

チップ上光源に向けた Si 上 inverted-rib Ge 層の発光特性評価

Light emission from inverted-rib Ge layers on Si toward on-chip light source

東大院工¹, 国民大学校², マサチューセッツ工大³, 豊橋技科大⁴○(D)八子 基樹¹, Chan-Hyuck Park², Donghwan Ahn², 和田 一実³, 石川 靖彦⁴Univ. of Tokyo¹, Kookmin Univ.², Massachusetts Inst. of Tech.³, Toyohashi Univ. of Tech.⁴○Motoki Yako¹, Chan-Hyuck Park², Donghwan Ahn², Kazumi Wada³, Yasuhiko Ishikawa⁴

E-mail: ishikawa@ee.tut.ac.jp

1. はじめに Si 基板上にモノリシックに集積できる発光素子の開発が、シリコンフォトンにおいて重要な課題となっている。Si 基板上発光材料として、擬似的に直接遷移半導体になり、光通信波長帯において発光する IV 族元素である Ge が注目されており、数例のレーザー発振の報告がある[1,2]。しかし、Si と Ge の格子定数差に起因して Ge 中に発生する転位によって非発光性再結合が促進されることなどにより、実際に報告された Ge レーザーの閾値は理論的に予測される閾値[3]よりも二桁程度大きな値となっている。Ge 中の転位密度の低減に関して、第 63 回及び 65 回応用物理学会にて、選択成長技術を用いて inverted-rib 構造の Ge 層を形成することの有用性を報告してきた。本研究では光励起を用いた inverted-rib Ge の発光特性評価を報告する。

2. 実験方法 p⁺ Si 基板上におよそ 10 μm 幅の inverted-rib Ge を形成した(成長条件は[4]参照)。P ドープガラスを用いて熱拡散により Ge を n 型にドーピングする(ドーピング濃度 $\sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)。波長 1.07 μm のファイバーレーザーを用いて inverted-rib Ge を上面から励起し、端面からの発光を観察した(Fig. 1)。

3. 実験結果 Figure 2 に形成された inverted-rib Ge の断面 SEM 像を示す。5 本の選択成長 Ge が合体し、10 μm 幅・1.3 μm 厚の inverted-rib Ge が Si 上に形成されている。SiO₂ マスク上には高さおよそ 150 nm の空隙が形成されている。空隙の導入により、inverted-rib Ge 内の貫通転位密度は 10^7 cm^{-2} 台中盤まで低減されている(空隙を持たない Ge 内の貫通転位密度はおよそ 10^9 cm^{-2})[4]。

Inverted-rib Ge からの端面発光スペクトルを Fig. 3 に示す。入射光強度が 15 kW/cm^2 を超えたあたりから Ge の直接遷移発光波長(1.55 μm)付近にて発光し始め、およそ 20 kW/cm^2 を境に急激に発光強度が増大している。現時点では共振に由来する鋭い発光ピークが観察されていないため、観察された発光増大は自然発光の増大に起因しているものと考えられる。しかしながら、既報の光励起 Ge レーザーの閾値が 30 kW/cm^2 であること[5]、今回用いた Ge の厚み

が 1 μm 程度と既報光励起 Ge レーザーの約 2 倍の厚みであること(厚みが増すほど閾値パワー密度は増大する)などから、今回得られた 20 kW/cm^2 付近を境とする急激な発光強度の増大は有望な結果であると考えられる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費(17J10044)の支援を受けて実施された。試料作製は文部科学省委託事業ナノテクノロジープラットフォーム(12024046)の支援を得て行われた。

参考文献 [1] R. E. Camacho-Aguilera, et al., Opt. Exp. **20**, 11316–11320 (2012). [2] R. Koerner, et al., Opt. Exp. **23**, 14815–14822 (2015). [3] Y. Cai, et al., J. Sel. Top. Quant. Elect. **19**, 4, 1901009 (2013). [4] M. Yako, et al., J. Appl. Phys. **128**, 185304 (2018). [5] J. Liu, et al., Opt. Lett., **35**, 5, 679 (2010).

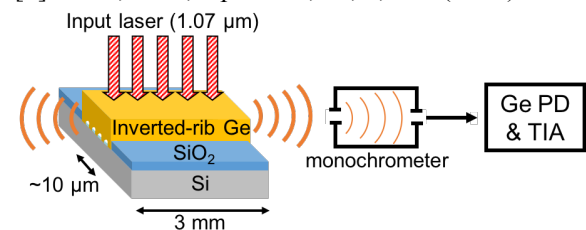


Figure 1 A schematic illustration of an optical pumping measurement system



Figure 2 A SEM image of an inverted-rib Ge

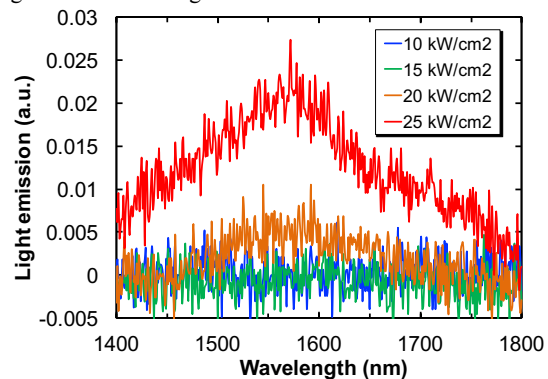


Figure 3 Light emission spectra from an inverted-rib Ge edge emitter