

LEDの特性測定方法

LED製品の特性は主に光学的な特性面と電気的な特性面で仕様化されております。この文書はこれらの特性がどのような方法で数値化されているか、測定方法や単位系などについて解説しております。また、当社は大電流駆動用のLEDに関してはパッケージの熱抵抗を仕様化しておりますので、その測定方法についても解説しております。

光学的特性

LEDの発光量を表す単位には2つの単位があります。1つは光を物理量であるエネルギーとして扱う放射量と、放射量に人間の目の感覚による特性を加味した測光量です。前者は主に紫外LEDや赤外LEDなど、目に見えない波長の光を発する光源の仕様を規定する際に用いられます。後者はインジケータやLCDバックライトなどに使われる、人間の目で認識できる範囲の波長を出力する可視LEDに用いられます。

人間の目は380～780nmの波長の光を認識することができ、目の感度は波長によって異なります。この人間の目の波長による感覚を視感度と呼び、1924年にCIE(国際照明委員会)で合意され1933年にCIPM(国際度量衡委員会)で標準分光視感度 $V[\lambda]$ が採択されました。その後、1972年にCIPMにより波長範囲を360～830nmに見直した $V[\lambda]$ が採択されております。図1がその標準視感度です。

この曲線によれば、人間の目は555nmの光を最も明るく感じます。同じ1mWの放射束を持つ555nm(緑色)の光と470nm(青色)の光で比較すると、470nmの光は、555nmの光の1/10の明るさとしか感じていないことになります。

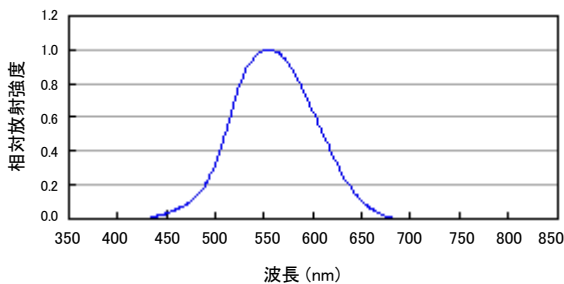


図1. 標準視感度

光束 [可視LED]

光束とは放射束に人間の標準視感度を考慮にいれたもので、放射束と光束は同じものを物理量で表すか測光量として表すかの違いだけです。LEDのように、スペクトルに特定の幅が存在する光源の場合は、各波長で標準視感度係数を掛けて積分することで光束を求めることができます。

光束の測定には積分球が使われます。(図2)

当社の場合は 2π 積分球を標準的に使用しております。積分球内部は100%に近い反射率を持つ特殊な塗料が塗布され、LEDの全光を球内部で均一にする機能があり、その一部を光検出器で光→電気変換を行い測定します。

光出力:放射束 [紫外LED・赤外LED]

放射束(ほうしゃそく: radiant flux)とは、一定時間中に、あるエネルギーの発生源から自由空間に移動するエネルギーの量のことです。単位は、国際単位系ではワット(W)が用いられます。放射束の測定には、光束と同じく積分球が使われます。(図2)

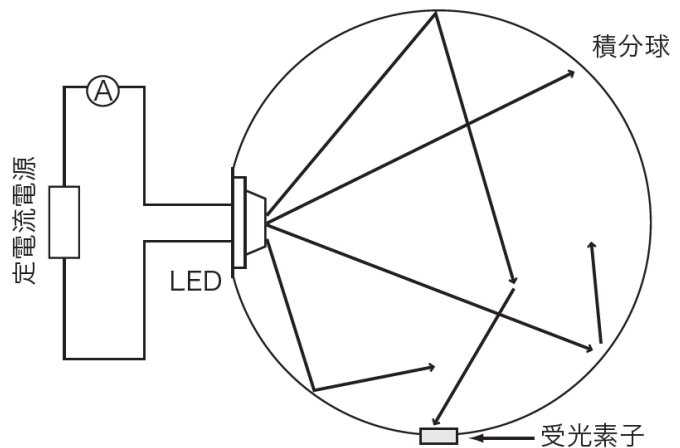


図2. 光束・放射束測定

光度（発光光度）〔可視LED〕

光度とは、点光源から発する光の単位立体角あたりの光束で、cd(カンデラ)という単位で表されます。測光量であるcd(カンデラ)は国際単位系(SI)の一つであり、以下のように定義されております。

「1カンデラ(cd)は、周波数 540×10^{12} Hz(波長555nm)の単色放射を放出し、所定方向におけるその放射強度が1/683 ワット毎ステラジアンである光源の、その方向における光度である」

単位立体角あたりの光束ですので $\text{cd} = \text{lm}/\text{sr}$ ということになります。

測定方法は国際照明委員会(CIE)により発行された技術レポートCIE127 Condition Bに準拠した測定機器を使用し、測定されます。Condition BはLEDのレンズトップから100mmの距離で0.01srの光取り込み角となります。(図3)

放射強度〔赤外LED〕

放射強度(ほうしゃきょうど : radiant intensity)とは、エネルギーの放射源からある方向に放射された単位立体角あたりのエネルギーを表す物理量で、単位立体角あたりの放射束で表されます。単位は、国際単位系ではワット毎ステラジアン(W/sr)が用いられます。放射強度の測定は、光度と同様の測定機器を使用します。(図3)

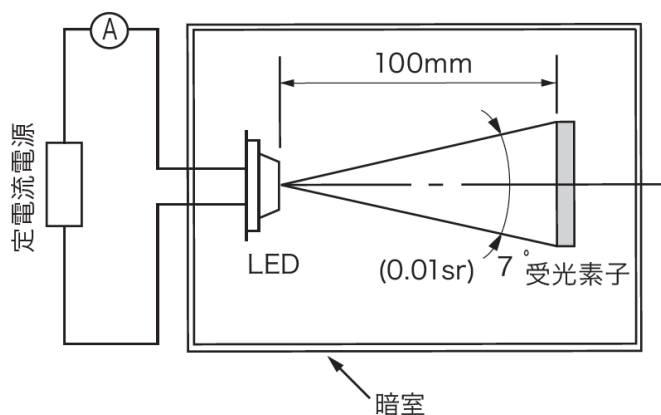


図3. 放射強度測定

ドミナント波長、ピーク波長

LEDから出力される光は単一の波長ではなく、特定の幅を持ったスペクトルとなります。

発光波長の特徴を測定する原理を図4に示します。

LEDからの光は回折格子(グレーティング)やプリズムにより波長毎に分解され、光検出器により光-電気変換され、その波長での強度を得ることができます。回折格子やプリズムを回転させることにより、特定の波長範囲でのスペクトル強度を得ることができます。(図4)

ピーク波長は得られたスペクトル特性から簡単に求められます。一方、ドミナント波長は得られたスペクトル特性の波長と強度の平均値として求められます。人間の目はスペクトル分布の面積平均値として色を見ておりますので、人間の感覚に合わせたスペクトル特性として表現できます。近年、可視LEDにおける色調特性をドミナント波長で表現することが一般的となってきました。

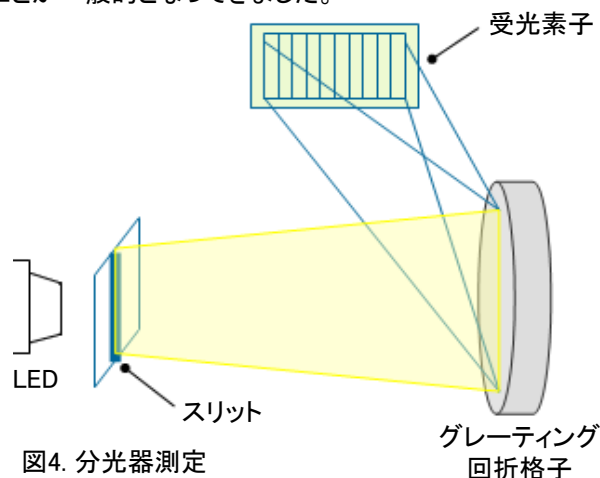


図4. 分光器測定

指向特性

図5のように、0.001srの取り込み角にて、LEDをレンズトップ中心に回転させることにより指向特性を得ます。一般的には最も出力強度の大きい角度を1として、相対値で表します。

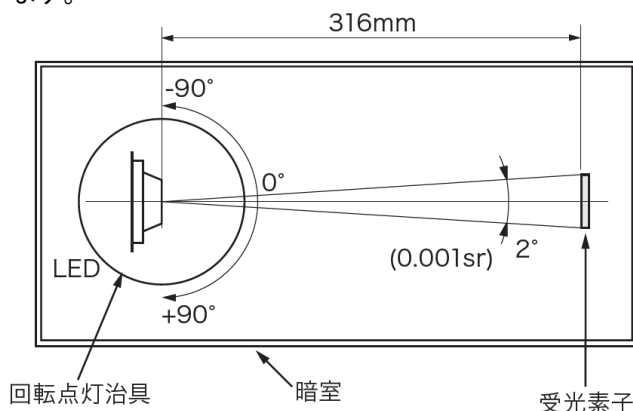


図5. 指向特性測定

応答速度

注入した電流(キャリア)をどれだけ早く光に変換する事ができるかを示す値で、立ち上がり時間・立下り時間で表します。十分早い矩形波に対して、光出力が10%から90%(または90%から10%)に達するまでに要する時間を表します。単位は ns あるいは μs が使われます。(図6)

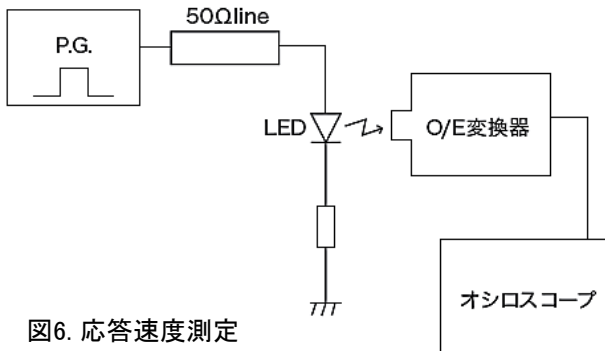


図6. 応答速度測定

遮断周波数

遮断周波数(またはカットオフ周波数)とは、電気信号に対するLEDの応答の限界を表します。これを超える高速な電気信号に対して、電気を光に変える事ができなくなります。測定は、LEDに一定のバイアス電流を流してこれに交流信号を周波数を変えながら重畳させ、交流に対する応答特性を評価します。-3db減衰する周波数を遮断周波数と定義しており、単位は MHz が使われます。(図7)

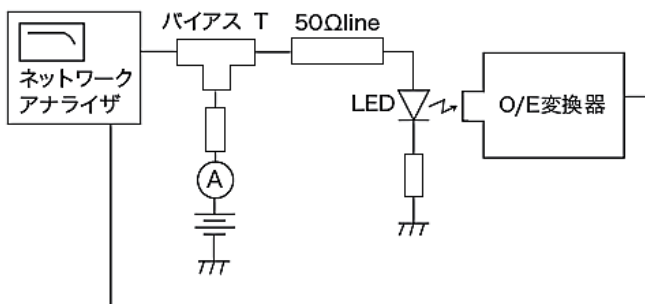


図7. 遮断周波数測定

電気的特性

順電圧

特定の順方向電流を流したときにLEDのアノード・カソード間に発生する電圧を測定します。電圧値は半導体素子の材料に特有のものとなり、接合部の電位障壁と内部抵抗成分によって決まる電圧です。測定は、定電流電源で順方向電流を流し、電圧計により測定します。(図8)

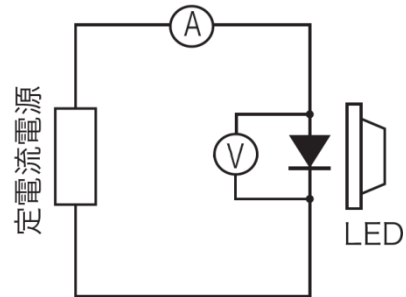


図8. 順電圧測定

逆電流

LEDは基本的にはPN接合ですので、一般的な整流用ダイオードと同様に逆方向のバイアスに対してはほとんど電流が流れない特性を示します。ただし、一般的ダイオードと違い逆電流は大きく(数 μA)、ブレークダウン電圧は小さくなっております。測定方法は定電圧電源により逆バイアスを印加し、電流計により測定します。(図9)

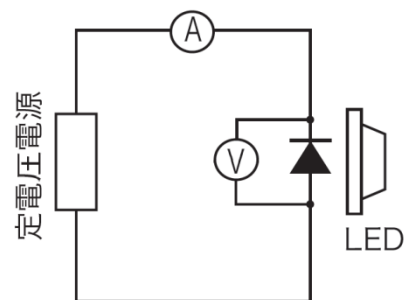


図9. 逆電流測定

熱的特性

熱抵抗

LEDの接合部温度は直接測定することは不可能ですが、順方向電圧には温度依存性があり、この特性を利用して素子の接合部温度を想定することが可能です。この温度依存性は素子の材質やその他の条件によって変わるため、まずこの依存性を測定します。

最初に -10°C 程度の低温の雰囲気中にLEDを置き、素子の接合部の温度に影響を与えないであろう微小電流（通常は $100\mu\text{A}$ ）にて順電圧を測定します。次にLEDを 60°C 程度の高温の雰囲気中に置き、同様に微小電流での順電圧を測定します。得られた電圧値により順電圧の温度依存性を得ることができます。通常は $-2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 程度の値となります。

次に電流印加時間とジャンクション温度の関係を測定します。図10に示したような電流波形により、まず温度依存性を測定した電流と同じ微小電流値で順電圧を測定（ V_F1 ）します。次に実際に使用される程度の値の電流値を、所定のパルス、ないしは直流を印加し、同様に順電圧値を得ます（ V_F2 ）。所定のパルス印加後に微小電流により順電圧値を得ます（ V_F3 ）。

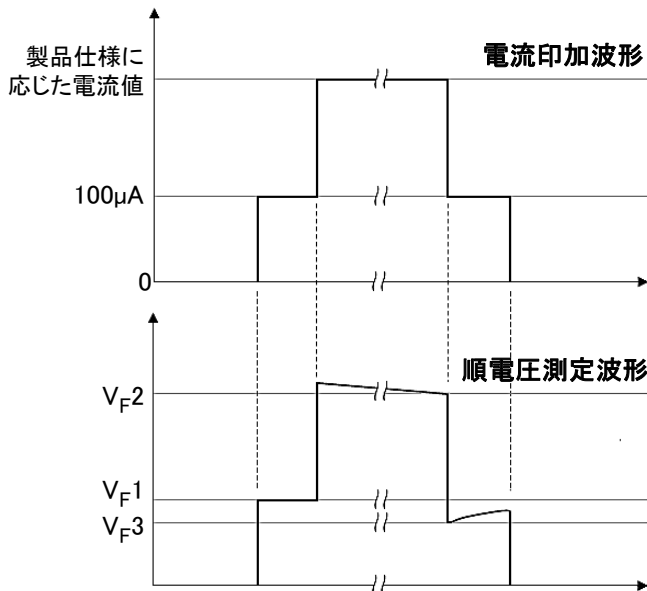


図10. 電流印可波形と順電圧測定波形の関係

得られた V_F3 と V_F1 の差の電圧は、印加された加熱電流により接合部の温度上昇を表すことになり、式1により導き出された温度は接合部が測定時の雰囲気温度からどれだけ上昇したかを示すことになります。印加するパルス電流の時間を変化させ、式2により熱抵抗を求めると一般的には図11の特性が得られます。

$$\Delta T_j = \frac{(V_F3 - V_F1)}{\text{素子の温度係数}} \quad (1)$$

$$R_{th} = \frac{\Delta T_j}{I_F \times V_F2} \quad (2)$$

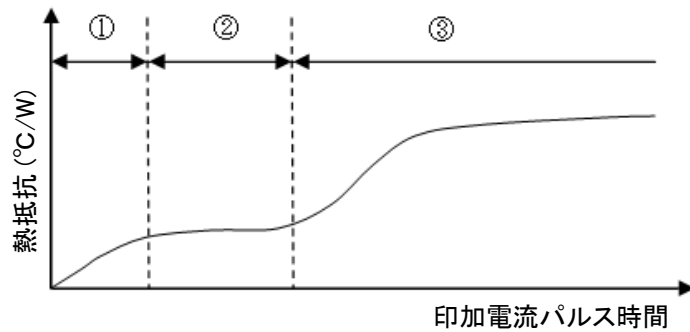


図11. 印可電流パルス時間と熱抵抗の特性

接合部で発生した温度は主に、素子基板、ダイボンド材料、リードフレーム、はんだ付け部、実装基板という経路で放熱されます。図11の②部はリードフレーム部での熱時定数を示しておりグラフのこの部分の数値や、パルス、直流の電流値などをパラメータとして評価され、熱抵抗値としての仕様が決定されます。

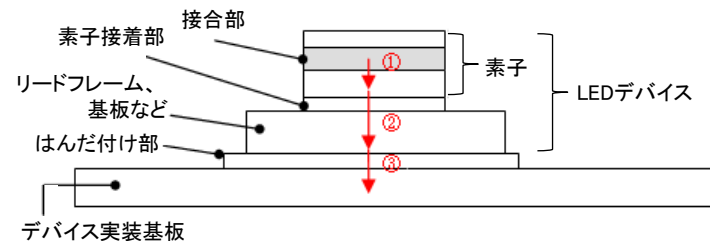


図12. 熱伝導経路