

## シリコン酸化膜熱脱離時に形成される微細構造形成機構

Formation mechanism of nanostructures formed in voids during thermal decomposition of SiO<sub>2</sub> layer

弘前大院理工, °長内 翔大, 吉田 太祐, 遠田 義晴

Hirosaki Univ., °Shodai Osanai, Taichi Yoshida, Yoshiharu Enta

E-mail: h13ms205@cc.hirosaki-u.ac.jp

**はじめに** Si 基板上に形成した酸化膜(SiO<sub>2</sub>)を無酸素雰囲気中で加熱するとポイド状の不均一な分解脱離反応が生じることが知られている。さらにポイド内部のシリコン基板が露出した表面には、加熱冷却サイクルに対応する同心状のリング構造が形成され、このリング構造は Si 表面の凸凹であることが明らかになっている[1]。このリング構造は、常に形成されるわけではなく、ある発現条件が存在する。本研究では、その要因について調べた結果を報告する。

**実験方法** Si(100)基板に形成した 20nm 膜厚の酸化膜試料を超高真空中で 1000°C で加熱しポイドを形成した。加熱と冷却を繰り返すことによりポイド内部にはリング構造が形成されるが、冷却時間や冷却時の真空度がリング構造の発現に大きく影響を与えることがわかった。この条件を様々変え走査型電子顕微鏡(SEM)により表面を観察した。

**結果と考察** 図 1 は 1000°C、1 時間の加熱を 6 回繰り返してポイドを形成させた表面の SEM 像である。冷却は約 22 時間、5 分、10 分、30 分、1 時間の順で行っている。内側のリング構造からそれぞれの冷却時間に対応したリング構造である。リング構造は 5 分の冷却ではほとんど確認できず、冷却時間を長くするにつれて明瞭に現れることがはっきりとわかる。この時の真空度は、5 分以降の冷却時で  $7 \times 10^{-7}$  Pa 以下である。

リング構造の発現が冷却時間に関係していることから、さらにその要因を探るため、冷却中の真空度との関連を調べた。図 2 は 1000°C、1 時間の加熱を 6 回繰り返してポイドを形成させた表面の SEM 像である。図 1 との違いは、冷却時間は全て同じ 5 分であり、冷却時の真空度を制御し、1, 3, 5 回目の冷却時に  $4 \times 10^{-5}$  Pa、2, 4 回目の冷却時に  $6 \times 10^{-7} \sim 1.1 \times 10^{-6}$  Pa にしている。真空度が悪い  $4 \times 10^{-5}$  Pa の方が明らかにリング構造が明瞭に現れている。以上の結果により、冷却中に生ずるとされる雰囲気中の気体分子の表面吸着が、リング構造の発現に強く寄与していると結論付けられる。

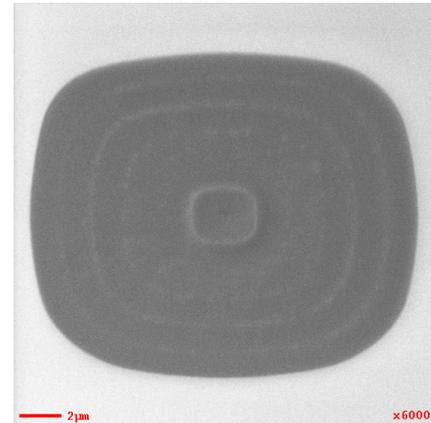
[1] Y. Enta et al., J. Appl. Phys., **114** (2013) 114104.

Fig.1 SEM image of the void formed by repeating five times the process of 1000°C annealing for 1h and subsequent cooling. The cooling durations are 22h, 5m, 10m, 30m, and 60m in the process order. The field of view is  $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ .

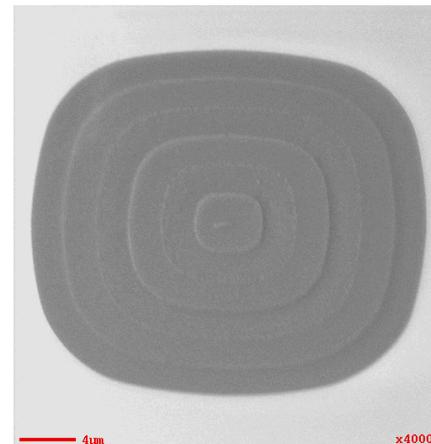


Fig.2 SEM image of the void formed by repeating six times the process of 1000°C annealing for 1h and subsequent cooling for 5min. The pressures during odd-numbered and even-numbered cooling processes are set at  $4 \times 10^{-5}$  Pa and  $6 \times 10^{-7} - 1.1 \times 10^{-6}$  Pa, respectively. The field of view is  $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ .