

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420291

研究課題名(和文) 格子整合型ヘテロ接合構造によるZnTe系純緑色発光素子の高効率化

研究課題名(英文) Development of lattice matched heterojunction structure for improvement of efficiency of ZnTe pure-green LED

研究代表者

西尾 光弘(Nishio, Mitsuhiro)

佐賀大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60109220

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ZnMgSeTeの有機金属気相成長に関する成果をまとめた。組成、ラマン特性、表面形態、表面粗さの各種成長条件(基板温度、反応室圧力、Mg、Se、Pの有機金属原料の供給量)依存性を明らかにした。例えば、組成は基板温度に強く依存し、低い基板温度の使用で原料供給量によってMgのみならずSeに対しても適度の組成に制御できることを実証した。また、ラマンスペクトルの組成に対する挙動も明らかにすると共に、ZnTeとの格子整合が実現される成長条件で、良好な結晶膜が得られることも実証した。また、燐のドーピングでp型伝導が可能であり、更にアニール処理によって高キャリア密度が実現できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The results on metalorganic vapor phase epitaxial growth of ZnMgSeTe layers were summarized briefly. The effects of several growth conditions such as substrate temperature, reactor pressure and transport rates of metalorganic sources and tris-dimethylaminophosphorus dopant upon the fractions of Mg and Se, Raman property, the surface morphology and surface roughness have been clarified. ZnMgSeTe layer with relatively high Mg and Se fractions is obtainable at a low substrate temperature. It has been shown by varying source transport rate that ZnMgSeTe layer nearly-lattice-matched to ZnTe substrate shows good crystal quality, independent of reactor pressure. Even as-grown phosphorus doped ZnMgSeTe layers nearly lattice-matched to ZnTe show p-type conduction. The carrier concentration of the layer is enhanced by annealing treatment. A maximum carrier concentration of $2.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ is obtained.

研究分野：電子,電気材料工学

キーワード：4元ZnTe系材料 格子整合 純緑色LED 結晶評価 p型ド - ピング アンド - プ

1. 研究開始当初の背景

550nm付近の波長域の純緑色発光素子は、グリーンギャップと呼ばれる発光波長に対するパワー効率の極小にあたり、パワー効率0.1%程度のGaPを用いた発光素子しか市販されていない。高効率化により通信用光源、検査用光源、液晶バックライトや屋内外の表示装置、自動車用、交通の照明など様々な応用が期待されるので、GaP系に加えて、青緑色で実用化されているInGaN系が注目されたが、GaPは発光に適さない間接遷移型半導体であり、InGaNは直接遷移型半導体であるもののIn含有量の増加に伴う結晶性の劣化やピエゾ効果など結晶性や発光機構に起因した問題が残されており、波長550nm付近の純緑色の高効率化は難しい。また、これらの材料では、構成元素のGaやInが常に高騰が懸念されている。

ZnTeは、GaPと同じバンドギャップをもつ直接遷移型半導体であり、結晶育成が容易で、原材料不足の懸念がないなど資源の面でも有利であるので、純緑色発光素子の有望な材料である。従来、この材料の難点はn型の作製が困難であることであったが、近年n型ドープバンドとしてAlが各種の低温プロセスで有効性が示された。例えば、有機金属気相成長法(本研究グループ)、低温熱拡散法(本研究グループ、ジャパニエナジ)、分子線エピタキシャル成長法(東北大学)、レザードーピング法(ベラルス)などによりn型ZnTeが報告されるに至った。また、低温でのAlドープにかかわるZnTe中の発光スペクトルの挙動や不純物等のエネルギー準位なども明らかにされた。更に、低温でのAlのドーピングで形成されたp-n接合ZnTeを用いた発光素子の試作(ベラルス、ジャパニエナジ、本研究グループ)が相次いで報告され、いずれも室温での発光が確認されたが、市販品のGaP系の緑色発光素子に比べると発光は弱いものであった。本研究グループは性能向上のために良質なn型ZnTeを達成することが不可欠と考え、拡散制御層を用いて低温熱拡散でAlドープ量を制御しようとした。その結果、拡散制御層の材料、厚さ、拡散温度などを適切化することにより、良好なp-n接合界面や強いフォトルミネッセンスを有するn型拡散層の形成に成功した。また、研磨技術やエッチング技術を用いて、ZnTe自体を薄膜化することにより、ZnTeの自己吸収を抑え、バルク結晶を用いたホモ接合構造でありながら約0.3%と同波長域の市販品レベルのパワー効率(0.1%)を凌駕する緑色発光素子に成功し、純緑色域においてZnTeが高いポテンシャルを有する材料であることを示し、広く成果を公表した。また、本研究グループでは、バルク結晶の代わりに高品質エピ膜に同

様な手法を適用すると同程度以上の性能を得ることができた。

発光素子の高効率化にとってキャリア閉じ込めが期待されるヘテロ構造の作製と評価は重要である。これに適した材料として $Zn_{1-x}Mg_xTe$ 3元混晶の研究をZnTeエピ膜の研究と並行して進めた。Pドーピングがp型ZnTeに対し有用であったので $Zn_{1-x}Mg_xTe$ についても実施した。 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ バルク結晶の基礎物性データの掌握や主として有機金属化学気相成長法を利用したPドープp型ZnTeやアンドープまたはPドープp型 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ の高品質化を進めてきた。Pドープp型ZnTeに関しては、既に7年ほど前から研究を行ってきており、新規のドーパントとしてTDMAP(tris-dimethylaminophosphorus)に注目し、ドーピング条件とフォトルミネッセンス特性、電気的特性との関係を明らかにしてきた。また、成長後の窒素雰囲気中でのアニール処理がエピ膜の光学的電気的特性の改善にとって極めて重要であること、その効果はVI/II供給量比に強く依存すること、 $10^{19}cm^{-3}$ 近くの高キャリア密度を達成し、電気的特性の解析やドープ機構の解明、エピ膜の表面の平坦化条件の探求などを行ってきた。また、GaAs、 Al_2O_3 、 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ 上へのZnTeのヘテロ成長やZnTe上への $Zn_{1-x}Mg_xTe$ 、 $ZnTe_{1-x}O_x$ のヘテロ成長を試み、表面平坦性、結晶性、光の透過性などヘテロ構造にかかわる知見を得てきた。

発光素子の性能改善にかかわるこれらのデータ収集は先駆的な研究にあたりと考えられ、例えば、 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ 3元混晶さえ研究事例が非常に少ないので、Mg組成とバンドギャップ、格子定数、結晶性、Pドープによる光学的電気的特性への効果などと基礎データ収集が中心であったが、X線ロックインカーブの半値幅が狭く(例えばバルク結晶では50-80arcsec)、キャリア密度が高い(バルク結晶 $10^{17}cm^{-3}$ 台、エピ膜 $10^{18}cm^{-3}$ 台)と良好なp型 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ ($x < 0.3$)を作製する技術を確認できた。 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ 3元混晶を用いて、ZnTeとのヘテロ構造による発光素子も試作し、その性能を掌握しつつあるが、格子不整合は性能に大きな影響を及ぼし、界面付近に生じる非発光領域の抑制は容易でない。そこで、 $Zn_{1-x}Mg_xTe$ にSeを付加しZnTeと格子整合させるというアイデアに至った。

量産化に有利で高品質エピ膜を得るのに適した有機金属気相成長法による $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 膜の作製例はこれまでなかったことから、成長に関する基礎データを収集した。その結果、 $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ にかかわる化合物の基礎データを用いて計算されたZnTeと格子整合する組成や組成とバンドギャップの関係は、限られた成長実験データであったが、おおよそ一致することが見い出さ

れた。従って、有機金属気相成長法によっても適切な組成を有する $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ エピ膜によりZnTeと格子整合させることが実現できる可能性があることが分かり、今後、データを増やし、デバイス設計に役立てることがこの分野では大切であると考えた。このため、組成制御が可能な新たな成長条件を用いて実験データを増やす必要がある。

以上の研究経緯から $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶を用いた格子整合型のヘテロ構造の開発は、ヘテロ界面付近の欠陥密度の低減化につながることで、純緑色発光素子の高効率化が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、これまで培ってきたZnTe, $Zn_{1-x}Mg_xTe$ の高品質結晶を得るための知見、経験を活用して、ZnTeと格子整合可能な $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶エピ層の高キャリア密度化、ヘテロ構造界面付近の良質化等を実施し、格子整合型のヘテロ構造による従来にはない優れたZnTe系の緑色発光素子の試作につなげることを大きな目的とした。これを実現するため、これまでの研究を継続し常圧成長による $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶の結晶性、組成の各種成長条件依存性の把握、更には多層膜作製に有利な減圧成長への移行のため、減圧下でのZnTeおよび $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ を構成する3元混晶の膜質の成長条件依存性との対応関係の把握、この減圧成長の基礎データを活用して減圧下での $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶の結晶性、組成制御性の向上の実現、格子整合の成長条件下での $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ の高キャリア密度ドピングの実現、発光素子の性能向上のためのAl電極透明化などを目指した。

3. 研究の方法

(1)常圧有機金属気相成長法による $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶成長のデータを蓄積し、結晶性、組成の各種成長条件依存性を把握する。組成、結晶性、バンドギャップなどを把握する。このため、SEM, AFM, EDX, X線回折、ラマン分光、吸収係数測定などを行う。

(2)減圧可能な新たな成長装置を利用して、減圧下でのZnTeおよび $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ を構成する3元混晶の膜質の成長条件依存性との対応関係を把握する。(1)で述べた評価に加え、フォトルミネッセンス測定も行う。

(3)減圧下での $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶の成長と結晶性、組成の成長条件依存性を把握し、高品質ZnTeの成長条件と同じ反応室圧力、基板温度での格子整合条件を見つける。評価は(1)で述べたものと同様である。

(4)格子整合の成長条件下でのp型 $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ の高キャリア密度ドピングを実現するため、ドーパント量依存性とアニ

ル条件依存性を掌握する。コンタクトの性能やHall測定による電気的性質を明らかにする。

(5)拡散制御層を用いたn型化のためのAl拡散とAl電極透明化などにより発光素子の性能向上とその特性を掌握する。Alの極膜化とその上への透明電極の実現などを含んでおり、電極材料の品質も評価する。

4. 研究成果

(1)常圧有機金属化学気相成長法を用いて、基板温度、Se, Mgの原料供給量などの成長条件を変えて主としてZnTe(100)面上に $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶のエピ膜を作製し、気相反応の軽減化によるMg含有量の増加条件並びにSeおよびMgの組成の振る舞いを掌握した。

(2)また、表面形態、表面粗さ、結晶性、バンドギャップ、ラマン分光スペクトルの常圧成長における成長条件依存性を明らかにできた。

(3)新型有機金属気相成長装置を用いて、多層膜作製に有利な減圧成長への移行のため、減圧下でのZnTeの膜質、表面粗さや $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ を構成する3元混晶の組成、膜質などの反応室圧力、原料供給量などの成長依存性を掌握した。

(4)減圧成長下でフォトルミネッセンスにおいて自由励起子発光が支配的かつ非常に平坦な高品質ZnTe結晶を達成できる成長条件を成長機構との対応で掌握できた。また、TDMAPを用いて、キャリア密度 10^{19} cm^{-3} 台のp型ZnTeを実現した。

(5)(3), (4)で掌握した基礎データに基づき、減圧下での $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ 4元混晶の有機金属気相成長を実施し、結晶性、組成の制御性を検討した。

(6)表面形態、表面粗さ、結晶性、バンドギャップ、ラマン分光スペクトルの減圧成長における成長条件依存性を明らかにし、結晶性、組成の制御性の向上をはかることができた。

(7)減圧下、常圧下ともにZnTeと格子整合できる $Zn_{1-x}Mg_xTe_{1-y}Se_y$ の成長条件を確立でき、表面形態、表面粗さ、結晶性の大幅な向上を達成した。

(8)ZnTeや $Zn_{1-x}Mg_xTe$ において有効であったTDMAPを用いて、p型ドーピングの可能性を探り、 $Zn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_y$ 薄膜結晶への燐ドピングに成功し、ドピング量の最適化に関する知見を得た。

(9)As-grownで 10^{16} - 10^{17} cm^{-3} のキャリア密度を有するp型 $Zn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_y$ を実現し、アニール処理により、キャリア密度が増大できること、その結果 $2.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の高キャリア密度のp型 $Zn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_y$ が実現できることを初めて示した。

(10)発光素子の性能向上のため、分子線エピタキシャル成長装置などを用いて拡散制御層を介したエピ膜へAlを拡散した後、n型側から光を取り出すようにAl電極を極薄膜化しこの上のITOの透明電極からの純緑色発

光の性能評価を行った。

(11)ZnTeおよび $Zn_{1-x}Mg_xSe_{1-y}Te_y$ の格子整合条件下での薄膜結晶の成長速度、表面粗さに関する成長条件依存性を明らかにでき、シングルヘテロ構造、ダブルヘテロ構造のLED化につながる有益な情報を収集できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

1. Mitsuhiro Nishio, Katsuhiko Saito, Masakatsu Abiru, Eiichiro Mori, Yasuhiro Araki, Daichi Tanaka, Tooru Tanaka, and Qixin Guo, Low pressure MOVPE growth and characterization of ZnTe homoepitaxial layers, Physica Status Solidi (c), Vol.1-4, 2016. 年 in press. 査読有

DOI: 10.1002/pssc.201510240

2. Katsuhiko Saito, Masakatsu Abiru, Eiichiro Mori, Yasuhiro Araki, Daichi Tanaka, Tooru Tanaka, Qixin Guo, and Mitsuhiro Nishio, Influence of source transport rate upon fractions of Mg and Se in $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ Layers grown by metalorganic vapor phase epitaxy, Physica Status Solidi (c), Vol.1-4, 2016 in press. 査読有

DOI: 10.1002/pssc.201510304

3. Tooru Tanaka, Kosuke Mizoguchi, Toshiki Terasawa, Yuuki Okano, Katsuhiko Saito, Qixin Guo, Mitsuhiro Nishio, Kin Man Yu, and Wladek Walukiewicz, Compositional dependence of optical transition energies in highly mismatched $Zn_{1-x}Cd_xTe_{1-y}O_y$ alloys, Applied Physics Express Vol. 9, pp. 021202(4pages), 2016. 査読有

4. M. Nishio, K. Saito, K. Urata, Y. Okamoto, D. Tanaka, Y. Araki, M. Abiru, E. Mori, T. Tanaka, Q. Guo, Compositions of Mg and Se, surface morphology, roughness and Raman property of $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ layers grown at various substrate temperatures or dopant transport rates by MOVPE, Journal of Crystal Growth, Vol.414, pp.114-118, 2015. 査読有

DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2014.10.014

5. Tooru Tanaka, Masaki Miyabara, Yasuhiro Nagao, Katsuhiko Saito, Qixin Guo, Mitsuhiro Nishio, Kin Man Yu, and Wladek Walukiewicz, Photogenerated current by two-step photon excitation in ZnTeO Intermediate Band Solar Cells with n-ZnO window layer, IEEE Journal of Photovoltaics, Vol.4, pp.196-201, 2014. 査読有

10.1109/JPHOTOV.2013.2282738

6. M. Nishio, K. Saito, R. Ito, K. Tanaka, K. Urata, Y. Nakamura, T. Tanaka, Q.X. Guo, The effects of substrate temperature upon the compositions of Mg and Se in $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ layer grown by MOVPE, physica status solidi (c), Vol.11, pp. 1202-1205, 2014. 査読有

DOI 10.1002/pssc.201300610

7. Hajime Akiyama, Katsuhiko Saito, Tooru Tanaka, Mitsuhiro Nishio, and Qixin Guo, Fabrication of ZnO/ZnTe heterojunction by using

a Room Temperature Direct Bonding technology physica status solidi (c), Vol.11, pp. 1218-1220, 2014., 11, 1218-1220 2014. 査読有

DOI: 10.1002/pssc.201300642

8. Mitsuhiro Nishio, Keita Kai, Ryota Fujiki, Katsuhiko Saito, Tooru Tanaka, Qixin Guo, Effects of annealing treatment upon electrical and photoluminescence properties of phosphorus-doped ZnMgTe epilayers grown by metalorganic vapor phase epitaxy, Journal of Crystal Growth Vol.370, pp.342-437, 2013. 査読有

10.1016/j.jcrysgro.2012.07.024

9. Mitsuhiro Nishio, Yuji Hayashida, Katsuhiko Saito, Tooru Tanaka, Qixin Guo, Surface morphologies and photoluminescence properties of undoped and P-doped ZnTe layers grown by metalorganic vapor phase epitaxy, Journal of Crystal Growth, Vol.370, pp.348-352, 2013. 査読有

10.1016/j.jcrysgro.2012.07.020

2. Mitsuhiro Nishio, Keita Kai, Ryota Fujiki, Katsuhiko Saito, Tooru Tanaka, Qixin Guo, Effects of annealing treatment upon electrical and photoluminescence properties of phosphorus-doped ZnMgTe epilayers grown by metalorganic vapor phase epitaxy, Journal of Crystal Growth Vol.370, pp.342-437, 2013. 査読有

11.1016/j.jcrysgro.2012.07.024

1. Yan-Cheng Lin, Ming-Jui Tasi, Wu-Ching Chou, and Wen-Hao Chang, Tooru Tanaka, Mitsuhiro Nishio, and Qixin Guo, Recombination dynamics and carrier lifetimes in highly mismatched ZnTeO alloys, Applied Physics Letters, Vol.103 p.261905, 2013. 査読有

10.1063/1.4858968

〔学会発表〕(計 31 件)

1. M. Nishio, K. Saito, M. Abiru, E. Mori, Y. Araki, D. Tanaka, T. Tanaka, and Q.X. Guo, Low Pressure MOVPE Growth and Characterization of ZnTe Homoepitaxial Layers, 2015 年 9 月 13-18 日, MoP-23, Paris.

2. K. Saito, M. Abiru, E. Mori, Y. Araki, D. Tanaka, T. Tanaka, Q.X. Guo, and M. Nishio, Influence of Source Transport Rate upon Compositions of Mg and Se in $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ Layers grown by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, 17th international conference on II-VI compounds and related materials, 2015 年 9 月 13-18 日, MoP-21, Paris.

3. 田中大地, 阿比留昌克, 荒木康博, 森 英一郎, 齋藤勝彦, 田中 徹, 西尾光弘, 減圧 MOVPE 法による p-ZnTe 膜の特性の TDMAP 供給量の効果, 平成 27 年度(第 68 回)電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2015 年 9 月 27 日, 05-2P-15, 福岡大学

4. 荒木康博, 阿比留昌克, 田中大地, 森 英一郎, 齋藤勝彦, 田中 徹, 郭 其新, 西尾光弘, MOVPE 法による燐ドーピング ZnTe 膜の

特性に及ぼす成長室圧力の影響,平成 27 年度 (第 68 回)電気・情報関係学会九州支部連合大会,2015 年 9 月 27 日, 05-2P-14, 福岡大学

5.阿比留昌克, 森 栄一郎, 荒木康博, 田中大地, 中鶴悠太, 庄野智瑛, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭 其新, 西尾光弘, 減圧 MOVPE 法により作製された $Zn_{1-x}Mg_xTe$ 膜の特性に及ぼす原料供給量の効果, 平成 27 年度 (第 68 回)電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2015 年 9 月 27 日, 福岡大学

6.森英一郎, 阿比留昌克, 荒木康博, 田中大地, 中鶴悠太, 庄野智瑛, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 減圧有機金属気相成長法による $ZnSe_xTe_{1-x}$ の作製と評価, 平成 27 年度 (第 68 回)電気・情報関係学会九州支部連合大会

2015 年 9 月 27 日, 05-2P-12, 福岡大学

7.中島洋平, 野田真司, 齋藤勝彦, 西尾光弘, 田中徹, 郭其新, PLD 法によるアンドープ ZnTe 薄膜成長及び評価, 平成 27 年度 (第 68 回)電気・情報関係学会九州支部連合大会, 平成 27(2015)年 9 月 27 日, 05-2P-08, 福岡大学

8.庄野 智瑛, 中鶴 悠太, 阿比留 昌克, 荒木康博, 田中 大地, 森 英一郎, 齋藤 勝彦, 田中 徹, 郭 其新, 西尾 光弘, 有機金属化学気相法による 4 元混晶半導体 $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の成長と評価, 平成 27 年度応用物理学学会「多元系化合物・太陽電池研究会」年末講演会, 2015 年 12 月 12 日, P-31, アオーレ長岡

9.中鶴 悠太, 庄野 智瑛, 齋藤 勝彦, 田中徹, 郭 其新, 西尾 光弘, 有機金属気相成長法により作製された P ドープ ZnTe エピ膜の電気的性質の温度依存性, 平成 27 年度応用物理学学会九州支部学術講演会 2015 年 12 月 5 日, 5Ba-10, 琉球大学

10. Mitsuhiro Nishio, Katsuhiko Saito, Kensuke Urata, Yasuhiro Okamoto, Yasuaki Nakamura, Tooru Tanaka and Qixin Guo, Effects of substrate temperature and doping upon some properties of undoped and phosphorus-doped $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ layer grown by metalorganic vapor phase epitaxy, 17th International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, 13th – 18th July 2014 Mon-Poster-0-85, Lausanne, Switzerland

11. Katsuhiko Saito, Mitsuhiro Nishio, Kensuke Urata, Yasuhiro Okamoto, Yasuaki Nakamura, Tooru Tanaka and Qixin Guo, Effects of DETe transport rate upon some properties of phosphorus-doped $Zn_{1-x}Mg_xTe$ layers grown by metalorganic vapor phase epitaxy, 17th International Conference on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, 13th – 18th July 2014 Thu-Poster-0-84, Lausanne, Switzerland

12.岡本康弘, 西尾光弘, 田中 徹, 齋藤勝彦, 浦田健祐, 阿比留昌克, 田中大地, 荒木康博, 森 英一郎, ITO 透明電極を用いた ZnTe 緑色 LED の作製と評価, 平成 26 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 第 67 回連合大会

2014 年 9 月 18 日 07-1A-06, 鹿児島大学
13.浦田健佑, 田中大地, 荒木康博, 阿比留昌克, 森 英一郎, 齋藤勝彦, 田中 徹, 郭 其新, 西尾光弘, 有機金属気相成長法による $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 薄膜の成長と Mg 組成の制御, 平成 26 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 第 67 回連合大会, 2014 年 9 月 18 日 07-1A-05, 鹿児島大学

14.中嶋和紀, 中島洋平, 齋藤勝彦, 田中 徹, 西尾光弘, 郭 其新, MOVPE 法による m-plane サファイア基板上への ZnTe ヘテロエピタキシャル成長の基板温度依存性, 平成 26 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 第 67 回連合大会 2014 年 9 月 18 日 07-1A-03, 鹿児島大学

15.荒木康博, 浦田健佑, 阿比留昌克, 田中大地, 森英一郎, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 有機金属気相成長法による ZnTe 基板上への $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ の成長と P ドーピング, 平成 26 年度応用物理学学会九州支部学術講演会, 平成 26 年 12 月 6 日, 6Ep-1, 大分大学
16.田中大地, 浦田健佑, 阿比留昌克, 荒木康博, 森英一郎, 齋藤勝彦, 西尾光弘, 田中徹, 郭其新, 有機金属気相成長法による Al_2O_3 基板上への $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 膜の成長とバンドギャップの評価, 平成 26 年度応用物理学学会九州支部学術講演会, 平成 26 年 12 月 6 日, 6Ea-6, 大分大学

17.森英一郎, 阿比留昌克, 浦田健佑, 荒木康博, 田中大地, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 有機金属気相成長法で作製された ZnTe エピ膜の光学的結晶学的特性に及ぼす圧力の影響, 平成 26 年度応用物理学学会九州支部学術講演会, 平成 26 年 12 月 6 日, 6Ea-5, 大分大学

18.阿比留昌克, 森英一郎, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 減圧有機金属気相成長法により作製された ZnTe エピ膜の成長特性, 平成 26 年度応用物理学学会九州支部学術講演会, 平成 26 年 12 月 6 日, 6Ea-3, 大分大学

19. Mitsuhiro Nishio, Katsuhiko Saito, Ryosuke Ito, Kento Tanaka, Kensuke Urata, Yasuaki Nakamura, Tooru Tanaka, and Qixin Guo, Growth and Characterization of $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ on ZnTe Substrate by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, 16th International Conference on II-VI Compounds and Related Materials (II-VI 2013) September 9-13, 2013, Nagahama, Japan

20.中嶋 和紀, 出木場 透, 齋藤 勝彦, 田中 徹, 西尾 光弘, 郭 其新, MOVPE 法による Al_2O_3 基板上への ZnTe ヘテロエピタキシャル成長の基板面方位依存性, 平成 25 年度応用物理学学会九州支部学術講演会 2013 年 11 月 30 日, 12 月 1 日, 長崎大学

21.中村保晃, 浦田健佑, 伊藤綾祐, 田中健人, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 異なる TDMAP 供給量でドーパされた ZnTe エピ膜のフォトルミネッセンス特性, 平成 25 年度応用物理学学会九州支部学術講演会 2013 年 11 月 30 日, 12 月 1 日長崎大学

22. 長尾康弘, 溝口耕輔, 田中徹, 齋藤勝彦, 郭其新, 西尾光弘, 分子線エピタキシー法による ZnTe 基板上への ZnMgSeTe 四元混晶の成長,

平成 25 年度応用物理学会九州支部学術講演会 2013 年 11 月 30 日, 12 月 1 日長崎大学

23. 溝口 耕輔, 長尾 康弘, 田中 徹, 齋藤 勝彦, 郭其新, 西尾 光弘, ZnTe 基板上への Al ドープ ZnSe 薄膜の MBE 成長と評価, 平成 25 年度応用物理学会九州支部学術講演会 2013 年 11 月 30 日, 12 月 1 日長崎大学

24. Hajime Akiyama, Tooru Idekoba, Katsuhiko Saito, Tooru Tanaka, Mitsuhiro Nishio, and Qixin Guo, Characterization of ZnTe layers on (0001) ZnO substrates by metalorganic vapor phase epitaxy, The 40th International Symposium on Compound Semiconductors May 19-23, 2013, Kobe, Japan

25. Katsuhiko Saito, Ryosuke Ito, Kento Tanaka, Kensuke Urata, Yasuaki Nakamura, Tooru Tanaka, Qixin Guo, and Mitsuhiro Nishio, Correlation Between Photoluminescence and Carrier Concentration in Phosphorus-doped ZnTe, 16th International Conference on II-VI Compounds and Related Materials (II-VI 2013), September 9-13, 2013 年, Nagahama, Japan

26. 田中健人, 伊藤綾祐, 浦田健佑, 中村保晃, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 有機金属気相成長法により作製された $Zn_{1-x}Mg_xSe_yTe_{1-y}$ 層の組成と基板温度の関係, 平成 25 年度(第 66 回)電気関係学会九州支部連合大会 2013 年 9 月 24 日熊本大学

27. 丸山祐一, 岡本康弘, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, Al 電極透明化による ZnTe LED の自己吸収効果の抑制, 平成 25 年度(第 66 回)電気関係学会九州支部連合大会 2013 年 9 月 24 日熊本大学

28. 伊藤綾祐, 田中健人, 浦田健佑, 中村保晃, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 有機金属気相成長法による ZnMgSeTe 薄膜の成長と Se 組成の制御, 平成 25 年度(第 66 回)電気関係学会九州支部連合大会 2013 年 9 月 24 日熊本大学

29. 出木場透, 中嶋和紀, 齋藤勝彦, 田中徹, 西尾光弘, 郭其新, MOVPE 法による (111)GaAs 基板上への ZnTe 薄膜成長に関する研究, 平成 25 年度(第 66 回)電気関係学会九州支部連合大会 2013 年 9 月 24 日熊本大学

30. 浦田 健佑, 伊藤綾祐, 田中健人, 齋藤勝彦, 田中徹, 郭其新, 西尾光弘, 有機金属気相成長法により成長された ZnMgSeTe 膜の成長特性, 平成 25 年度応用物理学会九州支部学術講演会 **2013 年** 11 月 30 日, 12 月 1 日, 長崎大学

31. 岡本 康弘, 伊藤 綾祐, 田中 健人, 齋藤勝彦, 田中 徹, 西尾 光弘, 郭 其新, 有機金属気相成長法により成長された ZnMgSeTe 膜の光学特性について, 平成 25 年度応用物理学会九州支部学術講演会 2013 **年** 11 月 30 日, 12 月 1 日, 長崎大学

〔図書〕(計 1 件)

1. 田中徹, 齋藤勝彦, 西尾光弘, 郭其新, 株式会社電子ジャーナル, ZnTe 基板と LED への応用, 第 2 編 第 7 章 第 6 節 2013 化合物半導体技術大全 2013

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

http://research.dl.saga-u.ac.jp/ra/search.html#/cgi-bin/ra/ra-search.cgi?lang=jp&searchType=openUrl¢er_id=nishio
佐賀大学 研究業績 目録検索

<http://www.sc.ec.saga-u.ac.jp/>

光半導体研究室(トップページ)

<http://www.sc.ec.saga-u.ac.jp/publication.html>

光半導体研究室 研究業績

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西尾 光弘 (NISHIO, Mitsuhiro) (佐賀大学・工学系研究科・教授)

研究者番号: 60109220

(2) 研究分担者

田中 徹 (TANAKA, Tooru) (佐賀大学・工学系研究科・教授)

研究者番号: 20325591

齋藤 勝彦 (SAITO, Katsuhiko) (佐賀大学・シンクロトン応用研究センター・助教)

(3) 連携研究者

なし