

# NEMS 技術とフォノンエンジニアリング

## NEMS technologies and phonon engineering

○水田 博<sup>1,2</sup>、ムルガナタン・マノハラン<sup>1</sup>、小矢野幹夫<sup>1</sup>、土屋良重<sup>2</sup>

(1. 北陸先端大、2. サザンプトン大)

○Hiroshi Mizuta<sup>1,2</sup>, Manoharan Muruganathan<sup>1</sup>, Mikio Koyano<sup>1</sup>, Yoshishige Tsuchiya<sup>2</sup>

(1.JAIST, 2.Univ. Southampton)

E-mail: [mizuta@jaist.ac.jp](mailto:mizuta@jaist.ac.jp), [hm2@ecs.soton.ac.uk](mailto:hm2@ecs.soton.ac.uk)

3次元微小機械をシリコン基板上に形成する M/NEMS(Micro/Nano Electro-Mechanical Systems)の最近の進展は目覚しく、圧力・加速度・質量センサ素子や不揮発性スイッチなど(図1(a), (b)) 様々な応用展開とともに、3次元微細構造作製技術の高度化と、ナノスケール可動構造体を利用して新たな物理現象を探求する研究も盛んになってきている。ナノ振動子内に周期的ナノ孔を形成したフォニック結晶による熱フォノン制御[1]、フォニック結晶と光との相互作用を制御するオプト・メカニカル結晶[2]、またナノ振動子の量子化観測[3]などはその代表例である。また、最近では、グラフェンをはじめとする2次元原子層材料をベースとした NEMS (図2(a)) [4]の研究も加速しており、原子スケールで可動構造体中のフォノン状態を制御・応用する試みも行われている(図3)。原子層材料上での超微細構造形成加工については、直径<1 nmの収束ヘリウムイオンビームを用いた高精度加工技術の導入も進められている(図2(b))。本講演では、NEMS技術の展開という観点から、ナノメータスケールにおけるフォノンエンジニアリングの重要性と技術的課題を紹介する。謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費 25220904 の助成を受けたものです。

[1] N. Zen, *et al.*, Nature Comms. **5**, 3435 (2014), [2] M. Eichenfield *et al.*, Nature **462**, 78 (2009), [3] A. D. O'Connell *et al.*, Nature **464**, 697 (2010), [4] J. Sun *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 033103 (2014), [5] F. Arab Hassani *et al.*, Sensors **13**(7), 9364-9387 (2013), [6] L. Boodhoo *et al.*, MNE2014, Laussane (2014), [7] M. Manoharan. *et al.*, 第62回応用物理学会春季学術講演会 (2015 春)

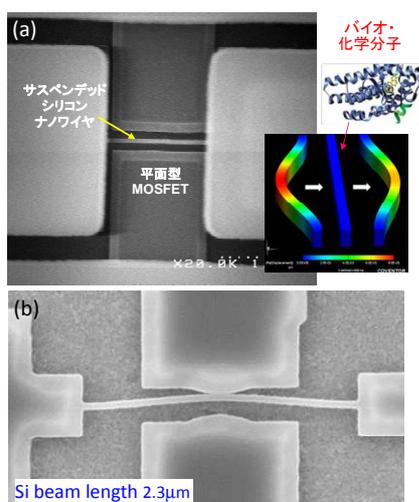


図1 (a) 横型共鳴 NEMS 質量センサ[5]と(b)不揮発性 NEMS スイッチ[6]

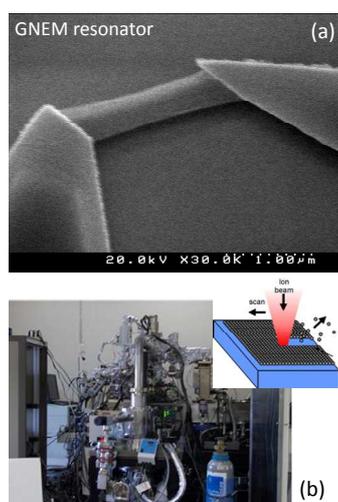


図2 (a) グラフェン振動子、(b)Gas Field Ion Source システムと He<sup>+</sup>イオンミリングの概念図

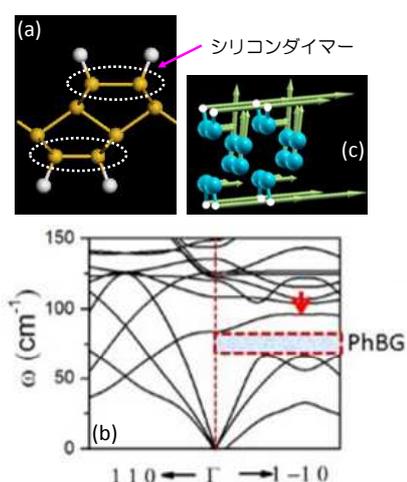


図3 シリコン超薄膜(4原子層)におけるフォノンバンドギャップ形成の第一原理計算