

H₂S と WF₆ ガスソースを用いた WS₂ の CVD 形成

Chemical vapor deposition of WS₂ by using H₂S and WF₆ gas sources

産総研 ○岡田 直也、張 文馨、古賀 健司、入沢 寿史

AIST, ○N. Okada, W. H. Chang, K. Koga, T. Irisawa

E-mail: okada-naoya@aist.go.jp

【背景】原子層カルコゲナイド (MX_2 : $M = W, Mo, \text{etc.}, X = S, Se, Te$) は、数原子層の厚さでありながら高いキャリア移動度とバンドギャップを有し、エレクトロニクス材料として有用である。これまで、 MX_2 の材料探索や合成実証に、固体ソースの昇華を利用した気相反応成膜 (CVD) 法が広く用いられてきた。しかし、この手法は、 MX_2 の精密な材料制御や面内均一化及び大面積化が困難であり、LSI 作製などの半導体プロセスには適用できない。そこで、半導体プロセスで実績のある H₂S ガスと WF₆ ガスを用いることで、オールガスソースの CVD 法による WS₂ の形成を検討した。

【実験】H₂S ガスと WF₆ ガスをコールドウォール型の成膜室に一定流量 (H₂S : 0.4–5 SCCM, WF₆ : 0.05–0.4 SCCM) で導入し、圧力を一定値 (0.1–2000 Pa) に保持し、石英基板上 (基板サイズ : 1 cm 角–2 インチ φ、基板設定温度 : 500–800°C) に WS₂ を形成し、ラマン散乱測定、フォトルミネッセンス (PL) 測定、及び光吸収測定より評価した。

【結果】ラマン散乱測定より、2 インチ φ 面内全域で WS₂ の A_{1g} および E_{2g} モードのピークを示した (図 1)。これらのピーク位置とピーク強度は、WS₂ が数層の厚さで形成されていることを示す。また、成膜圧力、ガス流量、および基板温度を変えることで、これらのラマンピークが変化し、成膜条件により WS₂ の厚さを制御可能であることがわかった。また、TEM 像から、これらの WS₂ が ~10–100 nm の多結晶であることが示唆された。PL 測定と光吸収測定では、~2.0 eV の PL 発光ピークと 2 次元材料に特有な室温エキシトン吸収ピークが確認された (図 2)。この値は WS₂ のエキシトン直接遷移のエネルギー値と整合しており、グレイン内部の局所的な結晶性という意味においては良好な結晶が形成されている。

【まとめ】LSI プロセスに適用可能な H₂S と WF₆ によるガスソース CVD 法において、ウェハスケールで均一で良好な結晶性を有する WS₂ の合成を確認した。

[謝辞] 本研究は、JST CREST (グラント番号 JPMJCR16F3) の助成を受けて実施された。

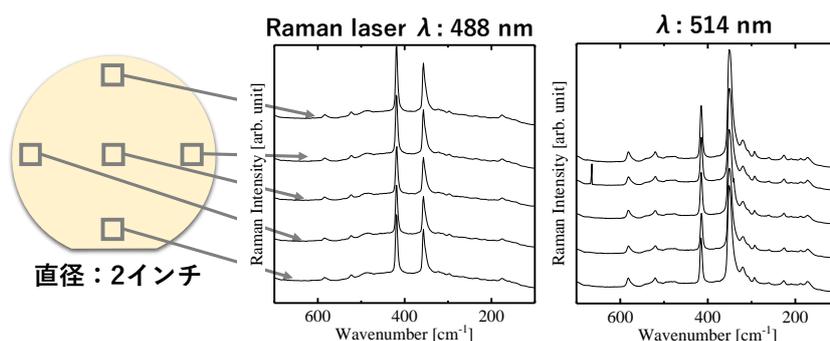


図 1. オールガスソース CVD 法で形成した WS₂ のラマン散乱測定結果 (ラマンレーザー波長: 488 nm, 514 nm)

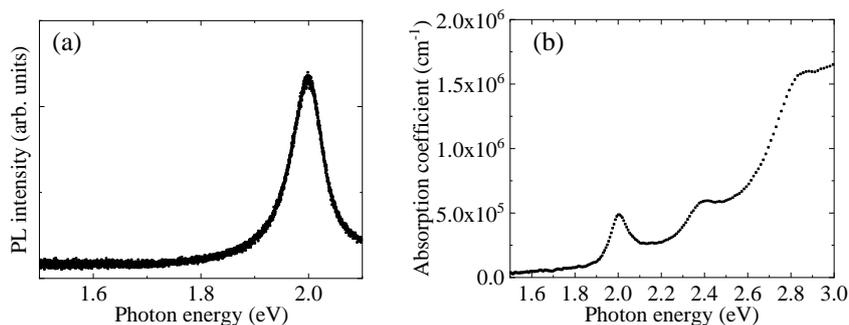


図 2. オールガスソース CVD 法で形成した WS₂ の (a) フォトルミネッセンス測定結果と (b) 光吸収測定結果。測定温度: 室温