

縦型金属-絶縁体-金属導波路と Si 細線導波路における 高効率モード変換

Efficient mode conversion between a vertical metal-insulator-metal waveguide and a Si-wire waveguide

NTT ナノフォトニクスセンタ¹, NTT 物性科学基礎研², 東工大³

○小野 真証^{1,2}, 新家 昭彦^{1,2}, 納富 雅也^{1,2,3}

NTT Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², Tokyo Institute of Technology³,

○Masaaki Ono^{1,2}, Akihiko Shinya^{1,2}, Masaya Notomi^{1,2,3}

E-mail: masaaki.ono.bm@hco.ntt.co.jp

深サブ波長サイズのプラズモニック導波路は、強い光閉じ込めにより光・物質相互作用を増強する一方で、大きな伝搬損失が問題となる。そのため、プラズモニック導波路を相互作用増強のプラットフォームとして用いるには、低損失な誘電体導波路を高効率に接続させるモード変換器が重要となる。我々は、これまでにコアサイズ $30\text{ nm} \times 20\text{ nm}$ の金属-絶縁体-金属 (MIM) 導波路と Si 細線導波路を -1.7 dB で結合させることに成功している[1]。一方で、上述の MIM 導波路は基板面内方向 (横方向) に MIM 構造をもつ横型 MIM 導波路であり、このような構造の導波路コア幅はナノ構造の作製精度で決まり、 30 nm 程度より狭くすることは簡単ではない。そこで我々は、基板面直方向 (縦方向) に MIM 構造を有する積層型つまり縦型 MIM 導波路に注目した。縦型 MIM 導波路における絶縁体層の厚さは成膜精度で決まるため、究極的には導波路コアの高さをナノメートルレベルにすることができ、非常に大きな電場増強効果が見込める。一方、その活用には不可欠となる高効率モード変換は、これまで報告されてきた Si 導波路 TM モードとの突き合わせ結合等[2,3]では実現されていない。そこで我々は、縦型 MIM 導波路と誘電体導波路を高効率に結合させるモード変換器の実現を目指し、横方向テーパーで構成される Si 導波路 TE モードと横型 MIM 導波路のモード変換器に横型-縦型 MIM 導波路間のモード変換機構を搭載する形態を考案し、縦型 MIM 導波路 (コア高さ: 10 nm 、幅: 30 nm) へ -2.2 dB の結合効率で光が導入できることを数値計算により見出した[4]。今回、我々は本構造の作製に取り組み、縦型 MIM 導波路 (コア高さ: 30 nm 、幅: 100 nm) に -4 dB で光を導入するモード変換器の作製に成功したので報告する。

今回作製したモード変換器は Si 細線導波路の TE モードと縦型 MIM 導波路を接続するものであり、MIM 導波路 (コア高さ: 30 nm 、幅: 100 nm) は金と Al_2O_3 から構成される (図 1(a))。まず、SOI 基板上に Si 細線導波路を形成した後、蒸着、リフトオフによって下層の金構造を作製した。その後、ALD によって Al_2O_3 を成膜し、最後に上層の金構造を作製した (図 1(b))。Si 細線導波路の TE モードは横方向テーパー部で横型 MIM 導波路モードへ変換され、その後 Al_2O_3 上に金が重なる過程で縦型 MIM 導波路モードへ変換される。実際に作製した構造では、入出力の両側にモード変換器を配置しており、透過率測定によって、その結合効率を見積もった。その結果、 $1\text{ }\mu\text{m}$ の変換器長 (Si 細線導波路から縦型 MIM 導波路まで) で -4 dB の結合効率を得られた (入力波長: $1.55\text{ }\mu\text{m}$)。今後更に導波路コアを縮小した構造を作製し、ナノ材料と組み合わせることで相互作用や電界効果の著しい増強が期待できる。

[1] M. Ono *et al.*, Nat. Photonics **14**, 37 (2020). [2] R. Yang *et al.*, IEEE Photonics Technol. Lett. **23**, 1652 (2011). [3] A. Melikyan *et al.*, Opt. Lett. **39**, 3488 (2014). [4] 小野 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, 11p-N205-12 (2021).

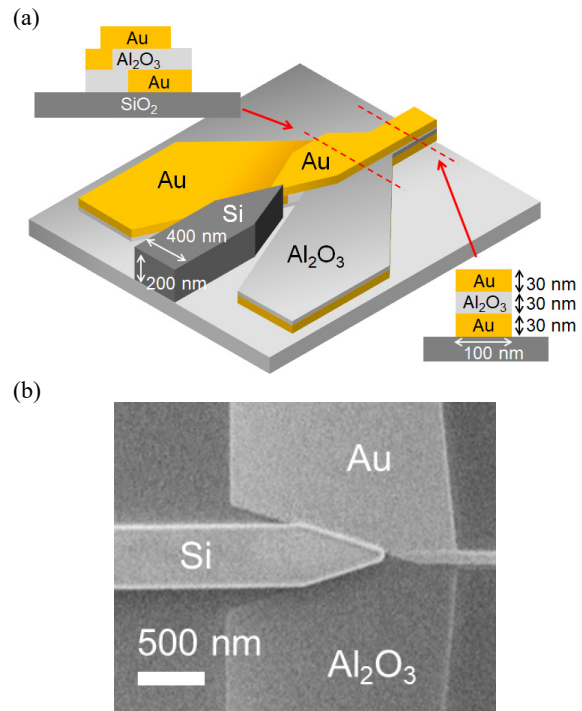


Fig. 1. (a) Schematic structure of the mode converter. (b) SEM image of the fabricated mode converter.