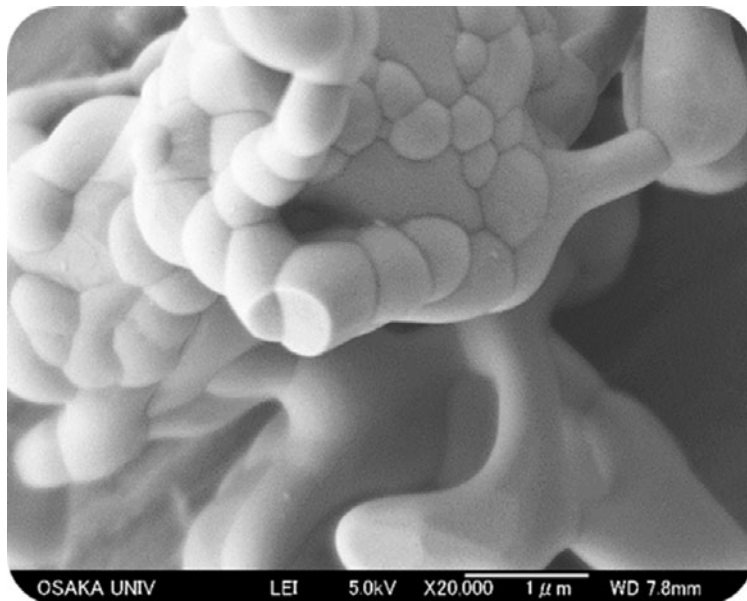


CONTENTS

- CaNbGaガーネット結晶のセラミック化の研究
- IAEA Fusion Energy Conference 2014参加報告
- 【光と蔭】師走
- 主な学会等報告予定



【表紙図】共沈法により製作されたCNGG結晶粉体のSEM像

CaNbGaガーネット結晶のセラミック化の研究

レーザー技術開発室 本越伸二

現在、固体レーザー媒質として誘導放出断面積が大きく、発振が容易なNd:YAG結晶が広く利用されている。しかし結晶材料は大型化が困難で、大きな誘導放出断面積は高出力動作において寄生発振を引き起こす要因となる。そのため、高エネルギーの取り出しには不向きであり、核融合用ドライバーなどの大口径・大出力レーザーにはNd:ガラスレーザーが世界中で使用されている。ガラスレーザー材料は大型・高品質のものが製作可能であるが、その一方で、誘導放出断面積が小さく、高いエネルギー密度で励起する必要がある。また熱伝導率、熱破壊強度も低いために高繰り返し動作には不向きである。

近年、この課題を解決するために、Yb:YAG材料が

注目されている。900 nm帯をLDで直接励起できるために、Nd:YAG材料に比べて高効率動作が可能である。しかし、準3準位系のエネルギー準位のために、反転分布ができにくく、強励起が必要である。また、極低温に冷却することにより4準位レーザー動作が可能となり、低温冷却固体レーザー装置として、研究開発が進められている(参照：レーザークロスNo.287など)。

このように、現在大口径・大出力レーザー装置として実用化研究が進められているレーザー材料には一長一短があり、低温冷却が不要なNdを活性イオンとして使用し、ガラスよりも高い熱伝導率を持ち、スペクトル幅が広いレーザー媒質が望まれている。

YAG結晶と同じガーネット構造のレーザー材料に、

次ページへつづく▶



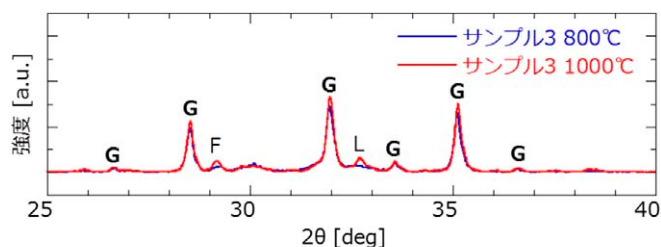
CaNbGaガーネット結晶のセラミック化の研究

CaNbGaガーネット(CNGG)結晶が報告されている。この結晶は、Nd:ガラス材料よりも大きな誘導放出断面積($5.4 \times 10^{-20} \text{cm}^2$)、熱伝導率(4.7W/mK)を持ちながら、広い蛍光スペクトル幅(17nm)を有す。また、NbとGaの組成比により、結晶内に空孔を持ち、蛍光特性が変化すると考えられる。この結晶の大型化が可能になれば、大出力かつ繰り返し動作が可能なレーザー装置になると期待される。我々は、CNGG材料の大型化を目指しセラミック化を進めている。

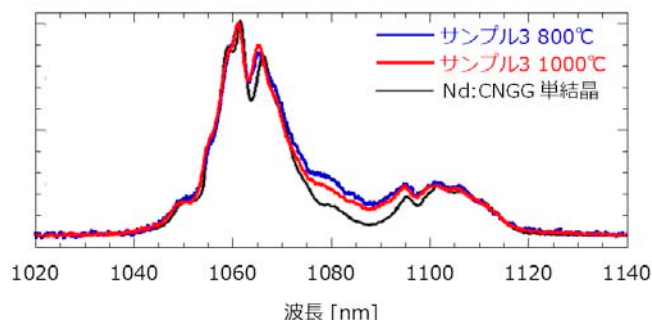
●ゾルゲル法によるCNGG結晶粉体の製作

ゾルゲル法は、金属有機および無機化合物の溶液を加水分解・重合することにより、ゾル化、ゲル化する手法である。初めにできるゲルは多くの場合非晶質であるが、加熱等の処理を行うことにより多結晶体が得られる。CNGG結晶の合成には、酢酸材料を用い、所望の組成になるように材料合成比を調整し、数種類の結晶粉体を製作した。図1に、製作されたCNGG結晶粉体のX線回折の測定結果を示す。図中のGは、CNGG結晶による回折ピークである。また、LおよびFは、それぞれCaNbO₃、CaNb₂O₆結晶による回折ピークと分かった。この結果より、ほぼCNGG結晶が製作されていることが確認できた。また、結晶化温度により、ピークLおよびFで示される副生成物の量が変化することも分かった。つまり、原料合成比とともに、結晶化温度についても最適化が必要である。

図2に、前述結晶粉体の蛍光スペクトルを示す。また、比較のために、報告されている結晶育成されたCNGG材料の蛍光スペクトルを重ねた。励起波長807nmに対して、蛍光スペクトル幅、ピーク波長(1061nm)は一致しているが、セカンドピーク波長(1065nm付近)にはわずかな違いが見られる。また、1070nm~1100nmにわたって、単結晶CNGGでは確認されていない蛍光が現れている。また、その蛍光は結晶化温度により変化することも分かった。この原因は、非晶質や副生成物の



【図1】ゾルゲル法により製作されたCNGG結晶粉体のX線回折ピーク



【図2】ゾルゲル法により製作されたCNGG結晶粉体の蛍光スペクトル

存在と思われる。GaとNbの組成比が蛍光スペクトルに及ぼす影響については、明らかになっていないので、今後、パラメーターを振りながら、研究を進める必要がある。

●共沈法によるCNGG結晶粉体の製作

共沈法は、金属の酸性溶液にアルカリ性の沈殿剤を添加することで反応した微粒子を沈殿させる方法である。複数の金属イオンを含む溶液の場合、単体元素では沈殿せず複数の元素が同時に沈殿する共沈現象が起こることがある。この共沈現象を用いると、それぞれの元素を別々に沈殿合成した時よりも均質な材料が得られる。CNGG材料の製作には、硝酸原料をベースに、組成比を考慮して合成した。沈殿した材料を加熱処理した粒子の電子顕微鏡像を表紙に示した。直径300nm程度のナノ粒子が凝集している様子が確認できる。このナノ粒子を焼結することによりセラミックとなる。現段階では、ゾルゲル法で得られた粉体材料に比べて、副生成物の量が多いことから、合成材料比の調整、熱処理温度の最適化が必要である。

●透明セラミック化への道のり

CNGG微結晶粉体の結晶性、蛍光特性を評価しながら、製作過程の最適化を進めているが、レーザー増幅器材料とするためには、低散乱の透明セラミック化が最も大きな課題である。今後、副生成物およびGa/Nb組成比の散乱への影響について評価しながら、透明化条件について明らかにしていく。

本研究は、大阪大学、近畿大学との共同研究として実施されました。関係諸氏に謝意を表します。

IAEA Fusion Energy Conference 2014

参加報告

理論・シミュレーションチーム 砂原 淳

■FEC2014がロシアで開催

2014年10月12日～18日まで、サンクトペテルブルグ（ロシア）で国際原子力機関(IAEA)核融合エネルギー会議(Fusion Energy Conference, FEC 2014)が開催された。この会議は2年に一度、磁場、慣性などの閉じ込め方式を問わず、世界の核融合研究者が一同に会し

て研究の進展を競うものである。今年はウクライナ問題を巡る国際情勢の影響で、アメリカ、フランスの国立研究所からの参加がなく、少々寂しい会議であった。代わりに日本と欧州のアクティビティーが詳細に取り上げられる会議ともなった。

山中千代衛



師走

今年もとうとう十二月、師走を迎える。

平安末期の色葉字類抄(いろはじるいしょう)に師匠の僧がお経をあげるために、東西に馳せる月と解釈している由だが、どんなものだろう。「四季の果てる月」の意味から四極(しはつ)という説もある。「為果つ」一年の最後のしまりをつけるという説もある。

何はともあれ平成26年もあと一月、月日のたつのは速い。まさに「光陰矢の如し」である。今年は年のせいか体調が今一つ勝れず、各方面に色々厄介をかけてしまった。レーザー総研の仕事はすべて井澤靖和君にお願いして、上手に運営して頂いた。

レーザー学会は中井貞雄君から加藤義章君に会長が交代、無事に仕事が進んでいる。

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの将来計画には何とか力になりたいと願っているが、中々心身の集中がかなわず全く不十分なことである。OBセンター長の皆様のご協力を心から願っている。何といっても将来の核融合エネルギーに一石を投じる努力を発揮して頂きたいものだ。阪大のレーザー研究の核としての活動が期待される。このネットワークの大切さは身にしみて感じている。現役の諸君も力を合わせて大目的に向かって前進して頂きたい。守りの姿勢では次第に力を失うにきまっている。「攻撃は最大の防御なり」、常に前向きに努力を重ねることが大切だ。

目を国に転じると12月14日は衆議院議員の総選挙が行われる。アベノミクスも2年目を終わろうとしている。タイミングが悪いことに中国を中心としたアジアの景気が減速し、欧州も不況である。それに円安が重なってきた。原子力発電所の稼働停止も、産業に大きなエネルギーコストの増加をもたらし、アベノミクスに逆風が吹いている。ここでも守りは禁物である。デフレ脱却のため「攻撃は最大の防御なり」の姿勢が大切だ。

内外の状況を一覧すると、今まさに正念場である。

攻撃とは自らの強みを見つけ、これを磨き上げることで、防御はひたすら自己の弱点を探し、なんとかしようとする。前向きの議論になるか、萎縮するか。この差は極めて大きい。

わが国では守りの好きな人が出番を待っている。だからこそ師走は走り回り始末をつけねば収まらない月とされている。

今年も師走がやってきた。(平成26年師走初旬記す)

【名誉所長】



【写真1】会議の様子

■ITERは“折り返し点を過ぎた”

注目は、トカマク型実験炉である国際熱核融合炉ITERの進展である。本島修ITER機構長の講演があり、“ITERは折り返し点を過ぎた”とのフレーズは印象的であった。現在ITERはカダラッシュ(フランス)で建設が進行中で、トカマク本体を据える土台などの基盤工事が完成したとの報告があった。国際協力が進められるプロジェクトだけに、スケジュールの遅れや各国間の調整など、プロジェクトの推進は容易でない事だらけであると想像されるが、会議では特に紛糾する事もなく、多くの参加者が冷静にITERの進展を見守っている印象を受けた。また英国にある欧州共同のトカマクであるJETでは、ITERと連携して炉壁材料の研究が進んでいることが報告された。日本からは、ITERのサテライトトカマクとしての機能を持つ原研のJT60SAの組み立ての進展が報告され、ITERを中心とした各国のトカマク研究は着実に進んでいる印象を受けた。また、その他には核融合科学研究所LHDの進展も注目された。

■NIFの講演がキャンセルに

レーザー核融合研究は、米国の国立点火施設(NIF)の

進展が注目されたが、プラズマを外部から加熱するよりも、核融合反応により生成されたアルファ粒子が自身を加熱する、いわゆる“自己加熱領域”による加熱が支配的になった事など、重要な結果がでていながらもかかわらず、前述の事情により講演がキャンセルになったことは残念であった。

■日本のレーザー核融合研究の進捗

我々日本のレーザー核融合研究は高速点火方式を中心に、最新の進捗を報告した。阪大レーザー研では高速点火における加熱効率向上を目指してさまざまな取り組みがなされており、中でもプラズマミラーによるコントラスト向上、磁場による高速電子のガイディング等が注目された。また、光産業創成大学院大学から高繰り

返しターゲットインジェクション実験の結果が報告された。

サンクトペテルブルグは川が流れ、美しい街並みが広がり、さすが旧ロシア帝国の首都であることを実感するが、中でも一番の名所はエルミタージュ美術館である。多くの名画が普通に飾られており、とても一日では見て回れないところを3時間で見て回ったが、圧巻の一言であった。次回は2016年、日本(京都)での開催が予定されている。



【写真2】エルミタージュ美術館

主な学会等報告予定

- | | |
|-----------------|---|
| 1月11日(日)～12日(月) | レーザー学会学術講演会 第35回年次大会 (東海大学高輪校舎) |
| | 島田 義則「レーザーを用いたコンクリート健全性評価技術」 |
| | 倉橋 慎理「レーザー差動干渉法による高架橋床板の内部欠陥検出法の開発」 |
| | 染川 智弘「変圧器油中フルフラーレンのレーザーラマン分光分析」 |
| 3月11日(水)～14日(土) | 第62回応用物理学会春季学術講演会 (東海大学湘南キャンパス) |
| | ハイク コスロービアン 「Tiled Aperture Coherent Combining of Multiple Beams using Bernoulli Algorithm」 |