



太陽光を高効率でレーザー光に変換できる Cr, Nd:CaAlO₄ 結晶を開発

研究成果のポイント

- ・ 太陽光を高効率でレーザー光に変換できる新しい結晶開発に成功。
- ・ 開発した結晶は、従来材用の吸収が最大となる波長 430nm 帯近傍の可視光領域で 70 倍以上の吸収断面積を有する。
- ・ 太陽光スペクトルのピーク波長である 500nm においても十分に大きい吸収を示す。
- ・ 太陽光を利用した新しい持続可能なエネルギー源としての応用に期待。

研究成果の概要

北海道大学大学院工学研究院 樋口幹雄准教授と理化学研究所基幹研究所光グリーンテクノロジー特別研究ユニット 和田智之ユニットリーダーらの研究グループは、太陽光のエネルギーを高効率でレーザー光*に変換できる Cr, Nd:CaAlO₄ 結晶の開発に成功しました。この結晶は、太陽光のエネルギーが最大となる波長帯近傍の波長 (500nm) で十分に大きい吸収を示すとともに、従来材料の吸収が最大となる波長 (430nm) で比較すると 70 倍以上の吸収断面積を有することから、高効率で太陽光エネルギーを吸収できるとともに、その吸収したエネルギーにより近赤外領域で強い蛍光を示すもので、特許出願しています (特願 2012-148655)。

この結晶を使ったレーザーは、エネルギー蓄積の媒体として注目されているマグネシウムの精錬などに利用できることから、新しい持続可能なエネルギー源としての応用が期待できます。

*レーザー光：日光や電灯の光は、その波長、位相、方向がバラバラでエネルギー密度が低いですが、これに対してレーザーは、それらがすべて揃っていて極めてエネルギー密度の高い光となる。このような光は自然界には存在せず、人工的に作り出されたもので、その強度などを自在に制御することが可能。

論文発表の概要

研究論文名：太陽光励起レーザーを目指した新規クロムドープ結晶の開発

著者：氏名 (所属)：樋口幹雄，清原一樹，山田大貴，高橋順一 (以上，北海道大学)，小川貴代，和田智之 (以上，理化学研究所)

公表学会：公益社団法人日本セラミックス協会 第 25 回秋季シンポジウム

公表日：2012 年 9 月 19 日 (水)

研究成果の概要

(背景)

持続可能なエネルギー開発という観点から、太陽光をエネルギー源としたレーザーが注目されています。太陽光の波長は紫外線から赤外線領域にわたって広く分布していますが、そのエネルギーの大部分は波長約 500nm をピークとする可視光領域にあります。したがって、太陽光をエネルギー源とするためには波長 500nm 帯近傍の可視光を効率よく吸収できる材料が必要です。現在のところ、Cr, Nd:YAG と呼ばれる結晶材料を用いた研究が先行していますが、この材料は太陽光のエネルギーが最大となる波長 500nm 帯近傍での吸収がほとんどないとともに、その他の波長領域においても吸収効率があまり大きくないことから、太陽光エネルギーを高効率でレーザー光に変換するには至っていません。このことから、太陽光エネルギーを高効率で吸収できる新しい結晶材料の開発が望まれていました。

(研究手法)

太陽光のエネルギーが最大となる 500nm 帯近傍の波長で大きな吸収係数、吸収断面積を有するレーザー媒質の候補として、Nd の発光帯での自己吸収をなくせる構造で、かつ Cr³⁺および Nd³⁺を同時に置換固溶*できる CaYAlO₄に着目し、CaYAlO₄にクロム (Cr) とネオジウム (Nd) を同時に適量添加**した結晶を、浮遊帯溶融法と呼ばれる手法を用いて作製しました。作製時の成長速度や雰囲気などの条件を適切に制御することにより、赤色透明の結晶が得られました (図 1)。

*置換固溶とは、母結晶を構成していない元素が、母結晶の特定の元素の位置を置き換えて、その結晶構造中に入り込むこと。今回の場合、母結晶は「CaYAlO₄」で、クロムは Al を、ネオジウムは Y をそれぞれ置き換えて、構造中に入る。

**クロムによって吸収されたエネルギーが効率よくネオジウムに伝わることにより、太陽光をエネルギー源とした高効率レーザーが実現可能となる。

(研究成果)

開発した Cr, Nd:CaYAlO₄ 結晶は、紫外領域から可視領域にわたる非常に幅広い吸収域をもち、太陽光のエネルギーが最大となる 500nm 帯近傍の波長でも十分な吸収を示しました (図 2)。また、従来材料である Cr, Nd:YAG と同じ波長 (430nm) でその吸収断面積を比較すると、70 倍以上の大きい値を示しました。このような吸収特性は既存の材料にはなく、開発した Cr, Nd:CaYAlO₄ 結晶に特有のものです。さらに、クロムによって吸収されたエネルギーの大部分は効果的にネオジウムに移動していることが、その蛍光特性から実証されました (図 3)。以上のことから、この結晶材料を用いることにより、太陽光エネルギーを高効率でレーザー光に変換できるものと期待されます。

(今後への期待)

総量では莫大であるが密度としては低い太陽光エネルギーをレンズを用いて集光し、今回開発した結晶に照射すると、極めてエネルギー密度の高いレーザー光に変換することができます。

太陽光をエネルギー源としたレーザーの用途のひとつとして、保存型エネルギー創出への利用に期待が集まっています。例えば、海水中に豊富に存在するマグネシウム源から、金属マグネシウムを取り出す提案があります。金属マグネシウムは非常に大きい化学的エネルギーを内包していることから、新しいタイプの固形燃料として注目されています。あるいは、光触媒を入れた水から水素ガスを取り出す人工光合成へのレーザー光利用も考えられています。水素ガスは、燃料電池の原料として大変重要です。このように、レーザーに変換することにより、太陽光から保存型エネルギーを得ることが可能となります。

お問い合わせ先

結晶材料に関すること

所属・職・氏名：北海道大学大学院工学研究院・准教授 樋口 幹雄（ひぐち みきお）

TEL: 011-706-6573 FAX: 011-706-6573 E-mail: hig@eng.hokudai.ac.jp

レーザー技術に関すること

所属・職・氏名：独立行政法人理化学研究所 基幹研究所

光グリーンテクノロジー特別研究ユニット・ユニットリーダー 和田 智之（わだ さとし）

TEL: 048-467-9827 FAX: 048-462-4684 E-mail: swada@riken.jp

【参考図】

図1 浮遊帯溶融法によって作製された Cr, Nd:CaYAlO₄ 結晶

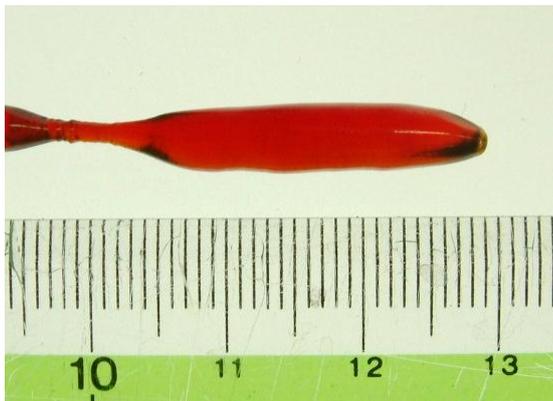


図2 開発した結晶の光吸収特性

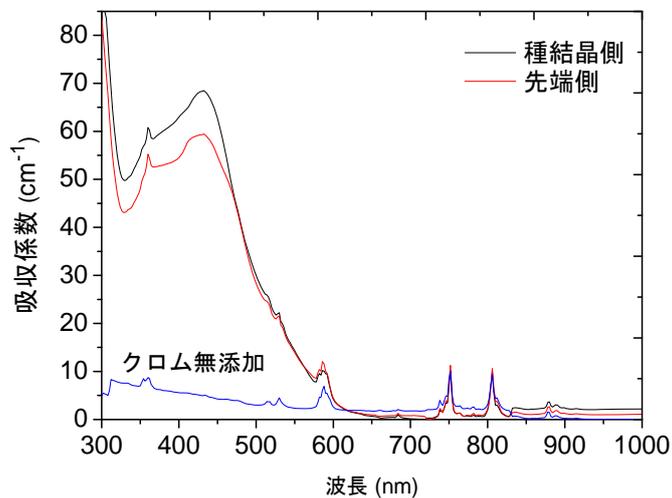


図3 開発した結晶の蛍光特性

