

Ⅲ 実験・実習

F 「光のプロになってレーザーまで自作してしまおう」

井上 恵美子 東京大学大学院総合文化研究科・修士課程 2年 日本物理学会
中島 美帆 信州大学理学部物理科学科・准教授 日本物理学会
鳥養 映子 山梨大学大学院医学工学総合研究部・教授 日本物理学会
鳥井 寿夫 東京大学大学院総合文化研究科・准教授 日本物理学会
松島 房和 富山大学大学院理工学研究部（理学）・教授 日本物理学会

8月13日（金）【実験・実習】10:00～12:00 207 研修室

【光とは何か？】

17世紀、ニュートンはプリズムによる実験で太陽光（白色光）には様々な色が含まれていることを発見し、色の成分を「スペクトル」と名づけました。ニュートンは、光は粒子であると唱えましたが、19世紀の初め、ヤングは二重スリットによる干渉実験によって、光が波の性質を持つことを確かめました。

光は携帯電話の電波と同じく**電磁波**の一種です。電磁波が物質によって反射されたり吸収されたりする性質は、その**波長**に大きく依存するため、電磁波はその波長域によって様々な呼び方があり、また用途も異なります。人間の目に見える光は、波長がおおよそ400nm～800nmの電磁波で**可視光線**と呼ばれます。波長の違いが、人間の目に色の違いとして知覚されるのです。

【光の偏光】

波長とともに光を特徴づける性質に**偏光**があります。光は電場や磁場が進行方向に対して垂直に振動する**横波**として空間を伝わりますが、一定の方向にのみ振動している光を「偏光している」といいます。偏光板は、特定の偏光方向の光のみを透過させる性質を持っています。偏光板を空や海にかざして回してみてください。偏光していませんか？

セロハンやプラスチックは、光の偏光方向を回転させる性質を持っています（「旋光（せんこう）性」といいます）。セロハンテープを重ねて貼った偏光板を通してパソコンの白い画面を見ると、様々な色が現れます（実際に自分で作って確かめてみましょう）。どうして色が現れるのか、皆で考えてみましょう。

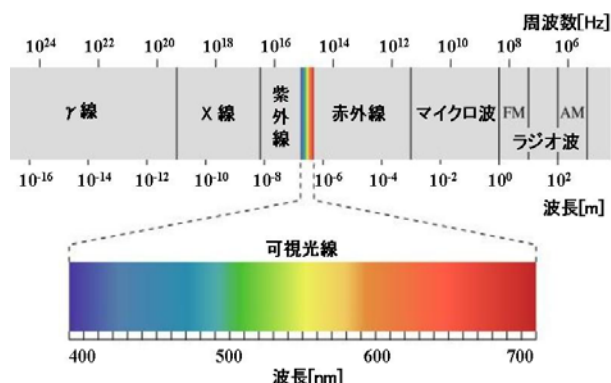


図1 様々な電磁波 人間に目に見える波長400nm～800nmの電磁波は可視光線と呼ばれる。

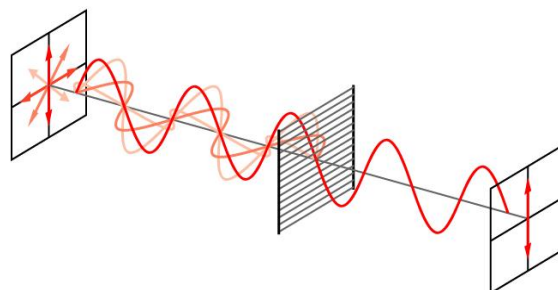


図2 偏光板の性質 太陽光や電球の光の偏光方向は一般に定まっていないが、偏光板を通すと、特定の偏光方向の光のみが透過する。

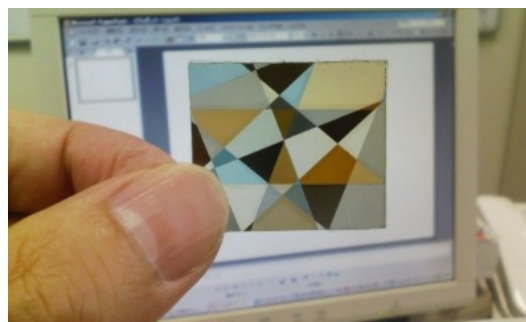


図3 偏光板ステンドグラス セロハンテープを重ねて貼った偏光板でパソコンの白い画面を見ると、様々な色が現れる。

【レーザーを作ろう！】

レーザーが発明されてから今年でちょうど 50 年になります。レーザーの光は、太陽光や電球の光とは本質的に異なり、**単色**（波長が常に一定）で**指向性**（特定の方向に進む性質）があります。レーザーは CD・DVD プレーヤー、バーコードリーダー、インターネットを支える光ファイバー通信など、今や我々の日常生活の隅々にまで利用されています。このレーザー、実は身近にある材料で簡単に作れるんですよ。実習では、発光源として空气中の窒素を用いた簡単なレーザーを皆さんに作ってもらいます。

世の中にあるレーザーは、目に見える可視光線を出すものだけではありません。レーザーメスなどの医療用レーザーには、目に見えない赤外線（波長約 $10\mu\text{m}$ ）を出力する炭酸ガスレーザーが主に用いられています。今回、実習で作成する窒素レーザーは、目に見えない紫外線（波長 337nm ）を出力するので、蛍光物質を含んだ白い紙などに照射して（可視光に変換して）観測します。

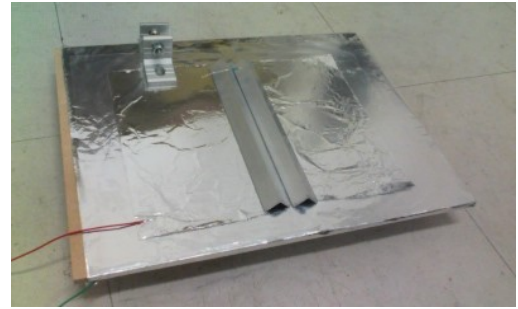


図4 手作り窒素レーザー 主な材料はアルミ箔と OHP シートとアルミアングル。目に見えない紫外線 (337nm) が出力されま

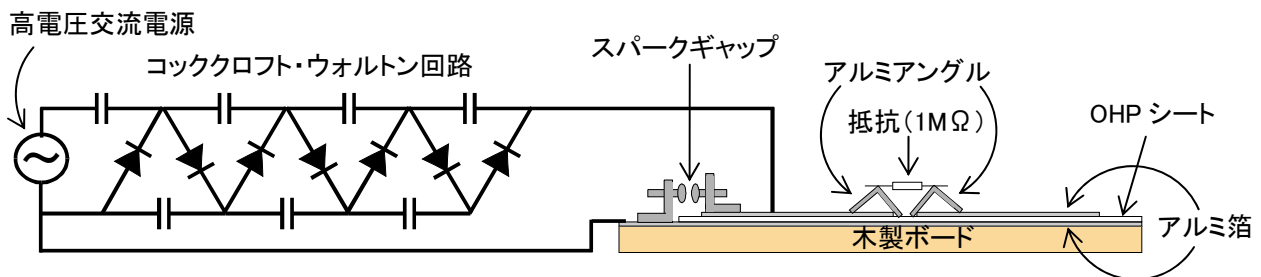


図5 手作り窒素レーザーの構成 木製ボードの上にアルミ箔を敷き、その上に OHP シートを被せ（スパークギャップの片方を置くためのスペースをあけておく）、更にその上に 2 片のアルミ箔を約 5mm の隙間をあけて敷く。その隙間に沿ってアルミアングルを約 1mm の間隔で被せるように置く。スパークギャップは下側と上側（の片方）のアルミ箔に接触するように約 5mm の間隔で置く。2 つのアルミアングルの上に $1\text{M}\Omega$ 程度の抵抗を置いて短絡させる。高電圧交流電源（冷陰極管用インバータや使い捨てカメラのフラッシュ回路など）の電圧をコッククロフト・ウォルトン回路で 10kV 程度にまで昇圧し、接地側を下側のアルミ箔に、高電圧側を上側のアルミ箔につなぐ。スパークギャップで放電が起きると、アルミアングル間でも放電が起き、窒素分子が励起されてレーザー光がパルス的に出力される。

講師プロフィール

井上 恵美子： レーザー冷却の研究のかたわら、科学技術インタープリター養成プログラムにも参加し多忙な毎日。

中島 美帆： 物質にひたすら圧力をかける実験により、磁性と超伝導について研究しています。バイクでの信州湯めぐりが最近の趣味。

鳥養 映子： 身近な素粒子ミュオンを用いた量子計測が専門。偏光レーザーとミュオンを組み合わせた研究のため、夏休みはオックスフォード郊外の美しい村で実験三昧。日本中間子科学会会長。

鳥井 寿夫： レーザーはもちろん、青空、夕焼け、宝石など色や光に関するものなら何でも大好きです。現在の研究テーマはレーザーを使って原子を冷やすこと。

松島 房和： 遠赤外のきれいな光を発生させることに関しては世界一だと豪語している。かみさんも物理出身で宇宙航空工学を専門とする大学教員。