

論文発表開催 日時： 平成 16 年 1 月 6 日（火曜日）
15:00 - 16:30
会場： すずかけホール 2F 集会室 2
司会教官： 細野 秀雄 教授

研究発表者 氏名： 平松 秀典（ひらまつ ひでのり）
生年月日： 昭和 48 年 9 月 28 日
学籍番号： 01D28113

略歴および研究論文の概要

略歴

1996 年 3 月 名古屋大学 工学部 応用化学および物質化学科 卒業
1998 年 3 月 名古屋大学大学院 工学研究科 物質化学専攻 修士課程 修了
1998 年 4 月 松下電器産業株式会社 入社（2000 年 9 月 30 日 退社）
2000 年 10 月 科学技術振興機構 創造科学技術推進事業 細野透明電子活性プロジェクト研究員
2001 年 4 月 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 材料物理科学専攻 博士課程 入学
2003 年 9 月 第 15 回（2003 年秋季）応用物理学会 講演奨励賞 受賞
現在に至る

研究論文の概要

論文題目

“Heteroepitaxial Growth and Optoelectronic Properties of Wide-Gap Layered Oxychalcogenides”
（ワイドギャップ層状オキシカルコゲナイドのヘテロエピタキシャル成長と光電子物性）

酸化物層とカルコゲナイド層が交互に積み重なったユニークな層状構造を有するオキシカルコゲナイド LnMOCh （ Ln =ランタノイド, Ch =カルコゲン, $\text{M}=\text{Cu}$ または Cd ）に着目し、それらのエピタキシャル薄膜の光電子物性を検討した。反応性固相エピタキシャル成長法を用いることによって、高品質なエピタキシャル薄膜を合成することができた。得られた膜を使って、透明 P 型縮退伝導性、可視域で透明な広いバンドギャップ、室温で安定な励起子を見だし、これらの物性は、層状オキシカルコゲナイドに特有の自然に形成された多重量子井戸構造に由来するものであることを明らかにした。

Chapter 1. “General Introduction” では、ワイドギャップ半導体の現状、および Cu を基本とする層状オキシカルコゲナイド LnCuOCh に関する既往の報告をまとめ、本研究の背景および研究意義を明記し、目的を述べた。

Chapter 2. “Heteroepitaxial Growth of Wide-Gap Layered Oxychalcogenide LaCuOS by Reactive Solid-Phase Epitaxy (R-SPE)” では、層状オキシカルコゲナイド LaCuOS のヘテロエピタキシャル成長について述べた。

まず、複合酸化物の代表的なエピタキシャル成長技術であるパルスレーザー蒸着（PLD）法を薄膜成長法として選択した。しかしながら、 LaCuOS のエピタキシャル成長を実現することはできなかった。500℃ 以下の低温で得られた薄膜は非晶質で、またそれ以上の成長温度では、配向膜はおろか単一相の薄膜を得ることさえできなかった。これは LaCuOS の一部の構成成分が高い蒸気圧をもつことに由来している。 Cu_2S の蒸気圧は非常に高いため、PLD 法のような高温真空中でのエピタキシャル成長法では成長中に起こる構成成分の分解を防ぐことはできなかった。しかしながら、PLD 法で作製した非晶質 LaCuOS （厚さ 150nm）/ Cu （厚さ 5nm）積層膜を石英ガラス管中に真空封入し、1000℃ で熱処理する反応性固相エピタキシャル成長法（R-SPE）を用いることによって、 MgO および YSZ 単結晶基板上に LaCuOS エピタキシャル薄膜が作製できることを見いだした。

Chapter 3. “Mechanism for Heteroepitaxial Growth of LaCuOS by R-SPE” では、薄い Cu を用いた反応性固相エピタ

キシタル成長 (R-SPE) 法による LaCuOS のエピタキシタル成長機構について述べた。

異なる温度で熱処理した (非晶質 LaCuOS) / Cu 積層膜の X 線回折 (XRD) 測定および断面透過電子顕微鏡 (TEM) 観察から、薄い Cu 層は、基板 - 膜界面に薄くエピタキシタル成長した LaCuOS 種結晶を低温 ($\sim 500^{\circ}\text{C}$) で生成する役割を果たすことが明らかになった。そして更なる熱処理温度の上昇に伴い、その種結晶を成長核として固相エピタキシタル成長が起きていることがわかった。また、厚さおよび表面形状の異なる様々な Cu を用いて R-SPE 法を適用した結果、基板面の露出した島状構造を有する薄い Cu を用いた場合のみ、エピタキシタル成長が起こることがわかった。このことから、(基板) - (非晶質 LaCuOS) - (Cu) からなる三重点が成長核およびエピタキシタルテンプレートとして働くことで、その種結晶は生成していることが明らかになった。

Chapter 4. “Fabrication of Heteroepitaxial Thin Films of Cu-based Oxychalcogenides, LnCuOCh ($\text{Ln} = \text{La} - \text{Nd}$, $\text{Ch} = \text{S} - \text{Te}$) by R-SPE” では、カルコゲンサイト (Ch) を S から Te, ランタノイドサイト (Ln) を La から Nd まで、それぞれ置換した層状オキシカルコゲナイド LnCuOCh のエピタキシタル薄膜の作製について述べた。

LaCuOS の反応性固相エピタキシタル成長 (R-SPE) 法を応用することで、カルコゲンサイトを置換した LaCuOCh [$\text{Ch} = \text{S}_{1-x}\text{Se}_x$ ($x=0-1$), $\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y$ ($y=0.4$)]、およびランタノイドサイトを置換した LnCuOS ($\text{Ln}=\text{La} - \text{Nd}$) 薄膜を MgO 単結晶基板上にすべてヘテロエピタキシタル成長させることができた。得られた薄膜の高分解能 XRD 測定の結果から、膜中の LnCuOCh 結晶格子は十分緩和して成長しており、良質なエピタキシタル薄膜が合成できていることがわかった。

Chapter 5. “Hole Transport Properties and Wide-Gap P-Type Degenerate Conductivity in LnCuOCh ” では、 LnCuOCh エピタキシタル薄膜において、元素置換が正孔輸送特性に与える影響、および初めて実現されたワイドギャップ (透明) p 型縮退伝導について述べた。

カルコゲンイオンを置換した場合 ($\text{S} \rightarrow \text{Se}$) は、価電子帯上端が $\text{Cu}3\text{d}+\text{S}3\text{p}$ から $\text{Cu}3\text{d}+\text{Se}4\text{p}$ の混成軌道へ変化することに対応する正孔移動度の増加が認められた。そして、 LaCuOSe の正孔移動度は $8\text{cm}^2/(\text{Vs})$ に達し、p-GaN:Mg に匹敵する大きな値であることが明らかとなった。ところが、ランタノイドイオンを置換した場合 ($\text{La} \rightarrow \text{Nd}$) は、その正孔輸送特性に大きな変化は認められなかった。このことは、ランタノイドイオンは価電子帯端の分散にはほとんど寄与していないことを示唆している。また、さらなる正孔濃度の増大を目的として、 LaCuOCh に Mg ドープを行ったところ、 10^{20}cm^{-3} を越える正孔濃度が達成された。その輸送特性の温度依存性を調べたところ、金属的な縮退伝導特性を示した。代表的なワイドギャップ p 型半導体 GaN:Mg や ZnSe:N などでは、それらのアクセプターレベルが 100 meV 以上と深いため、 10^{20}cm^{-3} 以上の正孔濃度および縮退伝導は実現されていない。従って、Mg ドープ LaCuOCh は、ワイドギャップ P 型半導体として初めての縮退半導体となった。Mg ドープ LaCuOSe ($x=1$) 試料の電気伝導度は 140 S/cm であった。また、Mg ドープによって正孔濃度は 10^{20}cm^{-3} を越えたにも関わらず、その正孔移動度は半分程度 ($4\text{cm}^2/(\text{Vs})$) の減少に留まった。この結果は、Mg イオンは $(\text{La}_2\text{O}_2)^{2+}$ 層内の La サイトを選択的に置換し、生成された正孔キャリアは、正孔輸送層となる $(\text{Cu}_2\text{Ch}_2)^{2-}$ 層へ移動し伝導している、すなわち、GaAs 系超格子などで実現されている HEMT のような変調ドーピングが、自然に形成された層状構造内で実現されているためであると考えられる。

Chapter 6. “Intrinsic Excitonic Photoluminescence and Band-Gap Engineering of LnCuOCh ” では、 LnCuOCh における束縛および自由励起子発光の同定、励起子の束縛エネルギー、およびイオン置換に伴った層状オキシカルコゲナイド特有のバンドギャップエンジニアリングについて述べた。

フォトルミネッセンス (PL) および光吸収スペクトルの温度依存性において、束縛励起子が温度の上昇に伴って自由励起子へ熱励起される挙動をすべての LnCuOCh 薄膜において観察した。さらに PL 強度の温度依存性から、その励起子の束縛エネルギーは約 50meV と非常に大きいことがわかった。カルコゲン置換およびランタノイド置換を行うことによって、その室温での発光波長は 386 ~ 429 nm まで連続的に制御可能であることが明らかとなった。カルコゲン置換 ($\text{S} \rightarrow \text{Se}$) を行った場合は、典型的な II-VI および III-V 化合物半導体と同様に、格子定数の増加に伴う発光波長の増大 ($\text{LaCuOS}:386 \sim \text{LaCuOSe}:429\text{ nm}$) が認められた。これはカルコゲン置換に伴う価電子帯の変化に対応する。すなわち、カルコゲン置換はバンド端の電子構造を直接変化させる。それに対して、ランタノイドイオンを置換 ($\text{La} \rightarrow \text{Nd}$) した場合は、カルコゲン置換とは全く逆で、格子定数の減少に伴って発光波長が増大 ($\text{LaCuOS}:386 \sim \text{NdCuOS}:407\text{ nm}$) する傾向を示した。ランタノイドイオンの置換は、ランタノイド収縮に伴って LnO 酸化物層が収縮することで間接的に CuCh カルコゲナイド層をも収縮しており、そのカルコゲナイド層の収縮が、価電子帯分散の僅かな増大に寄与し、その発光波

長の変化につながっていると考えられる。前章の正孔輸送特性も含め、アニオンおよびカチオン置換に伴って全く異なる物性の変化を示すのは、この物質が正孔の2次元的な閉じ込めを実現している層状構造を有しているためであると考えられる。

Chapter 7. “Optical Properties Originating from Two-Dimensional Electronic Structure in LnCuOCh ” では、層状オキシカルコゲナイド LnCuOCh に形成される自然の多重量子井戸構造について述べた。

LnCuOCh エピタキシャル薄膜の 10K における光吸収スペクトルの測定、およびその解析を行った。 $\text{LaCuOS}_{1-x}\text{Se}_x$ ($x=0-1$) において、シャープな励起子吸収を伴う階段状の光吸収スペクトルが観察された。その吸収ピークは、バンド端で2本に分裂し、その分裂幅は Se 濃度の増加に伴って増加する傾向を示した。Γ点の対称性および Se 濃度依存性から、その分裂は価電子帯でスピン縮退したカルコゲン p 軌道がスピン軌道相互作用によって分裂しているためであることがわかった。また、その階段状の吸収スペクトルから、この層状オキシカルコゲナイドには2次元的な状態密度が存在することがわかった。すなわち、層状オキシカルコゲナイド LnCuOCh には自然の多重量子井戸構造が形成されていることを実験的に明らかにすることができた。このような2次元的な光吸収スペクトルは、人工超格子では広く知られているが、自然の層状化合物では初めて観察された例である。 LnCuOS ($\text{Ln}=\text{La}-\text{Nd}$) においても、同様な階段状のスペクトルとピーク分裂を確認した。これらすべてのスペクトルを比較した結果、量子数 $n=1$ と $n=2$ のエネルギー幅は、Se 濃度の増加およびランタノイドイオンが La から Nd へと変化するに伴って増加する傾向を示した。このことから、それぞれのイオン置換に伴って、閉じこめ効果が増大していることが明らかとなり、その電子構造変化を考慮すると価電子帯のバンドオフセットの増加が要因であると考えられる。

Chapter 8. “Synthesis of Novel Cd-Based, Layered Oxychalcogenide, $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ ” では、新規層状オキシカルコゲナイド $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ の合成、結晶構造解析、および光電子物性について述べた。

$\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ は LnCuOCh と同様に、酸化物 (LaO) 層とカルコゲナイド (CdSe) 層が交互に積層した層状構造を有している。この物質の結晶構造とその存在は 1996 年に Baranov らによって報告された。しかしながら、彼らによって合成された試料は $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ 単一相ではなく、粉末の色は焦げ茶色であった。この報告は、 $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ のバンドギャップは 2 eV 以下程度であることを示唆していた。しかしながら、Baranov らとは全く異なるアプローチによって、単一相 $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ 粉末の合成に成功した。そして、その単一相試料を用いて、Rietveld 解析することにより、Baranov らの提案した空間群 ($P4_2mc$) より対称性の高い構造モデル ($P4_2/nmc$) を提案した。得られた単一相粉末の拡散反射スペクトルから、そのバンドギャップは約 3.3eV と、これまで検討してきた Cu を基本とするどのオキシカルコゲナイドよりも大きいことが明らかになった。

Chapter 9. “Exciton Properties and Two-Dimensional Electronic Structure in Wide-Gap Cd-Based Oxychalcogenide, $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ ” では、層状オキシカルコゲナイド $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ の結晶構造自体に内包された多重量子井戸構造に由来する光物性について述べた。

エピタキシャル薄膜は、単一相 $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ 焼結体を PLD ターゲットとして用い、薄い Cd を用いた R-SPE 法を適用することによって、MgO 単結晶基板上に合成することができた。そのエピタキシャル薄膜の光物性を調べたところ、Cu を基本とする層状オキシカルコゲナイドと類似した、室温で安定な励起子由来の発光および吸収が認められた。その励起子の束縛エネルギーは約 40meV と見積もられた。バンド計算から、 $\text{La}_2\text{CdO}_2\text{Se}_2$ は直接許容のバンド構造を持ち、伝導帯は Cd5s 軌道、価電子帯は Se4p 軌道からなることがわかった。すなわち、この層状オキシカルコゲナイドは、CdSe 層がバンド端の電子構造を決定しており、 LnCuOCh と同様にカルコゲナイド層がそのバンド端の電子構造を決定していることがわかった。さらに CdSe バルク単結晶、CdSe/CdS 人工超格子および CdSe ナノ微粒子の光物性と比較することによって、その広いバンドギャップおよび束縛エネルギーの大きな励起子は、原子層レベルの酸化物 (LaO) とカルコゲナイド (CdSe) が交互に積層した多重量子井戸構造に由来することが明らかになった。

Chapter 10. “General Conclusions” では、本研究における結果を総括した。

Publication Lists

Papers included in the thesis

1. “Electrical conductivity control in transparent p-type (LaO)CuS thin films prepared by rf sputtering”, H. Hiramatsu, M. Orita, M. Hirano, K. Ueda, and H. Hosono, *J. Appl. Phys.*, vol. **91**, pp. 9177 – 9181 (2002).
2. “Preparation of transparent p-type (La_{1-x}Sr_xO)CuS thin films by r.f. sputtering technique”, H. Hiramatsu, K. Ueda, H. Ohta, M. Orita, M. Hirano, and H. Hosono, *Thin Solid Films*, vol. **411**, pp. 125 – 128 (2002).
3. “Heteroepitaxial growth of a wide-gap p-type semiconductor, LaCuOS”, H. Hiramatsu, K. Ueda, H. Ohta, M. Orita, M. Hirano, and H. Hosono, *Appl. Phys. Lett.*, vol. **81**, pp. 598 – 600 (2002).
4. “Wide-gap P-type Conductive Properties in Layered Oxychalcogenides”, K. Ueda, K. Takafuji, H. Hiramatsu, H. Ohta, M. Hirano, H. Hosono, and H. Kawazoe, *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. **747**, pp. 223 – 234 (2003).
5. “Heteroepitaxial Growth of a Wide Gap P-type Oxsulfide, LaCuOS”, H. Hiramatsu, K. Ueda, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. **747**, pp. 359 – 364 (2003).
6. “Degenerate p-type conductivity in wide-gap LaCuOS_{1-x}Se_x (x=0–1) epitaxial films”, H. Hiramatsu, K. Ueda, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *Appl. Phys. Lett.*, vol. **82**, pp. 1048 – 1050 (2003).
7. “自然超格子構造を有する透明半導体”, 平松秀典, 太田裕道, 植田和茂, 平野正浩, 細野秀雄, 「月刊ディスプレイ」 vol. **9(5)**, pp. 78 – 83 (2003).
8. “Electrical and Optical Properties and Electronic Structures of LnCuOS (Ln = La ~ Nd)”, K. Ueda, K. Takafuji, H. Hiramatsu, H. Ohta, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Chem. Mater.*, vol. **15**, pp. 3692 – 3695 (2003).
9. “Intrinsic excitonic photoluminescence and band-gap engineering of wide-gap p-type oxychalcogenide epitaxial films of LnCuOCh (Ln = La, Pr and Nd; Ch = S or Se) semiconductor alloys”, H. Hiramatsu, K. Ueda, K. Takafuji, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *J. Appl. Phys.*, vol. **94**, pp. 5805 – 5808 (2003).
10. “Wide gap p-type degenerate semiconductor: Mg-doped LaCuOSe”, H. Hiramatsu, K. Ueda, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *Thin Solid Films*, vol. **445**, pp. 304 – 308 (2003).
11. “Mechanism for Heteroepitaxial Growth of Transparent P-Type Semiconductor: LaCuOS by Reactive Solid-Phase Epitaxy”, H. Hiramatsu, H. Ohta, T. Suzuki, C. Honjyo, Y. Ikuhara, K. Ueda, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Cryst. Growth Des.*, (in press)
12. “Heteroepitaxial growth of wide gap p-type semiconductors: LnCuOCh (Ln= La, Pr and Nd; Ch= S or Se) by reactive solid-phase epitaxy”, H. Hiramatsu, K. Ueda, K. Takafuji, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *Appl. Phys. A*, (submitted)
13. “Degenerate electrical conductive and excitonic photoluminescence properties of epitaxial films of wide gap p-type layered oxychalcogenides, LnCuOCh (Ln= La, Pr and Nd; Ch= S or Se)”, H. Hiramatsu, K. Ueda, K. Takafuji, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *Appl. Phys. A*, (submitted)
14. “Single-atomic-layered quantum wells built in wide-gap semiconductors, LnCuOCh (Ln = lanthanide, Ch = chalcogen)”, K. Ueda, H. Hiramatsu, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *Phys. Rev. B*, (submitted)
15. “Fabrication of heteroepitaxial thin films of layered oxychalcogenides LnCuOCh (Ln= La – Nd; Ch= S – Te) by reactive solid-phase epitaxy”, H. Hiramatsu, K. Ueda, K. Takafuji, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *J. Mater. Res.*, (to be submitted)
16. “Synthesis of Single-phase Layered Oxychalcogenide La₂CdO₂Se₂: Crystal Structure, Optical and Electrical Properties”, H. Hiramatsu, K. Ueda, T. Kamiya, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, *Cryst. Growth Des.*, (to be submitted)
17. “Optical Properties Originating from Natural Two-Dimensional Electronic Structure in Wide-Gap CdSe-Based, Layered Oxychalcogenide, La₂CdO₂Se₂”, H. Hiramatsu, K. Ueda, T. Kamiya, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, *Chem. Mater.*, (to be submitted)

Other Papers

1. “Pulsed laser deposition system for producing oxide thin films at high temperature” M. Orita, H. Ohta, H. Hiramatsu, M. Hirano, S. Den, M. Sasaki, T. Katagiri, H. Mimura, and H. Hosono, *Rev. Sci. Instrum.*, vol. **72**, pp. 3340 – 3343 (2001).
2. “Preparation of highly conductive, deep ultraviolet transparent β -Ga₂O₃ thin film at low deposition temperature”, M. Orita, H.

- Hiramatsu**, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, *Thin Solid Films*, vol. **411**, pp. 134 – 139 (2002).
3. “Heteroepitaxial growth of single-phase zinc blende ZnS films on transparent substrates by pulsed laser deposition under H₂S atmosphere”, **H. Hiramatsu**, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, *Solid State Commun.*, vol. **124**, pp. 411 – 415 (2002).
 4. “Frontier of transparent conductive oxides”, H. Ohta, M. Orita, **H. Hiramatsu**, K. Nomura, M. Miyakawa, K. Ueda, M. Hirano, and H. Hosono, *International Conferences on Modern Materials & Technologies (CIMTEC) 2002 Proc.*, 10th International Ceramics Congress –Part D, vol. **4**, pp. 983 – 994 (2003).
 5. “Wide-gap P-type Cu (I)-containing layered oxychalcogenides”, K. Ueda, H. Hosono, **H. Hiramatsu**, M. Orita, M. Hirano, and H. Kawazoe, *International Conferences on Modern Materials & Technologies (CIMTEC) 2002 Proc.*, 10th International Ceramics Congress –Part D, vol. **4**, pp. 1029 – 1036 (2003).
 6. “Reactive Solid-Phase Epitaxy”, H. Ohta, K. Nomura, **H. Hiramatsu**, T. Suzuki, K. Ueda, M. Orita, M. Hirano, Y. Ikuhara, and H. Hosono, *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. **747**, pp. 257 – 266 (2003).
 7. “Frontier of transparent oxide semiconductors”, H. Ohta, K. Nomura, **H. Hiramatsu**, K. Ueda, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Solid-State Electron.*, vol. **47**, pp. 2261 – 2267 (2003).
 8. “High-Quality Epitaxial Film Growth of Transparent Oxide Semiconductors”, H. Ohta, K. Nomura, **H. Hiramatsu**, T. Suzuki, K. Ueda, T. Kamiya, M. Hirano, Y. Ikuhara, and H. Hosono, *J. Ceram. Soc. Jpn.* (Supplement Edition) (in press)
 9. “Natural nanostructures in ionic semiconductors”, T. Kamiya, H. Ohta, **H. Hiramatsu**, K. Hayashi, K. Nomura, S. Matsuishi, K. Ueda, M. Hirano, and H. Hosono, *Microelectronic Engineering*, (submitted as a Micro and Nano Engineering Proc.)
 10. “Epitaxial Growth and Application of Transparent Oxide Semiconductors”, H. Ohta, K. Nomura, **H. Hiramatsu**, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Electrochemical Society Proceedings*, (submitted)
 11. “Third-order optical nonlinearity originating from room temperature exciton in layered compounds LaCuOS and LaCuOSe”, H. Kamioka, **H. Hiramatsu**, H. Ohta, M. Hirano, K. Ueda, T. Kamiya, and H. Hosono, *Appl. Phys. Lett.*, (in press)
 12. “Photonic materials utilizing natural occurring nanostructures”, H. Kamioka, **H. Hiramatsu**, K. Hayashi, M. Hirano, and H. Hosono, *J. Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, (in press)
 13. “Thermoelectric Properties of (ZnO)₅In₂O₃ Thin Films Prepared by r.f. Sputtering Method”, **H. Hiramatsu**, H. Ohta, W. -S. Seo, and K. Koumoto, *J. Jpn. Soc. Powder and Powder Metal.*, vol. **44**, pp. 44 – 49 (1997).
 14. “Improvement in thermoelectric properties of (ZnO)₅In₂O₃ through partial substitution of yttrium for indium”, M. Kazeoka, **H. Hiramatsu**, W. -S. Seo, and K. Koumoto, *J. Mater. Res.*, vol. **13**, pp. 523 – 526 (1998).
 15. “Electrical and Optical Properties of Radio-Frequency-Sputtered Thin Films of (ZnO)₅In₂O₃”, **H. Hiramatsu**, W. -S. Seo, and K. Koumoto, *Chem. Mater.*, vol. **10**, pp. 3033 – 3039 (1998).

Presentation Lists

International Presentations

1. “Electrical and optical properties of transparent p-type (La_{1-x}Sr_xO)CuS thin films prepared by rf sputtering method”, **H. Hiramatsu**, K. Ueda, H. Ohta, M. Orita, M. Hirano, and H. Hosono, *The 2nd International Symposium on Transparent Oxide Thin Films for Electronics and Optics (TOEO-2)*, Tokyo, **Japan**, Nov. 8 – 9, 2001.
2. “Heteroepitaxial growth of a wide gap p-type oxysulfide, LaCuOS”, **H. Hiramatsu**, K. Ueda, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, *2002 MRS Fall Meeting*, Boston, Massachusetts, **USA**, Dec. 2 – 4, 2002.
3. “Wide Gap P-type Degenerate Semiconductor: Mg-doped LaCuOSe” (Poster), **H. Hiramatsu**, K. Ueda, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *The 3rd International Symposium on Transparent Oxide Thin Films for Electronics and Optics (TOEO-3)*, Tokyo, **Japan**, Apr. 10 – 11, 2003.
4. “Wide Gap P-type Semiconductors, LaCuOS_{1-x}Se_x Epitaxial Layers” (Invited), **H. Hiramatsu**, K. Ueda, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *International Conference on Metallurgical Coating and Thin Films (ICMCTF) 2003*, San Diego, California, **USA**, Apr. 28 – May 2, 2003.
5. “Heteroepitaxial Growth of Wide Gap P-type Semiconductors: LnCuOCh (Ln= Lanthanides, Ch= S or Se) by Reactive Solid Phase Epitaxy”, **H. Hiramatsu**, K. Ueda, K. Takafuji, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, *The 7th International*

Conference on Laser Ablation 2003 (COLA'03), Hersonissos, Crete, **Greece**, Oct. 5 – 10, 2003.

6. “Wide Gap P-type Degenerate Conductive and Excitonic Photoluminescence Properties of $\text{LnCuOS}_{1-x}\text{Se}_x$ (Ln= Lanthanides) Epitaxial Films” (Poster), **H. Hiramatsu**, K. Ueda, K. Takafuji, H. Ohta, M. Hirano, T. Kamiya, and H. Hosono, The 7th International Conference on Laser Ablation 2003 (COLA'03), Hersonissos, Crete, **Greece**, Oct. 5 – 10, 2003.

Domestic Presentations

1. “rfスパッタリング法によるワイドギャップp型半導体(LaO) CuS 薄膜の作製”, **平松秀典**, 植田和茂, 太田裕道, 折田政寛, 平野正浩, 細野秀雄, 第62回(2001年秋季)応用物理学会 学術講演会, 愛知, 2001年9月11日–14日.
2. “ワイドギャップp型半導体 LaCuOS のエピタキシャル成長と光物性”, **平松秀典**, 植田和茂, 太田裕道, 折田政寛, 平野正浩, 細野秀雄, 第49回(2002年春季)応用物理学関係連合講演会, 神奈川, 2002年3月27日–30日.
3. “ワイドギャップp型半導体 $\text{LaCuOS}_{1-x}\text{Se}_x$ ($x = 0 - 1$) のヘテロエピタキシャル成長と発光特性”, **平松秀典**, 植田和茂, 太田裕道, 平野正浩, 細野秀雄, 第63回(2002年秋季)応用物理学会 学術講演会, 新潟, 2002年9月24日–27日.
4. “透明 $\text{LaCuOS}_{1-x}\text{Se}_x$ エピタキシャル薄膜のp型縮退伝導と室温励起子発光”(招待講演), **平松秀典**, 日本学術振興会 透明酸化物光電子材料第166委員会 第23回研究会, 東京, 2003年1月20日.
5. “反応性固相エピタキシャル成長法により作製した LaCuOS エピタキシャル薄膜の成長機構”, **平松秀典**, 太田裕道, 鈴木敏之, 本庄千鶴, 幾原雄一, 植田和茂, 神谷利夫, 平野正浩, 細野秀雄, 第64回(2003年秋季)応用物理学会 学術講演会, 福岡, 2003年8月30日–9月2日.
6. “自然超格子構造を有するオキシカルコゲナイド LnCuOCh (Ln =La–Nd; Ch =S, Se) エピタキシャル薄膜のワイドギャップP型縮退伝導と室温励起子発光”, (ポスター, **第15回応用物理学会講演奨励賞**), **平松秀典**, 植田和茂, 太田裕道, 神谷利夫, 平野正浩, 細野秀雄, 第64回(2003年秋季)応用物理学会 学術講演会, 福岡, 2003年8月30日–9月2日.