

六、總結與未來工作之展望

6.1. 總結

在這論文中研究並討論了三五族化合物半導體的晶圓接合，包括了晶圓接合的機制、接合介面對於物理性質的影響和晶圓接合在光電材料磊晶與元件製作之應用上做了較為深入的探討，有幾項重要的結果將在以下做總結：

1. 在雙片的 n-型(100)砷化鎵晶圓接合中，觀察到了接合介面的原生氧化層會隨著溫度改變其型態，隨接合退火溫度升高(400-700)°C 接面氧化層會由連續分佈漸漸變為局部分佈，使得接合介面電阻漸漸的降低，然而，若將溫度繼續升高到 850°C 以上，介面氧化層會擴散到 n-型砷化鎵半導體中並發生了反轉效應(n 型轉為半絕緣)，當然，使得其介面電阻急遽升高。然而，在 p-型砷化鎵半導體中卻不見此現象，如此，證明了 n-型砷化鎵受高溫影響產生反轉效應。
2. 在 n-型(100)三五族化合物半導體晶圓接合旋轉角度的研究中，順相與返相(Anti- and In-phase)兩類的晶圓接合介面電阻差異，實驗結果中發現順相接合的介面電阻確實是會比反相接合低，原因歸咎於在反項接合時介面會存在一薄薄(5nm 以下)的非晶質區，提升了介面電阻，這非晶質區的造成原因或許就是反項接合接面鍵結紊亂所產生的不連續區。
3. 晶圓接合應用中最重要的一項是磊晶層轉移，本研究中成功的將具有直線通道圖形的磷化銦鎵($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$)磊晶層(厚度 50nm)轉移到磷化鎵上。實驗亦發現到 n-型磷化銦鎵/n-型磷化鎵異質晶圓接合的表面角度差異對電性的影響，當表面角度差異越大介面電阻就越大。並且磷化銦鎵磊晶轉移層轉移後的光電性質與接合介面均可達到優異的標準。接著利用磷化銦鎵當作四元合金($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 磊晶的種子層，並成功透過這磊晶種子層將上述的四元合金成長在晶格常數差異很大的磷化鎵基板上，得到了低缺陷密度的異質磊晶結構並獲得良好的光電性質，為未來的高亮度發光二極體應用開了一個先端。
4. 晶圓直接接合通常需要較為高溫的接合溫度，透過了媒介層可將接合溫度大幅降低，這研究中發現利用氧化銦錫薄膜(Indium Tin Oxide; ITO)可以成功的將 n-型磷化銦鎵與 n-型砷化鎵在 500°C 接合，並且獲得低介面電阻的歐姆特性。這低溫接合的機制主要是因為磷化銦鎵磊晶層上的銦流動到氧化銦錫介面所造成。最後亦將這媒介層應用在發光二極體元件

上獲得良好的元件表現，降低了直接晶圓接合的高起始電壓以及提升了飽和電流。



6.2. 未來工作之展望

1. 在第二章中其非晶質氧化層的真正影響電阻的機制還未完全被證實，而且非晶質氧化層的成分與結構分析勢必是要被執行的，以了解並量化非晶質氧化層與介面電阻的真實關連。電壓電流曲線線型與氧化層厚度和型態的關連性在未來的工作中是需要被求知的。
2. 第三章中的順相和反相接合結構的電性差異已經被瞭解，但是其餘角度接合的物理現象也應該被瞭解，並且，配合更佳的穿透式電子顯微鏡影像做介面觀察，甚至，觀察接合介面的平面(Plane view)影像以便瞭解介面差排分佈的情形，而且，瞭解這些差排如何影響電性。
3. 第四章中的磷化銦鎵磊晶層已經被成功的轉移，並且能夠以此為種子層執行大晶格不匹配的異質磊晶，未來將朝向真實 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 四元合金高亮度發光二極體元件的應用。
4. 第五章中的氧化銦錫/磷化銦鎵的接合機制和一些物理性質已被瞭解，未來的工作將以真實的發光二極體來製作高亮度的發光二極體。

