

基因序列 應用於防偽印刷 技術之探討

曲文豪

摘要

本篇主要在探討最新的防偽印刷科技的介紹，第一節主要說明根據統計資料顯示仿冒品的為害情形；第二節是介紹生物辨識系統產業的發展沿革；第三節是介紹基因序列現階段的應用情形及基因序列密碼在防偽印刷技術上的突破性發展；最後對於此一新崛起之技術的發展前景做一探討。

關鍵詞

去氧核糖核酸（DNA）；防偽印刷技術；DNA油墨

壹、前言

根據統計2001年全球仿冒品總值估計達2800億美元（PIRA Internation，2005），資訊設備的發達也使得大量偽變造商品的技術得以日益精進，進而演生出許多的困擾諸如：

- 1.全世界的線上銷售市場約有10%是仿冒品交易。
- 2.每年網路上仿冒的名牌商品的買賣約有25億美金。
- 3.美國的名人和運動收藏品約有50-70%是仿冒品。
- 4.當代藝術家的畫作買賣約10-40%有詐欺行為的發生

儘管過去所使用的防偽措施如何的週延，很快的都會被仿冒者所破解。如今，以生物型態的安全辨識技術，在工商業發展快速的今日已逐漸取代了傳統的防偽技術，而在商業安全與金融防偽的產業中更是佔有舉足輕重的關鍵成功因素。然而，藉由生物特徵所發展出來的安全辨識技術，除了已發展相當成熟的聲音辨識系統、指紋辨識技術與虹膜或視網膜掃描辨識技術等的應用。以上所介紹的三種生物型態的安全辨識技術，僅止於商業機密外洩或居家安全的維護上，能夠發揮有效遏止的作用；但在金融商品的防止偽變造的防護功能上，卻是陷入了英雄無用武之地的窘境，然而生物辨識技術的不斷精進與

人體基因密碼的定序完成，使得防偽辨識技術有了重大的突破，因此DNA辨識技術堪稱是現今最複雜且是最難破解的防偽技術實在是實至名歸而無過之。

貳、生物辨識系統產業的發展沿革

生物辨識的應用市場起源相當早，不過最早是利用指紋特徵作為辨識身份的依據，大多是應用在犯罪偵查的用途。近年來，隨著資訊科技的進步，利用電腦協助指紋影像的擷取與比對速度愈來愈快，於是開始有利用指紋辨識作為門禁管制或是差勤系統的應用。911恐怖攻擊事件之後，由美國為首的歐美國家有感於傳統密碼辨識的不足，因而讓生物辨識技術應用市場出現新一波的成長動力。不但新開發的辨識技術逐步商業化，應用的領域亦逐漸走出原有的產品市場。

持續不斷的恐怖攻擊陰影無疑為全球的國土安全意識帶來了震撼性的衝擊，也為國內外的生物辨識產業點燃了成長的引信。各國政府在持續不斷加強安全管制的政策之下，採用了許多利用生物辨識技術的身份辨識產品，或是強化原有的視訊監控設備。2004年9月美國政府實施的“US-VISIT”入出境管制措施要求所有進入美國領土的外籍旅客必須提供指紋及數位像

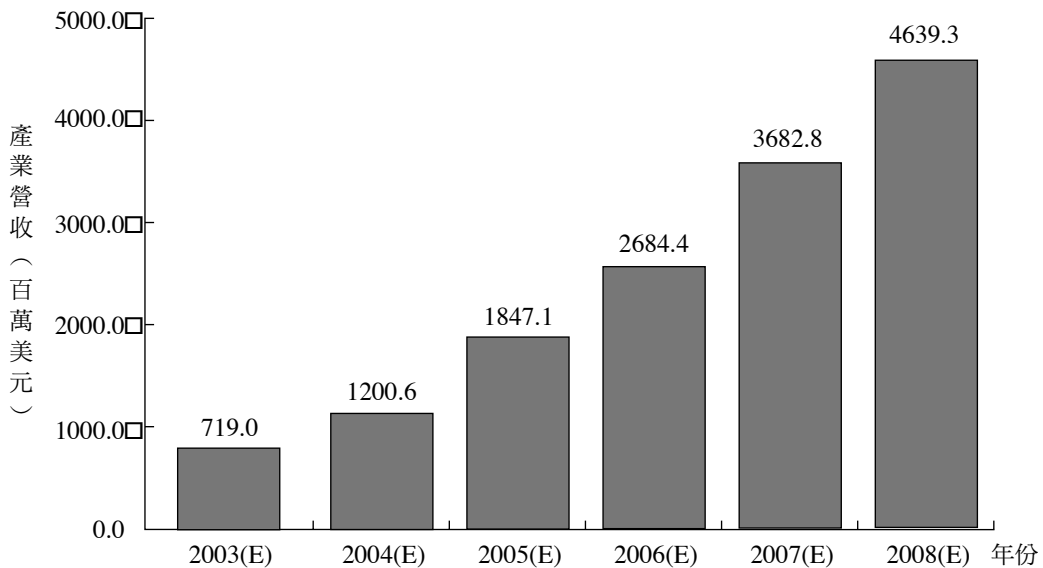
片。此項措施除了為美國提升了國土安全的管制能力之外，對於其它國家的國土安全政策亦造成了明顯的影響，紛紛採用生物辨識技術作為提升國土安全的解決方案。

依據International Biometrics Group的研究報告，2003年預估全球的生物辨識產業市場約達7.19億美元，在技術瓶頸獲得突破以及市場需求持續暢旺的情形之下，預估未來五年將以約45%的平均年成長率快速成長，至2008年全球市場將可望達到46.39億美元（參考圖一）。指紋辨識技術仍是生物辨識產業的核心應用技術，2004年預估全球的生物辨識產值將近50%是由指紋辨

識產品所貢獻。如今臉形辨識技術在容易結合現有的視訊監控設備的優勢之下，將成為成長最為快速的辨識技術；在此之際，防偽印刷新技術的應用也有了突破性的發展，就是將DNA密碼序列加入油墨中，經過適當的處理，使得仿冒者無法破解隱藏其中的鑑定密碼，因而大幅提高仿冒技術的困難度。在可以預見的未來，DNA防偽技術的發展將會為金融產業提供另一種安全防護的保障。

基因序列（DNA）的發展

所有生命的型態包括人類與動植物的存在其最基本的分子DNA全名為去氧核糖



圖一、2003~2008全球生物辨識市場預估値

資料來源：International Biometrics Group；工研院IEK-ITIS計畫（2004/12）

核酸（DeoxyriboNucleicAcid）是存在於所有生物（含動植物）細胞之染色體上的雙股螺旋狀遺傳因子。在西元1953年華生和克里克確定其分子結構為雙條長鏈相互盤旋形成雙螺旋的聚合物，每條鏈由一長串的單體核酸組成。為核酸的兩種形式之一（另一種是核糖核酸）；分子結構複雜的有機化合物，見於所有的原核細胞、真核細胞及多種病毒中。DNA編碼帶有遺傳訊息，決定著遺傳性狀的傳遞。而核酸是由一種帶有磷酸的去氧核糖（戊糖）分子和一種含氮鹼基構成。含氮鹼基有四種：腺嘌呤（A）、鳥嘌呤（G）、胞嘧啶（C）、胸腺嘧啶（T）。兩條核酸鏈則靠鹼基間的氫鍵相連；這種鍵合的次序是特定的，也就是腺嘌呤（A）只與胸腺嘧啶（T）結合，胞嘧啶（C）只與鳥嘌呤（G）結合。DNA

複製時，雙鏈分開，每條單鏈作為模板，按鹼基間氫鍵配對的規則，將一個新鹼基結合到原有的鹼基上，構成一條新鏈。最後，產生了兩個新的雙鏈DNA分子，每個分子包含一條原有的DNA鏈和一條新鏈，這種形式的複製是遺傳性狀得以穩定繼承的關鍵。所謂「基因」，指的就是DNA的一個片段，它編排了細胞內某種特定蛋白質的合成密碼。DNA是以染色體（稠密的蛋白質－DNA複合體）形式存在於細胞中。真核細胞的染色體位於細胞核內，但在粒線體和葉綠體中也可發現DNA。有些原核細胞（如細菌）和一些真核細胞中有一種稱為「質粒」的染色體外DNA結構，這是一種能獨立自我複製的遺傳物質。「質粒」現已廣泛用於DNA重組技術中，以研究基因的表現方式。（大英簡明百科全書，線



圖二、DNA的構造

資料來源：<http://hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html>

上資料)。

核酸定序方法的精髓，在於如何製得一系列的核酸片段，這些片段各中止於不同的鹼基。下圖（三）說明這些定序方法的原理，有兩種方法可以製備一系列長度的核酸片段。下圖（四）目前都用 Sanger 的生合成法，以目標核酸為模板，加入四種核苷酸及polymerase，複製該段核酸；但除了所加的四種核苷酸中，額外加入某一種核苷酸的衍生物（dideoxynucleotide），則合成反應將可能止於這種核苷酸的位置，因而得到各種長短不同的片段，以電泳技術可以依序排列出來。

西元2001年6月27日，全球矚目的人類染色體組研究計劃，在美國國家衛生研究院和賽雷拉（Celera）公司共同合作下，完成人類基因圖譜解碼草圖。整個圖譜解碼的工作也預計於2003年或有相當的機會提前完成，此人類染色體組研究計劃足以媲美於60年代太空的登月計劃，為期長達約

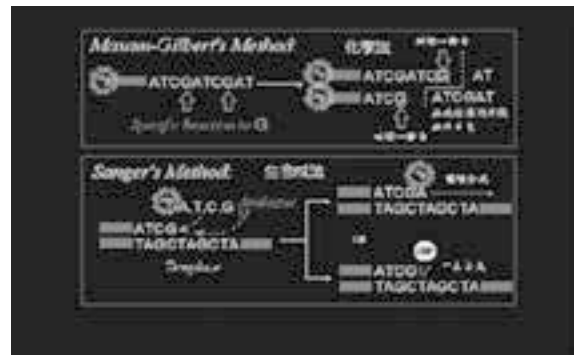
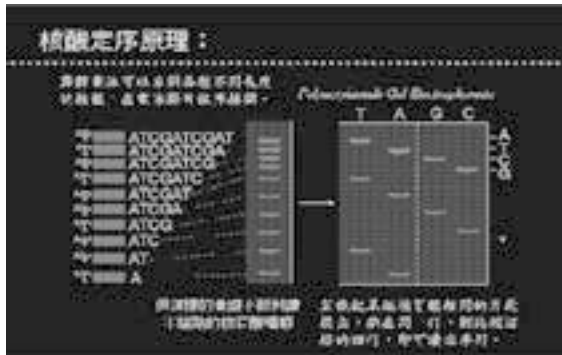
十五年的漫長發展過程亦將暫時告一段落。屆時，人類四十六條染色體九成五以上將定序完畢，大部分的模式生物（model organisms）亦可望完成定序工作，全球的生命科學家也隨著這一天的到臨而興奮不已，個個期待著進入另一階段的後染色體組世紀的到來。

參、基因序列在防偽印刷技術上的應用

DNA防偽印刷技術的應用對於有效降低商業品牌的商標、產品及有價證券的偽變造而言是有效果的；並且，對於即時性的鑑定真偽具有相當的便利性。因此DNA的防偽技術對於安全（防偽）印刷產業而言是具有積極且正面評價的新科技。

其主要有下列幾種應用方式

- 1 DNA顯性防偽墨水
- 2 DNA隱性防偽墨水
- 3 DNA防偽標籤



圖三（左）圖四（右）核酸定序的原理與兩種定序方法的設計

資料來源：<http://hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html>

一、DNA顯性防偽墨水

對於DNA技術的應用，企業投入防偽印刷技術的專利申請：DNA墨水技術的開發必須配合兩個重要因素。第一是一獨特而穩定的並且環境容許的防偽墨水，可經由DNA實驗室分析證實，第二是考慮到就地的與即時性的鑑定真偽的一個獨有的技術，意即使用DNA墨水的"立即偵查"之特點。這個立即鑑定的過程被設計為允許迅速採樣在產品供應鏈的任一點進行。乃應用預先被特殊配對好的測試用緩衝溶劑與測試筆如圖（五），劃過待鑑定的DNA墨水表面，所引起的生物化學反應在DNA墨水分子的塗層，當墨水和緩衝溶劑之間發生作用。這反應明顯的表現出可逆性的顏色變動，以墨水顏色的改變在幾秒鐘內從藍色到桃紅色，最後又回到藍色。立即性的試驗允許重覆性的偵測達 50 次之多。專利的生產技術被用以製造墨水中含有獨特的DNA化合物。運用DNA 的關鍵技術來達到防止偽變造的目的，仰賴於DNA的保存期限，生產系統確保DNA能夠被保存至少100年。另外，使用特別材料來保存被淨化的DNA，遠離那些會在幾星期之內毀壞它的環境條件。如此方可確保DNA的永久保存和永久真實性證明為真品的利基。其應用範圍如下：

- 商標、專利、公司商標、重要文件
- 貨幣、股票、支票、票據、債券、匯

票

- 入場券、貴賓券、衣服的標籤
- 箔膜泡棉包裝
- 瓶、罐
- 繪畫、人工製品
- 抽獎券、郵票、客戶印件、護照、簽證



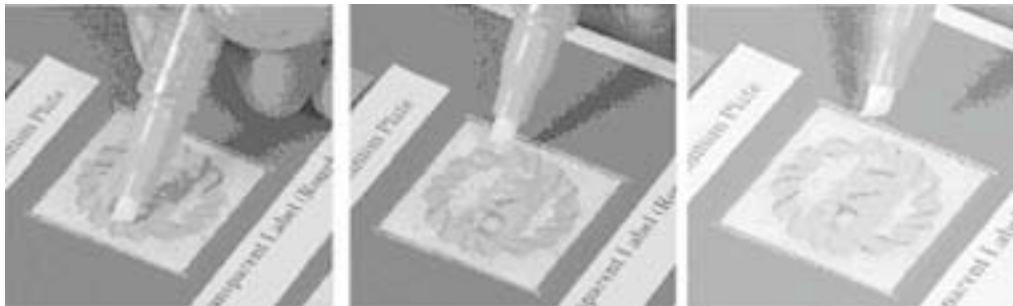
圖五、DNA INK INSTANT COLOR CHANGES

資料來源：<http://www.adnas.com/prod01.htm>

實際上，現在能夠被複製的任一個產品項目，都可以透過DNA墨水的應用而得到有效的保護。這些應用是具有成本效益的，並且可以被應用到任何公司的品牌商標、產品追蹤或其它反仿冒的計畫。

二、DNA隱性防偽墨水

現在將DNA 墨水與資訊隱藏技術（Steganography）結合。換句話說，在生物資訊裡面藏入辨識鑑定的資訊。使用DNA Lock™（如右圖 七；6/11/2001，美國專利# 6,312,911）的技術下，在混合物中沒有辦法發現所隱藏的DNA密碼，因此必須先



圖六、DNA墨水測試及色彩改變流程
資料來源：<http://www.adnas.com/prod01.htm>



圖七、DNA Lock TM 技術
美國專利 #6,312,911

資料來源：
www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/051403/

以PCR分析如下圖（八）來定義出識別墨水所包含的主要基因密碼片段。

卡特博士與克里藍博士準備了幾種測

試用墨水樣品，利用可以產生微墨點（microdot）標準噴墨印表機（ink jet printer），嘗試寄發具有隱藏資訊的郵件，並重複地檢索具有隱藏資訊的郵件而得到證實此一墨水的有效性運用。

一些DNA標記或標籤通常被加入墨水中，並伴隨著其它的防偽裝置，使得多數的DNA墨水在實驗室中獲得證實。隱蔽標記的觀察通常是藉由螢光標籤或全息圖與DNA 標記結合。舉例來說明，如November AG公司只使用一組DNA 標籤和開發了包含DNA 標籤中的唯一配對因子的標誌筆。



圖八、PCR的基因放大技術

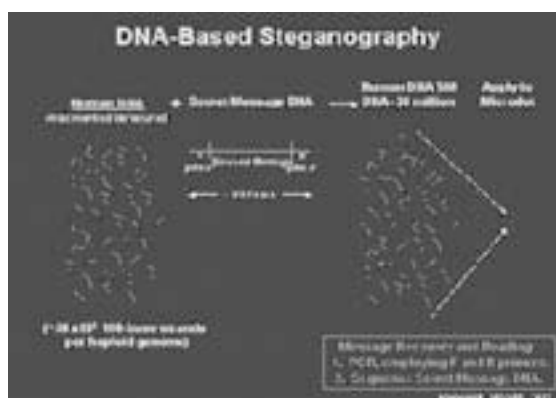
資料來源：<http://hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html>

當唯一配對因子與原始的DNA連結，它會顯現出結合於標誌筆墨水中的螢光顯色。因為公司所使用的DNA 標記是屬於"顯性"的，DNA會在"顯性標記"物件中自我還原恢復及能夠被複製。DNA Steganography 專利將會使得任何製程，透過掩藏秘密的DNA密碼在複雜的DNA密碼群裡而得到改善。只有願意使用的客戶能發現和讀取認證的DNA密碼。

(一) 以DNA為基礎的Steganography技術

此技術的運用是根據Dr.Clelland 等在1999年所發表的"genomic Steganography"製程。主要是描述steganographic的雙向隱藏技術將秘密資訊編碼藏入DNA裡。DNA分子的構成包含一則編碼訊息並藉由PCR的關鍵基礎來與DNA兩側螺旋股銜接。DNA

的編碼訊息首先被偽裝在極複雜的有機體之內。這導致分子由成千上萬其它看起來相似的DNA分子的掩藏，類似於將DNA針插入一個極大的DNA乾草堆裡。如圖九、圖十所示。



圖九、Steganography 將DNA資訊隱藏技術



圖十、利用DNA隱性墨水製備資訊隱藏

資料來源：

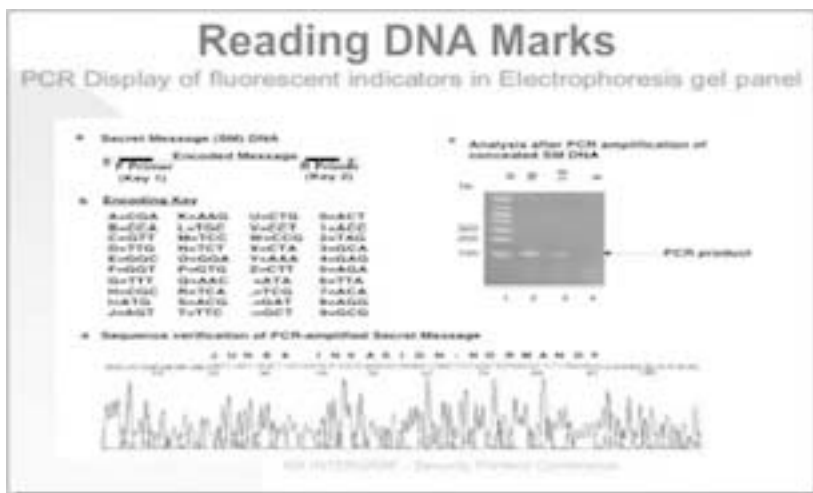
<http://www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/dnalock03/>

然後訊息是更進一步，由微粒範圍的大小來限制著所隱藏這個DNA的密碼樣本。編碼訊息僅能容許一個配對的接收者能發現它，並且知道PCR所選定的基因序列，或 "關鍵密碼" 更重要地是能夠恢復隱藏與密碼讀取的技術。密碼接收者所使用PCR（Polmerase Chain Reaction）的關鍵技術，在分子生物學中是一個具有高敏感度的技術，其核心技術並導致編碼訊息的

DNA分子中產生了的模仿的指數，且允許分子在DNA序列的分析中被偵測和讀取。即使偽變造者以某種方法查出了這樣一個微粒，它更能證明，在沒有預先知道製碼者所設定的關鍵順序時，便無法讀取訊息。經由PCR技術對產品的分析後而獲得的結果是：藉由高階的數學計算和生物化學的分析技術能證明，這項技術中的編碼配對並不是類似於傳統的，單一用途的暗號密碼的編碼程序。

(二)、DNA墨水的製造

當DNA基因離開實驗室時，是以一種白色固體的形態而存在。它是水溶性的因此可以添加各種不同水性溶劑而形成"標準"墨水（安全墨水）；以DNA墨水來列印防偽標籤其使用期限與列印適性是不會有



圖十一、DNA解碼技術

資料來源：<http://www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/051403/>

任何改變的。在正常情況下DNA的耐久性與退化的情形是符合理想的。因為DNA的穩定性是歷經了長時間從人類與動物的學習而來，是一個極端穩定的分子並且是使用作為安全標籤的理想元素。

在初步實驗中，運用PCR 精確的放大作用技術，產生的微墨點包含有100 個複製的秘密DNA訊息在每組人類的單邊染色體中，並使用共同的膠黏劑完全封存在所要列印和張貼的安全文件裡。我們的技術在密碼學與其它相關領域中也能被使用，以相似的方式所產生的原始微墨點而得到助益。

(三)、DNA 墨水的未來趨勢

未來在DNA測試技術上將朝兩方面的改善：

1. 現有技術的改善方面：提共更多自動化精密與更快速的時間程序；今日的DNA測試技術在時間上仍要花費4－5個小時，近來實驗透過添加劑的使用足以縮短一半的時間。

2. 新技術的發展方面：開發適合的電子DNA；以現今的技術無法區別鑑定雙生子，因此其中一個替代方案是透過微生物DNA的研究或電子DNA的合成來改善。

3. 初期試驗瞄準了產品認證市場，並且發展出幾種墨水和列印的文件形式，檢索標記和確定了原始的代碼。這些列印的

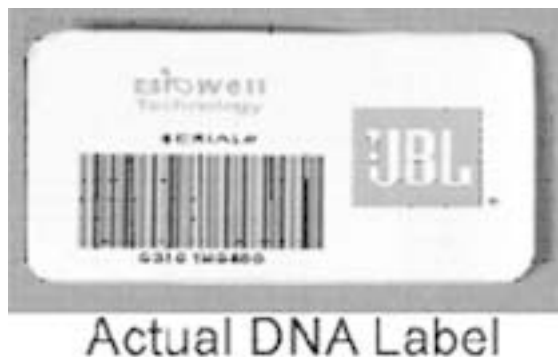
標記是數字式的，在自然情況下允許獨特的讀碼機標記為首要的軌跡和追蹤作用。

三、結合噴墨技術的DNA防偽標籤

噴墨技術在今日的商業化印刷世界中具有快速成長的力量，高品質的複製品具有彈性的短版印刷與客製化因素使得噴墨技術吸引了所有型式的商業產品，包括印刷與包裝產業。在安全因素的整合優勢下，噴墨技術有了新的市場，就是防止偽變造與品牌保護；如今更容易在現有的製程中加入整合性的安全措施。

DNA標籤是產品製造者為了安全的目的地所使用的，法院所使用的身份證明，必需選用特殊高階且詳細的分析，才能夠被大眾所公認且能夠制止潛在的偽造者。其它的條件如立即性與可靠性都是必需的，並且使用PhotoSecure的SmartDYE所提供的冷光照像材料的專利技術。

結合DNA與SmartDYE能夠提供無限量的唯一防偽標籤，透過多層次的鑑定系統



圖十二、DNA墨水結合Bav code 應用技術
資料來源：<http://www.adnas.com/prod02.htm>

偽造者想要破解或複製是不可能的，DNA 技術與PhotoSecure更附加了11項專利技術在辨識產品的標籤上，使它成為一個高度安全與可靠的產品。它所提供的利益有：

1. 高安全性：抽取並配置DNA序列密碼，以提供無法反駁的證據與積極性的識別。
2. 簡單：易於使用但無法複製。

3. 用途廣泛：可應用於任何材質標籤的表面。（如圖十三）

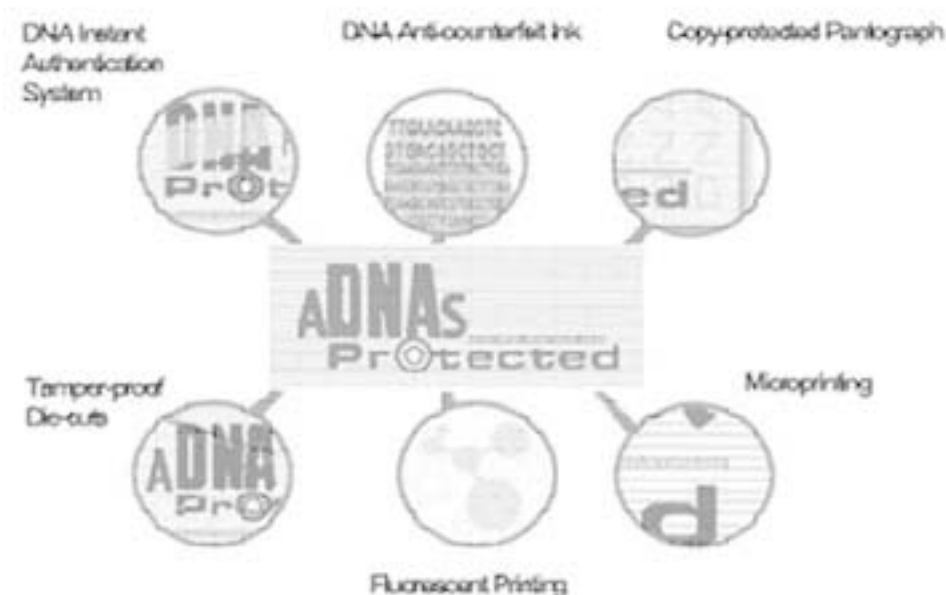
4. 多層次加密達到防偽的目的地。（如圖十四）

5. 成本效益考量：低平均成本及沒有主要製程的重新設計或重組的問題。



圖十三、Types of Labels

資料來源：<http://www.adnas.com/prod02.htm>



圖十四、DNA防偽標籤系統功能說明

資料來源：<http://www.adnas.com/prod02.htm>

四、DNA防偽標籤與傳統防偽商品比較，具有以下幾點優勢：

1 立即辨識，方便使用－使用DNA防偽辨識棒，在DNA防偽標籤上來回塗抹，標籤會立即產生跨色系的變化（由藍色轉變成粉紅色），並於數秒內還原，以辨識標籤的真偽。

2 多重防偽機制－DNA防偽標籤已整合其他多種防偽機制，如防偽底紋、螢光印刷等，以提供客戶全面性的防偽功效。

3 DNA序列比對，防偽功能奏效－經由實驗室進行DNA生物序列的檢測及比對，以提供最有效的保障。

4 一次性貼用，防止重複黏貼－具有防撕設計，僅供一次性貼用，無法重複使用。而具有以下的特徵：

- 無法仿冒，且具高度保密性及獨特性：因為DNA序列具專一的獨特性，在驗證時，只有以專依序列的引子進行鏈聚合連鎖反應（PCR）才能得到正確的DNA大小與序列。故其保密性及唯一性都極高。

- 消費者使用方便：相較於其他防偽技術，消費者可以輕易辨別產品之真偽，免除多餘的疑慮。除了讓商品達到有效防止偽變造的最終目的，同時消費者也由此對產品更有信心，有助品牌形象的提昇。

- 應用層面廣泛：幾乎可應用到市面上任何一種商品。DNA防偽技術，可混合或附著於多種媒材，使商品的應用更多樣

化，以因應客戶差異化的需求。

肆、結論

DNA防偽墨水的開發，使得產品銷售的生產者，對於自身品牌權益的保障，更能夠得到消費者（或稱之為品牌忠誠度高的客戶）的信賴。再者，有鑒於以往的防偽措施在開發使用不久即被仿冒者利用先進的資訊設備所破解，並且幾乎是與真品同步發行，而直接地損害了消費者與生產者間所建立的互信機制；因此現階段所使用的DNA防偽墨水在技術上已達成熟的階段；但為了有效遏止並延長被仿冒者所破解的時效性，未來將朝向下列三方面發展，期能獲得更完備的安全防偽機制。

1.被印物方面：

安全標記一般常使用許多不同的紙張或材料來印刷，油墨或標籤必須被測試在被印物上的適性能力來達到多樣性的應用。諸如藥瓶、服裝標籤、存款簿、信用卡及彩券等；有些材料需要印刷上去，有些則是需要用黏貼的附加方式來標記；未來DNA標記將運用在藥品的表面，而被配置在商品標章之下來當作安全標章之用。而鎖定標章的位置也不會有明顯的提示DNA的存在，最後只能在被允許的情況下經由穩定和有效性的讀取程序來解碼辨識。

2.使用期限方面：

DNA材料是穩定而持久的，將它混入油墨中事實上並不會對油墨的印刷適性產生改變或有任何不良的影響，這方面可經由測試來得到清楚的証明。然而，在油墨使用前與印刷完成後仍是需要做相關使用期限的測試，因此對於DNA油墨在不同印刷版式的印刷適性上的考量因素與使用期限的效用，是未來發展所要審慎評估的關鍵之一。

3.硬體設備方面：

迅速、價錢低廉與可實地試驗，並且需要簡化操作程序及結合了油墨被印材料與解碼系統的設備是必須的。有許多的企業正在從事DNA測試技術的研發工作，基於醫藥與安全的理由，未來將持續朝向非常重要的辨識技術方面研究。雖不是即刻的但相信不久的將來，這樣的技術會達到一個低成本且快速辨識的境地。

參考線上資料：

1. [http : //www.adnas.com/prod01.htm](http://www.adnas.com/prod01.htm)
2. [http : //www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/051403/](http://www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/051403/)
3. [http : //www.adnas.com/prod02.htm](http://www.adnas.com/prod02.htm)
4. [http : //www.polestarltd.com/news/102104.htm](http://www.polestarltd.com/news/102104.htm)
5. [http : //hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html](http://hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html)
6. [http : //www.dnatechnologies.com/solutions/](http://www.dnatechnologies.com/solutions/)
7. [http : //www.dnatechnologies.com/problem/](http://www.dnatechnologies.com/problem/)
8. [http : //www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/051403/index.html](http://www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/051403/index.html)
9. [http : //findbiometrics.com/viewarticle.php?id=54](http://findbiometrics.com/viewarticle.php?id=54)
10. [http : //www.sasappa.co.jp/online/search/file/page1.cgi?page=0112040202](http://www.sasappa.co.jp/online/search/file/page1.cgi?page=0112040202)
11. [http : //www.exceleste.com/aracontent1.html](http://www.exceleste.com/aracontent1.html)
12. [http : //www.dnatechnologies.com/process/](http://www.dnatechnologies.com/process/)
13. [http : //hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html](http://hinyoukika.cocolog-nifty.com/tlz/2004/07/dna.html)
14. [http : //www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/dnalo ck03/](http://www.polestarltd.com/ttg/isspeeches/dnalo ck03/)

曲文豪／國立台灣師範大學圖文傳播研究所