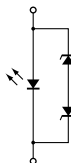
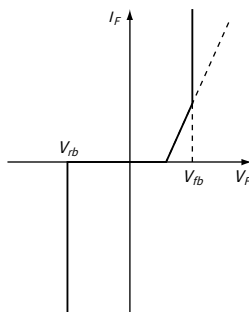


〈図1-22〉LEDの並列接続

〈図1-23〉ツェナ・ダイオードによる
LEDの保護〈図1-24〉保護回路を設けた場合の
電流-電圧特性見
本

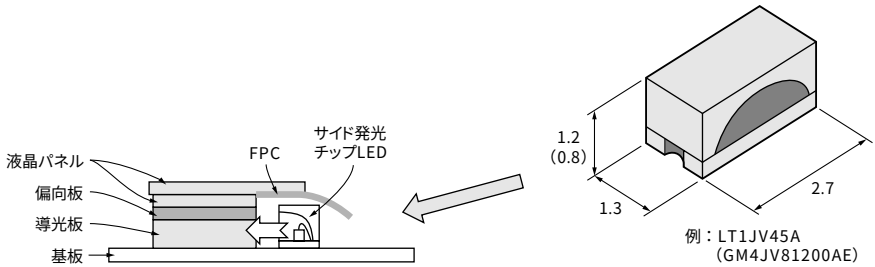
電流により明るさも変わることになります。よって、並列接続回路でLEDを使用する場合は十分に注意しておかなければなりません。LEDを並列接続する場合には、**図1-22**のような回路を推奨します。**図1-22**のように抵抗を用いてそれぞれのLEDに加わる電圧を調整することにより、その光度差を軽減することができます。

また、青色や緑色のGa_N系発光ダイオードで過電圧やサージに弱いタイプのものは、**図1-23**のような保護回路を設けてください。**図1-24**が保護回路を設けた場合の電流-電圧特性です。

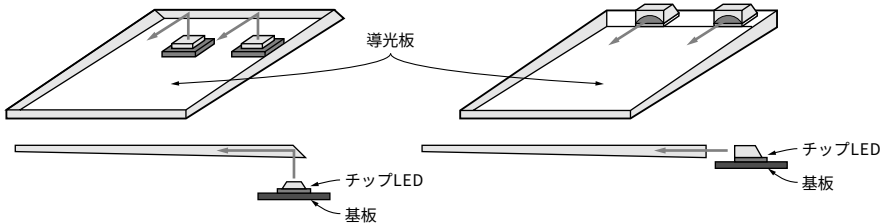
ツェナ・ダイオードによって正方向も逆方向も一定以上の電圧がLEDに印加されなくなり保護されます。ただし最近のGa_N系発光ダイオードは、パッケージ内に保護回路を内蔵したものや、サージに強い素子を開発したものも出てきています。

1.7 可視発光ダイオードの応用例

可視発光ダイオード(LED)は、従来タングステン・ランプの代替材料として、屋内用インジケータに主として用いられてきました。しかし、近年その高輝度化にともない屋外用ならびに車載用表示デバイスとして活用されるようになってともに、タングステン・ランプやハロゲン・ランプの代替材料としてや、ファクシミリなどのOA機器の光源にも、広く用いられるようになってきました。



〈図1-25〉 反射板の付いたサイド発光型チップLEDとそれを用いた液晶バック・ライト照明の断面図



〈図1-26〉 導光板を使ったLED液晶バック・ライトの実施例

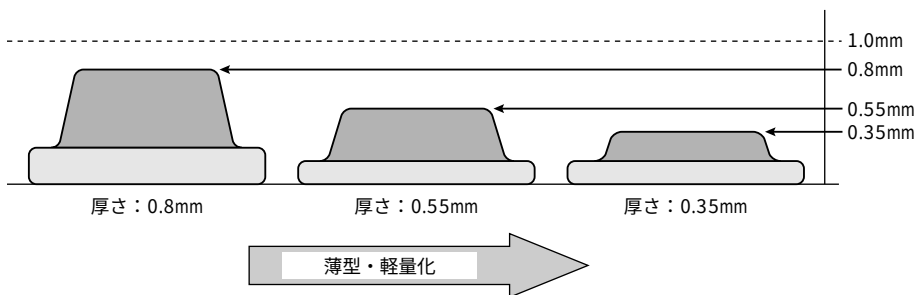
(1) 携帯電話へのLEDの応用

携帯電話には、下記の用途でLEDが用いられています。

- ① 液晶表示のバック・ライト，またはフロント・ライト
- ② キー・バック・ライト
- ③ フラッシュ・ライト
- ④ 状態表示ライト

①の代表的な部品構造とモジュール化したときの構造図を図1-25および図1-26に示しました。LEDチップから出た光を効率良く、しかも広い角度で一方向に送り出すことで均一で明るい液晶画面が得られます。ここで使用されるLEDは、青色LEDに黄色蛍光体を用い白色発光を作るいわゆる疑似白色LEDと呼ばれるもので、カラーTFT液晶との組合せでカラー表示を行うものが主流になっています。また、より演色性を上げるために、RGBの発光波長を持った白色光源LEDも製品化されています。

②のキー・バックライトには、通常8から10個のチップLEDが使われます。携帯電話の



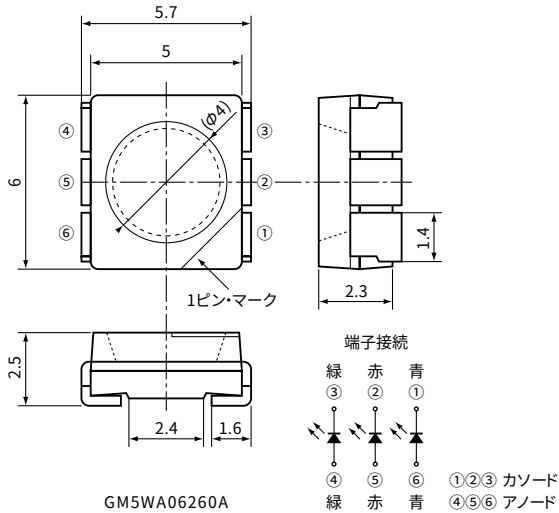
〈図1-27〉 携帯電話の薄型化にともなうキー・バック・ライト用チップLEDの厚さの進化

薄型化と軽量化が急速に進む中でチップLEDの薄型化が要求され、現在は厚さ0.35mmまで商品化されています(図1-27)。

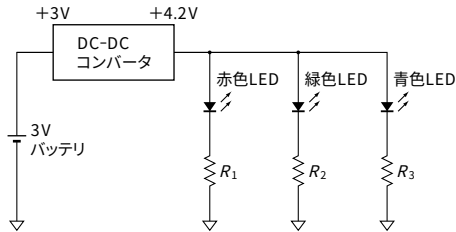
③のフラッシュ・ライトは、急速に普及しているカメラ付携帯電話の撮影時の補助光源としてLEDを用いるもので、R、G、B3色のLEDチップを一つのパッケージにまとめたLEDをそれぞれ点灯させて白色光源とするものと、青色LEDと黄色蛍光体を組み合わせた擬似白色LEDを用いる場合とがあります。ここでは、前者のLEDの例について図1-28に示します。このLEDは、プリント配線板への表面実装が可能なタイプで、携帯電話に向けた小型の形状でありながら、金属のリード・フレーム上にLEDチップを搭載する構造としているため、放熱性にすぐれ、フラッシュ・ライトとして、大きなパルス電流を流すことを可能としています。

④の状態表示ライトは、携帯電話の着信、通話などの状態を、色を変えて表示するもので、装飾的な目的も含めRGBのLEDを使用して多色表示を行います。これには、単にケース直下にLEDを置いて表示するもののほか、アクリル、ポリカーボネイトなどの導光体を用いて、面状、棒状に発光表示をさせるものもあります。

①～④の用途のLEDを実際の携帯電話に組み込んで動作させる場合、携帯電話のバッテリー電圧(2.5～3V)にくらべ、とくに緑、青色LEDの動作電圧が3V以上と高いことや、このLEDを数個直列にして使用する場合はさらに動作電圧が上がり、そのままではLEDの点灯ができない問題があります。また③のフラッシュ・ライトとしてLEDを使用する場合は、大きなパルス電流(150mA程度)を流すため、緑、青色LED順方向電圧は10V以上となりさらに高い電圧の電源が必要になります。そこでLEDの動作電圧を確保するた



〈図1-28〉携帯電話のフラッシュ・ライト用LEDの例

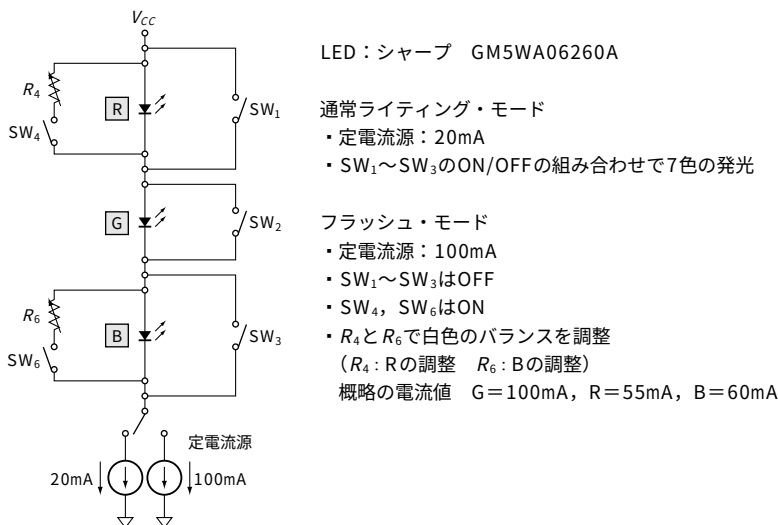


〈図1-29〉携帯電話におけるLED駆動回路例(この例ではR, G, B3色を同時駆動)

めに、DC-DCコンバータにより、バッテリー電圧を昇圧してLEDを動作させます(図1-29)。

ICメーカ各社より、この用途に使用するDC-DCコンバータ用のICや、DC-DCコンバータとLEDに一定電流を流す回路とを複合したIC、さらには、携帯電話に使用する①～④の用途のLEDをすべて駆動できるようにしたICが発売されています。

図1-28のRGBのLEDを携帯電話のフラッシュ・ライトに用いる場合、図1-29の回路を用いてもR, G, B各色のスイッチングによりカラフルな動作が可能です、図1-30に示



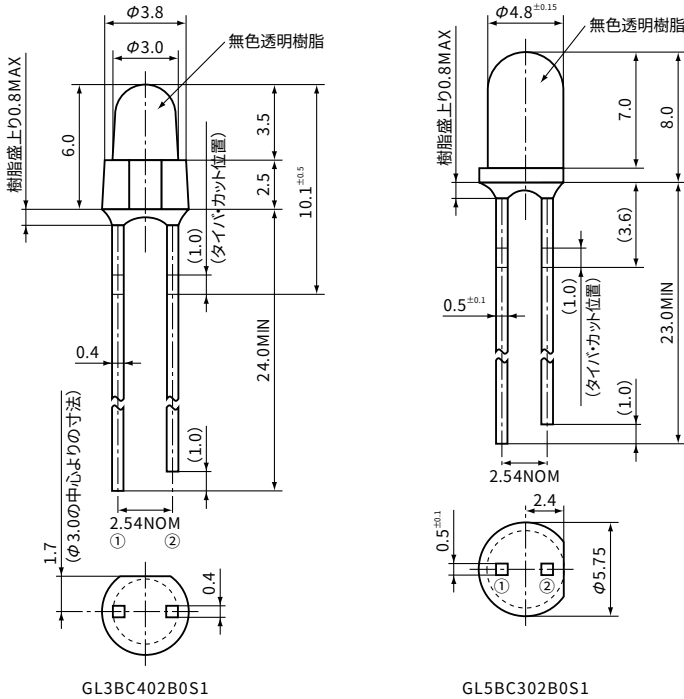
〈図1-30〉携帯電話のフラッシュ・ライトの駆動例

そのような接続を行うと消費電力を抑えながらも、本LEDのもつ機能を生かした使い方ができます。すなわち、通常ライティング・モードとしてスイッチの切り替えで7色の発光をさせたり、全チップにパルスの大電流を流し、カメラ・フラッシュとして用いたりが可能です。さらに高度な光演出が可能な専用ドライバICも発売されています。

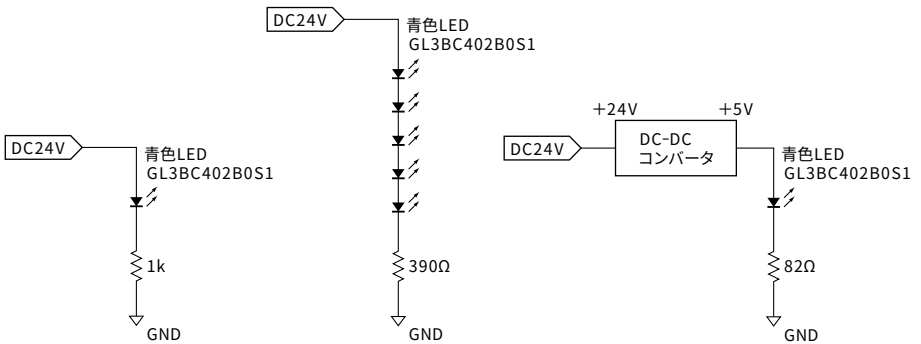
(2) アミューズメント機器への応用

アミューズメント機器には、近年、高輝度の赤、緑、青色LEDが製品化され、多彩な色表現ができること、長寿命 低消費電力などのメリットから、従来の電球の代替えとしてLEDが使用されています。使用されるLEDとしては、**図1-31**に示す、砲弾型の形状をしたもの、携帯電話の項で紹介した**図1-28**の形状をした薄型でありながら電流を流せるもの、また、発光色としては単色のもの、2色、あるいはRGB3色のチップを一つのパッケージに入れた多色発光のものがあります。

ここでは、アミューズメント機器での動作回路例を**図1-32(a)**に示します。これは青色LEDを使用した場合の回路例です。機器の電源DC24Vに対して、LEDに20.6mAの電流を流すために、制限抵抗で約20.6V電圧降下させ、LEDに3.4Vの電圧をかけてLEDを発光さ



〈図1-31〉 砲弾型LEDの例



〈図1-32〉 アミューズメント機器におけるLED動作回路例

せています。このとき注意しなければならないこととして、LEDの間欠的な点灯あるいは単独での使用の場合にはあまり問題にはなりません、常時点灯を行う場合や、多数LEDを密集して使用する場合に、使用する制限抵抗での消費電力が $20.6\text{V} \times 0.0206\text{A} = 0.42\text{W}$ と大きく、抵抗器での発熱がLEDに伝わり、LEDの故障や、寿命が短くなるなどの懸念があります。これを解決するには、同時に点灯するLEDを数個直列にして制限抵抗での消費電力を減らす方法[図1-32(b)]、電源電圧をDC-DCコンバータにて5V程度にして使用する方法[図1-32(c)]、さらにLEDと制限抵抗の位置を離したり、LEDを実装している部分のパターンを可能な限り広くし放熱を良くするなどの方法がLEDの使用環境の温度を抑えるのに有効で、LEDの故障の防止、長寿命化につながります。また発光に寄与しない電力を低減できるので 機器全体の省電力にもつながります。

(3) 車載用機器への応用

自動車のインパネ用途としてヨーロッパでは10年以上の歴史がありますが、米国や国内で使用され始めたのは、近年になってからです。エクステリアでは、ハイマウント・ストップ・ランプ(チムズル)やコンビネーション・ランプを中心にLED化が進んでいます。この大きな理由の一つに応答速度の速さが上げられます。GaAlAs系ダブル・ヘテロ構造LEDの応答速度は、数百ナノ秒(1nsecは、10のマイナス9乗)でありタングステン・ランプの約200万倍です。

車載用の仕様についてはAEC(Automotive Electronics Council)団体があり、半導体に関する国際規格が定められています。LEDを含む半導体部品に関する規格の一部を抜粋して表1-3に示しました。

〈表1-3〉 AECによる規格の例

試験項目	試験内容
断続動作寿命	$T_a=25^{\circ}\text{C}$, $\Delta T_j \geq 100^{\circ}\text{C}$ (ON 2分/OFF 2分)×15000サイクル
高温高湿バイアス	85°C , 85%RH, 1000hr, V=最大定格の80%
高温逆バイアス	$T_a=T_{j(\text{max})}$, 1000hr, V=最大定格の80%
温度サイクル	$-55^{\circ}\text{C} \sim$ 最大定格 100cy要望
蒸気加熱	121°C , 100%RH, 96hr

(4) 交通信号機への応用

シンガポールでは、交通信号機の100%がLED化されています。また、海外の歩行者用信号機で、青から赤に変わるまでの残り時間に合わせて青色の人型の足が動き、そのスピードがだんだん速くするものがあります。日本では、諸外国に比較すると信号機のLED化率は遅れており、2004年3月末の警察庁の調べによると、全国約108万機の車両用3色の交通信号機のうちLEDを用いたものは、5.7%です。地域別では、東京が16.2%、奈良が15.2%、徳島が14.1%、北海道が0.8%、石川県が0.3%です。

日本の車両用信号機には、大きく分けて二つの種類があります。一つは昆虫の目に似た複眼タイプで、もう一つは無色透明樹脂のカバーの奥に十数個の大電流LEDを配したものです。複眼タイプの現在使われている例としては、直径5ミリの砲弾型のLEDランプが1色あたり312個使われています。

いずれもLEDが点灯したときにだけその色が認識でき、従来の電球式信号機の欠点であった西日が差し込んで点灯しているように見える誤認識が起りにくいのが特徴です。

(5) 自動認識装置の光源としてのLED

CCDカメラなどを用いて物の形と色を認識する方法として、従来は白色光源または、単色の光源を使って物体を照明してその像をレンズを介してCCD素子上に結像していました。CCDは、それぞれのセンサの前にR、G、Bの個々のフィルタが付いたセンサで像の色を認識することができます。しかしながら使用する照明にR、G、Bのそれぞれ任意の3波長を持ったLEDを使い、順番に切り替えすることでCCDのR、G、Bの個々のフィルタが必要なくなります。すなわち赤色のLEDで照明しているときと緑のLEDで照明しているときのモノクロ・センサが捕らえた画像信号の差異を取れば色の認識ができることから、フィルタをなくした分画素数を3倍に高精細化できるのです。さらにRGB光源だけでなく、赤外や紫外LED光源を用いれば肉眼では見えなかったものを見ることができるだけでなく、写真のフィルム上のキズを可視光と赤外光による画像信号の差異を利用することで演算処理で消し去って記録することができます。まさにインテリジェント・ライティングと言えます。

(6) 照明器具への応用

2004年現在の白色LED(青色LED+黄色蛍光体)で市販されているものは、電流量容量にかかわらず約25ルーメン/Wの発光効率であり、もっとも一般的なφ5mmの白色LEDラ

ンプを20mAで駆動したときの端子間電圧が3.5Vとすると、消費電力は0.07Wであることからこのデバイス1個から出る光束は、 $25\text{ルーメン/W} \times 0.07\text{W} = 1.75\text{ルーメン/個}$ になります。一方、蛍光灯の発光効率を80ルーメン/Wと仮定すると20Wの蛍光灯1本から出る光束は、 $80\text{ルーメン/W} \times 20\text{W} = 1600\text{ルーメン/本}$ になります。すなわち、20Wの蛍光灯1本に相当する光束を得るために必要な前述の白色LEDランプの数量は、 $1600\text{ルーメン/本} \div 1.75\text{ルーメン/個} \Rightarrow \text{約}914\text{個}$ となり単純計算での消費電力は、 $914\text{個} \times 0.07\text{W} \Rightarrow \text{約}64\text{W}$ で蛍光灯の3倍強の電力消費になります(実際には、蛍光灯のインバータ回路における電力損失がある)。ただし近い将来、白色LEDの発光効率は、100ルーメン/W(現状の4倍)になると考えられていることから、前述のランプ数量および消費電力は改善できるようになると思われます。

以上は、単純数値のみで比較した蛍光灯と白色LEDの特性比較であり、実際にはガラスチューブの全周から発光する蛍光灯と0.3～3mm角の立方体から光束を出す点光源であるLEDとでは、単純に同じ土俵で比較することはできません。

LEDを照明に用いたときのメリットとそれを生かした応用例を整理してみましょう。

① ナノ秒レベルで高速にON/OFFできる

可視光通信として照明された場所だけに光通信レベルの情報伝達の媒体として利用できる。

② 発光部分が微小点光源である

照明機器のデザインの多様性が図れる。また、所定の角度で光束を照射できることから、光の有効活用と光公害の対策にも役立つ。

③ 4V以下のDC電源で点灯可能

バッテリー駆動に向いており、自立型街路灯などでソーラ・システムとの組合わせに最適な光源である。

④ 長寿命である。

白熱電球よりも寿命が長いだけでなく、ソリッド・ステート・デバイスであることを利用して受光素子との簡単なモジュール化をすることで常に同じ光度に保つ商品設計も可能である。

今後LED光源に要求される課題として次の項目があります。

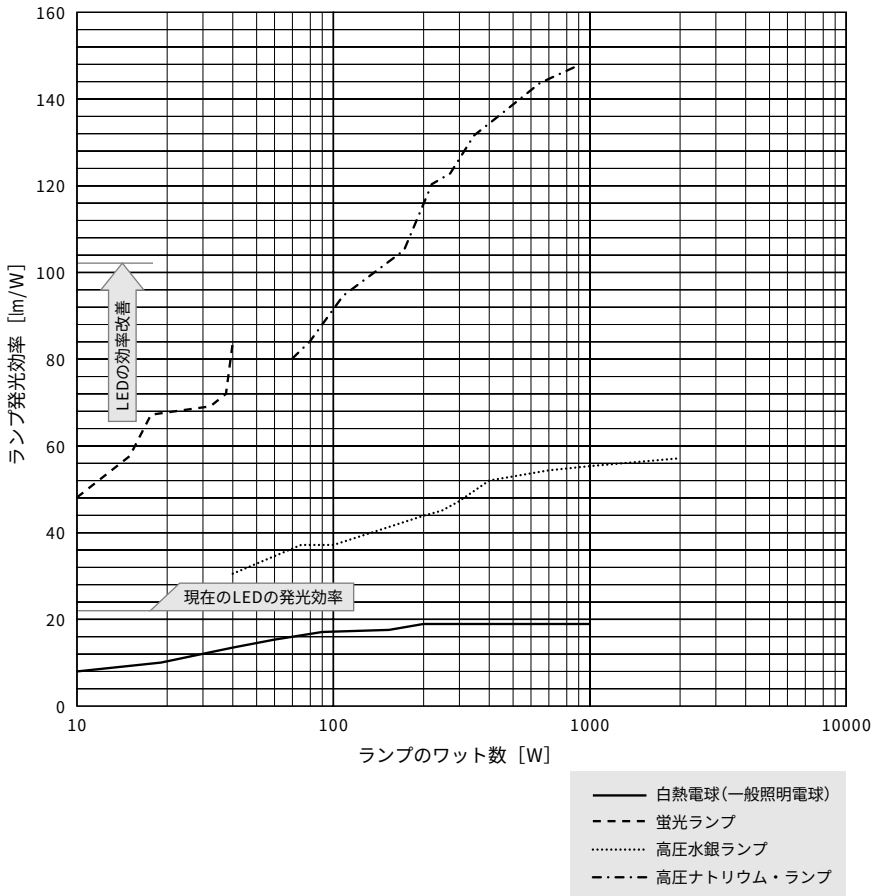
① 演色性の改善：現状の青色と黄色の混色による擬似白色ではなくRGB3波長が揃いしかも $400\mu\text{m} \sim 700\mu\text{m}$ 近辺までブロードな波長分布を持った太陽光に近い自然光を作る。

② 発光効率の改善：現状の25ルーメン/Wから、さらに100ルーメン/Wまで発光効率を

アップさせる。

- ③ デバイスの低価格化
- ④ 高輝度化が進んだ場合の目に対する影響：点光源から放たれる強烈な光に対する人体への影響および安全基準作り。

図1-33に現状のいろいろな光源の発光効率を比べたグラフを示します。



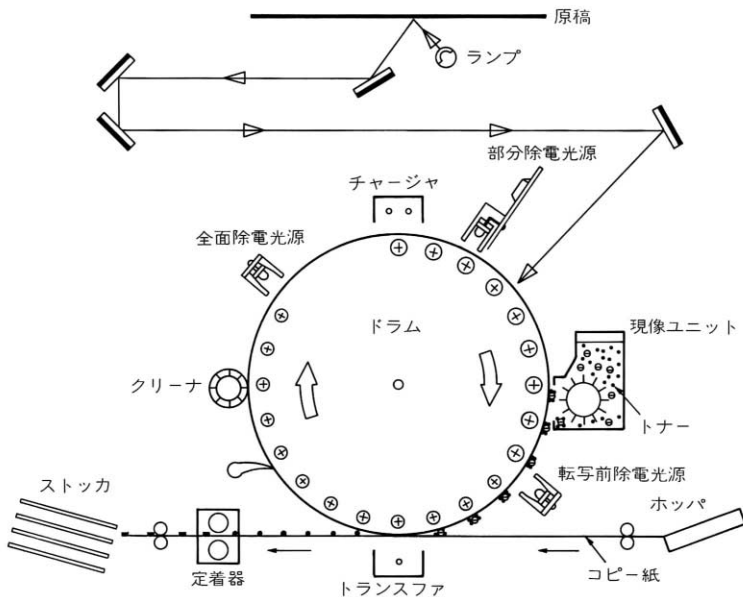
〈図1-33〉 各種光源の大きさとランプ効率

(7) 複写機/プリンタへの応用

● 一般的な複写機の構造と動作

一般的な複写機の構造を図1-34に示し、以下にその動作の概略を順に説明します。

- ① 図の中央にある感光体ドラムは、動作時矢印の方向に回転します。
- ② 光半導体の性質をもつ感光体ドラムは、初期にドラム上部にあるメイン・チャージャ(約600V)のコロナ放電によって、表面全体がプラスに帯電されます。
- ③ 次に、部分除電光源(通称：ブランク・ランプ)によって、コピー用紙サイズやトリミングを行うのにトナー付着が必要でない部分や、原稿の一部を白抜きしたい部分にあたる感光体ドラム表面に光を当てることで、その部分だけのプラス帯電を除電します。
- ④ 原稿面からの反射光を感光体ドラムの表面に照射し、そこで実像を結びます。これによって、原稿の白い部分に当たる感光体ドラム表面のプラス帯電は、除電されます。
- ⑤ 現像部では、マイナスに帯電したトナーをドラム上に擦り付けることによって、④で



〈図1-34〉複写機の構造

プラス帯電が残っている原稿面の黒色部(文字部など)に当たる感光体ドラム表面に、トナーが静電気で付着します。

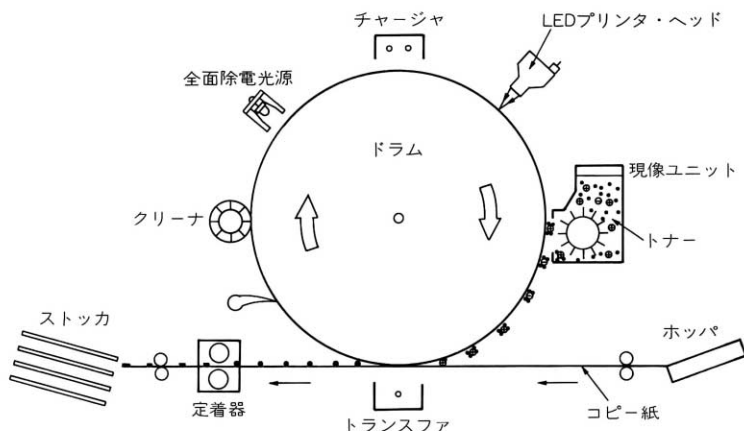
- ⑥ 感光体ドラムの全面に黄緑色または赤色の光を照射することで、感光体ドラムの帯電力が低下し、トナーの付着力が弱まります。このような光源を、転写前除電光源(PTL; プリトランス・ランプ)と呼びます。
- ⑦ 感光体ドラムの底部においては、コピー用紙の裏側からチャージャによって、感光体ドラムに付着しているトナーを吸引して用紙上に転写させます。トナーの付着したコピー用紙は、この後高温にすることで定着されます。
- ⑧ コピー作業を終えた感光体ドラムにはまだ残留帯電があるため、ドラム全体に長波長の弱い光を照射することで、感光体の奥深くにある残留帯電をも除去します。この光源を全面除電光源($\lambda=660$ または 695nm)と呼び、これはLEDプリンタやレーザ・プリンタにも使用されています。また、この光源は、複写機の電源を入れてからのウォーミングアップのときに、前もって感光体ドラムにある程度の前疲労を与えるための、前疲労光源(通称:プリファティグ・ランプ)としても利用され、複写機動作初期にも安定した画質を得ることができます。

以上に示したLED除電光源は、一部タングステン・ランプによっても作られていたが、複写機の高速化にともなってより応答速度が速く、任意の波長が選択できるLEDに置き換わりつつあります。

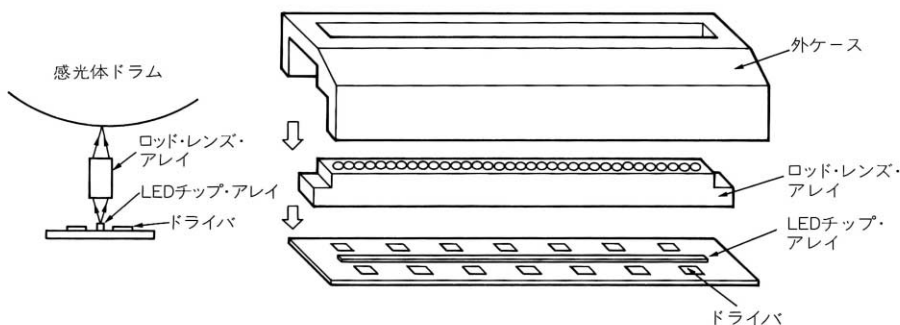
●LEDプリンタ

複写機は、原稿面の画像を感光体ドラム面上にレンズ系を用いて結像させる、アナログ複写機と呼ばれるものですが、これに対してデジタル複写機と呼ばれるものがあります。これは、読み取った原稿面の画像をいったん電気信号に変換して、改めてその信号をプリンタによってコピー用紙上に印刷するものです。この普通紙へのプリンタの構造には、主にLEDプリンタ、レーザ・プリンタ、液晶プリンタの3種類があります。

ここでは、LEDプリンタについて説明します。装置の概略図を図1-35に示します。構造は前項で説明した複写機に似ており、原稿からの書き込み光に当たる部分にLEDプリンタ・ヘッドが置かれています。図1-36に、LEDプリンタ・ヘッドの構造を示します。図1-36のLEDチップは、現在240～600ドット/インチの発光密度をもった針状チップを一直線上に並べ、その各ドットを任意に点灯させるためのドライブ回路と接続します。このLEDドットの点灯パターンを感光体ドラム上に転写結像させるために、ロッド・レンズ・アレイ(通称:セルフォック・レンズ・アレイ)を用います。感光体ドラム上に結像さ



〈図1-35〉 LEDプリンタの構造



〈図1-36〉 LEDプリンタ・ヘッドの構造

れた画像が印刷される工程は、前項の複写機の構造を参照してください。

LEDプリンタ・ヘッドは、他のプリンタ・ヘッドと比較して、次のような特徴をもっています。

- (1) 機械的稼動部がないため、騒音が少なく機械的メンテナンスの必要がない(レーザ・ビーム・プリンタとの比較)。
- (2) ウォーミングアップの時間を必要としない。
- (3) 光路長が短いため、コンパクトな設計が可能である。

(4) ドラム中央と端部との画質差がない(レーザ・ビーム・プリンタとの比較)。

LED発光部とドライバ部との一体化などの技術革新によって、LEDプリンタ・ヘッドのコスト・ダウンが図られることで、デジタル複写機、普通紙ファックス、さらにパソコン用プリンタなどへと用途が広がっています。

(8) プロジェクタ光源への応用

近年のLEDチップの高輝度化にともない、LEDをプロジェクタ用の光源に応用しようとする試みが始まっています。

プロジェクタは、“光源”と、それによりマイクロ・ディスプレイを照射するための“照明光学系”、映像を表示するための“マイクロ・ディスプレイ”、マイクロ・ディスプレイの映像をスクリーンに投影するための“投影光学系”から構成されています。

光源としては、高圧水銀ランプ、メタルハライド・ランプなどの放電ランプが用いられていますが、高電圧で駆動するための大きなバラスト電源が必要なこと、スペクトルに含まれる色の成分が不十分なこと、起動に時間がかかること、寿命が短いことなどの理由により、LED光源の開発が期待されています。

映像を表示するためのマイクロ・ディスプレイとしては、透過型の液晶パネル、反射型の液晶パネル、マイクロ・ミラー・デバイス(DMD)の3種類が主に用いられています。プロジェクタ機器の小型化にともない、0.5”～0.7”のサイズが多く用いられていますが、サイズの小型化にともない光の利用効率の低下が課題となっています。

このようなシステム光学系の効率を向上させるためには、

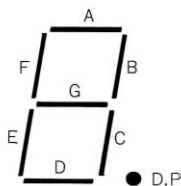
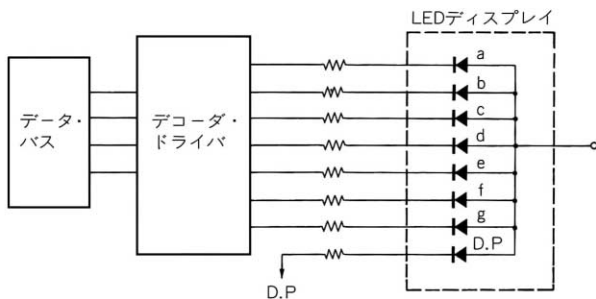
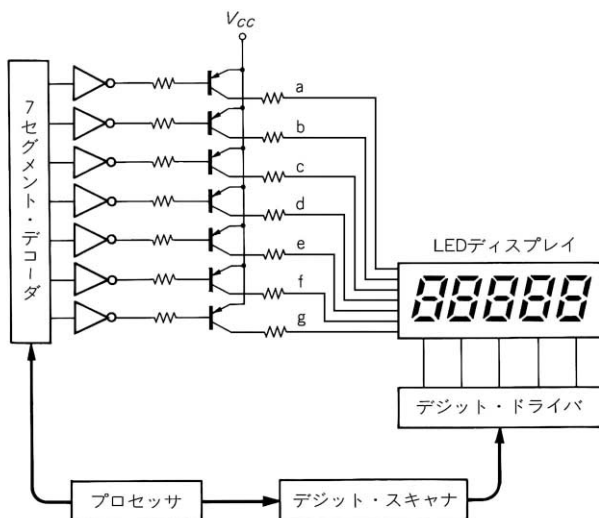
- (1) 発光効率(lm/W)の向上
- (2) 光源のサイズ(mm²)の縮小
- (3) 放射角度の縮小
- (4) マイクロ・ディスプレイ・サイズの増大、もしくは投影レンズのF値の増大

の手法が挙げられます。

このうち(1)～(3)がLEDに対する課題となっています。

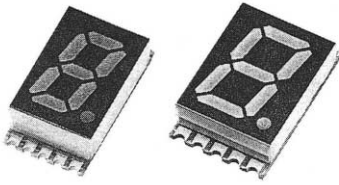
(9) 数字表示

LEDを使用した表示器として、10進数を表示する7セグメントの数字表示があります。これは図1-37のように七つのLED(A～G)の任意のLEDセグメントを点灯させて、0～9までの数字を表示するものです(D.P.; 小数点を含めると8セグメント)。内部の結線は、

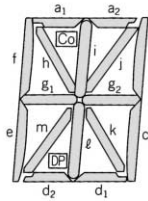
〈図1-37〉セグメントの名称⁽¹¹⁾〈図1-38〉スタティック駆動回路例⁽¹¹⁾〈図1-39〉ダイナミック駆動回路例⁽¹¹⁾

アノード・コモン・タイプとカソード・コモン・タイプがあります。また表示桁数も、1桁のものから多桁のものまでいろいろあります。

駆動方法には、スタティック駆動(図1-38)とダイナミック駆動(図1-39)があります。表示する桁数が増えると回路素子が増加し、消費電流も大きくなるため、各表示桁がデコーダ、ドライバ回路を時分割で共通に使用し、消費電流を小さくしたダイナミック駆動



〈写真1-2〉 数字表示LEDの例

〈図1-40〉 16セグメント表示器⁽¹¹⁾

が一般的となります。人間の目の応答速度はあまり早くないので、数十ミリ秒の周期で順次点灯を繰り返しても、連続して点灯しているように見えます。各桁をスキャンする速度は、100Hz以上数十kHz以下であれば問題ありません。各桁に流す電流は、スキャン速度と表示桁数とから各桁の点灯時間が決まるので、その点灯時間に応じて設定を行います。各セグメントに流れる電流は最大定格を越えないように注意する必要があります。

ダイナミック駆動で表示すべき桁数が増えると、パルス電流のデューティ比が小さくなり(4桁なら1/4デューティ、8桁なら1/8デューティになる)、同一の輝度を得るためには、ピーク順電流を大きくしてやらなければなりません。しかし、電流をあまり大きくするとLEDの自己発熱により発光効率が低下します。

また、マイコンの出力データのメッセージなどを表示する場合には、アルファベット表示と数字表示(アルファ・ニューメリックという)を行えるようにした16セグメントの表示器を使います。7セグメントのデコーダに比べて、16セグメントの文字変換用のデコーダは複雑となるため(一般にはASCIIコードが使用される)、ゲート回路で構成するのは大変です。マイコンを使う場合は、CPU内でデコードする方法がありますが、マイコンの負担が大きくなるので、専用のICを使用したほうがよいでしょう。写真1-2に数字表示と、図1-40に16セグメント表示器の一例を示します。

(10) ドット・マトリックス⁽¹³⁾

ドットで漢字やひらがなを表現するには、1文字当たり256ドット(16×16)以上必要で、16×16ドット・マトリックスを最小ユニットとしたLEDアレイにより、より多くの情報が表現可能になります。ドット・マトリックスLEDの構造は、16×16(256)個のLEDを配線基板上でマトリックス状に配列したもので、各ドットに用いるLEDとしてランプ・タ