

ダイヤモンド導波路と SiN 導波路のテーパ結合構造の検討

Investigation of Tapered Coupling Structure between Diamond and SiN Waveguides

横国大院工 ○藤城龍之介, 伊藤寛之, 馬場俊彦

Yokohama Nat'l Univ., ○Ryunosuke Fujishiro, Hiroyuki Ito, Toshihiko Baba

E-mail: fujishiro-ryunosuke-rn@ynu.jp

誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現に向けて, 光ネットワークを用いた小規模量子演算回路の並列接続による大規模化が検討されている. ここでは単一フォトン微小共振器でトラップして単一フォノンに変換, 圧電素子を介して単一電子に変換して超伝導量子回路につなぐ量子インターフェースが必要となる¹⁻³⁾. 本研究はフォトンとフォノンの中間に小坂らによる NV 中心ダイヤモンド量子メモリ⁴⁾を配置することを想定し, 外部ネットワークからダイヤモンドまでの光インターフェースを検討した.

図 1(a) に仮定した構造を示す. Si フォトニクスプロセスで製作し, 単一モード光ファイバとの高効率結合が可能な Si₃N₄ 導波路⁵⁾を基本的な光配線, ならびに転写プリント用の台座として使う. 一方, 別基板上に圧電材料である AlN^{1,2)}とダイヤモンドの積層構造を形成して導波路加工し, これを Si₃N₄ 上に転写プリントする状況を想定した. それぞれの導波路は, NV 中心の遷移波長 637 nm においておよそ単一モードとなる厚さ t と幅 W とした. 導波路間の結合には 2 箇所のテーパを仮定し, 最終的には AlN/ダイヤモンド積層導波路がエアブリッジになるようにモデル化している. 光伝搬シミュレーションには Lumerical FDTD Solutions を用いた. 材料屈折率は同ソフトウェアのライブラリを用いたが, ダイヤモンドだけは 2.42602 と置いた. 図 1(b) は光パワー伝搬の様子である. AlN がいないと, 最初のテーパで光が Si₃N₄ からダイヤモンドに移行し, 部分的にやや乱れるものの, 2 つ目のテーパ後は安定している. ダイヤモンド中の光強度が特に強く見えるのは, ダイヤモンドの屈折率が Si₃N₄ より高く, 光閉じ込めが強いためである. 一方, AlN があると, ダイヤモンドから AlN への光の浸み出しが大きく, テーパでは一部が AlN に放射されている. 図 1(c) の透過スペクトルを見ると, 透過率はテーパ先端幅に大きく依存する. 先端幅が 100 nm にできれば, およそ 95% の透過率が見込まれる. これら以外にも, 量子インターフェースの全体像に合わせて様々な構造を計算中である.

本研究は JST ムーンショットプロジェクトとして行われており, 同じチームでは共振器の設計も進めている⁶⁾.

参考文献 1) M. Mirhosseini et al., Nature **588**, 599 (2020). 2) W. Jiang, et al., Nature Com. **11**, 1166 (2020). 3) N. H. Wan et al., Nature, **583** (2020). 4) K. Nagata et al., Nature Com. **9**, 3227 (2018). 5) Y. Megami et al., Opt. Lett. **45**, 2095 (2020). 6) 楊燁亭ら, 本大会 (2021).

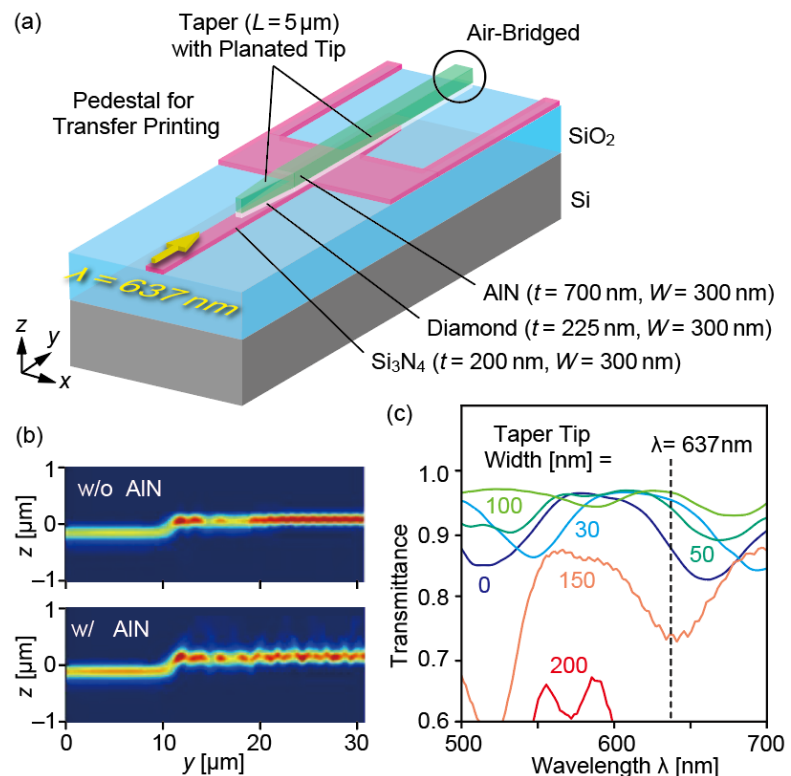


図 1 光インターフェース. (a) 構造モデル. (b) 伝搬する光パワー分布. (c) AlN があるときの透過率.