

Novel Optical Device Materials for Wide Spectral Region

広いスペクトルに対応する 光デバイス新素材の探索

プロジェクトリーダー 岸 野 克 巳

上智大学 理工学部 教授



図1. 分子線エピタキシー装置の制御パネル

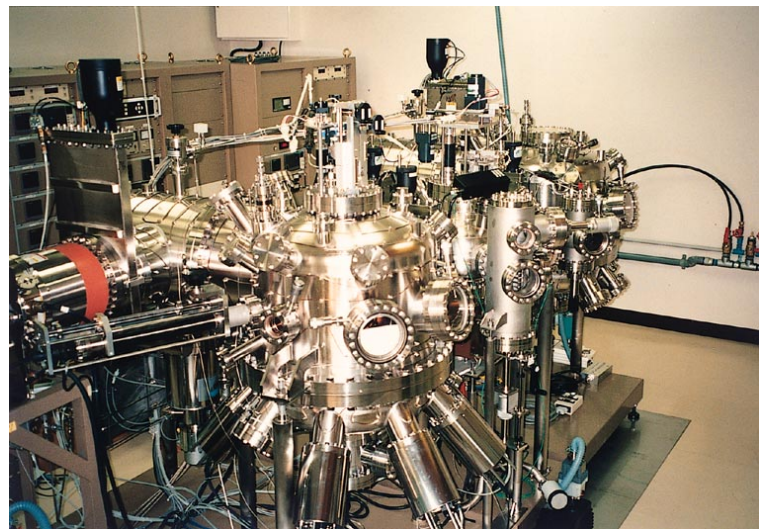


図2. 分子線エピタキシー装置の結晶成長チャンバーと搬送チャンバー

1. 研究の目的

マルチメディア社会の進展には、より大量の情報をより高速に処理、伝送、記録する光エレクトロニクスの発展が求められ、光デバイスの高性能化への期待は多大である。光デバイスは、よく知られている化合物半導体の高品質化とデバイス構造の最適化によって急速な発展を遂げた。しかし、ますます高まるデバイス性能の向上への要求に、現状技術では必ずしも対応出来ない状況がある。実際、「光デバイス材料に利用できるものは使いきってしまっていて限界点に近づいている」との錯覚に陥りやすい。ところが、新しい目で見直してみると、まだ利用していない材料の組み合わせで、光デバイス用半導体が構成でき、思わぬ性能を発揮できるかもしれないことが、このチーム研究者等によって少しずつ明らかにされつつある。

本研究では、これまで常識とされてきた領域以外まで材料視野を広げ、赤外から紫外域の広いスペクトル領域にわたって新しい材料探索を行って、従来の半導体に無い新機能発現を行わせる光デバイス新材料を開発することを目的とする。ここでは欠損波長域材料の開発と既存材料系の限界の打破を狙って、図3に示す3つの領域で新しい材料開拓を行う。すなわち、1) 550 ~ 620nmのレーザ欠損波長域材料、2) 波長安定化1 μm 帯半導体レーザ材料、3) 短波長窒化物材料の開発である。



図3. 広いスペクトルに対応する光デバイス新素材の探索

2. 研究の内容

(1) レーザ欠損波長域材料

将来の光エレクトロニクス技術は、広い波長域を有機的に利用しながらより広範囲の分野に展開してゆくと考えられる。この観点で半導体レーザが実現できない波長域を残しておくべきではない。ところが、さまざまな既存材料系をみると、特に550～620nm(黄緑～橙色)波長域では、高性能半導体レーザを構成しうる材料系が見当たらない。このレーザ欠損波長域は、可視域の中域でもあり、これを埋める材料系は新しい光エレクトロニクスの発展のシーズを与え意義深い。この観点で本研究ではInP基板上一族半導体の開発を進める。この半導体系は、InPに格子整合するZnCdSeのバンドギャップ波長が570nmで、活性層に正負の歪(±1.5%の範囲)を導入することで550～620nm域をカバーでき、さらにMgZnCdSe、MgZnSeTe、MgBeZnTeなど、さまざまな4元混晶系でInP基板との格子整合系が構成できる希有の特性を有する。したがって、半導体レーザを構成するための種々の材料の組み合わせがありえて、例えばpドーピングがし易いTe系混晶や格子が堅固なBe系混晶が利用できるなどの、優れた可能性を秘めている。本研究では、従来ほとんど研究されていない、これらの材料系を一つ一つ開拓しながら、欠損波長域新素材料の開発を行う。図5のMgZnCdSe/InP半導体レーザは、一つの応用例であり、570nm付近のレーザ発振を将来実現するための材料的基礎の確立を目指す。一方、問題点の解決を多面的に行うため、InGaAsやErドーブGaAsの可能性も調べる。

(2) 波長安定化1 μ m帯半導体レーザ用材料

大容量光通信ネットワークは、将来の情報化社会の基幹技術で、広いスペクトル域を有効に利用した大規模な波長多重(WDM)化への期待が高く、波長の安定化された多波長光源の開発や半導体レーザにおける発振波長の温度無依存性が強く要求されている。本研究では、1 μ m帯波長域でスペクトル拡大を図りつつ波長安定化用材料の開発を企画する。1)バンドギャップ温度無依存(ゼロ温度係数)材料、2)スペクトルスライス光源と波長基準材料の二つのアプローチでこの課題に取り組む。半導体(InGaAs、

InGaAs)と半金属(TiP、TiAs)の混晶系では、半導体がバンドギャップの負温度係数、半金属が正温度係数をもつため、ある組成比では両者が打ち消しあって、ゼロ温度係数が実現されると期待される。本研究では、InPに格子整合するTlInGaP、TlInGaAsの新材料の開発を進めて、世界で最初のバンドギャップのゼロ温度係数材料の開発を狙う(図4)。これらの材料系は、1.55 μ m域を対象とするが、1.3 μ m域へのスペクトル拡大を図るため、GaAs基板上的TiGaAsN、TiGaInNAsの検討も行う。一方、GaAlInAsやGaInAsの既存材料系で、従来にない高歪量子井戸によってスペクトル拡大を図りながら、高性能レーザ材料を開拓しつつ、ErドーブGaAsやFeドーブInGaAsPの波長基準材料を作り出して、波長安定化光源を実現してゆく。

(3) 短波長窒化物材料

青色領域から紫外域の光デバイス・材料領域は、光エレクトロニクスのニューフロンティアであり、窒化物の優れた物性を反映して、光デバイスに限らず耐環境デバイス、高温、大電力用デバイスなどの広範な分野への応用が期待されている。本研究では独自の発想の6h-SiC基板上的AlGaAs(P)混晶の開発を手がける。このB系混晶は、青色域から200nmの極短波長域までの広いスペクトル域に対応しうる材料で、完全格子整合系で光デバイスが構成できる特長をもつ。Bの結晶中への取り込みの難しさから従来ほとんど手がつけられていないが、デバイス応用上、きわめて魅力的な材料特性を有する。MOCVDとMBEの二つの成長技術の可能性を開拓する。

3. 研究の体制

期 間：1997年6月～2002年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、研究協力者7名

実施場所：上智大学 岸野研究室、大阪大学 朝日研究室、

工学院大学 川西研究室、東京工業大学 小山研究室

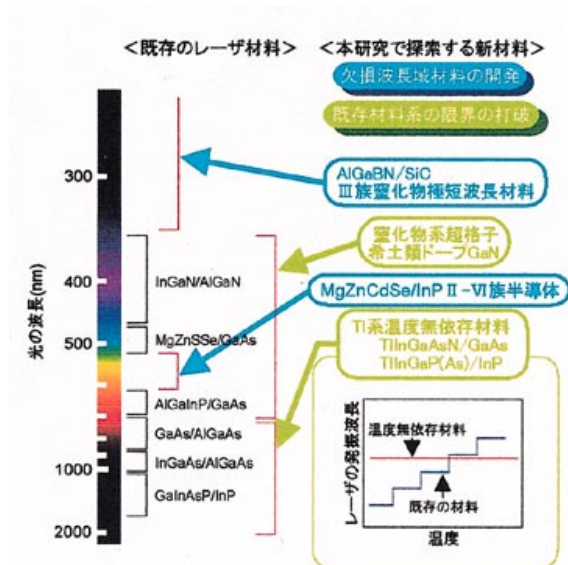


図4. 本研究で探索する新材料

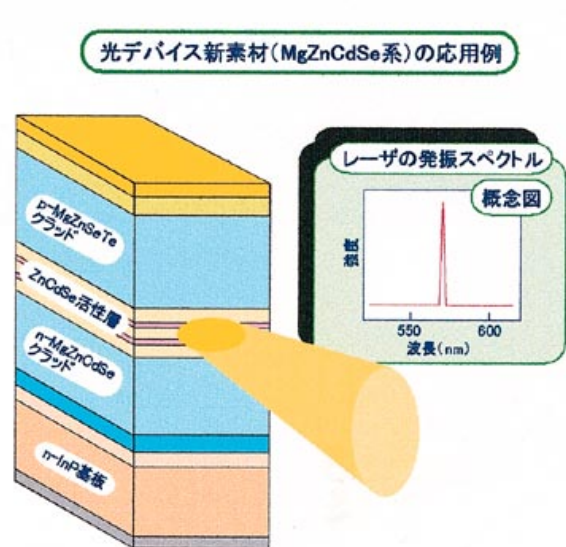


図5. 欠損波長域(550～620nm)MgZnCdSe系半導体レーザの概念図