

高出力ホモ接合シリコンレーザーの作製

Fabrication of a High power Homo Junction Silicon Laser

NPEO¹, 東大工² °川添 忠¹、杉浦聡¹、大津 元一²

NPEO¹, Univ. of Tokyo °Tadashi Kawazoe¹, Satoshi Sugiura¹, and Motoichi Ohtsu²

E-mail: kawazoe@ee.t.u-tokyo.ac.jp

我々はこれまでドレスト光子フォノン援用アニールによって間接遷移型半導体を用いた LED, レーザーなど受発光素子を報告してきた [1-4]。間接遷移型半導体は直接遷移過程半導体とは異なる発光遷移過程に従い、ドレスト光子フォノンと呼ばれる中間状態を介して起こる。

ドレスト光子、またはドレスト光子フォノンとは量子化された準粒子の一種である。光と電子（およびフォノン）のエネルギーとそれぞれ状態間の相互作用を加えたハミルトニアンを対角化すると、ポラリトンなどよく知られた準粒子の生成消滅演算子を得る。これに空間的境界条件として光の波長よりも小さな領域に始状態・終状態がある事に加えた状態を記述するための準粒子がドレスト光子、（ドレスト光子フォノン）である。

我々はこの光の波長よりも空間的に小さい境界条件として半導体の pn 接合領域におけるドーパント配列に注目した。この空間に閉じ込められたフォノンにより与えられる運動量（波数）によって間接遷移型発光素子は動作する。

通常の pn 接合を持つ Si に電流を注入しても発光せず、注入された電子と正孔のエネルギーは熱として外部に放出される。これは Si の伝導体の底と価電子帯の頂上の波数が大きく異なり、光子放出のために必要な波数保存則を満たすためのフォノンに散乱される確率が極めて小さいからである。次に Si 結晶中の2つのドーパント原子対が存在すると仮定する。ドーパント原子は Si と質量数が大きく異なれば何でもよい。周囲の Si 原子と質量の異なるドーパント原子は原子振動すなわちフォノンの反射境界となる。その結果、2つのドーパント対の間には特定のモードのフォノンが集中し、そのフォノン密度は均一な Si 結晶の 10^4 も大くなるという結果も報告されている[4]。このフォノンの波数が Si の伝導体の底と価電子帯の頂上の波数の差と一致する場合、注入された電子と正孔は速やかにフォノン散乱され光子を放出して対消滅すると予想される。我々はこのような特異なドーパ

ント対配列を作り出す方法(DPP アニール法)を開発した[1-4]。

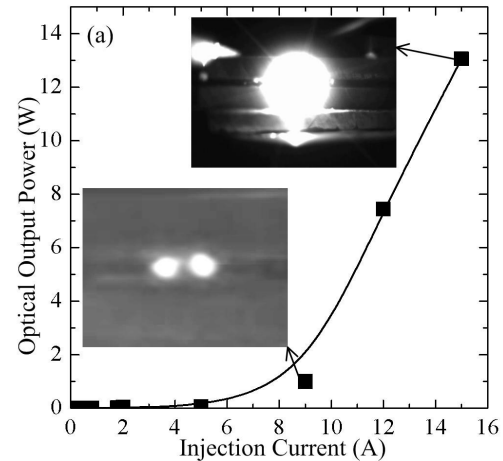


Fig.1. Optical output power dependence on the injection current.

DPP アニールされた Si の pn 接合部はレーザーの活性層としても機能する。当初従来の半導体レーザーにならない、電流密度を上げるため微小導波路構造の Si レーザー作製した[1]。しかしながら、計測により Gain 係数が半導体レーザー媒質としては小さいことが明らかになった。また、間接遷移型半導体は長いキャリ寿命のため低電流密度で反転分布ができるという特徴を生かし、 $1\text{mm} \times 100\ \mu\text{m} \times 15\text{mm}$ という大きな導波路構造をもつ Si レーザー素子を作製した。作製された素子は Fig.1 に示すような電流光強度依存性を持ち、発振波長は $1.34\ \mu\text{m}$ 、光出力高強度は 10W 以上に達することが分かった。

参考文献

- [1] T. Kawazoe & M. Ohtsu, Appl. Phys. A, **115**, 127-133, (2014).
- [2] T. Kawazoe, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, **98**, 5-11 (2010). also **107**, 659-663 (2012).
- [3] H. Tanaka, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, **108**, 51-56 (2012).
- [4] Y. Tanaka, K. Kobayashi, J. Microscopy **229** 228-232(2008)