

高輝度発光ダイオードの連続製造技術

研究者 東北大学電気通信研究所教授 西澤潤一氏
財団法人半導体研究振興会半導体研究所所長
開発企業 スタンレー電気株式会社 代表取締役社長 北野隆興氏
(推薦者 スタンレー電気株式会社 専務取締役 手島透氏)



西澤潤一氏



北野隆興氏

1 技術の背景

最近、発光ダイオードは、産業機器、民生機器の各種表示装置をはじめとして交通機器にまで使われ始めており、その普及度は著しいものがある。

これら発光ダイオードの種類としては、赤色発光のGaP(酸素添加)結晶やGaAsP結晶、緑色発光のGaP(窒素添加)結晶などがある。

このうち、赤色発光のGaP(O)は、明るさが飽和する欠点がある。また、GaAsPの製法(気相成長法)は、外国からの特許技術であり、かつ品質的に必ずしも満足しうるものではない。また、従来技術では、緑色発光ダイオードGaP(N)にしても発光センターとして窒素を添加しないと発光しないことから発光が黄緑色であったり、製法が温度降下法で行っているため、プロセスに時間を要し、結晶の質も不均一で連続多層成長が不可能である等の技術的問題を抱えていた。

以上のごとく、従来技術では、赤色、緑色発光ダイオードの明るさ、色調、製法技術のいずれをとり上げても、技術的制約をさけることができず満足し得る状況ではなかった。

2 技 術 の 概 要

本新技術は、液相成長法において、一定温度で結晶成長を可能とする温度差法とV族元素の蒸気圧を制御する方法を併用することで、欠陥の少ない結晶性のよいP-N接合基板（GaAs, 及びGaP）を製造し、これにより、発光効率の高い高輝度の発光ダイオードの連続生産を可能としたものである。

温度差法とは、溶媒金属の上下に温度差を付け高温側で、半導体素材を連続的に溶媒中に溶解させることで、濃度拡散および温度拡散によって素材が低温側に輸送され、低温側に配置された基板上に半導体結晶として析出させる方法である。これによれば、温度降下法のように成長過程に温度の変動がなく、不純物密度やその他の結晶のパラメータを成長中一定に保つことができるため、極めて欠陥の少ない結晶性のよい結晶基板が得られる。

また、成長系の温度が一定に保たれているので、溶媒に対してV族元素の蒸気圧を外部的に適量加えることも可能となり、結晶の化学量論的組成を維持でき、結晶の完全性を更に高めることができるようになる。

さらに、これらの原理を量産技術として具体化するため、図のような連続液相成長法が発明された。すなわち、スライドプレートを順次溶媒槽下部へ送りこむことにより、スライドプレートに装着した多数の基板を次々に溶媒と接触させ結晶成長させる。これにより、多数枚の基板上にP-N接合を連続的に形成することが可能となった。（現在稼働中の連続成長炉を写真に示した。）

3 経 済 効 果

本新技術により製造される発光ダイオードは、赤色発光ダイオードで市販品の約10倍、緑色発光ダイオードでは、約5倍の明るさを示している。

この高輝度という特徴から、極めて広範囲に利用されるが、そのうちでも、とくに、

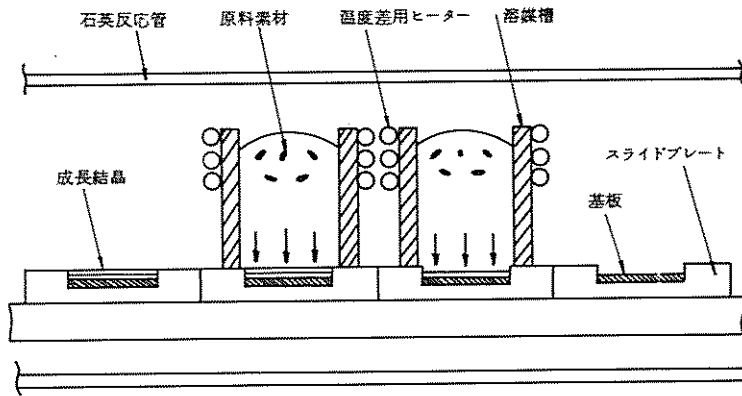
- ① 高輝度であるという特徴を生かし、昼光や明るい照明のもとで、使用する分野。（エアコン等の家庭製品の表示、公衆電話用通話表示、自動販売機用表示など）
- ② 省電力である（従来の1/10以下の消費電力）ことから、電源に電池を使用している表示分野（浮き、ブイ標識用、交通信号灯など）
- ③ 輝度が高く、省電力であるという特徴を生かし、大型表示としての応用。

(大型時計、バス案内盤等の情報告知板など)

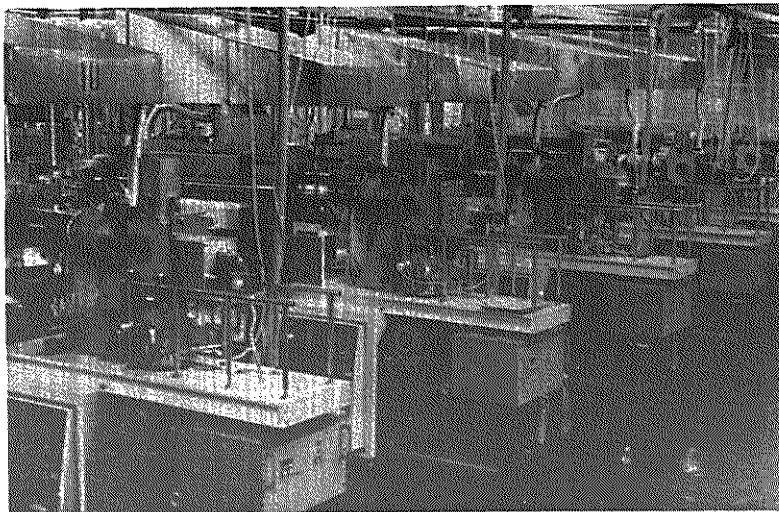
④ 輝度が高く、長寿命であることから、光通信分野の信号源としての活用。等、従来の発光ダイオードでは難しかった新分野への利用が開けている。

また、本技術は、発光ダイオードの製造だけでなく、半導体レーザ、電子放出素子、超高速トランジスタの製造等、化合物半導体デバイスの製造技術としてもすぐれた効果を発揮するものと期待される。

なお、本新技術による高輝度発光ダイオードは、昭和53年4月から生産が開始され、その性能の優秀性がユーザに高く評価されており、昭和56年度の販売金額は、53年度に比較して11倍強に達している。ちなみに、一般市場の発光ダイオードについては、同一年度比で3倍の伸びに過ぎない。この対比から見ても、いかに高輝度発光ダイオードが市場から要望されているかが判る。



温度差液相成長法による連続成長炉の原理図



稼動中の連続成長炉