

## 埋れた半導体ナノドット・ナノドット配列の構造解析

京都大・国際融合創造センター、院\*、 東北大・金研\*\* 落合庄治郎 奥田浩司 小川高志\* 村瀬功\*  
中嶋一雄\*\* 宇佐美德隆\*\*

### Nanostructure analysis of capped semiconductor nanodots by GI-SAXS

Hiroshi Okuda, Shojiro Ochiai, Takashi Ogawa\*, Isao Murase\*, Kazuo Nakajima\*\* and Noritaka Usami\*\*

International Innovation Center, Kyoto University, \*Graduate School of Materials Science and Engineering, Kyoto University and \*\* Institute of Materials Research, Tohoku University

**Key Words:** Ge nanodots, GI-SAXS, interdiffusion, nondestructive analysis

**Abstract :** Nanostructure of Ge nanodots capped with Si layer and their evolution during short annealing have been examined by using grazing-incidence small-angle scattering (GI-SAXS). The nanodot samples were prepared at IMR. GI-SAXS result suggested that a short time annealing even at 600 C completely destroy nanodot structure, while a continuous shift of PL peak was observed up to 700 C.

#### 1. はじめに

自己組織化により形成される半導体ナノドットの形成過程は、最表面におけるドットのサイズ分布や形態観察については AFM などの走査プローブ顕微鏡法による評価が成長研究の一部としてルーチンのおこなわれている。一方、半導体量子井戸あるいは超格子構造の研究において知られているように、その特性と構造の関係を理解するうえでヘテロ界面構造の評価が重要である。ところが 1次元の DH 構造の場合と異なり、自己組織化したドットは 3次元の形状を持つために、断面から界面構造を評価することは容易でない。自己組織化構造の形成過程自体が成長表面での拡散過程であるため、これに伴う相互拡散層の評価、さらにはキャップ層によって埋めこまれた後の短時間熱処理に伴う相互拡散効果を評価する方法を確立することは重要である。

本研究では金研での共同研究により、ガスソース MBE により構造をよく制御された Si キャップ層をもつ Ge ナノドット構造を作成し、その真空中での短時間熱処理に伴う構造変化を斜入射配置の小角散乱測定 (GI-SAXS) 法によって評価を試みた。GI-SAXS 測定は高エネルギー加速器研究機構放射光研究施設 (PF) の BL15A でおこなった。

#### 2. 研究経過

成長温度 (783K) より高い 4水準の温度での 900 s の isochronal 熱処理材を金研での共同研究で作成した。また、GI-SAXS 測定に先立ち、10K での PL 発光波長測定をおこなった。これらの材料を PF の小角散乱ビームラインに GI-SAXS 用の試料方位制御機構を設置し、ほぼ臨界角の 1.5 倍の入射条件で測定した。小角測定にはイメージングプレートを利用した。

#### 3. 研究成果

金研でのナノドットの 10K での PL 発光波長は 823K から 973K までの 50K 刻みの 4水準の試料に対して単調にブルーシフトすることが確認されていたため、ドットの界面拡散によるドットサイズの変化によるものと予想していた。ところが小角散乱測定の結果は 873K 処理材ではすでにほとんど散乱強度を観測できず、923K 以上ではナノドットとしての 3次元の形状をとどめていないことが解った。823K での処理では界面拡散層の厚さが格子定数程度に広がったことが確認されたため、823K でのブルーシフトは相互拡散層の形成により、それ以上の温度では主として拡散による平均組成変化によるものであると結論された。

#### 4. まとめ

SI キャップのある Ge ナノドットの熱処理による構造変化を GI-SAXS により調べ、高さ 2 nm、半径 10 nm 程度の埋めこまれたドットが 873K900 s で界面相互拡散によりナノドット形状をとどめなくなることがわかった。今後 823K での等温焼鈍により、ナノドット界面の拡散係数見積もりと界面安定性の検討へ発展させる。

#### 5. 発表

T.Ogawa, H.Niwa, H.Okuda, S.Ochiai, Mater.Sci.Forum 475-479 (2005) 1097-1100.

奥田・落合・小川・宇佐美・中嶋 春季 5 2 回応用物理学関係連合講演会 (2005) (シンポジウム招待講演)