

半導体応用 発光ダイオード

()組()番 氏名()

電気製品のパイロットランプ(スイッチのON・OFFを示すランプ)や音量レベルのバー表示(音の大きさを光の点滅で表示する)などで使われている表示装置に「発光ダイオード」という電気部品が使われている。それ以前は豆電球やネオン管が使用されていたが、近年では発光ダイオードばかりである。なぜ、豆電球やネオン管から、発光ダイオードに変わっていったのか、その秘密を探ってみよう。

発光ダイオードはどのような材料からできているか → 図書館での資料調べやインターネット検索など

[研究] 赤色発光ダイオードはなにからできているか調べてみよう。(半導体材料はケイ素だけではないよ!)

[研究] 青色発光ダイオードの材料はなにであるか調べてみよう。(半導体材料はケイ素だけではないよ!)

発光ダイオードの特徴とは(豆電球を駆逐する未来の明かりといわれている「利点」とは何か?)

発光ダイオードの特徴

- 1 乾電池 1 本では点灯しない(電流が流れない)!
- 2 ±を逆にすると点灯しない(電流が流れない)!
- 3 光は出るが、ほとんど熱をもたない。
- 4 超小型で、寿命が非常に長い(半永久的)

[研究] 発光ダイオードの駆動電圧をそれぞれの色の発光ダイオードごとにどのように異なるのか、調べてみよう。

[研究] 発光ダイオードが豆電球と比べて寿命が長い理由を考えてみよう。(豆電球がつかなくなる理由とは)

発光ダイオードの種類

[研究] 現在利用されている発光ダイオードの種類を調べてみよう。

発光ダイオードの利用例

[研究] 発光ダイオードが利用されている具体的をいくつか挙げて、その理由を調べてみよう(利点を説明)。

発光ダイオード 解説

()組()番 氏名()

電気製品のパイロットランプ(スイッチのON・OFFを示すランプ)や音量レベルのバー表示(音の大きさを光の点滅で表示する)などで使われている表示装置に「発光ダイオード」という電気部品が使われている。それ以前は豆電球やネオン管が使用されていたが、近年では発光ダイオードばかりである。なぜ、豆電球やネオン管から、発光ダイオードに変わっていったのか、その秘密を探ってみよう。

発光ダイオードはどのような材料からできているか

最初に作られた「発光ダイオード」は赤色発光ダイオードであった。このダイオードはガリウム・燐(GaP)、ガリウム・燐・砒素(GaPAs)などの2元系、3元系化合物半導体を使用して作られている。赤外線発光ダイオードは珪素(シリコン)系半導体などである。

【研究】青色発光ダイオードの材料はなにであるか調べてみよう。

発光ダイオードの特徴とは(豆電球を駆逐した利点とは何か?)

電気エネルギーを光に変える効率が非常に高く(ほとんど熱を持たない)、寿命は電球に比べて飛躍的に長い(半永久的寿命)、値段が安く、超小型であるという特徴から、多方面で利用されるようになった。

1 乾電池1本では点灯しない(電流が流れない)!

事実 赤色発光ダイオードで約1.8ボルトの電圧がないと点灯しない。(青色発光ダイオードは約3ボルト弱)

2 ±を逆にすると点灯しない(電流が流れない)! →ダイオードの性質(「整流作用」教科書参照)

3 光は出るが、ほとんど熱をもたない。→電気エネルギーの直接変換であるため

4 寿命が非常に長い(半永久的) →電球は温度変化による歪、フィラメントの素材の蒸発などで寿命は数100時間とされている。

発光ダイオードは半導体の電子-ホール(電子-ホール)の合体・消滅により生じる。したがって、電子-ホールを生成するためのエネルギー²に相当するものが、発光する光の光子のエネルギーに等しいことになる。

【研究】発光ダイオードの駆動電圧をそれぞれの色の発光ダイオードごとに計算してみよう。

アインシュタインの光子説によると、「光子(光子)は、光の振動数に比例したエネルギーを持つ」と説明されており、発光ダイオードの場合も、ホールと電子の合体により放出されるエネルギーが光子になる。したがって、ホールと電子をつくり出すための電圧(ダイオードの順方向電圧)に電子の電荷量をかけたものに相当する。よって、光の

波長を λ 、光の速さを c 、プランク定数を h 、順方向電圧を V とすると $eV = \frac{hc}{\lambda}$ が成立し $V = \frac{hc}{e\lambda}$ になり、

波長が短いほど駆動電圧が高くなることを示している。具体的数値を代入してみよう。赤色であれば

$\lambda = 0.65 \times 10^{-6}$ だから $V = 1.9$ になる。また、青色であれば $\lambda = 0.45 \times 10^{-6}$ だから $V = 2.8$ になる。

【研究】発光ダイオードが豆電球と比べて寿命が長い理由を考えてみよう。

豆電球はタングステン線のフィラメントに電流を流しフィラメントを高温にし、高温物体から出る光を使うものである。そのため、タングステン線が蒸発して細くなってゆくとフィラメント切れで寿命が尽きる。このため数百時間から数千時間でフィラメント切れになることが避けられない。その点、発光ダイオードは原理的には寿命が無限(現実にはダイオードを構成している半導体結晶が熱ひずみなどで損傷をうけるなどから有限の寿命(数万時間以上といわれている)となる)

発光ダイオードの種類

それ以降、赤以外の色の発光ダイオードの開発が進み、赤外線発光ダイオード(光通信、リモコンなど)、橙、黄、緑色の発光ダイオード(ディスプレイ用など)が作られてきた(同様の技術での発光ダイオード製造が可能)が、最後に残った青色発光ダイオードは、上記の化合物半導体では原理的に作れないため、開発に行き詰まっていた。しかし、数年前、徳島の地方企業(日亜化学)の研究者中村修二氏が青色発光ダイオードの製造技術開発に成功し、色の三原色RGB(赤、緑、青)の発光ダイオードがすべて揃ったことで、すべての色を作り出せるようになった。

発光ダイオードの利用例 利用されている理由を調べてみよう(旧製品より優れている点を説明)。

1 大型ディスプレイ(駅前の大型テレビ) → 3色発光ダイオード(赤、緑、青の3つの発光ダイオードを組み合わせたもの)、超小型(きめ細かい画面)、寿命が長い(保守点検作業の簡略化)

2 家電製品のリモコン → 赤外線発光ダイオード(シリコン系)、超小型、寿命が長い、省電力

3 携帯電話のバックライト → 白色発光ダイオード(青色発光ダイオードと蛍光物質の組み合わせ)、超小型、寿命が長い、省電力

4 信号機 → 緑・黄・赤色発光ダイオード、寿命が長い(保守点検作業の簡略化)、省電力

5 交差点の路面表示ブロック → 超小型、寿命が長い(保守点検作業の簡略化)、太陽電池との組合せ(省電力、電源配線不要)

6 道路標識(一旦停止、速度制限、駐車禁止など) → 寿命が長い(保守点検作業の簡略化)、太陽電池との組合せ(省電力)

¹ 赤色の光の光子のエネルギーは $E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{0.7 \times 10^{-6}} = 284 \times 10^{-19}$ [J] になる。したがって、電圧に直すと、1.77[V] になるので、約1.8ボルトの電圧(乾電池2本必要)に相当することになる。同様に青色では、2.8ボルト(電池2本で点くが、明るく点けるには3本欲しい)

² ダイオードの順方向電圧 ダイオードに電流を流すには、電子-ホールを生成するためのエネルギーに相当するものが必要になる。すなわち、電流を流すための最低の電圧が必要になる。この電圧を順方向電圧という。