

課題番号 : F-13-UT-0056  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名 (日本語) : ドレスト光子を利用したSi受発光素子の開発  
 Program Title (English) : Development of Si light emitting and detecting devices using dressed photon-phonon  
 利用者名 (日本語) : 田中肇<sup>1)</sup>, 和田 直樹<sup>1)</sup>, 山口 真生<sup>1)</sup>, 八井 崇<sup>1)</sup>, 大津元一<sup>1)</sup>, 赤羽浩一<sup>2)</sup>, 川村博<sup>3)</sup>  
 Username (English) : H. Tanaka<sup>1)</sup>, N. Wada<sup>1)</sup>, M. Yamaguchi<sup>1)</sup>, T. Yatsui<sup>1)</sup>, M. Ohtsu<sup>1)</sup>, K. Akahane<sup>2)</sup>, H. Kawamura<sup>3)</sup>  
 所属名 (日本語) : 1) 東京大学大学院工学系研究科, 2) 情報通信研究機構, 3) 日東光器  
 Affiliation (English) : 1) University of Tokyo, 2) NICT, 3) Nitto Optical, Co., Ltd.

## 1. 概要 (Summary)

デバイス層側にイオン打ち込みを施し、pn 接合を形成した SOI 基板に対して、リッジ導波路構造を作製し、Si によるレーザー発振かつ、従来よりも低閾値電流密度で発振を可能とさせようとしている

## 2. 実験 (Experimental)

デバイス構造作製には主に EB 描画装置を利用した。EB 描画装置によりレジストパターンを描写後、スパッタリング装置、ICP エッチング装置、CVD 装置を組み合わせることで絶縁層と電極を作製した。とくにレジストパターン重ね合わせの精度は非常に重要なため、EB 装置の利用は必須である。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

現在、プロセス加工の条件出しは終了し、目的のリッジ導波路構造 (Fig.1) の作製は完了した。図の通り、電極はリッジ上部の p 層とコンタクトを取り、設計通りの構造が作製できた。

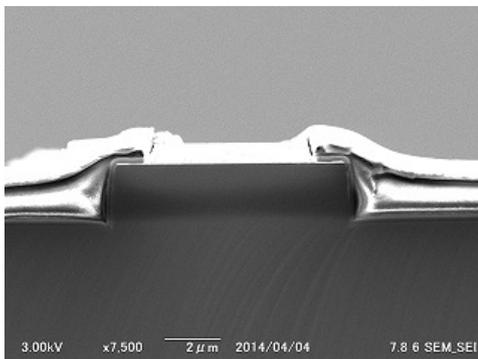


Figure 1 Fabricated Si-ridge waveguide.

## 4. その他・特記事項 (Others)

### 【受賞履歴】

- 1) 和田直樹、川添忠、大津元一、第 35 回 (2013 年秋季) 応用物理学会 講演奨励賞、「EL スペクトルの評価によるホモ接合 Si-LED 内のフォノンと

電子正孔対との結合制御と評価」

- 2) N. Wada, M.-A. Tran, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, "The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics (APNFO2013)", Best Young Researcher Award, "THz coherent phonon generation using dressed-photon - phonons in a Si homojunction-structured LED" (2013/7).
- 3) M. Yamaguchi, M.-A. Tran, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, "The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics (APNFO2013)", International Advisory Committee Award, "EL emission with the higher photon energy than the bandgap energy from a Silicon homojunction LED based on dressed photon-phonons" (2013/7).
- 4) M.-A. Tran, M. Yamaguchi, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, "The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics (APNFO2013)", International Advisory Committee Award, "Dressed photon phonon assisted electroluminescence mechanism in Si homojunction visible LED" (2013/7).
- 5) 山口真生, 水島彩子, 川添忠, 大津元一、2014 年第 14 回 レーザー学会 東京支部研究会「ポスター講演 優秀賞」、「ドレスト光子-フォノン散乱モデルによる Si-LED の発光スペクトルの考察」(2014/3)。

## 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

### 【論文発表】

- (1) Minh Anh Tran, Tadashi Kawazoe, Motoichi Ohtsu, Fabrication of a bulk silicon p-n homojunction-structured light-emitting diode

- showing visible electroluminescence at room temperature, *Appl. Phys. A-Materials Science & Processing*, Vol. 115, Issue 1, pp. 105-111 (2014)
- (2) Naoki Wada, Minh Anh Tran, Tadashi Kawazoe, and Motoichi Ohtsu, Measurement of multimode coherent phonons in nanometric spaces in a homojunction-structured silicon light emitting diode, *Appl. Phys. A-Materials Science & Processing*, Vol. 115, Issue 1, pp. 113-118 (2014)
- (3) Maiku Yamaguchi, Tadashi Kawazoe, and Motoichi Ohtsu, Evaluating the coupling strength of electron-hole pairs and phonons in a 0.9  $\mu\text{m}$ -wavelength silicon light emitting diode using dressed-photon-phonons, *Appl. Phys. A-Materials Science & Processing*, Vol. 115, Issue 1, pp. 113-118 (2014)*Appl. Phys. A-Materials Science & Processing*, Vol. 115, Issue 1, pp. 127-133
- 【学会発表】
- (1) N. Wada, M.-A. Tran, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “THz coherent phonon generation using dressed-photon-phonons in a Si homojunction-structured LED” Book of Abstracts, The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics, July 3-6 2013, Singapore, Singapore, pp. 75-76
- (2) H. Tanaka, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “Si photodetectors with optical gain using dressed-photon-phonons” Book of Abstracts, The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics, July 3-6 2013, Singapore, Singapore, pp. 77-78
- (3) M. Yamaguchi, M.-A. Tran, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “EL emission with the higher photon energy than the bandgap energy from a Silicon homojunction LED based on dressed photon-phonons” Book of Abstracts, The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics, July 3-6 2013, Singapore, Singapore, pp. 79-80
- (4) M.-A. Tran, M. Yamaguchi, T. Kawazoe, and M. Ohtsu, “Dressed photon phonon assisted electroluminescence mechanism in Si homojunction visible LED” Book of Abstracts, The 9th Asia-Pacific Conference on Near-field Optics, July 3-6 2013, Singapore, Singapore, p. 130
- (5) 田中肇、川添忠、大津元一、「フォノン援用 Si レーザーの効率向上のための光利得評価」、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会、同志社大学、京都、2013 年 9 月 18 日発表番号：18p-C14-14
- (6) 和田直樹、水島彩子、川添忠、大津元一、「ホモ接合 Si-LED 内のフォノン操作による発光スペクトル制御」、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会、同志社大学、京都、2013 年 9 月 18 日、発表番号：18p-C14-12
- (7) 山口真生、水島彩子、川添忠、大津元一、「Si-LED における電子正孔対とフォノンの結合強度の評価」、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会、同志社大学、京都、2013 年 9 月 18 日、発表番号：18p-C14-13
- (8) 山口真生、川添忠、大津元一、「ドレスト光子-フォノン散乱モデルによる Si-LED の発光スペクトルの考察」、第 14 回 レーザー学会 東京支部研究会、東海大学 高輪キャンパス、東京、2014/3/5
- (9) 和田直樹、水島彩子、川添忠、大津元一、「講演奨励賞受賞記念講演：EL スペクトルの評価によるホモ接合 Si-LED 内のフォノンと電子正孔対との結合制御と評価」、第 61 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集、応用物理学会、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、2013/3/18、青山学院大学、神奈川、発表番号：18a-F12-7
- (10) 山口真生、水島彩子、川添忠、大津元一、「ドレスト光子フォノン援用アニールを用いた可視発光 Si-LED の光取り出し効率向上」、第 61 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集、応用物理学会、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、2013/3/18、青山学院大学、神奈川、発表番号：18a-F12-8

## 6. 関連特許 (Patent)

なし