量子もつれ光子対発生に向けた ZnO/ZnMgO 多重量子井戸微小共振器の設計

Design of ZnO/ZnMgO MQW Microcavity for Quantum Entangled Photon Pair Generation

阪大院工,○矢野 岳人,上向井 正裕,谷川 智之,片山 竜二

Osaka University, °Taketo Yano, Masahiro Uemukai, Tomoyuki Tanikawa, Ryuji Katayama E-mail: yano.t@goe.eei.eng.osaka-u.ac.jp

光量子情報処理技術において、量子もつれ光子対は不可欠な要素である。量子もつれ光子対の 発生手法としては非線形光学結晶の 2 次非線形光学効果を用いた自発パラメトリック下方変換 (SPDC)が代表的であるが、仮想励起を伴う同過程において、量子もつれ光子対の発生効率は極め て低い。そこで本研究では、より高効率な量子もつれ光子対の発生を目的として ZnO/ZnMgO 多 重量子井戸(MQW)を SiO₂/ZrO₂分布ブラッグ反射鏡(DBR)の間に組み込んだ平面微小共振器(Fig. 1)の設計を行った。同デバイスにおいて、量子もつれ光子対は励起子分子共鳴ハイパーパラメト リック散乱(BRHPS)過程を経て発生する[1]。量子閉じ込め効果により共振器ポラリトンや励起子 分子の熱的安定性を確保し、平面微小共振器構造と組み合わせることで、量子もつれ光子対の発 生効率の大幅な向上[2]を狙った。

デバイス設計において、MQW 構造は室温の熱エネルギ ーを上回る励起子分子束縛エネルギーが報告されている ZnO/Zn0.26Mg0.74O(井戸幅2nm、障壁幅5nm)とした[3]。設 計パラメータは、量子井戸層数、DBR のペア数と周期、上 下 DBR 間隔、および、ラビ分裂エネルギーである。BRHPS の中間状態である励起子分子の励起確率 W_M⁽²⁾を計算し (Fig. 2)、W_M⁽²⁾が最大となるパラメータを最適解とした。な お、ラビ分裂エネルギーは光子との結合に寄与する励起子 密度やその振動子強度の平方根に比例し、MQW の層数や その位置により調整できる。この他にも共振器の Q 値な ど種々の計算を行い、DBR のペア数 11、DBR 周期 373 nm、 上下 DBR 間隔 360 nm、ラビ分裂エネルギー38 meV のと きに、WM⁽²⁾は 3.20×10¹²となり、共振器構造のない場合 に比べて105以上に増幅されることを確認した。設計の詳 細に関して当日報告する。

- [1] K. Edamatsu *et al.*, Nature **431** (2004) 167.
- [2] H. Ajiki et al., J. Phys. Soc. Jpn. 76, 053401 (2007).
- [3] C. H. Chia et al., Appl. Phys. Lett. 82, 1848 (2003).



Fig. 2. Excitation efficiency of biexciton $W_{\rm M}^{(2)}$. Inside of curved lines indicates high cavity Q-factor region of microcavity. White-colored circle indicates optimum condition for RHPS.

360

DBR periods (nm)

380

340

320

10

400