超伝導集積回路光インターコネクションのための量子井戸光変調器の超低電圧化の検討

Investigation on Ultra-Low Voltage Quantum Well Optical Modulator for Optical Interconnection for Superconducting Integrated Circuits

阪井 康太[1]，加藤 誠二[1]，吉川 信行[1]，國分 泰雄[2]，荒川 太郎[1]

Kota Sakai[1], Seiji Kato[1], Nobuyuki Yoshikawa[1], Yasuo Kokubun[2], Taro Arakawa[1]

横浜国大院 理工学府・工学研究院[1]，中部大学[2]

Yokohama National Univ.[1], Chubu Univ.[2]

E-mail: sakai-kota-ms@ynu.jp, arakawa-taro-vj@ynu.ac.jp

1 はじめに

4.2 K の極低温で動作する Nb ベースの超伝導集積回路は，極めて低い電力消費で数十 GHz の高速動作が可能である[1]．しかし出力はサブ mV 程度と小さく，大容量 CMOS メモリのハイブリッドシステムを構成する上で，CMOS メモリとの接続に昇圧回路を介す必要があり，速度の低下，集積性の悪化，消費電力の増加が課題となっている．そこで本研究では，サブ mV で駆動する光変調器を用いて昇圧回路を必要としない高速な光インターコネクションの実現を目指している．

本発表では，多重量子井戸をコア層とするマイクロリング装荷型マッハ・ツェンダー型光変調器（MRR-MZM）の超低電圧駆動の可能性について理論検討を行ったので報告する．

2 MRR-MZM の設計

Fig.1 に提案する光インターコネクションの概略図を示す．MRR のコア層として用いる量子井戸としては InGaAs/InAlAs 五層非対称結合量子井戸(FACQW)[2]を用いる．光源は光変調器に集積し，4.2 K で動作することを前提に，動作波長は 1.42 μm とした．FACQW は，その特徴的な量子閉じ込めシュタルク効果（QCSE）により，吸収端から離れた透明波長領域においても大きな電界誘起屈折率変化が得られる．極低温における半導体光物性を考慮して大きな電界誘起屈折率変化を得られる FACQW 構造を設計する．設計した FACQW のポテンシャル構造を Fig.2 に示す．室温と比較して極低温では吸収ピーク幅が狭くなり，吸収端に動作波長を近づけられるため大きな屈折率変化を得られる．これに加えて MZ 干渉計の両アームに MRR を装荷し，MRR の位相変化増大効果[3]を用いることで超低電圧化を図る．

Fig.2 の構造を用いて MRR-MZM を設計した．周回長 200 μm，光結合率 K=0.15 の MRR を用いた MRR-MZM の理論変調特性を Fig.3 に示す．0.73 mV の電圧差（0.03~0.76 mV）で 3 dB の消光比を得られ，動作速度は 8.3 GHz と見積もられた．この結果は，サブ mV かつ高速動作が可能であるということを示している．

今後さらに，光源の室温動作を前提として、1.55 μm で動作する光変調器の設計も行う．

謝辞 本研究は科研費・基盤研究(B)（18H01897）の補助を受けた．

参考文献

[1] N. Yoshikawa *et al.*, IEEE Transactions on Applied Superconductivity, **13**, 7711590, (2003)
[2] T. Arakawa *et al.*, JJAP., **50**, 032204 (2011).
[3] H. Kaneshige *et al.*, Opt. Express, **21**, 16888 (2013).

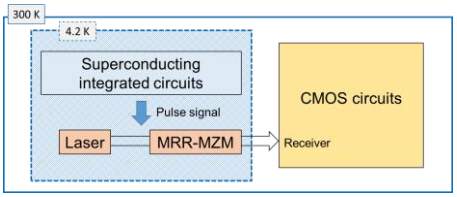


Fig.1. Schematic of optical interconnection system for Superconductor integrated circuit.

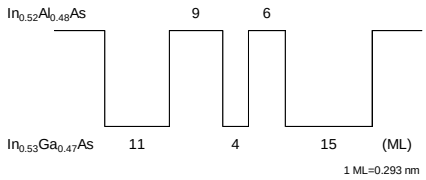


Fig.2. Potential diagram of FACQW structure.

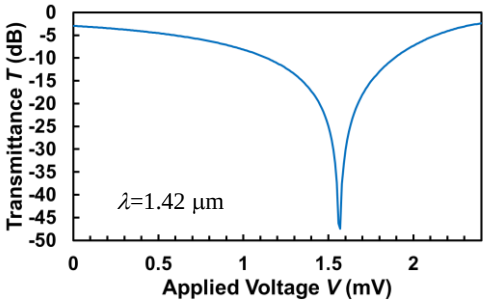


Fig.3. Theoretical DC modulation characteristics of MRR-MZM at 4.2 K.

© 2019年 応用物理学会