

ナノデバイスの微細化に伴うカシミール効果の影響

Impact of Casimir effect on miniaturization of nanodevices

東京理科大学工学部電気工学科 ○(B) 香川建, 河原尊之

Dept. of Electrical Engineering, Tokyo University of Science, °T. Kagawa, T. Kawahara

E-mail: 4315027@ed.tus.ac.jp

1. はじめに

ナノデバイスの微細化に伴い、MEMS で用いる金属板は場のゆらぎにより生じるカシミール効果の影響を受けやすくなる。このため、現在広く使用されている MEMS を使用した自動車の加速度センサでは、小型化が進むと加速度の測定値に誤差が生じ、車体制御や衝撃吸収の動作を誤ってしまう可能性がある[1]。そこで、加速度センサを単純化したモデルについて、カシミール効果の影響を検討した。今回は真空絶対零度での見積もりである。

2. 検証内容

現在存在する MEMS の加速度センサを単純化したものとして、下のように並行平板 2 枚とその間に一定のばね定数を持つばねがあると見立てた。そして平板間距離を変化させカシミール効果を考慮した場合と考慮しない場合での誤差を算出した[2]。ばねは、自然長 L_{nm} 、ばね定数 3.5N/m と想定し、平板は、銅（比重 8.96g/cm^3 ）およびシリコン（比重 1.00g/cm^3 ）であり大きさは $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \times 300\text{nm}$ とした。真空絶対零度下とした。

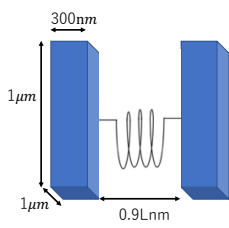


図1 検証モデル

3. 検証結果

平板 1 枚を固定した上でばねが $0.1L$ 縮んだ場合の極板間距離 ($0.9L$) における、カシミール効果の影響を誤算として図 2 に示す。誤差は、カシミール効果を考慮した場合としない場合

の加速度差を、しない場合での加速度で割り百分率で表した値とした。

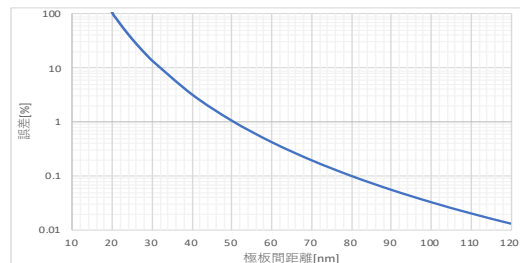


図2 極板間距離と誤差の関係

図 2 より平板間距離が 30nm より小さくなると誤差は 10% 以上になり、カシミール効果の影響が大きいことがわかった。また今回の条件と定義では平板の種類によらず誤差は一定となることがわかった。

4. まとめ

今回のモデル ($1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m} \times 300\text{nm}$ の平板とばね定数 3.5N/m のばね) では、真空絶対零度の条件ではあるが平板間が 30nm より小さくなるとカシミール効果の影響が大きいことがわかった。ナノデバイスの進歩とともにカシミール効果の影響を踏まえた検討が必要であると考えられる。カシミール効果自体は材料や温度依存性を持つため、今後検討を進める。

* 参考資料

- [1] Davis S. Eddy, Douglas R. Sparks, "Application of MEMS Technology in Automotive Sensors and Actuators", PROCEEDING OF THE IEEE, vol.86, No.8, pp1747-1755(1998)
- [2] Federico Capasso, Jeremy N. Munday, Ho Bun Chan, "Attractive and Repulsive Casimir-Lifshitz Forces, QED Torques, and Applications to Nanomachines", Springer/Berlin/Heidelberg, pp250-255(2011)