

高専の電子情報系における楽しく学べる「ものづくり実験」

—ハード系基礎知識の習得—

水本 巖 (富山高専電子情報工学科, mizumoto@nc-tyama.ac.jp)

由井 四海 (富山高専電子情報工学科, yyoshii@nc-toyama.ac.jp)

運上 和也 (富山高専技術職員, unjou@nc-toyama.ac.jp)

Educational methods to enjoy manufacturing experiments in a technical college electronic information system: Learning of basic hardware knowledge

Iwao Mizumoto (Department computer engineering of National Institute of Technology, KOSEN, Toyama College, Japan)

Yotsumi Yoshii (Department of, computer engineering of National Institute of Technology, KOSEN, Toyama College, Japan)

Kazuya Unjou (Technical Staff, National Institute of Technology, KOSEN, Toyama College, Japan)

要約

「ものづくり」実験が特長の一つである高専の電子情報系系科目において、楽しく学べる実験内容を紹介する。オームの法則から抵抗ブリッジまでの合成抵抗の基本計算、フリップフロップ回路を用いたLEDの点滅回路、AM変調を学ぶためのEXCELシミュレーションおよびフーリエ変換処理、簡易AMワイヤレスマイクの製作、オペアンプと測距離センサを組み合わせた遠近判別、ME計測の入門としての脈拍測定、応用物理と関連している電磁励起による蛍光灯およびネオン管の点灯実験を紹介する。本実験を体験することにより、電気電子の基礎となる知識を、実践的にほぼ一通り実習できるものと期待している。

Abstract

Manufacturing experiments are one of the features of Kosen education. In this study, we introduce experiments that can be learned in a fun way in electronic information engineering subjects. Namely, Ohm's law, flip-flop circuits, EXCEL simulations for learning AM modulation, Fourier transform processing, pulse measurement, lighting experiments of fluorescent lamps and neon tubes by electromagnetic excitation related to applied physics. By experiencing these experiments, we expect that it will be possible to practically practice almost all of the basic knowledge of electricity and electronics.

キーワード

ものづくり実験, ハードウェア, 楽しく学ぶ, 実践的エンジニア, 電気電子

1. はじめに

高等専門学校は高等教育機関に位置づけられるが、本科学士の年齢は高校から短大に相当する学年で構成される。また社会における役割として実践的技術者の育成が掲げられる。そのため教育のカリキュラムの特徴の一つとして、「ものづくり」実験が挙げられる。電子情報系学科での実験実習には、ハード系科目、ソフト系、通信ネットワーク系関連科目の実験項目が組み込まれるのが一般的なカリキュラムである。実験実習は学習した内容の理解を更に深め、創造性を育成し、レポート等を通してコミュニケーション能力を高めることが目的である。

本校、富山高専電子情報工学科も、実験実習は同様な目的で行われているが、電子電気系科目において、楽しく、興味深く学べる実験内容を紹介する。本実験を体験することにより、電子電気の基礎科目と関連する知識を、実践的にほぼ一通り実習することを目的としている。

2. 高専1年ものづくりリテラシー科目系における実験実習 (関連する科目: 電気回路、電子回路)

高専の1学年は中学卒業後に入学するので、電気電子に関

する知識は、理科もしくは技術家庭科で習った知識からスタートする。そのため、専門科目に入る前にリテラシー科目が設けられている場合が多い。基本的な知識を利用して、ゲーム感覚でオームの法則にちなんだ知識を実習体得することを目的としている。

2.1 抵抗並列接続の計算値とテスターによる実測との比較

抵抗2本 (R_1 と R_2) 図1の並列計算は、合成抵抗 $R_{12} = (R_1 \times R_2) \div (R_1 + R_2)$ 「和分の積」と呼称して覚えさせる。

次に抵抗3本 (R_1 と R_2 , R_3) を並列に接続して合成抵抗を求めるわけであるが、最初に R_1 と R_2 を並列に組み立てておいてこれを和分の積で一つの合成抵抗とみなして、 R_3 を新たに並列にした時の計算方法を学生に問う (図2)。実測として、実際に使用したカラーコードの付いた抵抗を、テスターの抵抗モードで読み取らせて、各自の計算結果と比較させる。なおカラーコードの読み方とテスターの基本的な使い方は事前に教育してある。

2.2 抵抗ブリッジによる計算

次に抵抗ブリッジを使って合成抵抗を計算する。電圧方程式から、合成抵抗値を求めさせるわけであるが、図3に示す様に実際にハンダで接続し抵抗値をテスタで測る。初学者にとっては、電圧方程式と呼称すると敷居が高くなるので、あくまでも、電圧 = 抵抗値 × 電流 として x, y, z と数学で習う

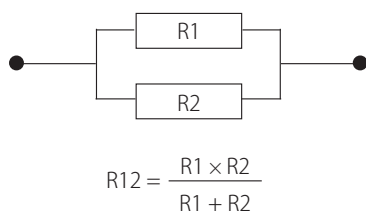
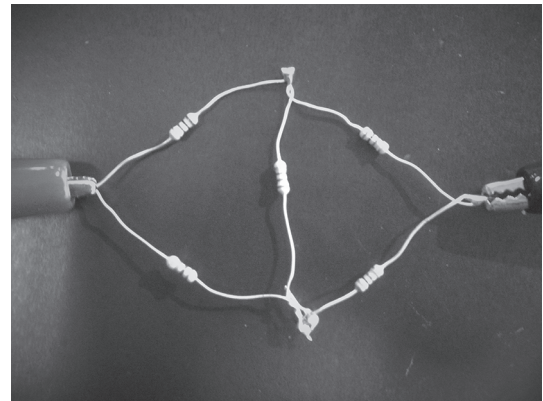
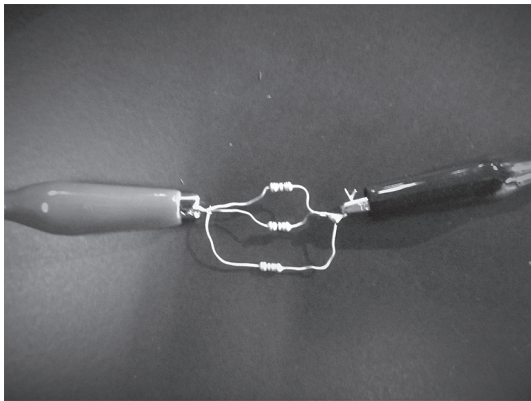


図1：抵抗2個の並列接続

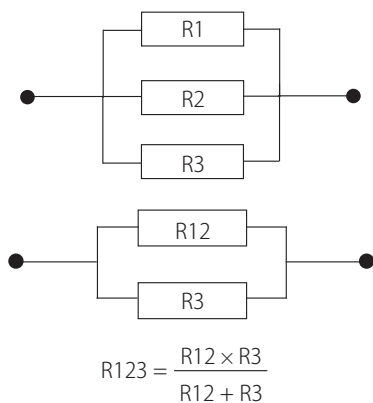


図2：3本並列に接続した抵抗の計算

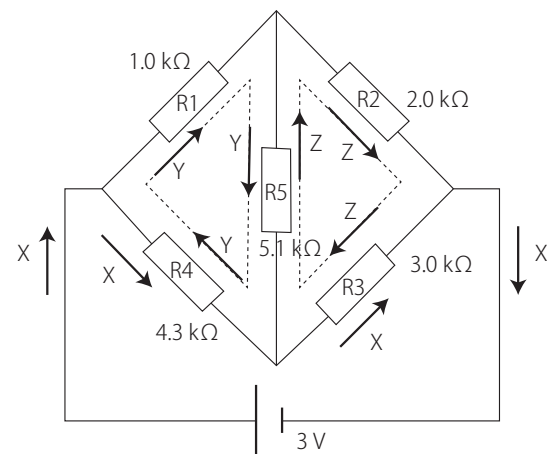


図3：抵抗ブリッジ

連立方程式で計算させる。合成抵抗を求めるには、電圧÷電流で求めさせることが理想的ではあるが、変数xの値を求めて、教員側がリードして合成抵抗は、電圧3 (V) ÷ 電流X (A) として具体的な数値を導かせる。先に示した並列抵抗と同様に、テスターで実測した値と計算した答えと比較させる。学年が進行すればマトリクス法でも解が導けるようになる。

2.3 フリップフロップ回路の製作と基本電子部品の使い方の理解

LEDを用いたフリップフロップ回路を製作することで、初学者にとって電気電子系で使用される主要部品を学ぶことができる。学年が進むと電子デバイスや電子物性等の物理的な知識を習得する科目が導入される。実践教育を主眼とした本校に於いては、まずデバイスや電子部品そのものの役割を、実験を通して理解させることを優先している。様々な色のLEDを用いて、「世界に一つしかないクリスマスツリー」を作ると称して、各自に3組の異なる時定数と発光色からなるフリップフロップ回路の製作を行う (図4)。まずは過去に製作

したクリスマスツリーに見立てたフリップフロップ群を展示して、動作確認の目標を設定する。

LEDは点滅の時間間隔が異なること、二つのLEDが1組みになって交互に点滅していること、回路図より使用している部品点数を確認させる。部品の選定は、点滅のしくみを通り説明した後、学科の実験室に常設してある部品ボックスケースから各自に必要な部品を取り出させる。この部品選定をさせることによって基本的な部品名を覚えることの一助としている。基本、出来上がるまでは「フリップフロップ」の単語は極力使わず、トランジスタもコレクタ・エミッタに一定電圧が掛かった際にスイッチが入るものとして説明する。交互にスイッチが入るしくみや、点滅時間を調整するコンデンサの模擬的な原理、各抵抗の役割、部品の種類と動作を学習する (図5)。まず、基礎知識としてコンデンサに電流が流れ込み電荷が溜まると電圧が上昇することを、蛇口をひねってバスタブの水位が上がっていくことで説明する。

3. アナログ制御の応用としての実験実習 (関連科目：制御工学、センサ工学、通信工学)

3.1 EXCEL を用いたフーリエ変換処理と AM 送信回路の作成

高専4学年もしくは大学初年度相当で、フーリエ変換を学習する。フーリエ変換は、時間関数を周波数関数に変換すると講義で学習しても、実感が沸きにくい。そこでAM送信回路の搬送波を発振器で供給し、オシロスコープとスペクトルアナライザでそれぞれ波形観測を行う (図6)。スペクトルア

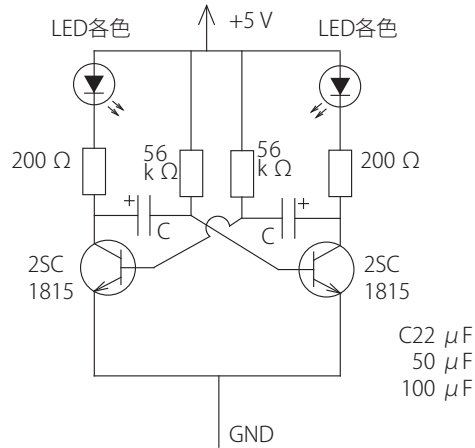


図4：動作写真とフリップフロップ回路

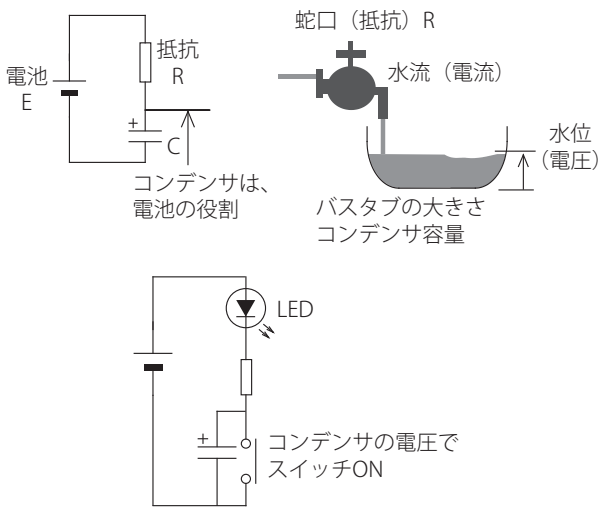


図5：LEDの点灯回路を説明する補助図

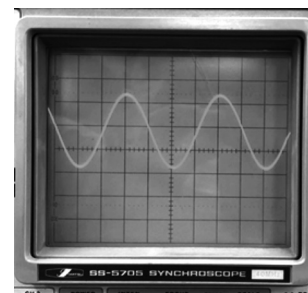
ナライザで直読した発振周波数と、オシロスコープで観測した周期から逆数を取って周波数に換算した値が一致することを確認させる。また発振周波数を変化させて、スペクトルが動くことを確認させる。

スペクトルアナライザは、周波数が直読できることを実験した後、EXCELを用いてcos関数を、フーリエ変換しグラフ表示させる(図7)。

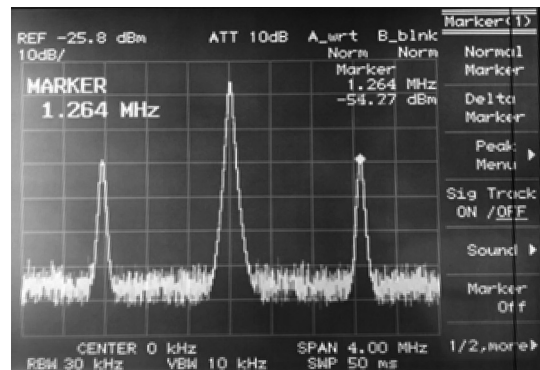
次にAM変調、DSB変調を数式で表記させ、同じくEXCELでフーリエ変換し、スペクトルを表示させる。なお、EXCELを用いた実習では、フーリエ級数展開の合成した波形で矩形波等を再現させてフーリエ解析の一助としている。これらフーリエ変換と並行して通信工学の基礎を教える際に、簡単なAM変調回路を製作させて、ラジオから自分の声を聴かせる(図8)。

3.2 距離センサを用いたLEDの点灯・消灯実験

オペアンプの基礎は、まず電子部品の一つとして導入し座学で、入力インピーダンスは ∞ 、仮想短絡であることを示す。これらを使用して反転増幅器など基本的な計算を行う。座学



(a) オシロスコープ



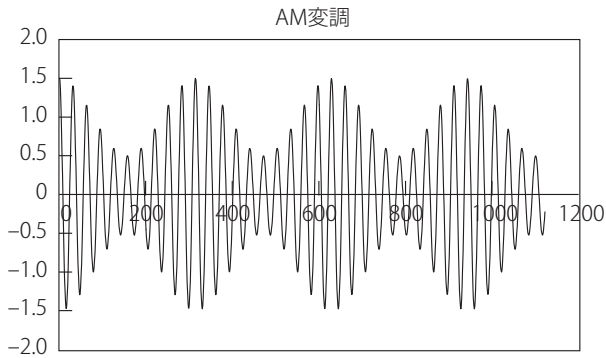
(b) スペクトルアナライザ

図6：発振波長の観測

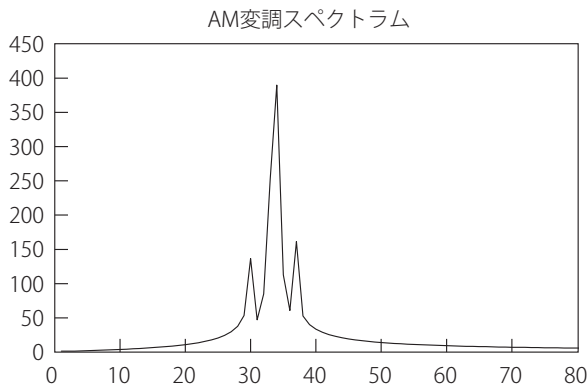
だけでは全く実感が沸かないので、LEDなどのアクチュエータとオペアンプを組み合わせて動作させることにより、オペアンプの使い方を実践的に習得する。まずは、オペアンプの反転・非反転増幅回路を実験で確かめた後、差動アンプを解説する。距離センサの情報を与えて、電圧設定の計算を行なわせ実験に入る。近接距離でLED点灯1段階のみで実験させた後に、近接距離2段階での点灯を検討させる。更に2段目が点灯した時、1段目のLEDが消灯する方法を検討させる(図9)。

3.3 フォトリフレクタを用いた脈拍センサ

部品が入手しやすく、取扱が容易な反射型フォトリフレクタセンサを用いて、脈拍センサを製作した(図10)。

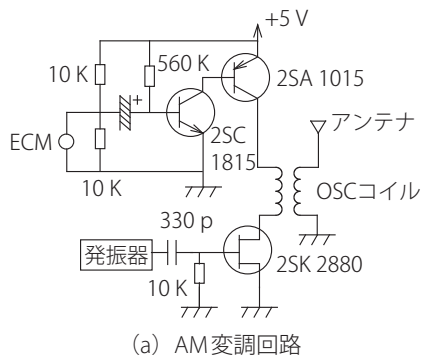


(a) 時間軸

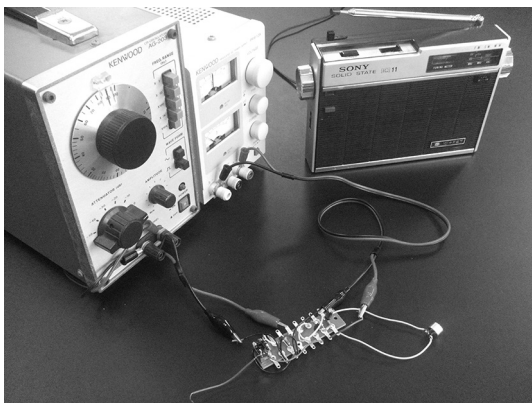


(b) フーリエ変換

図7：AM変調波のグラフ表示



(a) AM変調回路



(b) 実験の様子

図8：AM変調回路の実験

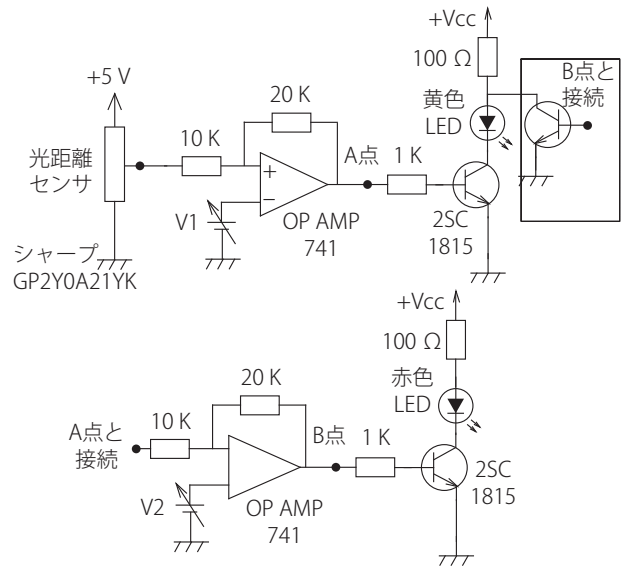
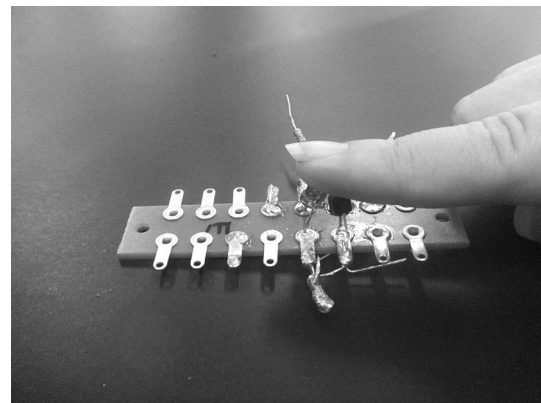
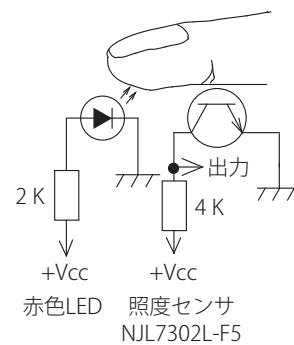


図9：距離センサを用いたLED点灯実験回路



(a) 実験の様子



(b) 回路図

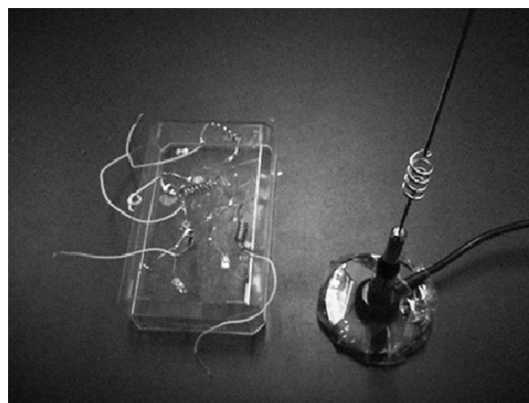
図10：脈拍センサの実験

最近ではコロナ関連でパルスオキシメータなどのME機器は、身近に使用されるようになった。その基礎となる脈拍計は興味深く実習できる。反射型フォトリフレクタは、指先をセンサ上部に置くだけで簡単に脈拍が測定できる(図11)。

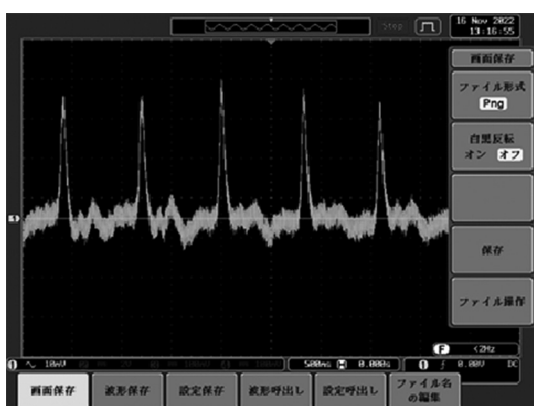
測定した脈拍信号はArduinoやPICなどの簡易マイコンと組み合わせて、カウント数を計測表示させる。また溶存酸素濃度を疑似的に計算させるために可視域での測定と近赤外域の測定の2波を用意したが、実習時間の都合で近赤外域の測



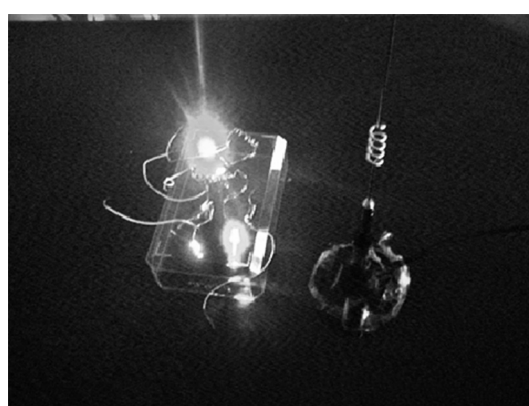
(a) 可視域 630 nm



(a) 電磁波無し



(b) 近赤外域 860 nm



(b) 電磁波有り

図 11：指先の血流変化・脈動の観測

図 12：LED 点灯の様子

定のみで終了するケースが多い。近赤外域での測定は、ローム RPR-220 で近赤外域の LED とフォトトランジスタが一体になっている素子を用いた。近赤外域での測定の方が、蛍光灯など光の影響を受け難いので、測定はしやすい。

4. 物理系科目を学ぶ前のリテラシー展示実験（関連科目：応用物理、電磁気学、電波工学）

昨今に限らず電子電気系学科でも、物理離れが特に深刻になっている。また就職先として日本の産業構造もソフトウェア系、通信ネットワーク系が主流を占めるようになり、電気や物理に関わる機会が減ってきていることは否めない。一世代前はアマチュア無線や理科実験でも触れる機会があったと考えられるが、時代の趨勢と産業構造および社会環境の変化と共に、これら無線の技術に触れる機会が減った。そのため、実際に実験を通して目の前で起こる現象に触れることにより、眼に見えない物理現象の理解への一助となると考えて展示実験を行っている。

4.1 非接触で LED を点灯させる実験

アマチュア無線で送信機を自作する際、試験電波を出す前にダミーロード（ランプ）を点灯させ、空間にそのため、電磁エネルギーが送出されることを体験してから、工学部に進む学生もある程度は居たと考えられる。昨今、アマチュア無線でも自作する必要が殆ど無くなってからは、これらを体

験する機会が無くなった。また携帯電話を利用して、LED を発光させていた子供向けの実験も携帯電話が利用する搬送波の周波数が高くなってからは、この実験もできなくなった。アマチュア無線を開局している教員によって 430 MHz 帯の周波数でコイルとゲルマニウムダイオード、LED を直列に接続したものをコイルによる電流励起で発光させている（図 12）。なお発光させる場合は、アンテナをダンボール等で覆い見えなくして、あたかも念じている様に見せかけて送信スイッチを押している。LED が電磁励起で発光する原理をレポートで提出させる。

4.2 電子レンジによる蛍光灯・ネオン管点灯

電子レンジによるマイクロ波加熱によっても、商用電源を利用して通電した時と同様に、蛍光灯が点灯することに着目させる（図 13）。エネルギーの供給源が異なっても、点灯する原理を考えさせる。

4.3 高圧電源によるネオン管の点灯と電子レンジ励起

特にネオン管の点灯は、封入されているガスの種類によって発光する色が異なるので、物質によって励起エネルギーが異なることを考察させる（図 14）。これは半導体の動作原理の理解にも繋がるので、電子デバイスの講義と関連する。

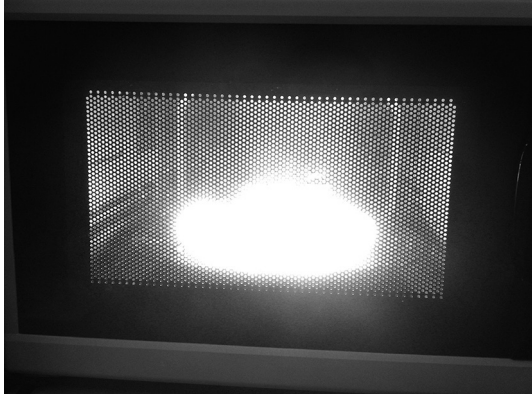
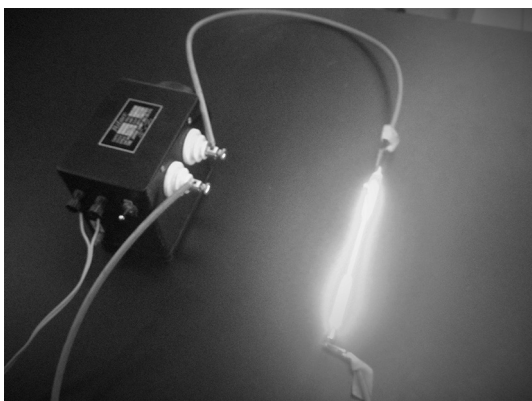


図13：電子レンジで励起して点灯させた蛍光灯



(a) 高圧電源



(b) 電子レンジ

図14：ネオン管の点灯

5. 教育の狙いとまとめ

将来エンジニアや研究者を目指す高専生に対して、実践的なものづくり実験を通して、電気電子系技術と物理の基礎知識を補助するための実験内容を紹介した。本校では、ハードウェア系のリテラシーのみならず情報系のリテラシーも行っている。またPICマイコンやAndroidを用いた自由課題製作の授業科目もあり、情報通信系のソフトウェアも幅広く体験できる。詳しくは公開されているカリキュラムを参考にしてもらいたい。昨今は電子系と情報系を分離して専攻する学部が多くなっているが、高専の社会的役割としては社会のインフラを支える業務を遂行するエンジニアの排出する目的もあり、本学科では敢えて電気電子と情報学系を分けずに、教育を行っている。なお大学学部の3、4年生に相当する専攻科入学後は、学位取得に向けて電気電子と情報に専攻を分ける形になっている。将来大学院に進めば、更に高度な専門性を追求することになるが、情報科学を専攻とする学生にも、電気電子の知識や技能のバックグラウンドとして、ハードウェアの技術的な知識や基礎があれば、より幅広く活躍できるものと期待される。

6. 補足

今回紹介した実験の他にも下記の項目を実験に取り入れている。

- ・ 電磁石チョコレート争奪戦：コイル・電磁石を学ぶ
- ・ 送風機の温度自動運転停止：アクチュエータの基礎
- ・ ウェーブマシーンによる定在波の展示実験：反射係数・スミスチャート理解のための補助学習教材

この他に高専高学年では、PICマイコンやFPGAなどの組み込みマイコンの自由課題製作と併せて実験科目を構成している。また本学科は高専のロボットコンテスト、プログラミングコンテストにも参加している。これらのコンテストによっても学生は更に実践技術を高めている。高専教育が電子立国日本の復活につながることを期待してやまない。

引用文献

- 松井邦彦(2011). センサ活用141の実践ノウハウ. CQ出版社.
- 文部科学省 (n.a.). 高等専門学校 (高専) について. https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kousen/index.htm. (閲覧日: 2022年12月9日)
- 渋谷道雄・渡邊八一 (2003). Excelで学ぶ信号解析とシミュレーション. オーム社.
- 島津秀昭(2022). 臨床工学の現場に不可欠な物理的基礎知識. クリニカルエンジニアリング, Vol. 33, No. 3, 286-293.

(受稿: 2022年12月9日 受理: 2023年1月20日)