



簡介
離子 佈植
實驗室
編輯組

近十年來電子工業突然興起，造成一股蓬勃的氣象，不少國家和人才在這方面已投下極龐大的資本和精力，不斷地從事這方面的研究。電子科學是一門極為廣泛的科學，包容的範圍多而複雜，而半導體工業在這一新興工業中更是扮演著一個極重要的角色。單就半導體工業來說，就是一種技術非常精密而複雜的科技，現在各國都有不少人在做半導體的研究。在世界各地的實驗室裡他們投下大批的資本和精力，不管是儀器或是人員都是最精優的，然而國內至目前止唯一的半導體研究實驗室是本系楊銀圳教授所領導的Si單晶結大型計劃，楊教授以極劣於他國的實驗儀器以及不足的人才和經費，卻做出了不少意想不到的結果，使世界各國感到驚奇，也讓國人為這項成就感到光榮。

自民國六十一年單晶Si計劃至民國六十五年又開始著手半導體的研究計劃迄今，楊銀圳教授在位於清華物Ⅱ館這一個須高度清潔度的實驗

室中投入了他所有的時間與精神。近年來這實驗室已成功地以低溫低壓步驟完成離子佈植實驗。

離子佈植實驗室的工作乃是一些基本的研究，推廣到工業上技術的開發。而其範圍包括物理、材料與電機，做各種電子元件 (Device)，以及研究元件物理。這些元件如電晶體， IC、CCD (Charge Coupled Device)。 CCD 中如光感應器，將光轉變為訊號，再加以處理。

目前在楊老師的實驗室發展出一種方法，利用離子佈植器的能量來製造結晶。離子佈植器可以說是一種離子的加速器，其功率為離子電流乘上加速電壓 $P=VI$ ，將其投射在晶面上可達每平方公分 100 瓦特的高能量密度。平常所處理的矽晶片有幾千個 \AA ，矽的熔點大約是 1412°C ，在如此薄的晶片上加上如此高的能量，會將溫度提昇至熔點以上，而把矽晶片熔解打穿。但如此高能量也可在原晶片上再成長一層新的結晶，也就是說：在能量加到晶片上時，晶片受照射部份熔解

，再將佈植器移開，便重新結晶。這種長結晶的技術，我們稱做固態相 (Solid State Phase)；用蒸鍍方法，在物質表面鍍上一層幾千 Å 的矽，然後用離子佈植器加高能，使長結晶，這種技術在工業上很有用。

以前利用離子佈植器主要是爲了將一些雜質植入晶片中做爲P—型或N—型半導體。但如此一定會將晶片破壞，而且必須進入高爐內褪火，使再重新成長結晶。此有幾項缺點：

1. 所有不純物在高溫時很容易擴散，所以在高溫狀況很難控制擴散分佈。

2. 當做到非常大的積體電路 (LSI) 時，所須之元件要很小，但在高溫下因擴散作用的關係，很難做到如此小的元件。

3. 高溫下其他雜質也很容易滲入半導體裡面所以高溫下的離子佈植技術必須有很好的控制雜質擴散的技術。但在低溫狀態下雜質不會擴散，不需要的雜質不會跑進半導體內。楊老師雖已做到在低溫下的離子佈植，其所使用的方法是，將佈植器的能量加得足夠高，使溫度達到熔點附近，則當 power 離開後，晶片上的結晶被破壞，但同時也再長出一層結晶來。而不必經高溫 (1000°C 以上) 處理，只須在 700°C 左右便可完成，步驟簡單又可靠。

在材料方面，現在做的是有關金屬和半導體之間接面的問題，傳統方法乃將金屬加熱至熔點附近，金屬在熔點附近有互熔的現象，有一部分金屬會跑到半導體內，半導體也會進入金屬內，這樣電阻會變得很小，而構成一個很好的接點，因爲一個半導體必須利用金屬將之接出來才能利用，但在高溫的熔點，常發生很多的困難。目前楊老師是利用離子佈植器的高電流直接將能量集中；然後打擊到金屬的表面和半導體上，讓金屬加溫度跑到半導體裡面形成一個良好的接點。

另一研究方向是希望結晶成長在非半導體，氧化層 (SiO₂) 及玻璃上。然後做成 Device。若能使結晶成長在玻璃上而做成像太陽電池的東西，裝在玻璃窗上，這將是人類對能源運用的一大進步。方法乃是將 Si 氧化成 SiO₂，再在 SiO₂

上蒸鍍一層 Si，然後利用離子佈植器使在高能量離子束的撞擊下長結晶做成二極體半導體。

以上這些實驗現象其實都是物理現象：

1. 碰撞一個物體，等於把能量加在此物體上。如把能量加在一層很薄 (約二、三千 Å) 的物質面上，會使溫度升高。

2. 離子碰撞會有輻射壓產生，因「動量改變量=壓力」。事實上離子佈植器中高能離子不僅帶高能亦帶高動量，此高動量撞擊至晶面上便產生高壓，故此步驟可說是高溫高壓，而利用高溫高壓來長結晶。

目前和工技院有個合作計劃，就是幫助他們研究離子佈植器的特性及測量離子佈植進入晶片後離子分佈的情形。

微電子的實驗室所須維持的環境標準非常的高，要求非常嚴格，而這種半導體實驗更是需要在極高的乾淨度下完成，其乾淨度是受了互相間乾淨度 (包括人與人間的) 的影響。即使有一個點不符合清潔標準或缺少一小樣材料，都可能遭受到被迫停止實驗的可能。但是每年不管是應物純物、電機、材料等研究所都有好幾位研究生想利用此實驗室作論文，而每個人都想做，如此便不容易維持其乾淨水平，在外國的實驗室內，完全只由一個人進出，一個人動手。所以如何去管去保持實驗室的清潔都是一些很重要且頗令人頭痛的問題。除此之外經費、人員是一些困擾；自 65 年才開始半導體的研究至今，國科會僅補助一千多萬元，但一部離子佈植器的價格現在約是 30 萬美元，以如此少的經費，很難爲實驗室增添任何精密且完善的實驗儀器，沒有好的儀器很難有新的好的實驗結果。而半導體工程人才的欠缺，也是目前急需解決的事情，目前只有清華大學、交通大學、台灣大學、工業技術學院以及大同工學院每年培養出一些人員出來，但以這少數的人才是不夠半導體工業龐大技術的需要。因此，雖然楊老師的實驗室做出了新開發的實驗結果，但若想要有更進一步的發現，必須先解決人力、資本及時間上的困擾。