

Poster presentation | 15 Crystal Engineering : 15.5 Group IV crystals and alloys

📅 Wed. Sep 18, 2024 4:00 PM - 6:00 PM JST | Wed. Sep 18, 2024 7:00 AM - 9:00 AM UTC 🏛️ P10
(Exhibition Hall A)

[18p-P10-1~2] 15.5 Group IV crystals and alloys

[18p-P10-1]

Growth of Vertically Oriented Ge Wires on Quartz Substrate by PECVD

○Mihaeru Uematsu¹, Kobayashi Shin-ichi¹ (1.Tokyo Polytechnic Univ.)

◆ English Presentation

[18p-P10-2]

Molecular Beam Deposition for the Synthesis of Germanium Sulfide Crystals: Exploring Optimal Growth Conditions

○(M1)Bowen MA^{1,2}, Qinqiang ZHANG¹, Ryo MATSUMURA¹, Naoki FUKATA^{1,2} (1.NIMS, 2.Univ. of Tsukuba)

プラズマ CVD による絶縁基板上的高配向 Ge ワイヤ成長 Growth of Vertically Oriented Ge Wires on Quartz Substrate by PECVD

東京工芸大工, [○](M1) 植松 実生, 小林 信一

Tokyo Polytechnic Univ., [○]Mihaeru Uematsu and Shin-ichi Kobayashi

E-mail: m2462001@st.t-kougei.ac.jp

【はじめに】情報処理・通信システムの高度化により、Si 集積回路の分野では高速動作素子が強く求められ、その実現には Si よりも高移動度材料である Ge の導入が重要視されている。また、太陽電池などの光学素子分野においても Ge の適用による赤外領域での光励起特性の向上が求められている。Ge は Si よりも高キャリア移動度・狭バンドギャップであるという特徴に加え、Si と物理的・化学的整合性が高いことから、Ge を導入した高性能デバイス実現への期待は大きい。

我々は、絶縁基板上的の低欠陥 Ge 成長の研究を進めており、石英ガラス基板上に垂直方向に配向する Ge ワイヤを、プラズマ(PE)CVD 法による Au を触媒とした VLS(Vapor-Liquid-Solid)法により実現した。

【実験】真空蒸着法で厚さ 1.4nm の Au 膜を石英ガラス基板上に成膜した。試料を平行平板型 PECVD 装置に移し、水素プラズマ処理した後、GeH₄ ガスを用いた PECVD で Ge 膜を成膜した。励起周波数 150MHz、基板温度 320°C である。水素プラズマ処理は投入電力 250mW/cm²、H₂ ガス流量 10sccm、全圧 16Pa で 10 分間行い、PECVD では投入電力 160mW/cm²、GeH₄ ガス流量 1sccm、H₂ ガス流量 9sccm、全圧 20Pa で成膜時間は 20 分である。成膜した試料は FE-SEM で評価した。

【結果・考察】水素プラズマ処理後に Au は粒状(粒径 ~10nm、密度 1.6×10^3 個/ μm^2)に凝集する。Figure 1 に Ge 成膜後の断面 SEM 写真を示す。基板温度が Au-Ge の共晶点温度(360°C)に近いので、VLS 成長が起こり、Ge ワイヤが成長する(高さ 2.3 μm)。しかし、PECVD を用いたことで基板と Ge ワイヤの間には、熱 CVD による VLS 成長では見られない Ge 膜(膜厚 1.2 μm)が成長する。また Ge ワイヤはテーパ状になっており、根元幅は 0.8 μm である。これはワイヤ頂点での VLS 成長による垂直方向成長のみならず、ワイヤ側面に吸着する反応前駆体や Ge 膜側から泳動した反応前駆体による横方向成長も起こるためである(Fig.2)。ワイヤ密度は 0.56 本/ μm^2 であり、Au 粒子密度に比べて 4 桁減少するが、成長したワイヤは基板垂直方向に配向した。TEM 観察からはワイヤ中に Ge 結晶が確認されており、垂直配向 Ge ワイヤの成長機構について検討を進めている。

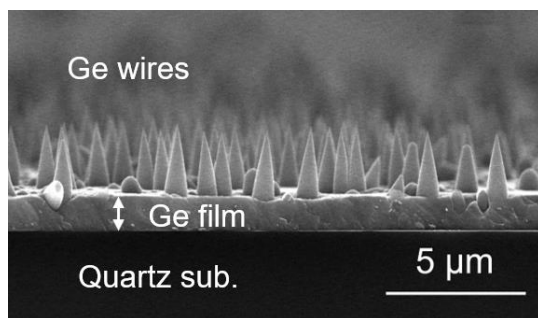


Fig. 1. Cross-sectional SEM image of Ge wires.

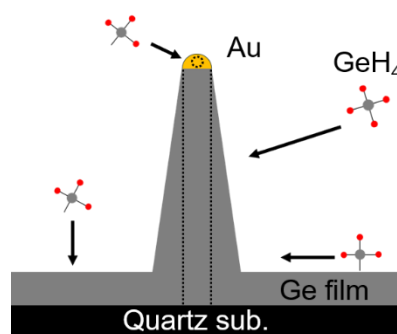


Fig. 2. Schematic illustration of Ge wire growth.

Molecular Beam Deposition for the Synthesis of Germanium Sulfide Crystals: Exploring Optimal Growth Conditions

Research Center for Materials Nanoarchitectonics (MANA), National Institute for Materials
Science (NIMS)¹, Univ. of Tsukuba²

°Bowen Ma^{1,2}, Qinqiang Zhang¹, Ryo Matsumura¹, Naoki Fukata^{1,2}

E-mail: s2420337@u.tsukuba.ac.jp

Introduction

Germanium sulfide (GeS_x), as a layered semiconductor material, has attracted considerable attention due to its potential applications in optoelectronics, electronic devices, and energy storage^[1]. There have been reports on the synthesis methods for GeS crystals, including Chemical Vapor Deposition (CVD) and Physical Vapor Deposition (PVD) ^[2,3]. Here, we propose to employ Molecular Beam Deposition technology for the synthesis of GeS_x crystals.

Experiment section

After cleaning the silicon (100) substrate coated with a 100-nanometer-thick layer of thermal oxide, we utilized a solid-source Ge cell in a molecular beam deposition apparatus to deposit amorphous Ge with 3 nm thickness at room temperature. Subsequently, at the same temperature, we co-deposited Ge, and S for ~10 nm using both solid-source K-cell, and plasma cracking cell, responsibly [Fig. 1(a)]. The sample was then heated up to a temperature ranging from 500°C to 600°C and maintained for 20 to 40 minutes. During this heating process, we continuously supplied Ge and S sources to facilitate the growth of GeS crystals on the substrate. [Fig. 1(b)]

Results and Discussion

Raman spectroscopy (Fig. 2) reveals significant crystallization in the samples heated and held at 550°C and 600°C for 20 minutes, with the main Raman peak located at 310 cm^{-1} . Auger electron spectroscopy (AES, Fig. 3) further confirms the presence of germanium (Ge) and sulfur (S) in the crystallized sample, suggesting that the crystalline material is likely a compound of Ge and S. We will discuss for the detail during the presentation.

Reference

- [1] Hu Z et al, 2019 Nanotechnology 30 252001
- [2] Nakamura M., et al, 2020 Crystal Growth 547 125813
- [3] Zhang Q., et al, 2023 ACS Appl. Nano Mater 6920

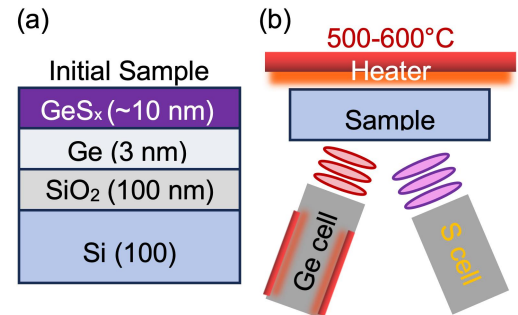


Fig. 1(a) Schematic of initial sample structure and (b) heating process

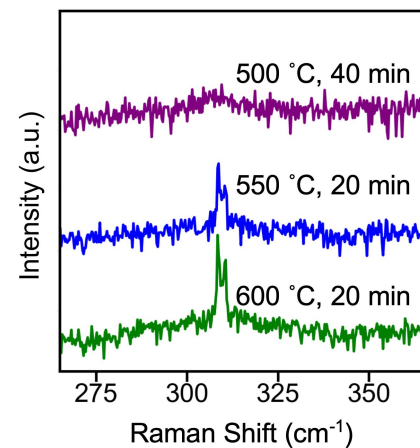


Fig. 2 The Raman spectroscopy results of the samples with various heating temperatures.

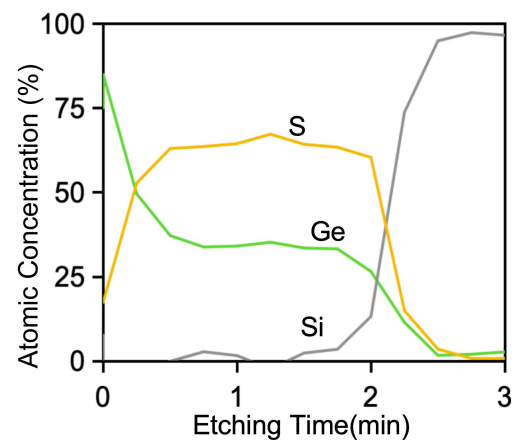


Fig. 3 Depth profile of atomic concentration of sample after the process (550°C 20min).