

## 半導体レーザーの室温連続発振の成功と実用化の難関

ベル電話研究所リサーチ部門のゴルト (J. K. Galt) 部長は、かねてより半導体レーザーの室温連続発振は通信技術に画期的インパクトを与えると予想していた。1966年、パニッシュ (Morton B. Panish) と私はゴルト部長のグループに入り、それぞれ結晶成長とデバイスの評価を分担した。目標を目指して探索的研究を続けるうち、偶然にもGaAsとAlGaAsの接合は、理想的ヘテロ構造をつくることを発見した (1967年11月)。このヘテロ構造を利用し、GaAs活性層から流れ出る電子を堰き止めることによって、室温のしきい値は $10\text{KA}/\text{cm}^2$ と大幅に低くなった (1968年12月)。しかしこの構造では、これ以上の低しきい値は困難であることがわかったので、n側にももう1つのAlGaAsが必要であった。このような3層構造の製作には、従来の成長方法 (Tipping法) では困難だったので、パニッシュは新しい成長法を工夫した (多層成長ポート)。しかし、この方法でも良好な二重ヘテロ (DH) 構造の製作は容易なことではなかった。同様のDH構造を研究していたアルフェロフ (Zhores Ivanovich Alferov) の訪問が契機となり、努力を倍増した結果、しきい値温度は徐々に上昇、1970年6月、ついに室温連続発振を達成した。

しかし、1971年に帰国し、半導体レーザー実用化に立ち向かったが、そこに大きな難関があ

ることを知らされた。製品の再現性と歩留り、特に動作寿命の短いこと (分のオーダー) は半導体デバイスとしては異例のことで、対策の方向すら見いだせず「ジャングルの中で道に迷った」が実感であった。劣化したレーザー結晶の中に暗い線 (ダークライン) があることが若い研究者によって発見され、結晶中の転位の存在が原因と認識された。この発見から徐々に寿命の延長が認められて、1973年には数千時間に到達した。レーザー結晶の低転位化がその主要な対策であった。数年後には、通信用に耐えられる長寿命のものが得られるようになった。寿命のほか、発振出力、スペクトルの安定性など実用に伴う多くの問題があった。中でも (電流—光出力の) 折れ曲がり現象は、各社共通に観測され、シンポジウムで大議論の末、結局、ストライプ構造中の光導波の不安定現象として解決された。これらのレーザー特性改良対策の進展によって、日本のレーザー技術は大幅に進歩し、世界の市場で広く用いられるようになった。

### 【参考文献】

伊藤良一：“半導体レーザー” 光学 24巻 第8号 486-494ページ (1995年)

米津宏雄：“狭間から新しいものが生れる”

O plus E 212巻 80ページ (1997年7月)  
新技術コミュニケーションズ社

## Succeeding in CW Oscillation of Semiconductor Lasers and Overcoming the Difficulties in Realization of Its Practical Usage

John Galt of Bell Labs had anticipated that continuous operation of semiconductor lasers at room temperature would have an epoch-making impact on communications technology. In 1966, Dr. Morton B. Panish and I joined his research team, where Dr. Panish was responsible for the crystal growth and I the evaluation of devices. While we were groping our way towards our goal, we coincidentally discovered that the junction of GaAs and AlGaAs forms an ideal heterostructure in November 1967. By damming the outflow of electrons from the GaAs active layer with the heterostructure, the threshold at room temperature was reduced significantly to  $10 \text{ KA/cm}^2$  in December 1968. However, since we found it difficult to reduce the threshold further with that structure, we needed another AlGaAs on the n side. As it was difficult to develop such a three-layered structure via a conventional growth method called Tipping method, Dr. Panish came up with a new method called multi-layered growth boat. Still, it was not easy to produce a suitable double heterostructure. Stimulated by a visit by Dr. Zhores Alferov, who was at that time working on a similar double heterostructure, we redoubled our efforts, which resulted in a gradual increase in the threshold temperature. In June 1970, we finally achieved continuous operation at room temperature.

Returning home in 1971, I began my research

for practical uses of semiconductor lasers, only to find that there existed a major barrier. What with low reproducibility and yield, and a short operating life (on the order of minutes), which is quite exceptional for a semiconductor device, I didn't know which direction I should take, and felt as if "we had got lost in a jungle."

Younger researchers found a dark line in a deteriorated laser crystal, which was attributed to the existence of some dislocation in the crystal. This discovery led to the extension of the operating life, culminating at several thousands of hours in 1973. This was achieved chiefly by reducing the dislocation within the laser crystals. Several years later, some had an operating life long enough to be applied to communications. Besides the question of lifespan, there were many other problems to be solved before the technology could be put into practical use, such as oscillating output and stability of the spectrum. One phenomenon that was observed commonly at every company was a bending of the current-optical output. Following the most heated discussion at a symposium, it was resolved to be an unstable phenomenon existing in a light waveguide in the stripe structure. Thanks to this progress in the improvement of laser characteristics, Japanese laser technology has made significant progress, finding its way throughout global markets.