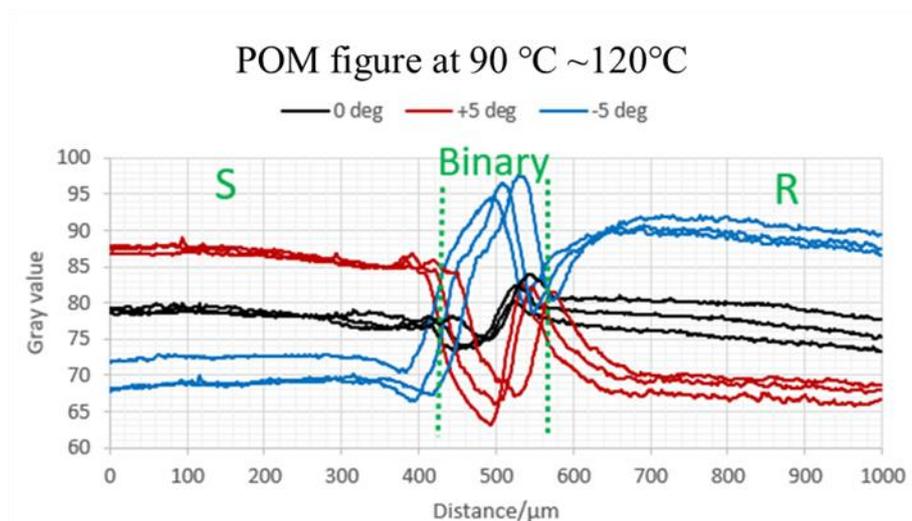


圖 8、由 ImageJ 測得左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary S+R)於 90°C 至 120°C 透過 POM 檢測的圖。圖中黑色曲線代表兩偏光片正交 90 度，以 0 度表示，紅色曲線則代表由 2 個相交的偏光片順時針旋轉 5 度，藍色曲線代表由 2 個相交的偏光片逆時針旋轉 5 度。

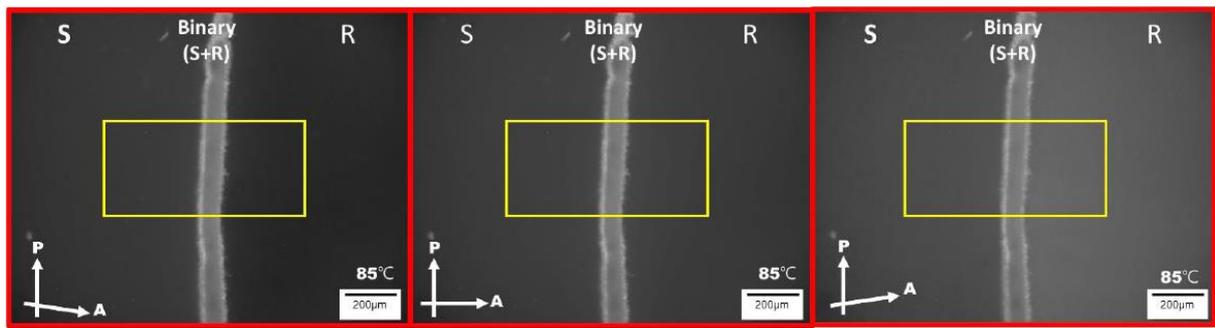


圖 9、由左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary, S+R)在 85°C 透過 POM 檢測的圖。

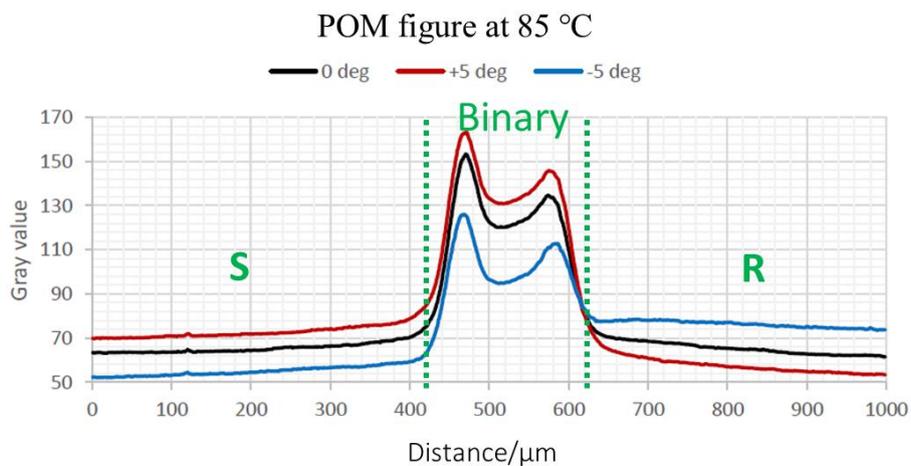


圖 10、由 ImageJ 測得左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary S+R)於 85°C 透過 POM 檢測的圖。圖中黑色曲線代表兩偏光片正交 90 度，以 0 度表示，紅色曲線則代表由 2 個相交的偏光片順時針旋轉 5 度，藍色曲線代表由 2 個相交的偏光片順時針旋轉 5 度。

有趣的是，在圖 9 及圖 10 中，當檢測樣品溫度在 85°C 時，左旋(S)區域和右旋(R)區域仍可以發現類似的明暗對比度，然而在二元混合(Binary)區域明暗對比度已無法觀察到。反而是它的左側比右側更亮，這意味著化合物的對掌性已經消失。結合 DSC 和 SAXS 檢測結果如圖 5 表示，化合物在 85°C 下應該是對掌性立方相，然而，由圖 9 及圖 10 觀察到的現象並非如此，因此推測二元混合物中的相態可能開始發生了變化。

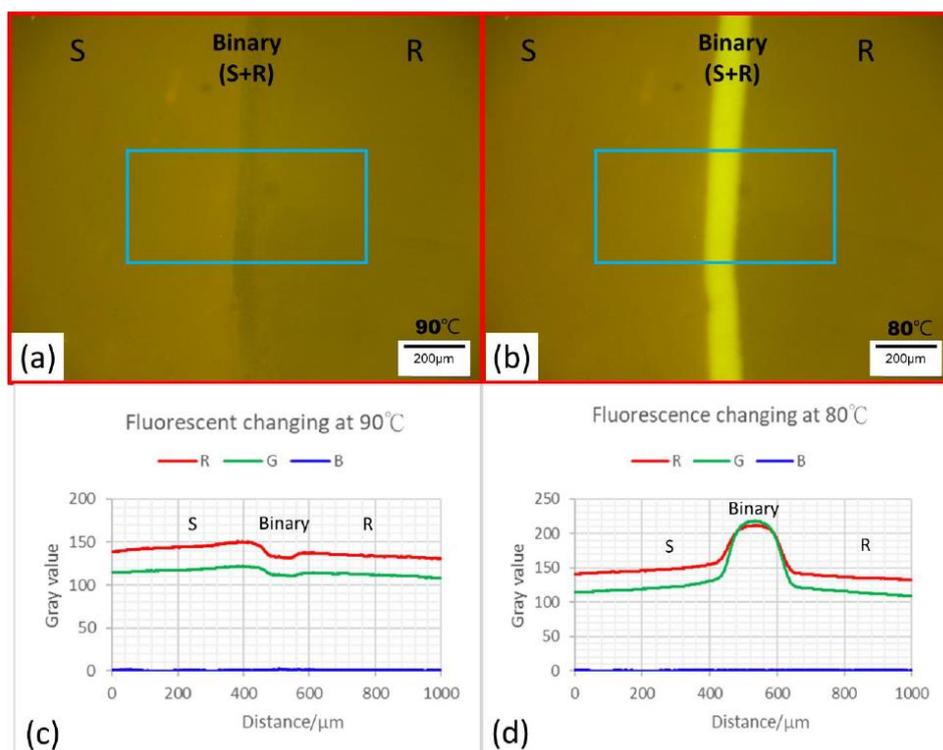


圖 11、由 ImageJ 測得左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary S+R)於 90°C 和 80°C 檢測螢光效應(Fluorescent effect)的圖。圖(c)及圖(d)中紅色曲線代表紅光，綠色曲線代表綠光，藍色曲線代表藍光。

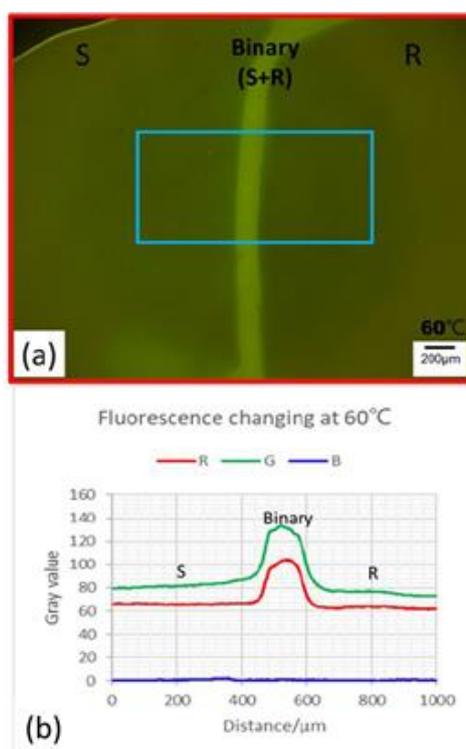


圖 12、由 ImageJ 測得左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary S+R)於 60°C 檢測螢光效應(Fluorescent effect)的圖。

圖 11 及圖 12 為左旋(S)、右旋(R)化合物及其二元混合物(Binary, S+R)隨溫度的變化而產生不同的螢光效應。在圖 11(c)中，紅色和綠色的曲線沒有明顯的波動。然而，在圖 11(d)和圖 12(b)中可以發現，中間區域(Binary)部分在紅光和綠光曲線中可觀察到明顯的波峰。由此假設二元混合物在 85°C 時開始發生相變，而圖 10 的結果可以支持此假說，這可能是因為化合物開始部分結晶，因此化合物的分子結構開始變得較為剛性(rigid)，使紅光及綠光的強度更高。

對於典型的液晶類型，它們的分子結構與化合物形狀類型高度相關。然而，由於目前對立方相液晶的了解並不多，是因為它的分子結構不容易通過化合物形狀類型預測。因此，近年來各種立方相液晶受到越來越多科學家的關注。

透過此份報告，可以對對掌性雙連續立方相液晶(Chiral bicontinuous cubic phase liquid crystal)形成的主要變因有更多的認識。而溫度、分子結構特徵如共振結構等皆屬形成雙連續立方相液晶的重要因素。

參、疫情影響

一、政府處置

英國依各地區(英格蘭、威爾斯、蘇格蘭及北愛爾蘭)有不同的防疫規定，以居住的英格蘭地區，也是人口數最多的地區為例，由於 2020 年秋季，氣候日漸寒冷，英國 COVID-19 疫情確診人數急遽攀升，政府宣佈 11 月 5 日至 12 月 2 日，英格蘭地區實行第二次封城，除學校、大學和超市等生活必要場所保持開放之外，酒吧、體育館、非必需品商店將關閉，且非必要旅行也都禁止，也不允許室內集會。而第二次短暫的封城並無法有效控制疫情，故於 2021 年 1 月 4 日起實施第三度封城，除必要民生需求外，避免外出。直至疫情較為趨緩且疫苗施打率提高後，依情況實施四階段逐步解封，於 6 月 21 日全面解封，解除強制佩戴口罩、保持社交距離等防疫措施，居民可正常生活及旅遊。

二、 醫療支援

英國亦有類似於台灣的健保制度的醫療保險(NHS)，辦理簽證時亦須同時繳納醫療保險費用約 900 多美元。居民可於住家附近的醫療機構註冊 GP(全科家庭醫生)，享有除牙科及眼科外的免費就診服務，英國看醫生屬於預約制，也因疫情，若有就診需求可於 NHS app 上預約看診，或是直接打電話預約，若非必要則以電話問診。NHS 亦提供公費疫苗施打、公費居家快篩檢測包(rapid lateral flow test kit)領取，以及公費核酸檢測(PCR test)服務 (若有出現疑似 COVID-19 症狀，或符合必要條件的人員，如醫護人員有檢測需求、接觸過檢測呈陽性的人等可申請)。

三、 校園影響

配合政府方針及對高等教育的防疫建議，封城期間，學校大部分設施均關閉，僅開放部分的自修空間，為保持社交距離，開放的座位數有限，若有使用需求必須提前預約。而大多數教職員改成居家工作，使得作業處理效率比往常等待時間更長。

課程部分全學年主要為線上方式進行，從課程、期末測驗到作業繳交等均是透過 Blackboard 平台完成，講義、學習資源可隨時存取，而即時線上問答課程也可同步錄製，供學生複習或是在不同時區遠程學習的學生彈性安排時間觀看。

四、 生活影響

封城期間，生活必要的店家仍正常營業，結帳付款時大多透過自助結帳機，減少收銀員結帳及現金支付，減少接觸病菌的機會。各大超市亦提供線上訂購及宅配服務，生活用品也可透過多種網路購物平台獲得，可滿足基本生活需求。

肆、心得

赴國外進修碩士期間，經歷英國疫情嚴峻時期與逐步穩定至解封的後疫情階段，無論是外在的環境因素或心理層面的影響，均受到莫大的衝擊，感受十分深刻，以下就求學過程及心理調適兩個面向簡述心得：

一、 求學過程

疫情期間，依照各專業課程的性質，學校仍有限度的開放面對面授課方式，惟工程科系非屬必要面授課的性質，故均以線上方式進行，雖然線上課程免除通勤的時間，預先錄製好的課程影片可讓遠程學習的學生不受時區因素限制，可更彈性安排時間，提供許多便利性，也因此，未能有機會與同科系同學認識研討或交流學習上的困難，近乎只能獨自研讀。

對於實驗室的課程，課程進行期間恰巧處於解封狀態，主要分成兩種模式進行：親自赴實驗室操作，或者參與虛擬實驗，虛擬實驗即是觀看教授如何作實驗，並依提供的實驗筆記據以撰寫實驗報告。而隨著政府對於防疫措施逐漸鬆綁，校方仍採取較嚴謹的態度，以確保師生的健康。因各教授實驗室的條件不同，多數實驗室未能如期開放給學生實作。論文須進行的實驗及數據收集，以職的狀況為例，實驗結果由指導教授提供，再據以分析數據。學習體驗雖部分實施方式簡化，惟多數未能實際操作，保留大量想像空間，亦提升學習難度。

因疫情影響，大多數學生於自己住家或自己的國家遠程學習，學校提供許多資源供學生運用，如可透過遠端連線至學校電腦，使用學習輔助軟體及繪製軟體等多種合法授權軟體，相當便利。學校亦設有語言學習中心(ELTC)，提供免費學習課程可選修，而系上亦提供部門語言課程(DLP)，DLP 課程主要教導如何撰寫科學實驗報告、論文等學術文章，並協助指導文法或提供寫作的邏輯、思考方向等建議，對於學習上有很大的幫助。

二、 心理調適

對於初次至國外求學的國際學生，對外國的氣候、環境、文化及教育方式等不適應，以正常情況本就需要一段時間的調適。而加上因疫情的封城政策，又值

晝短夜長的冬天，下午約 3 至 4 點左右就天黑，種種外在及內在因素疊加，更加容易出現情緒低落的狀況，使得心理健康更是需要重視的課題。無論是學校或是政府機構均相當注重心理健康的問題，提供許多管道自助或協助。學校設有心理健康支持部門提供協助、心理健康的工作坊可參與，也有許多自助或是外部資源可運用。並可適時透過醫療機構，如 GP(全科家庭醫生)，尋求專業協助。

伍、建議事項

- 一、 經由此次進修，綜觀台灣與英國兩國對於疫情採取不同的措施、學校因應疫情的彈性教學方案等，面對諸多變化與不確定性的環境，應適時調整因應的作為，保持處事彈性及靈活性，方能面對劇變的環境。
- 二、 本廠生產產品項特殊，對於機具設備要求較高，目前時值遷廠新建時期，多數機、儀具向國外採購，相關技術資料及維修保養手冊等說明資料亦多數以外文呈現，建議以經費允許的前提下，持續鼓勵及派遣軍(士)官赴外進修，培養專業人才並提升外語能力，開拓視野，培養宏觀、邏輯性思維及獨立思考能力，吸收值得學習的作法並靈活運用，以提升本廠生產能量。
- 三、 隨著尖端科技發展，軍事武器越來越先進，提高國家防禦能力的同時，也應同時考量研發生產的武器對環境造成的負擔，而綠色武器亦是未來發展的趨勢。建議鼓勵軍(士)官利用公餘時間進修，不論針對專業課程進修，抑或多方汲取新知，思考產品所採用的材質及材料、生產製造方式，以及生產餘料處理等減少對環境的負荷，亦可改善生產過程中因有害物質或不良的作業環境，產生對操作人員長期健康的隱憂。