

熱感紙之潛伏指紋顯現方法探討

作者／柳如宗・劉郁興

摘要

今日市面上熱感紙的使用量及種類已愈來愈多，成份的差異也愈來愈大，對指紋顯現的工作而言，無疑增加許多變數，因此，要找到一種適用於任何熱感紙的指紋顯現方法乃當務之急。

本文針對日常紙張常用之寧海德林與近來發現具有良好效果的1,2-茚二酮（1,2-indanedione）為主體，作為本研究的主要試劑，藉以探討熱感紙上潛伏指紋顯現方法。本研究先行針對熱感紙之變色溫度進行試驗，發現本實驗使用的熱感紙在65°C就會變色；由於熱感紙的特殊化學成分在加熱或接觸到某些有機溶劑（如甲醇、乙醇、乙酸乙酯等）時會變黑（此類有機溶劑稱為致黑溶劑），當熱感紙變黑會不利於指紋觀察。由於熱感紙成分複雜，本實驗為避免致黑溶劑與熱感紙接觸，採用一般市售A4紙取代溶劑，作為寧海德林或1,2-茚二酮與指紋的反應介質，再將待顯現指紋的熱感紙夾入此A4紙，使紙張上的寧海德林或1,2-茚二酮試劑能與指紋完全接觸，最後將A4紙夾入書中並將橫置重壓，數日後則可見指紋顯現。這種顯現法不會破壞熱感紙，且對已顯現之指紋具有保存作用，效果十分理想。

關鍵詞：鑑識科學、指紋顯現、寧海德林、1,2-茚二酮

壹、前言

隨著金融電子交易普及化，各類交易過程之憑據資料漸有以熱感紙列印之趨勢外，另因成本及方便性之考量，日常生活中接觸到之各類紙張如金融交易收據、信用卡交易收據、排隊號碼單、車票、停車場收據、便利商店繳款收據及彩券簽注憑單等，均可見到熱感紙蹤跡，相對的其成為刑案證物的機率也大增，然這些蒐證中所收集到的證物若無法有效採證則甚為可惜。熱感紙受限於其內含的化學成分，若以一般鑑識常用的採證

方法，如寧海德林法處理，會因紙質受破壞變黑而無法採證。為使鑑識人員能就手邊的材料處理熱感紙張，並兼顧健康、方便、經濟等因素，有針對熱感紙進行指紋採集方法改進之必要。

熱感紙係由美國金錢註冊公司（National Cash Register Company; NCR）於西元1965年開發之產品，相關之產品包括自動櫃員機（ATM）、收銀機及抽號碼機等使用之各種熱感紙張等。雖然該公司早於1965年即開發出熱感紙之產品，但因網路傳輸技術之限制，此類紙張僅用在傳真機等機器

上，直到1980年以後熱感紙才隨著金融業自動化，而大量被採用。

一般而言，熱感紙是表面呈白色、半光澤性之紙張，為利熱感紙能於受熱後順利完成化學作用顯現資料，大部分熱感紙可分為五層，由上而下依序為頂層（top coat）、活性層（active coat）、基質層（base coat）、紙張層（base paper）及紙被層（back coat）等，各層功能分別有提供保護、紙張成影、加速反應、抗靜電、支撐等功能，礙於缺乏相關之精密儀器，本文在此不做更深入之探討。隨著科技的發展，熱感紙的使用量也愈來愈大，但由於傳統的寧海德林法使用的溶劑會使熱感紙變黑，導致證物被破壞，^①於是近年來對於熱感紙上潛伏指紋的顯現方法已有相當多的探討，但還是有些值得改進探討的地方，例如碘燻法^②是最初用在熱感紙潛伏指紋的方法之一（如圖一），其最大缺點，除了碘本身有劇毒、指紋顯現後不易長久保存之外，碘蒸氣並不是對每一種熱感紙都能夠顯現指紋。例如本次實驗中所使用的樂透彩券及號碼牌就無法顯現指紋（如圖二、圖三）。

另一種方法是改變寧海德林試劑中甲醇濃度，或是改變乙酸乙酯在1,2-茛二酮試劑中的濃度，^③這種方法的顯現效果相當不錯



圖一：碘燻法對第一銀行（左）與郵局（右）ATM交易憑單的指紋顯現效果。



圖二：碘燻法對樂透彩券（左）與號碼牌（右）無法顯現指紋。



圖三：以碘燻法處理熱感紙時，交易憑單與7-11收據熱感紙顯現指紋效果較好。

（如圖四），只可惜只能對傳真機的紙張有良好的顯現效果，至於市面上常見的熱感紙，仍有部分上無法達到良好的效果，如圖五。

有鑑於此，設計兩種針對各種熱感紙都

①：曾春僑、鐘憲祥、楊紹凱，熱感紙之指紋採證方法，鑑識科學研討會，民92，頁159。

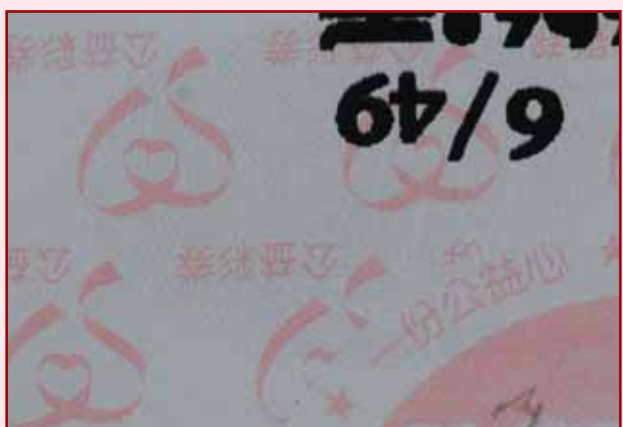
②：孫蔓蘋撰，中央警察大學碩士論文，“合成之1,2-茛二酮與紙張上潛伏指紋顯現試劑DFO、Ninhydrin之顯現效果比較”，民90。

③：Henry C. Lee, R. E. Gaensslen. Advances in fingerprint technology. CRC Press, pp.73（1994）。

熱感紙之潛伏指紋顯現方法探討



圖四：調整寧海德林溶劑中的甲醇含量後，再對郵局ATM收據作指紋顯影的效果。



圖五：改變甲醇濃度，樂透彩券顯現潛伏指紋效果較不理想。

適用的指紋顯現方法：

(一)因為寧海德林與1,2-茛二酮試劑能與指紋中的 α -胺基酸反應，於是先取一般A4紙浸泡於寧海德林或1,2-茛二酮的試劑中，取出風乾後，再將待顯現指紋的熱感紙夾入此A4紙，並放入書中橫置重壓，一段時間後則可見指紋顯現，這種方法我們稱之為「三明治法」，不但適用於所有熱感紙，而且還不會對熱感紙造成任何破壞。

(二)第二種方法則是針對已遭破壞之熱感紙使用，由於熱感紙的化學成分，在加熱或接觸到某些有機溶劑時會變黑，而當熱感紙變黑的同時，會有指紋觀察困難的情形發生，因此，倘若鑑識人員在不經意的情形下

對熱感紙加熱或使用致黑溶劑，將造成證物破壞，為挽救已變黑熱感紙上的潛伏指紋，可先將熱感紙以丙酮浸泡，使熱感紙上的化學成分完全溶出後，再以傳統的寧海德林法或1,2-茛二酮法來顯現指紋。而這種方法雖然不會破壞紙張上潛伏指紋的 α -胺基酸，但是熱感紙上由化學成分遇熱所顯現的字，會完全被溶解，造成證物被破壞，這種方法僅適用於已被致黑溶劑破壞過的熱感紙，且採證過程需詳實拍攝、紀錄。

貳、實驗與試劑

一、實驗檢體

本次實驗的熱感紙是以市面上較常見的為主，分別為樂透彩簽注憑單（以下簡稱「樂透彩券」）、郵局自動提款機收據（簡稱「ATM收據」）、郵局排隊號碼單（簡稱「號碼牌」）與便利商店（7-11）繳款收據（簡稱「7-11收據」），上述之熱感紙均自台北縣市取得。

二、儀器

- (一)NIKON D100數位相機。
- (二)多波域光源產生器 PL 500（Rofin 公司）。
- (三)影像處理暨快速沖印機 FRONTIER 330。
- (四)熔點測定儀 YANACO MP-S3。

三、藥品

- (一)寧海德林（99%），購自德國FERAK公司。

(二)1,2-茛二酮係由本中心柳如宗主任自行合成。

(三)正己烷 (99%)，購自美國J. T. Baker公司。

(四)甲醇 (99%)、乙醇 (99%)，購自日本島久藥品公司。

(五)乙酸乙酯 (99%)，購自美國TEDA公司。

(六)丙酮 (99%)，購自美國ROMIL公司。

(七)石油醚 (99%)，購自日本國產化學公司。

(八)冰醋酸 (99%)，購自台灣聯工化學試藥。

(九)HFE-7100 (99%)，購自日本住友3M公司。

四、實驗

(一)溫度對熱感紙的影響

高溫會使熱感紙產生化學反應，顯現出黑色痕跡。不同熱感紙對溫度的反應有所差別，而傳統的指紋顯現試劑大多會使用加熱的方式來提升反應的速率，為瞭解市面上熱感紙的熱反應溫度，取用本次實驗用熱感紙數張，每張裁切為3X3公分見方大小，依次放置於熔點測定儀的加熱板上，蓋上厚玻璃板固定後，以每五秒加熱1℃的方式向上升溫，藉此觀察造成熱感紙發生化學反應的溫度，以及各種不同的溫度（65℃、85℃、

105℃）對熱感紙的影響。

(二)溶劑對熱感紙的影響

有機溶劑對熱感紙的影響相當的大，像是醋酸、乙酸乙酯等皆會對熱感紙的結構或化學成分產生反應，若未謹慎使用可能會造成證物被破壞。有鑑於此，在此將常見用於指紋顯現的有機溶劑對於熱感紙的反應做歸納整理以供作參考。

取本次實驗用熱感紙數張，裁剪成1.5X3公分見方大小，分別滴上石油醚、乙酸乙酯、HFE-7100、乙醇、甲醇、冰醋酸、丙酮、正己烷等有機溶劑各0.05 mL，等待5分鐘後觀察熱感紙的變化。

(三)三明治寧海德林法之反應濃度與時間

本實驗為「三明治寧海德林法」，在前面已作過簡單的介紹，因為對傳統的指紋顯現試劑而言，往往某些溶劑會對熱感紙造成破壞，^④因此對熱感紙使用時不加任何溶劑，讓寧海德林平均的吸附在紙張上，再將紙張直接與熱感紙接觸進行顯現，以降低熱感紙被破壞的程度，並比較濃度與時間的關係。實驗時先取一般市售A4紙12張，每四張為一組，塗上寧海德林丙酮溶劑（寧海德林：丙酮=1g：100ml）塗完就立即風乾，風乾後再塗抹，第一組執行此步驟1次、第二組反覆此步驟5次，第三組反覆此步驟10次，藉此掌握實驗中寧海德林的濃度。將處理過的A4紙對折，再把待顯現指紋的檢體

④：陳俊傑、余勇健、孟憲輝，熱感紙 突破性指紋顯現方法，鑑識科學研討會，民93，頁339。

分別夾入，各組的四張A4紙實驗所需的時間分別以1天、3天、5天與10天來觀察。且在實驗期間，應避免將樣品取出觀察，以免影響反應。

(四) 三明治1,2-茚二酮法之反應濃度與時間

本實驗為「三明治1,2-茚二酮法」，實驗步驟與實驗1-1相同，取A4紙12張，每四張為一組，塗上1,2-茚二酮丙酮試劑（1,2-茚二酮：丙酮=1g：100ml），塗完就立即風乾，風乾後再塗抹。同實驗1-1，第一組執行此步驟1次、第二組反覆此步驟5次與第三組反覆此步驟10次，藉此掌握實驗中1,2-茚二酮的濃度。之後將待顯現指紋的檢體分別夾入處理過的紙張中，實驗所需的時間分別是1、3、5與10天。在實驗期間，應避免將樣品取出觀察，以免影響反應。

(五) 丙酮溶劑浸泡時間對熱感紙上指紋化學成分之影響

熱感紙上的化學成分會對潛伏指紋顯現造成很大的影響，因為不論使用何種指紋顯現方法，只要在顯現的過程中發生熱感紙變黑，所顯現的指紋就變的難以觀察，因此，在此提供一個挽救辦法，藉由丙酮不會將指紋中氨基酸溶出之特性，可先將熱感紙浸泡於丙酮中，待熱感紙上的化學成分完全溶出後，取出熱感紙風乾並以肉眼檢視熱感紙是否呈現全白（無熱感紙上的化學成分殘留），之後再作處理。為比較熱感紙浸泡丙酮的時間長短對潛伏指紋的影響，取各種檢

體兩張，各留下一枚指紋，並將指紋都分割成兩部分，一部分浸泡丙酮5分鐘，另一部分則分別浸泡15分鐘及30分鐘，待實驗後再合併比較差異，浸泡完畢後取出風乾，以寧海德林法處理，靜置兩天後觀察，比較浸泡丙酮時間長短對指紋顯現的影響。特別值得一提的是，之前在實驗中發現到，檢體浸泡丙酮1~3分鐘並不足以將熱感紙的化學成分完全析出，特別是彩券的殘留最多，導致指紋顯現效果差，因此在本次實驗中，浸泡丙酮的時間都超過5分鐘以上。

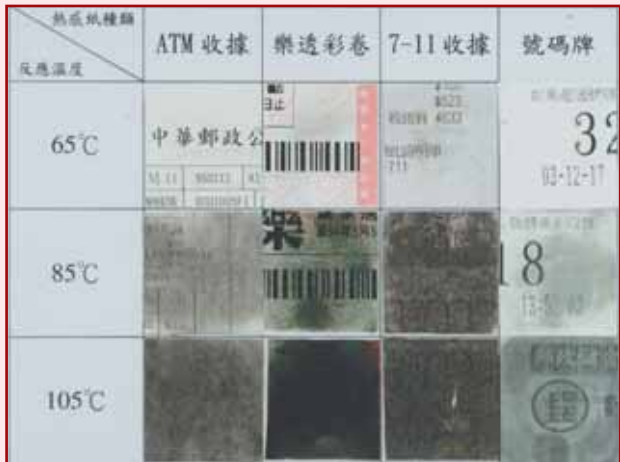
在另一組實驗則取各種檢體兩張，各留下一枚指紋，並將指紋都分割成兩部分，一部分浸泡丙酮5分鐘，另一部分則分別浸泡15分鐘及30分鐘，待實驗後再合併比較差異，浸泡完畢後取出風乾，再以1,2-茚二酮法處理，在波長為530nm的光源下，以Tiffen red 23A（橘紅）濾鏡觀察，可看見指紋螢光反應效果。

參、結果與討論

一、溫度對熱感紙的影響

運用熔點測定儀緩慢提升溫度，來確認本實驗所使用熱感紙的熱反應溫度，發現這四種熱感紙對溫度反應均相當靈敏，除了號碼牌需要75℃才會發生反應之外，其餘熱感紙在65℃時就會產生泛黑的情形，當持續升溫至85℃及105℃時，可以很明顯的發現溫度愈高，熱感紙顏色變得愈黑（圖六）。因此，對這四種熱感紙使用寧海德林法時，切

勿使用加熱的方式來加速顯現指紋，因為無論是烘箱、吹風機都很容易加熱過度，使熱感紙變黑。



圖六：號碼牌在65°C尚未到達反應溫度外，其餘熱感紙均已出現變色之狀況。隨著溫度增高，熱感紙也愈來愈黑。

二、溶劑對熱感紙的影響

取石油醚、乙酸乙酯、HFE-7100、乙醇、甲醇、醋酸、丙酮、正己烷等8種有機溶劑各0.05 mL，分別滴在樂透彩券、號碼牌、ATM收據及7-11收據上，經觀察後可發現這些有機溶劑對熱感紙的影響是相當快速的，在短暫接觸的瞬間，大部分的熱感紙就有變黑或褪色的情形發生。

由圖七可觀察到除石油醚、HFE-7100及正己烷不會對熱感紙造成影響之外，其餘有機溶劑都會與熱感紙發生反應，使熱感紙變黑或褪色，因此，在調配傳統寧海德林溶劑時，可以考慮使用正己烷來取代石油醚。

三、三明治寧海德林法之反應濃度與時間

依照實驗的反應時間，分別在第1天、第3天、第5天及第10天時將檢體取出，觀察



圖七：由右至左分別使用石油醚、乙酸乙酯、HFE-7100、乙醇、甲醇、醋酸、丙酮、正己烷等有機溶劑，分別滴在樂透彩券、號碼牌、ATM收據及7-11收據上，經觀察可發現除石油醚、HFE-7100及正己烷不會對熱感紙造成任何影響之外，其餘溶劑都會使熱感紙變黑或褪色。

熱感紙上潛伏指紋顯現情形，可以發現三明治寧海德林法除了對彩券正面顯現指紋需要較長時間之外，其他檢體上的指紋處理後都有很好的顯現效果，而且指紋顯現效果好壞與反應時間（夾在書中的時間）、濃度（A4紙浸泡試劑的次數）有直接的關係，反應時間愈長或濃度愈高，指紋顯現的效果就愈明顯，像是ATM收據若夾在高濃度寧海德林試劑（A4紙反覆浸泡10次）的A4紙中反應，只需一天的時間就可以清楚的看到的指紋紋路顯現（見圖八）。

熱感紙之潛伏指紋顯現方法探討



圖八：ATM收據分別放入塗抹寧海德林試劑1次、5次、10次的A4紙中（由左至右），反應一天後的情形。

大致上A4紙浸泡試劑的次數只要3~5次就能得到良好的反應效果，而反應時間最好超過3天以上，三明治寧海德林法最大的好處就是不會對熱感紙造成任何破壞，而缺點是指紋顯現時間較長，以及對於深色背景的紙張（如7-11收據背面）效果較差。

四、三明治1,2-茛二酮法之反應濃度與時間

依照實驗反應時間，分別在第1天、第3天、第5天及第10天將檢體取出，用多波域光源機以530nm光源照射，在橘紅濾鏡下，觀察熱感紙上潛伏指紋顯現情形，可以發現三明治1,2-茛二酮法，反應效果比三明治寧海德林法要來的差，所需要的時間及濃度都比三明治寧海德林法要來的多，如果遇到彩券或ATM收據時，其光滑表面特殊材質，往往會需要更長反應時間，在此建議使用此方法時，A4紙浸泡試劑的次數以10次為佳，反應時間最好長達5天以上（見圖九）。順便一提，本實驗不適合以氯化鋅溶劑加強螢光效果，因為氯化鋅溶劑中的甲醇與乙酸乙酯也會使熱感紙變黑，導致反應失敗。

五、丙酮溶劑浸泡時間對熱感紙上指紋化學成分之影響

若要將熱感紙上的化學成分完全溶出，



圖九：號碼牌分別放入塗抹1,2-茛二酮試劑1次、5次、10次的A4紙中（由左至右），反應10天後，在530nm光源照射下，透過橘紅濾鏡觀察檢體螢光顯現的情形。

則熱感紙必須浸泡丙酮5分鐘以上，從實驗的結果可發現，熱感紙經丙酮處理後，潛伏指紋依然能與寧海德林反應，所顯現出的指紋紋路依然明顯。由於熱感紙的化學成分已完全析出，所以可以採用加熱的方式來加速潛伏指紋顯現。而熱感紙浸泡丙酮的時間長短，對指紋顯現效果影響其實並不大，因為丙酮並不會溶解指紋中的 α -胺基酸，像是ATM收據與樂透彩券幾乎不受影響（見圖十、圖十一）。



圖十：ATM收據正面（右半部：浸泡丙酮5分鐘；左半部：浸泡丙酮30分鐘）。

因此，若因熱感紙處理不當，造成熱感紙變黑或褪色時，運用此法依然可以將潛伏指紋顯現，但由於此法對熱感紙的破壞實在相當大，所以在使用丙酮處理熱感紙時，務



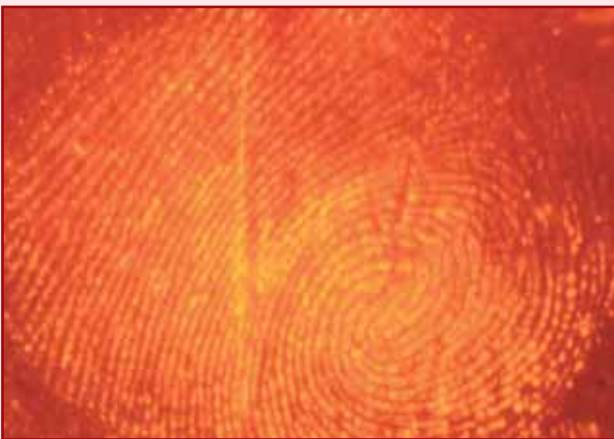
圖十一：彩券正面（右半部：浸泡丙酮5分鐘；左半部：浸泡丙酮30分鐘）。

必將每個步驟拍照、攝影，以確保證據之證據能力。

將熱感紙上的化學成分溶出後，再用1,2-茛二酮法來顯現指紋，此時由於熱感紙上的化學成分已完全析出，所以採用加熱的方式來加速反應時，並不會讓熱感紙變黑。在530nm波長光源的照射下，透過Tiffen red 23A（橘紅）濾鏡觀察潛伏指紋顯現情形，發現此方法對這幾個實驗檢體來說，顯現指紋的效果相當好，唯一的缺點就是在第一個步驟時，浸泡丙酮會溶解熱感紙上的化學成分所形成的文字，造成證物的破壞（見圖十二）。

六、數位影像強化

由於刑事案件種類繁多，現場證物更是五花八門，當鑑識人員採取潛伏指紋時，並非每次都能得到很好的效果。然而隨著科技



圖十二：ATM收據背面（右半部：浸泡丙酮5分鐘；左半部：浸泡丙酮30分鐘）。

的進步，可運用數位強化方式來補強指紋顯影效果（如圖十三）。



圖十三：左圖為寧海瀧林處理後，指紋顯現效果欠佳；右圖為經數位影像強化處理後，指紋顯現效果佳。

運用數位影像處理程式，藉由調整色相、曲線、對比、亮度、反高差及銳利化等方式來提升指紋紋線的清晰度，由下圖可看出強化的效果相當好，原本不清楚的指紋，變得相當明顯，連指紋上的汗孔都清晰可見，不過使用此方法的尚有爭議性，但2001年在美國佛羅里達州法院的判例中，能接受強化過的數位影像作為證據。^⑤

⑤：周俊銘、溫哲彥，數位影像證據在刑事鑑識上的應用情形--以佛羅里達州為例，鑑識科學研討會，民93，頁421。

七、試劑活性與特性之探討

在此次的實驗中可以很明顯的發現，三明治指紋顯現法（三明治寧海德林法與三明治1,2-茛二酮法）是一個相當穩定的指紋顯現方法。除了需要較長的反應時間之外，並沒有其他缺點，在此，將實驗中所發現三明治法的特性作一個分享。

(一)在三明治指紋顯現法中，由於附著於紙張上的寧海德林及1,2-茛二酮等試劑，夾藏於書本中而與外界隔絕，故能維持較長之試劑活性。本實驗中淋附1,2-茛二酮試劑的紙張夾在書中9個月後，依然能對實驗用熱感紙顯現潛伏指紋，至於淋附寧海德林的紙張，其試劑活性能維持超過一年以上，且兩者在試劑活性喪失前，都能不斷重複使用。

傳統寧海德林試劑藥效往往不超過半年，且調配方式複雜，需要一定的化學設備及藥品，使用時又需暴露在有害的化學溶劑下。而三明治法所具有便利、經濟及環保等優點，可以解決上述的問題。

(二)使用傳統寧海德林法顯現指紋之後，所顯現的紋線往往會在一個月內淡化消逝，就算放入密閉的空間也是如此，但如果將顯現後的指紋放置於淋附寧海德林的紙張中並夾入書內保存，可得到良好的效果，因為指紋紋線可以保存超過1年；而使用1,2-茛二酮試劑所顯現的指紋紋線，如果放置於淋附1,2-茛二酮的紙張中並夾入書內保存，則可保存約1年。

肆、結 論

由於指紋之遺留及顯現程度因人而異，況且就算同一人亦會因其生理狀況之不同而有所差異，故對於如何設計最佳之反應濃度及時間還需進一步研究。本次研究的目的，不僅僅是想開發出一個好的指紋顯現方法，更希望能提供鑑識同仁環保及便利的鑑驗環境。

從實驗的結果得知，三明治指紋顯現法對熱感紙的顯現效果相當好，且試劑活性及指紋保存的時間也是出乎意料的長。因此，可以預期在不久之後，顯現紙張上的潛伏指紋，只要打開書本把紙放進去，等候2~3天就可以了。再也不需要為了如何調配試劑而傷腦筋，更不用去接觸危害身體的有機溶劑。

隨著科技進步，影像處理技術也日新月異，藉由強化指紋紋線色彩對比，來凸顯指紋特徵，這是必然的趨勢，深信此項技術能於日後被我國法庭採用及認可，以提升指紋之鑑識技術。

作 · 者 · 簡 · 介

柳如宗

國立台灣師範大學化博士；現任刑鑑中心上校主任。

劉郁興

私立靜宜大學化學碩士；現任憲兵司令部刑鑑中心上尉鑑識官。