ラマン分光法による多結晶シリコン粒内のナノ結晶構造が及ぼす熱伝導特性評価 (II)

Evaluation of Thermal Properties for Nanostructures in Polycrystalline Silicon Grains by Raman Spectroscopy (II)

[°]竹内 悠希¹、横川 凌^{1,2}、高橋 和也³、小森 克彦³、森本 保⁴、澤本 直美¹、小椋 厚志^{1,5} (明治大理工¹、学振特別研究員 DC²、東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ(株)³、東 京エレクトロン(株)⁴、再生可能エネルギー研究インスティテュート⁵)

^oH. Takeuchi¹, R. Yokogawa^{1,2}, K. Takahashi³, K. Komori³, T. Morimoto⁴,

N. Sawamoto¹ and A. Ogura^{1,5}

(Meiji Univ.¹, JSPS Research Fellow DC², Tokyo Electron Technology Solutions Ltd³, Tokyo Electron Ltd⁴, Meiji Renewable Energy Laboratory⁵)

E-mail: ce191036@meiji.ac.jp

背景と目的:多結晶シリコン(poly-Si)薄膜は、 大面積薄膜トランジスタ(TFT)や 3DNAND フ ラッシュメモリーの高移動度チャネル材料と して期待されており、近年では次世代熱電デバ イス材料としても注目されている。我々は前回 までに、固相成長によって作製した poly-Si 薄 膜の熱伝導特性をラマン分光法によって測定 し、粒径だけではなく粒内のナノ結晶構造サイ ズにも熱伝導率が依存することを報告した[1]。 本研究では更に高温熱処理条件を変えること で、粒径及びナノ結晶構造サイズ評価を行い、 移動度や熱伝導特性に与える影響を確認する。 実験方法:試料は Si 基板上に 100 nm の SiO2 膜を形成後、30 nm のアモルファスシリコン (a-Si)を減圧 CVD で堆積した(堆積条件: 510 °C、0.4 Torr,SiH₄)。その後、Ar 雰囲気中 で結晶化熱処理を行い poly-Si 薄膜を作製した。 熱処理は(a)700 ℃ で 30 分熱処理、700 ℃ で 30 分熱処理後冷却し、(b)その後に 900 ℃ で 30 分 の追加熱処理、(c)その後に 1100 ℃ で 30 分の 追加熱処理の3条件とした。poly-Si 薄膜に対 しラマン分光測定を行い、励起光源に UV レー ザー(波長:355 nm)を使用し、分光器の焦点距離 は 2000 mm、波数分解能は 0.1 cm⁻¹であった。 さらにガルバノミラーを高速駆動させること で疑似線状化したレーザ光源を用いて、1 次元 分布の同時測定を行った。

結果および考察: Fig.1には3試料のラマン分 光測定によるピーク半値幅(FWHM)の1次元分 布を示す。この結果から(a)、(b)、(c)の順に FWHM が狭窄しており、またFWHM のバラつ きも同様に(a)、(b)、(c)の順に小さくなってい ることが確認できる。これは追加熱処理を行う ことで結晶性は改善され、また追加熱処理温度 を高温にすることでさらに結晶性が改善した ことが示唆される。Fig.2にはFig.1の結果か ら推定したナノ結晶構造サイズの分布を示す。 poly-Si 粒内のナノ結晶構造サイズ(D)について、 下記式を用いて解析した。

$$\text{FWHM} = \frac{120.8}{\frac{a_{\text{Si}}}{D} + 0.53} \times \left(\frac{a_{\text{Si}}}{D}\right)^2 \times 2\sqrt{2\ln 2}\sigma + \Gamma_0$$

ここで、 σ はナノ結晶構造のサイズ分布を示す 標準偏差、 Γ_0 は Si 基板の FWHM (cm⁻¹)、 a_{Si} は シリコンの格子定数 (nm)である[2,3]。この結 果から(a)、(b)、(c)の順にナノ結晶構造が拡大 している可能性が示唆され、これはナノ結晶構 造が熱処理プロセス中の最高温度に依存した と考えられる。

[1] 竹内 悠希 他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演 会講演予稿集, 9p-W371-1, (2019 春). [2] W. Ke *et al.*, J. Appl. Phys. 109, 083526 (2011).

[3] H. Yamazaki et al., Sci. Rep. 7, 16549 (2017).



Fig. 1. FWHM one dimensional distribution



Fig. 2. Medians and Variances of Nanostructure