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@qoe.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 $ZnO/Zn_{0.26}Mg_{0.74}O($ 井戸幅 2 nm、障壁幅 5 nm)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、 $W_{M}^{(2)}$ は 3.20×10^{12} となり、共振器構造のない場合に比べて 10^{5} 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).

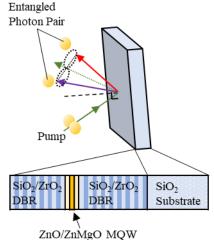


Fig. 1. Schematic of microcavity.

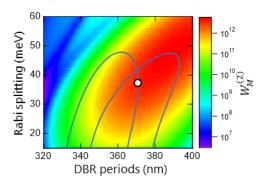


Fig. 2. Excitation efficiency of biexciton $W_{\rm M}^{(2)}$. Inside of curved lines indicates high cavity Q-factor region of microcavity. White-colored circle indicates optimum condition for RHPS.