

カシミール-リフシツ力が支配する単結晶シリコンナノギャップの最小空隙

Casimir-Lifshitz Force Dominated Minimum

Spacing of Single Crystal Silicon Cleavage Plane Nanogap

京大工 °霜降 真希, 平井 義和, 土屋 智由

Kyoto Univ., °Masaki Shimofuri, Yoshikazu Hirai, Toshiyuki Tsuchiya

E-mail: m_shimofuri@nms.me.kyoto-u.ac.jp

1. 背景

数 nm-数十 nm の間隔を有するナノギャップはその増強された光-物質相互作用により光学・電子工学・分子化学など多分野で利用が期待されている。一様間隔で対向面積が確保できるため実現すると応用先が幅広い平行平板型ナノギャップは狭ギャップを作製・維持することが困難であった。本研究では、MEMS により単結晶シリコン梁をへき開して大面積平滑面のナノギャップを作製する方法を提案している。本報告では維持可能な最小ギャップ間隔が電磁場の量子的ゆらぎに起因するカシミール-リフシツ力 (CL 力) により制限される現象をギャップのプルイン特性の測定により観察・評価した結果について報告する。

2. 実験方法

デバイス(Fig.1)は音叉状シャトルが4組の支持梁によって吊架された浮動構造となっており、凹部が切欠きを介して固定部と一体となっている。外部から引張力を印加すると切欠きでへき開しギャップが形成される。その後シャトル両側の静電アクチュエータ、及び静電容量型変位センサを用いてギャップ間隔制御とシャトル変位検出を行う。実験では単結晶シリコン(111)面のへき開によりギャップを形成した後、静電アクチュエータにより間隔を変化させプルインするギャップ間隔を測定した。

3. 実験結果

対向面積 $30 \mu\text{m}^2$ のギャップのアクチュエータ駆動電圧と変位センサの静電容量変化 ($0.14\text{fF}/\text{nm}$) の関係を Fig. 2 に示す。電圧を減

じていくとギャップが狭くなり、17 V 未満でプルインした。このプルイン現象は CL 力に起因すると考え、数値計算による解析を行い、図中に実線で示した。維持可能な最小ギャップは 17 nm と計算され、測定結果と良く一致した。間隔数十 nm における平行平板型ナノギャップの CL 力の測定は先例がなく、ナノギャップ利用に向けて重要な知見である。

本研究は矢崎科学技術振興記念財団、および文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業(京都大学微細加工プラットフォーム)、森記念製造技術研究財団の支援を受けて実施されました。

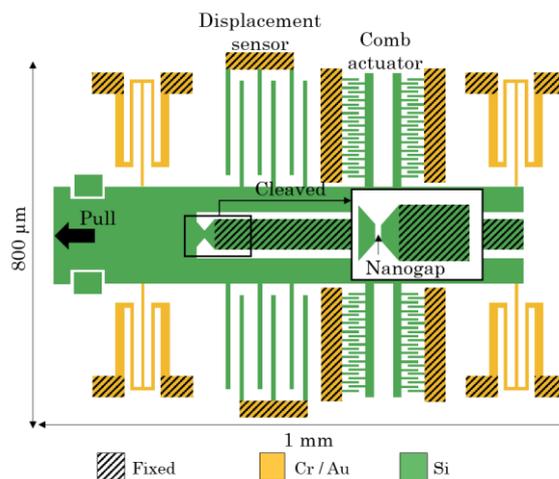


Fig. 1 Schematic of nanogap device

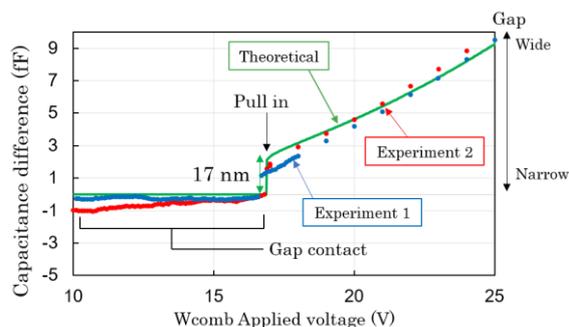


Fig. 2 Actuator voltage vs displacement sensor output