

陣列式微型霍爾感測器設計與製作

Design of Array Micro Hall Sensors and Their Applications

郭仲剛、李佳言*

屏東科技大學材料工程研究所

*Email: leecy@mail.npust.edu.tw

摘要

本研究利用微機電(Micro-Electro-Mechanical System, MEMS)製程技術設計並製作出霍爾感測器。使用P型矽(Si)基板並且利用化學氣相沉積沉積二氧化矽(SiO₂)作為隔絕層，後續利用中電流離子佈植機佈植磷(P)離子作為感測區，並使用電子束蒸鍍法沉積金(Au)作為電極，最後，先使用UV膠將裁切好的晶片與玻璃纖維板貼合後，以導電銀膠將排母(Female Header)與晶片固定，最後放入模具並倒入環氧樹脂進行冷鑲埋，即完成感測器的製作。為了驗證感測器在感測範圍內是否呈現了一個可預期的變化關係，使用鉍鐵硼磁鐵與資料擷取器和高斯計，了解其因載子偏移而輸出的霍爾電壓與磁通量是否呈現線性關係。

前言

人類對於磁場感知器的研究與應用已經有很長的一段時間，從最早的指南針到現在的智慧型手機皮套，都可以見到它們的蹤影，隨著工業技術的發展，無論在生產、控管或監測等領域，對於量測技術的需求從未間斷，角度、距離、轉速、開關等物理量的量測霍爾感測器的應用範圍。

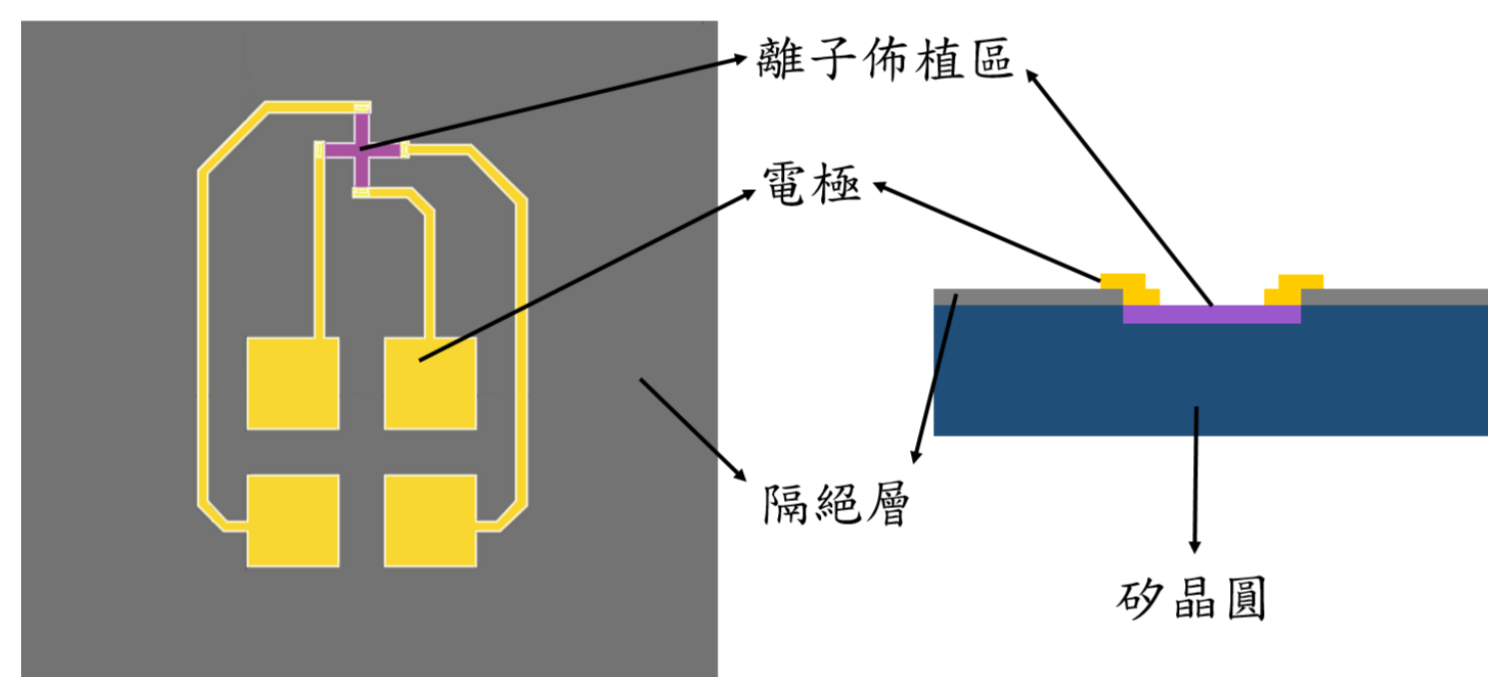
挾夾著非接觸式量測與耐油污與灰塵等優勢，搭配物聯網和雲端運算等未來趨勢的設計能使人類的生活更加便利。

設計

設計概念

霍爾感測器的設計架構如圖一所示，分別為黃金導線、主要感測區的離子佈植區、二氧化矽隔絕層與基板矽晶圓。設計四片電極，二個為輸入，二個為輸出端。輸入端加入電流若磁場強度和電流方向垂直時，此元件和電流與磁場垂直方向上會產生霍爾電壓。

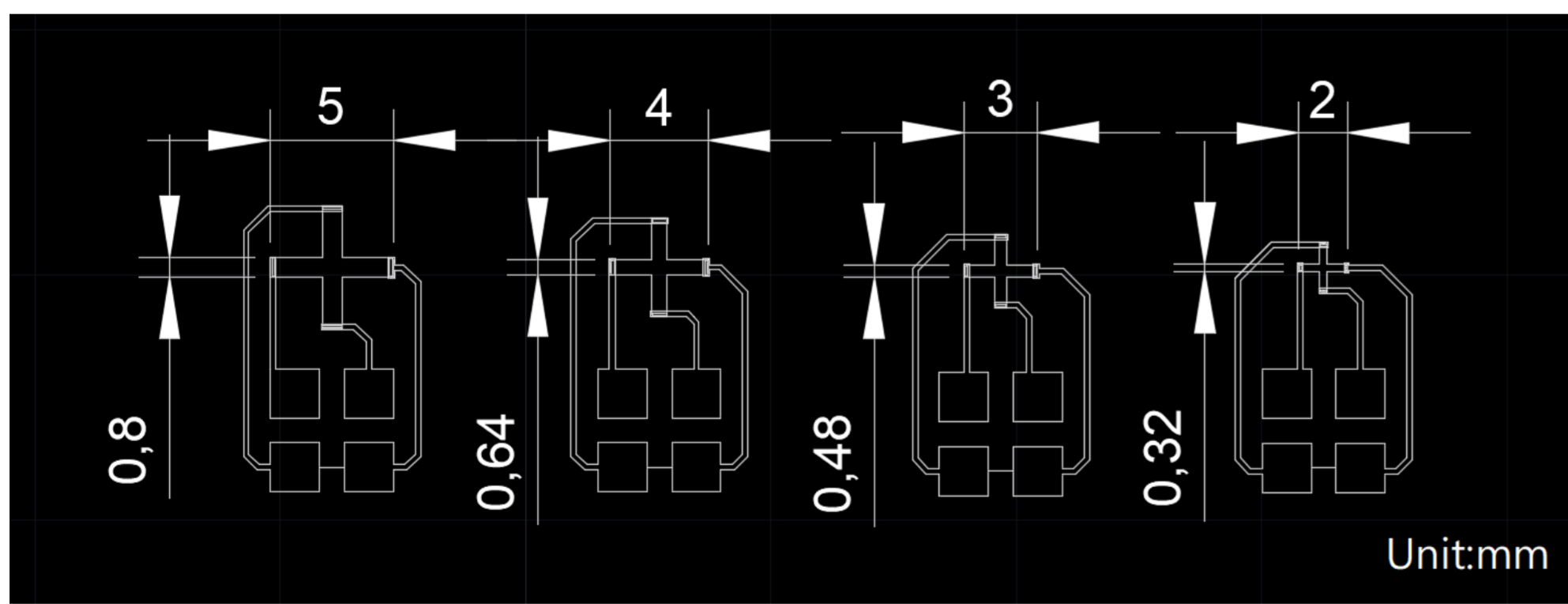
使用的反應區外型採為較普片的十字型結構，此種結構雖然反應面積較小但是對於反應速度和靈敏度均有良好的表現。



圖一、霍爾感測器架構圖

設計尺寸

反應區為寬度1200 μ m之十字形架構，電極為邊長3000 μ m之正方形，整體尺寸約6600 μ m。



圖二、感測區尺寸

製程

本研究之製程不包含冷鑲埋為三道光罩製程，其目的均不相同。第一道光罩製程目的為定義出反應區，離子佈植後退火會產生極薄的熱氧化層，第二道光罩會定義出圖形並利用濕式蝕刻使反應區產生四個能與外界接觸的接觸窗，第三道光罩製程則是製作電極。

第一道光罩製程

選用的是P型的矽晶圓作為基板，最初使用化學氣相沉積沉積二氧化矽，除了避免感測器短路以外，同時也能作為離子佈植的遮罩使用，後續使用微影製作出圖形，並以二氧化矽蝕刻液(BOE ETCHANTS)濕式蝕刻。完成後使用中電流離子佈植機進行離子佈植。離子佈植的原理乃是將藉由高能量的摻雜物原子強行摻入半導體中。

第二道光罩製程

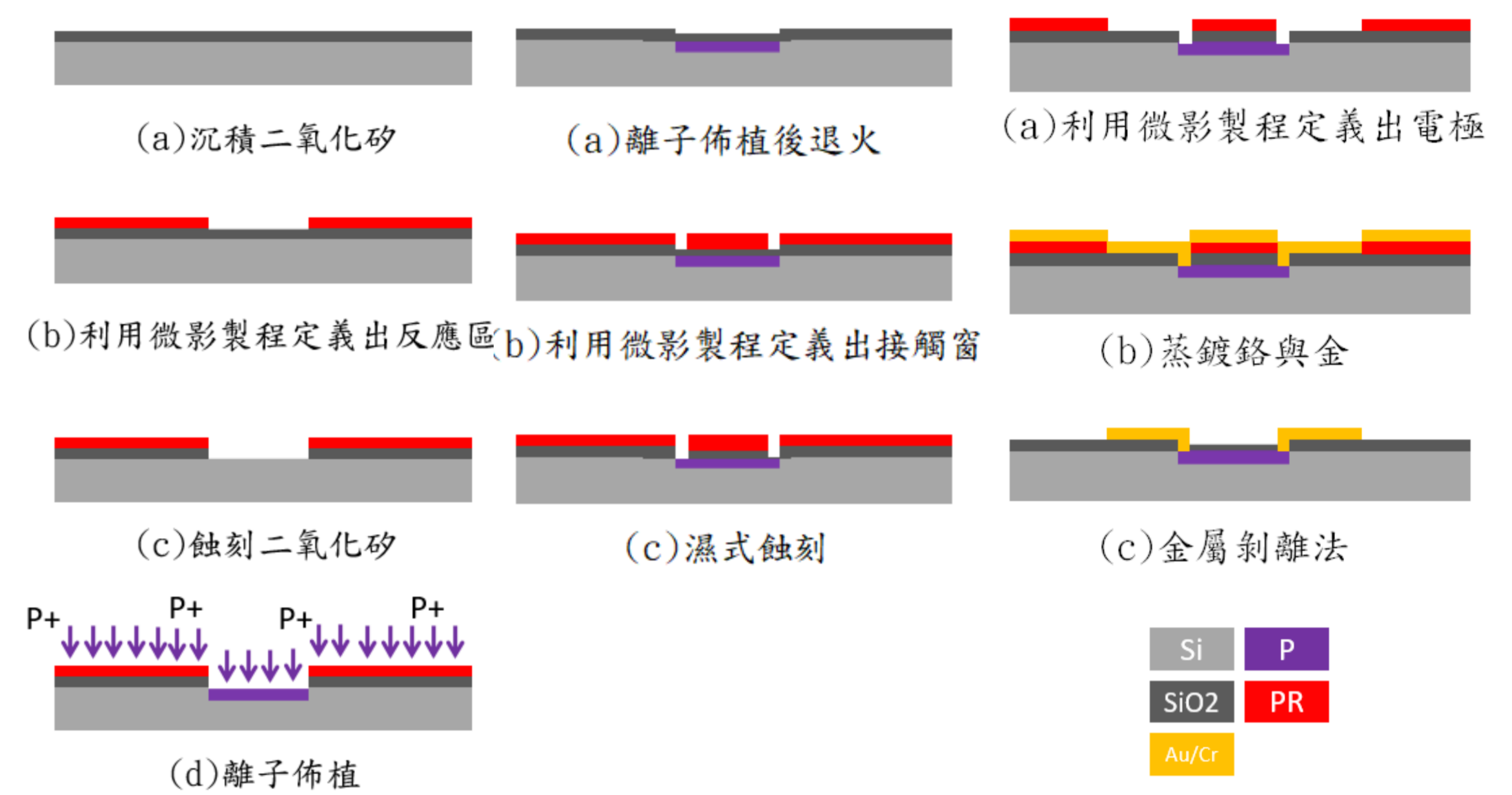
本研究摻雜物是磷離子。打入基板的磷離子會使基板逆轉為N型半導體，同時摻雜的區域會與原為P型的基板之間產生一層空乏區。這代表說若是我們對摻雜的區域上導入電流，電流並不容易從摻雜的區域往未摻雜的基板擴散出去。藉此我們可以形成作用霍爾效應的工作區。

第三道光罩製程

第三道光罩製程為製作電極，電極主要的目的在於將接點放大降低訊號與電源連接的困難度。以微影製程定義出圖形後，利用電子束蒸鍍法先沉積極薄的一層鉻(Cr)作為黏著層，後續沉積金(Au)，最後使用金屬剝離法(Lift-Off)完成電極的製作。

冷鑲埋

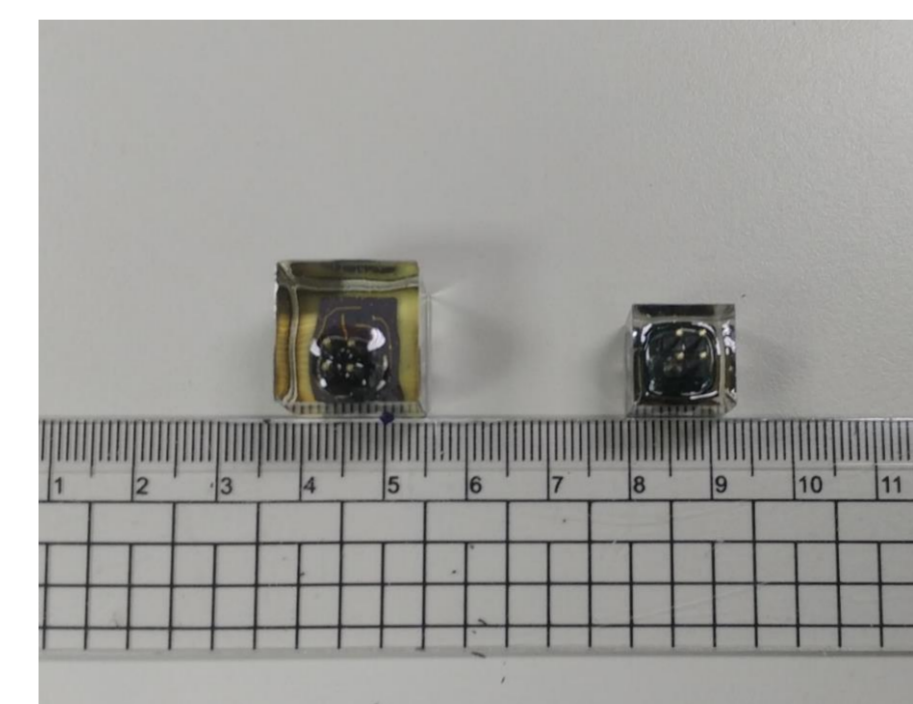
光罩製程結束後，我們使用鑽石切割刀切割出適當大小的晶片，並以UV膠將裁切好的晶片與玻璃纖維板貼合後使用導電銀膠將排母(Female Header)與晶片固定，最後放入模具並倒入環氧樹脂進行冷鑲埋。



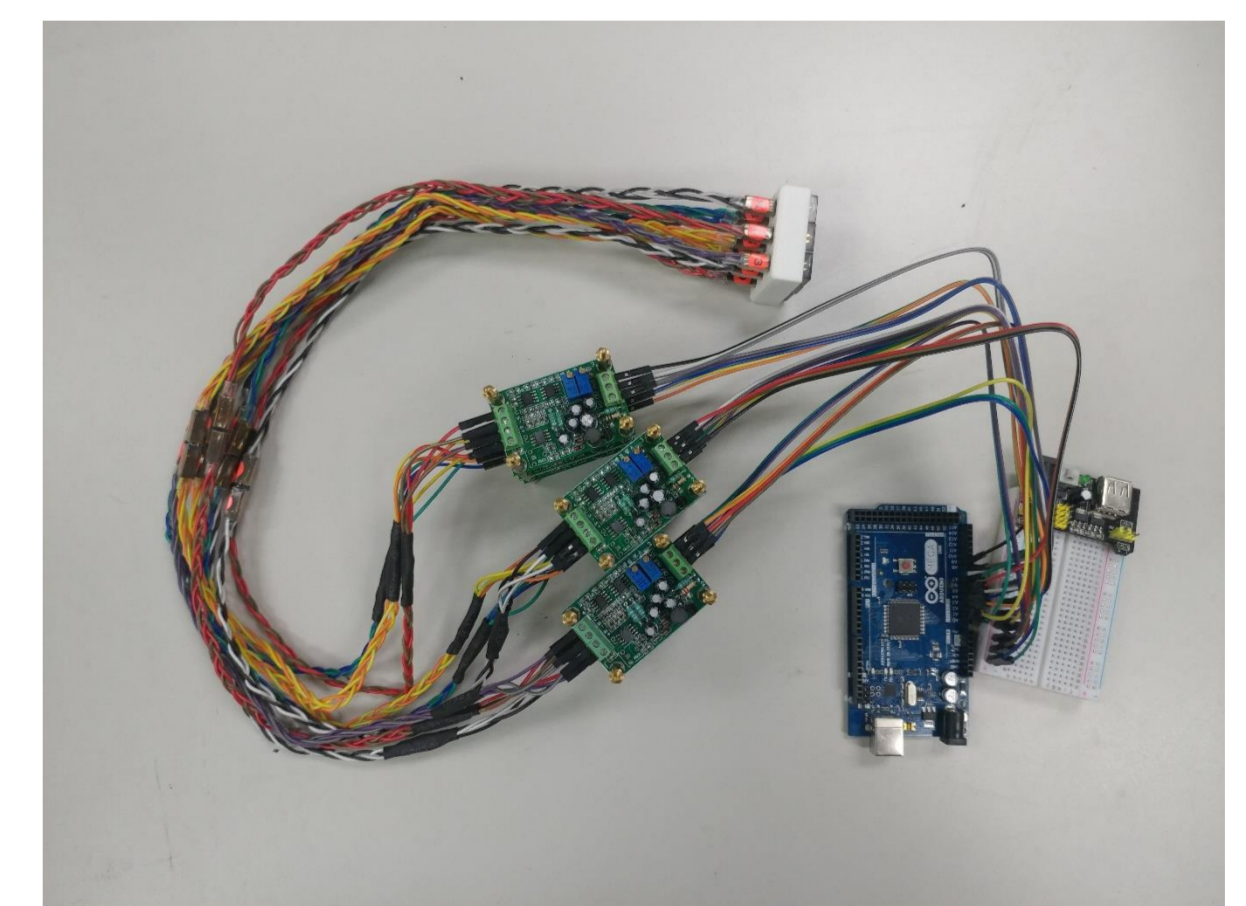
圖四、光罩製程(從左至右為第一道、第二道、第三道)

結果與討論

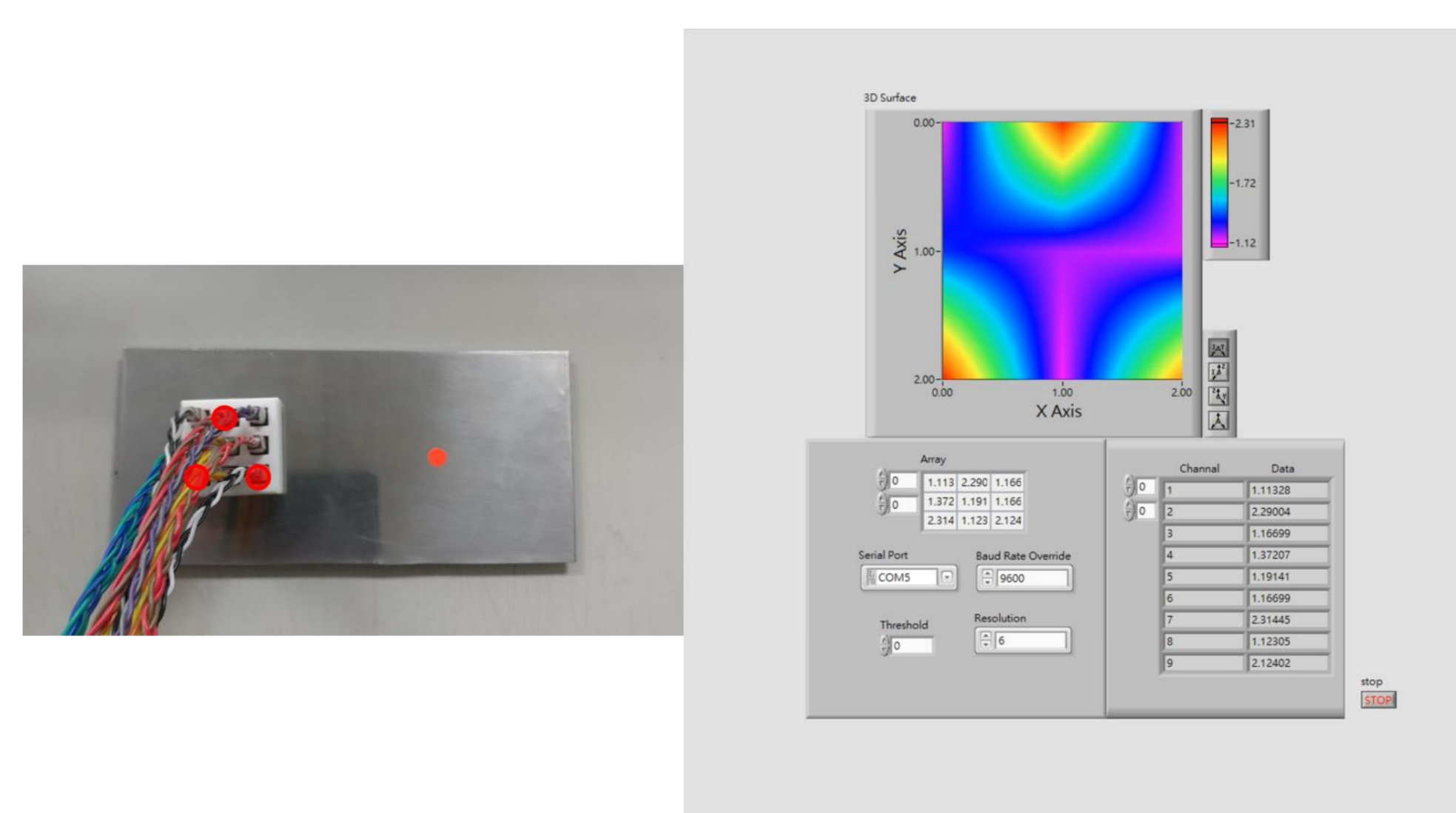
- 相同佈植圖形霍爾感測器再擁有同樣工作電流下，靈敏度並不會因為因尺寸大小差異而產生影響。
- 適當的提高工作電流有助於提升霍爾感測器線性度的表現。
- 反應區尺寸越大的霍爾感測器其反應區表面電性愈容易遭受製程誤差的影響，進而產生較大的不平衡電壓。
- 本研究設計之霍爾感測器，不論何種工作電流，其響應時間均不超過10ms。
- 本研究架設陣列模組信號視覺化平台，能將數據轉換為色階分佈圖出快速分析待測物的磁場分佈情形。若搭配適當磁化設備方能組成磁漏檢測儀並應用於非破壞檢測。



圖一、感測器成品



圖一、陣列模組



圖一、視覺化平台量測