

## 第五章

### 結 論

綜合前述雷射迴錫之實驗參數規劃、錫點之外觀形貌、顯微結構觀察與成分分析、錫點推力測試以及破斷面的觀察結果，可歸納下列結論：

- (1) 脈衝雷射錫點的外觀上除了高寬比小於傳統迴錫錫點之外，表面常可見高功率雷射光照射錫錫汽化導致的 V 型缺陷。當能量在 3.5 J 以上時，錫錫表面溫度過高使融熔錫錫的流動增加，凹陷可獲得填補亦可使錫點外觀呈完整的弧形，然而銅墊與電路板的剝離已可明顯地被觀察到。此外，若精確地調整兩入射雷射光的相對位置使能量分佈更為均勻，使錫錫凝固時有完美之外觀，對於 200 V-7 msec，一次及二次迴錫條件其能量較低且脈衝寬度不足的錫點外觀有所改善亦能使融熔錫錫能更完整地潤溼銅錫墊表面；
- (2) SEM顯微金相結構及EDX成分分析發現，一次迴錫錫點的顯微結構，在 2.0 J、2.4 J 錫接能量產生之 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 介金屬相厚度不到 1  $\mu\text{m}$ ，能量達到 2.8 J 時始偵測到 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 相與 $\text{Cu}_3\text{Sn}$ 相共存狀態。隨著入射能量的提高，IMC形貌演化為：層狀  $\Rightarrow$  (層狀 + 棒狀)  $\Rightarrow$  (層狀 + 樹枝狀)，其延散熱方向生成且厚度增厚。除此之外，入射能量高若過於集中導致中央區域過熱，由錫墊擴散入錫錫的銅增多，導致該區域大量IMC生成，且入射能量不均勻使得內部錫鉛成分分佈不均，經冷卻後無法以共晶型態生成而以區塊形態的富錫區及富鉛區存在。對於多次迴錫，其內部錫錫因吸收能量較多，微結構變異較大。200 V-7 msec-2.0 J，二次迴錫錫點IMC層為 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 相，厚度約 1.05  $\mu\text{m}$ ，而 200 V-10 msec-2.4 J，多次迴錫錫點內始發現棒狀 $\text{Cu}_3\text{Sn}$ 相。

- (3) 推力測試結果顯示，200 V-7 msec-2.0 J，一次迴錫錐點接合強度最低，其次為 200 V-10 msec-2.4 J，一次迴錫錐點，最高為 200 V-7 msec-2.0 J，二次迴錫錐點，約  $9.7 \text{ Nt/mm}^2$ ，符合工業界要求  $760 \mu\text{m}$  的錫球推力強度需達到  $1 \text{ kgf} (= 5.40 \text{ Nt/mm}^2)$  的標準，證實脈衝雷射錐點具備高錐接強度的性質。
- (4) SEM 的破斷面觀察，有效錐點以 JEDEC 破裂模式一形式破斷，而不良錐點則為 JEDEC 破裂模式三破斷，兩者的差異主要取決於錐錫與錐墊的潤濕優劣與否。脈衝時間增長為 10 msec 可大幅改善潤濕情形則降低不良錐點的發生率；此外，高能量的雷射光入射有助於內部融熔錐料的流動性亦可改善潤濕性，因此 200 V-7 msec-2.0 J，二次迴錐錐點的不良錐點率遠低於一次迴錐，然而以 200 V-7 msec-2.0 J 功率低且脈衝寬度不足的條件，妥善地調整兩入射雷射光的相對位置使能量分佈更為均勻能使融熔錐錫能更完整地潤溼銅錐墊表面才是最佳的辦法。由上述結論 (3)、(4) 證實調整脈衝雷射參數搭配迴錐前錐墊的清洗可完成毋需助錐劑的迴錐。

總括而言，200 V-10 msec-2.4 J，一次迴錐及 200 V-7 msec-2.0 J，二次迴錐兩迴錐條件搭配 1.5 mm 的離焦距離為本實驗較適當的雷射參數，其中以 200 V-10 msec-2.4 J 的雷射錐點係本實驗最佳條件，其外觀多數呈現完美的弧狀且對鄰近防錐漆的傷害最小、內部微結構共晶相分佈均勻且介金屬層 ( $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ ) 薄且厚度均勻存在於錐料/錐墊間，推力強度可高達  $9.6 \text{ Nt/mm}^2$  且錐點良率超過 90%。在本實驗中銅/錐錫界面的潤濕狀態與兩入射雷射光的相對位置為決定此一無助錐劑迴錐之良率的主因。