

Ge 上 InGaAs ナノワイヤ選択成長と組成変調

Selective-area growth of InGaAs nanowires with various In compositions

北海道大学情報科学研究科および量子集積センター

○吉田 旭伸、富岡 克広、石坂 文哉、本久 順一

Graduate School of IST and RCIQE, Hokkaido Univ.

○Akinobu Yoshida, Katsuhiko Tomioka, Fumiya Ishizaka, Junichi Motohisa

E-mail: yoshida@rciqe.hokudai.ac.jp

[はじめに] 高移動度チャネル材料からなる III-V/Ge 異種集積技術は低消費電力化、高速動作の観点から次世代回路応用に期待されている[1,2]。また、これらの材料系は高効率多接合型太陽光発電素子としても期待されている。しかし、III-V 材料と Ge の異種集積には、格子不整合差によるミスフィット転位の形成やキャリア移動度の差による集積面積の差などの課題がある。本研究では、これらの問題を解決するため、III-V 材料をナノワイヤとして Ge 基板上に直接集積する混載集積構造に着目した。この構造は、格子不整合差によるミスフィット転位の形成を抑制し、n チャネルを縦型とすることで占有面積を縮小し、電流マッチングを実現できる。これによって、高い移動度で、ゲート制御性に優れた In-rich InGaAs (In 組成: 70-80%) [3]や、多接合太陽電池に適した Ga-rich InGaAs (In 組成: 10-20%)を自在に Ge 上に集積できるようになる。そのため今回は、In 組成を変調させた InGaAs ナノワイヤの選択成長について検討したので報告する。

[実験] Ge(111)基板上にプラズマ CVD で SiN 膜を 22 nm 堆積させ、電子線リソグラフィ、ウェットエッチングで、SiN 膜に開口部を作製し、マスク基板とした。次に有機金属気相選択成長 (SA-MOVPE)法により InGaAs ナノワイヤを成長した。成長原料として、TMIn、TMGa、AsH₃ を用いた。In-rich、Ga-rich InGaAs ナノワイヤ成長の気相中の In 組成は 63%、19%とし、分圧一定とした。

[結果] Ge(111)基板上に垂直 InGaAs ナノワイヤを成長させるためには、無極性 Ge 表面に (111)B 極性を形成する必要がある。AsH₃ を供給することで最表面 Ge 原子を As で置換し、流量変調成長法(FME)によって TMIn/TMGa と AsH₃ を交互に供給することで一層ごとに InGaAs を成長させる[4]。これによって基板表面に(111)B 極性を形成し、InGaAs ナノワイヤの成長方向を垂直方向に制御した。FME を行った後に、InGaAs ナノワイヤ成長を行った。図 1 に In-rich InGaAs ナノワイヤ成長の電子顕微鏡(SEM)像を示す。成長初期過程に行った

FME の回数の最適化を行うことで均一性の高いナノワイヤアレイを得ることが出来た。成長した InGaAs ナノワイヤの固相 In 組成は約 80% となり気相よりも高い In 組成を示した。図 2 に Ga-rich InGaAs ナノワイヤ成長の SEM 像を示す。In-rich InGaAs 成長と同様に As 置換と FME を用いて(111)B 極性を形成した。成長温度を最適化することで高均一なナノワイヤ選択成長に成功した。InGaAs ナノワイヤの In 組成は 17%となり、気相と同程度となった。当日は、In-rich、Ga-rich それぞれの場合の成長条件の最適化と成長したナノワイヤの結晶構造評価などについて議論する。

【参考文献】

- [1] S. Takagi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **54**, 06FA01 (2015).
- [2] A. Yoshida *et al.*, ECS Trans. **75**, 265 (2016).
- [3] H.H. Wieder, J. Vac. Sci. Technol. B **21**, 1915 (2003).
- [4] K. Tomioka *et al.*, Nano Lett. **15**, 7253 (2015).

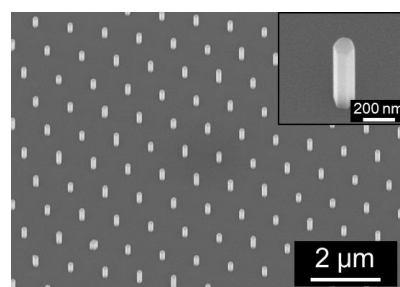


図 1. In-rich InGaAs NWs on Ge.

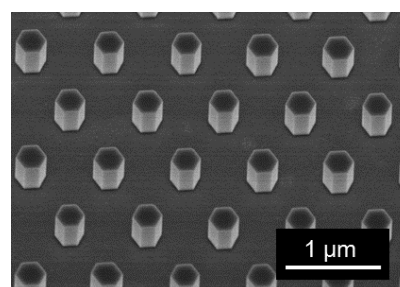


図 2. Ga-rich InGaAs NWs on Ge.