

CVD法により形成したシリコン薄膜の固相結晶化と電気的特性

Solid Phase Crystallization and Electrical Properties of CVD-Silicon Films

東芝デバイス&ストレージ(株) 水島 一郎

Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

E-mail: ichiro.mizushima@toshiba.co.jp

シリコン非晶質層の結晶化に関する研究は、1960年代にイオン注入技術の実用化を目的として、イオン注入により形成された損傷層が、非晶質層/単結晶層界面が移動することによる固相成長(solid phase epitaxy (SPE))によって単結晶化する過程を調べることから始まった[1]。この現象は、非晶質層がイオン注入によって形成された場合に限らず、CVD等の堆積手法により形成された場合でも基本的に変わらない[2]。つまり、単結晶層に対して部分的であっても非晶質層が接するような構造であれば、その非晶質層を単結晶化することが期待できる。例えばCVDで堆積したシリコン層を、単結晶基板と部分的に接した箇所をシードとすることで、横方向固相成長(Lateral(L-)SPEにより、SOI構造を形成することも可能となる[3]。

しかしながら単結晶基板をイオン注入することで形成された非晶質シリコンと、堆積手法によって形成した非晶質シリコンとは、固相成長による単結晶化過程においてさまざまな違いがある。例えば単結晶基板上にCVDでシリコン膜を堆積した場合には、界面に存在する酸化膜層が固相成長に大きく影響する[4]。さらに横方向固相成長の場合には、単結晶化する領域が堆積膜の厚さに限定されることで、単結晶基板直上に比較して遅い固相成長距離速度しか得られない[5]。この結果として、絶縁膜との界面を起点とした核生成による結晶粒の生成で固相成長が阻害され、シードから離れた領域では固相結晶化(solid phase crystallization)による多結晶化が進むことになる。この結果として横方向固相成長で単結晶化できる面積は μm オーダーに制限される[6]。ただし近年の素子サイズが nm のオーダーになった結果として、固相成長で形成した単結晶層をデバイスに適用することのメリットも実証されている。横方向固相成長技術を用いてシード以外の領域をSOI化した構造を形成し、短チャネル効果を受けにくいチャネルをSOIとした構造のNANDセルの動作を確認している[7]。

一方多結晶化した領域であっても、固相結晶化法により大粒径の多結晶シリコン膜が形成できるため、その電気的特性を改善することができる[8]。また最近ではTFTのサイズも nm オーダーとなり、ゲートサイズが平均粒径よりはるかに小さく「多結晶シリコンデバイス」が、「その内部に、計数可能な結晶粒界を有するデバイス」として扱えるようになってきている[9,10]。

シリコンの固相結晶化技術の特徴を把握し、どのようなデバイスへの適用をするかを明確にした上で、限界を打破するための新たな材料・手法の研究開発を進めることが、IV族系材料の結晶成長技術を大きく発展させると考えている。

- [1] J. W. Mayer et al., Can. J Phys., **46**, 663 (1968). [2] J. A. Roth and C. L. Anderson, Appl. Phys. Lett., **31**, 689 (1977). [3] Y. Ohmura et al., Jpn. J. Appl. Phys., **21**, L152 (1982). [4] I. Mizushima et al., J. Appl. Phys., **63**, 1065 (1988). [5] Y. Kunii et al., J. Appl. Phys., **56**, 279 (1984). [6] H. Yamamoto et al., Jpn. J. Appl. Phys., **25**, 667 (1986). [7] H. Ishida et al., 2009 SSDM, B-6-3, p.996. [8] I. Mizushima et al., Jpn. J. Appl. Phys., **27**, 2310 (1988). [9] T. Asano et al., 2017 IRPS, 5C.2. [10] 浅野他 本第78回秋季学術講演会にて講演予定。