## シリコン光回路上に集積された量子ドットーナノ共振器強結合系の実現

## Demonstration of strong coupling between a quantum dot and a nanocavity integrated on a silicon photonic circuit

東大ナノ量子機構<sup>1</sup>, 東大生研<sup>2</sup> <sup>。</sup>長田有登<sup>1</sup>, 太田泰友<sup>1</sup>, 勝見亮太<sup>2</sup>, 角田雅弘<sup>1</sup>, 岩本敏<sup>1,2</sup>, 荒川泰彦<sup>1</sup> NanoQuine, UTokyo<sup>1</sup>, IIS, UTokyo<sup>2</sup> <sup>。</sup>A. Osada<sup>1</sup>, Y. Ota<sup>1</sup>, R. Katsumi<sup>2</sup>, M. Kakuda<sup>1</sup>, S. Iwamoto<sup>1,2</sup>, Y. Arakawa<sup>1</sup>

E-mail: alto@iis.u-tokyo.ac.jp

大規模な量子情報処理等への応用を見据え、シリコンフォトニクスに基づく集積量子光回路[1]が盛んに研究されている。量子情報処理で重要となる単一光子同士の相互作用を生む巨大 x<sup>(3)</sup>非線形光学素子のシリコン上での実現は困難であり、共振器量子電気力学(CQED)系の導入による解決が期待されるが、いまだシリコン光回路上の CQED 系の実現の報告はない。CQED 系のなかでも半導体量子ドット(QD)はフォトニック結晶 (PhC) 共振器と併せて光領域で動作する系として有望である。しかし、QD を利用した CQED 系のハイブリッド 集積は、QD の発光波長のばらつき等もあり一般に容易ではない。一方、転写プリント[2]の方法は「組立式」の 集積方法により精密に作製されたナノ構造の事前選択・異種集積を可能にする有用な手法である[3,4]。

本発表では、CMOS プロセスにより作製したシリコン光回路上への QD-PhC 共振器強結合系の集積について報告する。図 1(a)に作製デバイスの概念図を示す。ガラス埋め込みシリコン導波路直上に InAs QD を有する一次元 GaAs-PhC ナノ共振器が設置されており、このハイブリッド構造はナノ共振器を Si 導波路上へ転写プリントすることで簡便に実現することができる[図 1(b)]。作製したデバイスの顕微鏡写真を図 1(b)右下に示す。 共振器と導波路を隔てるガラス層の厚みは 573 nm であり、電磁界計算の結果共振器光の導波路への結合効率は 99%である。次に、作製共振器に波長 785 nm の連続波レーザを照射し、共振器直上への放射を低温顕微分光法により測定した。温度を 10K から 35K の範囲で変化させて QD-共振器共鳴条件近傍での振る舞いを調べた。その結果、図 1(c)のような反交差が観測され、同系が強結合領域にあることを確認した。QD-共振器共鳴時のスペクトルの解析[図 1(d)]から結合定数g<sub>0</sub>は 61 μeV と見積もられる。導波路端に設置した出力ポートからの測定においても反交差が観測され、同系のシリコン導波路への結合を確認した。



Fig 1. (a) Schematic illustration of a coupled quantum-dot-nanocavity system integrated on a Si waveguide. (b) Schematics of the transferprinting process and an optical micrograph of the fabricated device. (c) Color plot of the measured spectra around the QD-cavity resonance. White curves indicate the positions of upper and lower polaritons extracted by multi-peak fitting.  $\lambda_{QD/cav}$ : wavelength of the QD/cavity. Vertical axis: detuning from  $\lambda_{cav}$ . (d) PL spectrum measured when the QD is in resonance with the cavity. Grey curve shows the result of multi-peak fitting with the components of extracted bare cavity (black), upper (blue) and lower (green) polaritons.

謝辞: 本研究は科研費特別推進研究(15H05700)、科研費補助金(16K06924)及び NEDO プログラムにより遂行された。

[1] J. W. Silverstone et al., IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 22, 6700113 (2016).

[2] J. Yoon et al., Adv. Optical Mater. 3, 1313 (2015). [3] R.Katsumi et al., Optica 5, 691 (2018). [4] A. Osada et al., APEX 11, 072002 (2018).