

パルス励起堆積法による特異構造の創製

Creation of nitride singular structures by pulsed excitation deposition

東大生研¹, JST-CREST², JST-ACCEL³

○藤岡洋^{1,2,3}, 上野耕平¹, 小林篤¹, 太田実雄¹

¹IIS, The University of Tokyo, ²JST-CREST, ³JST-ACCEL

○H. Fujioka^{1,2,3}, K. Ueno¹, A. Kobayashi¹, J. Ohta¹

E-mail: hfujioka@iis.u-tokyo.ac.jp

1.はじめに 前世紀後半に起きたマイクロエレクトロニクスの急激な発展は完全な周期性をもった無欠陥の単結晶の利用が前提になっている。しながら最近、結晶欠陥などの不完全性を包含した結晶を新物性発現のための新たなフロンティア、「特異構造」としてとらえる新しい考え方が注目を集めている。実際、応用上重要な物理現象の多くはバルク内部よりも周期構造の完全性が壊れたヘテロ界面で発現していることが多い。GaN に代表される窒化物半導体は特に、結晶欠陥を受け入れる許容濃度が高く、特異構造による新物性発現の可能性をテストする舞台として最適である。一般に安定な単結晶構造に特異構造を導入するには大きなエネルギーを要する場合が多く、平衡状態から大きく外れたプロセス条件を利用することが望まれる。本講演では、平衡から大きく外れた非平衡プロセスとして、パルス励起源を用いた低温結晶成長技術を用いて窒化物特異構造の作製技術を取りあげ技術的特徴を俯瞰的に解説する。

2.特異構造作製のための非平衡結晶成長技術 非平衡状態下において結晶成長を実現する手段としてパルス励起堆積 (PXD: Pulsed eXcitation Deposition)法を利用した。PXD 法とは非平衡パルス励起源を用いた結晶成長手法の総称であり、代表的なものとしてパルスレーザを利用する PLD (Pulsed Laser Deposition)法、パルス電子線源を利用する PED (Pulsed Electron-beam Deposition)法、パルス放電を利用する PSD (Pulsed Sputtering Deposition)法などが知られている。[1-5]

3.特異構造の作製と素子応用 PXD 法においては高エネルギーの III 族粒子が間欠的に基板に供給されるため、基板表面での吸着種の拡散長が飛躍的に増大する。この効果で結晶成温度の大幅な低減が期待でき、実際に PXD 法を用いると室温でも極めて品質の高い窒化物半導体結晶のエピタキシャル成長が実現することが良く知られている。低温での成長は、熱平衡下では作製できない非混和結晶の形成や、急峻なヘテロ界面を持った特異構造実現にも有利である。一方、リソグラフィを用いてパターンを形成した基板を出発材料として用いることによって、様々なタイプの特異構造の導入が可能となる。この様な構造は貫通転位の伝播抑制や応力の緩和の観点から極めて興味深い。当日は、このリソグラフィの様なトップダウン技術を用いて作製した窒化物特異構造と物質の持つ自己組織化能を利用して作製したボトムアップ技術を用いて作製した特異構造の特徴の比較を行い、新しい素子応用に対する展望をまとめる。

REFERENCES

- [1] K. Sato, J. Ohta, S. Inoue, A. Kobayashi, and H. Fujioka, Applied Physics Express 2, 011003 (2009).
- [2] E. Nakamura, K. Ueno, J. Ohta, H. Fujioka, and M. Oshima, Appl. Phys. Lett. 104, 051121 (2014).
- [3] T. Watanabe, J. Ohta, T. Kondo, M. Ohashi, K. Ueno, A. Kobayashi, and H. Fujioka, Appl. Phys. Lett. 104, 182111 (2014).
- [4] M. Oseki, K. Ohkubo, A. Kobayashi, J. Ohta, and H. Fujioka, Scientific Reports 4, 3951 (2014).
- [5] J.W. Shon, J. Ohta, K. Ueno, A. Kobayashi, and H. Fujioka, Scientific Reports 4, 5325 (2014).