段差低減 GaAs/AlGaAs 周期空間反転導波路における差周波発生

Difference frequency generation in corrugation-reduced GaAs/AlGaAs

periodically-inverted waveguides

東大工¹,東大先端研² ^O(M2)王 姝敏¹, 松下 智紀^{1,2}, 近藤 高志^{1,2}

School of Eng.¹, RCAST², Univ. of Tokyo ^OShumin Wang¹, Tomonori Matsushita^{1,2}, Takashi Kondo^{1,2}

E-mail: wang@castle.t.u-tokyo.ac.jp

AlGaAsは大きな非線形光学定数を有し(GaAs: $d_{14} = 120 \text{ pm/V}$; AlAs: $d_{14} = 26 \text{ pm/V}$)、中赤外領域において広く透明で あるため、中赤外領域のコヒーレント光源用の波長変換材料として期待されている。高効率な波長変換のためには擬似位 相整合(Quasi Phase Matching, QPM)の達成と導波路構造の導入が不可欠である。我々はこれまで、化学機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing, CMP)を導入することによりガイド層/上クラッド層界面段差を19 nmから8 nmまで 低減した中赤外差周波発生(Difference Frequency Generation, DFG)用周期空間反転GaAs/AlGaAs導波路(CMP導波路) を作製し[1]、ファブリーペロー法よりポンプ光(波長1.064 μ m)とシグナル光(波長1.55 μ m帯)の伝播損失を測定して きた[2]。本研究では、このCMP導波路の3.4 μ m帯QPM-DFGを測定し、全ての相互作用光に対するファブリーペロー 干渉効果を考慮した解析を用いてDFG内部変換効率を正確に評価した。

導波路構造は1 μm厚Alo.1Gao.9As上クラッド層/1.6 μm厚GaAsガイド層/7 μm厚Alo.1Gao.9As下クラッド層であり、リッジ幅と 深さはそれぞれ5 μmと0.9 μm、QPM周期は7.8 μmである。TM偏光のポンプ光(1.064 μm)とTE偏光のシグナル光(1.55 μm帯)をエンドファイヤー結合で素子長2.1 mmの導波路に導波して、Type II相互作用のTE偏光アイドラ光(3.4 μm 帯)パワーのシグナル波長依存性を測定した。ポンプ光のファブリーペロー干渉効果を取り除くために、素子温度 25.8 ℃から26.7 ℃まで0.1 ℃間隔で波長チューニングカーブを測定した。図1に温度25.9 ℃での波長チューニング カーブを示す。位相整合を示すsinc関数に、主にシグナル光のファブリーペロー干渉に起因するフリンジが重畳して いる。シグナル光波長1525.55 nmで1次QPMが達成されている。3波のファブリーペロー干渉効果を考慮した解析の 結果、導波路に結合した直後でのポンプ光とシグナル光パワーはそれぞれ180 μWと0.82 mWであり、ファブリーペ ロー干渉効果を取り除いたアイドラパワーは4.3 nW、DFG内部変換効率は3.0%/Wであった。ファブリーペロー法で 測定した伝搬損失(ポンプ光: 14.8 dB/cm; シグナル光: 4.1dB/cm)と今回のDFGチューニングカーブのフィッテイン グから得られたアイドラ光伝搬損失12 dB/cmと内部規格化変換効率140%/(W・cm²)から、理論的には素子長5.7 mm

で最大DFG内部変換効率5.0%/Wが得られることがわ かる。CMPなしの導波路(伝搬損失: ポンプ光: 19 dB/cm; シグナル光: 1.3 dB/cm; アイドラ光: 12 dB/cm, 最大DFG内部変換効率: 4.6%/W,素子長: 5.5 mm)と比 較すると、CMP導波路では3波の伝搬損失の和が低減 されているため最大DFG内部変換効率が増大した。こ れには段差低減による光散乱の低減が寄与している。 さらに伝搬損失を低減するために、ポンプ光のアーバ ックテール吸収やアイドラ光のフリーキャリア吸収 の低減が必要である。

[1]松本崇志,松下智紀,近藤高志,第64回応用物理学会春季 学術講演会,17a-B5-3 (2017年).

[2] S. Wang, T. Matsushita, T. Matsumoto, S. Yoshida, and T. Kondo, Ext. Abstr. Solid State Devices and Materials, 2018, PS-5-08.



Fig. 1. Experimental data (blue line) and theoretical curves with (red line)/without (black line) Fabry-Perot effects of DFG internal powers as functions of signal/idler wavelengths at 25.9 °C. The inset shows expanded view around phase matching wavelength.