

4.4. 結果與討論

4.4.1. 轉移層之巨觀分析－紅外線影像觀察

圖 4.14 紅外線穿透光的影像指出，不具有直線圖形的砷化鎵試片與磷化鎵試片做接合時，接合介面會產生許多的氣泡、空孔以及龜裂，但是，在具有直線圖形的試片中卻沒有這種情形出現，除了直線圖形的區域外接合的品質都很好，因此直線圖形大大改善這種缺陷的問題，然而這種缺陷造成的原因，可以用兩種方向來思考：

1. 晶片表面原生氧化層的氧造成的效應。
2. 兩材料熱膨脹係數的差異。

首先探討上述的第一個原因，本實驗中的結果與Esser, Hobart和Kub的期刊論文結果相似，這研究在接合工作之前在於矽晶片表面製作網狀的圖形並向下蝕刻，這些研究人員發現，當這二維正方形網狀的圖形間距小於6.75 mm時，熱所產生的空孔將被消除，〔27〕 這論文中提到的空孔是由殘留的水、氮氣、碳氫化合物和氫氟酸在接面所造成的，〔28〕 並且經由這些網狀圖形可以成功的將揮發物質排除，然而在本接合的實驗中，雖然有上述的幾項表面殘留物質會造成介面缺陷，但是，化合物半導體中表面的原生氧化層將是另一個重要的因素，〔29〕 我們相信在介面發現的空孔最主要是由表面原生氧化物在500°C以上的接合溫度產生揮發所造成，這個過程和一般砷化鎵IC技術製程相符合，也就是大家知道砷化鎵原生氧化層揮發溫度大約在500°C左右。〔29,30〕 很幸運的，藉由這直線圖形可以將此現象消除，相類似的情形也可以在R.H. Horng et al.的期刊中見到，〔31〕 作者是接合砷化鎵以及磷化鎵，在文章中說明了利用直線圖形確實可以有效的解決相同的問題。

另一方面，熱膨脹係數差也是一項重要的因素，在高溫接合時，這差值會劇烈的影響接合後的晶片，特別是在較大尺寸晶圓接合時這種現象會更加明顯，圖 4.15 是砷化鎵與磷化鎵的隨溫度變化之熱膨脹係數差，熱膨脹係數差在晶圓接合時經常造成接合試片的破裂，因此解決這問題也是一大課題，當然，這些問題在利用直線圖形後都不復見。

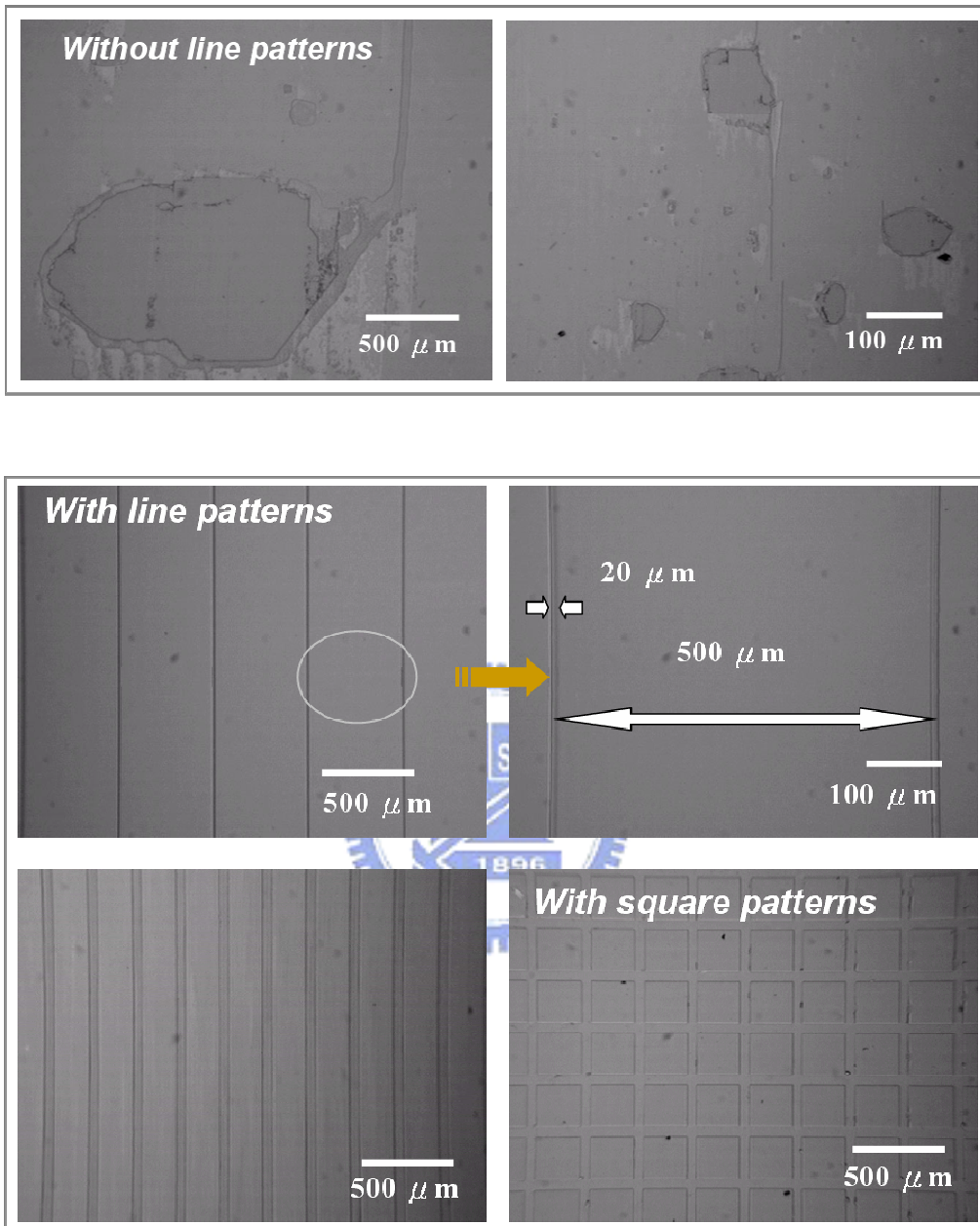


圖 4.14 磷化銦鎵轉移層的介面紅外線穿透影像

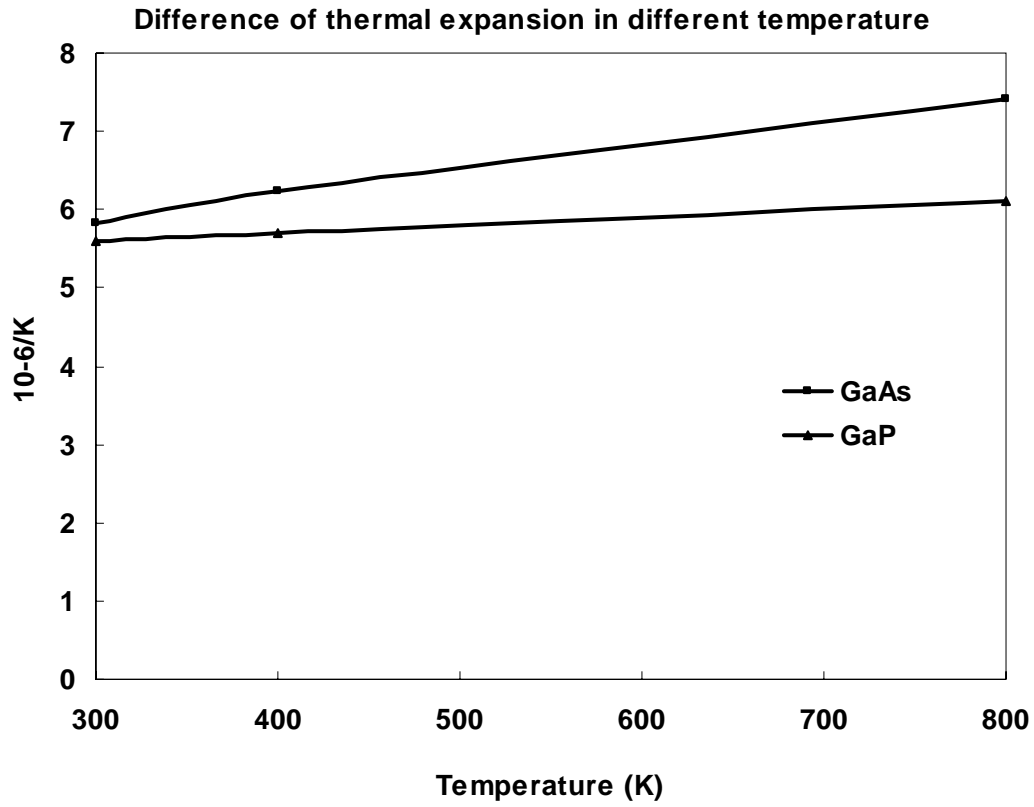


圖 4.15 砷化鎵與磷化鎵基材的熱膨脹係數隨溫度之變化

4.4.2. 磷化銦鎵轉移層的微觀結構觀察－穿透式電子顯微鏡分析

除了紅外線影像外觀觀察巨觀缺陷外，穿透式電子顯微鏡也被應用來觀察接合介面的微觀影像，這項觀察有助於瞭解接合介面機制，無直線圖形的接合面主要是由晶片直接相互接合，但是，在局部區域伴隨著許多半球型泡泡狀的非晶質氧化層，如圖 4.16，在高解析度的影像中(圖 4.16(c))，可以明顯的看出半球型的泡泡狀區域為非晶質的，其餘皆為完整接合區域。可以見得具有直線通道的接合試片中亦能降低這缺陷的密度。圖 4.17 是磷化銦鎵/磷化鎵接合介面的明場(Bright field)影像，介面中也能夠看出白色對比區域即為非晶質區域，而直徑與 4.16 圖中的剖面影像相符合，平面影像更能看得出分佈情形。

然而，具有直線圖形的試片中，並沒有上述的現象發生，亦無其他的相在接合介面中被發現，即使在放進夾具退火前有一般的原生氧化層存在試片表面，接合後在介面沒有氧化層存在於其中。這些氧化層的氧消失指出在線與線之間介面的氧化層會擴散並填入在溝槽之中，因此氧化層在介面產生量被明顯地降低，另外，在轉移層中亦無發現穿透差排，這結果證明了其差排密度小於 10^{-6} cm^{-2} (穿透式電子顯微鏡可以觀察到差排的極限為 10^{-6} cm^{-2} 以上)，如圖 4.18(a)，接合介面更微觀的性質是由高解析度穿透性電子顯微鏡來觀察，如圖 4.18(b)，在磷化銦鎵層中看不到原子影像的原因是兩晶片具有不同的表面方向(如圖 4.19 所示)，而圖中可以看出這兩種材料經由晶圓接合方式，產生了接合良好的區域。

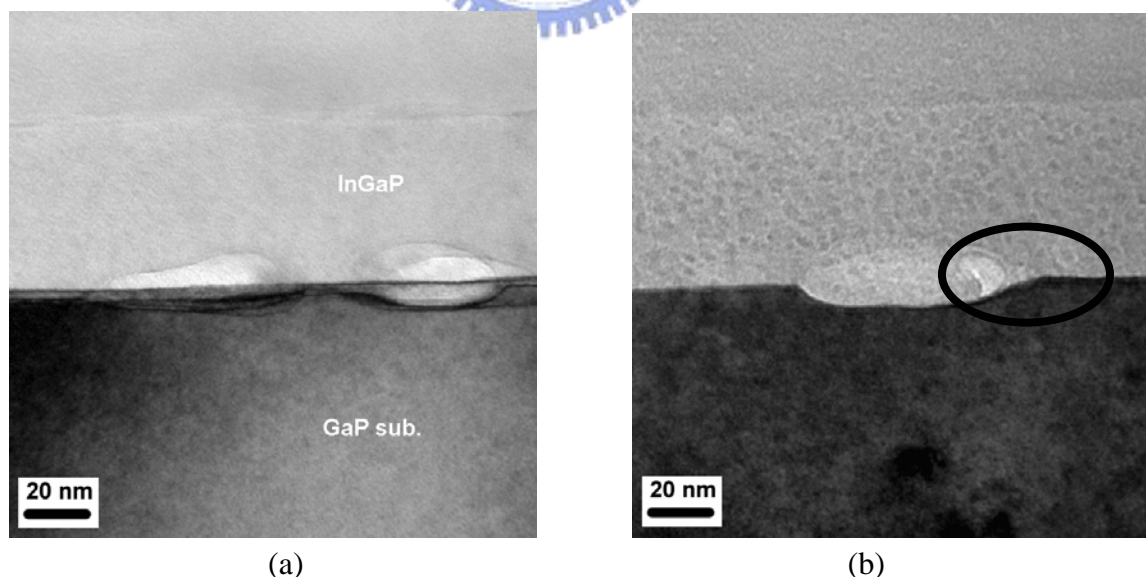
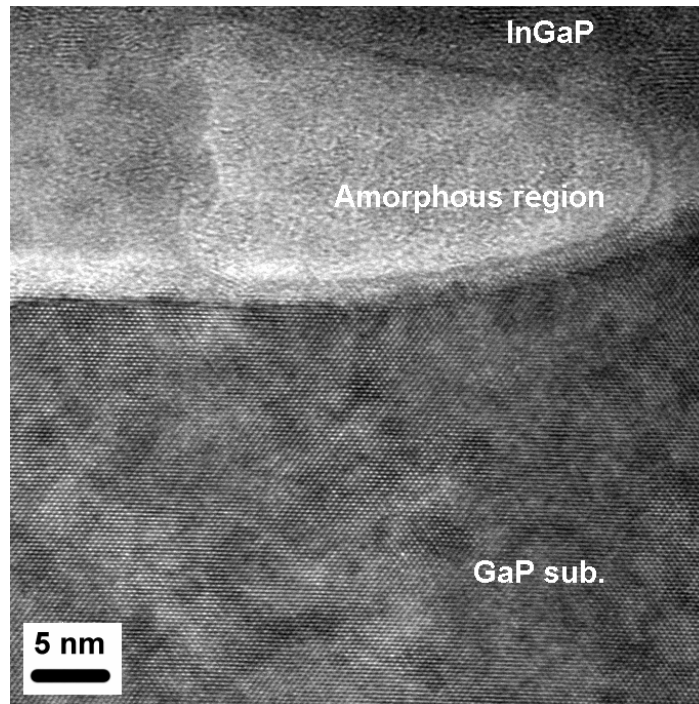


圖 4.16 (a)(b)無直線通道圖形的磷化銦鎵/磷化鎵晶圓接合介面穿透式電子顯微鏡影像



(c)

圖 4.16 (c)無直線通道圖形的磷化銦鎵/磷化鎵晶圓接合介面高解析度穿透式電子顯微鏡影像

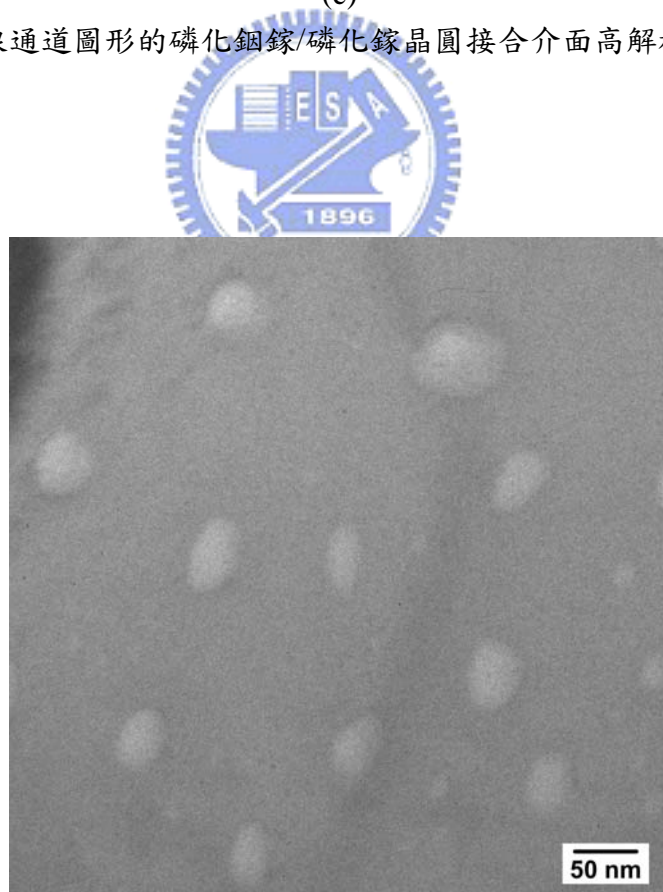


圖 4.17 磷化銦鎵與磷化鎵接合介面的平面穿透式電子顯微鏡影像