

# Growth and characterization of single crystals for active elements

## 次世代機能素子用基盤としての 単結晶の育成と評価

プロジェクトリーダー 福田 承 生  
東北大学 金属材料研究所 教授



### 1. 研究の目的

情報化・マルチメディア化が急速に進み、多様化、複雑化するデバイス開発において、シリコン単結晶・種々の化合物結晶（水晶、GaAsなど）など、現有の結晶での対応が既に不可能になり、優れた新フッ化物、酸化物結晶が必要とされています。例えば、紫外・赤外域において新しい優れたコヒーレント光源を実現するフッ化物レーザー結晶、紫外線発生用非線形光学結晶、移動体通信では超多チャンネルを可能にする新圧電結晶などの開発が急務となっています。

本プロジェクトの目的は、このような次世代の旗手となる結晶の開発です。開発すべき材料を周波数という観点から鳥瞰し、グローバルに多くの新しい周波数資源を開拓することにより、医用・光化学、環境計測、次世代光情報通信など、次世代を先導する新技術開発に大きなブレークスルーをもたらします。



全固体紫外波長可変レーザー応用  
新フッ化物単結晶  $\text{Ce,Na:LiCaAlF}_6$

## 2. 研究の内容

同種・異種原子価イオン置換による新しい人工結晶の設計・合成、及び高度な結晶成長技術の開発による、フッ化物、酸化物を中心とした、超極薄膜結晶、ファイバー結晶から大型結晶に至るまで、新機性能性結晶の育成と素子化の研究をしています。以下に、研究内容について示します。

### 高効率・高出力レーザー応用結晶

- ・次世代光技術開発の鍵となる全固体高効率紫外・赤外レーザー応用新結晶材料、紫外域窓材料を開発しています。特にこの波長領域においては、高い透過性を有するフッ化物結晶が有望ですので、Ce:LiCaAlF<sub>6</sub>, Ce:LiSrAlF<sub>6</sub>をはじめとするCe:BaLiF<sub>3</sub>, 超高品質CaF<sub>2</sub>など、新材料を開発しています。
- ・全固体化紫外コヒーレント光源を実現する新非線形光学結晶CsLiB<sub>6</sub>O<sub>10</sub>, RECa<sub>4</sub>O(BO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (RE:Gd, Y)を開発しています。
- ・高密度光記憶応用など、開発が急がれる高出力青色レーザーを実現する新しいレーザー結晶、SHG結晶材料を開発しています。
- ・高性能小型レーザー、マイクロチップレーザーに適した結晶材料を開発しています。Nd,Tm,Yb:Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>, REVO<sub>4</sub> (RE:希土類)ファイバー結晶、又自己高調波発生結晶などを研究しています。
- ・絶縁体と半導体との組み合わせによる新材料Ca<sub>1-x</sub>R<sub>x</sub>F<sub>2-x</sub>/Ca<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>F<sub>2</sub> (Si/GaAs)等、超高品質薄膜を開発し、アップコンバージョンによる新レーザー媒質実現を進めています。

### デジタル移動体通信用圧電結晶

- ・携帯電話に代表される新しい移動体通信機器の心臓部とも言えるフィルタ、発振器といった「圧電デバイス」の高性能化が強く要求されています。これに最適なランガサイト(La<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>Si<sub>14</sub>)並びにそれを凌ぐLa<sub>3</sub>Ta<sub>0.5</sub>Ga<sub>5.5</sub>O<sub>14</sub>等、より優れた新しい材料の開発を進めています。

### 新構造素子用人工結晶の設計と創成

- ・計算機シミュレーションにより新材料を設計するとともに、構造・組織が有機的に制御された変調構造材料を開発し、従来に無い新機能・特性を創出します。Nd:Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>ファイバーレーザーをはじめAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>ファイバーなど、新共晶体ファイバー材料などを開発します。
- ・MBE法やLPE法による超高品質薄膜結晶育成、並びに電子ビーム利用によるナノメートルサイズ分極反転強誘電体大容量メモリーの開発など、次世代光技術を担う新分野開拓を目指しています。

### 新機能素子の加工・評価技術

- ・結晶欠陥、電子光学特性評価、高精度結晶加工技術等を開発します。またイオンビームエッチングによる高レーザー耐力・長寿命を有する素子表面の作製など、紫外・赤外域高出力レーザー特性評価技術、素子化技術などを開発します。

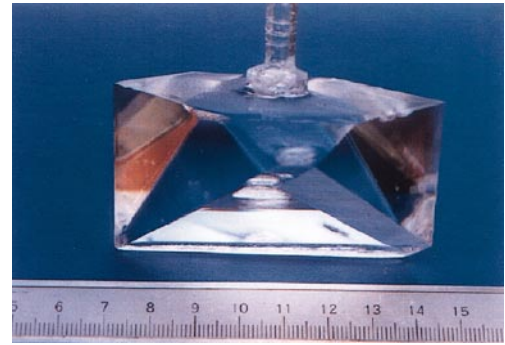
## 3. 研究の体制

期 間：1997年7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5名、及び研究分担者19名によって構成され、その他、各大学に所属する研究者、ポスドク研究者、及び大学院生が参加しています。

実施場所：東北大学金属材料研究所をコアとし、大阪大学大学院工学研究科、学習院大学理学部、岡崎国立分子科学研究所などにおいて研究を進めています。

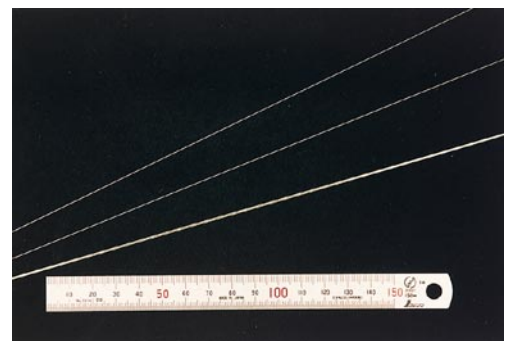
特に主拠点である東北大学金属材料研究所は共同利用型の研究所なので、学振161委員会メンバーはプロジェクトの研究進行に応じて適宜研究分担者として参加、討論が出来る特色を持っています。



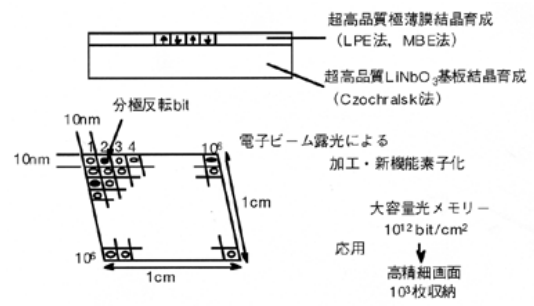
次世代リソグラフィ用  
新非線形光学結晶 CsLiB<sub>6</sub>O<sub>10</sub>



デジタル通信応用新ランガサイト型  
大型 La<sub>3</sub>Ta<sub>0.5</sub>Ga<sub>5.5</sub>O<sub>14</sub> 単結晶



変調構造材料ルル、新機性能性材料  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> 共晶体ファイバー(約150 μm)  
マイクロチップレーザーファイバー(手前)



超高品質・極薄膜酸化物結晶技術開発と応用  
例：大容量光メモリー