

# 光照射だけでメカニカル振動子の熱ノイズを低減

NTTと東北大学は共同で、高感度センサや高精度発振器に広く用いられているメカニカル振動子の熱ノイズを、レーザー光を照射するだけで低減できる新原理のレーザー冷却手法を実現した。この研究の一部は、日本学術振興会の科学研究費補助金(創研費)の援助を受けて行われた。成果は、精密な光共振器を必要としない超短波帯高感度の高いノイズ低減手法として、英国科学誌「ネイチャー・コミュニケーションズ」の電子版に掲載された。

鉄琴の板や鐘など、決まった周波数で振動が続く人工構造はメカニカル振動子と呼ばれている。近年はナノテクノロジーの進展により微細化や集積化が進み、MEMS(Micro-electromechanical Systems)振動子として形を変え、センサや発振素子などの微小素子として広く利用されている。一方、このメカニカル振動子の性能に限界を与えるものとして、熱ノイズの影響が知られている。熱ノイズは微細なラスタムな揺れを振動子に引き起こし、その極限性能を低下させる。これまで、この熱ノイズを低減させる有効な手法のひとつとして、レーザー冷却の手法が提案されてきた。しかし、従来手法では光共振器と呼ばれる極めて精密に調整された光学部品を組み合わせる必要

—NTTと東北大の研究チーム—

## 発実 開証 レーザ冷却手法

があり、素子応用や集積化の上で課題があった。NTTと東北大の研究チームは、これまで培ってきた半導体素子技術の新しい応用としてMEMSや、さらにそれを微細化したNEIMS(Nano-electromechanical Systems)振動子の研究を進めてきたが、今回、光学特性と圧電特性に優れた半導体二層構造を用いることにより、課題となっている光共振器との組み合わせを必要としない、レーザー冷却を実現する手法の開発に世界で初めて成功した。開発に成功したメカニカル振動子の心臓部は、長さ200μm(100万分の1)、幅14μm(厚さ0.4μm)という小さな板バネである。しかし、このメカニカル振動子は極めて精密であるため、熱エネルギーによるランダムな

振動(熱ノイズ)が発生する。そこで、研究チームは光学特性と圧電特性に優れたガリウム砒素(GaAs)とアルミガリウム砒素(AlGaAs)の二層構造を用いて振動子を作製することにより、レーザー光を振動子に照射するだけで熱ノイズを抑えることに成功した。光共振器を用いずに、メカニカル振動子のレーザー冷却を実現したのは世界で初めてである。開発した二層構造からなるメカニカル振動子は、加工によるダメージが極めて小さく、鋭い光吸収特性を有することが確認された。この鋭い吸収特性は、これまで用いられてきた光共振器と類似の役割を果たし、レーザー冷却を実現する。さらに、GaAs/AlGaAsが有する圧電効果を活用し、吸収された光が引き起こす制動力による熱振動を抑えることに成功した。光吸収によって生じた内部電圧を、圧電効果により制動力に変換して熱振動を十分に抑えている。今回の原理実証実験では熱振動の抑制効果は半分程度であったが、研究チームは今後、構造の最適化を行うことで、より大きな冷却効果を実現していきたいと考えている。また、レーザー素子との集積化や室温動作を実現し、半導体集積素子として応用可能性を探っていく。