

水晶振動子によるシリコンミニマルCVD製膜過程測定

Si minimal CVD process measurement by exhaust gas using quartz crystal microbalance

横国大院工¹, ミニマルファブ推進機構², 産総研³, 室井 光子¹, 羽深 等¹, 三ヶ原 孝則^{2,3}, 池田 伸一^{2,3}, 石田 夕起^{2,3}, 原 史朗^{2,3}

Yokohama National Univ.¹, MINIMAL², AIST³, Mitsuko Muroi¹, Hitoshi Habuka¹, Takanori Mikahara^{2,3}, Shin-ichi Ikeda^{2,3}, Yuuki Ishida^{2,3} and Shiro Hara^{2,3}

E-mail: habuka-hitoshi-ng@ynu.ac.jp

[序論] 様々な電子部品を無駄なく必要な量だけ生産するために、小さなウエハ(直径 12.5 mm)を用いる「ミニマル・ファブ」[1] が提案され、これに用いられるシリコンエピタキシャル製膜プロセスが開発[2-4]されている。その製膜プロセスを把握するために排出ガス系に水晶振動子(QCM)を設置[5]した。それにより得られる詳細な内容を報告する。

[実験] 本研究に用いた CVD 装置を Fig. 1 に示す。円筒状の石英ガラス製反応器内の基板支持台にシリコンウエハ(直径 12.5 mm)を置いて自転させ、上側から原料ガスを供給した。赤外線ランプを点灯してシリコンウエハを加熱した。反応容器の下流側であって、基板温度の変化が QCM の振動数に全く表れない位置に QCM(25 MHz)を取り付けた。そこに反応容器から排出されるガスを導入することにより、それぞれの製膜の過程における QCM 振動数を計測した。

使用したガスの流量はそれぞれ、キャリアガスの水素を 50 sccm、トリクロロシラン(SiHCl_3)を 21 sccm、トリクロロシラン容器にバブリングするための水素を 35 sccm に設定した。反応器内の圧力を 1 気圧、製膜時の赤外線ランプの電圧を 80V に設定した。トリクロロシランにより生じる振動数変化を明確に測定するため、トリクロロシランガスが QCM に到達して振動数が低下したことを把握した後に基板の温度を製膜時の設定に上げた。所定の時間経過後に基板を降温し、その後にトリクロロシランの供給を停止した。

[結果と考察] QCM により測定される振動数の様子を Fig. 2 に示す。トリクロロシランを導入した直後に、ガスの密度と粘度の増加に対応[6]して振動数は素早く低下(ΔF)した。次に、赤外線ランプ電圧を 80V に上げたところ、振動数は穏やかに減少し続けた。これは、反応器内においてトリクロロシランによる製膜が開始されると共に副生成物として SiCl_2 が僅かに生成され、これが排出ガスにより運ばれて QCM 表面において堆積した可能性がある。ここで、振動数減少の勾配と得られた膜厚の関係には、Fig. 3 に示すように相関があると考えられたことから、排気ガスの測定により製膜速度を実時間計測できる可能性がある。

[結論] ミニマル CVD 装置の排ガスを水晶振動子を用いて測定することにより、製膜速度を実時間計測できる可能性がある。

文献 [1] 産総研・ファブシステム研究会, レポート「21 世紀型生産システム」, 2008. [2] N. Li *et al.*, ECS J. Solid State Sci. Technol., 5 (2016) P280. [3] A. Yamada *et al.*, ICCGE 18, MoP-G04-2 (Nagoya, Japan, 2016). [4] N. Li *et al.*, Physics Procedia, 46C, 230 (2013). [5] 室井 ら, 応用物理学会 2018 年春, 20p-C101-2. [6] A. Saito *et al.*, Physica Status Solidi C, 12, 953 (2015).

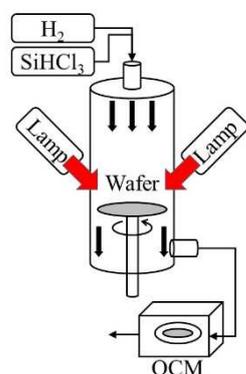


Fig. 1 ミニマル CVD 装置と QCM 測定

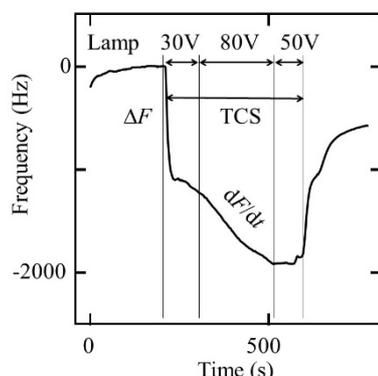


Fig. 2 製膜プロセスと QCM 振動数の変化

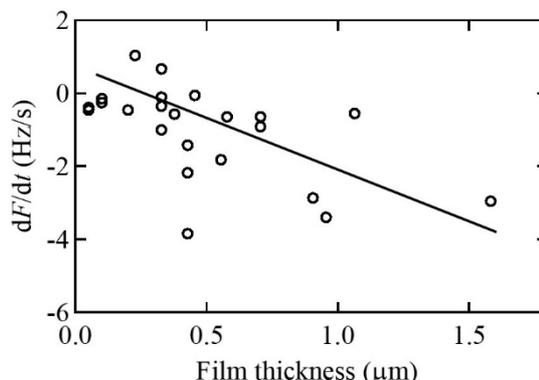


図 3 得られた膜厚と製膜中の振動数減少勾配