

#### 【誌上発表】

1. 平山秀樹、"AlGaN系深紫外LEDの進展"、セラミックス、“特集：LEDを支えるセラミックス”、vol. 47, n. 3, pp. 167-173, 2012年3月号。
2. 平山秀樹、"AlGaN系深紫外LEDの進展と今後の展望"、未来材料 Review、vol. 11, no. 10, pp. 22-32, 2011年10月号。
3. T. T. Lin, L. Ying and H. Hirayama, "Threshold current density reduction by utilizing high-Al-composition barriers in 3.7 THz GaAs/AlGaAs quantum cascade lasers", Appl. Phys. Express, vol. 5, 012101 (2011).
4. W. Terashima and H. Hirayama, "Development of terahertz quantum cascade laser based on III-nitride semiconductors", The Review of Laser Engineering, vol. 39, no. 10, pp. 769-774 (2011).
5. T. Mino, H. Hirayama, T. Takano, K. Tsubaki and M. Sugiyama, "Realization of 256-278 nm AlGaN-based Deep-Ultraviolet Light-Emitting Diodes on Si Substrates Using Epitaxial Lateral Overgrowth AlN Templates", Appl. Phys. Express, vol. 4, 092104 (2011).
6. S. Fujikawa and H. Hirayama, "284-300 nm Quaternary InAlGaN-based Deep-Ultraviolet Light-Emitting Diodes on Si(111) Substrates", Appl. Phys. Express, vol. 4, 061002 (2011).
7. 平山秀樹、「AlGaN系深紫外光源の進展と展望」、光学、第40巻、第9号、pp. 458-464、2011年。
8. 平山秀樹、藤川紗千恵、塚田悠介、鎌田憲彦、「AlGaN系深紫外LEDの進展と展望」、応用物理、2011年4月号、vol. 80, no. 4, pp. 319-324 (2011)。
9. W. Terashima and H. Hirayama: "Molecular beam epitaxy growth of GaN/AlGaN quantum cascade structure using droplets elimination by thermal annealing technique", Phys. Status Solidi (a), vol. 208, no. 5, pp. 1187-1190 (2011).
10. K. Fujita, K. Okuura, H. Miyake, K. Hiramatsu and H. Hirayama, "HVPE growth of thick AlN on trench-patterned substrate", Phys. Status Solidi (c), vol. 8, pp. 1483-1486 (2011).
11. Y. Aoyagi, M. Takeuchi, S. Iwai and H. Hirayama, "High hole carrier concentration realized by alternative co-doping technique in metal organic chemical vapor deposition", Appl. Phys. Letters, vol. 99, no. 11, pp. 112110 (2011).

#### 【国際会議招待講演】

1. H. Hirayama, "Recent progress and future prospects of AlGaN-based deep-UV LEDs", LED and solid state lighting conference, Pusan, Korea, February 23-24, 2012.
2. H. Hirayama, "Recent progress of THz quantum cascade lasers", The 4th Japan-Korea Joint Workshop on Terahertz Technology, Nagoya, December 19-20, 2011.
3. H. Hirayama, "Marked Increase of Injection Efficiency in AlGaN deep-UV LEDs using multi-quantum barrier (MQB)", China International Exhibition and Forum on Solid State Lighting (CHINASSL2011), Shenzhen, China, Nov. 8-10, 2011.

4. H. Hirayama, "High-Efficiency AlGa<sub>N</sub> DUV LEDs", The 7th International Conference on Advanced Materials and Devices (ICAMD2011), Jeju, Korea, Dec. 7-9, 2011.
5. H. Hirayama, "High-Efficiency Short-Wavelength AlGa<sub>N</sub> DUV LEDs Realized by Improving Injection Efficiency with MQB", 5th Asia-Pacific Workshop on Widegap Semiconductors (APWS-2011), Toba, Mie, Japan, May 22-26, 2011.

【国内会議招待講演】

1. 平山秀樹：“原子層ヘテロ構造制御による窒化物発光デバイス新領域の開拓”、第 59 回応用物理学関係連合講演会、早稲田大学、2012 年 3 月 15 日。
2. ワイドギャップ半導体光・電子デバイス、日本学術振興会第 162 委員会、(第 78 回研究会)、2012 年 3 月 2 日、東京、平山秀樹、「AlGa<sub>N</sub> へのドーピング制御と深紫外 LED の高効率化」。
3. 平山秀樹：“最新 LED 技術の展開と加工技術への課題”、砥粒加工学会先進テクノフェア (ATF2012) 講演会「省エネルギー社会を支える先進加工技術」、都立産業技術高等工業専門学校、2012 年 3 月 2 日。
4. 平山秀樹、寺嶋亘、林宗澤：“テラヘルツ量子カスケードレーザの進展と今後の展望”、レーザー学会シンポジウム、仙台、2012 年 1 月 31 日。
5. 平山秀樹、寺嶋亘、林宗澤：“テラヘルツ量子カスケードレーザの進展と今後の展望”、電子情報通信学会・エレクトロニクスソサエティ・電子デバイス研究会「ミリ波・テラヘルツ波デバイス・システム」、東北大学、2011 年 12 月 14 日。
6. 平山秀樹：“ナノプロセスを用いた高効率深紫外 LED”、理研・ナノサイエンス研究施設研究交流会、理化学研究所、2011 年 11 月 25 日。
7. 平山秀樹：“AlGa<sub>N</sub> 系深紫外 LED の開発 (ベンチャー起業の可能性に関して) ”、理研ベンチャーの会第 2 回交流会、理研・東京連絡事務所、2011 年 11 月 18 日。
8. 電子ジャーナルテクニカルセミナー、「UV-LED の現状と将来展望」、2011 年 11 月 16 日、平山秀樹、御茶ノ水、総評会館。
9. 平山秀樹：“AlGa<sub>N</sub> 系深紫外 LED の開発”、光交流会オプトフォーラム、2011 年 10 月 12 日。
10. 藤川紗千恵、平山秀樹：“窒化物半導体を用いた深紫外 LED の開発”、第 3 回窒化物半導体結晶成長講演会【奨励賞受賞講演】、九州大学、2011 年 6 月。
11. 第 12 回理研・分子研合同シンポジウム「エクストリームフォトンクス研究」、「テラヘルツ量子カスケードレーザの進展」、平山秀樹、2011 年 6 月 30 日、理研。
12. ワイドギャップ半導体光・電子デバイス、日本学術振興会第 162 委員会、(第 74 回研究会)、2011 年 4 月 22 日、東京、平山秀樹、「AlGa<sub>N</sub> 系深紫外 LED の高効率化、進展と展望」。

【国際会議】

1. Tsung-Tse Lin and Hideki Hirayama, "Proposal of utilizing high-Al-composition  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  terahertz quantum cascade lasers", The 1st International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano 2011) and 2nd Workshop of International Terahertz Research Network (GDR-I THz 2011), Osaka, Japan, November 24-29, 2011.
2. S. Fujikawa, H. Hirayama, Y. Kashima, H. Nishihara, T. Tashiro, T. Ohkawa, S. W. Youn and H. Takagi, "Improvement of Light Extraction Efficiency of AlGaIn Deep-UV LED using 2-Dimensional Photonic Crystal (2D-PhC)", The 4th International Symposium on Growth of III-Nitrides (ISGN-4), Mo-2o, St. Petersburg, Russia, July 15-19, 2012.
3. T. T. Lin and H. Hirayama: "Proposal of utilizing high-Al-composition  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  terahertz quantum cascade lasers", International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano 2011), Osaka, Japan, October 24-29, 2011.
4. T. Lin, L. Ying and H. Hirayama, "Significant Reduction of Threshold Current Density of GaAs/AlGaAs Terahertz Quantum Cascade Lasers by using High-Al-Content AlGaAs Barrier", The 36th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz2011), W4C.2, Houston, USA, Oct. 3-7, 2011.
5. W. Terashima and H. Hirayama, "Terahertz Intersubband Electroluminescence from GaN/AlGaIn Quantum Cascade Laser Structure on AlGaIn Template", The 36th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz2011), W4C.5, Houston, USA, Oct. 3-7, 2011.
6. S. Matsumoto, W. Terashima, T. Yasuda and H. Hirayama, "Au/Al-Metal Bonding Conditions for Double Metal Waveguide on GaN-based Terahertz Quantum Cascade Laser", The 36th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz2011), W5.29, Houston, USA, Oct. 3-7, 2011.
7. T. Lin, L. Ying and H. Hirayama, "Temperature Dependence of Threshold Current Density of GaAs/AlGaAs Terahertz Quantum Cascade Lasers with Different Al Composition", The 11th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells (ITQW2011), Badesi, Italy, Sept. 11-17, 2011.
8. W. Terashima and H. Hirayama, "Terahertz Electroluminescence from Intersubband Levels in Quantum Cascade Laser based on III-Nitride Semiconductors", The 11th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells (ITQW2011), Badesi, Italy, Sept. 11-17, 2011.
9. H. Hirayama, Y. Tsukada, M. Akiba, Y. Tomita, S. Fujikawa, N. Maeda and N. Kamata, "Marked Increase of Injection Efficiency in AlGaIn Deep-UV LEDs", 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), F4.1, Glasgow, July 10-15, 2011.
10. T. Mino, T. Takano, K. Tsubaki, H. Hirayama and M. Sugiyama, "Realization of 256 nm AlGaIn-

- based Deep-UV LEDs on Si Substrates using Epitaxial Lateral Overgrowth AlN Templates”, 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), F4.5, Glasgow, July 10-15, 2011.
11. W. Terashima and H. Hirayama, "2.67-2.82 THz Intersubband Emission from GaN/AlGa<sub>N</sub> quantum cascade structures”, 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), G2.2, Glasgow, July 10-15, 2011.
  12. M. Akiba, Y. Tomita, H. Hirayama, Y. Tsukada, N. Maeda and N. Kamata, "Growth of Flat and Thin p-GaN Contact Layer by NH<sub>3</sub> Pulse-flow Method for High Light-Extraction AlGa<sub>N</sub> Deep-UV LEDs”, 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), F5.2, Glasgow, July 10-15, 2011.
  13. S. Fujikawa, H. Hirayama, and N. Maeda, "High- Efficiency AlGa<sub>N</sub> Deep-UV LEDs Fabricated on a- and m-axis Oriented c-plane Sapphire Substrates”, 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), F5.6, Glasgow, July 10-15, 2011.
  14. N. Maeda, H. Hirayama, M. Akiba and N. Kamata, "Reduction of Macro-Step Geometry and Abnormal Nuclei on AlN/Sapphire for use as Deep-UV LED Templates”, 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), PA1.18, Glasgow, July 10-15, 2011.
  15. T. Mino, T. Takano, N. Noguchi, K. Tsubaki and H. Hirayama, "Development of 260 nm AlGa<sub>N</sub>-based Deep-UV LEDs using 2inch×3 MOVPE System”, 9th International Conference on Nitride Semiconductors (ICNS-9), PF1.03, Glasgow, July 10-15, 2011.
  16. H. Hirayama, Y. Tsukada, M. Akiba, Y. Tomita, S. Fujikawa, N. Maeda and N. Kamata, "High-Efficiency Short-Wavelength AlGa<sub>N</sub> DUV LEDs Realized by Improving Injection Efficiency with MQB” , Asian Pacific Workshop on Nitride Semiconductors (APWS2011), Toba, Mie, Japan, May 22-26, 2011.
  17. S. Fujikawa, H. Hirayama and N. Maeda, "High-Efficiency AlGa<sub>N</sub> Deep-UV LEDs fabricated on a- and m-axis oriented c-plane sapphire substrates” , Asian Pacific Workshop on Nitride Semiconductors (APWS2011), Toba, Mie, Japan, May 22-26, 2011.
  18. M. Akiba, Y. Tomita, Y. Tsukada, H. Hirayama, N. Maeda and N. Kamata, "Growth of Flat p-GaN Contact Layer by Pulse-Flow Method for High Light-Extraction AlGa<sub>N</sub> Deep-UV LEDs with Al Electrode”, Asian Pacific Workshop on Nitride Semiconductors (APWS2011), Toba, Mie, Japan, May 22-26, 2011.

#### 【国内会議】

1. 平山秀樹、“THz 量子カスケードレーザの動作高温化と周波数拡大に関する研究”、JST 研究成果展開事業、産学共創基礎基盤研究プログラム「テラヘルツ波新時代を切り開く革新的基盤技術の創出」分科会 A、第 1 回研究会、アイシン精機(株)研究所、愛知県刈谷市、2012 年 2 月 17-18 日。
2. 2012 春応用物理学会 (第 59 回)、16a-DP31、早稲田大学、2012 年 3 月 15-18 日、前田

- 哲利、平山秀樹、「高 Al 組成 AlGa<sub>N</sub> への C ドープの試みと 250nm 帯深紫外 EL 発光」.
3. 藤川紗千恵、平山秀樹、前田哲利："マイクロステップ制御による深紫外 LED の作製"、応用物理学会結晶工学分科会 2011 年・年末講演会「究極の結晶成長と分析&若手ポスター発表」、東京、2011 年 12 月.
  4. 藤川紗千恵、前田哲利、平山秀樹："a 軸および m 軸傾斜サファイア基板上に作製した高効率 AlGa<sub>N</sub> 深紫外 LED"、戦略的創造研究推進事業 (CREST) 研究領域「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」第 4 回公開シンポジウム、日本科学未来館、2011 年 12 月 2 日.
  5. 藤川紗千恵、平山秀樹："Si 基板上 InAlGa<sub>N</sub> 系深紫外 LED の進展"、戦略的創造研究推進事業 (CREST) 研究領域「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」第 4 回公開シンポジウム、日本科学未来館、2011 年 12 月 2 日.
  6. 平山秀樹、秋葉雅弘、藤川紗千恵、鎌田憲彦："220-350nm 帯 AlGa<sub>N</sub> 系深紫外 LED の最近の進展"、戦略的創造研究推進事業 (CREST) 研究領域「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」第 4 回公開シンポジウム、日本科学未来館、2011 年 12 月 2 日.
  7. 寺嶋亘、平山秀樹："Ga<sub>N</sub> 系 THz 帯量子カスケードレーザ構造の作製と自然放出光の観察"、電子情報通信学会レーザー・量子エレクトロニクス研究会、京都大学、2011 年 11 月 17-18 日.
  8. 前田哲利、藤川紗千恵、平山秀樹："m 軸および a 軸オフ角 C 面サファイア基板上の Al<sub>N</sub> 結晶成長の特徴と高出力 AlGa<sub>N</sub> 深紫外 LED の作製"、電子情報通信学会レーザー・量子エレクトロニクス研究会、京都大学、2011 年 11 月 17-18 日.
  9. 藤川紗千恵、平山秀樹、鹿嶋行雄："フォトリソグラフィを用いた深紫外 LED の光取り出し効率の向上"、理研フォーラム「ナノサイエンス研究施設成果交流会」、理研本所、2011 年 11 月 17-18 日.
  10. 藤川紗千恵："AlGa<sub>N</sub> 系高効率深紫外 LED の開発"、日本学術会議公開シンポジウム 第 2 回先端フォトリソグラフィの展望、東京、2011 年 10 月.
  11. 2011 秋応用物理学会 (第 72 回)、31a-F2、山形大学、2011 年 8 月 30 日-9 月 2 日、寺嶋亘、平山秀樹、「Ga<sub>N</sub> 系 THz-QCL 構造における発光起源の解明」.
  12. 2011 秋応用物理学会 (第 72 回)、31a-F4、山形大学、2011 年 8 月 30 日-9 月 2 日、松本壮太、寺嶋亘、安田隆、平山秀樹、「Ga<sub>N</sub> 系 THz-QCL における両面金属導波路構造作製に向けた Al/Au メタルボンディング条件の探索」.
  13. 2011 秋応用物理学会 (第 72 回)、31a-F5、山形大学、2011 年 8 月 30 日-9 月 2 日、林宗澤、吉田智一、平山秀樹、「Demonstration of Threshold Current Density Reduction by utilizing High-Al-Composition AlGaAs Barriers of GaAs/AlGaAs Terahertz Quantum Cascade Lasers」.
  14. 藤川紗千恵、平山秀樹："InAlGa<sub>N</sub> 4 元混晶からの深紫外高 IQE の観測と殺菌波長帯高出力 LED の実現"、文科省科研費補助金特定領域研究「窒化物光半導体フロンティア-

材料潜在能力の極限発見-」最終報告成果報告公開シンポジウム、東京、2011年8月3日.

15. 秋葉雅弘、平山秀樹、藤川紗千恵、鎌田憲彦：“AlGa<sub>N</sub>系深紫外LEDの注入効率と光取り出し効率の高効率化”、文科省科研費補助金特定領域研究「窒化物光半導体フロンティア-材料潜在能力の極限発見-」最終報告成果報告公開シンポジウム、東京、2011年8月3日.
16. 寺嶋亘、松本壮太、平山秀樹：“窒化物半導体を用いた未踏波長THz-QCLの開発”、理研シンポジウム「第12回理研・分子研合同シンポジウム：エクストリームフォトンクス研究」、和光本所、2011年6月30日.
17. 藤川紗千恵、平山秀樹：“殺菌への実用を目指したSi基板上深紫外LEDの実現”、理研シンポジウム「第12回理研・分子研合同シンポジウム：エクストリームフォトンクス研究」、和光本所、2011年6月30日.

#### 【受賞】

1. 理化学研究所、平成23年度基礎科学・国際特別研究員研究成果発表会 ポスター賞：藤川紗千恵，“Study of light emitting diode on nitride semiconductor”，2012年1月25日.
2. 第43回市村学術賞 平山秀樹 「AlGa<sub>N</sub>系精密結晶成長技術の開拓と深紫外LEDの先駆的研究」、2011年4月.

#### 【解説・その他】

1. 美濃卓哉、平山秀樹、高野隆好、椿健治、杉山正和、“ELO-AINテンプレートを用いたSi基板上AlGa<sub>N</sub>系UV-LEDの256nm発光”、信学技報、vol.111、no.290、pp.113-116、2011年.
2. 美濃卓哉、平山秀樹、高野隆好、野口憲路、椿健治、“2インチ×3枚対応MOCVDを用いた260nm帯AlGa<sub>N</sub>系UV-LEDの開発”、信学技報、vol.111、no.290、pp.103-106、2011年.
3. 寺嶋亘、平山秀樹、“Ga<sub>N</sub>系THz帯量子カスケードレーザー構造の作製と自然放出光の観察”、信学技法、vol.111、no.290、pp.131-134、2011年.
4. 前田哲利、藤川紗千恵、平山秀樹、“m軸およびa軸オフ角C面サファイア基板上のAIN結晶成長の特徴と高出力AlGa<sub>N</sub>深紫外LEDの作製”、信学技法、vol.111、no.290、pp.107-112、2011年.
5. オプトロニクス誌、2011年9月10日刊行、「ここまで進んだ紫外発光素子」、「AlGa<sub>N</sub>系深紫外LEDの高効率・高出力化技術」、平山秀樹、第30巻、第9号、No.357、pp.122-128、2011年.
6. テクノタイムズ社、月刊ディスプレイ、2011年5月1日刊行、「進化するLEDデバイスと照明」、「AlGa<sub>N</sub>系深紫外LEDの進展と展望」、平山秀樹、第17巻、第5号、pp.37-

42、2011 年.

【新聞報道その他掲載等】

1. 2012 年 1 月 20 日刊行, “RIKEN RESEARCH”, “Developing the world’ s highest output in deep-UV light-emitting diode technology”.
2. 2011 年 11 月刊行、理研、基幹研究所 2011 年リーフレット、平山秀樹、“殺菌・浄水、環境汚染物質の分解など幅広い応用が期待される深紫外光を発する LED の開発への取り組み” .
3. 2011 年 9 月 13 日掲載、Semiconductor Today 誌、vol. 6, pp. 114-115, “Deep Ultraviolet Goes Deeper on Silicon” .
4. 2011 年 6 月 10 日刊行、理研ニュース、pp. 2-5、「世界最高水準の深紫外発光ダイオードを開発」 .

【特許】

1. 「発光素子及びその製造方法」、(フォトニック結晶を用いた深紫外 LED の光取り出し効率の向上) 出願番号 2011-154276、発明者、平山秀樹、藤川紗千恵、鹿嶋行雄、松浦恵里子、西原浩巳、田代貴晴、大川貴史、高木秀樹、尹成圓、出願日：2011 年 7 月 12 日.
2. 「窒化物半導体発光素子の製造方法、ウェハ、窒化物半導体発光素子」、(Si 基板上に作製した深紫外 LED) 出願番号 2011-149506、発明者、平山秀樹、美濃卓哉、高野隆好、椿健治、野口憲路、出願日：2011 年 7 月 5 日.
3. 「量子カスケードレーザ素子」、(高 Al 組成 AlGa<sub>N</sub> を用いることによる THz-QCL の動作高温化と低閾値化)、出願番号 2011-169455、発明者、平山秀樹、林宗澤、出願日：2011 年 8 月 2 日.