

大気圧マイクロ熱プラズマジェット結晶化 P 型 Ge 膜の電気特性評価

Electrical Characteristics of Atmospheric Pressure Micro-Thermal-Plasma-Jet Crystallized P-type Germanium Film

広大院先端研 °赤塚 祐允, 佐藤 拓磨, 花房 宏明, 東 清一郎
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University
°Y. Akatsuka, T. Takuma, H. Hanafusa and S. Higashi

序>

我々は、石英基板上アモルファスゲルマニウム(a-Ge)膜への大気圧マイクロ熱プラズマジェット(μ -TPJ)照射により、Leading Wave Crystallization(LWC)および高速横方向結晶化(HSLC)による高結晶性 Ge 膜の形成を報告した[1]。これまでに非晶質 Ge (a-Ge)の結晶化において、 μ -TPJ 照射時の投入電力(P)、掃引速度(v)の変調により異なる結晶化状態を観測し、粒径が 30 μm となる高速横方向結晶化(HSLC)では、最大 1070 cm^2/Vs のホール移動度を観測している[2]。本研究では、更なる高移動度 Ge 薄膜を目指し、 μ -TPJ 前面からの距離(d)が a-Ge 膜結晶化に与える影響を調査した。

実験>

石英基板上に基板温度 200 $^{\circ}\text{C}$ で、プラズマ化学気相堆積法(PECVD)法により a-Ge 膜を 100 nm 堆積後、結晶化時の Ge の凝集を抑制するため、リモート PECVD 法により SiO_2 キャップ層を 550 nm 堆積した。 μ -TPJ 前面から距離 $d = 2.5 \sim 3.5$ mm に設置した試料の結晶化は、大気圧下において Ar ガス流量 (f)1.0 L/min、投入電力(P) ~ 1.0 kW、噴出孔径 600 μm より発生した μ -TPJ を速度(v) 200 $\sim$ 2000 mm/s で掃引することで行った (Fig.1)。ホール効果測定には、a-Ge 膜堆積後、 H_2O_2 ウェットエッチングにより、幅 2 μm 、間隔 2 μm の格子状 にパターニングを行った後に結晶化を行った。B+をコンタクト領域に、ドーズ量 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、加速電圧 35 keV にてイオン注入後、 N_2 雰囲気中 550 $^{\circ}\text{C}$ 、10 min にて活性化を行い、Al を蒸着してドレイン(S/D)領域を形成した。結晶化した試料は EBSD およびホール効果測定により評価した。

結果及び考察>

TPJ 照射により得られた結晶化状態の相図を Fig.2 に示す。 $d = 2.5$ mm においては、 v の変化に伴い Leading Wave Crystallization(LWC)および凝集(Aggregation)の 2 つの結晶化状態のみ観測され、HSLC は観測されなかった。 $d = 3.0$ および 3.5 mm と変化させ結果が Fig.2 に示す。それぞれ 300 $\sim$ 800 mm/s および 750 $\sim$ 1100 mm/s で HSLC が観測され、 d が HSLC のプロセスウィンドウを決定する一因であることが示唆される。得られた相図に基づき、結晶化した細線状 Ge 膜(チャンネル幅 W /チャンネル長 $L = 3 \mu\text{m}/14 \mu\text{m}$)の電気特性を Fig.3 に示す。Aggregation および HSLC の境界付近の TPJ 処理条件(d, v)において結晶化した HSLC-Ge 膜において最大で 374 cm^2/V のホール移動度(正孔密度 $2.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)を観測した。これは Fig.4 の EBSD 像により、HSLC-Ge では大粒径(最大粒径 10 μm)が形成され、粒界散乱による移動度低下が LWC(最大粒径 5 μm)と比較して小さいためであると考えられる。一方、TPJ 熱処理条件が異なる HSLC-Ge 膜では Fig.3 に示すように、ホール効果移動度 20 $\sim$ 374 cm^2/V と分布している。このことから HSLC-Ge 膜のホール効果移動度が粒界散乱以外の影響も受けていると推察される。本講演では、TPJ 熱処理条件が a-Ge 膜結晶化時の昇温・降温過程に与える影響の議論を通して、高移動度 Ge 膜の可能性について言及する。

結論>

μ -TPJ 前面からの距離 (d) の増加により、HSLC-Ge が広範囲にわたり得られる熱処理条件を見出した。結晶成長領域の条件で作製した HSLC-Ge 膜をチャンネルに用いた P 型 Ge 膜は $\mu_{\text{H}} = 374 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を達成した。

[1] 上倉他, 第 74 回秋期応用物理学会関係連合講演会 (2013) 13-098, 19p-B4-7.

[2] 中谷他, 第 75 回秋期応用物理学会関係連合講演会 (2014) 13-112, 19a-A19-8.

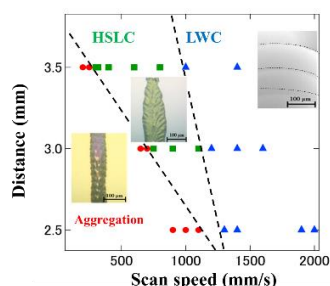


Fig. 2. Experimental points at different scan speeds and distance between μ -TPJ and a-Ge films. Dotted lines are drawn to help eyes.

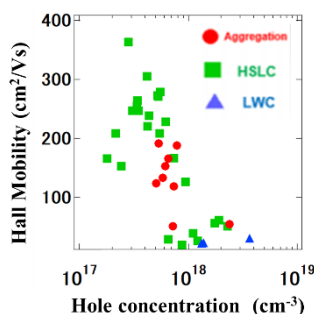


Fig.3. Hole concentration and Hall mobility of μ -TPJ crystallized Ge films.

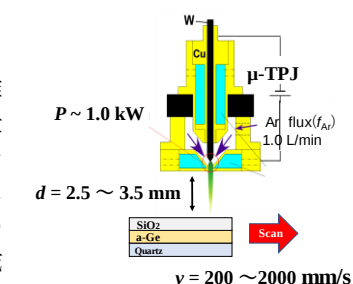


Fig. 1. Schematic diagram of μ -TPJ crystallization of a-Ge films on insulating substrate.

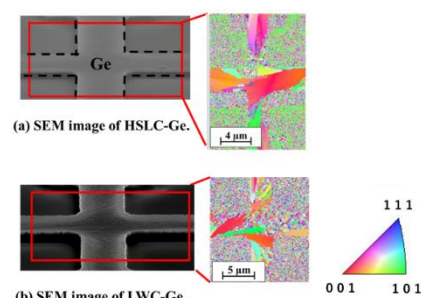


Fig.4. SEM image and at surface direction of LWC and HSLC-Ge films.