



半導体レーザーの低コスト化

股本 宏 至

ローム(株)レーザーダイオード製造部 〒615 京都市右京区西院溝崎町 21

1. はじめに

AlGaAs 半導体レーザーは、コンパクトディスク(CD)が普及するにつれて低価格化が進み、急速に市場を拡大してきた。今や、音楽用 CD、コンピュータやゲーム用の CD-ROM、レーザーディスク、レーザービームプリンタなど身近な用途で広く利用されている。一家に最低 1 個の AlGaAs 半導体レーザーが活躍しているといっても過言ではないだろう。その市場規模は月産 1,000 万個をこえると推定される。AlGaAs 半導体レーザーの低価格化が進んだ理由として、このような市場規模を背景とした市場経済原理がはたらいたことは確かであるが、製造技術もまた価格決定上重要な因子であることを忘れてはならない。特に、後述するように半導体レーザーの製造設備の多くは市販されていないので、どのような製造技術・設備に立脚して生産されるかが性能面だけでなくコスト面にも大きく影響してくる。

本稿ではローム(株)の製造工程を例にとって、AlGaAs 半導体レーザーにみられる低価格化の背景を製造技術という視点から振り返ってみたい。光加入者通信網で使用される InGaAsP 半導体レーザーの低価格化を模索する上での参考になれば幸いである。「光通信分野は、安かろう悪かろうが通用する民生用分野とは根本的に違う」などと頭から決めてかからずに、あくまでも一事例として虚心に読んでいただきたい。

2. ウエハ工程と価格

結論から言うと、パッケージ部品としての半導体レーザーを構成する部材の中でもレーザーチップの占めるコスト比率はきわめて小さい。量子エレクトロニクス技術が結集されて誕生した、文字通りの「結晶」であるにもかかわらず、なのである。

図 1 に、製造現場におけるウエハ工程フローを示した。半導体レーザー製造上最も重要なエピタキシャル成長技術として、筆者らは MBE (分子線エピタキシ) 法を採用している。MBE 法は旧来使用されてきた LPE

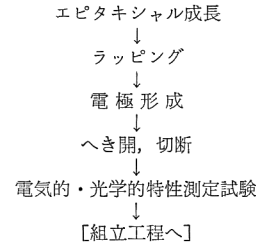


図 1 ウエハ工程フロー

(液相エピタキシ) 法と比べて精密制御性に優れており、多様な用途に最適な性能を付与し、かつ、安定して量産する上で不可欠な基盤技術である。ただし、決して MBE 法のおかげだけで低価格化が実現したわけではない。しばしば「MBE 法を使っているから低廉なコストで半導体レーザーが作れる」と言われることがあるが、市場で価格競争上果たす役割は世の中の期待(?)ほどには大きくない。

図 1 のウエハ工程フローに関して見る限り、その他の面で半導体レーザーメーカー間で大きな違いはないので、価格競争に限って言えばメーカー間で大差は生じないはずである。もちろん、1 日 (1 カ月?) 当たり数枚のウエハを何人もの最高学歴出身者で加工するという研究所的製造は論外のこととしてではあるが。

3. 組立工程と価格

図 2 に製造現場における組立工程フローを示す。また、図 3 に完成した半導体レーザーの構造を示す (チップは省略)。

この工程フローでは、バーンイン試験と電気的・光学的特性測定試験 (以下 EO 試験) がそれぞれ 2 回実施されるのが特徴である。これらの性能評価は生産される製品全数に関して実施される。

1 回目のバーンイン試験と EO 試験は、レーザーチップがサブマウント上の上ののっているだけの状態で実施される。両試験ともに、針状のプロブをチップに直接接触させて電流を注入する。バーンイン試験では高温下での

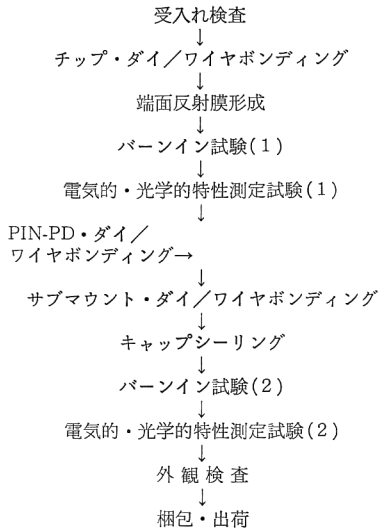


図2 組立工程フロー

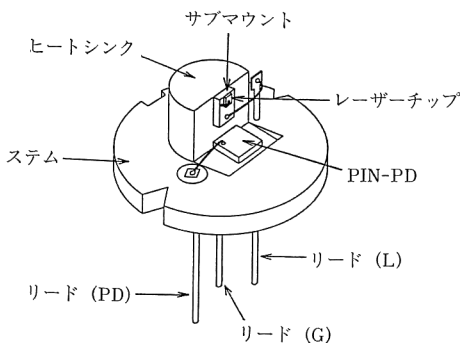


図3 半導体レーザーの内部構造(キャップは省略)

動作電流上昇が、また、EO試験では電流-光出力特性やビーム広がり角度が測定され、そのデータがチップ1個ずつに対応してフロッピーディスク上に記録される。

次いで、半製品(チップ+サブマウント)は、別工程でモニター用PINフォトダイオードを装荷したシステムのヒートシンク上にボンディングされる。この際、先のバーンイン試験およびEO試験から規格性能外と判定された半製品はヒートシンク上にボンディングされない。その判定は、自動サブマウント・ダイ/ワイヤボンディング機に組み込まれたプログラムに従って、前述のフロッピーディスク上のデータを読み取って半製品個々に実施される。半製品はさらにキャップシーリング工程を経て完成品の形を成した後、2回目のバーンイン試験およ

びEO試験を通り、全数が最終合格判定を受ける。

生産コスト上、キャップやシステムが最も大きな割合を占める。そのキャップやシステムが寿命信頼性や仕様規格上での不良レーザーと一緒に廃棄されることを極力避けて低コスト化を図る—こうした発想から生まれたのが上述の組立工程である。寿命信頼性試験とEO試験を2回ずつ実施することにより、寿命・EO特性両面での信頼性が向上することはいうまでもない。いくら民生用途ではあっても、半導体レーザーがキーデバイスであることにかわりはない。「安かろう悪かろう」は通用しないのである。

ところで、組立工程の中で市販の装置といえば端面反射膜形成用のスパッタ装置だけで、それ以外の設備はほとんどすべて社内で設計・製造されたものであり、同等の性能をもつ製造設備は市販されていない。製品を全数、それも全自動で評価することは容易ではなく、現状の生産量ではわずかに数秒の処理スピードの違いがコストに跳ね返ってくることもある。効率の高い半導体レーザー製造工程の構築には組立工程フローの設計、製造設備の設計・組立そして改良が必須なのである。半導体レーザーの価格が市場経済原理だけでは決定できない所以である。

4. おわりに

半導体レーザーに関する技術書の多くは、レーザー発振の原理に始まって、変調特性などの動特性、劣化機構、多様なデバイス形態などを詳述してはいるが、製造法となるとエピタキシャル成長法にのみ言及するのが通例である。このため、半導体レーザー製造技術=エピタキシャル成長法という錯覚をひきおこしている。本稿から組立技術の大切さがわかっていただければ幸いである。

市場経済原理が価格決定上最も重要であることを否定するつもりは毛頭ない。が、一家に最低1個(2個?)のInGaAsP半導体レーザーが必要になるはずの光加入者通信の市場規模が、CD市場と比べてはるかに小さいとはとても思えない。「なぜInGaAsP半導体レーザーの価格が下がらないのか?」という議論の中で、もう一度製造技術面の問題を見直してみることも必要なのではないだろうか。

(1994年12月7日受理)