

SEM によるマイクロバブル、ナノバブルの生成と観察

Formation and Observation of Micro and Nanobubbles in a SEM

兵庫県大高度研 °高原光司, 鈴木哲

LASTI, Univ. of Hyogo, °Koji Takahara, Satoru Suzuki

E-mail: ssuzuki@lasti.u-hyogo.ac.jp

ミクロスコピックなバブルは様々な産業分野において、また最近ではシャワーなどの日用品にも利用されるようになってきている。しかし、ラプラス圧により周囲の液体より非常に高い圧力のガスが液中に拡散せずに存在するメカニズムなど未解明な点が多い。電子照射によるナノバブルの生成・観察例として TEM による研究が幾つか報告されている[1-3]が、SEM 中での生成の報告は無いようである（液体フローセル中に混入した $\sim 100\ \mu\text{m}$ のバブルの SEM 観察例は最近報告された[4]）。今回我々は、SEM を用い、また TEM の例に比べ非常に低い照射線量率でマイクロバブル、ナノバブルを生成し観察できたので報告する。

膜厚 15~30nm の Si あるいは SiN 膜を電子透過窓とした液体セルを作製し、純水を閉じ込めて試料とした。図 1 にマイクロバブルの形成過程の SEM 像を示す。(a)が SiN 膜を通して観測された初期状態の水の像である（これに先立つ観察時の電子照射によって形成されたマイクロバブルが右上に見えている）。これに加速電圧 5 kV、照射電流 26 pA で SEM 観察を行いつつ電子照射を行った。(b)に示すように、118 秒後には(a)では見られなかった多数のマイクロバブルが生成され初めていることがわかる。ここで観測されているバブルは SiN 膜と水の界面に形成されているサーフェスマイクロバブルと考えられる。その後、マイクロバブルの密度はほとんど変化せず、バブルのサイズが大きくなる様子が見られた[(c)および(d)]。更に電子照射を継続すると(e)のように隣接するマイクロバブルが合体して $\sim 20\ \mu\text{m}$ の大きなバブルが生成された。このときの照射線量率は $9.6 \times 10^{11}\ \text{e}/\text{cm}^2/\text{s}$ であった。この値は TEM の報告例[1-3]と比べると 4-6 桁も小さい。また別の照射実験では、サイズが $\sim 150\ \text{nm}$ のナノバブルも生成、観測することができた。

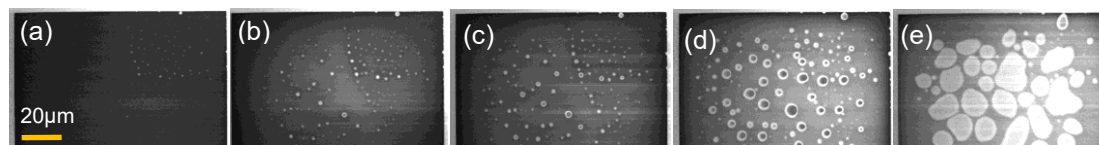


図 1. 純水液体セル中のマイクロバブルの SEM 像。照射時間: (a) 初期状態、(b) 118 秒後、(c) 203 秒後、(d) 370 秒後、(e) 1067 秒後。

- [1] J. M. Grogan et al., Nano Lett. **14**, 359 (2014).
- [2] Q. Kim et al., Appl. Nanosci. (2018). <https://doi.org/10.1007/s13204-018-0925-3>.
- [3] J. Yang et al., Micron **116**, 22 (2019).
- [4] 石田忠、電気学会論文誌 **E139**, 137 (2019).