

共振器結合型通信波長帯量子ドット単一光子源の Si 光回路上アライメントフリーハイブリッド集積に向けた検討

Study on alignment-free hybrid integration of cavity-based telecom quantum dot single photon emitters on a Si photonic chip

¹豊橋技科大, [○]宇井遼太郎¹, 高田晃佑¹, 勝見亮太¹, 八井 崇¹

¹TUT, [○]R. Ui¹, K. Takada¹, R. Katsumi¹ and T. Yatsui¹

E-mail: ui.ryotaro.lk@tut.jp

はじめに Si フォトニクスは、確立された集積技術による光回路の大規模化や、通信波長帯域における低伝搬損な光伝搬動作が可能であり、スケーラブルな量子情報処理に向けた応用が期待されている¹。InAs/InP 量子ドットは通信波長帯域で決定論的な単一光子発生が可能のため、Si 量子フォトニクスに集積可能な量子光源の候補として有望である²。しかし、ナノ構造のハイブリッド集積には、ヒューマンエラーによる有限の角度、位置ずれが発生するため、量子光源と Si 導波路の結合効率の低下が懸念される。そこで我々は、そのようなアライメントを一切必要としないハイブリッド集積を前提に³、InAs/InP 量子ドット光源を Si 導波路上に集積する手法を検討した。今回、アライメントが不要な上、量子ドットから光導波路への結合効率が90 %以上となる光構造設計を見出したので報告する。

実験 デバイス全体の概略を図1(a)に示す。光源を高効率に導波路へ結合させるために、高Q値、低モード体積を示すフォトニック結晶ナノビーム共振器を採用した。まず、通信波長帯域で共振する高Q値フォトニック結晶を設計したところ、高い共振器Q値 $Q = 3.0 \times 10^6$ を得た。次に、設計した共振器の片側の空孔数を減らし⁴、光が片側に漏れだす片側共振器構造を設計した(図1(b))。このとき、パーセル効果を通じた光源と共振器の結合効率 β は99.6 %となり、共振器とInP導波路の結合効率 η_1 は99.9 %であった。最後にInP導波路とSi導波路の交差角度(θ)によるモード間の結合効率の最適化を行い、結合効率 η_2 が92.3 %となることで、最終的な光源と導波路間の結合効率 $\beta\eta_1\eta_2$ は91.8 %となった(図1(c))。その他詳細は当日報告する。

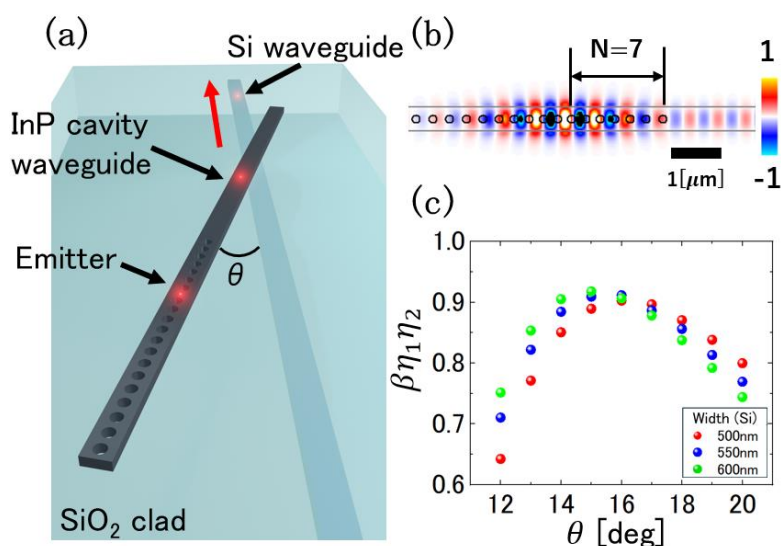


FIG.1. (a) Device Overview. (b) InP cavity waveguide design. (c) Coupling efficiency between an emitter and Si waveguide.

参考文献 ¹J. W. Silverstone, et al. IEEE. J. Sel. Top. Quantum Electron, **22**, 6 (2016). ²R. Katsumi, et al. Appl. Phys. Exp., **16**, 012004 (2023). ³S. Bandyopadhyay, et al. arXiv 2110.12851 (2021). ⁴A. Enderlin, et al. Phys. Rev. B, **86**, 075314 (2012).

謝辞 科研費(22K14289, 23K22795, 23KK0268)、東電記念財団、村田学術振興財団、旭硝子財団、内藤科学振興財団、池谷科学技術振興財団、日本板硝子材料工学助成会