

国際科学技術基盤整備事業（日本－台湾研究交流）

1. 研究課題名：「光波制御のためのナノフォトニックデバイスの研究」
2. 研究期間：平成21年4月～平成24年3月
3. 支援額： 総額 14,500,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	小山二三夫	東京工業大学	教授
研究者	坂口 孝浩	東京工業大学	助教
参加研究者 のべ 2 名			

台湾側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Shing-Chun Wang	台湾交通大学	教授
研究者	Hao-Chung Kuo	台湾交通大学	教授
研究者	Tien-chang Lu	台湾交通大学	准教授
参加研究者 のべ 3 名			

5. 研究・交流の目的

フォトニック結晶、垂直微小光共振器(VCSEL)、金属ナノ構造など、あるいはその複合ナノ構造による新しい機能を有する光波制御デバイスの基盤技術の開拓を進めるとともに、青色面発光レーザー、単一光子光源やスローライト光回路などの革新的光デバイスを実現することを目的とする。具体的には、日本側のサブ波長構造形成技術と台湾側の GaN 系面発光レーザー結晶成長技術を組み合わせ、高性能青色面発光レーザーやスローライト光回路を実現することを目的とした。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

垂直共振器を用いたスローライト光回路・面発光レーザーに関して、以下の研究成果を得た。

- 1) スローライトによる巨大な等価屈折率変化を用いた大きさ  $30\mu\text{m}$  角の小型全反射型光スイッチを実現した。カットオフ波長近傍では巨大構造分散により群速度が低下し、コアの材料屈折率変化が増大され、光の偏向角を  $30^\circ$  まで増大することに成功した。
- 2) スローライトを利用した小型・低電圧動作の光変調器の実現に成功した。素子長  $200\mu\text{m}$  以下、動作電圧  $0.5\text{V}$  で消光比  $5\text{dB}$  を実現した。
- 3) 波長可変光源とスローライト増幅器を用いたビーム掃引素子を実現した。非機械的掃引素子としては、最高性能の解像点数  $200$  を越える高解像度ビーム掃引を実現した。
- 4) モノリシック共振器構造で青色面発光レーザーの室温連続動作を初めて実現した。室温での発振しきい値は  $10\text{mA}$  以下である。
- 5) GaN 面発光レーザーに適合可能な青色・緑色域での高反射率反射鏡を可能とする新しいサブ波長構造を提案し、 $99\%$ 以上の反射率を実現できることをモデリングにより明らかにした。
- 6) VCSEL とスローライト光デバイスの新しい集積手法を提案・実証した。スローライト光変調器の実効的な長さは  $20\mu\text{m}$  以下であり、 $1.2\text{V}$  の電圧変化で消光比は  $5\text{dB}$  以上が得られた。このように超小型光変調器を面発光レーザーに直接集積できる可能性を示した。本研究成果は、高速/低消費電力光インターコネクトを可能にする新しい集積フォトニクスへの発展が期待できる。
- 7) GaN 系面発光レーザーの研究を更に進め、共振器長を微小化することで、エキシトン発光と共振器モードとの結合によるポラリトン発光を室温で観測することに成功した。

6-2 人的交流の成果

年4回程度の共同研究のミーティングを日本・台湾で実施し、当該研究を担当する大学院学生も参加し、英語でプレゼンテーション・ディスカッションを行うことで、グローバルな人材育成の観点から大きな効果が得られた。台湾で開催された Microoptics Conference 2010 で Best Paper Award, また、日本で開催された Microoptics Conference 2011 で2名の大学院学生が IEEE Photonics Society Young Scientist Award を受賞した。また、本共同研究実施中に、日本で本研究チームが主催する国際シンポジウム1回、台湾で国際会議を1回開催し、相互に招待講演者として会議運営に協力するとともに、大学院学生がポスター講演として参画した。

本委託研究終了後も、共同研究課題であるサブ波長回折格子の共同研究を継続して実施している。平成24年6月から1ヶ月間、台湾交通大学の大学院学生を東工大で準客員研究員として受け入れ、ZrO<sub>2</sub> サブ波長回折格子のナノインプリント法による製作とその光学特性の評価、さらには、青色面発光レーザの高性能化、ポラリトン発光素子への展開など、中長期的な視野で共同研究を継続して行う予定である。

#### 7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Fumio Koyama, "VCSEL Photonics -advances and new challenges-, IEICE Electronics Express, vol.6, no.11, pp. 651-672, 2009.	
論文	Padullaparthi Babu Dayal, Takahiro Sakaguchi, Akihiro Matsutani and Fumio Koyama, "Multiple-Wavelength Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers by Grading a Spacer Layer for Short-Reach Wavelength Division Multiplexing Applications," Appl. Phys. Exp., vol.2, no.9, 2009.	
論文	Ayumi Fuchida, Akihiro Matsutani and Fumio Koyama, "Slow-light total-internal-reflection switch with bending angle of 30 deg," Optics Letters, vol.36, no.14, pp.2644-2646, 2011.	
論文	Xiaodong Gu, Toshikazu Shimada and Fumio Koyama, "Giant and high-resolution beam steering using slow-light waveguide amplifier," Optics Express, vol. 19, no. 23, 22675-22683, 2011.	
論文	Xiaodong Gu, Toshikazu Shimada, Ayumi Fuchida, Akihiro Matsutani, Akihiro Imamura and Fumio Koyama, "Beam steering in GalnAs/GaAs slow-light Bragg reflector waveguide amplifier," Appl. Phys. Lett., vol. 99, no. 21, 211107-1-3, 2011.	