ラマン分光法による多結晶シリコン粒内のナノ構造評価

Evaluation of Nanostructure in Poly-Si Grain by Raman Spectroscopy

^O横川 凌¹、鈴木 貴博¹、鈴木 涼太¹、高橋 和也²、小森 克彦²、

森本 保³、澤本 直美¹、小椋 厚志¹

(1.明治大理工、2.東京エレクトロン東北㈱、3.東京エレクトロン㈱)

[°]R. Yokogawa¹, T. Suzuki¹, R. Suzuki¹, K. Takahashi², K. Komori²,

T. Morimoto³, N. Sawamoto¹, and A. Ogura¹

(1. Meiji Univ. 2. Development Dept., Tokyo Electron Tohoku Ltd. 3. Tokyo Electron Ltd.)

E-mail: ce51066@meiji.ac.jp

【背景と目的】多結晶シリコン(poly-Si)は、高 移動度を有し薄膜トランジスタ(TFT)の重要な 材料の一つとなっている。しかし些細なプロセ ス条件の変化でデバイスの電気特性は変化し、 プロセス最適化が急務である。我々は前回、ラ マン分光法によりアニール温度依存性を確認 し、高温処理を施すことで膜質が改善されるこ とを確認した[1]。本研究では、poly-Si 膜質改 善の要因を特定するためラマン分光法により poly-Si 粒内のナノ構造評価を試みた。

【実験】 試料は Si 基板上に 100 nm の SiO₂ 膜 を形成後、180 nm のアモルファスシリコン (a-Si)を LPCVD で堆積した(堆積条件: 510°C、 1.5 Torr)。700 ℃ および 1000 ℃ で 2 時間、Ar 雰囲気アニールを行い poly-Si を作製した。 poly-Si 薄膜に対しラマン分光測定、電子線後 方散乱パターン(EBSP)解析、TEM 観察などを 実施した。ラマン分光測定では励起光源に YAG レーザ(波長:355 nm)を用い、分光器の焦 点距離は 2000 mm、さらにはガルバノミラーを 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・考察】 Fig. 1 にラマン分光法により 得られた FWHM 一次元分布を示す。ラマンピ ークの半値幅は結晶性を反映し、c-Siの半値幅 は約3.0 cm⁻¹である。高温でアニール処理を施 すほど FWHM が狭くなり、かつバラつきも低 減していることから結晶性が改善し、均一性が 向上したと考えられる。TEM 観察より粒径 0.5-1.0 µm の poly-Si は、さらに微小なナノ構 造で構成されていることが示唆された。そこで、 Fig. 2 に poly-Si 粒内のナノ構造サイズ(D)を、 下記式を用いて FWHM を代入することで統計 的に解析した結果を示す[2]。

$$\begin{cases} FWHM = \Delta\omega \times 2\sqrt{2\ln 2\sigma} + \Gamma_0 \\ \Delta\omega = \frac{120.8}{\frac{a_{si}}{D} + 0.53} \times \left(\frac{a_{si}}{D}\right)^2 \end{cases}$$

ここで、 $\Delta \omega$ はラマンピークシフト(cm⁻¹)、 σ は ナノ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。アニール温度上昇に伴い、結 晶粒内のナノ構造サイズが拡大し、poly-Si の 結晶性改善に寄与していることが確認された。 同様の可能性は暗視野 TEM 像、EBSP 法によ り得られた poly-Si 粒径分布でも確認された。 【謝辞】本研究にあたり、解析のご助言をいた だいた(株)東芝研究開発センター 山崎 英之 氏、臼田 宏治氏に感謝します。

[1] 横川 凌 他, 第 76 回応用物理学会秋季学術 講演会講演予稿集, 13a-1C-4, (2015 秋).

[2] W. Ke et al., J. Appl. Phys. 109, 083526 (2011).



Fig. 1 FWHM one dimensional distribution.



Fig. 2 Statistical nanostructure size distribution analyses; (a) 700°C/2hour (b) 1000°C/2hour.