

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030824

通關不「卡卡」

—可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾裝置

學校名稱：臺東縣立新生國民中學

作者： 國二 粘哲睿 國二 李牧迪 國一 粘哲瑋	指導老師： 楊茂雄 郭乃萍
---	-----------------------------

關鍵詞：無線射頻識別 (RFID)、電子標籤、
電磁波屏蔽

通關不『卡卡』－可讀取多重RFID感應卡之皮夾裝置

摘要

RFID 是「Radio Frequency Identification」的縮寫，中文稱為「無線射頻識別系統」。RFID 目前廣泛的運用在交通運輸、門禁管制、物流管理及商業儲值上，甚至未來的學生證都會使用 RFID。隨著 RFID 的運用越來越多，皮夾內將會同時有好幾張 RFID 卡，使得刷卡時必須將卡片拿出單獨刷卡，非常的不方便。本實驗目的即為發展出可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾，對多種常見材料的 RFID 屏蔽效果及讀取影響作一系統化的探討。實驗結果顯示，屏蔽金屬會大幅降低 RFID 的讀取距離，且讀取距離與間隔厚度成正比。在可屏蔽材料中銀箔具有最佳之讀取距離，而搭配軟性電波吸收材(FAM)的測試中，銀箔紙具有最佳的讀取距離。本實驗最後成功的利用不同的材料組合，設計出只需刷皮夾的不同面，就可以只讀到特定的卡片。

壹、研究動機

與家人到高雄搭捷運，經過閘道時看見有人可以直接用皮夾一刷就通過，但爸爸用皮夾一刷卻出現錯誤，原來是爸爸皮夾內還有臺北捷運悠遊卡和具悠遊卡功能的信用卡，造成通過閘門時的讀取干擾產生錯誤，所以必須每次通過時，把捷運卡另外拿出來單獨刷卡。

在圖書館、公司門禁、大廈電梯甚至學生證都會使用同樣功能的“RFID”卡片，那樣一個皮夾內會有好幾張不同的卡片，如果每次都要把卡片從皮夾取出來才能使用，不僅非常不方便，而且容易造成皮夾內的東西掉落。於是我就想到，可不可以透過一些簡便的方法，設計出只需刷皮夾的不同面，就可以只讀到那一面的卡片，而不會造成干擾錯誤。

當我們將這構思提出，便與老師開始在網路上搜尋有關 RFID 刷卡錯誤的問題，發現有媒體已經報導過 RFID 刷卡造成錯誤及重複刷卡的問題，但是並沒有人提出適當的解決辦法，於是我們決定將 RFID 刷卡錯誤的問題作為科展題目，開始瞭解 RFID 卡的相關原理與應用。

蒐集資料的過程中，我們發現 RFID 是一種運用無線射頻電波自動來辨識物品的技術，老師告訴我們可先行參考國中自然三下的電磁學，其中有討論到電磁感應現象，而且三上的基本電學中，也有提到靜電的屏蔽效應。

因此我們覺得，是不是可以利用一些屏蔽材料放置於皮夾中，希望能設計出可以放多張卡片，卻彼此不互相干擾的皮夾裝置。

一、RFID 原理

所謂的無線射頻辨識系統 (Radio Frequency Identification, 簡稱 RFID)，就是一種「非接觸式」的自動識別技術。RFID 是一種運用無線射頻電波自動來辨識物品的技術，它涵蓋電子標籤 (Tag) 與讀取器裝置 (Reader)，其中最主要的核心元件是一個直徑小於 2 毫米的電子標籤，通過相距幾釐米到幾米距離內感測器發射的無線電波，就可以讀取到電子標籤內儲存的資訊，RFID 基本的組成最主要包含讀取器 (Reader)、天線 (Antenna)、標籤 (Tag)、中介系統 (Middleware) 與資訊系統等。

RFID 工作原理很簡單，將一個電子標籤 (tag) 內嵌在商品中 (圖 1-1) [1]，透過無線電波的發射，將所需要的資料傳送到讀取器 (reader)，利用射頻信號通過空間耦合 (交變磁場或電磁場) 的原理，實現無接觸資訊傳遞，再由後端的應用系統 (system integration) 進行資訊判讀及運用，進而達到辨識的目的。(圖 1-2) [2]

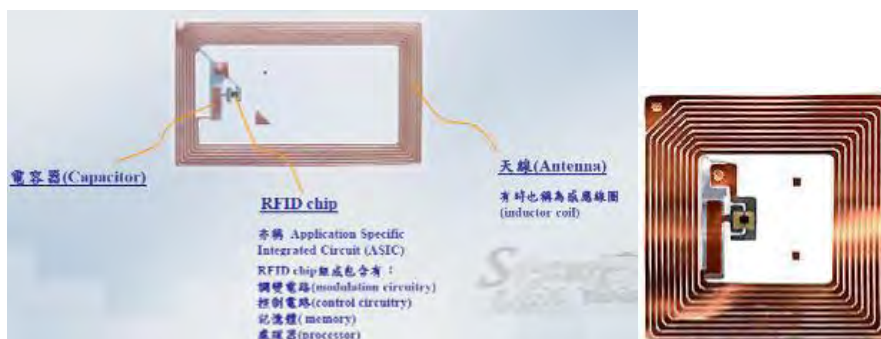


圖1-1 RFID卡內部構造 [1]

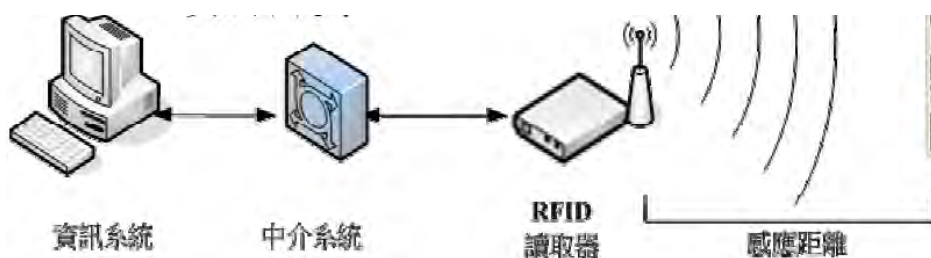


圖1-2 RFID讀取工作原理 [2]

二、RFID 的應用

現在的電子識別產品中比較常見使用的有電話卡、IC 晶片卡、出門搭捷運（圖 1-3）、公車（圖 1-4）、貓纜及付停車費外，技術上還可用於其他生活上的小額消費會用到的悠遊卡、高速公路不用下車來繳回數票所使用的『ETC』儲值卡、寵物身上的植入的『寵物晶片』、商店或圖書館內的防盜晶片，以及回到家裡開啟大門門禁所用的”MiFare”晶片卡。然而在這些電子磁卡中可以儲存的資料和數據都相當有限，並且需要經過接觸式的感應後才能辨識出資料和身份，而且在長期時間使用下，也會因為磨損而容易造成資料的讀取判別錯誤。正因為有這些缺點，市場上所應用 RFID 的技術，研發出了一種「非接觸式感應」的識別卡。在理想的使用情況下，識別卡不必與讀卡機接觸，讀卡機就能讀寫識別卡中所儲存的數據資料，進而判讀資訊和身份。RFID 系統結合資料庫管理系統、電腦網路與防火牆無線射頻辨識系統（RFID）、電子錢包 NFC（近場通訊）、無線充電器電腦（筆電/ 桌機/ 平板）及周邊數位產品、智慧型手機、PHS 無線設備、隔離箱、電波暗箱等技術，提供全自動安全便利的即時監控系統功能。相關整合應用包括航空行李監控、生產自動化管控、倉儲管理、運輸監控、保全管制以及醫療管理等[3][4]。

RFID 的種類，依電源方式來劃分，分為主動式及被動式（表 1-1）

- （一）主動式：此種形式標籤本身具有電池，可供應標籤內部晶片所需之能量；其主要優點為：功能較多，可適用於較多的平台。
- （二）被動式：此種標籤本身不具電源，其工作的能量，需透過讀取器供給，使其運作；其主要優點為：體積小，價格便宜，壽命較長...等。

本實驗所用的為被動式高頻 RFID 卡，亦即一般廣泛使用之捷運、門禁卡，圖 1-5 為市面上常見之被動式高頻 RFID 標籤的型態。

表 1-1 RFID 的分類 [5]

RFID 分類	主動式	被動式	半主動式
電子標籤電力來源	本身	來自讀取器	少部分來自讀取器，大部分來自本身
電子標籤是否具電池	有	無	有
所需讀取器訊號大小	弱	強	中
通訊距離	最高可達 100 公尺以上	可達 3~5 公尺，但通常會少於	大於 5 公尺
價格	最高	低	高
尺寸	大	小	中



圖1-3 使用RFID之捷運閘道



圖1-4 使用RFID之公車刷卡機

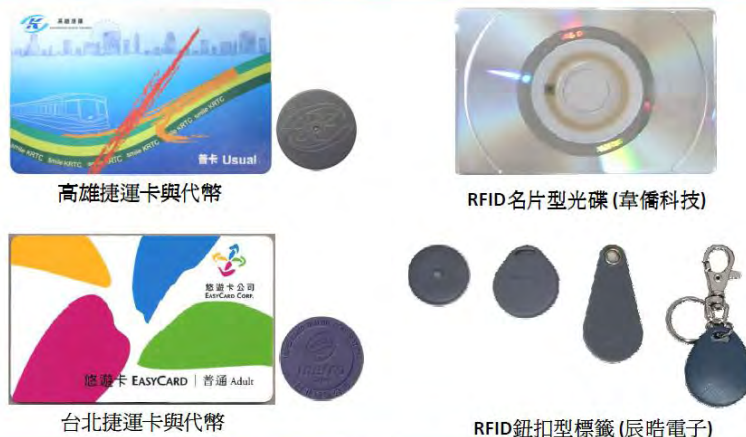


圖1-5 市面上常見之被動式高頻RFID標籤[1]

三、多卡合一

同時擁有多張信用卡、捷運卡、健保卡、會員卡、門禁卡等RFID卡片，會造成皮夾的厚度大量增加，造成攜帶不便及誤讀，所以十多年前即有多卡合一的構想，可以解決攜帶及同時讀取的問題，包括政府也曾想積極的推動身份證、健保卡與自然人憑證三卡合一的構想，但因為系統整合、銀行意願、資訊安全等問題，目前只有少數幾家銀行整合成功。

在民眾接受度方面，2003年蘋果日報即報導將近7成的民眾並不是那麼認同多卡合一[6]，大家普遍對於個資及資訊外洩的風險有所疑慮，受訪者認為，多卡合一的風險也較高，弄丟一張卡，等於喪失許多張卡片的功能，歹徒更是一下子就從卡片上側錄到持卡人所有訊息，此外若持卡人主動想要停掉或加入卡片的其中一項功能，整張卡片都必須重新製作申請，而目前民眾的這些疑慮，以及各銀行的意願、系統的整合、資訊安全、個資保護等問題依然存在著重大的障礙需克服，因此感應卡廠商普遍認為多卡合一在現階段仍有困難，全面的多卡合一及民眾的接受度尚需一段不短時間才能解決。

在目前多卡合一技術尚未全面使用前，本實驗所發展的『可讀取多重RFID感應卡之皮夾裝置』，可以用廉價的方式，解決現階段RFID卡片的重複讀取問題，提高刷卡的便利性。

四、金屬對 RFID 系統影響

高頻RFID系統受環境，尤其是金屬的影響很大。通過理論的分析，結合實驗測試和仿真研究了金屬對RFID系統的影響。金屬對讀取器的場合有反射和屏蔽的作用，反射會引起讀寫空洞，屏蔽會使讀取率降低，但並不是完全無法讀取。標籤放置在金屬附近會很難接收到讀卡機的能量，同時標籤天線的阻抗和增益都會改變，因而引起失調[7]。

五、軟性電波吸收材 (FAM)

FAM是一種特殊的軟性電波吸收材，它可以有效的抑制電磁波干擾，頻寬從10MHz到18GHz，減低當磁通量接近金屬時產生的渦電流，並且改變磁通量路徑，以避免干擾其他元件，超薄且容易彎曲，使用方便快速及可裁切各種尺寸（圖1-6），可配合不同導電雙面膠使用並有效預防共振。

由於磁通量會在金屬表面產生渦電流，渦電流會產生反相磁通量以抵銷正向磁通量，而使RFID系統無法正常通訊，然而將FAM貼在RFID天線及金屬間後，讀取即可以改善（圖1-7），讀取距離由原來的讀取距離5%以下，增加到原讀取距離80%以下（圖1-8）。在本實驗中，FAM材料將被用來改善屏蔽金屬對RFID系統讀取的不良影響。



圖1-6 FAM軟性電波吸收材 [8]

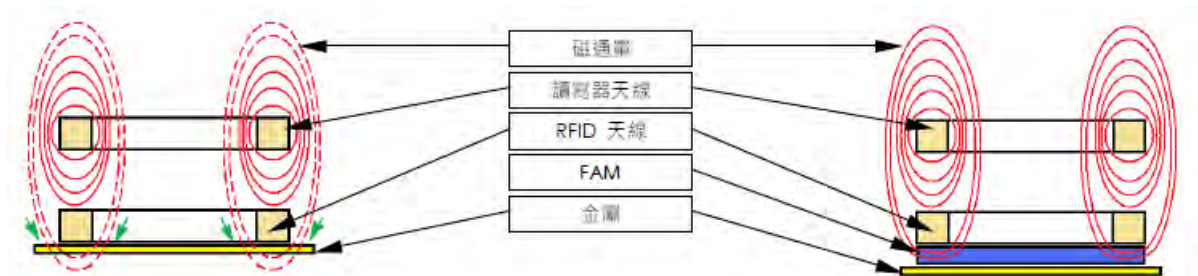


圖1-7 FAM材料對RFID讀取的作用 [8]

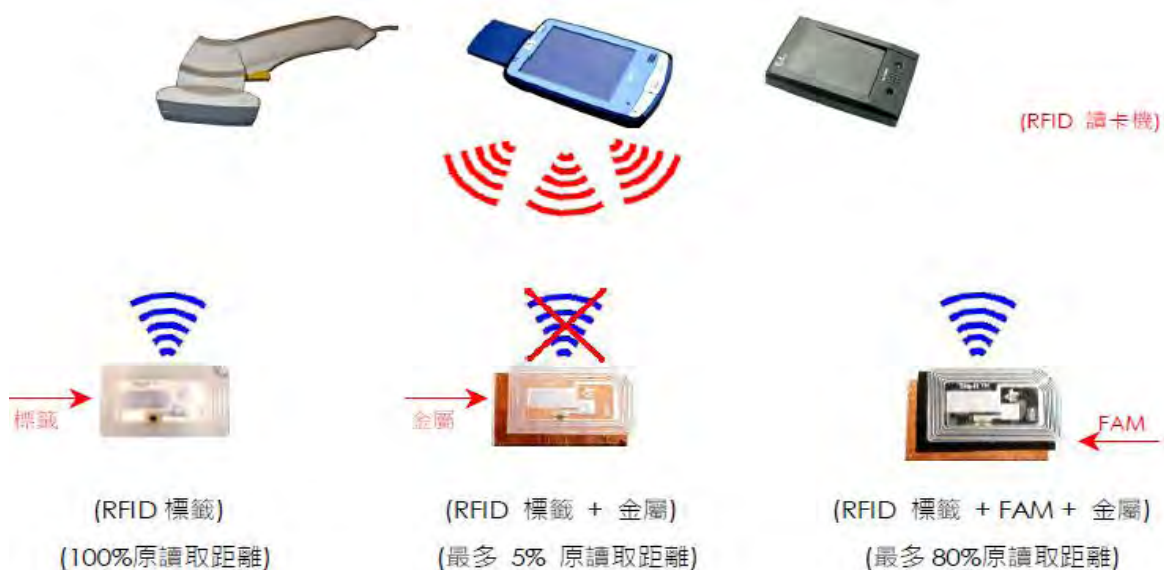


圖1-8 FAM材料改善金屬對RFID讀取的干擾 [7]

貳、研究目的

本實驗的研究目的，主要為利用廉價的材料，設計出只需刷皮夾的不同面，就可以讀到不同 RFID 卡片的皮夾。利用屏蔽材料置入於皮夾夾層，將 RFID 卡區隔開來，使得刷皮夾時只讀取一張卡片，避免一次讀到好幾張卡片，造成重複讀卡、無法辨識或誤讀的狀況。有了這種皮夾，到不同的地方，只要刷皮夾的不同面就可以了，不必把卡片拿出來。

由於可提供電磁波屏蔽之材料很多，但各個材料對 RFID 讀取的卡片間屏蔽效果及讀取距離的影響並沒有很具體的研究數據，所以本實驗將日常常見之材料包括：粗鐵網、細鐵網、不鏽鋼、碳鋼薄片、銅膠帶、鋁膠帶、包裝紙、銀箔、金箔紙、銀箔紙、車票、金屬膠帶等材料，及結合特殊的 FAM 材料進行實驗設計與測試，以達到以下的幾個目的：

- 一、哪幾種材料具有良好的屏蔽效果，可以達到區隔 RFID 卡片的目的。
- 二、屏蔽材料對 RFID 讀取的影響，包括間隔距離及讀取距離。
- 三、找出哪種屏蔽材料結合 FAM 材料後的讀取效果最佳。
- 四、各種狀況下的最佳 RFID 卡片、屏蔽材料、FAM 材料的組合方式。
- 五、可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾設計。

參、研究設備及器材

一、研究設備

(一) RFID 讀卡機及 RFID 卡片

規格說明：可讀臺北捷運的悠遊卡、台灣通、各行各業的儲值 Mifare 卡號

讀卡類型：支援 Mifare 標準 及其相容的 RFID 卡

工作頻率：13.56MHz 相容卡

支持卡類：如悠遊卡、台灣通

通信格式：10 位元 IC 卡序列號

讀卡時間：小於 100ms

通信格式：USB，直讀，無需驅動

供電方式：USB 取電

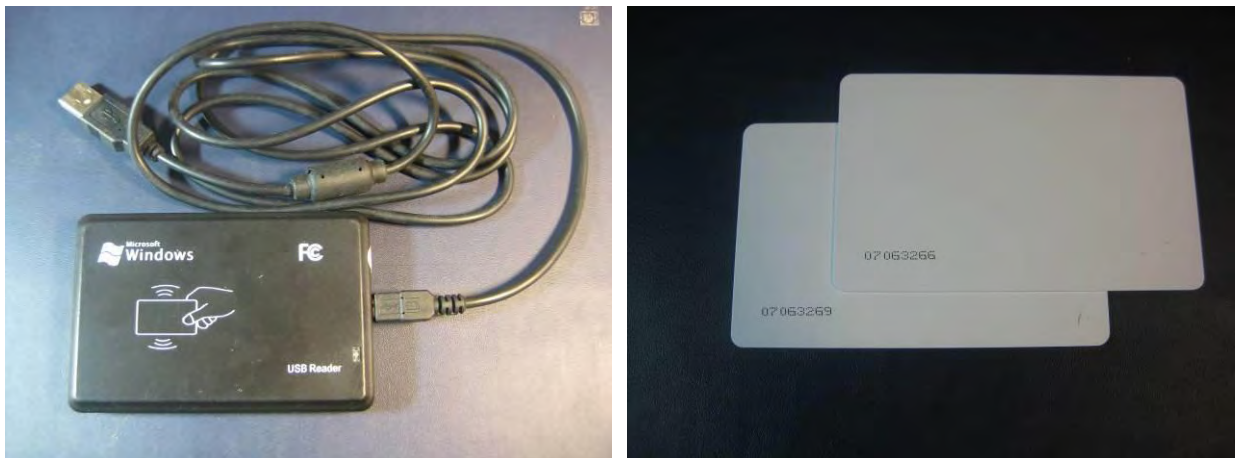


圖 3-1 RFID 讀卡機與 RFID 卡片

(二) 筆記型電腦（測試工具）：

本實驗使用筆記型電腦 USB 插槽連接讀卡機，電腦即可自動偵測讀卡機，只要開啟記事本即可於讀卡機讀取 RFID 卡片時顯示十碼之 RFID 號碼（圖 3-2）。

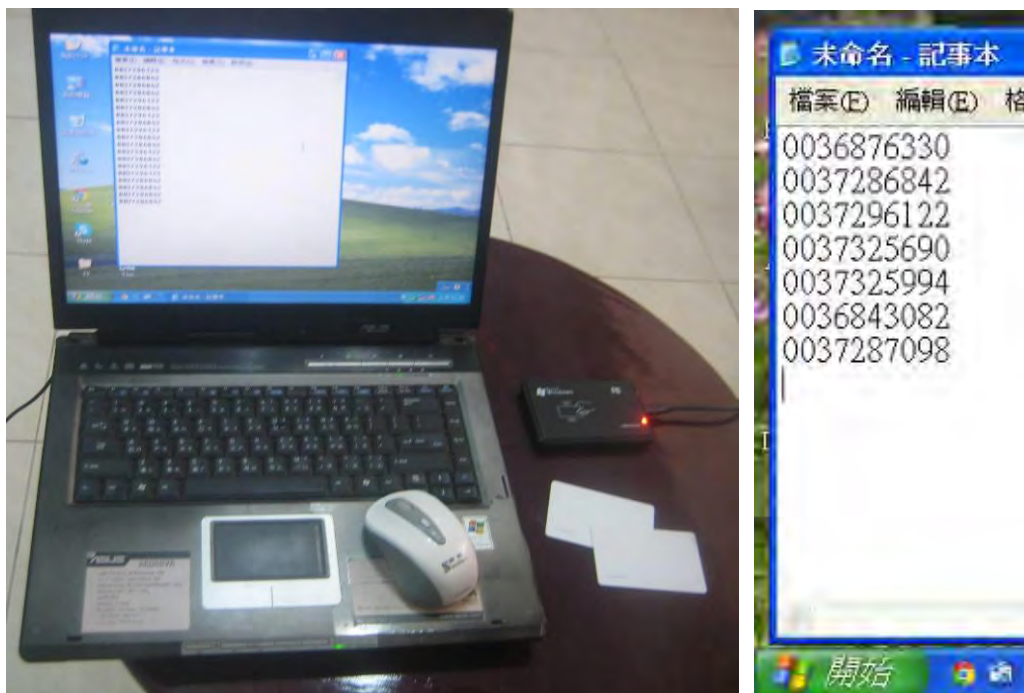


圖 3-2 RFID 讀卡機與電腦連結讀取

(三) 具光學尺之銑床：

實驗初期我們用手移動 RFID 卡片，並用直尺量移動距離，但是很難剛好停在剛好讀取的地方，測出的讀取距離很不穩定。為了有一個穩定的移動速度及精確的距離量測，我們與老師討論後，老師幫我們借用高職機械科工場內的光學尺（圖 3-3）銑床，作為實驗的機具。實驗時將夾持著 RFID 卡的夾具固定於銑床夾頭上，把讀卡機固定於床台的虎鉗上，利用銑床的手輪轉動使得床台向前移動，帶動讀卡機接近銑床夾頭上的 RFID 卡片，當 RFID 卡被讀取時，讀卡機會發出嗶聲並於電腦螢幕上顯示讀取卡號，此時對照光學尺的讀數，即可得到 RFID 的感測距離（圖 3-4）。



圖 3-3 光學尺（精度 0.01mm）



圖 3-4 銑床上之 RFID 讀取設置

(四) 夾持具：

本實驗使用一透明壓克力盒，模擬皮夾內放置 RFID 卡和屏蔽材料，放置狀況如圖 3-5 所示，RFID 卡和屏蔽材料間以厚度 0.5mm 的卡紙製造間隔距離，後面再墊紙並使用薄片彈簧將所有物件壓實，確保 RFID 卡貼靠於壓克力表面，之後將壓克力盒合閉夾緊，並安裝於銑床夾頭上（圖 3-6）。

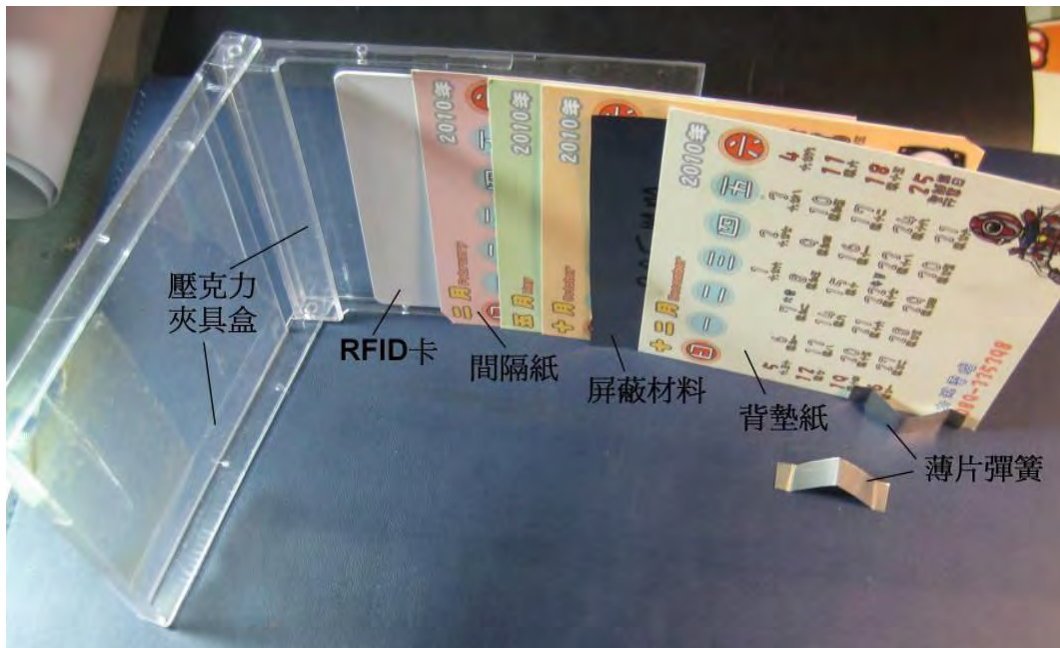


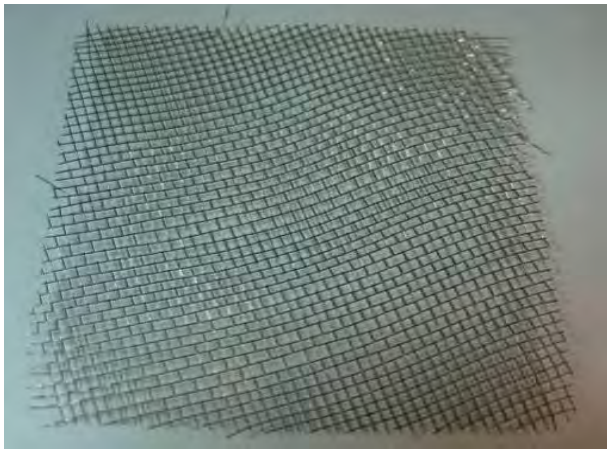
圖 3-5 RFID 卡、間隔紙和屏蔽材料的組裝情形



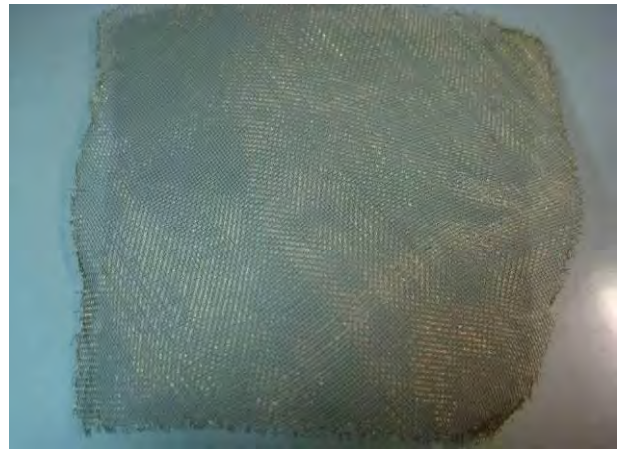
圖 3-6 RFID 讀取裝置安裝於銑床上

二、測試材料：

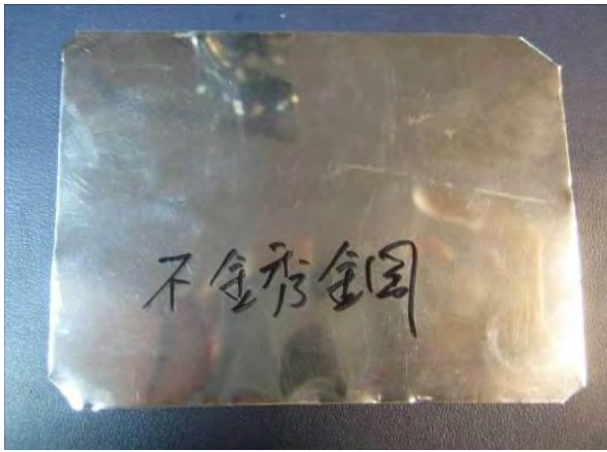
本實驗使用市面上常見之便宜且厚度薄之材料作為測試材料，包括：粗鐵網、細鐵網、不鏽鋼、0.1mm 碳鋼、0.05mm 碳鋼、銅膠帶（純銅）、鋁膠帶（純鋁）、包裝紙（真空鍍鋁，厚度一般是 $0.3\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ ）、銀箔（純銀）、金箔紙、銀箔紙、金屬膠帶、車票、FAM（圖 3-7）。



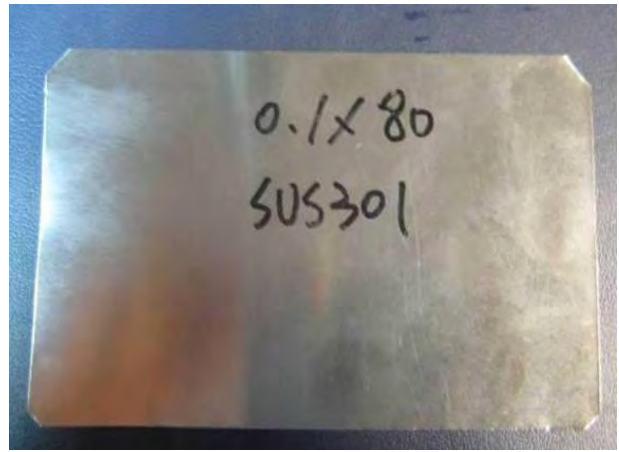
粗鐵網



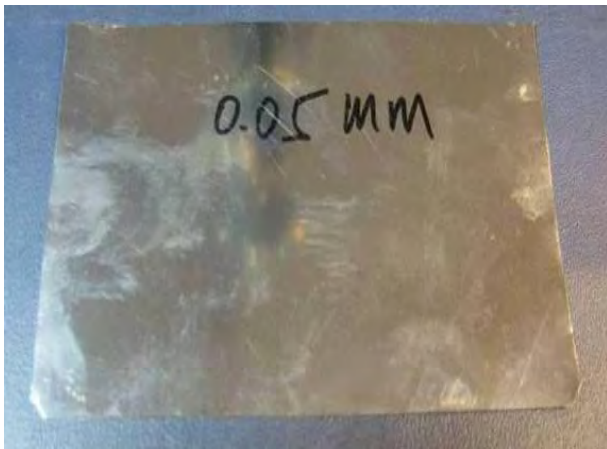
細鐵網



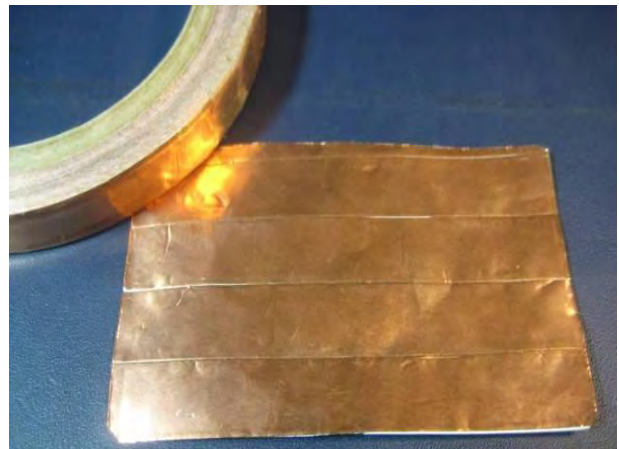
不鏽鋼



0.1mm 碳鋼



0.05mm 碳鋼



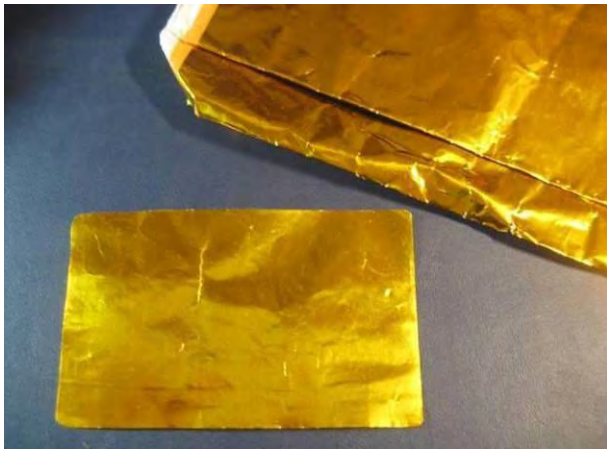
銅膠帶



鋁膠帶



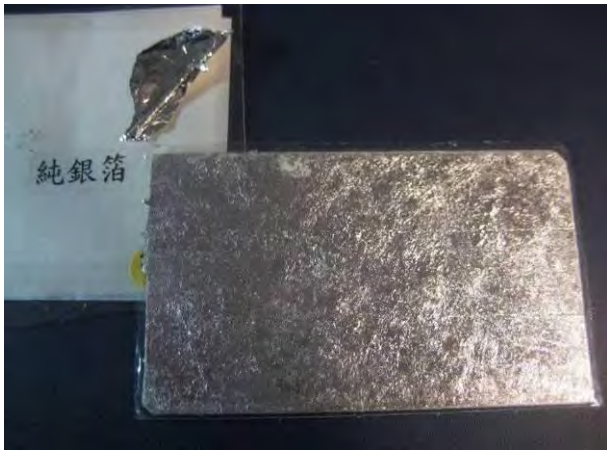
包裝紙



金箔紙

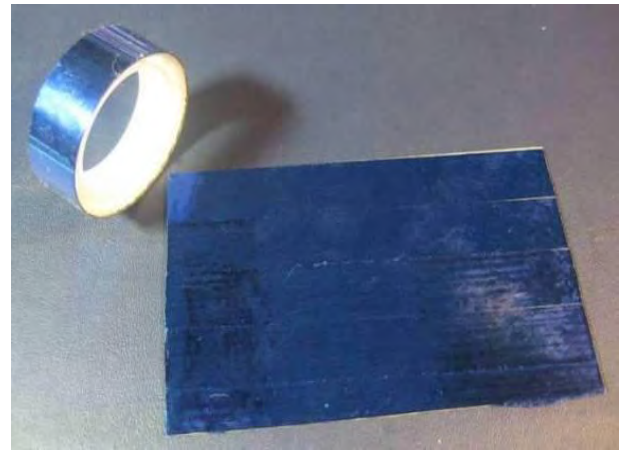


銀箔紙

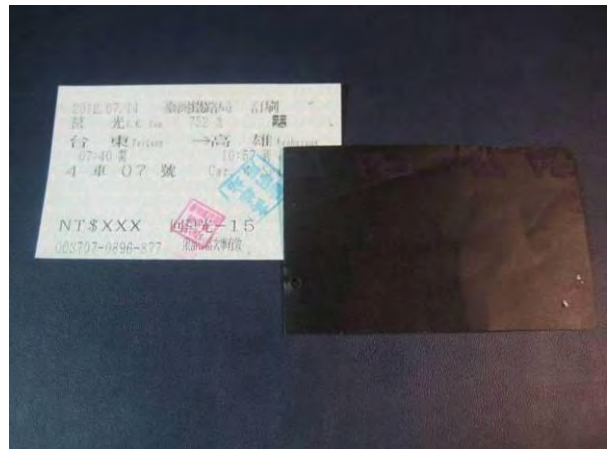


純銀箔

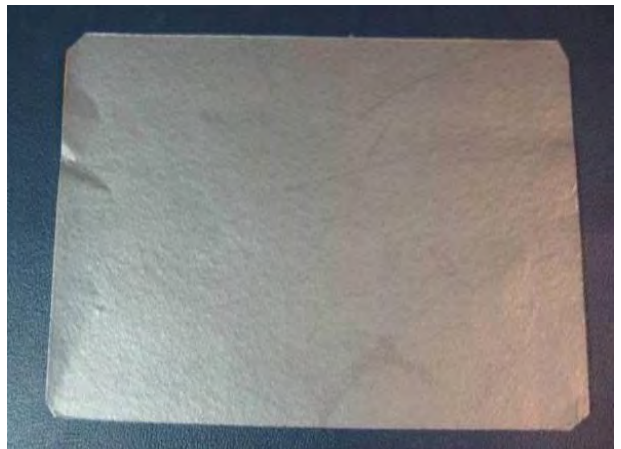
銀箔



金屬膠帶



車票



FAM

圖 3-7 各種測試材料

肆、研究過程或方法

一、實驗規劃

- (一)、 資料收集：閱讀 RFID 的相關原理與應用。
- (二)、 決定電磁波屏蔽材料。
- (三)、 製作夾持讀卡機及 RFID 卡片的固定裝置。
- (四)、 將讀卡機置於銑床虎鉗上。
- (五)、 將 RFID 卡片、間隔紙張及電磁波屏蔽材料固定於銑床夾頭上。
- (六)、 將讀卡機 USB 接頭接於筆記型電腦上，並開啟電腦筆記本程式（讀取 RFID 卡片時會出現“嗶”聲並顯示卡號於電腦筆記本程式）。
- (七)、 將測試材料置於 RFID 卡片前，判定哪些材料可以造成電磁波屏蔽效果。
- (八)、 將測試材料固定於 RFID 卡片後面，並於測試材料與 RFID 卡片間夾入不同張數之紙片。移動銑床床台，使銑床虎鉗上的讀卡機接近銑床夾頭上的 RFID 卡片，利用銑床床台的光學尺讀錶讀取 RFID 卡片的感應距離。
- (九)、 更換不同測試材料及間隔紙片張數，讀取 RFID 卡片的感應距離，找出感應距離最遠、間隔紙片張數最少之最佳電磁波屏蔽材料。
- (十)、 測試屏蔽材料加入 FAM 材料。
- (十一)、 整理相關實驗資料，製作圖表，交互比較。
- (十二)、 依實驗結果建立多卡用 RFID 皮夾設計準則。
- (十三)、 放入電磁波屏蔽材料，改裝製作多卡用 RFID 皮夾。
- (十四)、 測試多卡用 RFID 皮夾。
- (十五)、 撰寫參展說明書及製作參展海報。

二、研究過程流程圖

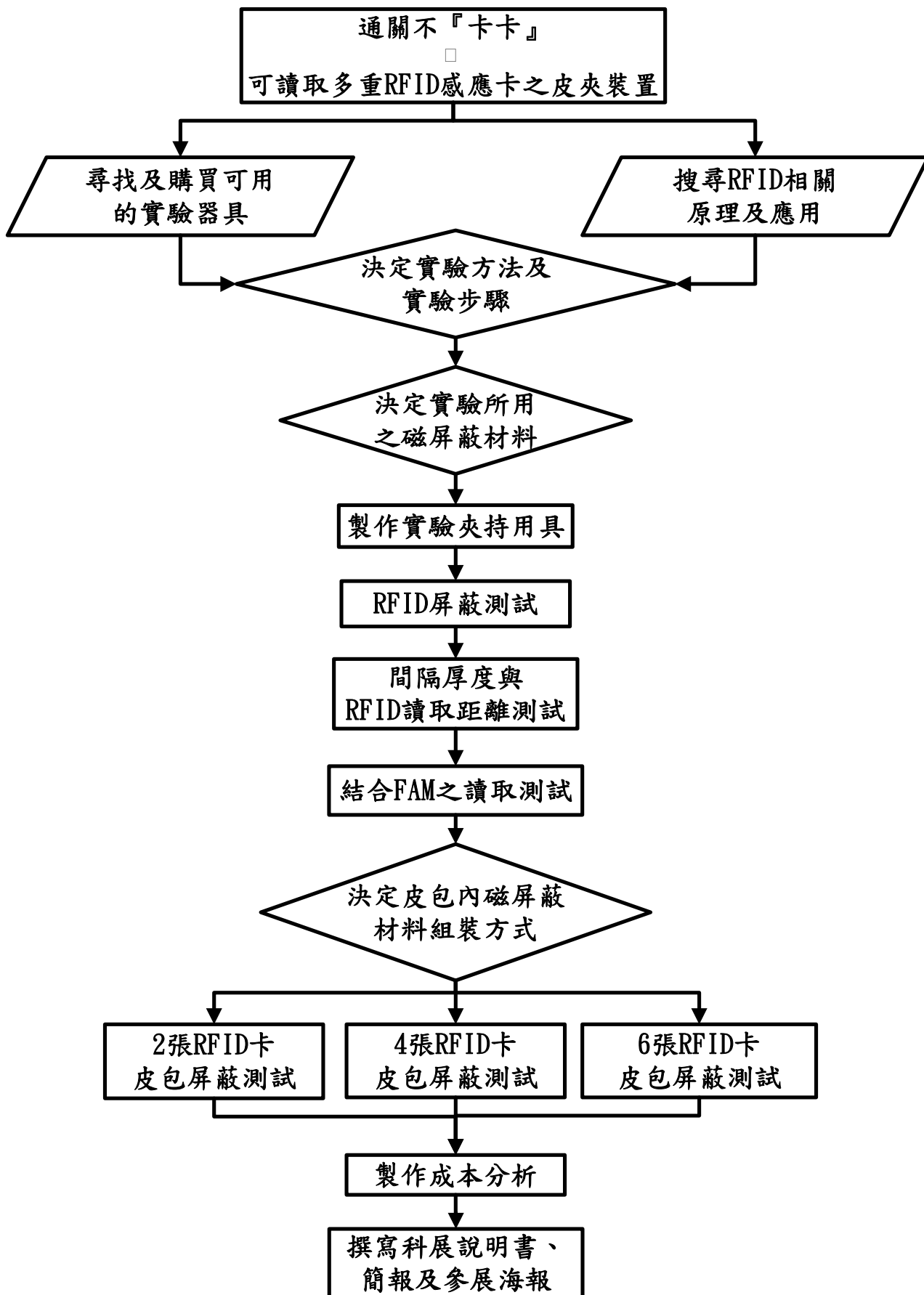


圖 4-1 研究過程流程圖

三、實驗設備組裝

本階段設備組裝的目的，是將放置 RFID 卡、間隔紙、屏蔽材料的透明壓克力盒及讀卡機固定於銑床夾頭上，並將讀卡機與電腦連線。接著轉動銑床上的手輪驅動床台向前移動，使得讀卡機讀取 RFID 卡，並讓電腦顯示讀取卡號。本階段實驗的施作方法為：

- (一)、將壓克力夾具盒固定於銑床夾頭上。
- (二)、把讀卡機固定於虎鉗上。
- (三)、讀卡機與電腦連線。
- (四)、把讀卡機移到與壓克力夾具盒接觸，並將光學尺歸零。
- (五)、床台後退拉出一段距離。
- (六)、把 RFID 卡、間隔紙、屏蔽材料、背墊紙、薄片彈簧等材料依序裝入壓克力夾具盒內，並將夾具盒用長尾夾夾緊。
- (七)、轉動銑床的手輪使得床台向前，帶動虎鉗上的讀卡機接近銑床夾頭上的 RFID 卡片。
- (八)、當電腦上顯示 RFID 卡號和發出嗶聲時，停止轉動。
- (九)、紀錄停止時光學尺的讀數即可得到 RFID 的感測距離。

本實驗使用一透明壓克力盒模擬皮夾內放置 RFID 卡和屏蔽材料，放置狀況如圖 4-2 所示，RFID 卡和屏蔽材料間以厚度 0.5mm 的卡紙製造間隔距離，後面再墊紙並使用薄片彈簧將所有物件壓實，確保 RFID 卡貼靠於壓克力表面，之後將壓克力盒合閉夾緊並安裝於銑床夾頭上。



圖 4-2 將 RFID 卡、間隔紙和屏蔽材料放置於透明壓克力盒

四、RFID 屏蔽測試

RFID 屏蔽測試主要的目的是測驗哪些材料具有屏蔽效果，能夠成功的隔離其他卡片，使得在刷卡時只會讀取到第一張卡片，而不會重複讀取到其他張卡片。本階段實驗的施作方法為：

- (一)、將測試材料放在兩張 RFID 卡之間，並且墊 2mm 厚瓦楞紙隔出空隙（圖 4-3）。
- (二)、將所有物件重疊接近讀卡機做讀取測試（圖 4-4）。
- (三)、確認電腦上讀卡機讀取的 RFID 卡片序號是一張還是兩張。
- (四)、重複實驗步驟 2 至 3 十次。

(五)、更換成其他測試材料，並重複實驗步驟 1 至 4。



圖 4-3 RFID 屏蔽測試之元件堆疊方法



圖 4-4 RFID 屏蔽測試之元件堆疊

五、RFID 讀取距離測試

因為屏蔽材料與 RFID 卡間間隙會影響 RFID 卡的讀取距離，所以本階段 RFID 讀取距離測試的主要目的是測驗哪些屏蔽材料被讀取的距離最遠，且卡片與屏蔽材料間間隔厚度最小，亦即屏蔽材料對 RFID 卡讀取的影響最小。本階段實驗的施作方法為：

- (一)、將壓克力夾具盒及讀卡機固定於銑床上。
- (二)、將讀卡機 USB 接頭接於筆記型電腦上，並開啟電腦筆記本程式（讀取 RFID 卡片時會出現“嗶”聲並顯示卡號於電腦筆記本程式）。
- (三)、將電磁波屏蔽材料固定於 RFID 卡片後面，並於電磁波屏蔽材料與 RFID 卡片間夾入不同張數之紙片，以製造間隔距離（圖 4-5）。
- (四)、轉動手輪移動銑床床台，使銑床虎鉗上的讀卡機接近銑床夾頭上的 RFID 卡片。
- (五)、RFID 卡被感測到，於螢幕上顯現並發出“嗶”一聲。
- (六)、利用銑床床台的光學尺讀錶讀取 RFID 卡片的感應距離並做成記錄（圖 4-6）。
- (七)、將床台後退，重複實驗步驟 4 至 6，每一種實驗組合至少重複讀取五次。
- (八)、更換不同電磁波屏蔽材料及間隔紙片張數，並重複實驗步驟 3 至 7。
- (九)、整理相關實驗資料。
- (十)、找出感應距離最遠、間隔紙片張數最少之最佳電磁波屏蔽材料。

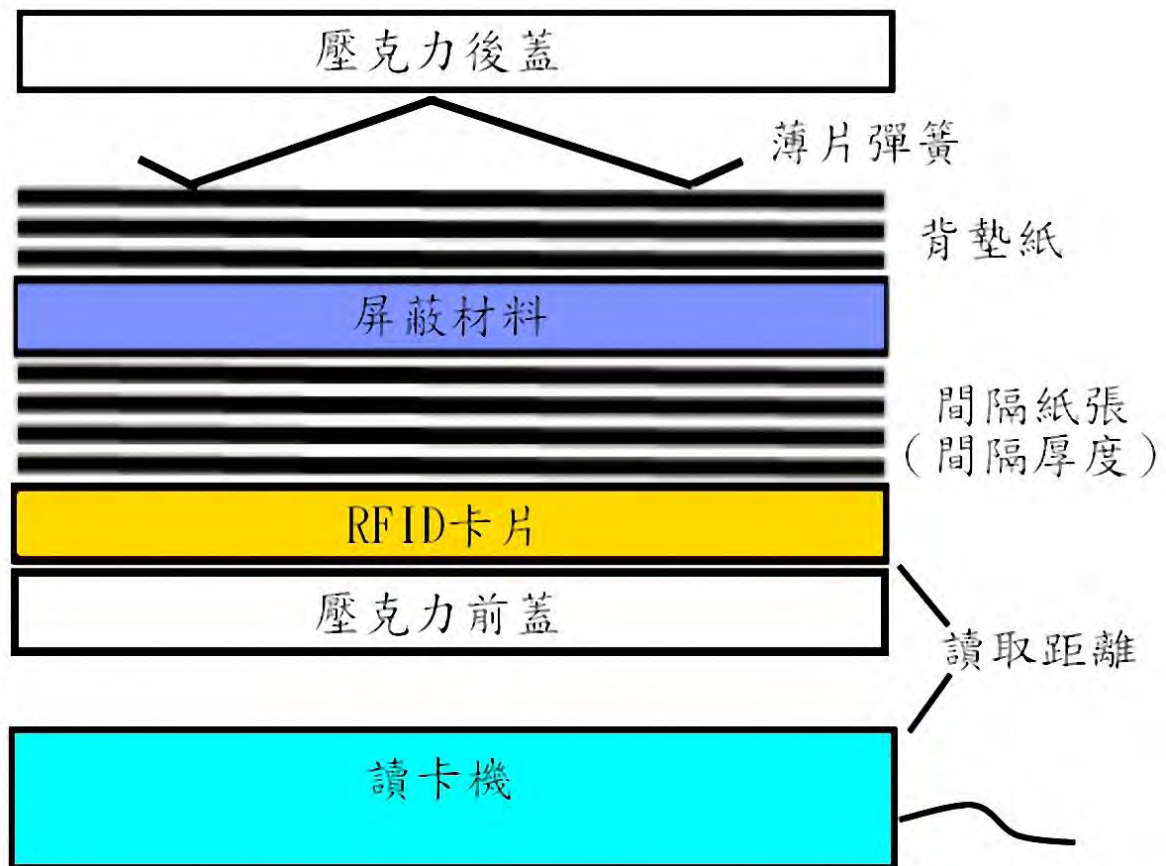


圖 4-5 RFID 讀取距離測試之材料疊方式



圖 4-6 RFID 讀取距離測試 (床台移動、光學尺讀數、紀錄讀取距離)

六、結合 FAM 材料之讀取測試

由於 RFID 卡和屏蔽材料間需要間隔，而間隔太大會造成皮夾厚度的增加，所以間隔不能太大。我們加入 FAM 的原因是可以不用間隔，讓皮夾不會太厚並且可以達到屏蔽效果，甚至能改善屏蔽材料的讀取障礙。本階段實驗的施作方法為：

1. 將壓克力夾具盒及讀卡機固定於銑床上。
2. 將讀卡機 USB 接頭接於筆記型電腦上，並開啟電腦筆記本程式（讀取 RFID 卡片時會出現“嗶”聲並顯示卡號於電腦筆記本程式）。
3. 將 RFID 卡、FAM 及測試材料依序重疊在一起（圖 4-7、圖 4-8），放入壓克力夾具盒。
4. 轉動手輪移動銑床床台，使銑床虎鉗上的讀卡機接近銑床夾頭上的 RFID 卡片。
5. RFID 卡被感測到，於螢幕上顯現並發出“嗶”一聲。
6. 利用銑床床台的光學尺讀錶讀取 RFID 卡片的感應距離並做成記錄。
7. 將床台後退，重複實驗步驟 4 至 6，每一種實驗組合至少重複讀取五次。
8. 更換不同測試材料，並重複實驗步驟 3 至 7。
9. 整理相關實驗資料。
10. 找出讀取距離最遠之測試材料。

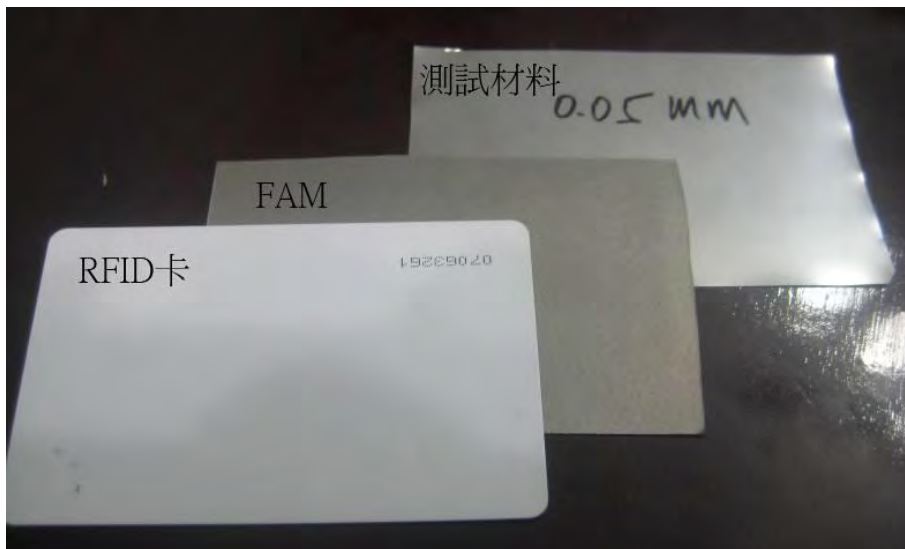


圖 4-7 結合 FAM 材料讀取測試之元件堆疊方法



圖 4-8 結合 FAM 材料可大幅降低元件堆疊厚度

七、預定進度甘梯圖

本實驗從八月暑假開始進行，預計於今年三月底完成，共計八個月，實驗進度甘梯圖如圖 4-9 所示。

工作項目 \ 月次	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月
1.決定科展主題	■							
2.尋找及購買可用的實驗器具 搜尋RFID相關原理知識及應用		■						
3.決定實驗方法及實驗步驟		■	■					
4.決定實驗所用之磁屏蔽材料		■	■					
5.製作實驗夾持用具			■					
6.RFID屏蔽測試			■	■				
7.間隔厚度與RFID讀取距離測試				■	■			
8.結合FAM材料之讀取測試					■	■		
9.決定皮夾內磁屏蔽材料組裝方式						■	■	
10.製作成本分析							■	■
11.專利分析及提出（委外）							■	■
12.撰寫科展說明書、簡報及海報								■

圖 4-9 實驗進度甘梯圖

伍、研究結果

一、RFID屏蔽測試結果

表5-1 RFID屏蔽測試結果

編號	測試材料	測試結果	備註
1	粗鐵網	可屏蔽	第二卡片十次被讀取1次
2	細鐵網	不可屏蔽	第二卡片十次都被讀取
3	碳鋼（厚度0.1mm）	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
4	碳鋼（厚度0.05mm）	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
5	不鏽鋼	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
6	銅膠帶	不可屏蔽	第二卡片十次都被讀取
7	鋁膠帶	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
8	包裝紙一層	不可屏蔽	第二卡片十次被讀取9次
9	包裝紙二層	不可屏蔽	第二卡片十次被讀取7次
10	銀箔	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
11	金箔紙	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
12	銀箔紙	可屏蔽	十次都只讀取第一卡片
13	FAM	不可屏蔽	第二卡片十次都被讀取
14	車票	不可屏蔽	第二卡片十次都被讀取

二、沒屏蔽材料之原始RFID讀取測試結果

表5-2 原始RFID讀取測試結果

RFID 卡放於壓克力盒外（壓克力片厚 1mm,卡片 0.8mm）						
次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
讀取距離（mm）	39.46	39.48	39.27	39.57	39.57	39.47
RFID 卡放於壓克力盒內						
次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
讀取距離（mm）	36.96	36.91	36.87	37.00	37.10	36.97
壓克力影響 = 39.47 - 36.97 - 1.8 = 0.7mm						

三、屏蔽材料和RFID卡間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

表 5-3 粗鐵網間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔粗鐵網（單位：mm）								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	26.10	26.12	26.20	26.25	26.23	26.18	27.88
9 張	2.25	25.27	25.20	25.30	25.29	25.34	25.28	26.98
8 張	2.00	24.33	24.37	24.34	24.46	24.38	24.38	26.08
7 張	1.75	21.98	22.00	22.02	22.03	22.08	22.02	23.72
6 張	1.50	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20	21.20	22.90
5 張	1.25	21.31	21.30	21.31	21.30	21.30	21.30	23.00
4 張	1.00	20.40	20.42	20.41	20.40	20.41	20.41	22.11
3 張	0.75	19.23	19.24	19.27	19.28	19.27	19.26	20.96
2 張	0.50	19.14	19.16	19.17	19.16	19.17	19.16	20.86

表5-4 不鏽鋼間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔不鏽鋼 (單位: mm)								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	7.38	7.37	7.40	7.36	7.38	7.38	9.08
9 張	2.25	6.07	6.01	6.09	6.09	6.09	6.07	7.77
8 張	2.00	3.10	3.10	3.09	3.09	3.09	3.09	4.79
7 張	1.75	5.05	5.04	5.01	5.00	5.00	5.02	6.72
6 張	1.50	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

表5-5 0.1mm碳鋼間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔 0.1mm 碳鋼 (單位: mm)								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	6.39	6.38	6.39	6.38	6.38	6.38	8.08
9 張	2.25	5.45	5.47	5.46	5.48	5.47	5.47	7.17
8 張	2.00	2.54	2.53	2.54	2.54	2.53	2.54	4.24
7 張	1.75	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10	0.09	1.79
6 張	1.50	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

表5-6 0.05mm碳鋼間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔 0.05mm 碳鋼 (單位: mm)								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	9.73	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	11.44
9 張	2.25	7.95	7.84	8.04	8.02	8.04	7.98	9.68
8 張	2.00	6.13	6.14	6.17	6.21	6.16	6.16	7.86
7 張	1.75	4.01	4.23	4.22	4.25	4.23	4.19	5.89
6 張	1.50	2.76	2.80	2.80	2.81	2.80	2.79	4.49
5 張	1.25	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	1.79
4 張	1.00	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

表5-7 銅膠帶間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔銅膠帶 (單位: mm)								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	16.63	16.66	16.66	16.66	16.66	16.65	18.35
9 張	2.25	15.21	15.22	15.21	15.20	15.21	15.21	16.91
8 張	2.00	13.26	13.27	13.27	13.27	13.26	13.27	14.97
7 張	1.75	12.16	12.15	12.13	12.13	12.12	12.14	13.84
6 張	1.50	11.48	11.48	11.47	11.40	11.40	11.45	13.15
5 張	1.25	10.32	10.27	10.24	10.27	10.25	10.27	11.97
4 張	1.00	8.64	8.68	8.66	8.65	8.64	8.65	10.35
3 張	0.75	6.94	6.98	7.00	6.98	6.89	6.96	8.66
2 張	0.50	5.46	5.46	5.41	5.38	5.34	5.41	7.11

表5-8 鋁膠帶間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔鋁膠帶 (單位: mm)								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	8.34	8.34	8.34	8.33	8.33	8.34	10.04
9 張	2.25	5.87	6.62	6.52	6.44	6.38	6.37	8.07
8 張	2.00	5.25	5.13	5.19	4.95	4.89	5.08	6.78
7 張	1.75	3.55	3.42	3.56	3.36	3.29	3.44	5.14
6 張	1.50	2.12	2.10	2.14	2.09	2.12	2.11	3.81
5 張	1.25	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

表5-9 銀箔間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔銀箔（單位：mm）								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	11.34	11.38	11.40	11.40	11.40	11.38	13.08
9 張	2.25	9.98	9.99	9.96	9.94	9.97	9.97	11.67
8 張	2.00	8.42	8.43	8.44	8.44	8.44	8.43	10.13
7 張	1.75	6.80	6.77	6.78	6.81	6.77	6.79	8.49
6 張	1.50	4.99	4.98	4.98	4.97	4.97	4.98	6.68
5 張	1.25	2.77	2.76	2.77	2.77	2.76	2.77	4.47
4 張	1.00	0.85	0.88	0.89	0.88	0.88	0.88	2.58
3 張	0.75	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

表5-10 金箔紙間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔金箔紙（單位：mm）								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	9.19	9.21	9.27	9.24	9.27	9.24	10.94
9 張	2.25	7.13	7.10	7.13	7.12	7.14	7.12	8.82
8 張	2.00	2.85	2.94	2.87	2.90	2.84	2.88	4.58
7 張	1.75	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

表5-11 銀箔紙間隔厚度對讀取距離的影響測試結果

隔銀箔紙（單位：mm）								
張數	間隔厚度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
10 張	2.50	6.70	6.74	6.73	6.74	6.73	6.73	8.43
9 張	2.25	4.40	4.50	4.52	4.48	4.49	4.48	6.18
8 張	2.00	2.53	2.43	2.50	2.49	2.47	2.48	4.18
7 張	1.75	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取

四、結合FAM材料之讀取測試結果

表5-12 結合FAM材料之讀取測試結果

結合 FAM 材料之讀取測試結果（單位：mm）							
測試材料	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均	讀取距離
銀箔紙+FAM	17.23	17.25	17.26	17.25	17.27	17.25	18.95
金箔紙+ FAM	9.99	10.00	10.00	10.01	10.01	10.00	11.70
不鏽鋼+ FAM	13.86	13.87	13.87	13.83	13.77	13.84	15.54
0.05mm 碳鋼+ FAM	7.26	7.28	7.15	7.19	6.76	7.13	8.83
0.1mm 碳鋼+ FAM	12.72	12.88	13.28	12.96	13.27	13.02	14.72
銀箔+ FAM	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取	無法讀取
鋁膠帶+ FAM	11.78	12.01	12.03	12.07	12.00	11.98	13.68
包裝紙+ FAM	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽
銅膠帶+ FAM	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽
金屬膠帶+ FAM	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽	無法屏蔽

陸、討論

一、哪些材料適合作為RFID屏蔽材料？

本實驗的目的是要測試有哪些材料可以屏蔽，避免讀取到第二張卡片。使用的材料有：粗鐵網、碳鋼（厚度 0.1mm）、碳鋼（厚度 0.05mm）、不鏽鋼、鋁膠帶、銀箔、金箔紙、銀箔紙。表 6-1 是我們實驗的分類，分為完全可屏蔽（十次都只讀取第一卡片）、有時可屏蔽（第二卡片有時會被讀取）、完全不可屏蔽（第二卡片十次都被讀取）。

我們發現鋼鐵類及鋁類材質都可完全屏蔽，鐵網類粗鐵網和細鐵網的屏蔽效果不一樣，粗鐵網大都可以屏蔽，但有時候會讀取到第二張的卡片，而細鐵網則完全不可屏蔽，可見鐵網的粗細密度與屏蔽效果有關聯性。包裝紙類可能因為金屬鍍層太薄（真空鍍鋁，厚度一般是 $0.3\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ ），屏蔽的效果不佳，但隨著包裝紙的張數增加，屏蔽效果越好。而磁性材料完全沒有屏蔽效果，比較奇特的是，銅膠帶屬於金屬，而且厚度也夠，卻無屏蔽效果，可能跟銅的磁性太低有關。

表6-1 測試材料的屏蔽效果

屏蔽效果 測試材料	完全可屏蔽 (十次都只讀取第一卡片)	有時可屏蔽 (第二卡片有時會被讀取)	完全不可屏蔽 (第二卡片十次都被讀取)
測試材料	碳鋼（厚度0.1mm） 碳鋼（厚度0.05mm） 不鏽鋼 鋁膠帶 銀箔 金箔紙 銀箔紙	粗鐵網 (第二卡片十次被讀取1次) 包裝紙一層 (第二卡片十次被讀取9次) 包裝紙二層 (第二卡片十次被讀取7次)	細鐵網 銅膠帶 FAM 車票

二、RFID卡片與屏蔽材料之間隔距離對讀取距離的影響？

從圖 6-1 至 6-4 可以發現，每個材料的讀取距離不一樣，間隔距離也不一樣，材料厚度也和讀取距離有關。讀取距離指的是 RFID 卡和感應器之間的距離，讀取距離越遠，代表 RFID 卡的感應讀取越靈敏，所以讀取距離越遠越佳；間隔距離指的是 RFID 卡和屏蔽材料之間的距離，間隔距離愈大，皮夾的厚度也必須增加，所以間隔距離越小越好。

圖 6-1 顯示有時可屏蔽和完全不可屏蔽金屬材料之讀取狀況，屏蔽材料和間隔距離會影響 RFID 讀取距離，且讀取距離和間隔距離皆成正比。例如銅膠帶原本讀取距離為 39 mm，加入屏蔽材料間隔 2.5mm 後變為 18.35mm，而間隔縮短為 1mm 時，讀取距離降為 10.35mm。

圖 6-2 為鋼鐵類材料之讀取狀況，除了不鏽鋼外其他材料的讀取距離和間隔厚度皆成正比，其中不鏽鋼比較特殊會有一個轉折點。與圖 6-1 比較發現可屏蔽材料讀取距離較短，可讀取之最小間隔距離較大，可見可屏蔽材料會對讀取距離和間隔距離的影響較大。此外，厚度也是影響效果的因素之一，0.1mm 與 0.05mm 碳鋼相比較，薄的碳鋼（0.05mm）反而有較遠的讀取距離和較短的可讀取間隔距離（1.25:1.75mm）。

圖 6-3 為非鋼鐵可屏蔽材料之讀取狀況，相同的非鋼鐵屏蔽材料也會影響讀取距離和間隔距離，且間隔距離和讀取距離皆成正比。在所有非鋼鐵可屏蔽材料中銀箔的效果最好，具有最遠之讀取距離，在間隔距離 2.00mm 的情況下讀取距離可以達到 13.08mm。

圖 6-4 為全部可屏蔽材料之讀取狀況，我們由此可知非鋼鐵材料的讀取距離比鋼鐵材料出色，銀箔具有最長的讀取距離和最短的間隔距離要求；其次是 0.05mm 碳鋼，其讀取距離及間隔距離只比銀箔差一點。較差的是銀箔紙和金箔紙，不僅所需間隔距離較長，而且讀取距離短，不適合作為屏蔽材料。雖然銀箔讀取距離和間隔距離最優秀，然而在實

際的運用上由於銀箔價格較高且製作麻煩，所以實際使用上建議以 0.05mm 碳鋼作為屏蔽材料。

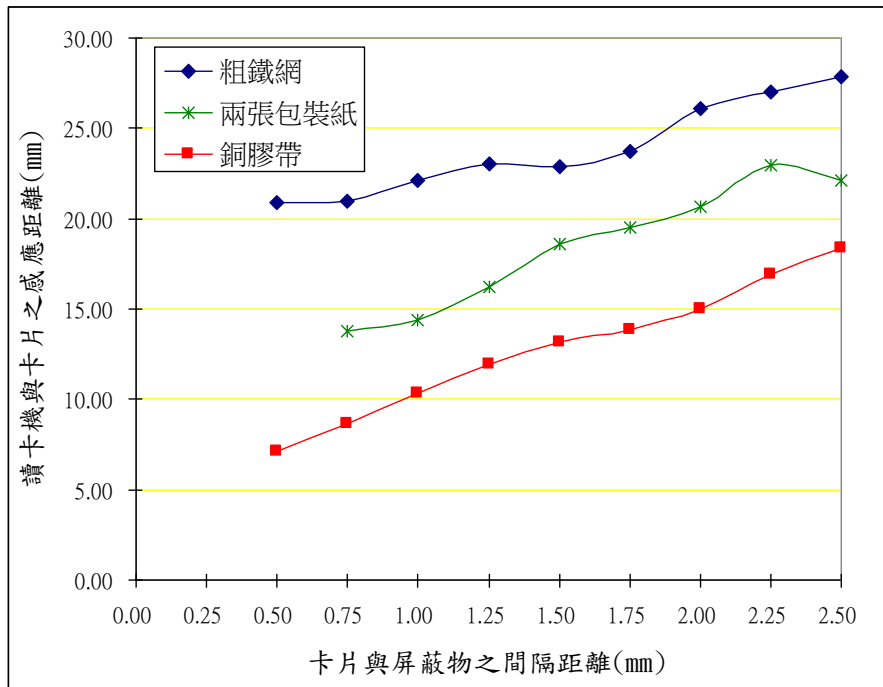


圖6-1 有時可屏蔽和完全不可屏蔽金屬材料之讀取狀況

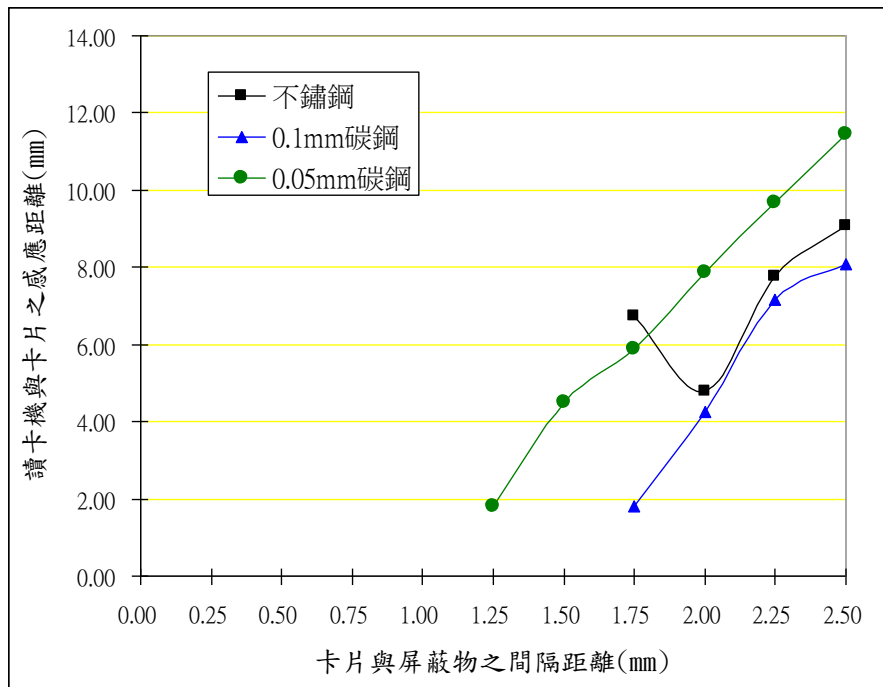


圖6-2 鋼鐵材料之讀取狀況

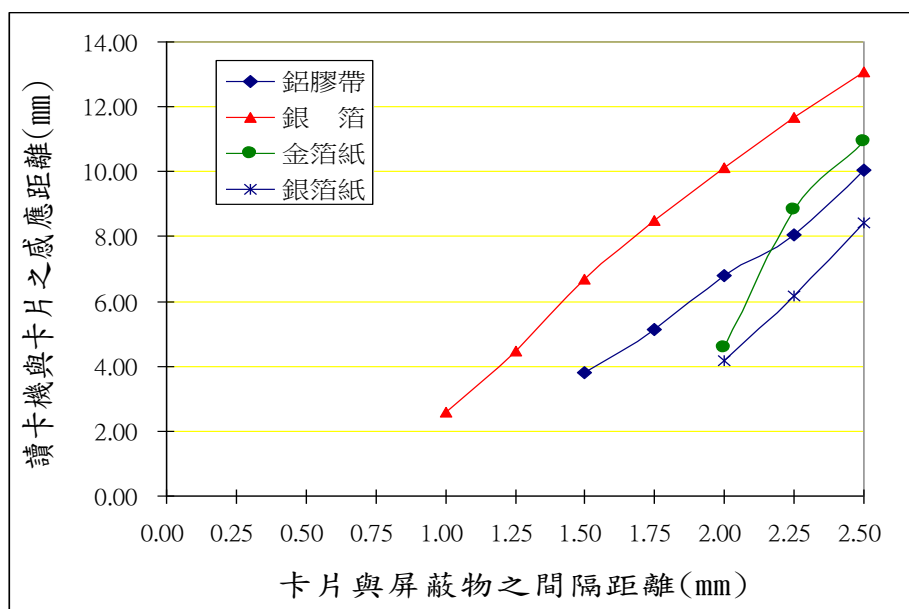


圖6-3 非鋼鐵材料之讀取狀況

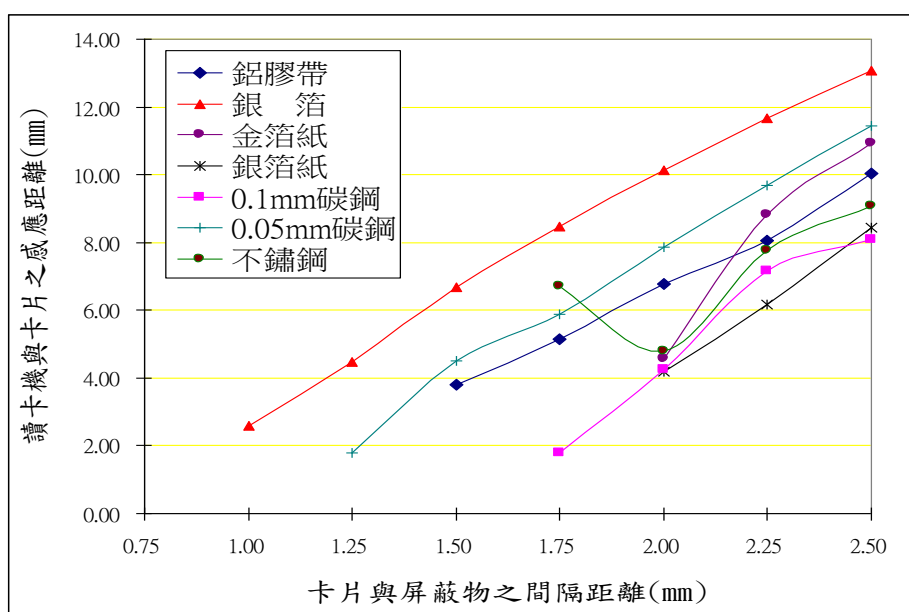


圖6-4 全部材料之讀取狀況

三、結合FAM材料對讀取距離有何影響？

經實驗結果發現，加入 FAM 材料可以不使用間隔紙，就能夠有效的屏蔽，這樣 RFID 卡和屏蔽材料間的距離便可大幅縮小為一張 FAM 厚度（0.1mm），讓皮夾不會因為 RFID 卡和屏蔽材料間的距離太大，導致皮夾太厚使用起來比較不方便。另外 FAM 也可降低屏蔽材料對 RFID 讀取距離的影響，讓 RFID 卡能在較遠的距離就被讀取到。

表 6-2 為結合 FAM 材料及沒有使用 FAM 材料之讀取距離比較（間隔 2mm），由表中可以明顯的看出，加入 FAM 可以大幅增加讀取距離，以銀箔紙為例，原讀取距離為 4.18mm 增加為 18.95mm，共增加 14.77mm，加入 FAM 的增益高達 353.3%。

實驗的結果顯示，原本讀取距離較差的銀箔紙及不鏽鋼，因為加入 FAM 後讀取距離反而變成最遠的，更奇特的是，原本讀取距離最遠的銀箔，加入 FAM 後竟變成無法讀取。

在材料厚度的影響方面，原本讀取距離較遠的 0.05mm 碳鋼，加入 FAM 後讀取距離由 7.86mm 變為 8.83mm，沒有很大的提升，而原本讀取距離較近的 0.1mm 碳鋼則由原來的 4.24mm 大幅增加至 14.72mm。

由實驗的結果，我們可以知道使用銀箔紙和 FAM 結合會得到最好的效果，且實際的應用上銀箔紙沒有生鏽的問題、柔軟易剪裁、價格低廉，是一個很好的選擇。

表6-2 結合FAM材料之讀取距離比較（單位mm）

	A 無屏蔽材料 之讀取距離 (單位 mm)	B 加入屏蔽材料 (間隔 2mm) 之讀取距離 (單位 mm)	C 加入屏蔽材料 (間隔 2mm) 與無屏蔽材料 百分比 (B/A)	D 加入 FAM 及 屏蔽材料之 讀取距離 (單位 mm)	E 加入 FAM 及 屏蔽材料與 無屏蔽材料 百分比 (E/A)	F 加入 FAM 及 屏蔽材料與 加入屏蔽材料 百分比 (D/B)
銀箔紙	39.47	4.18	10.6%	18.95	48.0%	453.3%
金箔紙		4.58	11.6%	11.70	29.6%	255.5%
不鏽鋼		4.79	12.1%	15.54	39.4%	324.4%
0.05mm 碳鋼		7.86	19.9%	8.83	22.4%	112.3%
0.1mm 碳鋼		4.24	10.7%	14.72	37.3%	347.2%
銀箔		10.13	25.7%	無法讀取	無法讀取	無法讀取
鋁膠帶		6.78	17.2%	13.68	34.7%	201.8%

四、哪種狀況適合何種RFID卡片、屏蔽材料、FAM材料的組合?

經由 6-1、6-2 及 6-3 的結果，我們可以判斷出哪種狀況下適合何種 RFID 卡片、屏蔽材料、FAM 材料的組合，條列如下：

- (一)、兩張RFID卡距離屏蔽材料都超過2.5mm時，可以選擇只在中間放入屏蔽材料，例如 0.05mm的碳鋼片。
- (二)、當一張RFID卡與屏蔽材料很靠近，另一張RFID卡距離屏蔽材料超過2.5mm時，可以選擇在較靠近的RFID卡片後面緊貼一張FAM材料及一張屏蔽材料（例如鋁膠帶）。
- (三)、當兩張RFID卡距離很接近時，可以選擇在兩張卡片間依序放入FAM、銀箔紙、FAM以得到屏蔽效果及最大讀取距離。

五、皮夾設計

對於一般常用的皮夾而言，我們針對放兩張、四張及六張 RFID 卡的需求，做出結合磁屏蔽及 FAM 材料之可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾，分別如圖 6-5、6-6、6-7 所示。



圖6-5 放兩張RFID卡之皮夾設計



圖6-6 放四張RFID卡之皮夾設計



圖6-7 放六張RFID卡之皮夾設計

六、成本分析

每一張 RFID 卡大小的材料其厚度及成本如表 6-3 所示，所有材料的成本除了 FAM 外皆很低廉，並容易購買取得。如第五節之皮夾設計成本分析如表 6-4 所示。

表6-3 屏蔽材料厚度及成本示意表

材料 (54mmx85mm)	鋁膠帶	銀箔 (含背紙)	金箔紙	銀箔紙	0.1mm 碳鋼	0.05mm 碳鋼	不鏽鋼	FAM
厚度 (mm)	0.04	0.1	0.02	0.02	0.1	0.05	0.1	0.1
價格 (元/張)	2	6	0.5	0.5	5	6.5	5	45

表6-4 皮夾設計厚度及成本分析表

RFID卡張數	所需材料	增加厚度	成本
兩張RFID卡	一張0.05mm的碳鋼	0.05 mm	6.5 元
四張RFID卡	兩張銀箔紙和兩張FAM	0.24 mm	91 元
六張RFID卡	三張銀箔紙和四張FAM	0.46 mm	181.5 元

柒、結論

本實驗成功的發展出可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾，設計出只需刷皮夾的不同面就可以只讀到特定卡片的皮夾。實驗針對粗鐵網、細鐵網不鏽鋼、0.1mm 碳鋼、0.05mm 碳鋼、銅膠帶、鋁膠帶、包裝紙、銀箔、金箔紙、銀箔紙、金屬膠帶、FAM、車票等多種常見材料測試其對 RFID 卡片的屏蔽效果，探討各屏蔽材料與 RFID 卡間の間隔厚度對 RFID 卡讀取距離的影響，並測試各屏蔽材料搭配 FAM 材料的效果。經過這項實驗，我們發現在可屏蔽材料中銀箔具有最佳之讀取距離，而在屏蔽材料與 RFID 間加入 FAM 材料就可以消除屏蔽材料對 RFID 讀取的影響，其中銀箔紙與 FAM 材料的結合具有最佳的讀取距離。最後我們針對兩張、四張及六張 RFID 卡需求狀況，設計出可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾。

本實驗所設計的皮夾經過多次的實驗測試，成功率高達百分之百，皮夾可完全不受多張卡片影響，只單獨讀取需要的 RFID 卡片。而且所需的成本十分低廉、間隔材料厚度也十分的薄，不會增加皮包厚度，適合皮夾內有多張卡片的民眾使用，尤其對平常需要搭捷運、公車等大眾交通運輸的民眾，更是非常方便的設計，再也不用另外準備一個皮包單獨的裝捷運卡，或每次刷卡時都要把捷運卡單獨的拿出，導致皮夾內東西的掉落。在多卡合一功能的卡片出來之前，我們發展出來的『可讀取多重 RFID 感應卡之皮夾裝置』是一個十分合適的方法，可以徹底解決目前刷卡時多卡干擾，造成讀卡失敗的問題。

在這一次的實驗中，我們獲得了許多寶貴的知識以及經驗，如在網路上查詢資料、實驗步驟的規劃、問題的分析與解決、資料的整理、以及報告的撰寫，而更重要的是學習到作實驗鍥而不捨、追根究柢的精神，相信在這過程中學到的每一件事，都對我們未來的成長有極大的幫助。

捌、參考資料及其他

- [1] 詹進科、陳育毅，“RFID基本概念介紹”，中興大學資訊安全研究室
- [2] 崑山科技大學 RFID應用研究室，RFID概論（[http://teachers.ksu.edu.tw/RFIDClass/dynamo RFID-Introduction.html](http://teachers.ksu.edu.tw/RFIDClass/dynamo%20RFID-Introduction.html)）
- [3] 朱耀明、林財世，“淺談RFID無線射頻辨識系統技術”，生活科技教育月刊，三十八卷第二期（2005）
- [4] 鍾蕙安，“無線射頻技術的應用與發展趨勢”，電子商務導航，第六卷第十三期（2004）
- [5] 網路資料（<https://sites.google.com/site/rfiddianzibiaoqian/rfid-de-fen-lei>）
- [6] 陳懋蔚，“多卡合一 風險較高”，2003年10月26日 蘋果日報
- [7] 鄔明罡、李書芳，“金屬對RFID系統影響研究 RFID世界網”（2009）
- [8] 冠磁企業股份有限公司網路資料（<http://www.cfe.com.tw/absorber-flexible-absorbent-material-family-c.pdf>）

【評語】 030824

主旨：研究利用各式材質對 RFID 信號之屏蔽效率不同來設計多重
卡片之皮夾。

優點：利用不同材質的屏蔽性質不同設計皮夾，使得卡片不會因此
誤讀，且懂得用碳鋼成本較低來取代銀箔。

建議：提升 RFID 感應靈敏度於適當的距離及皮夾的設計，使得符
合人體工學使用。