

# 近接積層量子ドットにおけるキャリアの再結合過程

犬飼圭祐<sup>†</sup> 小川健太<sup>†</sup> 鳥居建太<sup>†</sup> 津田紀生<sup>†</sup> 五島敬史郎<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 愛知工業大学 大学院工学研究科

## 1. 背景

量子ドットを応用したデバイスの開発には、光増幅率の増加を狙いとした量子ドットレーザ、吸収波長帯の増加や光電流の増加が望める量子ドット太陽電池などが挙げられる。これらの光電流の増加には高い密度が必要であり、量子ドットを積層することで高密度化を図る積層量子ドット構造の研究がなされている。しかし、量子ドット中のキャリアのふるまいはこれまでに明らかにはなっていない。そこで我々は積層量子ドット中のキャリアの光物性について研究を行っている。これまでに量子ドットの積層間隔に着目し、ドットの結合状態を調べた。

今回は量子ドット中のキャリア寿命について温度依存性を調査した。その結果、積層間隔の異なるサンプルで、トンネル効果による影響が考えられる現象が現れたので報告したい。

## 2. 実験手法

今回、SK成長によって歪補償層なしで形成された、積層間隔の異なる2つの(d=15,7nm) InGaAs / GaAs 試料についてキャリア寿命を調べるため Time Correlated Single Photon Counting (TCSPC)法を用いた。実験系を以下に示す。励起レーザに785nm、繰り返し周波数50MHz、パルス幅100ps のピコ秒パルスレーザダイオードを用いた。励起強度は~5.6 μw とした。

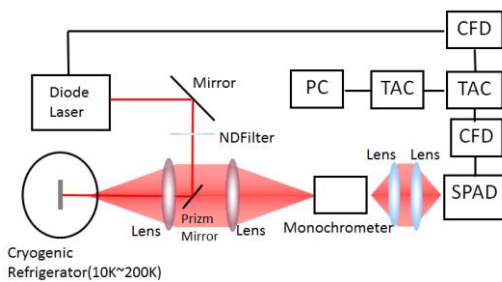


Fig.1 測定系

## 3. 実験結果

Fig.2に2つの試料の PL 強度の温度依存性グラフを示す。d=15nm, d=7nmともに温度上昇に伴ってレッドシフトが起きていることが確認できる。このピーク位置、ドット準位からの発光を検出し、その減衰波形の傾きから算出した寿命の結果を fig.3に示す。

d=15nm では、10K~40K まで寿命は一定であり、50K~100K まで増加している。それに対し、d=7nm のサンプルでは10K~190K まで一定であることが確認できる。

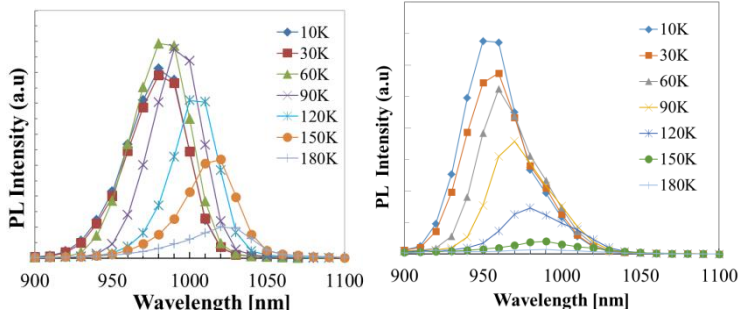


Fig.2 PL 強度の温度特性

(左図 d=15nm, 右図 d=7nm)

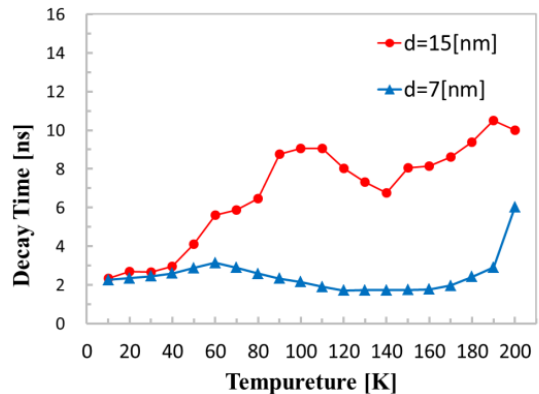


Fig.3 寿命の温度特性

## 4. 考察

Fig.3 より積層ドットが結合していないとみられる d=15nm の試料の寿命には温度依存性がある。60K 以降の寿命の増加は熱によってドット内のキャリアが SK 成長時に形成される濡れ層へ脱出し[1]、ドット内のキャリア密度が減少したためと考える。これは単層の時のキャリアの振る舞いと一致する。対して d=7nm では温度の依存性はなく、d=15nm と比較すると寿命は短い。これはドット間隔が近く、バリア層を挟んだ分子間の結合強度が強いため、振動子強度が大きいことが考えられる。また Fig.2 より、d=15,7nm の温度上昇(10K~150K)による Full Width at Half Maximum(FWHM)の増加率はそれぞれ 1.17 倍と 1.40 倍であり、結合しているとみられる d=7nm のバンドの広さが現れたものだと考える。

以上より、d=15nm ではドットは結合せず、d=7nm では結合し、バンドを形成していると考えられる。しかし、今後はバンド内でのキャリアの振る舞いを調べる必要がある。

## 参考文献

[1] G.Wang et al. Appl. Phys. Lett., Vol64, No21, 23 May (1994)