

課題番号 : F-15-KT-0007  
利用形態 : 技術補助  
利用課題名(日本語) : プラズマスパッタによる Si ナノワイヤ形成  
Program Title (English) : Si nanowire growth by plasma sputtering  
利用者名(日本語) : 斧 高一, 山田 郁美  
Username (English) : K. Ono, I. Yamada  
所属名(日本語) : 京都大学大学院工学研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Kyoto University

## 1. 概要(Summary)

Si ナノワイヤ形成には、広く CVD (chemical vapor deposition), PECVD (plasma-enhanced CVD), PLD (pulsed laser deposition), TE (thermal evaporation) など熱プロセスが用いられるが、反応性ガス ( $\text{SiH}_4$ ,  $\text{Si}_2\text{H}_6$ ,  $\text{SiCl}_4$ ) や高温加熱炉を必要とするため、大口径基板に大量高速形成することは不可能であった。これに対し、本利用者らは、装置構成が単純であり、種々の薄膜形成に広く用いられるプラズマスパッタ法を用いて Si ナノワイヤを形成する方法を提案し、研究開始数年を経て、最近ようやく、Si ナノワイヤ形成に成功した。

## 2. 実験(Experimental)

### ・利用した装置

超高分解能電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM)

### ・実験方法

高周波マグネトロンスパッタ装置 (自作装置; 13.56 MHz, < 100 W,  $\phi 3$ " ターゲット,  $2 \times 2 \text{ cm}^2$  基板) を用い、Au/Si(100), Au/SiO<sub>2</sub>/Si(100) 基板上に Si 原子を供給し、Si ナノワイヤ形成条件を探索した。ナノワイヤ形成は、基板前洗浄、ガス組成 (Ar/H<sub>2</sub>)、圧力、Au 薄膜厚さ、基板温度、高周波電力、ターゲット-基板距離、スパッタ時間、など、多くのパラメータに依存し、最適条件を見出した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に、Ar/H<sub>2</sub> ガス組成 (75%-H<sub>2</sub>)、圧力 30 mTorr, Au 厚さ 10 nm, 基板温度 700 °C, スパッタ時間 60 min の条件において Si(100) 基板上に形成されたナノワイヤの SEM 像を示す。典型的なナノワイヤ直径は 350 nm, 長さ 20  $\mu\text{m}$ , アスペクト比 (長さ/直径) ~ 60 である。スパッタ時間を変えて (10~90 min) ナノ

ワイヤ形成の様子を調べたところ、ナノワイヤ長さは時間とともに増大するが、45 min 以上で飽和傾向にあること、一方、直径は時間とともに増大し続けること、また、30 min 以下でナノワイヤ先端の Au ドットが消失し、その後ナノワイヤ側壁はラフになる傾向にあること、などがわかった。今後さらに、均一な長さや直径を有する Si ナノワイヤを基板に垂直に形成するための研究開発が必要である。

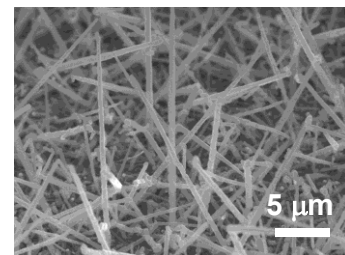


Fig. 1 SEM images (45° angle view) of Si nanowires grown on Au/Si(100) substrates by rf magnetron sputtering.

## 4. その他・特記事項(Others)

特になし。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1)山田郁美, 江利口浩二, 斧高一、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 (北海道大学, 札幌, 2014 年 9 月 17 日), Paper No. 19p-S8-15.
- (2) I. Yamada, Y. Hirano, K. Nishimura, Y. Takao, K. Eriguchi, and K. Ono, Appl. Phys. Express 8(6), 066201 (2015).

## 6. 関連特許(Patent)

太田裕朗, 斧 高一, "ワイヤー状構造をもつ半導体の製造方法及び製造装置", 出願番号:特願 2010-517754 (平成 21 年/2009 年 6 月 23 日), 国際出願番号:JP2009002848, 国際公開番号:WO09157179 (平成 21 年/2009 年 12 月 30 日).