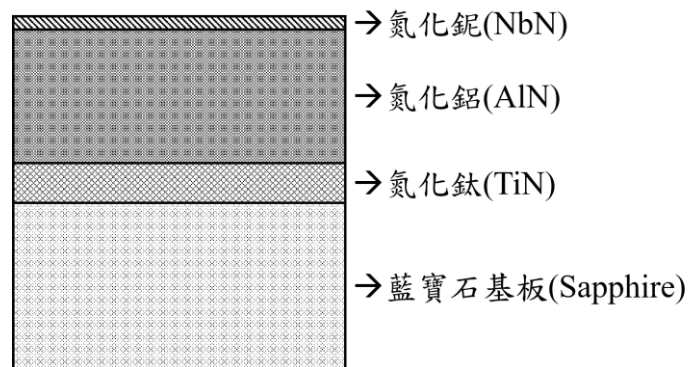


李家同

談到光子，使我有些感到不安，因為我實在不懂光子是什麼。科學家們說，光有波的特性，也有粒子的特性，而光的最小單位就是光子。目前已經有單光子源，也就是說，這個設備可以一次射出一個光子。可以想見的是，這個光是相當弱的。這篇文章介紹台灣有一家公司已經成功地製作了一個可探測單光子的設備，就是超導奈米線單光子偵測器。

這個偵測器製作的過程可以簡述如下：

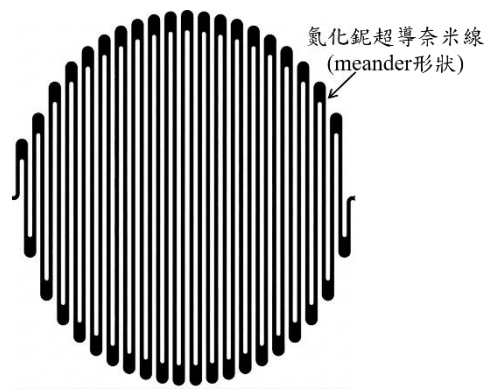
- (1) 利用一種叫做電漿輔助式分子束磊晶(Plasma-Assisted Molecular Beam Epitaxy, PA-MBE)的設備在藍寶石基板上成長三層氮化物，如圖一所示。



圖一

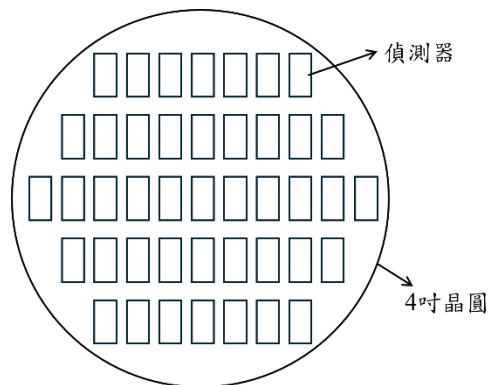
其中，氮化鈮這種材料非常特別，它是超導體。因此當溫度低於其臨界溫度(約為 17 K 也就是-256 °C)時，其電阻為 0。

- (2) 利用半導體製程技術在 4 吋晶圓上製備一 meander 形狀的氮化鈮超導奈米線，如圖二所示。



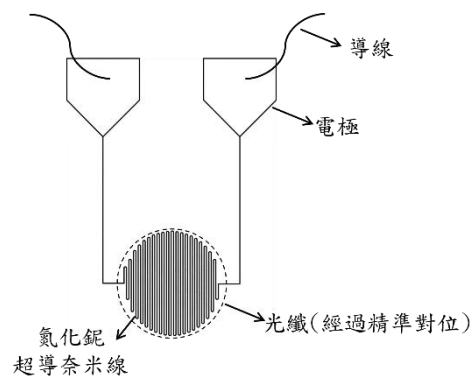
圖二

而4吋晶圓上目前總共可製備176個含有meander形狀的超導奈米線單光子偵測器，如圖三所示。



圖三

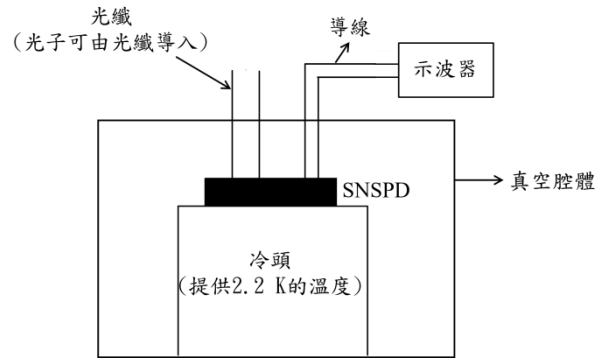
(3) 將偵測器精準切下並封裝(包含光纖對位以及導線連接)，偵測器簡稱為SNSPD (Superconducting Nanowire Single-Photon Detector)，每一個偵測器如圖四所示。



圖四

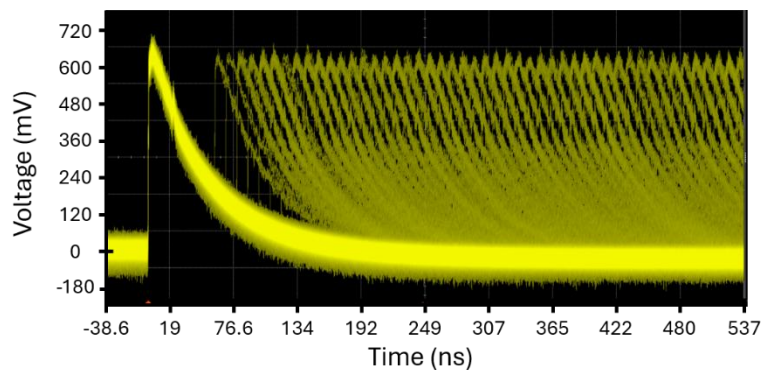
從圖四中可以看出，每一個偵測器有一根光纖以及兩個電極，其中讀出電訊號的導線則與電極相連接。

(4) 將偵測器安裝到冷凍系統(溫度約為 2.2 K)製作成最後的設備，如圖五所示。



圖五

當單光子射入 SNSPD 的時候，SNSPD 會有所反應，兩個電極之間會有一個電壓，因此每次單光子射入偵測器，示波器就會顯示一個脈衝。如果有一連串的单光子射入，示波器可以顯示一系列的脈衝，如圖六所示。



圖六

我們常常聽說量子通訊，量子通訊資安上有其好處，可是量子通訊必須使用非常微弱的單光子，因此超導奈米線單光子偵測器對量子通訊是非常重要的。

超導奈米線單光子偵測器可以偵測長波長光源，而長波長光源可以更深入人的皮膚，假如要量測皮膚下的血管，用超導奈米線單光子偵測器也可以有更好的結果。

我們可以利用超導奈米線單光子偵測器來測量兩點之間的距離，從 A 點射一個光到 B 點，利用射出的時間和反射到達的時間計算出距離。如果距離相當長，光到達 B 點時，已經相當微弱了，反射回來的光當然也是很弱的。但是因為超導奈米線單光子偵測器是相當靈敏的，所以可以用在這種長距離的偵測上。

這家公司的設備是和一所大學合作的，結果相當好。100 個光子射入以後，這家公司的設備可以偵測到 90 個左右。這已是相當好的成就了。

製作超導奈米線單光子偵測器的過程是相當複雜的，工程師需要懂得物理以及很多半導體製程技術。公司必須投資相當多的經費，因為半導體製程需要昂貴的設備。這家公司也自行設計了很多設備，我國有這種公司肯投入大量經費和時間製作這種極為精密的單光子偵測器，是相當值得我們高興的，國家需要這種公司。我們應該高興國家有這種懂得物理和工程技術的工程師，也應該感謝大學的教育和產業界的合作。