$In_{0.71}Ga_{0.29}As/AlAs/In_{0.35}Al_{0.65}As$ 結合量子井戸の光吸収特性の成長温度依存性

Growth temperature dependence of optical absorption properties of $In_{0.71}Ga_{0.29}As/AlAs/In_{0.35}Al_{0.65}As$ coupled double quantum wells

産業技術総合研究所 [1] ○ 牛頭 信一郎 [1]
AIST[1] ○Shin-ichiro Gozu[1]
E-mail: s-gozu@aist.go.jp

InP 基板上 InGaAs/AlAsSb 系 (AsSb 系) 結合量子井戸 (CDQWs) を利用して、サブバンド間遷移 (ISBT) による超高速全光位相変調器の研究を行なってきた [1]。また、一般的な材料で形成するために InGaAs/AlAs/InAlAs 系 (全 As 系) で同等の光学特性を得られる構造も実現した [2]。この全 As 系 CDQWs の構造・PL 評価を行うと、AsSb 系と比較して良好な特性を示した [3]。しかし、全 As 系 CDQWs の ISBT による光吸収スペクトルを評価すると半値幅は AsSb 系 CDQWs と同等であった。その原因として低い成長温度に起因する界面荒れが懸念される。AsSb 系では Sb の相互拡散を抑えるために成長温度 (Tg) を 460 ℃ [4] で行い、全 As 系でもその温度で成長していた。しかし、Al が多く含まれる系としては若干低温である。そこで全 As 系 CDQWs の成長温度依存光吸収特性を評価したので報告する。

CDQWs 構造は分子線エピタキシ法によって成長し、$In_{0.71}Ga_{0.29}s$ 井戸層を 2.6nm、バリアは $In_{0.35}Al_{0.65}As/AlAs/In_{0.35}Al_{0.65}As$ 複合構造で 1.1/1.0/1.1nm、結合層は $In_{0.35}Al_{0.65}As$ 2 分子層で 30 周期積層した。Tg は 460,470,490,510 ℃の 4 条件である。V/III 比は Tg によらず同一とした。InGaAs 井戸層は Si をドーピングし、ISBT による光吸収測定が出来るようにした。成長した結合量子井戸は 004 面での X 線回折 (XRD) 測定によって構造を評価した。光吸収測定はフーリエ変換型分光器 (FTIR) を利用して行った。ISBT による光吸収は量子井戸面に対して垂直な TM 偏波でしか起こらない。そこで、端面を 45 度に研磨したプリズム状にサンプルを加工し、研磨端面より TM 偏波光を入射して測定した。

図 1 に XRD 測定によって得られた超格子ピーク半値幅の成長温度依存性と代表例として 490 度成長 CDQWs の XRD 回折パターンを示す。他の Tg でもほぼ同様の XRD パダーンが見られ、超格子ピーク半値幅を比較すると 460 度成長のみブロードであることが確認できる。図 2 に光吸収測定結果を示す。本構造では第 1-4 準位間の ISBT に起因した光吸収 ($ISBT_{1-4}$) が 0.8eV に現れる。またバンド間遷移 (IBT) が 0.9eV 近辺にあり、IBT 光吸収の裾が低エネルギー側に伸びている。この IBT による光吸収をベースラインとすると、$ISBT_{1-4}$ のスペクトルが推定出来る。この推定したスペクトルを比較すると Tg: 490 度で半値幅が最小になった。

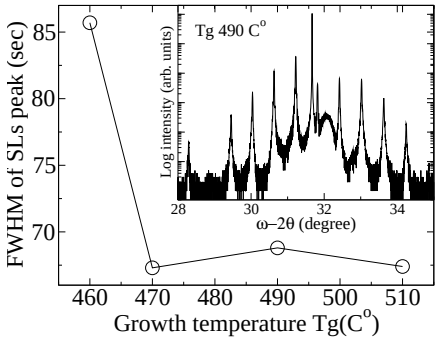

図 1: XRD 測定によって得られた超格子ピーク半値幅の成長温度依存性と 490 度で成長したサンプルの回折パターン結果

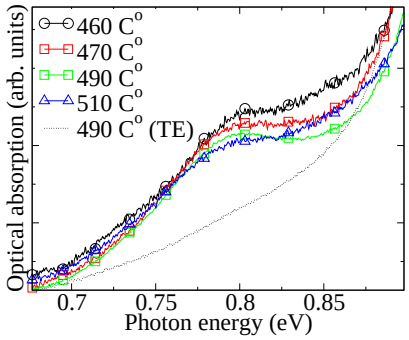

図 2: CDQWs 構造の光吸収測定結果

これは Tg の上昇に伴い成長表面における Al の拡散長が伸び、界面が平坦になることが示唆される。しかし、更に高温の 510 度成長では半値幅が増大しており、最適 Tg が 490 度であることが分かった。

謝辞： 本研究は JSPS 科研費 26420333 の助成を受けたものです。

1) 秋本, 物集, 石川, 応用物理, **79**(2010)0225.
2) 牛頭他, J. Cryst. Growth. **378**(2013)134.
3) 牛頭他, J. Cryst. Growth. **425**(2015)102.
4) 牛頭他, J. Cryst. Growth. **311**(2009)1700.

© 2016年 応用物理学会