

InGaAs/GaAs 積層量子ドットの違いにおける光学特性の解析

廣瀬 謙[†] 五島 敬史郎[†]
[†] 愛知工業大学大学院工学研究科

1. 背景・目的

近年の通信業界において情報量が増加し、伝送速度の向上が望まれている。光を伝送媒体とする光通信方式は高速伝送に適しており、全世界の通信網において光通信の占める割合は年々増加傾向にある。その光源として多く利用されているのが半導体レーザーである。しかし、従来の半導体レーザーでは光を増幅する過程で熱エネルギーへの変換、光の散乱などの損失が発生し、電力を効率よく光へ変換することができていない。そこで新たな通信光源をして着目されているのが、量子ドットレーザーである。量子ドットレーザーは量子サイズ効果により、低消費電力、非温度依存性、高速変調応答という3つの特徴がある。しかし、欠点として依然光増幅率が高くないため、特徴である低消費電力を実現できていないということが挙げられる。そこで我々の研究室は、光増幅率をより向上させるために量子ドットの積層構造に着目し、独自の積層構造を作製した。

本発表では、より光増幅率が高い量子ドットレーザーの構造を提案するために、一般的に考えられている積層構造と独自に作製した積層構造の試料に対し、PL 積分強度における温度依存性について構造の違いによる特徴を解析することを目的としている。

2. 実験方法

本研究で使用した試料を大きく2種類に分けた模式図を Fig.1 に示す。試料は、GaAs 基板上で量子ドットに In_{0.4}Ga_{0.6}As、バリア層に GaAs を用いて成長させた。Fig.1(a)は一般的に考えられている積層構造、Fig.1(b)は独自に作製した積層構造である。一般的な積層構造は試料の量子ドットをすべて一定の間隔を開け積層した構造である。一方、独自の積層構造は量子ドットを積層する際2層毎に積層間隔を40[nm]開けた構造になっている。それぞれドット間隔を3種類ずつ、計6種類の試料に対し、PhotoLuminescence(PL)法を用いて温度依存性を測定し、それぞれの活性化エネルギーを求めた。

3. 実験結果

40[K]~190[K]もしくは300[K]の温度範囲で測定したPL 積分強度と温度のアレニウスプロットを Fig.2 に示す。Fig.2 は一般的な積層構造(ドット間隔7[nm])と独自の積層構造(ドット間隔7[nm])の測定結果である。これらの測定結果は以下の式(1)に当てはめることができる。

式(1)において、 $I(T)$ と I_0 は温度 T と10[K]におけるPL

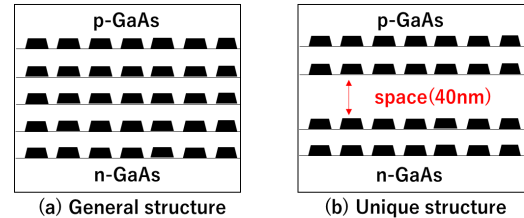


Fig.1 The quantum dot structures.

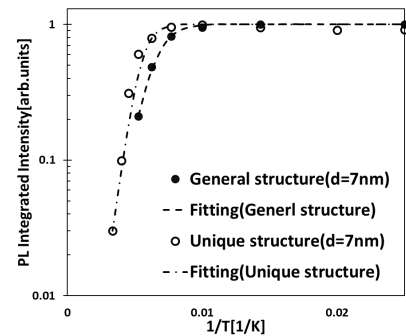


Fig.2 The temperature dependence of two samples($d=7$ [nm]).

$$I(T) = \frac{I_0}{1 + C \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)} \quad (1)$$

積分強度、 E_a と k は活性化エネルギーとボルツマン定数である。 C は輻射再結合と非輻射再結合の比として定義した。[1]Fig.2のフィッティングから得られた一般的な積層構造と独自の積層構造の活性化エネルギーはそれぞれ99.5[meV]、142[meV]であり、独自の積層構造の活性化エネルギーの値の方が大きいという結果が得られた。

4. 考察

一般的な積層構造は、積層されている量子ドットの成長方向すべてに亘って伝導帯にサブバンドが形成されているが、独自の積層構造は、積層されている量子ドットのうち2層毎に広い間隔が開いているため、2層間でのみ伝導帯にサブバンドが形成されている。そのため、サブバンド内の電子が移動できる範囲に差があり、一般的な積層構造よりも独自の積層構造の方が移動できる範囲が狭いと考えられる。その結果キャリアの閉じ込め効果が強くなり、独自の積層構造の方が活性化エネルギーの値が大きくなったと考えられる。発表では、ここに記載していないドット間隔の試料の測定結果についても報告する。

参考文献

[1] K. Akahane et al.: Physica E 26 (2005) pp.395–399.