

ヤン リン アウン

氏 名 Yan Lin Aung
学位の種類 博士 (工学)
学位記番号 論博第308号
学位授与の日付 2021年3月31日
学位授与の条件 学位規則第4条第2項該当 論文博士
学位論文題目 Development of Novel Polycrystalline Ceramics with Enhanced Magneto-Optical Performance
(高機能磁気光学セラミックス多結晶体の創製)

論文審査委員 主査 教授 岩本 雄二
教授 早川 知克
教授 橋本 忍
教授 中野 裕美
(豊橋技術科学大学)

論文内容の要旨

本論文は、常磁性材料およびフェリ磁性材料を対象に、光学グレード多結晶体の創製とその光学機能の評価と解析を通じて、従来の単結晶材料と同等以上の性能を有する多結晶ファラデー素子の創製研究結果をまとめたものである。各章は、次のように要約される。

第1章は序論であり、本研究の研究背景として、高出力固体レーザーの開発に伴い、その実用化に必要不可欠となる高機能光アイソレータの開発ニーズについて述べた。光アイソレータは、ファラデー効果を利用した偏光により、入射レーザー光の戻り波を遮断してレーザー機器の損傷を防ぐことで保護デバイスと機能する。偏光を担うファラデー回転子は、光損失が極めて小さく正確な偏光が期待できる単結晶材料を対象に開発と実用化が進められている。ここでは、その製造コストや現状の単結晶材料の光学特性をはじめとする材料技術レベルについて述べるとともに、従来報告例のない独自の反応焼結法を駆使した多結晶性ファラデー素子の開発指針を示した。

第2章から第5章では、1 μm ~ 可視域でファラデー素子として応用されている常磁性材料を対象とした成果を述べている。ここでは、磁気活性イオンである Tb に着目し、その占有率を制御した光学グレード多結晶体の新規創製と、ファラデー素子としての高機能発現の実証に成功している。具体的には、第2章ではガーネット構造の $\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ および Tb

サイトを Y で部分置換した $(\text{Tb}_x\text{Y}_{1-x})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ($0.5 \leq x < 1.0$)、第 3 章ではパイロクロア構造の $\text{Tb}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ 、第 4 章ではビクスバイト構造の Tb_2O_3 および Tb サイトを Y で部分置換した $(\text{Tb}_x\text{Y}_{1-x})_2\text{O}_3$ ($0.5 \leq x < 1.0$) の成果を述べている。また、第 5 章では、Tb について高いベルデ定数が期待されるジスプロシウム (Dy) に着目して取り組んだ Dy_2O_3 光学グレード多結晶体の創製とファラデー素子としての高機能発現について述べている。

第 6 章から第 9 章では $1.3\mu\text{m}$ 以上の波長帯で、主に光通信に応用されているフェリ磁性材料を対象とした成果を述べている。第 6 章ではガーネット構造の $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (YIG) 光学グレード多結晶体の新規創製、第 7 章では同じガーネット構造で、Y を磁気活性イオンである Tb で完全置換した透明 $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 多結晶体の新規創製、第 8 章では従来では LPE (liquid phase epitaxial) 法でのみ作製が可能であったビスマス (Bi) 置換 YIG を反応焼結法で合成することに成功し、多結晶体でも単結晶と同等の磁気光学機能発現が可能であること、そして第 9 章では単結晶育成法でも合成が困難な Ce 置換透明 YIG 多結晶体の新規創製とファラデー素子としての高機能発現の実証について述べている。第 10 章は総括であり、本研究の成果をまとめた。

論文審査結果の要旨

本論文は、常磁性材料およびフェリ磁性材料を対象に、光学グレード多結晶体の創製とその光学機能の評価と解析を通じて、従来の単結晶材料と同等以上の性能を有する多結晶ファラデー素子の創製研究結果をまとめたものである。各章は、次のように要約される。

第1章は序論であり、本研究の研究背景として、高出力固体レーザーの開発に伴い、その実用化に必要な不可欠となる高機能光アイソレータの開発ニーズについて述べた。光アイソレータは、ファラデー効果を利用した偏光により、入射レーザー光の戻り波を遮断してレーザー機器の損傷を防ぐことで保護デバイスと機能する。偏光を担うファラデー回転子は、光損失が極めて小さく正確な偏光が期待できる単結晶材料を対象に開発と実用化が進められている。ここでは、その製造コストや現状の単結晶材料の光学特性をはじめとする材料技術レベルについて述べるとともに、従来報告例のない独自の反応焼結法を駆使した多結晶性ファラデー素子の開発指針を示した。

第2章から第5章では、1 μm ～可視域でファラデー素子として応用されている常磁性材料を対象とした成果を述べている。ここでは、磁気活性イオンであるTbに着目し、その占有率を制御した光学グレード多結晶体の新規創製と、ファラデー素子としての高機能発現の実証に成功している。具体的には、第2章ではガーネット構造の $\text{Tb}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ およびTbサイトをYで部分置換した $(\text{Tb}_x\text{Y}_{1-x})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ($0.5 \leq x < 1.0$)、第3章ではパイロクロア構造の $\text{Tb}_2\text{Hf}_2\text{O}_7$ 、第4章ではビクスバイト構造の Tb_2O_3 およびTbサイトをYで部分置換した $(\text{Tb}_x\text{Y}_{1-x})_2\text{O}_3$ ($0.5 \leq x < 1.0$)の成果を述べている。また、第5章では、Tbについて高いベルデ定数が期待されるジスプロシウム (Dy) に着目して取り組んだ Dy_2O_3 光学グレード多結晶体の創製とファラデー素子としての高機能発現について述べている。

第6章から第9章では1.3 μm 以上の波長帯で、主に光通信に応用されているフェリ磁性材料を対象とした成果を述べている。第6章ではガーネット構造の $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (YIG) 光学グレード多結晶体の新規創製、第7章では同じガーネット構造で、Yを磁気活性イオンであるTbで完全置換した透明 $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 多結晶体の新規創製、第8章では従来ではLPE(liquid phase epitaxial)法でのみ作製が可能であったビスマス(Bi)置換YIGを反応焼結法で合成することに成功し、多結晶体でも単結晶と同等の磁気光学機能発現が可能であること、そして第9章では単結晶育成法でも合成が困難なCe置換透明YIG多結晶体の新規創製とファラデー素子としての高機能発現の実証について述べている。

第10章は総括であり、本研究の成果をまとめた。

以上、本論文では、高度なセラミックス合成プロセスにより多結晶性ファラデー回転素子を創製し、多結晶体でも単結晶と同等以上の磁気光学機能発現が可能であることを述べた。これらの成果は、9編の有審査論文(うち、第1著者5編)としてまとめられている。よって、本論文は学位論文として十分な価値あるものと認められる。