

## 真空ナノギャップを用いた常温熱電子発電・冷却デバイス

京都大学大学院 工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻  
准教授 土屋 智由

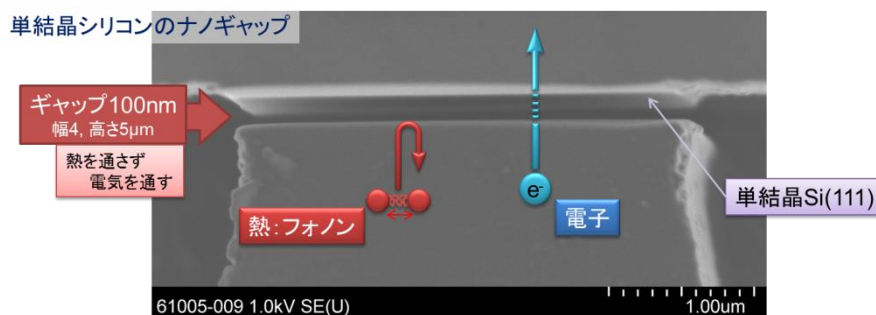
本研究では真空ギャップ間の熱電子放出に着目し、ギャップ間距離をナノメートルオーダーとすることにより生じる高効率な熱電子放出を用いた熱発電および電子冷却の実現を目指しています。物質表面からの熱電子放出は通常は高温で生じる現象ですが、ナノスケールの空間では量子トンネル効果によって低温でも電子放出が発生します。また、空間＝真空は優れた熱絶縁性（低い熱伝導）を持つので非常に狭い空間で電極ギャップを形成すれば低温でしかも熱が逃げることなく高効率に電子を放出＝電気を流す＝発電することができるかと予測されています。

しかし、ナノメートルオーダーの空間（ナノギャップ）を、発電や冷却を行うのに十分な面積で作製することは非常に難しい技術でした。そこで我々は単結晶材料の破壊によって平滑で大面積のナノギャップを創製することを着想しました。結晶材料はその格子構造に依存して破壊しやすい面（へき開面）があり、広い面積の原子レベルで平滑な面を作ることができます。つまり破壊によってナノギャップを創製するのです。

本提案では加速度センサや振動ミラーなどの微小電気機械システム（MEMS）デバイスで広く機械構造としても用いられている半導体材料の単結晶シリコンのへき開破壊を用いています。そして電極面が数  $\mu\text{m}$  角で間隔 10nm 以下のナノギャップを創製し、このナノギャップを熱、電気伝導を測定する MEMS センサやアクチュエータ構造と一体化します。これを用いて間隔を制御しながら熱、電気伝導および力学特性を測定し、得られた知見から将来の室温動作熱電子発電・冷却デバイス実現の可能性を検討します。

### 【将来実用化が期待される分野】

- ・半導体デバイスのチップ冷却：素子密度が向上し発熱量が  $100\text{W}/\text{cm}^2$  を超えてその温度上昇が課題となっているトランジスタを冷却する。
- ・環境発電デバイス：環境、人体、構造物モニタリングのセンサに必要な電力を供給するため、これらの発する  $\sim 100^\circ\text{C}$  程度の熱に対して、温度差  $10^\circ\text{C}$  程度から発電する。



ナノギャップの量子効果を明らかにし、熱伝導、電気伝導を制御する