

<科目名>

基礎実験Ⅰ(物理学)α、基礎実験Ⅱ(物理学)α

<担当教員名>

野口 篤史(先進科学研究機構・准教授)

u-atsushi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp



<講義題目>

アドバンスト理科・研究入門

【授業の目標・概要】

人類は自然を観察し、その応答を調べることで中世から続く自然科学を発展させてきました。20世紀前半には、個々の量子を制御することができるようになり、人類はいまや一個の原子を見ることもできますし、次々に新たな物質も生み出しています。この営みは、現代では、自然の応答を観察することを超え、自然を制御するにまで至ろうとしています。このようにして現れたのが量子技術と呼ばれる、近年注目を浴びている分野です。この分野では、量子を観察するだけでなく、その振る舞いを制御して新しい機能を発現させることを目指しています。私たちの研究室では、量子制御の精度向上とその量子コンピュータへの応用、またこうした量子技術を応用した量子情報熱力学の実験研究をおこなっています。

今年度の本授業では、量子技術と呼ばれる中でも比較的新しい技術であるオプトメカニクスと呼ばれる実験に取り組んでもらおうと思います。オプトメカニクスでは、電磁波(主にレーザーなど)を用いて機械振動子と呼ばれる小型の力学的な物体を高精度に観測・制御します。私たちの研究室では、こうした技術をさらに発展させ、機械振動子と超伝導量子ビットを結合させることで、機械振動子の量子状態を制御する研究をおこなっています。昨年度、私たちの研究室では、こうしたオプトメカニクスの実験のために、非常に高精度で安定な薄膜振動子の開発に成功しました。この薄膜振動子は厚さ100 nmの超伝導体の薄膜で作られていて、シリコンでできた枠にピンと張られた太鼓のような構造をしています(図1)。この薄膜振動子は、一度揺れると、10,000,000回以上振動が続く非常に高性能な振動子です。

本授業の実験では、この薄膜振動子にレーザーを照射し、その振動を高精度に観測・制御する実験をおこないます。レーザーの光圧

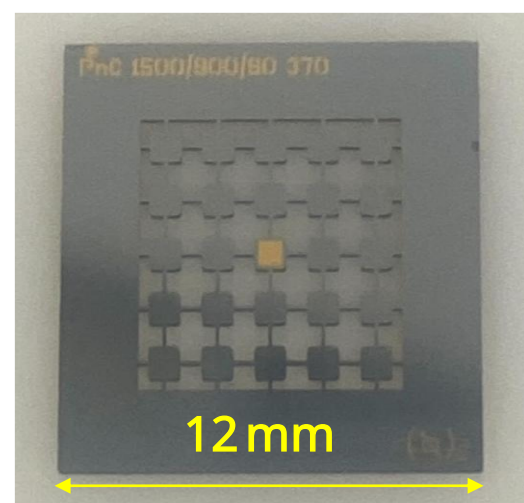


図1：窒化チタン製の高性能薄膜振動子

によって、単に振動子の振動を観測するだけでなく、振動子の動きを制御することができます。この技術を用いて、薄膜振動子の運動を冷却することに挑戦します。静かに設置され、いっけんして動いていないように見える振動子も、熱エネルギーによってランダムに揺り動かされていることが知られています。この振動をレーザーによって検出し、さらにレーザー光にフィードバックすることによって、熱に由来する振動を抑制し、機械振動子を「冷却」することが可能になります。

また、この薄膜振動子の振動が非常に長い寿命(τ)を持っているために、その逆数で与えられる周波数スペクトル幅($1/\tau$)は非常に細くなります。その性質を利用することで、薄膜振動子は高精度なセンサーになります。例えば、薄膜振動子の上に微量に吸着した分子による質量の変化を読み取ることができ、高性能な質量センサーを作ることができます。こうした実験にも取り組んでみようと思います。

基本的にはこの内容で考えていますが、私たちの研究室では他にも超伝導量子ビットやイオントラップと呼ばれる技術を用いた量子制御に関する研究を行っていますので、希望に合わせて臨機応変に対応したいと思います。

<受講人数>

1～2名

<実験実施場所>

駒場 II キャンパス T 棟 101-1/002 号室

<個別ガイダンス>

2025 年 9 月 16 日 9:30 から野口研究室の個別ガイダンスを行います。30-60 分程度と思います。受講希望者は以下の Zoom 登録用 URL から登録をお願いします。個別ガイダンスに登録した人に第 1 段階選抜用のアンケートをお送りしますので、個別ガイダンス自体に都合がつかず参加できなくても、第 1 段階の選抜を受けることは可能です。

(ガイダンス日程を更新しました。)

登録 URL:

<https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/meeting/register/MEu3nT-4SAaqcsl0h4zhgA>

<選抜方法と選抜方針>

選抜は以下の 2 段階で行います。

- ・ 1 段階選抜：アンケート

9 月 16 日のガイダンス後に、上記 zoom 登録者のメールアドレスにアンケートを配布します。9 月 21 日に提出を締め切り 9 月 23 日までに面接対象者を発表し、対象者に

面接日時を連絡します。

- ・ 2段階選抜：オンラインでの面接

9月24日－9月29日のどこかで1人30分程度で行います。9月30日中までに選抜結果を発表します。（予定の都合によっては土日面接になる可能性があります、ご容赦ください。）

なお、受講対象者に選ばれていても、A1 ターム第1週に行われる第1回目の基礎実験（物理学）を必ず受講してください。受講希望曜日の基礎実験（物理学）I に仮登録してアクセスするようお願いします。

- ・ 選抜方針

選抜では、意欲を重視します。意欲調査では自身の興味や身につけたい実験的技術に関してなるべく具体的に記述してください。

量子技術とは言っても、制御に使う装置や測定系自体はパソコンによって制御されます。そのため、各種実験装置をパソコンで制御する技術が重要になってきます。もしpythonやその他の言語を使ってハードウェアを開発した経験があれば、非常に助けになると思います。ですがpython自体未経験でも、問題はありません。

- ・ コメント

研究では、論文で報告されている既存の実験とまったく同じことをするわけではないので、成功するかどうかは分かりません。むしろ最初は、ほとんどの場合失敗します。そこで、うまくいかない理由を考え、どのように実験を改善すればよいかという考察を繰り返すことで、研究は進みます。そういった失敗を学ぶこと、また失敗から学ぶことが研究を通して手に入る財産となるでしょう。是非、良い失敗をしてたくさん学んでください。