



京都市青少年科学センター 杉原和男\*

目的

小中学校および高等学校において、半導体を取り扱った理科の学習は極めて少ない。しかし、半導体は我々の身近に広く存在するごく普通の素材である。また、半導体を使ったハイテク製品である IC や LSI は極めて重要な産業基盤を形成している。そこで、元祖の半導体素子と考えられるラジオの検波ダイオードを自作してラジオ放送を聴くという学習を考案した。中学2年生を対象にした授業を行ったが、ラジオ番組で効果を確認できるためとても楽しい実験となった。これをきっかけに、半導体を学ぶ教材がいろいろと開発され、広く実践されることを願っている。

概要

ゲルマニウムラジオは最も原理がわかり易く、教材として最適である。しかし、強電界地域以外では1~2台ごとに大きな屋外アンテナが必要で、混信も避けられない。そこで、6石スーパーラジオの検波用ダイオードを取り外し、代わりに自作および市販の各種半導体を接続してラジオ放送を受信することにした。これによって、ゲルマニウムラジオを用いた時の低感度と混信と音声出力不足問題を克服できた。回路は複雑になるので学習では取り上げず、目的は検波ダイオードの理解のみであると割り切った。結果、市販の検波ダイオードと遜色のない明瞭なラジオ放送を聴けたこともあって楽しい半導体の学習を実施することができた。また、この研究の過程で、自作検波ダイオードを交

流電源の整流用に用いることにも成功した。

教材・教具の製作方法

I. 針立て式検波装置

長さ18cmのNコード(屋内配線用単芯ビニル電線)の先にミノムシクリップをハンダづけして垂直に立てた。縫い針をクリップに挟み、針先をNコードの自重で半導体に接触させる。

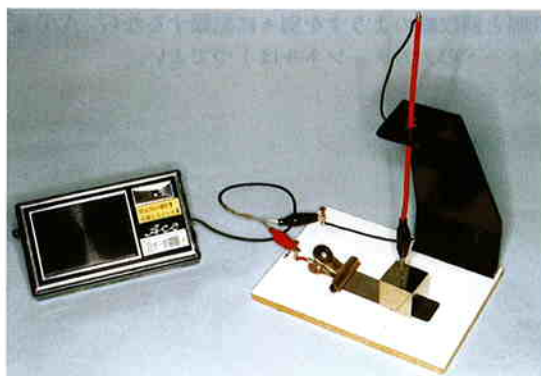


写真1 針立て式検波装置(黄鉄鉱使用)とラジオ

II. 実験用スーパーラジオ

市販の「6石スーパーラジオキット」の検波用ダイオードだけを取り外して組み立て、代わりに基板穴からシールド線を伸ばした。その先端にミノムシクリップを取り付け、代用となる各種ダイオードを接続できるようにした。ラジオキットは、通信販売等で簡単に入

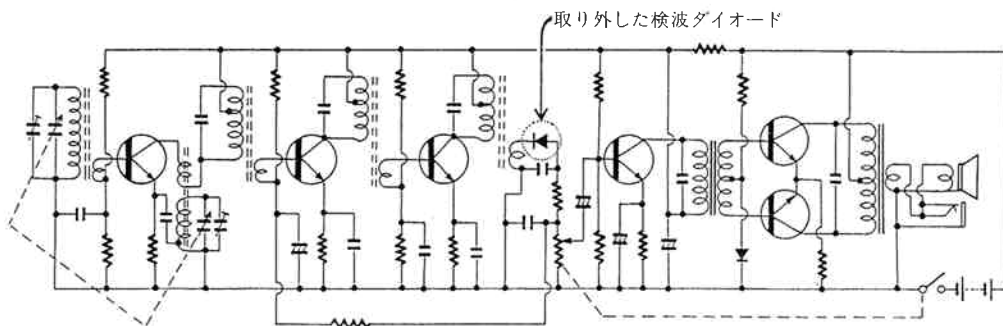


図1 実験用スーパーラジオの回路

\* すぎはら かずお 京都市青少年科学センター 所員 〒612 京都府京都市伏見区深草池ノ内町13

手可能な科学教材社（資料参照）取り扱いの Ace【AR-606型】【AR-609型】などが適していた。

### Ⅲ. いろいろな検波ダイオード

1. 鉱石：〔黄鉄鉱〕や〔方鉛鉱〕などの鉱石が、握りこぶし大のままでも十分な性能を示し、薄片にする必要はなかった。他にも〔天然磁石（磁鉄鉱）〕や〔黄銅鉱〕〔斑銅鉱〕〔磁硫鉄鉱〕〔閃亜鉛鉱〕〔自然銅〕〔粒状二酸化マンガン〕などが実用になった。石英を還元しただけの〔粗製シリコン〕は、かなり高性能を示した。



写真2 粗製シリコンを用いた検波装置（針立て式）

2. 黒錆び：南部鉄瓶の一部がかなり性能の良い検波ダイオードになることを偶然に発見した。このことをきっかけに黒錆びの可能性を調べた。いろいろ試作した結果「金床上で叩き伸ばした針金をガスバーナーで赤熱して水で急冷する」という簡単な方法で、身近な素材から高性能な黒錆び検波ダイオードを完成することができた。なお、ミノムシクリップの先端をそのまま用いると酸化膜が傷つきにくく、滑らせてヒットポイントを簡単に探せる。



写真3 黒錆びを用いた検波装置（針を使わない）

3. 硬貨：現行の全ての硬貨だけでなく古銭も実用になった。汚れている方が良いが、新しくても丁寧に探るとヒットポイントが見つかる。アルミホイルも可能である。

4. 半導体製品：「Geダイオード」はもちろん、各種の〔整流用 Si ダイオード〕でも実用になった。

〔LED〕を用いると同調によって発光するだけでなく、周りの光に反応して音に変化する。〔フォトトランジスタ〕は、明るくなると作動し暗くなると止る。〔IC〕も実用になるが〔三端子レギュレータ〕などが使いやすい。

〔トランジスタ〕の（ベース↔コレクタ）（ベース↔エミッタ）間を利用すると作動する。（コレクタ↔エミッタ）間に接続すると全く作動しないがトランジスタの性質上当然のことである。そこで（ベース）に乾電池1個でバイアス電流を流すと明瞭な音声で作動を始め、トランジスタの特性を楽しく理解することができる。



写真4 LEDを用いた実験

5. 電気器具：〔液晶電卓〕と〔液晶デジタル時計〕の電池を外した端子に接続すると作動した。



写真5 液晶電卓を用いた実験

### Ⅳ. 整流用ダイオード

〔粗製シリコン〕を用いた針立て式ダイオードを交流電源（2V）の整流器として用いると〔電子オルゴール〕を鳴らすことができた。なお、平滑用に100 $\mu$ F程度のコンデンサーを並列接続すると調子の整ったきれいな音になった。極性の考慮が不要なのは〔粗製シリコン〕の表面にP-NまたはN-P構造が斑点状に分布しているためであると考えている。

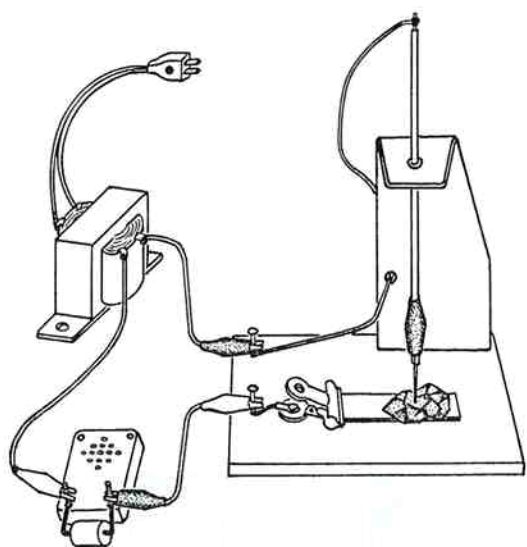


図2 粗製シリコンを用いた整流実験

V. ラジオの音が教室一斉に鳴り響くとかなりの音量となり、隣と区別できにくいこともある。そこで、以下のように、フィルムケースの底に穴を開け、そこにイヤホンを差し込んだ。こうすると、軽く耳に当てるだけで音洩れせずに聴き取れ、衛生面でも問題がなくなる。

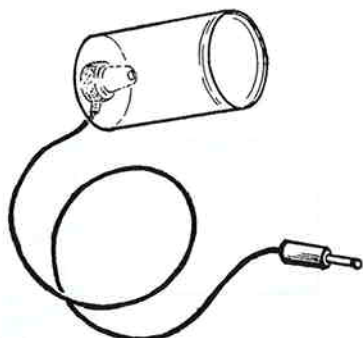


図3 衛生面を考慮した使い易いイヤホン

## 学習指導方法

- I. 京都市内の中学2年生を対象に行なった平成5年度センター学習（化学領域）で、以下のように学習展開をした。「さびとめっき」というテーマの2時間学習の1時間目を取り上げたもので、鉄の黒錆びが半導体としての価値を持つという実験である。
  - ① 針金を金床でたたき延してからガスバーナーで赤熱→水で急冷し、黒錆びをつくる。
  - ② 針立て式検波装置に黒錆び針金をセットして検波ダイオードとする。
  - ③ ゲルマニウムラジオを用いてGe検波ダイオードの働きを説明する。

- ④ スーパーラジオに市販のGe検波ダイオードを接続して放送を受信する。
- ⑤ 市販のGe検波ダイオードを自作の黒錆び検波ダイオードに置き換える。
- ⑥ ミノムシクリップの先（針なし）でヒットポイントを探して放送を聴く。

II. 結果、すべての生徒がラジオを鳴らすことに成功した。30分程度で結果を確認できる実験である。

市販のGe検波ダイオードはガラス封入タイプであり、ルーペで構造を観察すると自作品とよく似ている。製法は違うが、検波ダイオードの発展を考える事もでき、生徒は大変興味深そうに見ていた。



写真6 自作検波ダイオードで実験する生徒

## 実践効果

これは、明瞭なラジオ放送を聴くことができるので極めて楽しい授業となる。中学校のクラブ活動でも取り上げられ、検波ダイオードとなる身近な素材が次々と発見されている。実験広場の演習実験では、小学生から大人まで大変な興味を示した。

## その他補遺事項

- I. 平成6年度の文部省科学研究費補助金〔奨励研究(B)〕による研究助成を得ている。
- II. 霜田光一先生には、参考文献として貴重な資料をいただき感謝しています。

## 参考文献・資料

- 1) 霜田光一他「極超短波鉱石検波器に就いて」日本物理学会誌第2巻（1946）
- 2) 霜田光一「続 超短波測定の進歩」p.198（鉱石検波器）コロナ社（1952）
- 3) 科学教材社：東京都千代田区神田錦町2-5  
TEL 03-3291-7271