

サブバンド間バンド間光変調を用いた超高速 NOR ゲート

Ultrafast all-optical NOR gate based on intersubband and interband modulation

成瀬 誠†
Makoto Naruse

吉田春彦††
Haruhiko Yoshida

宮崎哲弥†
Tetsuya Miyazaki

石川 浩†††††
Hiroshi Ishikawa

† (独) 情報通信研究機構
NICT

†† フェムト秒テクノロジー研究機構
FESTA

††† (独) 産業技術総合研究所
AIST

1. はじめに

超高速光信号処理は将来の大容量ネットワークの基盤技術として重要である[1]. NOR ゲートは組み合わせ論理演算の完備系を成すほか、エラー検出システム[2]などの有意な機能に直結し得るため重要な基本機能の一つと考えられる. 光ファイバや SOA を用いた NOR の実現例は知られていたが[3,4], システムサイズの増大や動作速度限界などの問題があった. 本稿では半導体量子井戸のサブバンド間 (Intersubband (ISB))-バンド間 (Interband (IB)) 変調[5]を利用した簡易な構成の超高速 NOR ゲートを提案し, InGaAs/AlAsSb 結合量子井戸[6]による通信波長帯での原理確認実験を示す.

2. ISBT-IBT 変調による超高速 NOR ゲート

ISB-IB 変調の動作原理は, 伝導帯のサブバンド間遷移に共鳴する光(以下“ISBT 光”と呼ぶ)によって, 下方のサブバンドの電子が枯渇し, バンド間遷移に共鳴する光(“IBT 光”)の吸収が増すことに基づく[5] (図 1(a)). ここで, 図 1(b)のように, 2 入力の信号光を ISBT 光で与え, 入力信号光に同期させて IBT 光を入力するものとすれば, IBT 光の出力は入力 ISBT 光が存在しないときのみレベル大となるので, 図 1(c)に示される NOR ゲート動作が得られる.

3. InGaAs/AlAsSb 結合量子井戸による原理確認

InGaAs/AlAsSb 結合量子井戸を用いれば, ISBT 光・IBT 光を共に通信波長帯 (ISBT: 1.5μm 帯, ISB: 1.3μm 帯) にし得る(図 2(a)). ポンプ・プローブ実験により, 変調の回復時間は 880fs と見積もられた(図 2(b)). ISBT-IBT 変調特性を図 3(a)に示す[7]. 2 入力 NOR ゲートに望まれる特性は, 低エネルギー駆動, ON/OFF 比大, 出力レベルの一様性, であるため, 図 3(b)のようにこれを反映する適当な性能指標 (FOM)を導入して評価すると, 最適動作点では図 3(c)の NOR 特性が得られた. 現状の基礎実験では ON/OFF 比は 2dB 程度と小さいが, デバイス構造を長さ 200μm のリッジ型とすれば, 15dB 程度の改善が見込まれる[7].

4. まとめ

ISBT-IBT 変調を用いた簡易な構成による超高速 NOR ゲートアーキテクチャを提案し, 原理確認実験結果を示した. 今後より具体的なシステム応用展開を目指す. 本研究の一部は, NEDO の委託を受けフェムト秒テクノロジー研究機構で行われた.

参考文献

[1] S. A. Hamilton, et al., IEEE/OSA J. Lightwave Technol. 20, 2086 (2002). [2] L. Y. Chan, et al., IEEE Photon. Technol. Lett. 15, 593

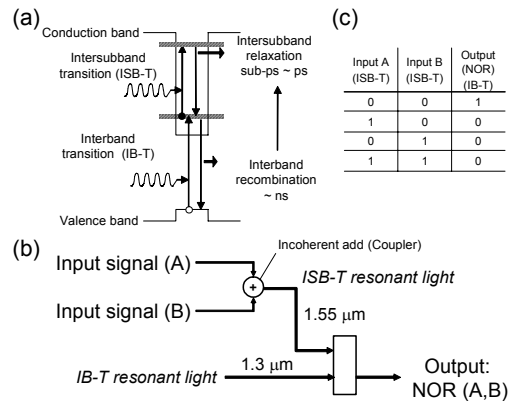


図1 (a)サブバンド間-バンド間変調の模式図, (b)2入力NORゲート構成図, (c) NORゲートの真理値表

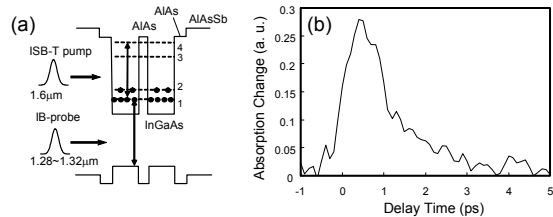


図2 (a) InGaAs/AlAsSb 結合量子井戸 (b) ISBT-IBT変調の動特性

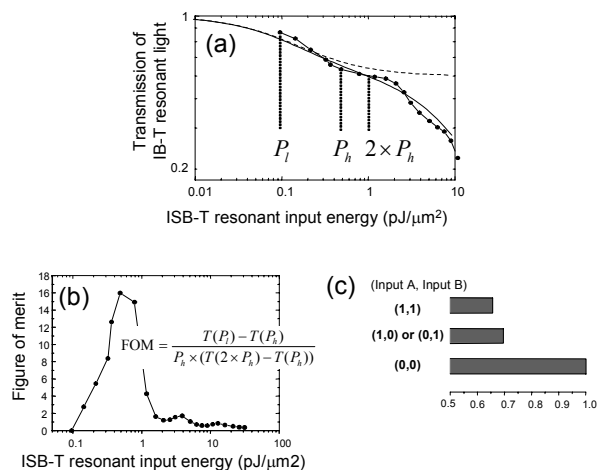


図3 (a) ISBT-IBT変調特性 (b) FOM (c) 最適動作点でのNOR動作

(2003). [3] M. N. Islam, Opt. Lett. 15, 417 (1990). [4] A. Sharaiha et al., Electron. Lett. 33, 323 (1997). [5] S. Noda, et al., IEEE J. Quantum Electron. 28, 493 (1992). [6] H. Yoshida, et al., IEICE Trans. Electron. E87-C, 1134 (2004). [7] 吉田他, 2005 春季応物学会 発表予定.