



# 「原子カワポイント」

あなたに伝えたい放射線の話（7）

工業分野における放射線利用—その1：半導体の加工—

- 半導体を作るため、放射線が利用されています。
- 半導体は、エアコンの温度センサー、炊飯器の火力制御、パソコンを動かすCPU(中央演算処理装置)など、さまざまなデジタル家電製品に使われています。
- 半導体技術を活用することによって、私たちの暮らしがより安全で快適なものになると同時に、地球環境への負荷の軽減に寄与しています。



リケジョさん：工業の分野で放射線はどのように利用されているのですか？



放射線博士：上記の図を見てください。放射線の利用の中で、工業利用はかなりの割合を占めていますが、その中で一際目立つのが、細かい細工を必要とする「半導体の加工」です。



リケジョさん：半導体って、聞いたことはあるけれど、あまりよく知りません。半導体とは何なのか、教えてもらえますか。



放射線博士：実は半導体は、私たちの身の回りにたくさんあり、知らない間に使いこなしています。家庭の中で使われている半導体については、後で紹介しますが、まずは下記の図を見てください。



参考: はじめての半導体(株)フェローテックホールディングス

半導体とは、電気を通す導体と電気を通さない絶縁体の中間の性質を持つ物質で、条件によっては電気を通したり、通さなかったり、両方の性質を持ち、しかもその性質を人間が制御できるということでもユニークな物質です。

半導体とはもともと、シリコン (Si) やゲルマニウム (Ge) などの物質を意味する言葉でした。これらは、通常、絶縁体のように電気を通さないのですが、ある条件（温度の変化、光の照射、不純物など）を加えると、電気を通すように変化する特性を備えています。

しかし、最近は、半導体の素材であるシリコンだけではなく、シリコンから作られるダイオードやトランジスタ、およびこれらの「半導体素子」を組み合わせた電気回路（IC：集積回路といいます。詳しくは後段の「解説1」を参照ください。）などを総称して「半導体」と呼ぶケースが多く見られるようになりました。



**リケジョさん**：ちょっと難しいですね。ダイオードやトランジスタという言葉が出てきましたが、それってどんなものですか？



**放射線博士**：まずダイオードですが、これを一口でいうと、電気の流れを片方だけに制限する機能（整流機能という）を持った素子です。下記の図を見てください。



電圧を一定にする

交流を直流に交換したり、  
逆流を防ぎます。



電気の流れを整える

電源電圧の基準となったり、  
過電圧から回路を保護します。



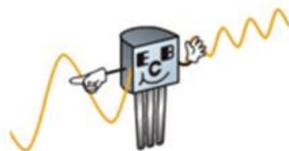
検波する

ラジオなどの無線信号  
から、音声信号を取り  
出します。

### 参考:ダイオードとは？村田製作所技術記事

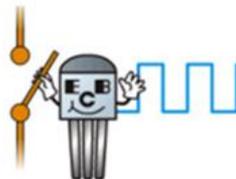
ダイオードは、交流を直流に交換したり、逆流を防ぎます。また、過電圧から電気回路を保護します。さらに、ラジオなどの無線信号から、音声信号を取り出します。

次に、トランジスタについて説明します。下記の図を見てください。



信号を増幅する

小さな信号を何倍にも大きくします。



回路をオン/オフする

信号によって電気を流したり、  
止めたりします。

### 参考:トランジスタとは？村田製作所技術記事

トランジスタを一口でいうと、小さい電気の信号を大きくしたり（増幅機能という）、電気の信号の流れを高速でオン、オフするスイッチのような機能を持った素子です。

トランジスタラジオは、増幅回路にトランジスタを用いたラジオ放送受信機の総称ですが、1950年ごろまで使われていた真空管の代わりに、半導体素子のトランジスタを使うことで大幅な消費電力の低減がもたらされ、さらに小型化・軽量化・携帯化が可能になりました。



リケジョさん：やっぱり、なかなか難しいですね。でも、ダイオードやトランジスタが重要であることはわかった気がします。ところで、放射線は何か関係があるのでしょうか？



放射線博士：さきほど説明した通り、ダイオードやトランジスタはおもにシリコンを素材として作られています。適量の不純物として、ごくわずかな原子（ホウ素やリンなど）を、加速器<sup>i</sup>を使ってイオンの状態でシリコンに打ち込むと、「不純物半導体」と呼ばれるものになります。ダイオードやトランジスタは、この不純物半導体から製造されます。これが、半導体加工における放射線利用の一つです。

加えて、もう一つ、微細な半導体集積回路「IC」を描く工程に、放射線（電子線やイオンビーム）が有効利用されています（詳しくは後段の「解説2」を参照ください）。



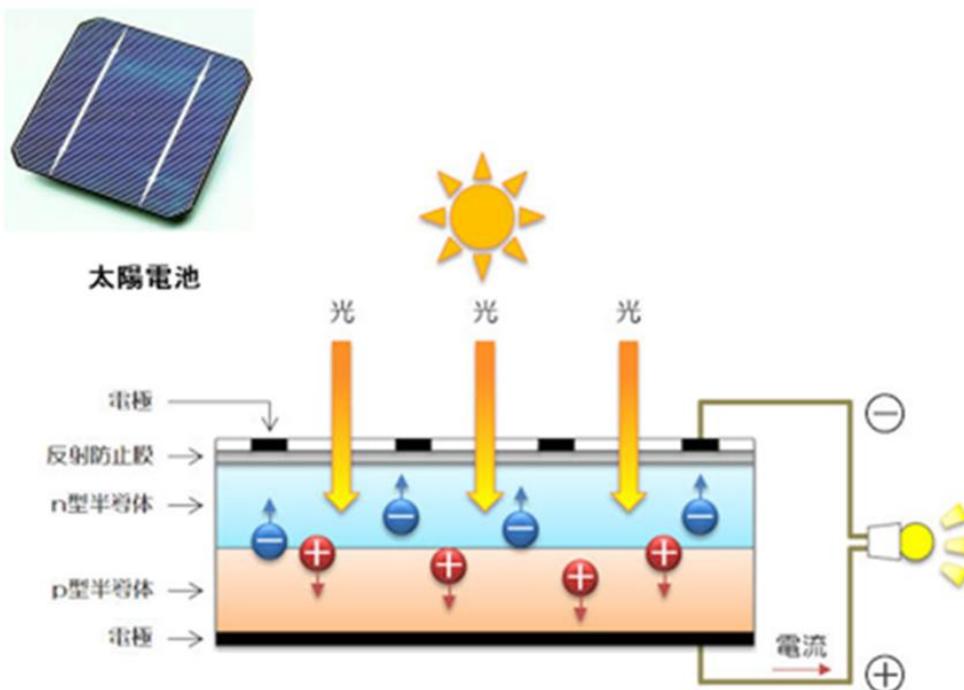
リケジョさん：半導体が放射線を利用して作られているのですね。そのような半導体は、私たちの暮らしの中でどのように使われているのですか？



放射線博士：まず家庭の中で使われている半導体の事例を挙げてみましょう。

エアコンには温度センサーが使われていますが、そのセンサーは半導体でできています。炊飯器でおいしくご飯を炊けるのも、半導体で火力をきめ細かく制御しているからです。パソコンを動かすCPU（中央演算処理装置）も半導体です。そのほか、携帯電話やスマートフォン、デジタルカメラ、テレビ、洗濯機、冷蔵庫など、さまざまなデジタル家電製品に半導体は使われています。

また近年、地球温暖化対策の一つとして「太陽光発電システム」が注目されています。下記の図を見てください。



参考：太陽電池の発電原理(solartech.jp)

<sup>i</sup> 加速器は、電場や磁場を用いて電子やイオンなどの荷電粒子を加速する装置である。これによって加速された荷電粒子は電離放射線となる。

太陽電池は、不純物半導体（n型半導体とp型半導体）からできています。

このように、半導体技術を活用することによって、私たちの暮らしがより安全で快適なものになると同時に、地球環境への負荷の軽減に寄与しているのです。

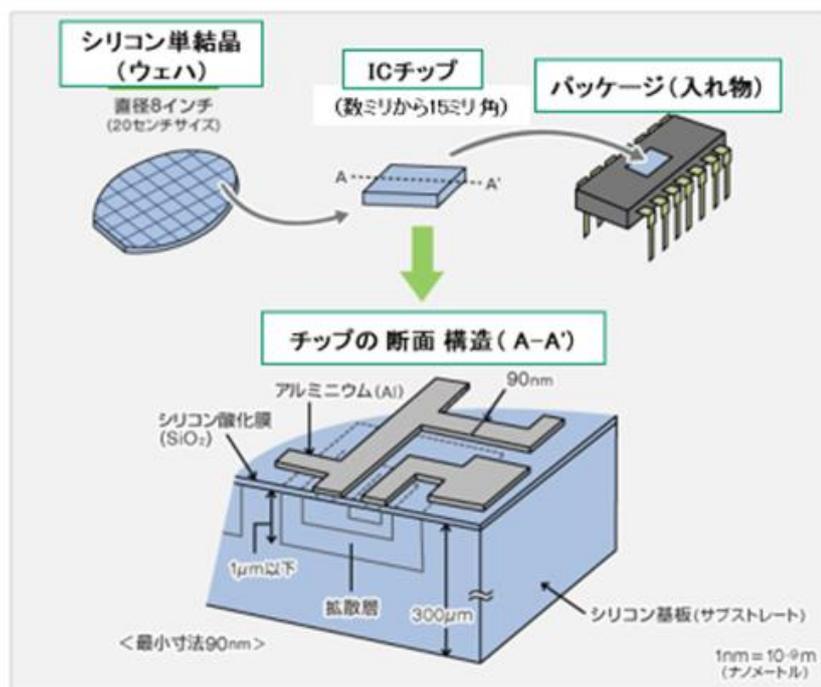


リケジョさん：ちょっと難しかったですが、半導体が放射線で作られていることを知れて良かったです。でも、多くの人には知らないのではないのでしょうか。放射線が私たちの身の回りで役立っていることが、もっと多くの人に知ってもらえるといいですね。博士、ありがとうございました！

(原産協会 人材育成部)

## 「解説1：集積回路（IC）とは？」

集積回路（Integrated Circuit：IC）は、1つの極微小なICチップの上に、ダイオード、トランジスタなどの単機能（ディスクリート）半導体を多数作り、まとめた電子部品であり、複数の端子を持つパッケージに封入されています（下記図参照）。



集積回路（Integrated Circuit）は、ひとつのシリコン半導体基板の上に、トランジスタ、抵抗（電気抵抗）、コンデンサなどの機能を持つ素子を多数作り、まとめた電子部品です。このICは、複数の端子を持つパッケージに封入されています。

参考：IC(集積回路) について：半導体の部屋：日立ハイテク

## 「解説2：放射線による半導体集積回路（IC）の微細加工技術」

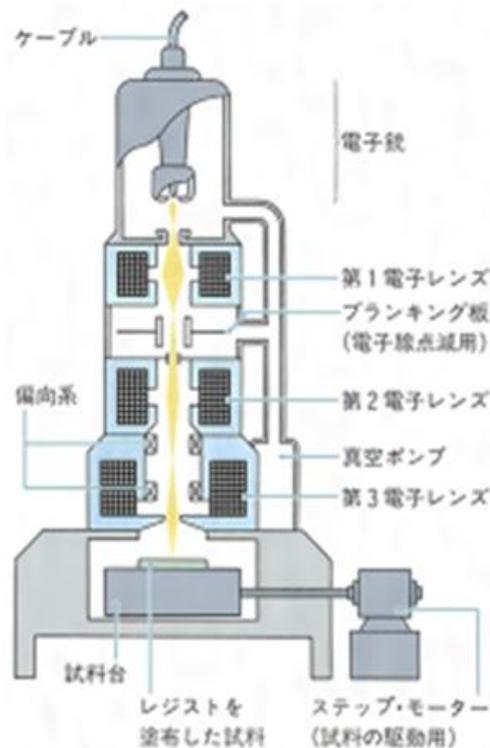
5ミリメートル角ほどの半導体集積回路（IC）の中には、数百万個の素子があり、IC回路のパターン（電子回路）の線の幅は、なんと髪の毛の太さの50～100分の1、バクテリアやスプレーの霧の粒く

らの大きさに相当します。実はこのような微細な電子回路を描く工程の一つに放射線（電子ビーム）が有効に利用されています。

電子ビームを作ったり、一点に集めたり、向きを変えるためには電気の力を利用します。電子はマイナスの電気を持った粒子ですから、プラスの電圧がかかっている金属板（陽極）に引き寄せられます。陽極の中央に穴をあけておけば、そこから電子が飛び出していきます。

このようにして電子ビームを作ることができます。最終的には、電子レンズを用いて細く絞った電子ビームを、電子ビームの無機を変えるための装置を利用してビームの方向を制御し、シリコン・ウェハの目的の位置に当たるようにすることができます。

シリコン・ウェハにあらかじめ、電子ビームに反応する物質（レジストといいます）を塗っておくと、電子ビームが照射されたところに回路構造を描くことができます（下記図参照）。



電子線描画装置の原理(日本大百科全書 電子線リソグラフィーの解説)