

特性と使い方

浜松ホトニクス製の代表的なLEDの構造や特性、使い方などについて説明します。

1. 基本構造

LED (Light emitting diode)チップは内部にP-N接合をもち、両面にオーミック接触を取るための電極が付いています。P-N接合はGaAs結晶基板を用いて液相成長することで得られます。また結晶の内部構成は、目的とする発光波長、パワー、遮断周波数などにより異なります。この結晶に拡散、蒸着などのプロセス工程を加えてLEDチップが作られます。

図1-1 LEDのチップ構造

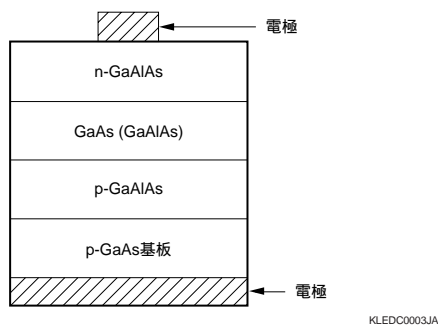
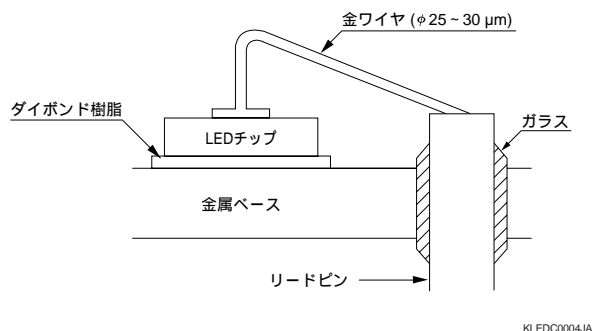


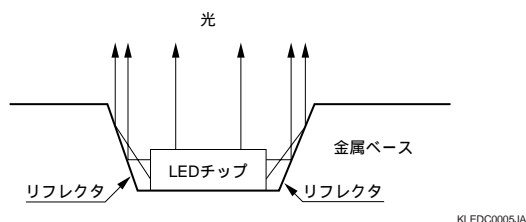
図1-1に高出力赤外LEDのチップ構造を示します。通常チップは金メッキされた金属ベースが銀メッキされたリードフレームにマウント(ダイボンド)され、金ワイヤでリードピンと電氣的に接続されます。この後、ワイヤ保護のために樹脂でコーティングまたはキャップ封止します。図1-2に金属ベースに組み立てられたチップの状態を示します。

図1-2 LEDチップの組み立て



また、金属ベースにリフレクタの役目をもたせるために凹部を作り、その中にLEDチップをマウントすることにより、放射照度を上げたLEDもあります。(図1-3参照)

図1-3 LEDチップのマウント例

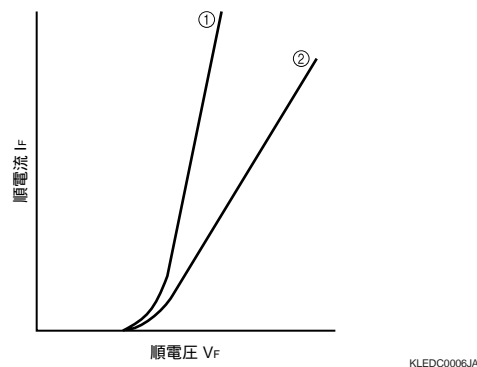


2. 特性

2-1 順電流 - 順電圧特性

LEDの場合も順電流 - 順電圧特性は、整流用ダイオードと同様の特性を示します。しかし素子構造などの違いにより、特性曲線には多少の違いが表れます。(図2-1参照)

図2-1 順電流 - 順電圧



①は低抵抗LEDの特性を示した曲線です。②の一般的なLEDと比べると同じ電流を流すのに必要な電圧 (V_F) が低いことがわかります。ここにおける抵抗とは、一般に使われる意味での抵抗とは異なり、特性曲線の規定電流(規定電圧)での接線の傾きをいいます(微分抵抗)。普通LEDを使用する際、 V_F の小さい素子の方が設計が容易となります。 V_F が高いと、同じ電流値で使用したときに消費電力が大きくなり、その分LEDの温度上昇が起こり、パワーの低下、ピーク発光波長のシフト、LEDの劣化などの悪影響をもたらします。

2-2 光出力 - 順電流特性

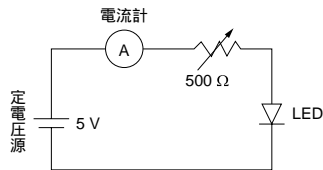
光出力 - 順電流特性は一般的にはDC駆動において、最大定格までは、ほぼ直線的になります。また、パルス駆動においてもパルス幅、デューティ比を考慮すれば、ほぼ直線的な特性が得られます。したがって、ある電流値でのパワーが測定されていれば、異なる電流値でのパワーも計算によって概略値を簡単に求めることができます。しかし、素子の発光部の温度が周囲温度や自らの発熱により上昇すると、パワーは低減し、特性グラフにおいては飽和が認められるようになります。

3. 使い方

3-1 直流駆動

LEDを光電スイッチなどに使用する場合の最も一般的な使い方は、一定の順方向電流を流して使用方法です。このときに流す電流値はLEDの絶対最大定格の順電流の値を越えないように注意します。またLEDの周囲温度が高くなる場合には、許容順電流 - 周囲温度特性を考慮する必要があります。

図3-1 直流駆動回路例

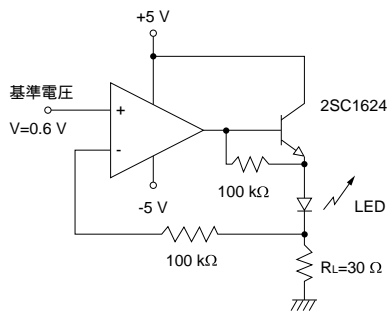


KLEDC0007JA

最も簡単な回路を図3-1に示します。この回路で20 mAの定電流を流したいときには、可変抵抗を最も抵抗が大きくなる状態にしてから電圧を印加し、電流計を見ながら電流値が20 mAになるように可変抵抗の抵抗値を下げていきます。また、可変抵抗を使わないときは計算によって抵抗値を求めます。かりに20 mAのときのLEDの順方向電圧が1.4 Vであったとすると、 $R=(5.0-1.4)/0.02$ となり、180 Ωの抵抗を用いればよいことになります。

図3-1の回路ではLEDの順方向電圧のばらつきにより、順電流の値は個々に少しずつ異なります。これを防止するには、オペアンプを使った定電流回路が便利です。図3-2にオペアンプを使った簡単な定電流回路を示します。

図3-2 オペアンプを使用した定電流回路例



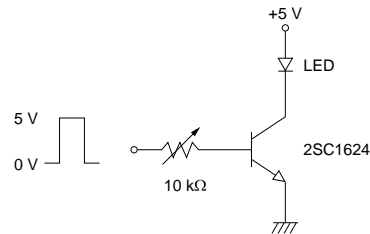
KLEDC0008JA

図3-2の場合では、オペアンプの正位相入力端子 (+)には0.6 Vが基準電圧として印加され、逆位相入力端子 (-)の電位はこれとほぼ等しくなるので抵抗RLの両端の電圧降下は0.6 Vとなり、 $0.6/0.03=20$ (mA)の電流が流れます。RLの値を変えることにより、LEDの駆動電流を希望する電流値にすることができます。

3-2 パルス駆動

電流値が絶対最大定格を超えないように注意してください。最も簡単な駆動は、パルス発生器の出力をそのままLEDの両端に加える方法です。しかし、通常これでは電流容量が不十分なため、その場合には図3-3のようにトランジスタを用いてください。

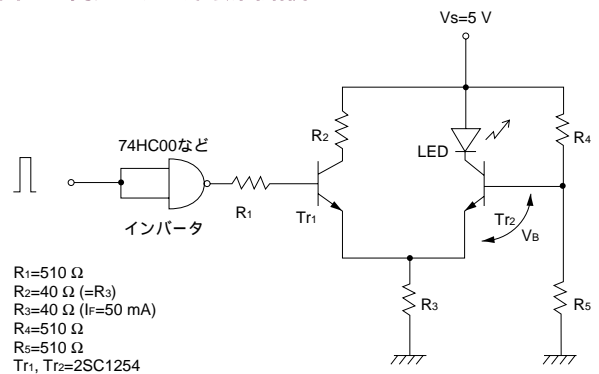
図3-3 パルス駆動回路例



KLEDC0009EA

また、高速でLEDをパルス駆動する際には高速のドライバが必要となります。図3-4に高速ドライバの回路図を示します。

図3-4 高速パルス駆動回路例



KLEDC0002JA

図3-4の回路では、入力がHレベルの時にLEDがON状態となります。またLEDを流れる順電流 I_F は $I_F = (V_S/2 - V_B)/R_3$ で表されます。[この回路例では $I_F = (5/2 - 0.5)/40 = 0.05$ (A)となります。]応答速度は Tr_1, Tr_2 の応答速度で決まり、2SC1815を使用すれば20 MHz程度、2SC1254を使用すれば100 MHz程度の速さが得られます。

4. 劣化

LEDを長期にわたって使用すると劣化が起こります。一般的な現象はパワーの低下、順方向電圧の変化などがあります。この劣化の原因と考えられているのが、発光部での発熱による結晶の転位やズレであり、これらはダークライン、ダークスポットとして観察されます。

また劣化は外部応力によっても起こります。LEDチップに力を加えた状態で駆動するとLEDは顕著な劣化を示します。こうした応力はパッケージの機械的歪みからもたらされる場合があり、LEDの取り付けなどにも十分な注意が必要です。

期待寿命

一般的にLEDの光出力は動作時間に対して指数関数的に減少し、以下の式で表されます。

$$P = P_0 \cdot \exp(-\beta t) \dots\dots\dots (4-1)$$

P_0 : 初期の光出力
 β : 劣化率
 t : 動作時間

(4-1)式中の劣化率とは、素子の材料、構造および使用条件などで異なり、次の式のように仮定されます。

$$\beta = \beta_0 \cdot I_F \cdot \exp(-E_a/kT_j) \dots\dots\dots (4-2)$$

β_0 : 定数
 I_F : 動作電流
 E_a : 活性化エネルギー
 k : ボルツマン定数

(4-2)式では、劣化率はジャンクション温度に関するアレニウスの式に I_F の項を付け加えてあります。劣化は結晶の転位やズレによって起こりますが、この転位やズレは温度による格子振動だけでなく、非発光再結合のエネルギーに起因するという考え方によるものです。

一方、ジャンクションの温度は、以下の式で表されます。

$$T_j = R_{th} \cdot I_F \cdot V_F + T_a \dots\dots\dots (4-3)$$

R_{th} : 熱抵抗
 V_F : 順電圧
 T_a : 周囲温度

式(4-1)、(4-2)、(4-3)を用いることにより、一つの寿命試験条件のデータから、他の条件での劣化率が計算により求められます。

たとえば、DC50 mAで3000時間までの寿命試験データがあれば、そのデータを用いて式(4-1)より β を求めることができます。この β を用いて式(4-1)からこの条件での3000時間以降の劣化の状態を計算することができます。また、これと同じ製品で異なる条件での寿命を計算するには、式(4-3)より T_j を求め、前に求めた β と合わせて式(4-2)へ代入し β_0 を求めます。 β_0 が求められれば目的の試験条件の値を式(4-2)に入れて、劣化率 β が求められます。

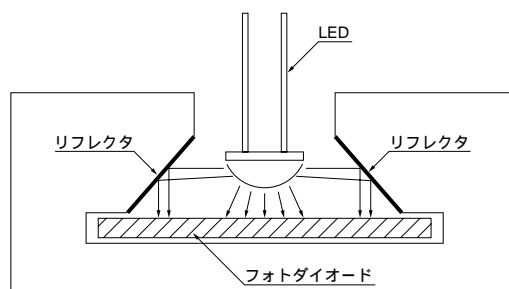
なお、活性化エネルギー E_a は0.5~0.8 eVの値が用いられ、熱抵抗はTO-18 (TO-46)のパッケージでは300~350 °C/W程度です。

5. 光出力の測定方法

5-1 放射束 (光出力): ϕ_e

ある規定の順方向電流を流したときの全光量を測定します。LEDの横方向に射出する光に対してはリフレクタを設け、LEDから放射されるすべての方向の光を前面のフォトダイオードによって受けて、全光量を測定します。(図5-1参照)

図5-1 光出力測定方法



KLED0010JA

5-2 放射照度: P_E

LEDの発光部から2 cm離れたところでの、単位面積(1 cm × 1 cm)あたりの光量です。指向特性の強い素子では、上記の領域内で光量の分布が均一ではありませんが、一般的にパワーの比較をするときの目安としては、この測定で十分です。

6. 信頼性試験

浜松ホトニクス社のLEDの信頼性試験はJEITA (電子情報技術産業協会)を基本としています。主要な信頼性試験は以下のとおりです。

■ 主要な信頼性試験

試験項目	試験条件	ED-4701
端子強度	引張り 10秒間, 曲げ 90度 2回	A-111
振動	100 ~ 2000 Hz, 200 m/s ² 計48分	A-121
衝撃	1000 m/s ² , 6 ms, XYZ 各3回	A-122
はんだ付け性	235 ± 5 °C, 5秒間または2秒間	A-131
はんだ耐熱性	260 ± 5 °C, 10秒間	A-132(SMD以外)
	リフロー 235 °C, 10秒間	A-133(SMD)
高温保存	Tstg Max. 1000時間	B-111
低温保存	Tstg Min. 1000時間	B-112
高温高湿保存	85 °C, 85 %, 1000時間	B-121
温度サイクル	Tstg Min. ~ Tstg Max. 空気, 各30分, 10サイクル	B-131
連続動作	25 ± 5 °C, I _F Max. 1000時間	D-511

注) 準拠規格 ED-4701 半導体デバイスの環境及び耐久性試験方法