

量子ドットレーザーの静特性に関する基礎研究

[研究代表者] 津田紀生 (工学部電気学科)

[共同研究者] 山田将成、岩本凌弥、樋口悠人 (工学研究科電気電子工学専攻)

佐藤大輝、照井侑麻 (電気学科電子情報工学専攻)

研究成果の概要

近年量子ドットが敷き詰められた半導体レーザーの一種である、量子ドットレーザーが実用化され、入手できるようになってきた。量子ドットレーザーは、単一波長で発振し、高温でも発振可能なレーザーと言われている。そこで、入手した量子ドットレーザーの静特性について調べた結果を報告する。

研究分野：レーザー工学、光計測

キーワード：量子ドットレーザー、静特性

1. 研究開始当初の背景

半導体レーザーは、小型軽量な為、様々な所で使われているが、周囲の温度が高くなると、しきい値電流が増加し、出力を低下させた。この為、装置に組み込んで使用する場合、設置場所が限られる欠点が以前から存在した。

近年、量子ドットのサイズをある程度コントロールする事が可能となり、量子ドットレーザーが開発された。量子ドットとは、直径 2~10nm 程度 (原子 10~50 個) の大きさで、量子ドットレーザーは、活性層に量子ドットを敷き詰め、量子ドットのサイズを変更する事により、製造時に発振波長を決められるレーザーである。一般に、半導体レーザーでは、活性層の厚さが 10nm 程度の量子井戸構造が利用されてきた。しかしながら、量子井戸構造の半導体レーザーは、温度が高くなると発振しきい値が変化し、温度が高くなると発振できなかった。一方、量子ドットレーザーは、温度依存性が非常に低く、精密な電流制御が不要となる。

2. 研究の目的

LD の光がターゲット表面で反射し、半導体レーザーの活性領域に入射すると、共振器が半導体レーザーの外側にも構築され、自己結合効果が生じた結果、光出力がわずかに増加する。この現象は、レーザー光のコヒーレンスが大きく影響する。

一般的にレーザー光は、純粋な光と言われ、単一波長 (シングルモード) で発振すると考えられているが、実際シングルモードで発振させるのは非常に難しく、シングルモード発振が可能な半導体レーザーは、Distributed Feedback (DFB) レーザーや Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) 等、種類が少ない。量子ドットレーザーの場合、量子ドットのサイズが均一であればシングルモードでの発振も可能であると考えられる。そこで、量子ドットレーザーを入手しその静特性を調べた。

3. 研究の方法

(1) 量子ドットレーザーの出力特性

量子ドットレーザーは、量子ドットの大きさにより発振波長が変わる。その為現在入手可能な量子ドットレーザーの波長は、遠赤外の 1300nm 付近の製品のみである。量子ドットレーザーの発振特性を調べるにあたり、パワーメータのセンサ部を量子ドットの発振波長に合わせて Si のセンサから Ge のセンサに交換し、恒温槽に設置し、静特性を調べた。量子ドットレーザーの静特性を図 1 に示す。図 1 より、低いしきい値電流でレーザー発振が始まり、量子ドットレーザーの駆動電流を大きくしても光出力が急激に大きくならない事が分かった。この為、量子ドットレーザーは、定電流で波長変化させずに使う用途には向いて

いると考えられる。

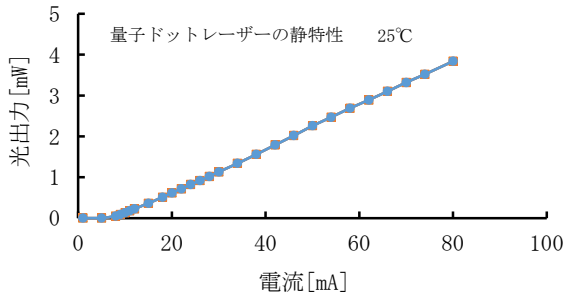


図1 量子ドットレーザーの出力特性

(2)量子ドットレーザーの発振波長特性

量子ドットレーザーにおいて各温度における注入電流に対する発振波長特性を図2に示す。図2より、量子ドットレーザーは、注入電流を変化させると、モードホップが起き、波長が急激に変わる所がある事が分かった。これは、量子ドットレーザーの構造が、DFBレーザーと同じく、フエブリペロータイプである事によるものと考えられる。

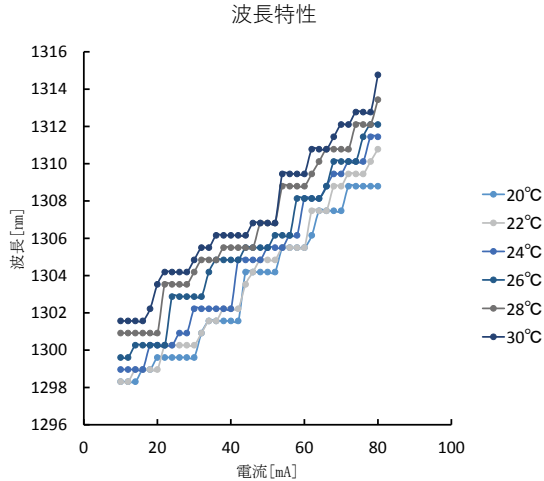


図2 注入電流に対する発振波長特性

(3)量子ドットレーザーの波長特性

図3に25°Cにおける量子ドットレーザーの波長特性を示す。量子ドットレーザーは、量子ドットのサイズをコントロールする事により発振波長が決まる。しかしながら、均一な大きさの量子ドットを作成する事は難しく、更に、量子ドットが共振器内に存在する事により、量子ドット付近では、共振器長がわずかに変化する。この為、図3に示

すように、レーザーの発振波長は、広がったと考えられる。また、温度が高くなっても、発振開始電流に変化はなく、温度依存性が低い事が確認された。

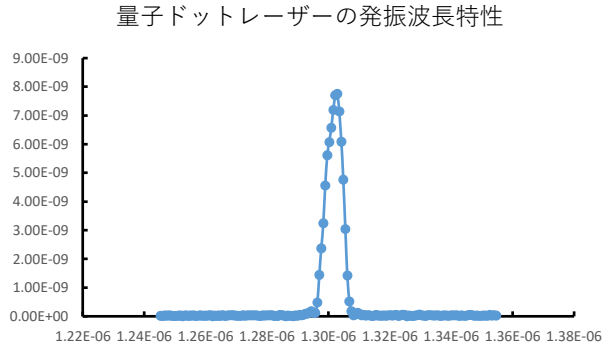


図3 量子ドットレーザーの波長特性

4. 研究成果

今回、量子ドットレーザーを入手し、その静特性を調べた。その結果、量子ドットレーザーは単一モードで発振するが、その半値全幅は広く約6nmもあり、DFBレーザーやVCSELの半値幅である0.01nmより広い為、自己結合信号が広がる事が予想される事が今回の実験から分かった。今後、どのような自己結合信号が得られるのか、更に今後実験を進める考えである。