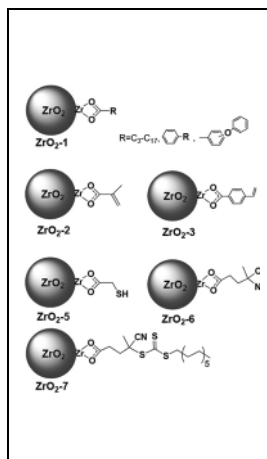


新しい光学単結晶材料の開発を目指して

国立研究開発法人 物質・材料研究機構
機能性材料研究拠点 光学単結晶グループ
島村清史, Encarnación G. Villora



1. はじめに

ルビー結晶を用いたレーザーが 1960 年代に登場して以来、多くの光学単結晶の開発研究が行われてきた。1990年代半ばには GaN を用いた LED (Light Emitting Diode) が登場し、その後白色 LED、青色 LD (Laser Diode) が実用化され、現在は AlGaIn ベースの紫外 LED の開発が盛んとなっている。紫外光領域ではエキシマレーザーが、赤外光領域では量子カスケードレーザーなどの開発、改良が進み、実用化が加速されている。

こうした優れた技術、材料の実用化が進む中、ルビー結晶の登場以来、盛んに進められてきた光技術、光応用材料のいくつかが押され気味のようなのである。非線形光学単結晶の主なターゲットは青色光の開発であったが、それが紫外、赤外領域へと変遷しているが困難さが見え始めている。レーザー結晶に関しても、Nd:YAG (Nd 添加 $Y_3Al_5O_{12}$) 単結晶がレーザー結晶として確立された後、多くのレーザー結晶の開発が行われた。その後 Nd:YVO₄ が小型レーザーとして使われるようになった以外は、Ti:Al₂O₃ でさえもあまり姿を見なくなった。レンズを見てみても、CaF₂ を中心に、かつての材料が未だに使われており、あまり大きな進展は見えない。

シンチレーターも光学単結晶の一つの分野とみなした場合、この分野もほぼ同様な感がある。PET (Positron Emission Tomography) 用には BGO ($Bi_4Ge_3O_{12}$)、LSO ($Ce:Lu_2SiO_5$)、LYSO ($Ce:(Lu_{1-x}Y_x)_2SiO_5$)、X 線 CT (Computed Tomography) 用には CdWO₄ という結晶が使われ、その代替はほぼないであろう。γ線検出用に近年米国から SrI₂ が出てきたが、これは稀なケースであろう。

このように、民生ベースで、今明らかに見える応用を考えた場合、光学単結晶の新材料、特に使われる新材料というのを開発するというのはかなり難しい感がある。これまでの材料開発、特に単結晶材料の開発においては、セラミックスや微結晶として見出された物質を単結晶化し、その特性を評価することが多かった感がある。現在の状況は、このような方法での新単結晶材料開発が困難であることを示唆し始めていると思われる。とはいえ、我々も 1990 年から光学単結晶の新材料開発に携わっており、昨今の状況はともあれ、活路を見出したいとの願いで努力を続けている。ここでは新しい材料開発の試みとして、我々がとった二つのアプローチについて紹介する。一つは、特性が優れながらも大型単結晶ができなかった材料を、元素置換により特性をほぼ維持しながら大型単結晶ができるようにしたものである。ファラデー回転子に着目し、TSLAG ($Tb_3Sc_{2-x}Lu_xAl_3O_{12}$) という新材料を提案した。もう一つは、セラミックスとして幅広く使われている材料を、単結晶で作製することにより特性の向上を試みたものである。Ce:YAG ($Ce:Y_3Al_5O_{12}$) というセラミックスの優れた蛍光体を、単結晶化することで特性の向上を試みた。

2. ファラデー回転子としての TSLAG 単結晶

精密加工用レーザー加工機の普及に伴い、光源であるレーザーには更なる高出力化が求められている。同時に、光源の安定化と破壊防止のため、戻り光を防止する光アイソレーター的重要性も高まっ