

出國報告（出國類別：專題研究）

槍擊案現場處理及鑑識

服務機關：臺北市政府警察局

姓名職稱：林文煜 巡官

派赴國家：美國

出國期間：94.03.24~94.03.26

報告日期：94.09.10

摘 要

槍擊案現場與一般刑案現場主要的差異在於槍枝與彈藥兩項物件的涉入，是故整個犯罪過程中所衍生之槍枝、彈藥、人體、物體等多角關係，無形中增添現場處理及證物鑑識工作的難度。審視當前國內狀況，當槍擊案件發生後，從警方初步處理員警、偵查人員、現場鑑識及實驗室鑑定人員對於跡證保存、案件偵查、現場重建及證物檢驗等工作仍有改善空間。鑑識科學的發展與槍擊案件現場處理相關知能，美國係執世界之牛耳，其在當事人進行主義的制度運作下，對於刑事物證呈堂作證的要求甚為嚴格，包含從一開始的辨識、發現、蒐集、包裝、保存、封緘、鑑定、個化、重建及呈堂作證等階段，均需受相當程度的檢驗，又美國科技發達，資源及人才豐沛，對於槍擊案件處理及相關鑑識技術經年不斷研發，因此美國的作法、制度及經驗，殊值參考與學習。

筆者職司現場勘察及證物初步檢驗工作，此次赴美研習主要目的，係對於槍擊案件現場處理及重建、顯微鏡運用於微物跡證鑑定等相關刑事鑑識技能，進行深入了解，汲取其優點以提升本局專業鑑識能力。另綜合研習所得提出三點建議：一、落實現場及證物保全觀念。二、研發微物鑑識技能並充實顯微鏡檢設備。三、賡續辦理鑑識人員專業訓練及出國研習計畫。期對國內刑事鑑識工作推展及刑案偵辦有所助益。

目 次

壹、 目的.....	03
貳、 過程.....	04
參、 心得.....	05
一、 康州刑事實驗室與紐海芬大學李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構.....	05
(一) 康州刑事實驗室簡介.....	05
(二) 紐海芬大學李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構簡介.....	06
(三) 研習內容及心得.....	07
1. 槍擊案現場處理及鑑識.....	07
2. DNA 實驗室參訪.....	23
3. 微物跡證部門—毛髮顯微鏡檢.....	25
(四) 國內外情形比較.....	36
二、 伊利諾州芝加哥市麥克隆研究機構.....	39
(一) 麥克隆研究機構簡介.....	39
(二) 研習內容及心得.....	39
1. 顯微鏡基本原理.....	39
2. 偏極光顯微鏡基本原理.....	41
3. 偏極光顯微鏡各種操作方式及應用.....	42
(三) 國內外情形比較.....	49
三、 賓州伯明罕市黎海顯微鏡學校.....	50
(一) 黎海顯微鏡學校簡介.....	50
(二) 研習內容及心得.....	50
1. 掃描式電子顯微鏡的原理.....	50
2. 二次電子 (Secondary Electrons) 與訊號偵測.....	52
3. 背向散射電子 (Backscattered Electrons) 與訊號偵測.....	53
4. X 光射線光譜測量 (WDS 與 EDS)	53
(三) 國內外情形比較.....	55
肆、 建議事項.....	57
一、 落實現場及證物保全觀念.....	57
二、 研發微物鑑識技能並充實顯微鏡檢設備.....	58
三、 廣續辦理鑑識人員專業訓練及出國研習計畫.....	58
伍、 附錄.....	60
陸、 參考資料.....	62

壹、目的

本次出國研習項目為槍擊案現場處理與鑑識，槍砲與刀械向來被認為屬於殺傷力高、可致人重傷或死亡之武器，為維護社會秩序、保障人民生命財產安全，我國以槍砲彈藥刀械管制條例及相關法令來限縮並管制人民任意製造、販賣及持有等行為，而槍擊案現場與一般刑案現場主要的差異便在於槍枝與彈藥兩項物件的涉入，是故整個犯罪過程中所衍生之槍枝、彈藥、人體、物體等多角關係，無形中增添現場處理及證物鑑識工作的難度。

依據警政署歷年來統計國內全般刑案數量分析資料可見，槍擊案件所佔比例不高，與美國境內槍擊案件數量相去甚遠，審視當前國內狀況，當槍擊案件發生後，從警方初步處理員警、偵查人員、現場鑑識及實驗室鑑定人員對於跡證保存、案件偵查、現場重建及證物檢驗等工作仍有改善空間。刑事鑑識科學的發展與槍擊案件現場處理相關知能，美國係執世界之牛耳，其在當事人進行主義的制度運作下，對於刑事物證呈堂作證的要求甚為嚴格，包含從一開始的辨識、發現、蒐集、包裝、保存、封緘、鑑定、個化、重建及呈堂作證等階段，均需受相當程度的檢驗，又美國科技發達，資源及人才豐沛，對於槍擊案件處理及相關鑑識技術經年不斷研發，因此美國的作法、制度及經驗，殊值參考與學習。

成功的槍擊案勘察來自現場查訪、現場處理、傷勢或屍體檢驗、實驗室證物鑑定及重建等工作的完備，筆者職司現場勘察及證物初步檢驗工作，此次赴美研習主要目的，係對於槍擊案件現場處理及重建、顯微鏡運用於微物跡證鑑定等相關刑事鑑識技能，進行深入了解，汲取其優點以提升本局專業鑑識能力。

貳、過程

本次出國研習主要地點係以美國康州紐海芬大學 (University of New Haven) 李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構 (The Henry C. Lee Institute of Forensic Science) 及康州刑事實驗室為主，觀摩實習機構選定伊利諾州芝加哥市麥克隆研究機構 (McCrone Research Institute) 及賓州伯利恆市黎海顯微鏡學校 (Lehigh Microscopy School) 所舉辦之訓練課程參加，並透過李博士及友人安排參觀紐約市警察局刑事實驗室及約翰傑刑事司法學院。研習內容茲分述說明如下：

- 一、 紐海芬大學李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構之研習項目
 - (一) 槍擊案件現場重建及鑑識 (Shooting Reconstruction)
 - (二) 犯罪現場分析與重建 (Crime Scene Analysis and Reconstruction)
 - (三) 潛伏跡證的偵測與強化 (Detection and Enhancement of Latent Evidence)
 - (四) 進階指紋比對方法 (Advanced Fingerprint Comparison)
 - (五) 掌紋鑑定 (Palm Print Identification)
 - (六) 從著名案件學得的經驗與教訓”研討會 (Markle Symposium and Workshop - “Lessons Learned from Famous Cases”)
- 二、 前往康州刑事實驗室研習射擊殘跡分析、纖維及毛髮檢驗、DNA 鑑定及槍枝號碼重現等採證技術。
- 三、 伊利諾州芝加哥市麥克隆研究機構研習偏極光顯微鏡學課程。
- 四、 黎海顯微鏡學校研習掃描式電子顯微鏡及 X 光顯微分析技術。

由於出國研習訓練的機會甚為寶貴，因此在有限的時間內，本人竭盡所能，不辭辛勞的完成各項專業訓練，成功取得專業證書計有 10 張，更利用夜間至紐海文大學鑑識系碩士班旁聽相關課程，相信此次赴美研習有助未來槍擊案現場處理及鑑識技術提升，並增加本局鑑識公信力及專家出庭作證之資格。

參、心得

2005年3月24日離開服務已六年的臺北市政府警察局刑事鑑識中心、離開摯愛的家人、離開熟悉的土地芳香，獨自搭乘長榮班機啟程赴美，開始三個月研習的序章，隨著機身緩緩加速，回想規劃行程之初，毫無頭緒，半夜打電話聯繫外國人之際，緊張發抖，此刻終於克服重重困難，即將前往嚮往已久的國度，我期許自己這一趟研習之旅機會難得，一定要努力學習，進而返國可以應用所學。以下便是個人於美國三個月研習所學所見，盼能提供予國內之刑事鑑識些許幫助。

一、康州刑事實驗室與紐海芬大學李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構

(一) 康州刑事實驗室簡介(1)

在1935年，康乃迪克州警察部門之資深委員 Anthony Sunderland 在州立警察局設立一個專職鑑定的機關，開始建立指紋及照片檔案。在1941年，州的立法院制訂了法案，認可該鑑定局為該州之鑑定機關。在那時刑事鑑識之業務僅限於指紋及照片而已。1975年，在警察局中另獨立成立一個犯罪實驗室。在那時實驗室中已包含指紋、槍彈/工具痕跡、測謊、聲紋、文書鑑定、血清學、微物及照相等八個部門。在1979年，犯罪實驗室正式更名為康乃迪克州立刑事科學實驗室，該實驗室應用先進之刑事鑑識技術，而李昌鈺博士為其首席專家。為了容納擴充之設備，實驗室區分為二大部門。(1) 刑事犯罪學部門：其中包含血清學、儀器測試、微物及縱火等及(2) 鑑定部門：其中包含指紋、槍彈/工具痕跡、測謊、聲紋、文書鑑定及照相等。1982年，康乃迪克州州議會頒訂一項州法案，其中州立實驗室被賦予四項主要功能，為了達成此項目標及因應州政府執法之需求，其他的部門陸續增加。目前實驗室共有37個行政及科學人才，分別負責以下業務：指紋、文書鑑定、印痕、槍彈及工具痕跡、照相、化學、縱火調查、儀器測試、微物、生化、DNA、影像分析及重建等。目前實驗室每年的預算皆超過三百萬美元，其中80%為人事費用。

刑事實驗室在去年總共自約八千件的刑事案件及其他特殊案件中做了約五十萬項之證物檢視，這些檢驗項目之要求由147個警察分局、179個消防局、12個州立警察隊、12個公設辯護人機關、14個州立檢察署及25個其他機構提出申請。除此之外，有獨立的部門調查和警察有關的槍擊案件，且實驗室也協助其他聯邦，州及地區

的執法機關進行相關調查。此外，實驗室已在去年擴充幾個關於電腦分析的計劃，包括一個區域及國家級的性犯罪資料庫(CODIS)、自動指紋分析比對系統(AFIS)及彈頭/彈殼資料庫(NIBIN)。藉著在實驗室檢視證物，將資料輸入資料庫搜尋的結果，許多之前無法破案之案子皆因此破案。目前的創新作法包括緊急的檢視及分析可疑生化武器證物，目前為止，已有超過 350 件案子和槍彈資料庫有聯結，而在文書鑑定方面，對於稅務局之樂透卷之鑑定，已有制訂相關準則，在時間及資源之允許之下，已有許多陳年舊案經由新之鑑驗技術獲得解決，並且鑑定出許多犯罪者，也為許多受冤獄者洗清冤屈。

此外實驗室人員也積極參與社區活動，刑事科學實驗室持續在性犯罪物證蒐集標準化委員會中扮演重要角色，且持續訓練職業安全及執法人員在性侵害案件中之蒐集證物及紀錄。其他還有一些訓練提供予地區偵查員、火災調查員、公設辯護律師、地方高中、大學及其他州立機關等。除此之外，實驗室還會為各地區之警校開設訓練班，為了堅守專業，實驗室人員更在去年發表數篇研究文章及案例研究。

(二) 紐海芬大學李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構簡介 (2)

李昌鈺刑事鑑識機構附屬於紐海芬大學內，創建於 1998 年秋天，李昌鈺博士為其創辦人，他是享譽國際之刑事鑑識專家，自 1975 年開始便在紐海芬大學任教，於任教期間將紐海芬大學的刑事鑑識課程成為最有名的課程之一，這些努力使得刑事鑑識機構在成立後，能有足夠的能力及技術，訓練刑事鑑識人才。

李昌鈺刑事鑑識機構使得康乃迪克州成為公共安全及刑事鑑識方面之領導者，能整合關於刑事鑑識之各項研究、訓練、測試、諮詢及教育等。該機構將學者、學生、刑事鑑識科學家、法律機構及許多專業領域的專家連結整合，協助處理關於刑事鑑識之科學上或人文上之爭議，以提供解決全世界刑事鑑識及刑事司法系統所面對的問題，透過訓練、諮商、研究及公共訓練中心，該機構之目標是透過更正確、更有效率的現場調查及預防犯罪措施使得刑事司法系統能更有效率地運行。

目前該機構為一些執法機關、消防機關、公共安全部門、司法機構及各地區之刑事鑑識單位、刑事偵查單位等提供高階的研究生訓練、研習會及座談會等，其中一個重要的研討會便是每年舉行之阿諾德馬克研討會，該研討會是為了紀念前州檢察官阿諾德馬克，他在執法機關之法律教育上貢獻他一生的時間，目前在網站上也可以找到相關課程。目前該機構所提供的專家名單讓執法機關及律師對

於有關刑事鑑識各方面科學上的疑問及法律疑義提供諮詢的服務。至於一些研究方面，包含刑案現場調查、生物特徵鑑定、DNA 及其他生物證物、刑事電信通訊學及網路犯罪等。

(三) 研習內容及心得

1. 槍擊案現場處理及鑑識

槍擊案現場重建就是運用科學與邏輯來分析整個槍擊案的過程，所以槍擊案現場處理首重證物完整的保存及正確的採取方式，然後透過實驗將證物型態的分析或鑑定的結果提供做為重建之基礎，進而產生假設，若假設能經過一連串科學與邏輯的驗證，則完成重建工作。研習的內容主要以彈道重建技術、射距的研判及射擊殘跡的採取及分析為主軸。

1.1 彈道重建技術

透過彈道重建技術，勘察人員首先針對槍擊案現場中發現的可疑彈孔做完整的紀錄，然後初步研判這些彈孔何者為射入孔、何者為射出孔，接著運用一些工具來量測及重建可能的彈道方向及角度，進而研判射擊者或被射之人或物的位置，甚至能判斷每一彈道產生之先後序。

1.1.1 可疑彈孔照相紀錄 (3)

照相與紀錄是任何槍擊案現場重建前的首要工作，發現數個彈孔時，照相工作應注意事項：

- 入射面與射出面原始態樣，全景及中景，可了解數個彈孔相關位置及分布情形。
- 放置標示尺於彈孔附近，標示尺距離不宜離任一彈孔過遠。
- 放置標示尺於垂直向可記錄彈孔高度位置，水平向可記錄彈孔間水平距離。
- 放置箭頭貼紙以標示何方向為北方或上方或前方，以利日後透過相片即可觀察彈孔形成的原始方向及位置。
- 各彈孔近照時除可放置比例尺外亦可貼上標示貼紙，可將案號、案名、彈孔或證物編號等相關資訊書寫其上，透過照相方式一併記錄留存。
- 當數個彈孔可能由同一個彈道所產生時，彈孔編號方式可以 A1、A2、A3 依序編起，A1 為子彈起初射入被射物所產生之彈

孔，A2 為子彈射穿被射物後產生之射出口，A3 為子彈繼續前進射入第二被射物所產生的第二射入彈孔。

- 比例尺位置以照片中可以輕易推算對照彈孔大小為宜。
- 近照技巧如一般物證照相，鏡頭與彈孔平面呈垂直關係，或機身平面（底片面）與彈孔平面呈平行關係。
- 盡量使彈孔佈滿整張照片，照片上大而清晰的彈孔利於之後的檢視及重建等工作。
- 彈孔的量測除紀錄大小、形狀外，可記錄寬度及長度，寬度除以長度所得之正弦值可推算射角。

1.1.2 量測彈孔形狀研判入射角度 (4)

- 彈孔形狀（射穿）的分類
 - ◆ 圓形（Circular）：子彈以 90 度角垂直被射面射入。
 - ◆ 橢圓形或卵形（Oval）：子彈以小於 90 度角射入被射面，通常入射角度越小，彈孔形狀越呈橢圓形狀。
 - ◆ 不規則形（Nondescript）：由破損不完整的彈頭射入所造成，此種情形產生之彈孔較難推算精確的入射角度。
 - ◆ 方形（Rectangular）：通常是翻滾的彈頭（tumbling projectile）射入被射物表面所造成，此種情形產生之彈孔較難推算精確的入射角度。
- 彈孔形狀（未射穿）的分類
 - ◆ 圓形（Circular）：子彈以 90 度角垂直被射面撞擊，但未射入。
 - ◆ 橢圓形或卵形（Oval）：彈頭撞擊被射物表面後即偏離彈開，通常入射角度小於 15 度。
 - ◆ 不規則形（Nondescript）：由破損不完整的彈頭撞擊但未射入所造成，此種情形產生之彈孔較難推算精確的入射角度，常見於彈頭先行射穿人體後，再撞擊被射物表面所造成。
 - ◆ 方形（Rectangular）：通常是翻滾的彈頭（tumbling projectile）撞擊被射物表面所造成，此種情形產生之彈孔較難推算精確的入射角度，常見於翻滾的彈頭以 90 度角撞擊水泥牆面所形成。

1.1.3 運用工具重建彈道並量測入射角度 (3、5)

- 發現可疑射入彈孔及射出孔時，可以金屬或木質延伸桿（probe）自射入孔插入、射出孔穿出，此延伸桿方向即為該彈道方向。【圖 1】

- 若需重建射擊者開槍時可能位置，可以細繩（string）一端固定於前述延伸桿，細繩另一端向彈道來源方向延伸，細繩上的任一位置皆有可能為槍枝擊發子彈時的位置。【圖 2】
- 若因距離過長造成細繩垂落，此時重建之彈道路徑會產生誤差，則可以三腳架固定並拉撐細繩，或以雷射光筆配合噴霧器取代細繩，製造直線前進、不歪斜的指向光束來重建彈道。【圖 3、4】
- 彈孔若位於非剛性物質上，如樹葉、窗簾或衣物，延伸桿插入後未避免晃動而影響彈道重建工作，可以膠帶或夾子等工具固定非剛性被射物。
- 延伸桿穿入及穿出彈孔時，放置位置應儘可能穿過彈孔中央處（或可能的行進方向），否則因為些微位置的偏斜或改變，會造成延伸之彈道與真實情形相差甚遠，而嚴重影響射擊者該槍位置的研判。
- 彈孔若較延伸桿直徑略大，則可以膠帶連續纏繞延伸桿來增加其直徑，避免延伸桿插入位置偏斜。
- 上述情形亦可以圓錐形塑膠栓（cone）先放入彈孔中，再以延伸桿穿過來克服。
- 若彈孔實在太大（如車窗玻璃上彈孔，彈孔周圍部分玻璃已剝離散落），則無法確定彈孔正確位置，而增加延伸桿直徑或利用塑膠栓等方式亦無法克服，此時可觀察彈孔周圍殘餘玻璃上輻射狀裂痕，擇取數條裂痕並以拉線方式重建裂痕交錯位置，即為可能的彈孔中央位置。【圖 5、6】
- 為量測彈道垂直方向的角度時，可將角度讀取器直接放在延伸之細繩或延伸桿上，所得度數即為垂直向之仰角或俯角射入角度。【圖 7】
- 水平向彈道角度無法以角度讀取器直接讀取，需以量角器等工具量測。【圖 8】
- 使用量角器應特別注意量角器上基準線與基準點是否與預重建彈孔表面及彈孔完全貼近，因為部分量角器產品下緣留有其他尺規或其他設計，使用上需特別留意。
- 由射入孔及射出孔重建彈道角度時，若無延伸桿、角度讀取器等器材設備，亦可運用紀錄射入角及射出角距基準面高度及水平距離，再配合三角函數的運用及計算即可算出彈道角度，此法雖然較為費時，但可精確算出角度，避免運用前述器材時因人為疏失所造成的嚴重角度誤差(4)。【圖 9】



圖 1、以延伸桿重建彈道方向。



圖 2、細繩一端固定於延伸桿，另一端向彈道來源方向延伸。



圖 3、可以三腳架固定並拉撐細繩

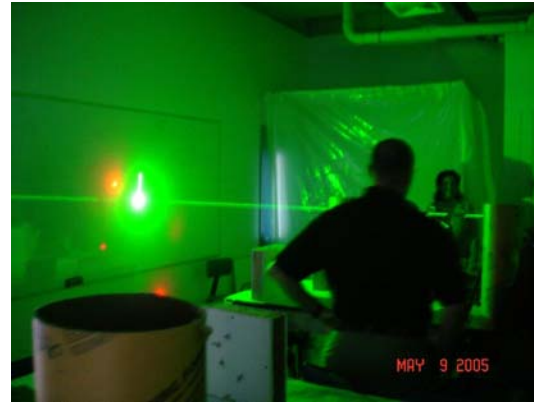


圖 4、以雷射光筆配合噴霧器取代細繩來重建彈道方向。



圖 5、觀察彈孔周圍殘餘玻璃上輻射狀裂痕。



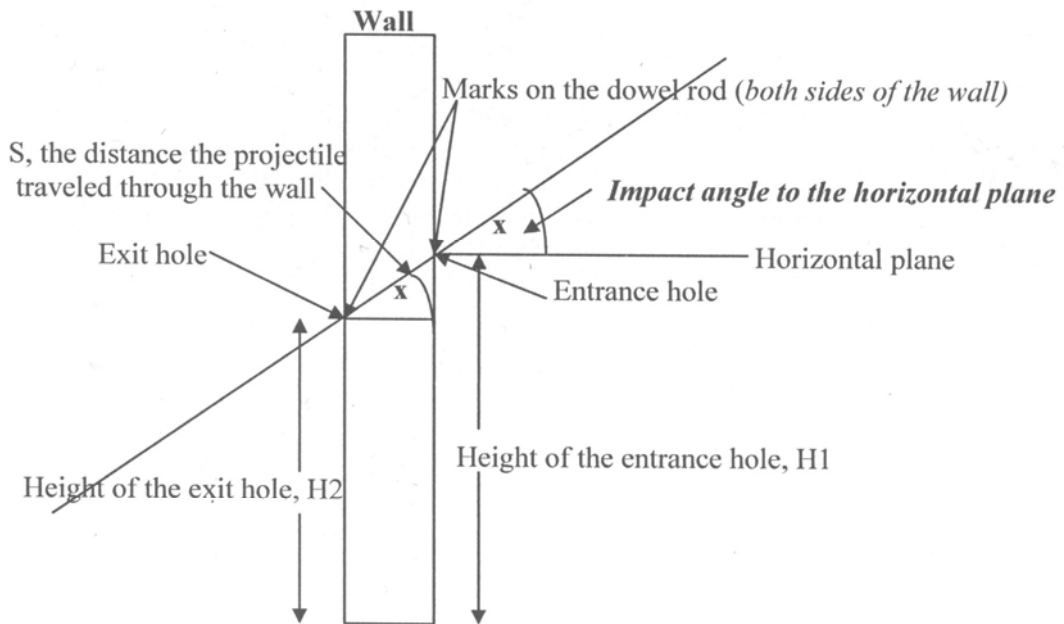
圖 6、擇取數條裂痕並以拉線方式重建裂痕交錯位置，即為可能的彈孔中央位置。



圖 7、量測彈道垂直方向的角度。



圖 8、量測彈道水平方向的角度。



Obtain the following information from the measurements to be taken:

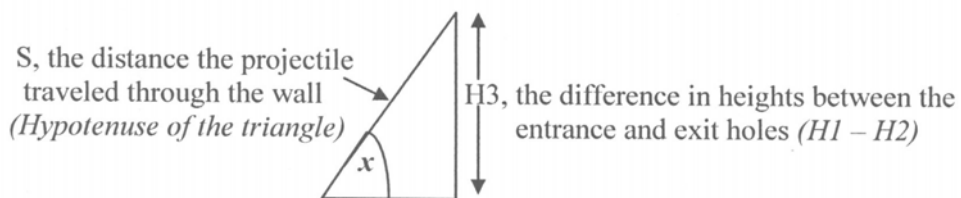


圖 9、三角函數的運用及計算即可算出彈道角度

1.2 射距的研判相關實驗

槍擊案重建的實驗課程主要是讓學員體會使用真實槍枝來擊發子彈，過程中配合所設計的不同參數，讓學員能觀察射擊中及射擊後槍枝及子彈等證物可能的情形，進而學習如何紀錄、檢視、分析、評估及重建與槍擊案有關的各種證物。

1.2.1 實驗一：子彈拋殼情形的觀察

■ 操作方式：

- (1) 射擊者單手持 CLOCK 23 手槍以立姿擊發子彈，射擊時手臂保持水平，槍枝平面與地面呈 90 度，實驗過程總計擊發 10 顆子彈，每擊發一顆子彈所拋出之彈殼均放置號碼牌以標示彈殼最後位置。【圖 10】
- (2) 操作方式同上，但射擊者以雙手持槍，共擊發 5 顆子彈。
- (3) 操作方式同上，但射擊者以蹲姿、單手持槍，共擊發 5 顆子彈。【圖 11】
- (4) 操作方式同上，但射擊者以雙手持槍，持槍平面與地面夾角約 30-45 度，共擊發 5 顆子彈。【圖 12】
- (5) 操作方式同上，但射擊者以單手持槍，手臂向上抬舉約 30 度，使得槍口向仰角約 30 度處射擊，槍面仍與地面呈 90 度，共擊發 5 顆子彈。

■ 心得：實驗結果發現以 (1)、(2)、(3) 等三種方式射擊所拋出之彈殼，最後彈殼位置均分佈在一相當之範圍內（射擊者右後方），距射擊者右側 2 (+/-0.3) 公尺、後側 1.5 (+/-0.3) 公尺；以 (4) 方式射擊，最後彈殼位置不完全分佈在前述範圍內；以 (5) 方式射擊，發現擊發子彈所拋出之彈殼多分佈在前述範圍後方（離射擊者後方較遠處）。經由前述各種不同的射擊方式所得拋殼位置結果發現，當射擊者持槍時手臂保持水平，槍枝平面與地面呈 90 度，無論是單手或雙手持槍、亦無論立姿或蹲姿，最後彈殼位置相去不遠。但當槍面與地面不呈 90 度時，拋殼窗開口角度的改變使得彈殼拋出的曲線產生差異，最後彈殼位置因此有所不同，而槍口向上射擊亦會改變拋殼曲線，據課程教授 Timothy M. Palmach 所言，槍口仰角朝上射擊常造成拋殼位置在槍口向前射擊時拋殼位置後方，槍口俯角朝下則造成拋殼位置在槍口向前射擊時位置前方。此外，拋殼位置也與使用槍枝、子彈的種類、射擊時地面材質及周圍環境有很大的關係，因此單從彈殼位置要去重建

射擊者開槍的位置必須非常謹慎，其中很多因素必須考量，往往必須以同一把槍枝、同型號子彈及在同樣的環境下多試射幾發子彈才能論斷，所測得位置亦僅為一可能射擊的區域，如同國內所發生之319總統槍擊案，李昌鈺等國內外專家在有限的資訊下，透過彈殼的位置僅能重建可能射擊者位置的熱區（hot zone），而不是一絕對的位置。

【圖 13】



圖 10



圖 11



圖 12



圖 13

1.2.2 實驗二：以散彈槍（shot gun）射擊所造成之彈孔型態研判射距

■ 操作方式：射擊者手持散彈槍，分別於槍口距被射物表面0呎、2呎、4呎、6呎、8呎等處射擊，射擊後觀察不同射擊距離所形成的散彈孔彈著痕跡分布，然後將未知距離射擊後所得散彈孔檢體與前述痕跡比較，推論可能的射擊距離。【圖 14~16】

■ 心得：不同的射擊距離造成的散彈孔痕跡各不相同，當貼射或

近距離射擊時，彈丸尚未完全分離，因此看不到彈丸所造成的小彈孔痕跡，僅看到一個主要大的彈孔痕跡，當射擊距離在 4 呎以上時，彈丸已分離因此可已看到許多個細小彈丸所造成的彈孔痕跡分布，且當射擊距離越遠，彈丸接觸被射物表面時，彈丸間彼此距離越大，所造成的彈孔痕跡分布便更廣。因此比對未知射擊距離的散彈孔痕跡與已知射擊距離的散彈孔痕跡分布型態可以研判可能的射擊距離範圍。【圖 17~19】



圖 14



圖 15



圖 16



圖 17



圖 18



圖 19

1.2.3 實驗三：以各式手槍於不同距離射擊所造成之射擊殘跡型態來研判射距

- 操作方式：射擊者分別手持 .25 Auto 手槍、.38 轉輪槍及貝瑞塔 9mm 手槍，分別於槍口距被射物表面 0 吋、3 吋、6 吋、9 吋、24 吋及 36 吋等處射擊，射擊後觀察不同槍枝、不同子彈及不同射擊距離所形成的射擊殘跡分布情形。
- 心得：
 - ◆ .25Auto 手槍不同距離射擊結果：貼射時（contact，距被射物表面 0 吋）造成被射布料產生較大的破損孔洞（呈直線狀），孔洞周圍分布有濃黑的煙暈殘跡【圖 20】。距離 3 吋時，破損孔洞較貼射時小（近於圓形），孔洞周圍分布之煙暈殘跡較貼射時淡，僅近孔洞周圍處較黑，並發現有顆粒狀之火藥殘跡分布【圖 21】。距離 6 吋時，孔洞周圍分布之煙暈殘跡更淡，而顆粒狀之火藥殘跡分布範圍較距離 3 吋時廣【圖 22】。距離 9 吋時，孔洞周圍煙暈殘跡已不復見，另同樣分布有顆粒狀之火藥殘跡，但分布範圍較距離 6 吋時廣【圖 23】。距離 24 吋時，孔洞周圍無煙暈殘跡，肉眼可見之顆粒狀火藥殘跡僅剩 2-3 顆【圖 24】。距離 36 吋時，僅見破損孔洞，無任何煙暈或火藥殘跡沾附【圖 25】。



圖 20



圖 21



圖 22



圖 23



圖 24



圖 25

- ◆ .38 轉輪槍不同距離射擊結果：貼射時（contact，距被射物表面 0 吋）造成被射布料產生較大的破損孔洞，破損處呈 T 字型，孔洞周圍分布有濃黑的煙暈殘跡【圖 26】。距離 3 吋時，破損孔洞較貼射時小（近於圓形），孔洞周圍分布之煙暈殘跡較貼射稍淡，以近孔洞周圍處最黑，整個煙暈分布範圍較 .25 自動手槍同距離射擊時廣（距離 3 吋），並發現有些許顆粒狀之火藥殘跡分布【圖 27】。距離 6 吋時，孔洞周圍分布之煙暈殘跡較距離 3 吋時稍淡，亦以近孔洞周圍處最黑，並發現有些許顆粒狀之火藥殘跡分布【圖 28】。距離 9 吋時，孔洞周圍分布之煙暈殘跡量仍不少，亦以近孔洞周圍處最黑，顆粒狀之火藥殘跡分布範圍較距離 6 吋時廣【圖 29】。距離 24 吋時，孔洞周圍已無煙暈殘跡，肉眼可見之顆粒狀火藥殘跡分布更廣，但數量變少【圖 30】。距離 36 吋時無煙暈，但分布許多黃綠色之未燃燒火藥殘跡沾附【圖 31】。



圖 26



圖 27



圖 28



圖 29



圖 30



圖 31

- ◆ 貝瑞塔 9mm 手槍不同距離射擊結果：貼射時（contact，距被射物表面 0 吋）造成被射布料產生較大的破損孔洞，破損處呈 X 字型，孔洞周圍分布有黑色的煙暈殘跡，但煙暈量未若 .38 手槍貼射時造成之煙暈濃密【圖 32】。距離 3 吋時，破損孔洞較貼射時小（近於圓形），孔洞周圍煙暈殘跡分布變廣，但已減少甚多而且轉淡，近彈孔破損處發現有些許顆粒狀之火藥殘跡分布【圖 33】。距離 6 吋時，孔洞周圍分布

之煙暈殘跡較距離 3 吋時更淡，顆粒狀之火藥殘跡分布較距離 3 吋時廣，但仍集中於近彈孔處【圖 34】。距離 9 吋時，僅在孔洞外圍分布有一圈彈孔狀圓形煙暈殘跡，顆粒狀之火藥殘跡分布範圍較距離 6 吋時廣【圖 35】。距離 24 吋時，顆粒狀火藥殘跡分布更廣，但數量變少【圖 36】。距離 36 吋時未發現任何火藥殘跡沾附【圖 37】。



圖 32



圖 33



圖 34



圖 35



圖 36



圖 37

- ◆ 綜合前述三種槍枝於不同距離射擊結果發現，當貼射時會形成很大的彈孔破損痕跡，子彈擊發時，因槍管與被射物表面接觸，使得自槍管逸散出的火藥灰煙大量蓄積於彈孔處。隨著射擊距離的增加，煙暈分布範圍會漸大，但射擊距離達 9 吋以上時，因為此時射擊距離已較遠，故煙暈幾乎消失（但.38 手槍 9 吋時仍可見部份煙暈分布）。另顆粒狀之射擊殘跡於近射時，明顯分布在彈孔周圍，單位面積內可見許多殘跡顆粒，但隨著距離的增加，殘跡顆粒分布的越廣，且單位面積內數量變少，此時因為槍口離被射物距離較遠，殘跡顆粒無法被帶到被射物表面。此外，實驗結果發現三種槍枝在相同距離射擊下，所產生之射擊殘跡及煙暈分布型態不同，因此除射距外，槍枝及子彈的種類亦是重要的影響因素，故欲由刑案現場彈孔及周圍射擊殘跡分布型態來研判射距時，應儘可能使用同一槍枝、同一型式子彈（甚至同一批次產生之子彈），透過實驗試射並建立不同射距下射擊殘跡分布型態資料，才能更精確的參照並研判現場彈孔可能在何射距射擊子彈所產生。

1.2.4 實驗四：觀察射擊所造成的前向及背向血跡噴濺痕跡

- 操作方式：海棉沾附紅墨水後立置固定於前後兩塊紙板間，其中乙項實驗將紙板分別置於海棉前、後 6 英吋位置，另乙項實驗則將紙板置於海棉前、後 12 英吋位置，射擊者手持.22 及.45 手槍朝海綿中央處射擊，使得擊發出的子彈前後依序穿過海綿後方紙板、海綿及海棉前方紙板等處，之後觀察並記錄以不同槍枝及紙板放置不同位置下，紙板表面沾附的前向及背向墨跡噴濺情形。【圖 38】
- 心得：以.45 及.22 手槍所擊發的子彈射穿沾紅墨水的海棉後，均可在海綿前方紙板產生高速的紅色墨水噴濺痕跡，其中距離 6 吋的紙板上可沾附較多量的噴濺墨跡（與距離 12 吋相較），且在彈孔周圍呈霧狀型態分布，尤其以.45 手槍所造成的噴濺痕跡最為集中且明顯分布於彈孔周圍處（距離 6 吋的紙板），距離 12 吋的紙板上紅色噴濺痕跡分布較不集中而分布的範圍較廣。至於海棉後方紙板而言（即為子彈穿過海棉之前所穿透之紙板），這些紙板上均沾附有背向墨跡分布，但這些墨水痕跡與上述前側紙板上墨跡

相較，數量及大小均減少甚多，未發現集中或霧狀的細微墨跡，此外，距離 12 吋較距離 6 吋的紙板上分布更少的墨跡。



圖 38

1.3 射擊殘跡的採取及分析

1.3.1 射擊殘跡(Gunshot Residue、GSR)定義：

當槍枝擊發子彈的同時，由底火引爆及子彈內火藥燃燒造成氣體等化學物質自槍管及轉輪等處溢散而出，這些分布在槍枝周圍或是射擊者手部等處的化學物質即是射擊殘跡【圖 39】。一般而言，射擊殘跡主要可分為二類，一為無機成份射擊殘跡，一為有機成份射擊殘跡。擊發槍枝時，撞針撞擊並引爆底火，底火爆炸使底火皿內溫度遽昇，底火所包含之各種無機成份因高熱而熔融且氣化。高熱成份在極短時間內即由導火孔進入火藥室引燃發射火藥，使溫度又升高，部分發射火藥所含之無機氧化劑也熔融而與自底火之小滴混合。上述之小滴在高溫高壓下，有些保持原大小，高速通過槍管，有些相互融合變大，有些經歷高溫高壓，變成類球形液滴。此等液滴隨著彈頭從槍口或隨著彈殼自退殼孔等其他縫隙噴射而出，此時溫度驟降，液滴急速固化成微粒，形成之物質即為無機射擊殘跡微粒。而有些未燃燒或燃燒不完全之發射火藥顆粒排到空氣中時，即因溫度及壓力降低而不再燃燒，形成了有機射擊殘跡微粒(6)。

因此射擊殘跡的來源很多，如發射火藥、底火、彈頭、彈殼、潤滑劑、槍管等。就發射火藥而言，早期是以黑色火藥（含硫、碳及硝酸鉀等成分）裝填於子彈內做為發射火藥，現今制式子彈已少見黑色火藥，多以無煙火藥替代。無煙火藥可分為單基、雙基及三基等三種，單基火藥主成分為硝化纖維，雙基火藥為硝化纖維及硝

化甘油，三基火藥則為前兩者在加上硝化胍。就底火而言，底火成分依其功能可分為起爆劑、敏感劑、氧化劑及燃料等，史蒂芬酸鉛為常用起爆劑；台塔辛、澎梯兒及三硝基甲苯為常用敏感劑；矽化鈣、硫氰化鉛及硫化銻為常用燃料；氧化劑則常用硝酸銀(7)。



圖 39、槍枝擊發子彈時所造成火藥灰燼等射擊殘跡的逸散
(來源：<http://www.tritechusa.com/kits/GSR.htm>)

1.3.2 射擊殘跡之採樣與鑑定

射擊殘跡之採樣方法有石蠟採取法、薄膜採取法、擦拭法、洗滌法、膠帶黏取法及真空吸取法。現行常用的採樣方法為擦拭法及膠帶黏取法，擦拭法係以棉棒沾取稀酸或水後，在涉嫌擊發槍枝人的手部反覆擦拭，將射擊殘跡轉移至棉棒上。膠帶黏取法的設計係針對後續使用掃描式電子顯微鏡為鑑定工具時所需，以固定在鋁座上的雙面膠或雙面碳膠黏取擦拭欲採樣表面，可採取無機或有機射擊殘跡微粒，其中無機射擊殘跡微粒可以掃描式電子顯微鏡/X射線能譜分析法分析，有機射擊殘跡微粒可以實體顯微鏡配合各種層析法分析(8)。

射擊殘跡的方法則有呈色試驗、中子活化分析法、原子發射及原子吸收光譜法、陽極剝落伏安法及掃描式電子顯微鏡/X-射線能譜分析法，其中呈色試驗為初步試驗，僅針對射擊殘跡中特定有機成分或金屬元素進行反應，且易受環境背景值干擾，故結果不可直接用來判定有無射擊殘跡，尚需以感應耦合電漿光譜(ICP-AES)或電子顯微鏡(SEM/EDX)等儀器，針對特性元素做定性及定量分析方能斷定(8)，因此呈色試驗僅為初步試驗，一般用來作為射擊距離研判。

常用呈色試劑如格里斯試劑(Griess reagent)，其反應機制及原理為此試劑可與硝基或亞硝基反應，因有機射擊殘跡中主要成份均含硝基，或分解產生的亞硝基，故利用此試劑可用來偵測有機射擊殘跡，操作方法為先將試劑吸附於相紙上，再將相紙試劑面與可

疑被射物彈孔周圍直接接觸，並在酸性環境（如 15%醋酸）下加熱（透過熨斗壓印的方式），若含硝基相關化合物則會在相紙上產生橘色的呈色反應，亦可觀察及比較呈色之分佈範圍及密度。還有 Sodium rhodizonate 試劑，其反應機制及原理為此試劑可與無機射擊殘跡特性元素（鉛離子）反應，操作方法為以浸有醋酸鈉的濾紙或顯影相紙接觸壓印可能含有射擊殘跡之表面，然後在此濾紙或相紙先噴上 Sodium rhodizonate 試劑，接著噴上緩衝溶液（以 sodium bitartrate 及 tartaric acid 配置，pH=2.8），最後噴上稀鹽酸，反應結果若呈紅紫色，則表示含有鉛離子成分。triphenylmethylarsonium iodide 試劑則可與三價銻離子反應，生成橙色沈澱，此反應特異性及靈敏度皆高。另外 DTO (rubeanic acid) 試劑可檢測銅包衣彈頭遺留在被射物表面的銅微粒，操作方法為以 12% 氨水將濾紙潤濕，然後將濾紙覆蓋在可疑孔洞外緣約 1 公分的區域 3 分鐘，移離濾紙並在濾紙上滴上 1% rubeanic acid 的酒精溶液，如果有橄欖綠斑點出現，就表示其中含銅成分。

職於康州實驗室研習及李昌鈺博士刑事鑑識訓練機構上課時，發現美國執法單位開始廣泛使用另一種相關的呈色試劑，此試劑非針對槍枝射擊後的射擊殘跡做反應，而是能偵測身上曾持有槍枝（或刀械等金屬工具）之嫌疑人，其殘留在手部或衣物上微量的金屬。以槍枝為例，操作方式就是將此 Trace Metal Detection Technique (TMDT) 試劑噴在欲檢測表面，此表面可以是涉嫌人手部、或是可能與槍枝接觸的手套、衣物口袋或口袋下皮膚，略微風乾 2-3 分鐘後，再以短波紫外光照射，此時除了可見淡黃色的背景螢光產生，若檢測表面另含鋼/鐵成分則會產生黑紫色螢光、含黃銅/銅成分則會產生紫色螢光、含鍍鋅的鐵成分則會產生亮黃色螢光、含鋁成分則會產生暗黃色螢光、含鉛成分則會產生肉色螢光，其螢光產生的位置、大小及型態與涉嫌人手持或接觸的金屬物品有高度關連性，有時根據所產生螢光的型態等資訊即可推斷金屬材質物件可能為何，而初步研究亦發現，與金屬接觸的時間越長或手持較重的金屬，使用 TMDT 試劑檢測可產成較強的螢光反應，甚至接觸槍枝後 36-48 小時，仍有機會檢測出金屬螢光反應(9)。

康州實驗室針對射擊殘跡的鑑定，現行作法為先以 ICP-AES 鑑定，若 ICP-AES 所得結果有疑義，再進行 SEM/EDX 鑑定，因此警方採取射擊殘跡時，需先以碳膠黏取嫌犯手部射擊殘跡，然後再以沾稀酸之棉花擦拭嫌犯之手部，之後將碳膠鋁座及棉花棒一併送交實驗室鑑定。

2.DNA 實驗室參訪

康州實驗室生物部門 (Forensic Biology Section) 目前共有DNA分析儀 5 台，其中型號DNA3100 分析儀採用Applied Biosystems公司 AmpFI STR Identifiler™ PCR Amplification Kit 商用鑑定套組來進行建檔工作，此鑑定套組可在一次反應中同時擴增 15 組STR基因位 (D8S1179、D21S11、D7S820、CSF1PO、D3S1358、TH01、D13S317、D16S539、D2S1338、D19S433、HumVWA、TPOX、D18S51、D5S818、HumFGA) 及Amelogenin性別基因序列，因此鑑定結果可涵蓋美國聯邦調查局所採用建立罪犯DNA資料庫之CODIS (Combined DNA Index System) 13 組STR基因【圖 40】，利於後續資料的連結與分析。實驗室人員依標準作業流程來處理每一個生物跡證，與微生物跡證部門一般，針對待鑑定之跡證首要步驟便是完整的觀察與翔實的紀錄，接著才進行後續的實驗步驟，以下為整個實驗的步驟：

- Evidence Documentation—work sheet
- DNA Extraction
- Yield Gel
- Quantitation—Aluquant (Promega)
- PCR
- Amplification Product Gel (12cm, 1% Acrylamide Gel)
- Analytic Gel (36cm, 4.5% Acrylamide Gel)
- Analysis & Interpretation—Genescan & Genotyper software
- 2nd Analysis
- Report Writing & Review

職於實驗室研習時，仔細觀察鑑定人員操作上述每一個步驟，發現康州實驗室 DNA 部門自從加入實驗室認證機制後，除了實驗室的空間規劃、證物的放置及鑑定的過程避免樣品交互污染 (contamination) 的可能外，整個鑑定過程每一步驟均設計有三種控制樣品 (control sample)：負控制樣品 (negative control)、正控制樣品 (positive control) 及試劑控制樣品 (reagent control)，雖然實驗過程中加入此三種樣品，無形中增加每一個檢體鑑定的成本，但是如此嚴謹的設計，可以確保每一個步驟試劑、儀器及操作方法正確無誤，如果發現控制樣品出現特殊結果，也能很快的找出整個鑑定過程哪一個步驟出問題，最後的鑑定結果可信度因此很高且不受質疑。

至於聯邦調查局 FBI 所建構的 CODIS 系統僅記錄需進行比對的資料，包括樣品名稱、實驗室名稱、分析人員及對偶基因型別等。CODIS 並不紀錄犯罪人前科資料、社會安全碼或其他隱私資訊，此系統有兩個索引資料庫。一個為罪犯資料庫（The Convicted Offender index），包含已判決確定的重大性犯罪人犯（包含其他的暴力前科犯）DNA 資料；另一個則為刑案證物資料庫（The Forensic index），包含現場證物的 DNA 檔案。而且 CODIS 系統是屬於網絡式的資料庫，它可分成三大層級：地方層級（local）、州層級（state）及國家層級（national），各索引系統及人口族群資料皆存放於每個層級中。以架構而言，地方級的 DNA 資料庫（the Local DNA Index System，簡稱 LDIS）安裝於當地警察局、警長辦公室或州警察局的犯罪實驗室中。此資料庫可與該州其他安裝 CODIS 系統的實驗室彼此連結與分享，並可將 DNA 檔案上傳至州級資料庫中（the State DNA Index System，簡稱 SDIS），在州的架構下亦可進行州內實驗室間搜尋、比對的工作。因此 DNA 檔案可透過不同的實驗室相互傳送、比對，而各州的管理人員也可相互分享資訊，並上傳至國家級的 DNA 資料庫（the National DNA Index System，簡稱 NDIS），成為一個完整的 DNA 資料庫網路。近年來 NDIS 甚至可將 DNA 資料送至香港、英國等其他國家做進一步的搜尋及比對。

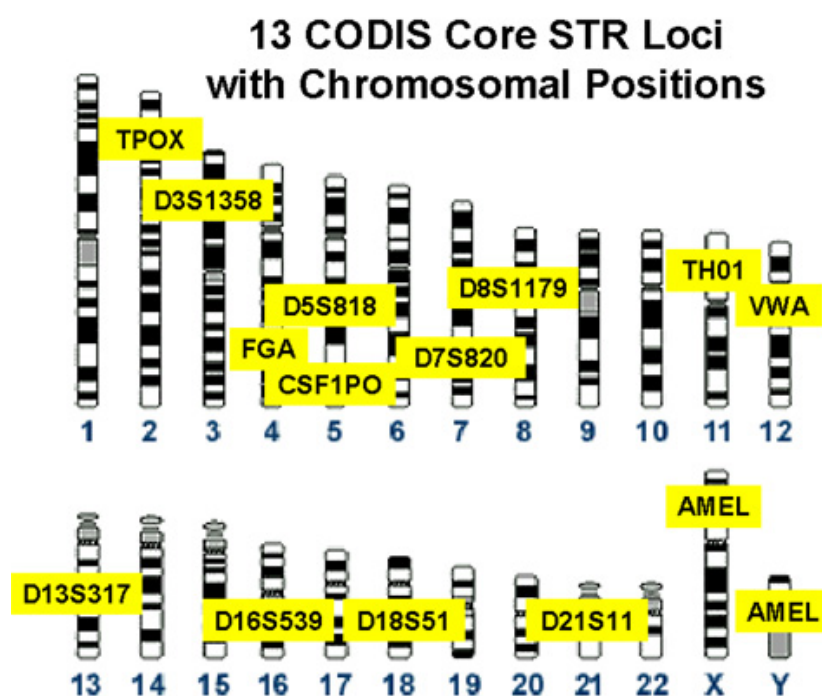


圖 40、CODIS 基因位

3. 微物跡證部門-毛髮顯微鏡檢

毛髮證物常見於各類刑案現場中，人類毛髮及動物毛髮的鑑定可以提供犯罪過程中，嫌犯、被害人、犯罪工具及現場彼此間接觸的訊息（physical contact），甚至成為極具價值的破案關鍵。近來雖然細胞核及粒線體 DNA 的分析技術成為毛髮鑑定的另一項利器，可以提供毛髮證物進一步的生物遺傳訊息，但是傳統顯微鏡的觀察亦不可偏廢，饒富經驗的毛髮顯微鏡檢專家，可以在短時間內透過觀察毛髮證物上的特性，完成初步排除及比對的鑑定工作，是故在物種 DNA 資料庫尚未臻完善及某些因素限制下，顯微鏡觀察仍為毛髮鑑定的首要步驟。

3.1 頭髮的基本的架構 (10)

毛髮是哺乳類動物的皮膚中自毛囊向體表外所長出細長狀的物質，其中隱藏在皮膚內的部份為毛根（root），突出於皮膚表面則為毛幹（shaft）。毛囊是由外皮細胞層圍繞而形成的棒錘狀空腔。毛髮主要成分為角蛋白（keratin）、黑色素（melanin）及一些微量金屬成分，就結構而言毛髮可分為毛小皮，毛皮質及毛髓質三大部分。【圖 40、41】

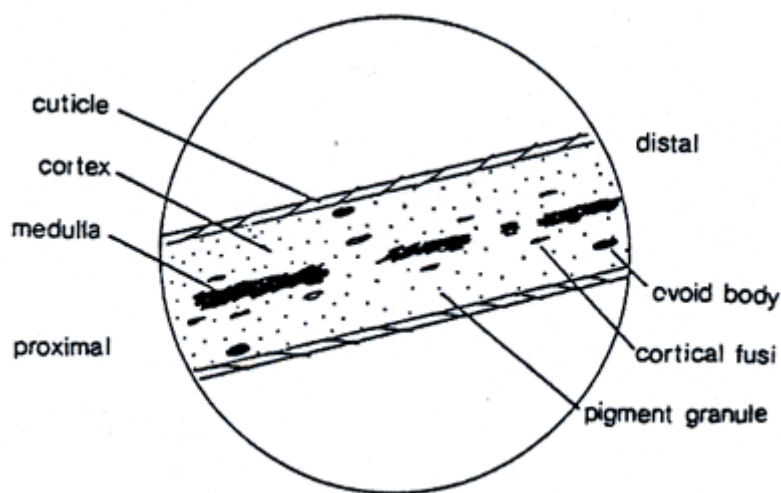


圖 40、毛髮的縱切面圖解（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

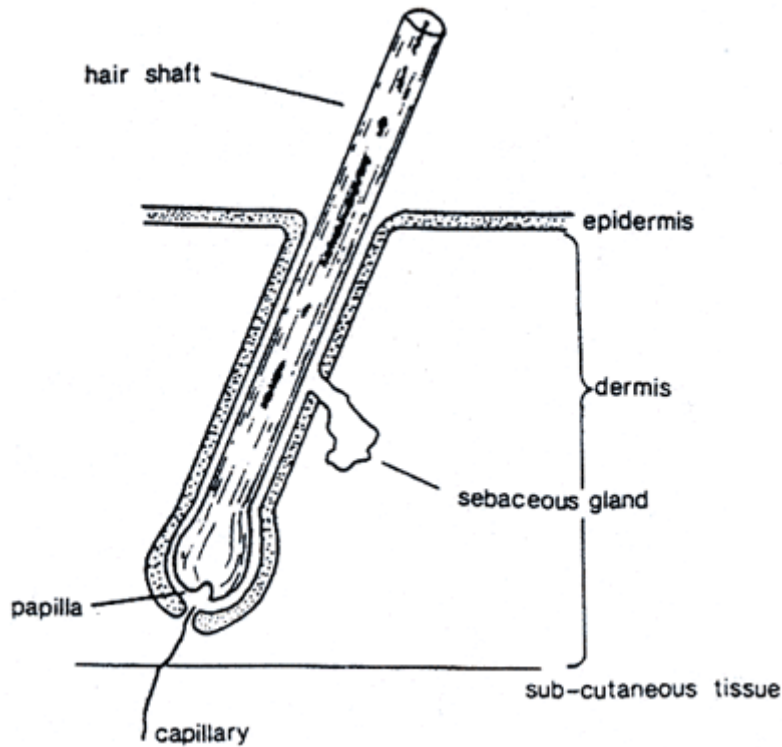


圖 41、毛髮的構造（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

- 毛小皮（Cuticle）：毛小皮是指覆蓋於髮幹最外面之半透明薄層，此薄層是由角質化扁平狀的細胞向毛髮尖端堆疊，狀似魚鱗。此鱗片狀的特徵依型態上的不同可分為三大類：皇冠狀（coronal, crown-like）、刺狀（spinous, petal-like）及鱗疊狀（imbricate, flattened），這三種主要鱗片型態的組成及些微的變異可包含所有各式各樣的動物毛髮。其中皇冠狀的鱗片（coronal, crown-like）常見於直徑較細的動物毛髮，其鱗片的形狀就像很多個紙杯堆疊起來的樣子，許多小啮齒動物及蝙蝠的毛小皮便是屬於此種鱗片型態【圖 42、43】，但極少見於人類毛髮上。刺狀的鱗片（spinous, petal-like）在外觀上呈三角形並且從頭髮軸突出，在貂、海豹，貓及部分動物的毛髮毛小皮上可見【圖 44、45】，但在人類毛髮上未曾發現此種型態。鱗疊狀（imbricate, flattened）的鱗片由很多個扁平狹窄的鱗片重疊組成，此種鱗片型態常見於人類及大部分動物毛髮【圖 46、47】。是故毛小皮之鱗片紋理極富變化，會因動物之種類及毛髮之部位而有不同之差異，故毛髮表皮鱗片型態之特徵可應用於毛髮鑑定。

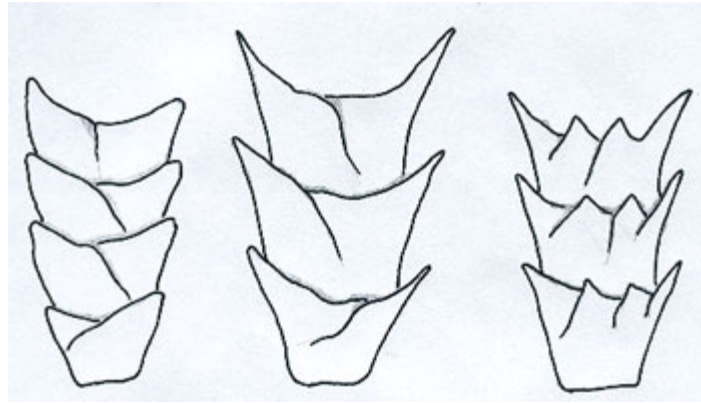


圖 42、皇冠狀鱗片的型態 (來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)



圖 43、顯微鏡下的蝙蝠毛照片 (來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)

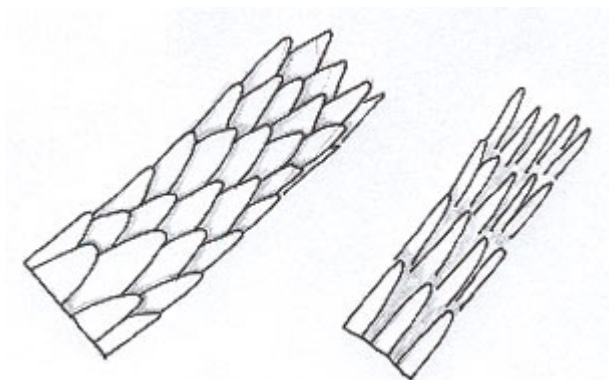


圖 44、刺狀鱗片的型態 (來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)



圖 45、顯微鏡下的貂毛照片 (來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)

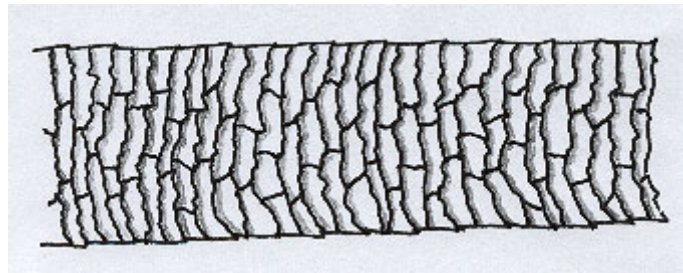


圖 46、鱗疊狀鱗片的型態 (來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)

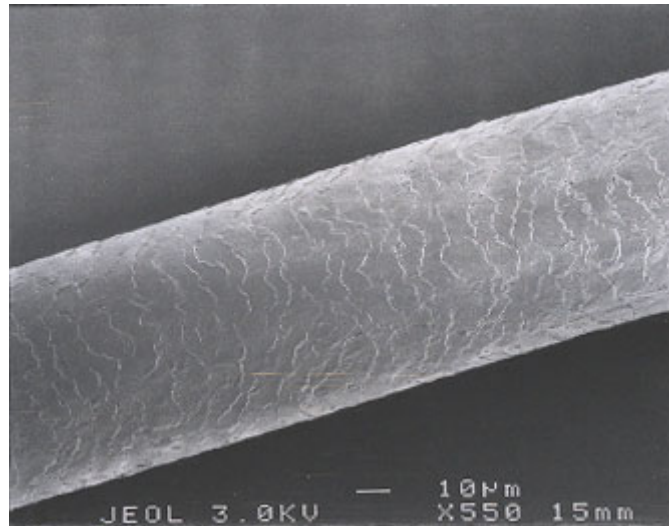


圖 47、顯微鏡下的人類毛髮照片（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

- 毛髓質（Medulla）：毛髓質是指位於毛皮質內側之毛髮之中心部位，又稱為毛髓或髓體，一般初生之毛並無毛髓質，不同物種之毛髓質係數（髓質寬度與毛皮寬度之比值）差異很大，不同物種之髓質型態亦有極大之差異，故毛髮之表皮鱗片及髓質之型態同為物種鑑定之重要特徵。一般可將髓質型態歸納為以下幾種：單排梯形（uniseriate ladder）、多排梯形（multiseriate ladder）、細胞液泡形（cellular or vacuolated type）及晶格形（lattice），兔毛的髓質多屬於前兩種型態，鹿科動物的毛髮髓質多為晶格形，細胞液泡形常見於大部分動物毛髮【圖 48~51】。

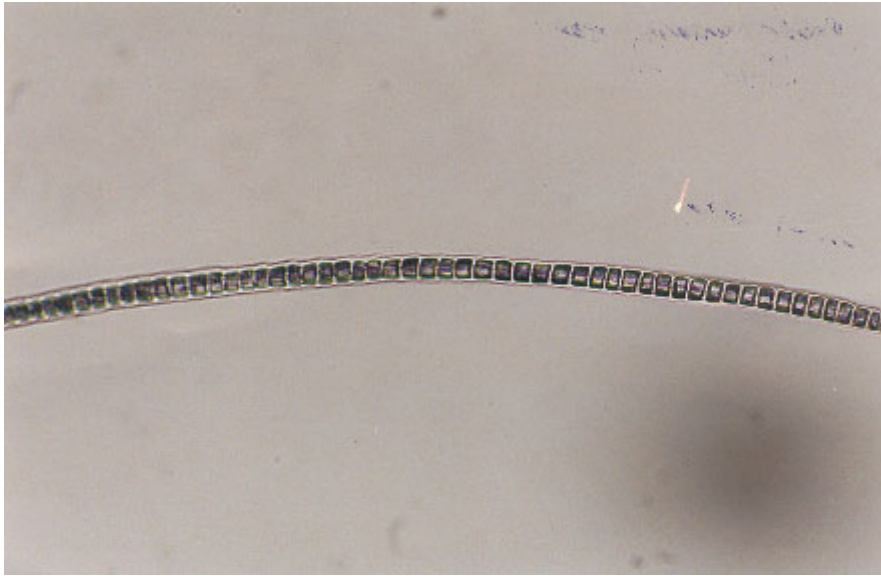


圖 48、單排梯形的髓質型態顯微照片（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

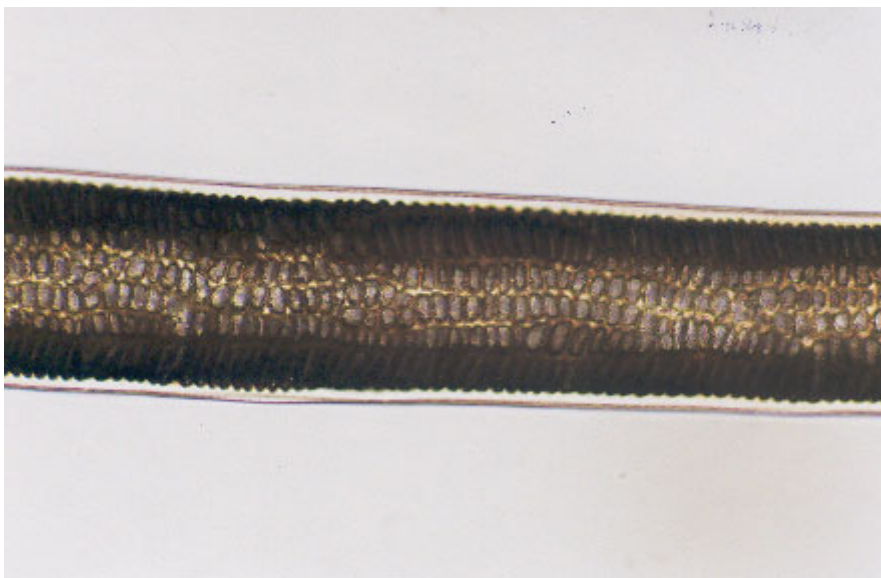


圖 49、多排梯形的髓質型態顯微照片（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

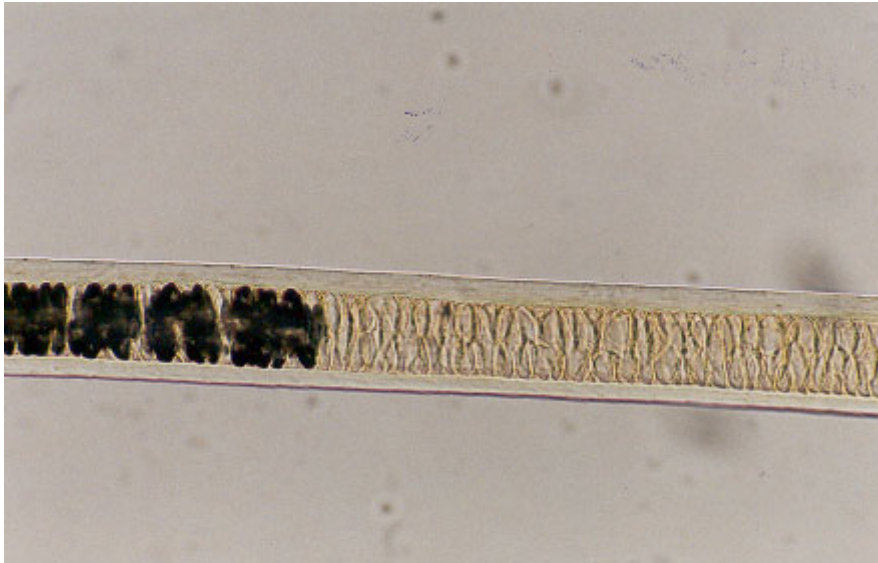


圖 50、動物毛的顯微照片（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）



圖 51、鹿毛髓質的顯微照片（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

此外，人類毛髮的髓質又可細分為片段形（fragmentary or trace）、不連續形（discontinuous or broken）及連續形（continuous）等三種型態【圖 52】。

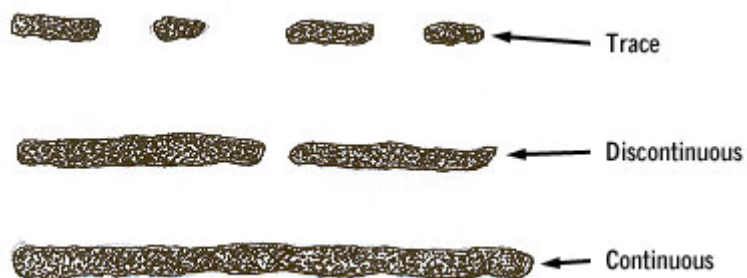


圖 52、三種型態的毛髮髓質（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

- 毛皮質（Cortex）：毛皮質又稱皮質，位於毛小皮內側及毛髓質外側，是由許多延伸狀及紡錘狀的細胞所組成，這些細胞可能形成皮質中皮質紡錘絲（cortical fusi）、色素顆粒（pigment granules）及卵圓形的顆粒（ovoid bodies）等構造。皮質紡錘絲（cortical fusi）通常呈不規則狀空腔存在於近成熟毛根處【圖 53】，有時在整根毛髮亦可見。色素顆粒較皮質紡錘絲小，並有各種不同的顏色與大小，就人類毛髮而言，除了紅髮人種外【圖 55】，其他人種毛髮色素顆粒主要分布在皮質近表皮處【圖 54】，動物毛髮則主要分布在皮質近髓質處【圖 56】。

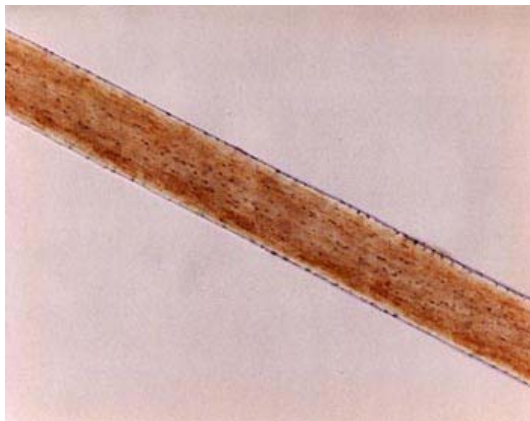


圖 53、在人類毛髮中皮質紡錘絲的顯微照片



圖 54、人類毛髮中的色素顆粒分布情形

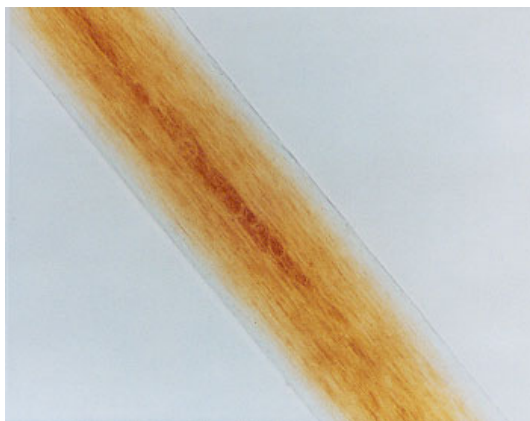


圖 55、紅髮人種毛髮中的色素顆粒分布情形。



圖 56、動物毛髮中的色素顆粒分布圖情形。

（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

至於卵圓形顆粒比色素顆粒大，在外形上呈球形到橢圓形的的堅固架構，並帶有非常規則的邊緣。此種卵圓形顆粒常見於牛【圖 57】、狗【圖 58】和在其他動物的毛髮。



圖 57、在牛毛裡的卵圓形顆粒顯微照片。



圖 58、在狗毛裡的卵圓形顆粒顯微照片。

(來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)

3.2 毛髮的辨識

3.2.1 動物與人類毛髮的差異 (10)

人類毛髮可與其他哺乳類動物的毛髮輕易的區分。一般來說，動物的毛髮依其功能可分為 3 種基本類型。保衛毛髮 (guard hairs) 提供保護功能，存在動物體表的外層；皮毛 (fur or wool hairs) 提供維持體溫的功能，存在動物體表較內層；觸毛 (tactile hairs) 則多分布於動物頭部，提供觸覺感知的功能。此外還有 3 種類型之外的毛髮，如馬的尾巴毛及鬃毛。

人類毛髮在特性上僅屬保衛毛髮及皮毛，並沒有其他眾多的類型，而人類毛髮顏色及色素顆粒的分布具一致性，不如動物毛髮般的高變異性，也就是說人類毛髮中的色素顆粒分布較平均，有時分布近毛小皮處，其他動物毛髮的色素顆粒較不平均，多向毛幹中間的髓質集中。此外人類毛髮髓質呈不定形，而且髓質占整個髮幹的直徑通常小於 $1/3$ ，與其他動物毛髮的髓質多呈連續狀，所佔髮幹比例大於 $1/3$ 有很大的不同。還有人類毛髮的髮根通常呈棍棒狀【圖 59】，其他動物毛髮則有各種不同的形狀。



圖 59、人頭髮根的顯微照片（來源：www.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/jan2004/research/2004_01_research01b.htm）

3.2.2 人類毛髮辨識 (10)

毛髮證物的鏡檢分析有時可以提供很大的幫助，涉嫌人所持有凶器上發現的毛髮經採取後，再透過顯微鏡將其與被害人頭髮一同觀察分析，可以進一步連結凶器與本案的關連性。

不同的人種，如高加索人（起源於歐洲）、黑人（起源於歐洲）及蒙古人（起源於亞洲）毛髮特徵並不相同，因此有機會透過鏡檢分析來分辨毛髮證物應來自於何人種，但若毛髮來自於不同種族混血後之個人，則可能因特異性特徵不易區別而無法直接斷定屬於何人種。毛髮生長部位也可以透過觀察其粗細、髓質係數、長度、毛徑指數及毛尖形狀等特性，做初步的判別。此外可經由毛根形狀的觀察了解皮毛之毛根狀態，顯示皮毛樣本可能之採取或脫落方式，並判別毛髮之生長階段。以下之形態，由左至右依序為強力扯落毛髮、死後腐敗之毛髮、自然掉落之毛髮、帶狀毛髮、被切掉之毛髮、破裂之毛髮及染色之毛髮【圖 60~65】。

3.2.3 DNA 鑑定

毛髮鏡檢初步的結果可再以 DNA 鑑定技術來獲得確認性的驗證，因此粒線體 DNA 及細胞核 DNA 分析技術對於毛髮證物的鑑定十分重要。

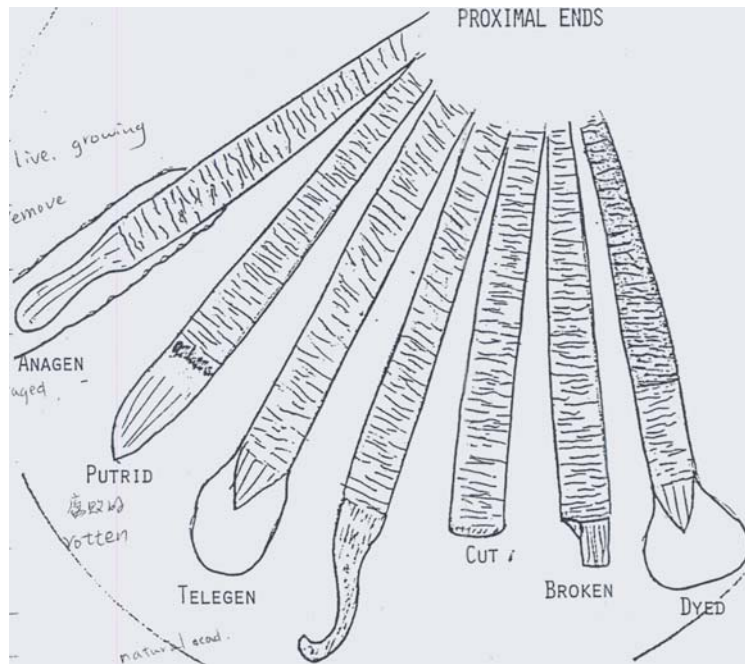


圖 60



圖 61

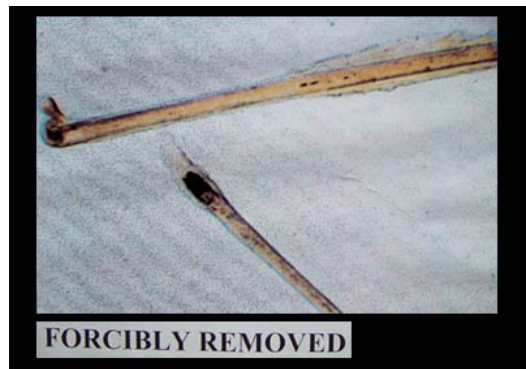


圖 62



圖 63



圖 64



圖 65

(圖片 61~65 來源:<http://www.drhenrylee.com/>)

3.2.4 毛髮證物取樣及鏡檢前處理

以真空吸取方式在刑案現場或涉案車輛蒐集到的多根毛髮證物進行鏡檢前，實驗室人員會針對案件的特性或鑑定的目的，以目視觀察的方式先篩選出具代表性的毛髮，例如有時為了透過毛髮證物了解有多少共犯，就必須先將所蒐集到的數根毛髮依長度、種族特徵、可能由身體何處脫落及顏色等等特性先分類；有時則是為了蒐尋特定對象的毛髮，那就必須先篩選出外觀型態類似特定對象的毛髮證物。

因頭髮及陰毛較其他體毛富含可觀察之顯微特徵，故蒐集標準毛髮檢體多以此兩種體毛為主，採取的方式可以隨機的方式直接拔取或以梳子梳取，一般需蒐集到至少 25 根的頭髮或陰毛，才足夠代表並觀察到此個體所有的毛髮特徵。

毛髮證物標本的製作一般是將毛髮放置在載玻片上，再以 Mounting medium 浸覆整根毛髮後，再蓋上蓋玻片即完成，重要的是選擇越接近折射係數 (Refractive Index) 1.52 的 Mounting medium (毛髮折射率 N 約等於 1.52)，就比較能觀察到清楚的毛髮特徵。此外若毛髮沾有血跡或其他微物跡證，有可能妨礙觀察時，可以鹽水、xylene 或酒精先行洗去血跡或微物，晾乾後再上鏡觀察。

(四) 國內外情形比較

就槍擊案現場重建工作部份，筆者發現美國康州實驗室所使用的各種彈道重建工具，如延伸桿、塑膠栓、細繩、雷射光筆、角度讀取器等等，本局刑事鑑識中心近幾年赴美研習人員返國後，經評估實際需求已逐年添購齊全，經運用在本轄數個槍擊案件的彈道重

建工作，協助釐清案情並獲實際成效。至於射擊殘跡各式檢測試劑的使用，及運用射擊殘跡分布範圍研判射擊距離等技術，刑事警察局雖已建立部分技術，但目前國內尚未廣泛開發與運用，因此康州實驗室相關鑑識人員經驗及技術可師法之處很多。再者，此部份技術不似槍彈工具痕跡的比對，需要昂貴的比對顯微鏡或相當的資料庫，試劑的取得及操作均非難事，地方的各縣市警察局鑑識單位應可陸續建立相關技術。目前本局刑事鑑識中心已初步建置檢測鉛（Sodium rhodizonate 試劑）及銅（rubeanic acid 試劑）離子的試劑，並已開始運用在部分槍擊案件中可疑彈孔的檢測工作。另筆者本次研習所見之 TMDT 微量金屬檢測試劑為新開發之試劑，國內尚未有任何單位使用，本局刑事鑑識中心將採購並評估其實用性。

此外訓練課程中，如各種槍枝不同射距下，擊發子彈所造成的彈孔及射擊殘跡情形、彈殼拋殼情形、前向及背向槍擊高速血跡噴濺情形、遭槍擊車輛重建及夜間槍擊現場鑑識等等課程，其講授的實驗設計及操作方式對槍擊案現場的重建工作實用性極高，目前國內相關單位尚不多見，此部份需仰賴多次的實驗操作與相當的場所，國內鑑識單位若能配合訓練單位，尋覓合適的室外靶場空間，平日即能針對槍擊案現場重建中，常面臨且亟待釐清的部份，研擬合適的實驗並建立相關數據資料，必定能對槍擊案的重建及研判有所幫助。

就槍擊案相關證物的鑑定技術而言，國內早期赴美研習的鑑識界前輩，如刑事警察局刑事鑑識中心已故之翁景惠主任、現任的程曉桂科長及本局刑事鑑識中心謝松善主任均師承李昌鈺博士，相關的鑑識技術及智能已引進國內多年，經比較康州實驗室及國內刑事警察局，筆者認為刑事警察局針對槍擊案相關的證物鑑定技術（如槍彈工具痕跡比對技術、射擊殘跡特定元素-電子顯微鏡鑑定技術等）已有相當的水準，特別是因為國情的不同，國內刑案緝獲的槍枝及子彈中，土、改造部分所佔比例甚高，與國外以制式槍彈為主的情形不同，刑事警察局鑑識科物理組鑑識人員經年累積的比對技術及經驗，配合分析國內土、改造槍彈製成、加工及子彈擊發後，所遺留於彈殼及彈頭上的各式特殊工具痕跡等資料，已大大提升國內槍彈鑑識技術。再以 319 總統、副總統槍擊案為例，整個偵查方向的重心在「以彈追槍、以槍追人」，即賴相關鑑識人員饒富比對經驗，清查並鑑驗自國內地下工廠所製造的數千發子彈及所有涉案的槍彈後，才能順利連結案發現場彈頭及彈殼、可能涉案槍枝及地下製造工廠的關連性，進而提供關鍵的偵辦線索。

就 DNA 實驗室部分，目前國內針對刑事案件從事 DNA 鑑定工作的實驗室計有刑事警察局法醫室、法務部調查局第六處血清及

DNA 實驗室及臺南縣、高雄市警察局鑑識課，據筆者了解這些實驗室目前均未受相關的實驗室認證機制監控，實驗室認證工作是一流實驗室受肯定的必備條件，也是當前先進實驗室發展的潮流，隨著國內生物性跡證送驗數的不斷增加，未來 DNA 實驗室所扮演的角色越形重要，仿效康州實驗室規劃並加入實驗室認證機制勢在必行，因此基本的實驗室空間規劃、證物放置及鑑定過程應避免樣品交互污染的可能外，整個鑑定過程每一步驟均應加入控制樣品，配合嚴謹的設計，才能確保每一個步驟試劑、儀器及操作方法正確無誤，配合鑑定人員適格的訓練及盲樣測試等監管制度的實行，最後的鑑定結果才能不受質疑。

就毛髮鏡檢及相關鑑定技術而言，康州實驗室自毛髮證物顯微觀察、分析、記錄、辨識、類化、個化及後續 DNA 鑑定等流程，已有完整的標準作業程序，此部份國內實務單位亟待建立，目前無論中央級的刑事實驗室或地方的現場鑑識人員，甚少以顯微鏡觀察分析未知毛髮樣本，有時透過初步鏡檢即可提供證物來源或相關訊息，鑑識人員若不能掌握而浪費後續鑑定資源、或頓失破案契機實在可惜。幸好鑑識學術單位中，中央警察大學及台大法醫學科李俊億教授與農委會相關單位執行動物毛髮系統化鑑定研究案多年，目前已累積數百種動物毛髮相關型態及特徵的資料，並以電腦軟體製作具檢索搜尋功能的資料庫，國內實務單位若有鑑定上的需要，應可主動聯繫請求技術支援或指導。

二、伊利諾州芝加哥市麥克隆研究機構

(一) 麥克隆研究機構簡介⁽¹¹⁾

麥克隆研究機構是位於伊利諾州芝加哥市的一個非營利性機構，該機構致力於顯微鏡相關應用的教學與研究，機構內共有超過一百台的偏光顯微鏡及其他光學顯微鏡，包含掃描式電子顯微鏡、傅利葉轉換式紅外線顯微鏡、熱式及冷式載台、其他關於顯微鏡之配件、試劑及圖書資料等，其教學內容可應用於重點工業、刑事鑑識及應用顯微技術等，每年有超過 700 名學生參加該機構之短期訓練課程，而該機構已訓練了超過 22,000 名學生投入顯微鏡之相關行業，大部分的課程都在芝加哥舉行，不過每年該機構也提供有大約十至二十個課程，到政府各機構、民間公司或其他學術單位講授。

目前麥克隆研究機構之研究包括人造纖維、花粉及孢子、微化學分析、折射學、儀器設計、刑事地質學及轉移型證物之研究等。上述大部分之研究都是由政府及業界提供相關資金。除了教學及研究外，麥克隆研究機構每年均舉辦國際顯微鏡年會，在一週之會議時間中，來自世界各地的許多科學家聚集在此，一同討論微物的個化、鑑定，及其他顯微鏡之相關研究。另外麥克隆研究機構也出版了討論顯微鏡相關應用的期刊，並出版一些教科書及書籍。

(二) 麥克隆研究機構研習內容及心得

我所參加的課程為偏極光顯微鏡學原理及應用，此門課程為該機構所提供一系列課程中的入門基礎課程，主要講授內容為偏極光顯微鏡學基本的原理、操作方式的介紹及各種學門領域應用的概況，完成此課程後，可獲得使用偏極光顯微鏡的基礎知識和技巧，更能針對個人從事的工作領域或感興趣的研究標的，進行進一步的研究與發展。課程中介紹偏極光顯微鏡可應用在微物分析的項目計有纖維、油漆、玻璃、毛髮、火炸藥、土壤、不明藥物等等，涵蓋了刑案現場中或刑事實驗室可能蒐集或處理的各式檢體，是故此儀器的應用可成為刑事鑑識各學門的一種鑑定方法。以下是 5 天的研習內容及心得。

1. 顯微鏡基本原理

光是一種電磁波，具有波長、能量及頻率等特性，其中光的波長很重要，因為它決定了光的顏色。一般而言，光行進時有粒子及波動兩種性質，具有傳導及旋轉方向。而波長決定光的顏色，振幅決定光的強度。我們之所以要了解光的性質，是因為當我們在顯微

鏡下看到樣本的顏色有變化時，此時光的波長已改變了，並可進一步判斷光是從那個方向來的，且受那些因素影響，而當看到光的強度有變化時，表示光的振幅已經改變，這也是我們使用各種光學儀器來偵測樣本的原理。也就是提供樣本一段波長或能量之光線，然後測量它在光線經過或照射時產生的變化。此外，藉由測量光的吸收、反射、折射、散射等特性，可以進一步分析樣本的結構及官能基。

就光折射的特性而言，當光穿過不同物質時所發生的變化，是使用偏光顯微鏡必須了解的重點。如果我們有一個玻璃板，置於空氣中，如果以固定波長的光自玻璃板之垂直表面由上往下照射，在經過玻璃板時，光的速度改變了，原因是光在通過空氣及玻璃時，因為係兩種不同的介質，各介質中分子排列的方式、光與介質分子交互作用的方式都有不同，故會造成通過速度之不同。玻璃中分子的排列情形較空氣緊密，所以光由空氣進入玻璃時速度會減慢。

折射係數 (Refractive index, N) 是衡量光線穿越過不同物質間作用之數值，它和物質之密度、狀態、結晶結構、原子空間、元素成份、分子量、鍵結方式、電子雲強度及溫度等特性有關。光在真空的速度大約為 3×10^{10} cm/s ($V_{vac} \sim 3 \times 10^{10}$ cm/s)，而光在玻璃中的速度約為 2×10^{10} cm/s ($V_{glass} \sim 2 \times 10^{10}$ cm/s)，所以折射係數 $N_{sub} = V_{vac} / V_{sub}$ ，所以 $N_{glass} = V_{vac} / V_{glass} = 3 \times 10^{10}$ cm/s 除以 2×10^{10} cm/s = 1.5，所以我們稱玻璃的折射係數約為 1.5，它是一個相對值，所以沒有單位。由此可知當光在物質中之速度減慢時，它的折射係數是增加的，所以空氣的折射係數大約是 1，玻璃的折射係數大約是 1.5，鑽石的折射係數很高，約為 2.4。現在回到玻璃板上，若有一道光束，以與玻璃板表面垂直法線夾角 i 度之角度射入玻璃板內，由於折射係數不同，故其與玻璃板表面垂直法線之折射角會改變成角度 r ，並遵守 Snell's Law 定律，即 $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ ，或是 $n_1/n_2 = \sin r / \sin i$ ，因此角度比是和二介質折射係數比成反比的關係，所以當光自一個較低折射係數之物質射向較高折射係數之物質時，它會往法線之方向偏移，此時入射角 i 會大於折射角 r 。反之當光自一個較高折射係數之物質射向較低折射係數之物質時，它會往法線相反方向偏移，此時入射角 i 會小於折射角 r 。

影響折射係數的眾多因素中課程中特別提到溫度的因素，當溫度升高時，介質密度變低，折射係數變低（因為溫度升高，密度變低使得分子排列趨於鬆散，光行進速度會變快，故折射係數變低），其中溫度改變與折射係數之關係為 $dn/dt = -0.0004/^\circ\text{C}$ 。舉例來說，一般標準參考液皆標示溫度 25°C 時的折射係數，因此若操作時室溫為 30°C ，則因為 $30-25=5^\circ\text{C}$ （相差值），所以 $5 * (-0.0004)$

=-0.002，亦即當溫度上升 5 度時，折射係數下降 0.002。有些實驗使用可控制溫度之載台，所以可以測量不同溫度時，折射係數之變化。

2. 偏極光顯微鏡基本原理

偏極光顯微鏡即為在一般的顯微鏡設備中，加入偏極光鏡片，使其產生不同之觀察效果，事實上，偏極光顯微鏡之基本功能，和一般我們使用的生物顯微鏡相同，不過由於偏極光顯微鏡多了幾項裝置，故功能比一般生物顯微鏡要來得多，這些裝置有：旋轉式可定圓心之圓形載物台、在燈源與樣品間及物鏡與目鏡間各多了一個偏極光鏡片（分別稱為 polarizer 及 analyzer）、在物鏡與目鏡間多了一個 Bertrand len 及在物鏡與目鏡間多了一個附加板。由於偏極光顯微鏡具有前述二片垂直方向之偏極光鏡片，因此當樣本置於載物台上時，透過旋轉載物台可以觀察樣本於不同角度下的變化；而 Bertrand len 則是在觀察鏡後呈像時使用的，利用 Bertrand len 觀察樣本，我們可得知樣本之性質係為單光軸或雙光軸物質，而附加板應用可以用來判斷物質之光性符號為正或負。

偏極光顯微鏡上之兩偏極光鏡片係以相互垂直的方向裝置，若僅有 polarizer 時，偏極光顯微鏡與一般之生物顯微鏡幾乎相同，但若加上 analyzer，則在未置放任何樣本於載物台上時，因光被相互垂直的偏極光阻擋了，我們所觀察到的視野為一片漆暗，然而若將非等向性物質置於載物台時，則會有一部分的光，在穿透物質時，改變光之方向，故我們可以觀察到樣本，而偏極光顯微鏡的應用即是透過這些裝置的運用，來觀察樣品的外型、晶癖、顏色、多色性、解理發育的情形、輪廓的深淺、折射率的大小、雙折射差值、消光角、單光軸或雙光軸及長軸之快慢光方向等性質 (12)。【圖 66~68】



圖 66、偏極光顯微鏡操作情形



圖 67、偏極光顯微鏡外觀

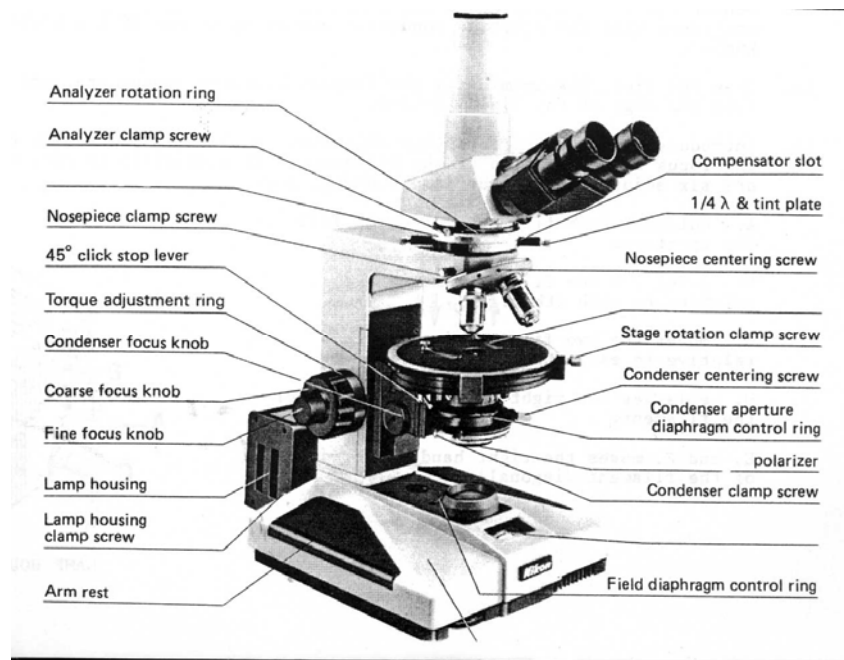


圖 68、偏極光顯微鏡細部功能介紹

3. 偏極光顯微鏡各種操作方式及應用 (12)

在使用偏極光顯微鏡來觀察樣品前必須先進行基本的校正步驟，首先打開照明系統開關，將電壓設定在 6 伏特，依操作者兩眼觀察位置調整左右兩目鏡之距離，將物鏡換成 40X，以此物鏡觀察任一標準樣本並旋轉控制載台上下之對焦栓，直到觀察到一個清晰的影像，接著將含有 crosslines 之目鏡環套於右眼目鏡上，轉動目鏡環使得 crosslines 的兩條線清楚分離，接著換至左眼目鏡，操作方式同右眼，然後即可以兩眼同時透過目鏡觀察樣本。

接著觀察時配合旋轉載物台，若發現樣本旋轉中心並不位於中心位置，則表示物鏡中的光軸尚未置中，此時須以小鐵棒插入物鏡上調整孔洞，旋轉小鐵棒調整物鏡光軸位置，直到旋轉載物台時，樣本以中心位置為旋轉中心為止，其餘物鏡亦須按此要領來校正旋轉中心，此外還要進行凱勒校正及照明系統校正後，才能進行後續樣本的觀察。【圖 69】

Centering the stage and objectives

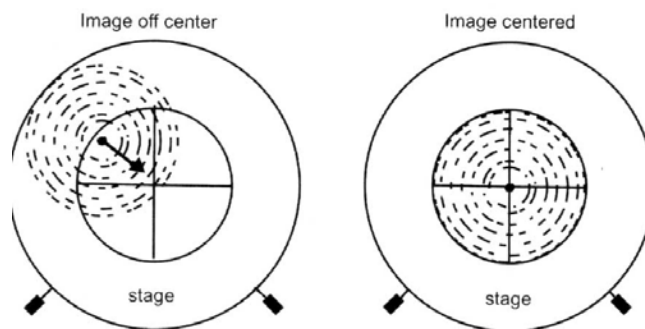
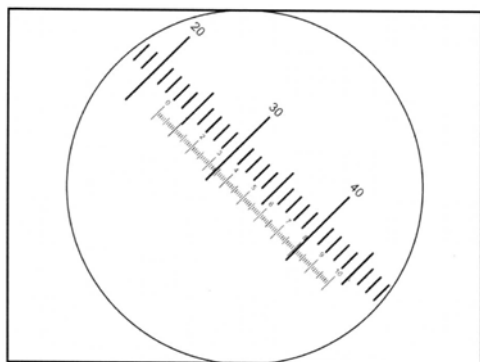


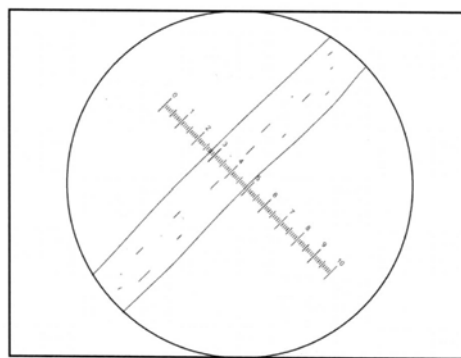
圖 69

3.1.微距測量的操作方式

顯微鏡下樣品的實際大小及長度，是進行樣品分析時重要的參考值，但要進行微距測量 (micrometry) 前，除了將其中一個目鏡套上有顯微刻度的目鏡套環外，還必須先了解目鏡上顯微刻度代表的實際大小，所以我們先將含有顯微刻度之標準載玻片放置於載台上 (此玻片上刻度計有 100 格，實際長度為 1 mm，因此每格為 $10 \mu\text{m}$)，接著以目鏡觀察時，將目鏡的測量尺與玻片上的測量尺調整到接近且平行的位置，然後眼睛透過目鏡所看到的相同區間內 (兩測量尺刻度部分會重合) 計算此區間內兩測量尺各含多少格，因為玻片上每格刻度實際長度已知，所以我們可以推算出目鏡上測量尺每格代表的大小，之後便可以透過目鏡上的測量尺來量測樣品的大小、長度【圖 70~71】。就我所操作的偏光顯微鏡而言，當物鏡為 10X 時，目鏡上測量尺每格代表長度為 $9.76 \mu\text{m}$ 、當物鏡為 20X 時，目鏡上測量尺每格代表長度為 $5 \mu\text{m}$ 、當物鏡為 40X 時，目鏡上測量尺每格代表長度為 $2.45 \mu\text{m}$ ，所以在以 40X 物鏡觀察編號 47 尼龍 (nylon) 樣品時，發現其寬度約為 18 格，所以其實際寬度即為 $18 * 2.45 \mu\text{m} = 44.1 \mu\text{m}$ 。



圖、70



圖、71

3.2 觀察物體之結晶形

膠、玻璃及空氣等物質，分子呈隨機方式排列，光線通過後不會產生偏極化現象，屬於非晶質物質，而礦石等物質其結構具有規則排列的特性，因此稱為晶質。晶質依其原子排列方式的不同，可分為六大晶系：cubic（等軸晶系）、正方晶系（tetragonal）、六方晶系（hexagonal）、斜方晶系（orthorhombic）、單斜晶系（monoclinic）、三斜晶系（triclinic）【圖 72~73】。【詳參附錄 1】

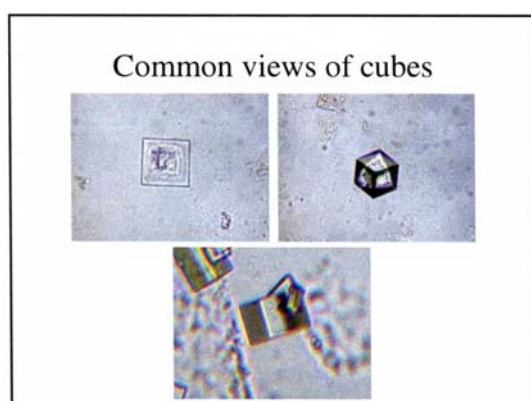


圖 72、等軸晶系之一

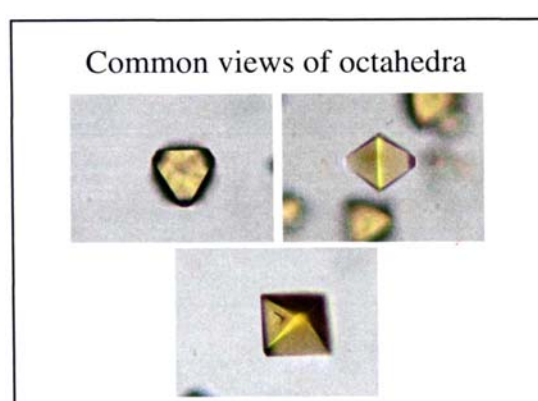


圖 73、等軸晶系之二

3.3 輪廓（relife）之觀察

不同之物質，由於其具有不同之折射率，因此若以相同折射率之載液觀察，則可發現輪廓之深淺不同，一般而言，輪廓之深淺是表示物質與載液之折射率差，而不是折射率之大小。也就是當物質與載液折射率相同時，光線經由載液穿過物質時，直線穿過且不產生折射現象，所以在顯微鏡下將看不到物質的輪廓，而當物質與載液折射率相差很大時，所看到的輪廓會很深（high relife），當物質與載液折射率相差不大時，所看到的輪廓則較淺（low relife）【圖 74】（13）。

3.4 貝克線（Becke line）的觀察

光線自下方穿過載液進入待鑑定物質，之後再穿出鑑定物質回到載液時，當載液的折射率值小於待鑑物質時，穿出物質回到載液的光線會向光軸中央處集中；相反的，當載液的折射率值大於待鑑物質時，穿出物質回到載液的光線會向光軸外圍發散；因此藉由控制載物台之高低，我們可以觀察物質與載液，何者折射率較大，一般操作的方式為將載台略往上升，此時觀察平面會略為升高，若觀察到光線向待鑑物質內移動，則表示載液的折射率值小於待鑑物

質；相反的，若觀察到光線向待鑑物質外側（也就是向載液處）移動，則表示載液的折射率值大於待鑑物質。以此方式操作時，觀察光向何處即表示何處折射率較高。此外，觀察貝克線（Becke line）時，通常會調小光圈以提高呈像對比，並在光源上方覆蓋一橘色濾片，使得通過的光為標準單色橘光【圖 75~79】。

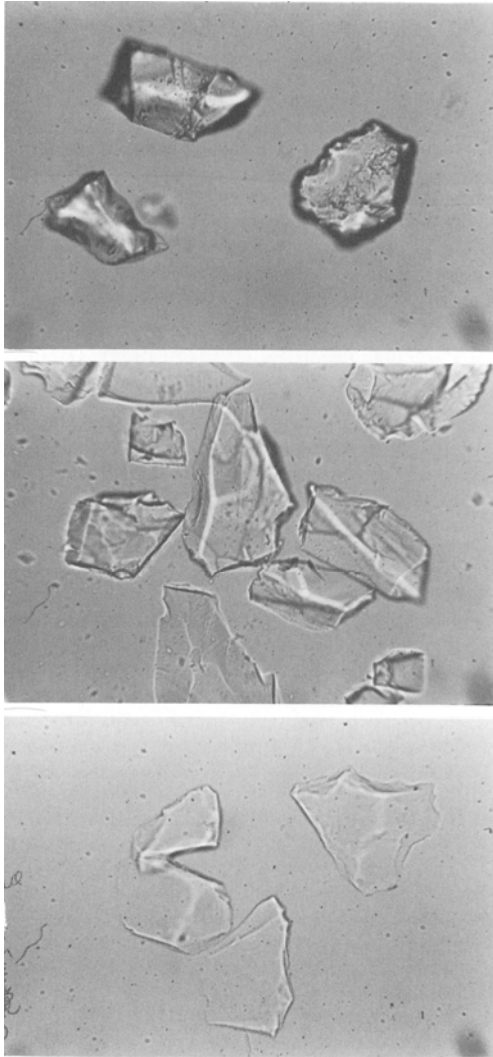


Figure 3.2 Relief. (Top) High relief. (Middle) Moderate relief. (Bottom) Low relief.

圖 74、輪廓深淺情形

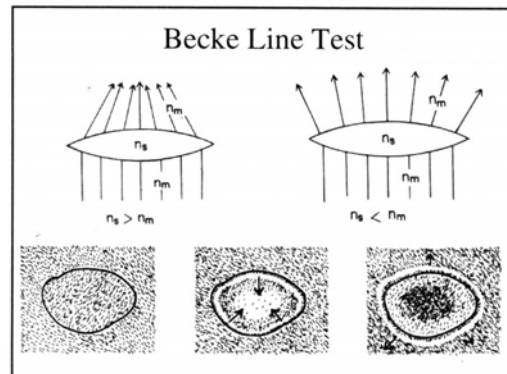


圖 75、貝克線原理

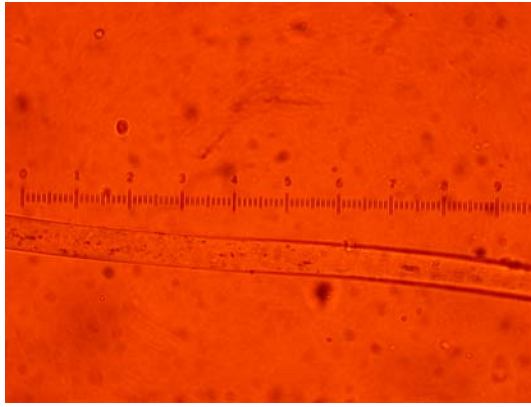


圖 76、載液的折射率值小於待鑑物質
(原始情形)

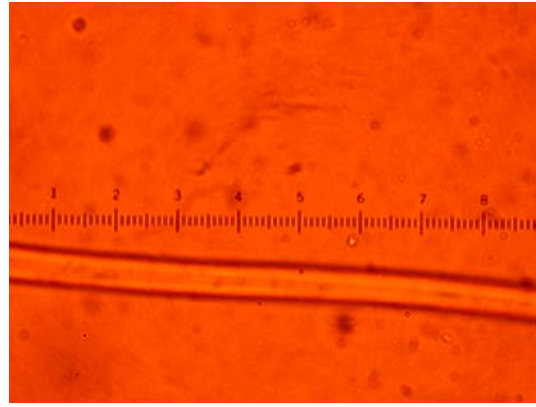


圖 77、載液的折射率值小於待鑑物質
(升高載物台後情形)

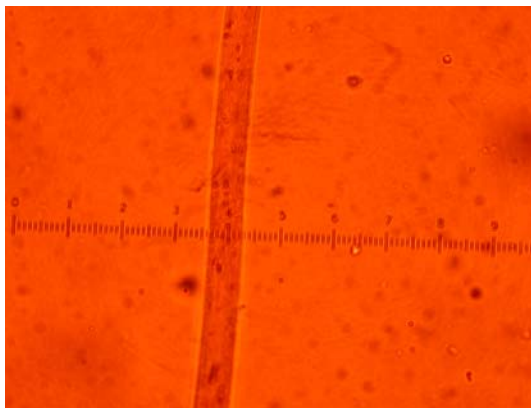


圖 78、載液的折射率值大於待鑑物質
(原始情形)

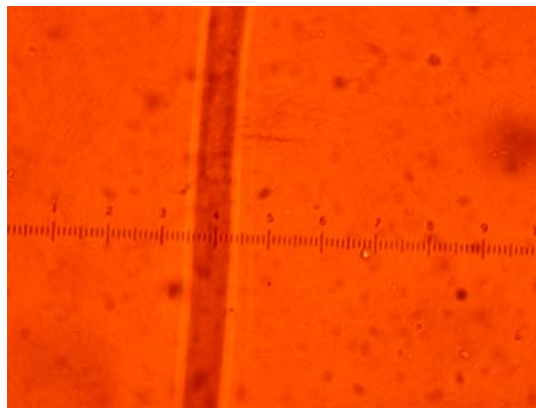


圖 79、載液的折射率值大於待鑑物質
(升高載物台後情形)

3.5 多色性之觀察

有些物質具有多色性，我們可在未加入上偏光鏡時旋轉載物台，若發現物質之顏色有變化時，我們便推論此物質具有多色性。

3.6 消光之觀察

消光之方式很多，有平行消光、斜消光、對稱消光及不完全消光等，可藉由加入上偏光鏡，旋轉載物台觀察之。如絲 (silk)、羅縈纖維 (viscose rayon)、褐石綿 (amosite) 屬平行消光；方解石 (calcite) 屬對稱消光；透閃石 (Tremolite) 屬斜消光；馬鈴薯澱粉 (potato starch) 屬不完全消光【圖 80~83】。

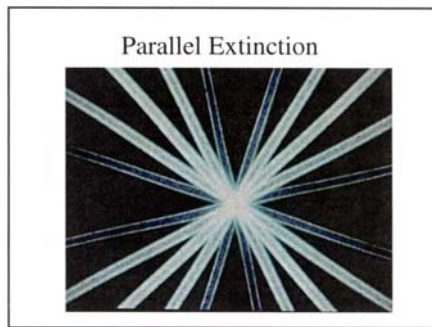


圖 80、平行消光

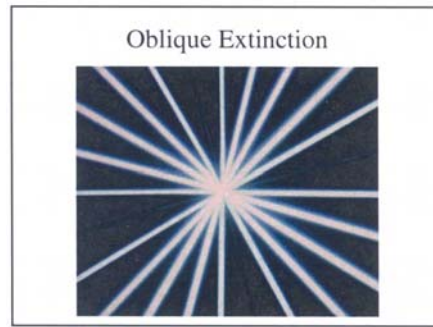


圖 81、斜消光

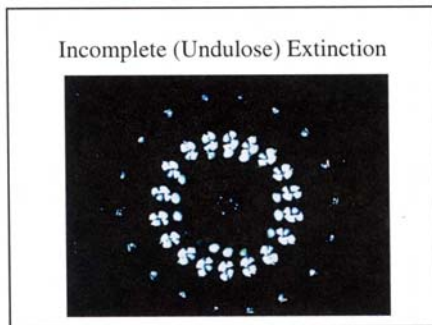


圖 82、不完全消光

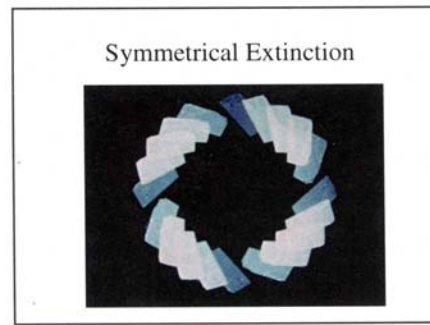


圖 83、對稱消光

3.7 光性符號

當加入附加板時，我們可藉由快慢光之方向來判定物質之光性符號。操作時加入上偏光片，然後將樣品旋轉至東北、西南向，接著將附加板插入一格，觀察樣品顏色的變化，並配合比對干涉色標準圖譜（interference color chart），若插入附加板產生波程差增加後的顏色，則該方向（東北、西南向）為慢光方向、另一垂直 90 度方向則為快光方向，此時亦表示 n_{\parallel} （慢光，折射率大） $>$ n_{\perp} （快光，折射率小），所以光性符號定義為正。反之，若插入附加板產生波程差減少後的顏色，則該方向（東北、西南向）為快光方向，光性符號定義為負【圖 84~85】。實驗發現絲（silk）、羊毛（wool）、棉（cotton）光性符號為正，壓克力纖維（acrylic）光性符號為負。

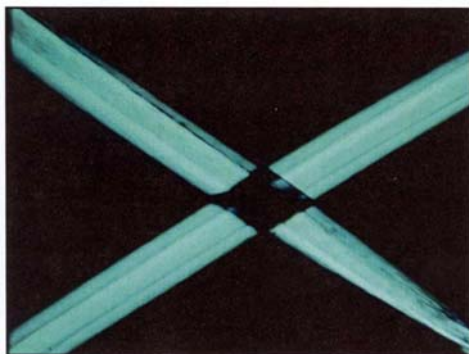


圖 84、未加附加板前情形

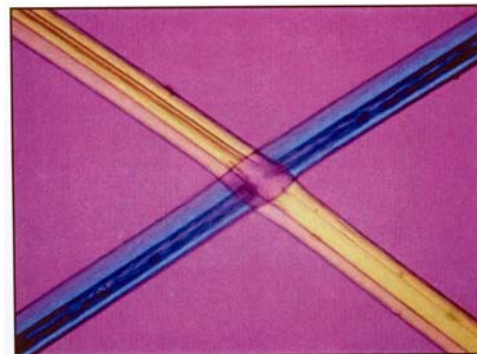
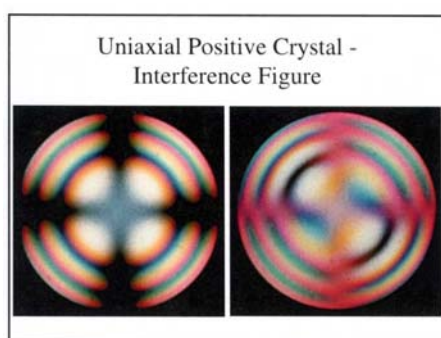


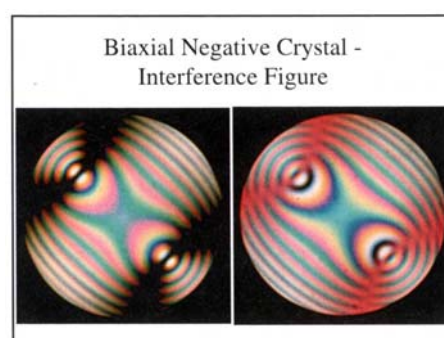
圖 85、插入附加板後顏色改變

3.8 單光軸或雙光軸之觀察：

當加入 Bertrand 透鏡時，我們可推論物質為單光軸物質或雙光軸物質，下圖左方為單光軸【圖 86】，右方為雙光軸【圖 87】。六大晶系中，除等軸晶系（cubic）外，正方晶系（tetragonal）及六方晶系（hexagonal）為單光軸（uniaxial），斜方晶系（orthorhombic）、單斜晶系（monoclinic）及三斜晶系（triclinic）為雙光軸（biaxial）。【圖 88~89】



圖、86



圖、87

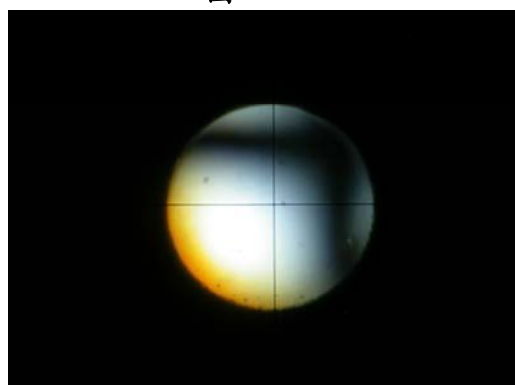


圖 88、屬六方晶系的石英（quartz）為單光軸。

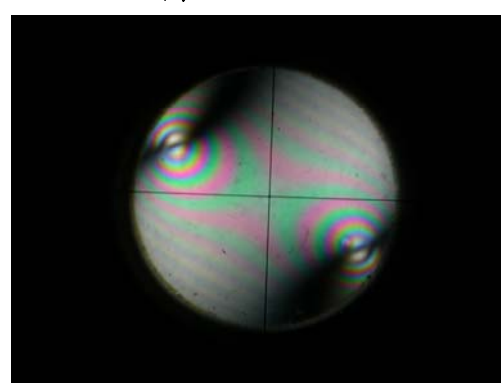


圖 89、聚酯纖維（polyester）為雙光軸。

3.9 各種纖維系統化鑑定流程圖

纖維依其製造的方式可分為人造纖維或天然纖維，我們可以利用偏光顯微鏡來觀察未知纖維樣品的剖面形狀、直徑大小、折射率、顏色、多色性、雙折折性質、消光性、光性符號、單光軸或雙光軸及色散染色等性質，來分辨並鑑定未知纖維樣品可能為何種纖維(13)。如羊毛（wool）、玻璃纖維（fiber glass）及三乙酸纖維素（triacetate）為等軸晶系材質；Acetate Rayon、Dynel 及 Orlon 屬低雙折折差材質（ $B < 0.01$ ），其中 Acetate Rayon、Dynel 光性符號為正；Viscose Rayon 光性符號為正，屬中雙折折差材質（ $0.01 < B < 0.05$ ）；Nylon、Dacron 及 Kevlar 光性符號均為正，屬高雙折折差材質（ $B > 0.05$ ），其中 Kevlar 雙折折差很高。【圖 90】【詳參附錄 2】(14)

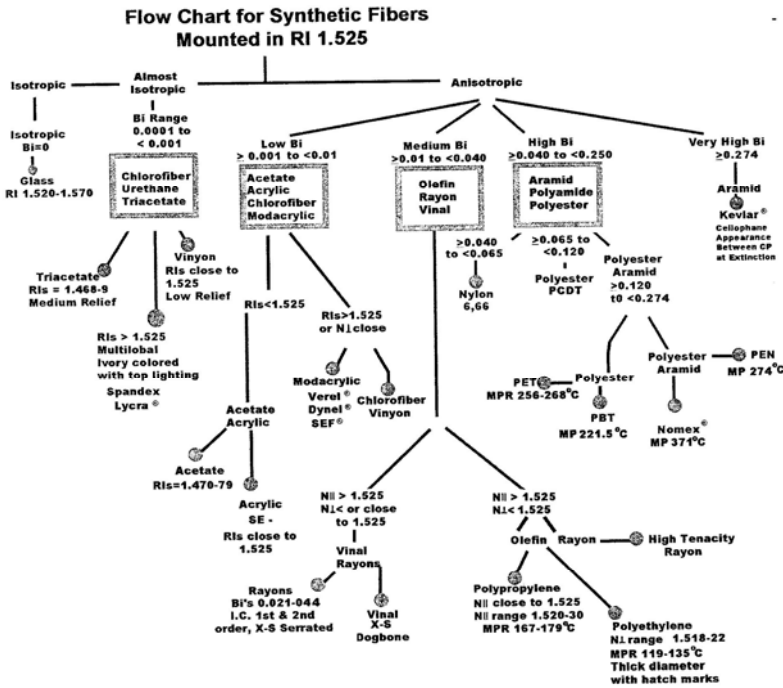


Figure 14.16 Flow chart or decision tree that can be employed for the systematic identification of synthetic fiber based on their optical properties, such as anisotropic character, birefringence, relative RI, and morphology.

圖 90、纖維系統化鑑定流程圖

(三) 國內外情形比較

在國外，偏極光顯微鏡為刑事實驗室基本配備，其兼具有一般生物顯微鏡及偏極光顯微鏡的功能，因此在檢視證物等初步鑑定工作上，能發揮很大之功用。反觀國內，了解什麼是偏極光顯微鏡，及如何操作的鑑識人員不多，縱然有部分實驗室曾添購此項儀器，但均未廣泛使用此儀器。據了解，國外之刑事實驗室皆設置有微物部門，專職處理微物證物，且幾乎在每個微物部門皆配備有偏極光顯微鏡，所以每年全美各地實驗室才會派遣這麼多人員來此研究機構研習偏極光顯微鏡技術，而當前國內，微物跡證未受重視，此學門領域的人才及專家尚不多，加上各單位沒有設立微物鑑定部門，也因此少有人重視偏極光顯微鏡的實用價值。此次研習結果，個人已習得偏極光顯微鏡基本操作及各種應用技術，本局刑事鑑識中心亦預定於民國 95 年添購此套設備，相信偏極光顯微鏡在刑事鑑識領域，必如國外能扮演非常重要之角色。

三、黎海顯微鏡學校研習掃描式電子顯微鏡及 X 光顯微分析技術

(一) 黎海顯微鏡學校簡介 (15)

賓州伯明罕市的黎海顯微鏡學校隸屬於黎海大學內的進階材料與奈米科技中心，此學校研究人員從事顯微鏡技術於各種科學領域之應用，並於每年六月中舉辦數個短期課程，自西元 1970 年起，Joe Goldstein 開辦電子顯微鏡的課程迄今已有 35 年的歷史，因此黎海顯微鏡學校堪稱世界上設備最完善、課程內容最豐富的顯微鏡教學及研究機構，來自全美 48 州、世界上 29 國家，超過 4000 位各領域的科學家、工程師及技術人員參加過此機構舉辦的課程，此課程創辦人 Joe Goldstein 及機構內多位研究人員所出版的掃描式電子顯微鏡及 X 光顯微分析技術專書，於 1975 年第一版問世至今已販售 46000 本，目前已出至第三版。機構內計有 15 位研究人員擔任各種顯微鏡學會或期刊的負責人。該機構所有之實驗設備除一般的實體顯微鏡、生物顯微鏡、偏極光顯微鏡等光學顯微鏡外，尚有 Scanning Electron Microscopes、Analytical Transmission Electron Microscopes、X-ray and Image Analysis Systems、Specimen Coating Equipment 及 Scanned Probe Microscopes 等先進顯微鏡設備，因此美國太空總署 (NASA) 與此機構共同執行多個合作計畫的研究。

(二) 黎海顯微鏡學校研習內容及心得

我所參加的課程為掃描式電子顯微鏡及 X 光顯微分析，此課程屬入門課程，專門提供來自學術單位、政府機構或民間實驗室的工程師、技術人員、物理或生物學家、病理醫學人員及刑事鑑識人員參加，六天的課程內容涵蓋儀器原理的介紹、樣品的製備、電磁透鏡的構造、電子與樣品作用的情形、X 光訊號的分析、影像的形成、X 光定性及定量分析、變壓環境式電子顯微鏡 (Variable Pressure and Environmental SEM) 及低電壓電子顯微鏡及微分析 (Low-Voltage SEM and Microanalysis) 等等，最後兩天則同時提供多個課程，特別針對影像分析技術、X 光訊號的分析及刑事鑑識應用等主題，讓參加者可依個人興趣選擇進階課程，以下是 6 天的研習內容及心得。

1. 掃描式電子顯微鏡的原理

一般光學顯微鏡受限於光波之波長，其解析力之極限約為 0.2μ ，科學家為了能夠觀察更為顯微的世界，因而有電子顯微鏡的產生。電子顯微鏡的理論起源於 1920 年代 de Broglie 氏首先發表之

電子波動說，電磁波之特性與光波極為類似，但波長很短，電磁波波長公式為 $\lambda=12.2/\sqrt{v}$ (λ 為波長， V 為加速電壓)，也就是當加速電壓為 50,000V 時，波長約為 0.05nm，但因受電磁鏡及徑鏡率 (numeral aperture, NA) 之影響，其解析力約可達 0.25nm。第一架實用電子顯微鏡則由德國 Ruska 於 1933 年發明，而第一架商用電顯由德國的 Siemens 公司於 1939 年生產。電子顯微鏡的應用使科學研究的領域提昇至超顯微的世界，可說是 20 世紀生物界、醫學及科學界最重要的一種發明之一。也使 Ruska 先生於 1986 年得到諾貝爾物理獎。

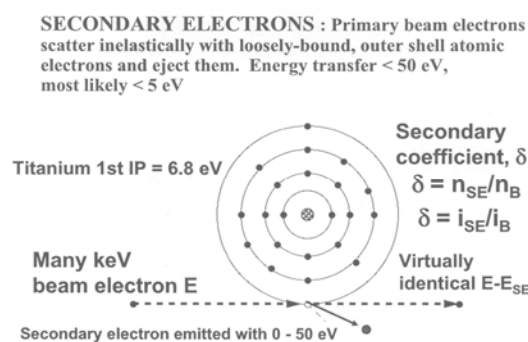
掃描式電子顯微鏡可用來觀察有機或無機的物質，其觀測的範圍自 nanometer (nm) 至 micrometer (μm) 大小，放大倍率可從 10 倍至數萬倍，更可獲得各種物質表面三維結構的影像，因此掃描式電子顯微鏡觀察到的影像已被普遍運用在各領域上，舉凡科學期刊、坊間雜誌或電影中，都有機會看到電顯影像。其作用原理係以電子束取代光源射向欲分析物質表面，接著擷取電子束與物質表面作用後產生之電子及 X 光等訊號，即可獲得表面結構影像及成分的資訊，因此可運用於晶體結構、微細組織、化學成分、化學鍵結及電子分布情形的分析。電子束與物質表面作用產生的訊號可分為三類：(一) 電子訊號：未散射電子、散射電子 (包括彈性、非彈性反射和穿透電子及被吸收電子)、激發電子 (包括二次電子及歐傑電子) (二) 電磁波訊號：X 光射線及可見光 (陰極發光) (三) 電動勢：如半導體中電子-電洞對的產生而引起。其中又以二次電子及背向散射電子為表面影像資訊的主要來源，X 光射線訊號則可提供成分的定性及定量分析 (16)。

電子束射入樣品後，部分電子因散射而改變行進方向、部分電子則因能量散失而停止進入樣品更深層處，作用體積約有數微米 (μm) 深，而因彈性及非彈性碰撞的作用，使得作用體積深度距離大於寬度。對於原子序較小的樣品而言，起初電子進入樣品後主要進行非彈性碰撞，電子能穿透樣品持續前進而不向側邊散開，直到穿透電子漸喪失能量時，開始產生彈性碰撞並向兩側散開。作用體積大小及作用深度主要受原子序、密度及電子束能量等因素影響，深度範圍 (R) 約等於 $0.1E_0^{5/3}$ 除以 ρ (E_0 為電子束能量，KeV； ρ 為密度， g/cm^3)。在固定電子束能量時，因彈性碰撞的截面積和原子序呈正比，使得電子較易偏離原來途徑而不能深入試片，故作用體積和原子序成反比，以 10 KeV 之電子束分別射向原子序 13 的鋁樣品及原子序 29 的銅樣品為例，鋁樣品作用深度 1.7μ

m、銅樣品為 $0.5 \mu\text{m}$ 。而電子束能量越大，彈性碰撞的截面積越小，電子越能直線前進並深入樣品，使得作用體積較大，以金樣品為例，當電子束能量為 10KeV 時，作用深度為 $0.2 \mu\text{m}$ ，電子束能量為 30KeV 時，作用深度為 $1.5 \mu\text{m}$ 。

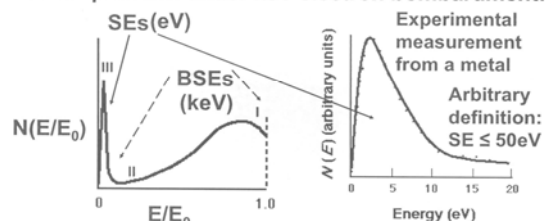
2. 二次電子 (Secondary Electrons) 與訊號偵測

二次電子來自於電子束中部份的電子與樣品的原子核外層電子產生非彈性碰撞作用後，這些離開原本軌域的外層電子即為二次電子，此部分電子約佔所有電子總量的 10%，能量約分布在 $0\sim 50\text{eV}$ ，大部份為低於 10eV ，並以 $3\sim 5\text{eV}$ 的二次電子數量最多。而大部份二次電子源自於樣品表面至深度約 $0\sim 20\text{\AA}$ 的淺層資訊，因為更深層處所產生的二次電子因能量有限而降低離開樣品表面的機會，直到深度大於 10nm 時，二次電子已無法離開樣品表面。就二次電子產生的方式不同又可分為 SE1、SE2、SE3 及 SE4，其中 SE2 及 SE3 其實是由背向散射電子所產生。此外，二次電子因能量低，所以較背向散射電子難偵測，但因二次電子行進速度慢，所以可以透過調整偵測器電壓呈正偏壓，使得這些電子偏向，故二次電子較易被偵測器收集。一般而言，二次電子訊號與樣品原子序對比 (Atomic Number Contrast) 較無關，故無法產生樣品份對比，但卻能提供樣品表面淺層結構型態的豐富資訊 (17)。



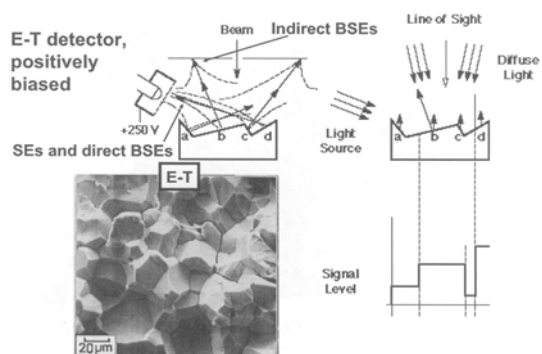
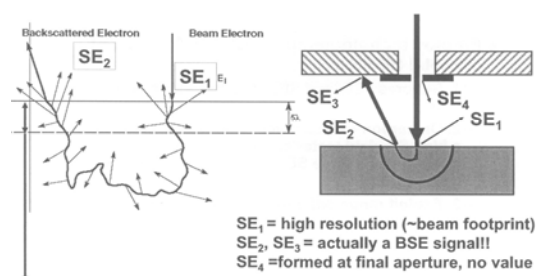
Characteristics of Secondary Electrons

Energy distribution of all electrons emitted from specimen under keV electron bombardment:



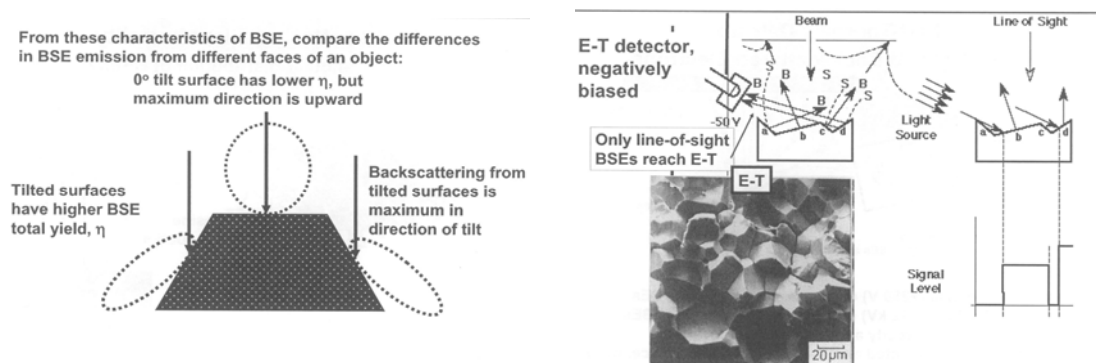
SEs are VERY low energy electrons!

Secondary Electrons have complex origins



3. 背向散射電子 (Backscattered Electrons) 與訊號偵測

背向散射電子為經彈性碰撞後離開樣品表面的電子，其能量約與入射電子能量相當，這些電子的數量會隨著原子序增加而增加，故當兩個不同元素分布在不同區域時，離開此二區域之電子流即不同，此乃因背向散射電子數與原子序有關，而二次電子則與原子序就無觀，因此只要將偵測器調整適當的捕獲電子角度並採用負偏壓，即可蒐集完整的背向散射電子資訊，信號的強度會與電子數呈正比，並能產生明顯對比，也就是原子序大者較原子序小者為亮，原子序差越大對比也就越明顯。且當樣品對電子束方向傾斜角度越大，也就是電子行進路徑越接近表面，產生背向散射電子的機會會越大，此外，這些電子角度分布與餘弦函數 (cosine) 成正比，當電子束垂直射向樣品時，背向散射電子多分布於電子束射入方向；若電子束越傾斜，則背向散射電子多分布於垂直法線另一側。是故此種電子具有能量高、但較二次電子不易偵測之特性，因此需適當的調整偵測器位置與角度來克服此問題。(16、17)

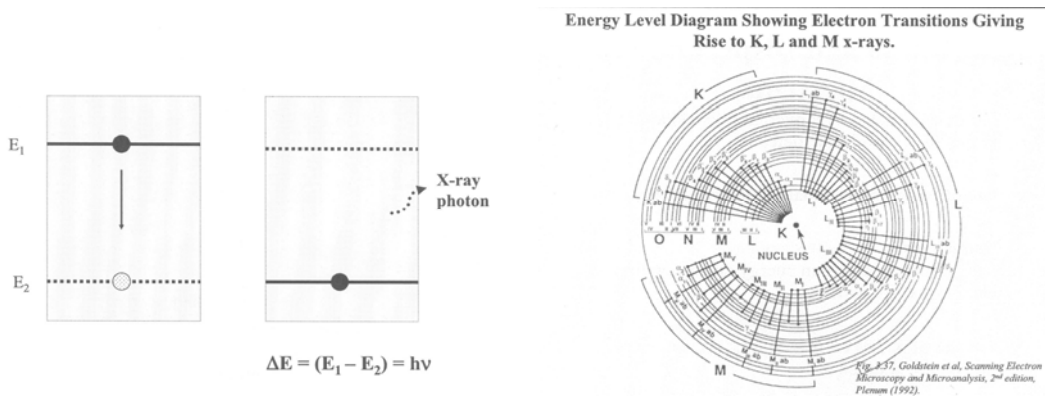


4. X 光射線光譜測量 (WDS 與 EDS)

電子束入射於固態材料表面時會引發之一連串彈性及非彈性碰撞，其中除可激發前述之二次電子和背向散射電子作為掃描式電子顯微鏡的成像之外，另有特性 X 光、歐傑電子等訊號的產生，而各種訊號皆可作為該固態材料分析之用。特性 X 光和歐傑電子產生機制十分類似，當原子的內層電子受到外來能量(如：電子束、離子束或者光源等)的激發而脫離原子時，原子的外層電子將很快的遷降至內層電子的空穴並釋放出兩能階差能量。被釋出的能量可能以 X 光的形式釋出，而由於各元素之能階差不同，因此分析此 X 光的能量或波長即可鑑定樣品的各個組成元素。或者此釋出的能量將轉而激發另一外層電子使其脫離原子 (歐傑電子)，此電子同樣具有代表

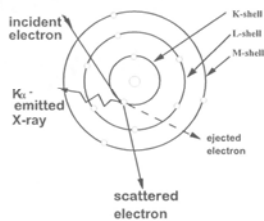
該原子特性的能量，因此分析歐傑電子亦可得到材料的成份組成。
(16·17)

週期表上的各種元素經外來能量激發產生特性 X 光與歐傑電子的機率係與其原子序有關，一般說來輕元素較易產生歐傑電子，而相對的重元素則較易產生特性 X 光。特性 X 光的命名方式為：相鄰軌域間所產生的 X 光定為 a，如 L 層軌域→K 層軌域為 Ka，M 層軌域→L 層軌域為 La，若相隔的軌域間所產生的 X 光則稱為 b，如 M 層軌域→K 層軌域為 Kb，N 層軌域→L 層軌域為 Lb，依此類推之。試片內會產生特性 X 光的區域與入射能量所激發的區域相當，其區域大小基本上決定於入射之能量與試片組成元素的平均原子序。



Characteristic X-rays

- Characteristic x-rays are formed by ionization of inner shell electrons
- Inner shell electron is ejected and an outer shell electron replaces it
- Energy difference is released as an X-ray



Compute Energy of Neon K-alpha Line

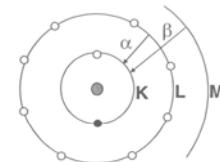
If beam $E > E_K$, then a K-electron may be ionized:

X-ray energy is the difference between two energy levels:

$$E_{K_{\alpha}} = E_K - E_L$$

For neon ($Z=10$): $E_K = 0.867 \text{ keV}$
 $E_L = 0.018 \text{ keV}$

$$E_{K_{\alpha}}^{\text{Ne}} = 0.867 \text{ keV} - 0.018 \text{ keV} = 0.849 \text{ keV}$$



針對電子束所激發的特性 X 光分析，一般亦稱為電子束微分析法 (Electron Probe for Microanalysis, EPMA)，根據偵測 X 光的分析方法不同，主要可分為能量散佈分析儀 (Energy Dispersive Spectrometer, EDS) 或波長散佈分析儀 (Wavelength Dispersive Spectrometer, WDS) 兩種，兩者的偵測原理、量測極限皆有不同。波長散佈分析儀的偵測原理為 X 光入射激發單晶分析器，此單晶分析

器具有特定的晶格排列與 X 光發生繞射作用，在單晶分析器的特定方向中波長滿足布拉格定律(Bragg's Law)的 X 光會有建設性干涉現象並形成繞射光束被偵測器所偵測。X 光產生的位置(即試片處)、單晶分析器與偵測器三者必須位於稱為若蘭圓(Rowland Circle)的圓周上。

能量散佈分析儀主要是由擴散鋰原子的矽晶接收器(Lithium Drifted Si p-i-n diode, Si(Li))為核心的固態偵測器，其中鋰是為了中和矽晶接收器中可能存在的其它雜質，減少電子電洞對(Electron-Hole Pairs)的再結合中心(Recombination Center)，使得偵測的效率準確，由於此種偵測器必須要在低溫下操作，傳統機型係利用液態氮冷卻之，現在已有以冷凍邦浦冷卻的機型推出。被電子束激發而放射出來之 X 光穿過薄的鈹窗(Beryllium Window, Be)或超薄的高分子膜窗甚至是無窗型的偵測器中，激發矽晶接收器產生電子電洞對，再轉換成電流，經放大器(Amplifier)及脈衝處理器(Pulse Processor)的處理後，送至能量數位轉化器(Energy-to-Digital Converter)處理由多頻道分析儀(Multi-channel Analyzer, MCA)將 X 光能量信號存入其對應之頻道位置(17)。

偵測特性 X 光的分析方法，能量散佈分析儀相較於波長散佈分析儀的優點有：

- (1) 快速並可同時偵測不同能量的 X-光能譜。
- (2) 使用之一次電子束電流較低可得較佳的空間解析度(Spatial Resolution)，且較不會損傷試片表面。
- (3) 接收訊號的角度(Solid Angle)大。
- (4) 儀器之設計較為簡單。
- (5) 操作簡易，不需作對準(Alignment)及聚焦(Focusing)。

而主要缺點則有：

- (1) 能量解析度差。
- (2) 對輕元素的偵測能力差。
- (3) 偵測極限差(> 0.1%)。
- (4) 定量能力較差。(16)

(三) 國內外情形比較

此項課程費用雖所費不貲，但其課程內容豐富，從基本原理、儀器操作到進階的應用面面俱到，筆者課前雖無實際操作電子顯微鏡經驗，但經過 6 天課程的參與，已對於此儀器有更深一層的認識

與了解。黎海顯微鏡學校號稱為全美電子顯微鏡的重鎮，此次課程參與學員計有一百多人，除來自全美各州外，更有部分學員由世界各地慕名前來，授課講師亦除該校研究人員外，還有來自美國及英國等地知名電子顯微鏡專家，主辦單位規劃課程十分用心，最後 2 天的課程依學員背景及感興趣之主題，分 X-ray 分析、影像處理技術及刑事鑑識應用等三個議題，分開講授並實際帶領如何操作，總計提供數百頁的書本、講義及參考資料，甚至將課程內容摘要及部分應用軟體燒錄成光碟予每一位學員，因此筆者深覺獲益良多而不虛此行。

經由與受訓學員一同心得討論及交流後，發現電子顯微鏡及其相關應用極為廣泛，學員中除了少部分與筆者一樣來自刑事實驗室外，大部分的學員工作領域分布於半導體、電子、電腦、玻璃、材料工程、製藥、環保、博物館等產業，可見此種儀器實用性極高。目前國內刑事實驗室以分析射擊殘跡、纖維、油漆片等微物跡證為主，尚有開發各式證物鑑定分析的可行性，因為犯罪現場源自人類日常生活，電子顯微鏡既然可以運用在眾多領域，其必能提供刑案現場中各式證物鑑定技術的新選擇。尤其課程中介紹新式的環境掃描式電子顯微鏡（Environmental Scanning Electron Microscope），此新產品能達到同時具有高解析（High Resolution）及低真空或無須真空下操作的需求，因此樣本無論導電或含水與否，舉凡金屬、機械、陶瓷、電子、土木、環工、乃至生物、醫學等研究領域，皆能應用此儀器作觀察與分析，國內刑事實驗室若可評估並引進使用，勢必能克服當前儀器操作上的限制，並開發新的鑑定項目。

肆、建議事項

在國內司法偵審制度朝向當事人進行主義之際，可預見未來法庭對於刑事鑑識的要求，必定更加重視證據能力及證據力。也由於證物呈堂效力的高度要求與犯罪者作案手法不斷的更新，現場勘察人員除了要能將明顯物理、化學及生物性跡證，紀錄、蒐集、包裝、封緘確實，遵循證物監督鍊法則（chain of custody）外，如何將肉眼不易發掘的微物跡證蒐集，或運用科學方法與先進儀器技術顯現潛伏跡證確為深一層次之課題。

國內早期赴美研習的鑑識界前輩，如刑事警察局刑事鑑識中心已故之翁景惠主任、現任的程曉桂科長及本局刑事鑑識中心謝松善主任均師承李昌鈺博士，相關的鑑識技術及智能已引進國內多年，因此筆者行前總認為國內技術及人才已達國際水準。然而鑑識科學發展日新月異，美國此部分學者、專家及設備規模優於我國，三個月的研習課程中，在康州刑事實驗室、李昌鈺研究機構、黎海顯微鏡學校及麥克隆研究機構等地研習期間，時有發掘新知、汲取新觀念的喜悅，也深刻了解到鑑識人員不可以管窺天，惟有汲取新知、不斷精進、截長補短，才能不被時勢潮流所淹沒。茲就國內槍擊案現場處理及刑事鑑識發展，提列建議事項說明如下：

一、落實現場及證物保全觀念

就槍擊案現場處理及重建部份，筆者認為國內首要之務即是持續加強基層員警現場及證物保全的觀念及相關作為，因為現場保全得當，偵查及鑑識人員才有努力的空間與發揮的舞台，以發生於國內之 319 總統、副總統槍擊案為例，案發後現場保全未盡完善及周全，第一線的員警無法確定案發時彈殼遺留位置，以致於即使刑事警察局鑑識人員將證物作非常完整的分析與鑑定，甚至後來敦請李昌鈺博士返國協助重建，仍舊囿於這些限制，使得現場重建及證物鑑定的結果無法真實拼湊出案發過程的原貌。實務上，鑑識人員不可能於案發之後便立即到達現場，故基層警察同仁為首先面對現場的人員，勢必一定要有證物保全之概念。否則日後所衍生之問題將層出不窮。就本局現況而言，刑事鑑識中心舉辦區域鑑識培訓班行之有年，現場及證物保全觀念已深植各分局刑事組鑑識小隊成員，且採證績效及破獲件數亦年年成長，惟派出所員警部份仍有改善空間，因此若能透過各種常年訓練加強宣導現場及證物保全的觀念與作為，必定能避免缺失的發生。

二、研發微物鑑識技能並充實顯微鏡檢設備

享譽國際的鑑識科學大師-李昌鈺博士以微物鑑識專長協助偵破許多著名案件，當指掌紋及 DNA 等個化性的鑑定技術已臻成熟，微物跡證處理程序及相關技術為國內亟待發展的項目，單以槍擊案現場及鑑識之範疇而論，由涉嫌人及被害人衣物、涉案車輛及彈頭上等處，均有機會發現殘留的纖維、毛髮、玻璃及油漆片等各種細微證物，雖說中央級刑事實驗室已有許多先進的儀器可達鑑定此類微物跡證所需，但唯有鑑識人員具有微物鑑識的觀念及技能，配合適當的鏡檢設備及環境，此類跡證才有可能被發掘及採取，後端的儀器及技術也才能發揮。

筆者參訪美國紐約及康州等地刑事實驗室，發現偏極光顯微鏡為基礎的鏡檢設備之一，反觀國內設置有實體顯微鏡之鑑識單位不多，更遑論偏極光顯微鏡。本局配備有實體顯微鏡，但使用上因儀器本身限制而僅能觀察證物外觀形狀，若能增購偏極光顯微鏡，並運用其觀察各種微物跡證的多色性、輪廓深淺、折射率、雙折射差、消光角及快慢光方向等性質，可以針對泥土、纖維、玻璃、油漆等微物進行初步分析，另一方面有時透過鏡檢初篩即可將待鑑證物類化而即時提供相關偵查方向及訊息，除可避免中央級實驗室鑑識資源浪費外，亦能確實掌握鑑驗時效。因此，筆者認為中央級刑事實驗室及各縣市警局鑑識人員應將證物鏡檢步驟列入標準作業程序，添購鏡檢及光源設備，並設置合適的證物檢視空間。

三、賡續辦理鑑識人員專業訓練及出國研習計畫

訓練進修已成為當前政府及民間機構「組織再造」的重要課題，刑事鑑識乃一結合物理、化學、資訊及生物等應用性極高的法庭科學，在犯罪者作案手法不斷更新、科技發展日新月異下，國內鑑識職系從業人員若墨守成規、不思創新，則必被時代潮流所淘汰。近年來，幸賴中央警察大學、中華民國鑑識科學學會、內政部警政署刑事警察局及法務部法醫研究所等單位已積極辦理各種學術研討會，提供鑑識人員在職訓練及經驗交流的管道，並已獲相當成效。但參加人員目前以中央級刑事實驗室及地方警察局鑑識組人員為主，鮮少看到各地分局刑事組鑑識人員參與，前述單位辦理相關研討會訊息若能廣為宣傳並央求縣市警局轉知各分局鑑識人員，一來可以擴大研討會規模及與會人數，更能透過實質交流，使得第一線的現場採證人員、實驗室人員及學者專家能經驗分享而集思廣益。

此外，目前相關研討會主辦地點以北部為主，個人建議中南部或東部各縣市警察局能彼此合作，結合當地實務機關及學術單位，規劃舉辦區域性的研討會，並由前述鑑識學會或中央單位協辦，定能提高各地鑑識人員與會意願及各地鑑識人員專業性。再者，個人建議應持續辦理選送人員出國研習刑事鑑識技術，如此才能和國際接軌，共同處理刑事鑑識上所遭遇之難題，因為惟有透過現地研習，才能實在地將技術及觀念攜回國內，提升國內刑事鑑識水準。

肆、附錄

附錄 1

4

CRYSTALLOGRAPHY

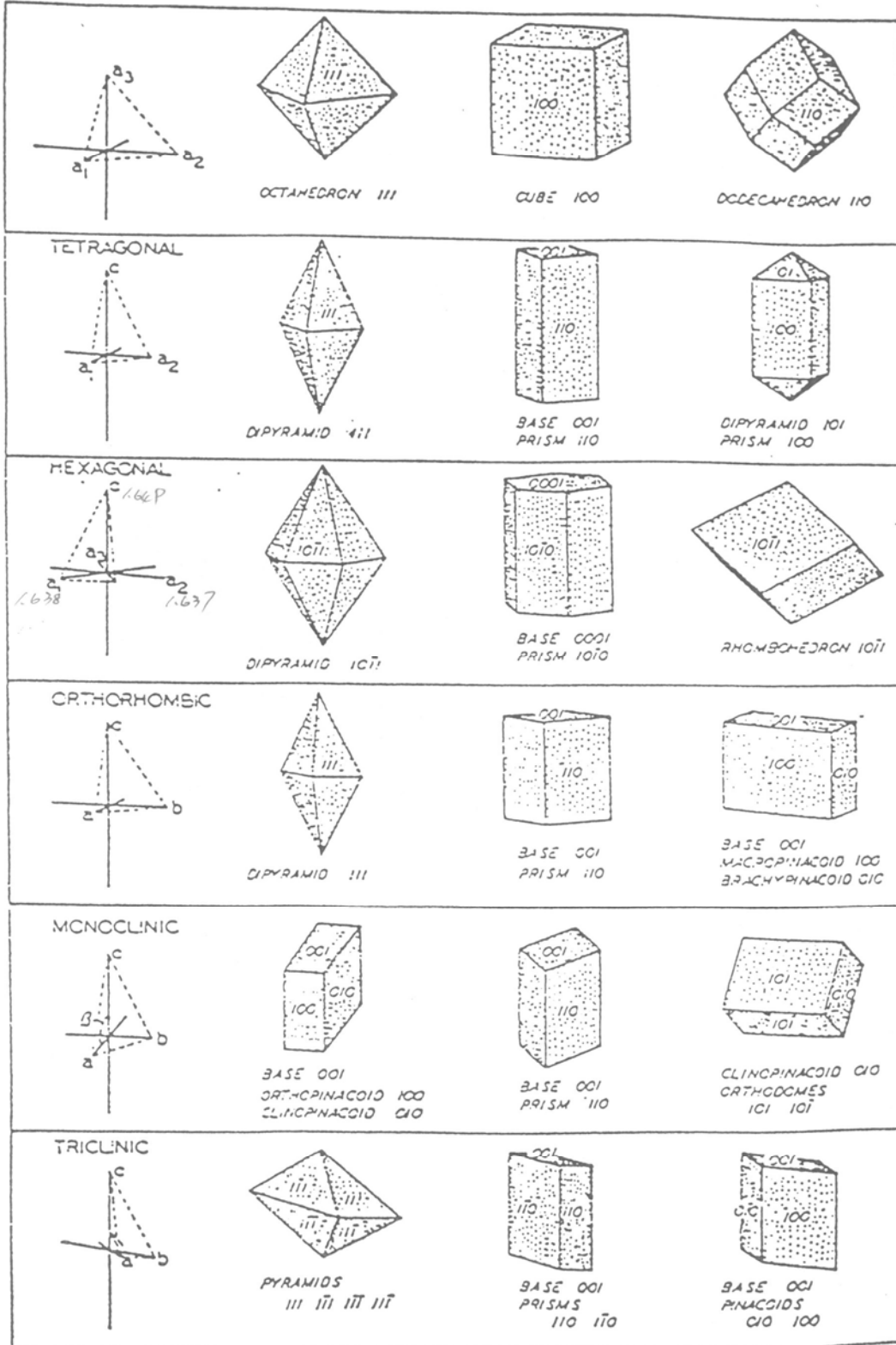


FIG. 2. Axes, simple forms, and combinations in the six crystal systems.

FIBER CHARACTERIZATION

FIBER (Box No.)	Cross-section (Shape)	Diameter (µm) Max. Min.	n (relative to 1.66) lg. ⊥ lg.	Birefringence (iso., low mod., high)	Extinction (good, poor, none)	Sign of Elongation	Remarks
Silk (33)		10 6	<1.66 <<1.66	-0.050	good	+	cross-over marks
Wool (34)		20 12	<1.66 <1.66	-0.015	good	+	scales
Linen (31)		15 8	<1.66 <<1.66	-0.050	good	+	transverse nodes
Cotton (30)		25 12	<1.66 <1.66	-0.050	none	+	regular twists, no extinction
Sisal (29)		15 6	<1.66 <1.66	-0.050	poor	+	Herzog Z-twist
Caucasian Hair (36)		70 50	<1.66 <1.66	-0.015	good	+	scales, pigment
Rabbit (38)		14 10	<1.66 <1.66	-0.015	good	+	scales, patterned medulla
Chem. Hardwood (28)		30 4 20 12	<1.66 <<1.66	mod.	poor	+	multiple rows of pits on baggy cells
Mech. Softwood (27)		30 4 20 12	<1.66 <<1.66	mod.	poor	+	bordered pits on ribbons
Acetate Rayon (44)		25 16	<<1.66 <<1.66	-0.003	good	+	longitudinal striations
Triacetate (Arnel) (45)		30 12	<<1.66 <<1.66	"isotropic"	NA	NA	longitudinal striations
Modacrylic (Dynel) (50)		120 75	<<1.66 <<1.66	-0.003	good	+	longitudinal striations
Polyamide (Nylon) (47)		45 45	<1.66 <<1.66	-0.055	good	+	often perfect cylinders
Acrylic (Orlon) (46)		27 12	<<1.66 <<1.66	-0.003	good	-	usually peanut cross-section
Viscose Rayon (43)		28 16	<<1.66 <<1.66	-0.025	good	+	many striations
Polyester Dacron (49)		15 12	>1.66 <<1.66	-0.150	good	+	rounded cross-section
Aramid (Kevlar) (48)		11 11	>>>1.66 sl. <1.66	v.v. high	good	+	pleochroic yellow colorless
Mineral Wool (52)		15 2	<1.66 <1.66	Isotropic	NA	NA	variable diameter exotic shapes
Fiber Glass (51)		9 9	<1.66 <1.66	Isotropic	NA	NA	straight, constant diameter

伍、參考資料

1. <http://www.state.ct.us/dps/DSS/forensic.htm>
2. <http://www.hcleeinstitute.com/index.html>
3. Dean H. Garrison, Jr. 2003. Practical Shooting Scene Investigation: The Investigation & Reconstruction of Crime Scenes Involving Gunfire. Universal Publishers.
4. Leroy Parker. 2004. Workbook on Crime Scene Reconstruction of Shooting Incidents. AuthorHouse.
5. Henry C. Lee, Timothy M. Palmbach, Mariln T. Miller. 2001. Henry Lee's Crime Science Handbook. Academic Press.
6. Tillman W. L. 1987. Automated Gunshot Residue Particle Search and Characterisation. Journal of Forensic Sciences 32, 62.
7. 孟憲輝，1996。射擊殘跡之形成與特性，警學叢刊，26卷5期，第47頁。
8. 警察百科全書第十二卷；鑑識科學體系，2000。
9. Trace Metal Detection Technique in Law Enforcement Cat. No. TMDT100. Technical Information. Sirchie Finger Print Laboratories, Inc. 1996.
10. Douglas W. Deedrick and Sandra L. Koch. 2004. Microscopy of Hair Part 1 : A Practical Guide and Manual for Human Hairs. Forensic Science Communications 6 NO.1.1-50.
11. http://www.mcri.org/About_mcri.html
12. Walter C. McCrone and etc. 1984. Polarized Light Microscopy. McCrone Research Institute.
13. William D. Nesse. 1991. Introduction to Opitical Mineralogy. Oxford University Press.
14. Stuart H. James and Jon J. Nordby. 2003. Forensic Science: An Introduction to Scientific and Investigative Techniques. CRC Press.
15. <http://www.lehigh.edu/~inmicros/school/index.html>
16. 陳力俊等，1994。材料電子顯微鏡學。科儀叢書 3，行政院國家科學委員會精密儀器發展中心。
17. Joseph Goldstein and etc. 2003. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. Springer Science+Business Media, Inc.