

IV. 2. 4 集積型可変波長レーザーの開発

研究リーダー 前田 三男（九州大学 教授）

可変波長レーザー、すなわち自由な波長のレーザービームを出力できるレーザー装置は光分析や光治療など先端技術の分野で数多く使われているが、装置が大型で高価、扱いが難しいことなどの理由により、一般的な応用拡大や普及は妨げられている。そこで、性能はそこそこでも安価で小型なレーザーを開発することでこれまでレーザーが取り入れられなかったような分野にも利用が広がるのではないかと、という観点から本テーマの研究開発が行われた。利用されたシーズは、

1. 九州大学岡田研究室におけるパルスレーザーデポジション法を用いた薄膜作製技術
2. 九州大学前田・興研究室における色素レーザーの開発技術

で、前者よりサブテーマ「無機結晶光学薄膜の育成と集積型可変波長レーザーへの応用に関する研究」（以降サブテーマ1）が、後者よりサブテーマ「有機薄膜を用いた分布帰還集積型可変波長レーザーの開発に関する研究」（以降サブテーマ2）が提案・実施された。

サブテーマ1では、従来無機の結晶を用いた固体レーザーの媒質を、薄膜導波路化するための技術開発が行なわれた。フェーズIでは、チタンドープサファイヤ結晶を光エネルギーレーザーパルスで爆触(Ablate)させ、基板状にチタンサファイヤ薄膜を構築することに成功するなど、一定の成果をあげた。しかしながら、膜の光学特性にまだ問題があったこと、膜からデバイスへの構築までの技術開発が必要となったことから、本結集事業のスケジュールに沿っての製品化開発には無理があるとの判断により、フェーズIでの成果のみとしフェーズIIへの移行は見送った。

サブテーマ2では、従来から可変波長レーザー媒質として良い性能を示しているレーザー色素を用いた開発を行った。有機物であるレーザー色素は、容易に有機高分子などのマトリクス中に分散することが可能であるため、薄膜作製技術が非常に簡単に開発できることが期待された。フェーズIにおいて、薄膜化・導波路化に成功し、励起に用いるレーザー光を干渉させて薄膜上に光学的共振器を構成する「光干渉分布帰還型」共振器により、レーザー発振も確認した。これにより、技術的に製品試作器を作製する目途がつき、フェーズIIへの移行となった。

フェーズIIに於けるサブテーマ2は、製品化のため、レーザーの性能に関して「実用レベルのための数値目標」を設定し、それを目指した集積型可変波長レーザーの開発を行う。開発された技術を元に試作器の開発を行う。

を2つの柱として研究開発を行った。レーザー性能の目標クリアに関してはフェーズⅠで主に研究された「光干渉型分布帰還」のほかに「構造型分布帰還」の開発・研究が行われ、合計4種類の試作器を完成させた。最終的な性能の評価より後者の技術を用いたレーザーを製品化することとなった。

現行でも性能上の問題は残っているものの、解決の見通しは立っており、フェーズⅢに於ける製品化も十分可能な状態である。

(1) 5年間の総括

本テーマでは2つのサブテーマが研究された。

- ・ 無機結晶光学薄膜の育成と集積型可変波長レーザーへの応用に関する研究
(フェーズⅠ)
- ・ 有機薄膜を用いた分布帰還集積型可変波長レーザーの開発に関する研究
(フェーズⅠ,Ⅱ)

前者のサブテーマ1は(1)Ti:サファイヤレーザー結晶の薄膜作製装置の開発、(2)薄膜の作製および作製条件の最適化、(3)作製した薄膜の評価および薄膜の特性改善という流れで、九州大学岡田達雄教授・中田芳樹助手を中心に行われた。

この結果、パルスレーザーデポジション(PLD)という手法で初めて Ti:サファイヤレーザーの結晶性薄膜を作製することに成功した。

しかしながら、薄膜の光学損失が大きいこと、単結晶ではなくポリクリスタル構造であること、デバイスへの展開に時間を要し、フェーズⅡにおいて即レーザーとして開発していくのは時間的に困難な状況であったため、フェーズⅠのみの研究となった。

サブテーマ2では、すでにレーザー媒質として確立している有機色素をプラスチックマトリクスに溶かして固体化する手法を用いて、九州大学前田三男教授、興雄司助教授、福岡IST松岡孝義氏が、(1)色素分子のPMMAプラスチックへの封入と導波路薄膜の作製(2)作製したレーザー導波路による光干渉型DFB発振(3)レーザー発振の最適化と発振波長の拡大の順で研究開発を行った。

本テーマでは、ラジカル重合とスピンコート技術により良好なレーザー薄膜導波路を得ることができ、ほぼ計画通りに研究が進捗した。その結果フェーズⅡでレーザーの試作を行なうと同時に更なる特性改善を目指すこととなった。フェーズⅠ後半では、最終的にフェーズⅡの主流となる構造型DFBを作製する技術開発についても開始している。

フェーズⅡでは、九州大学前田教授、興助教授、Vasa J. Nilesh 助手(現九州大学助教授)が光干渉型DFBレーザーの特性向上のための各種実験を行った。(1)色素薄膜のモード制御、各種色素の導入による波長域拡大を行い、さらに試作機設計を行なった。フェーズⅠ終了近くに開始した構造型DFBレーザー技術についてもVasa・興による改良が進み、試作器がVasa・興及び正興電機の田中優光氏・福岡IST徳山氏により開発された。その後、

構造型 DFB レーザーについても田中氏により各種の最適化がなされた。また、興らにより
パームトップサイズのレーザーの試作も行われた。

(2) 今後の取り組み

5年間の研究の最終成果は以下のとおりである。

固体プラスチックとレーザー色素をベースとした固体色素レーザーを導波路化し、回折格子構造を利用した分布帰還の適用によりレーザーチップとする技術を確認した。

光干渉型DFB、構造型DFBという2つのレーザー構造について開発を行い、導波路構造を用いることにより、波長域400nmから1100nmという可視から近赤外域にわたる広い波長で発振を得、スペクトル幅0.1nm以下、発振しきい値1μJ以下、発振繰り返し周波数1kHz、色素寿命500万ショットを達成した。

母材として全てをプラスチックで構成することにより、非常に安価であり、性能と合わせて使い捨て型レーザーとして実用化できる見込みを示した。

4台の試作器を作製してその性能を検証し、結果を元に市場調査を行った。

これらの成果を元に、今後フェーズⅢとして製品の実用化研究を行う。同時に本レーザーの作製技術をさらに発展させることで、任意のスペクトルプロファイルで同時に発振可能な、新しい概念の可変波長レーザーアレイ(ユニバーサルレーザー)の開発を行う。

フェーズⅢの目標としては、

- ・市場調査の結果から長波長域での出力ニーズは1~10mWにあり、色素チップの構造の最適化・励起レーザーの出力5倍化、発振効率の倍増化(10%→20%)を目指す。
- ・短波長域での発振寿命の10倍化をめざし、可視光全域をカバーする色素レーザーを完成させることを目指す。
- ・実用共同研究先を見出し、応用の共同研究を行い、可変波長レーザーの用途拡大開拓を行う。
- ・更なる市場調査を行ない、新たなニーズ先の発見・応用展開をはかる。

また、新しいレーザーシステム「ユニバーサルレーザー」の開発として、

- ・いろいろな波長のレーザー導波路を一つのチップ上に集積化する技術、および任意の導波路を選択的に励起する構造を作製する。
- ・励起光の縦励起入射を実現する。
- ・プラスチックの熱光学(TO)効果を用いた、安価な波長制御とアッテネータなどを実現し、さらに集積度が上がった多波長レーザーシステムの作製技術を開発する。