19p-D3-8

メタモルフィック InGaAs/GaAs 成長中の急激歪緩和観測

Observation of rapid strain relaxation during metamorphic InGaAs/GaAs growth

原子力機構 [1]、宮崎大 IRO [2]、豊田工大 [3]
○佐々木 拓生 [1]、高橋 正光 [1]、鈴木 秀俊 [2]、大下 祥雄 [3]，山口 真史 [3]
JAEA [1], IRO, Univ. of Miyazaki [2], Toyota Tech. Inst. [3]
○T. Sasaki [1], M. Takahasi [1], H. Suzuki [2], Y. Ohshita [3], M. Yamaguchi [3]
E-mail: sasaki.takuo@jaea.go.jp

【背景】

GaAs 基板上のメタモルフィック (metamorphic) $In_xGa_{1-x}As$ は集光型太陽電池や高電子移動度トランジスタに代表されるように、In 組成を変化させることでデバイスの幅広いパラメータ設計が可能となる。高性能なメタモルフィック InGaAs デバイスを実現するためには、それらの下地（緩衝層）作りが重要となるが、これまで緩衝層内での貫通転位の閉じ込めや完全歪緩和に向けた結晶の無歪化技術の開発が試みられてきた。我々はこれまでメタモルフィック結晶成長の本質ともいえる転位発生やすべり運動によって引き起こされる歪緩和過程の理解を試みきた。そして、その場 X 線逆格子マッピング法[1]を用いて、InGaAs 単層から傾斜組成層まで多角的に歪緩和の素過程を検討してきた[2-3]。本講演では InGaAs 二層成長時に起きる特徴的な急激歪緩和現象[4]をもとに、多層成長中の歪緩和機構について検討した結果を報告する。

【実験方法】

大型放射光施設 SPring-8、BL11XU の MBE-XRD 装置を用いた。GaAs(001)基板上に、一層目として In 組成 9%の $In_{0.09}Ga_{0.91}As$ を 200nm 成長した。その後、二層目として In 組成 19%の $In_{0.19}Ga_{0.81}As$ を 400nm 成長した。InGaAs の成長温度は 470°C、成長速度は 0.2ML/sec である。InGaAs 成長中に二次元 CCD 検出器とサンプル位置調整により、(022)面の X 線回折を測定した。1 測定に要した時間は 68 秒であり、約 4 nm の薄膜成長のたびに 1 つの逆格子マップを得た。

【結果・考察】

Fig.1 は一層目の $In_{0.09}Ga_{0.91}As$ の上に二層目の $In_{0.19}Ga_{0.81}As$ を成長している時の一層目と二層目の 022 回折ピークの膜厚変化を示している。左図上段は[1-10]方向の回折ピーク位置の変化で、残留歪量と比例関係にある。左図下段は[1-10]方向の回折ピークの広がりで貫通転位密度を反映した結晶性の指標となる。

二層目の膜厚が 32 から 36nm の間で急激に残留歪が減少し、かつ結晶性が劣化している。つまり、この 4nm の膜厚範囲で急激な歪緩和が起きていると推測される。急激歪緩和前後の逆格子マップ（右図）から成長面傾斜がないという仮定をもとに歪緩和率を見積もったところ、一層目は 59 から 82%、二層目は 41 から 52%に増加したことが分かった。GaAs 基板上 $In_{0.12}Ga_{0.88}As$ 単層成長においても同様な急激な歪緩和領域が観測されているが、それは 30nm の膜厚範囲で 23%程度の歪緩和率の増加であった[1]。つまり、二層目の成長によって、下地の一層目の歪緩和が狭い膜厚範囲で急激に促進されていることが推測される。

二層目を 400nm 成長した後の一層目の歪緩和率を見積もったところ、84%であった。また、Fig.1 より急激歪緩和後の 36nm 以降では、一層目の歪緩和が飽和傾向を示している（緩和率に換算して 82%程度）。以上から、一層目の歪緩和率はわずか 4nm の膜厚範囲で起きる急激歪緩和現象で決定づけられていることになる。つまり、メタモルフィック結晶成長において完全歪緩和の緩衝層を得るためには、成長初期に引き起こされる急激歪緩和現象が重要な役割を果たしていることが分かった。

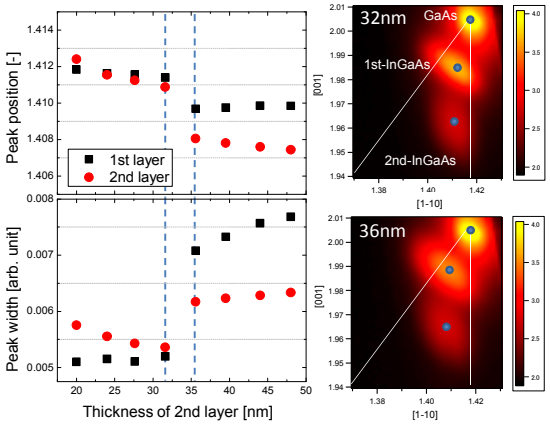

Fig.1 Evolution of peak position and peak width for 022 diffraction peaks of 1st and 2nd InGaAs layers as a function of the thickness of 2nd layer. Reciprocal space maps before and after rapid relaxation are also shown on the right hand side.

[1] T. Sasaki, et al., Appl. Phys. Express **2**, 085511(2009).
[2] H. Suzuki, et al., Appl. Phys. Lett. **97**, 041906 (2010).
[3] T. Sasaki, et al., IEEE J. Photovoltaics **2**, 35 (2012).
[4] 佐々木拓生他、秋季第71回応用物理学会、14a-ZV-8 (2010).

© 2013 年　応用物理学会