

## 透明電極を用いたフォトニック結晶集積型ナノワイヤ光検出器

## Nanowire photodetector integrated in silicon photonic crystal with transparent electrode

日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトニクスセンタ<sup>1</sup>, NTT 物性研<sup>2</sup>°滝口雅人<sup>1,2</sup>, 佐々木智<sup>2</sup>, 館野功太<sup>1,2</sup>, E. Cheng<sup>2</sup>, 野崎謙悟<sup>1,2</sup>,  
S. Sergent<sup>1,2</sup>, 倉持栄一<sup>1,2</sup>, 章国強<sup>1,2</sup>, 新家昭彦<sup>1,2</sup>, 納富雅也<sup>1,2</sup>Nanophotonics Center<sup>1</sup>, NTT Basic Research Labs.<sup>2</sup>, NTT Corporation°M. Takiguchi<sup>1,2</sup>, S. Sasaki<sup>2</sup>, K. Tateno<sup>1,2</sup>, C. Edward<sup>2</sup>, K. Nozaki<sup>1,2</sup>,  
S. Sergent<sup>1,2</sup>, E. Kuramochi<sup>1,2</sup>, G. Zhang<sup>1,2</sup>, A. Shinya<sup>1,2</sup>, and M. Notomi<sup>1,2</sup>E-mail: [takiguchi.masato@lab.ntt.co.jp](mailto:takiguchi.masato@lab.ntt.co.jp), [masato.takiguchi.mg@hco.ntt.co.jp](mailto:masato.takiguchi.mg@hco.ntt.co.jp)

半導体ナノワイヤは体積が非常に小さく、静電容量を極限まで小さくできる。さらに内部に量子井戸を埋め込めるので自由な波長制御や励起子吸収なども利用できる利点がある。したがってナノワイヤをフォトニック結晶に集積すれば、光学設計の自由度の高い、高速動作するオンチップ光電素子を可能にする。これまで我々は高速に動作するシリコンフォトニック結晶上の通信波長帯ナノワイヤレーザ[1]や、単一ナノワイヤの電流注入構造[2,3]、全光スイッチ[4]を作製した。今回は、フォトニック結晶に p-i-n 構造を持つ InP ナノワイヤを導入し、ZnO 透明電極を用いることで、世界で初めてシリコンチップのフォトニックナノ構造に集積した単一ナノワイヤ光検出器を作製した。

今回用いたナノワイヤは n 型 InP 基板に Au 粒子を用い有機金属気相成長法で成長した。ナノワイヤは InP/InAsP の量子井戸層をもち、両端には Zn ドープ領域と S ドープ領域が形成された p-i-n 構造になっている。ナノワイヤの径は 60-120 nm 程度で、長さは 4.7  $\mu\text{m}$  程度である。フォトニック結晶は穴径が 250 nm、格子定数が 440 nm、スラブ厚が 200 nm で、W1 導波路中に NW 導入用 100 nm 幅のトレンチ構造を有す。シリコン上のリーク電流を防ぐために原子層堆積 (ALD) 装置を用いて  $\text{Al}_2\text{O}_3$  絶縁層を 10 nm 蒸着した。インクジェット法でナノワイヤを基板へ転写し、マイクロマニピュレータと原子間力顕微鏡でトレンチ内へ配置した。ナノワイヤの表面酸化膜は硫化アンモニウム液に浸し除去を行っている。金属電極は蒸着とリフトオフで作製した。透明電極は ALD で Al:ZnO (21 nm) を全面蒸着しレジストでパターンを保護した後、TMAH(水酸化テトラメチルアンモニウム)のウェットプロセスで作製した。図 1 (a)は、本構造の概念図である。まず初めに電気特性を調べるために I-V を測定した。得られた I-V 特性 (図 1 (a): 挿入図) は一般的なダイオード特性を示し抵抗値が 500 K $\Omega$  だった。これは、これまでの単一ナノワイヤの抵抗と比べて同程度で、透明電極とのコンタクトが良いことを示唆している。次に、光電流特性を調べた。入力導波路から波長可変レーザの波長を掃引し、ソースメジャーユニットでバイアス電圧をかけずに電流値を測定した。図 1 (b)の上段は、電極やナノワイヤを導入する前の透過スペクトルであり、図 1 (b)の下段の得られた光電流の波長依存性とよく一致することが確認できた。本発表では、直上から光を入射した際の、光電流の増強効果など、本構造のアンテナ効果についても説明を行う。本研究は JSPS 科研費 15H05735 の助成を受けたものである。

[1] M. Takiguchi, *et al*, APL photonics, **2**, 046106 (2017)[2] M. Takiguchi, *et al*, Appl. Phys. Lett., **112**, 251106 (2018)

[3] 滝口他, 第 65 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-C301-16

[4] 滝口他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会、本応物

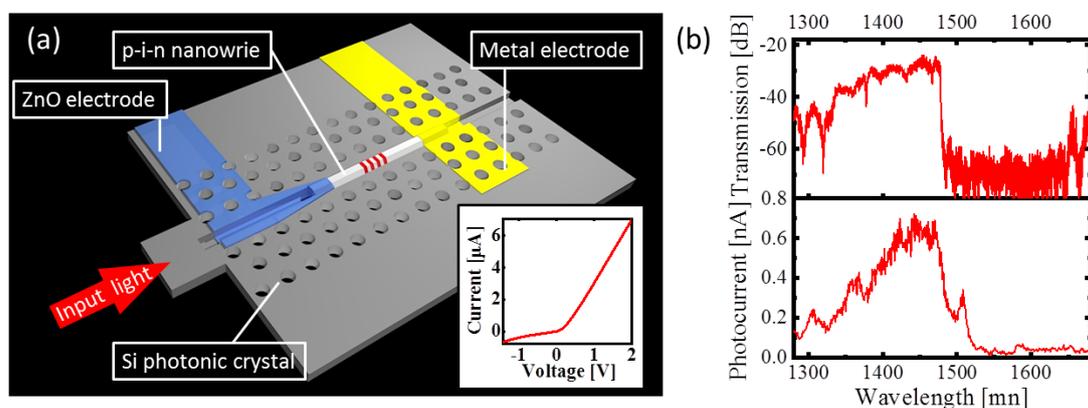


図 1. (a) 電極付きフォトニック結晶中ナノワイヤ、挿入図は IV 特性 (b) 電極蒸着前の透過スペクトルと光電流