

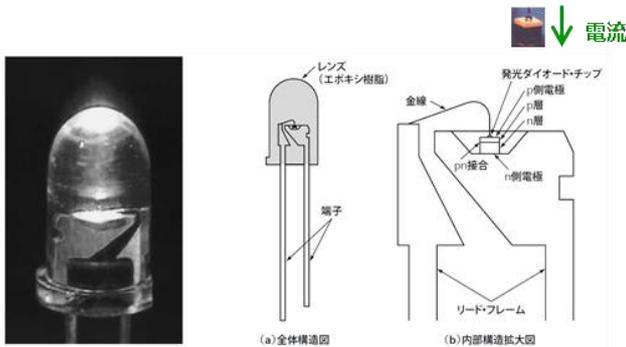
LED デバイス

# LED デバイスについて

最近市場では、表示機器などで多くの LED 製品が使用されている。このアプリケーションノートでは、LED 製品に使用されているデバイスの発光原理、製造方法等、について説明しています。

## 発光ダイオード (LED) の概略

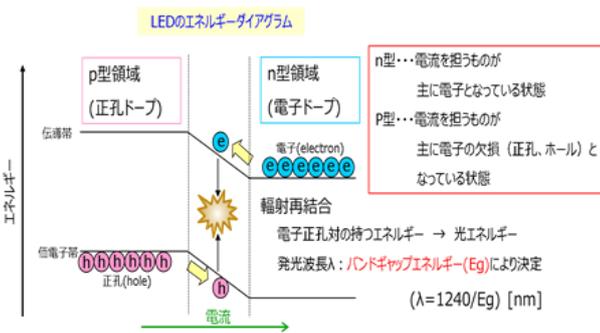
発光ダイオード(LED)とは Light Emitting Diode の頭文字をとったもので、電流を注入すると発光する半導体素子です。



させることで発光素子の機能を得ることができます。

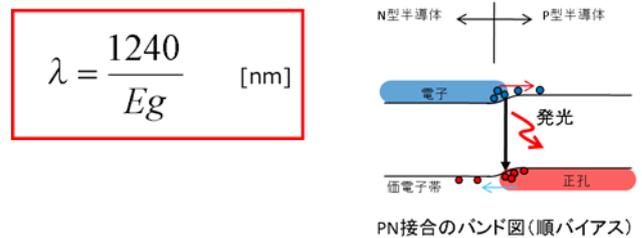
III		IV		V	
5 B Boron 2p <sup>1</sup>	10.8	6 C Carbon 2p <sup>2</sup>	12.0	7 N Nitrogen 2p <sup>3</sup>	14.0
13 Al Aluminum 3p <sup>1</sup>	27.0	14 Si Silicon 3p <sup>2</sup>	28.1	15 P Phosphorus 3p <sup>3</sup>	31.0
31 Ga Gallium 4p <sup>1</sup>	69.7	32 Ge Germanium 4p <sup>2</sup>	72.6	33 As Arsenic 4p <sup>3</sup>	74.9
49 In Indium 5p <sup>1</sup>	115	50 Sn Tin 5p <sup>2</sup>	119	51 Sb Antimony 5p <sup>3</sup>	122

## LED の発光原理



## 各材料と発光波長

化合物半導体（構成元素は Ga, Al, In, P, N, As など）はその構成元素、混晶比によりその発光波長λが異なります。また化合物半導体のバンドギャップエネルギーEgで波長は決まります。

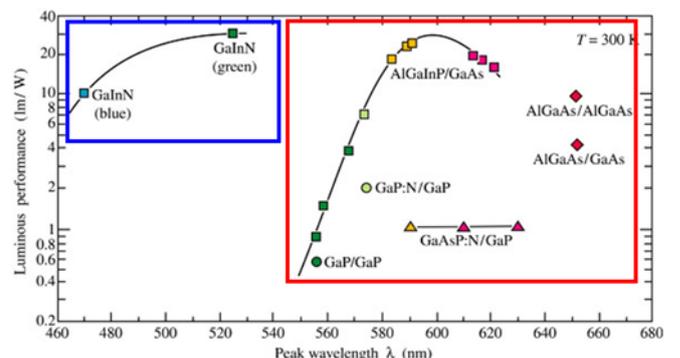


$$\lambda = \frac{1240}{E_g} \quad [\text{nm}]$$

発光再結合：p型層から注入された正孔と、n型層から注入された電子が再結合することにより発光する。

## 発光素子の材料

Si, Ge などIV族（単元素）半導体は電子正孔対の結合時に発光を伴いにくい。それに対して GaN, GaAs, InP などIII-V族化合物半導体は電子正孔対の再結合時に発光を伴いやすい。組み合わせ例としては GaAsP, AlGaAs, GaP, InGaP, InGaAlP などがあります。これらを所定の基板に結晶面をそろえて成長（エピタキシャル成長）



## 発光素子の材料

発光材料と発光色の関係を以下の表に示しておきます。駆動電圧についても発光色によりおおよそ決まります。

チップ材料		接合形成法	色	ピーク波長 (nm)	光度 (mcd)	駆動電圧 (V)	禁制帯幅 (eV)
発光層	基板						
GaP (Zn, O)	GaP	液相成長	赤	700	40	2	2.26
Ga <sub>0.85</sub> Al <sub>0.35</sub> As (DDH)	GaAlAs	液相成長	赤	660	5,000	1.9	1.9
Ga <sub>0.85</sub> Al <sub>0.35</sub> As (DH)	GaAs	液相成長	赤	660	2,500	1.9	1.9
Ga <sub>0.85</sub> Al <sub>0.35</sub> As (SH)	GaAs	液相成長	赤	660	1,200	1.8	1.9
GaAs <sub>0.95</sub> P <sub>0.05</sub>	GaP	気相成長拡散	赤	635	600	2	1.95
GaAs <sub>0.95</sub> P <sub>0.05</sub>	GaP	気相成長拡散	黄	585	600	2	2.1
(Al <sub>0.05</sub> Ga <sub>0.95</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> P	GaAs	MOCVD	赤	647	6,000	2.1	1.92
(Al <sub>0.2</sub> Ga <sub>0.8</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> P	GaAs	MOCVD	橙	609	10,000	2.1	2.04
(Al <sub>0.3</sub> Ga <sub>0.7</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> P	GaAs	MOCVD	黄	591	8,000	2.1	2.1
(Al <sub>0.45</sub> Ga <sub>0.55</sub> ) <sub>0.5</sub> In <sub>0.5</sub> P	GaAs	MOCVD	緑	560	1,000	2.1	2.2
GaP(N)	GaP	液相成長	緑	565	1,000	2	2.26
In <sub>0.45</sub> Ga <sub>0.55</sub> N	サファイア	MOCVD	緑	520	10,000	3.5	2.38
In <sub>0.1</sub> Ga <sub>0.9</sub> N	サファイア	MOCVD	青	465	3,000	3.6	2.67
In <sub>0.1</sub> Ga <sub>0.9</sub> N	サファイア	MOCVD	紫	405	-	3.7	3.06

## LED チップの高光度化について

LED 素子を高光度化するためには以下のようなアプローチを行います。

### 1. 内部発光効率の向上

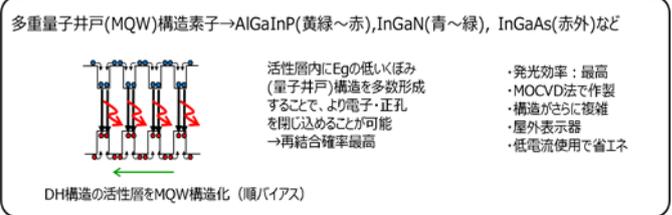
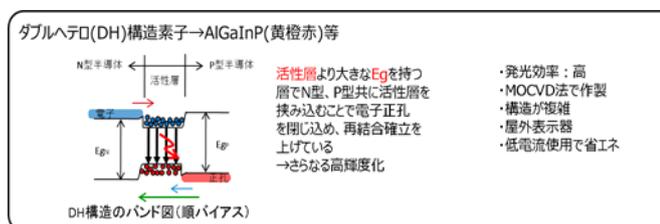
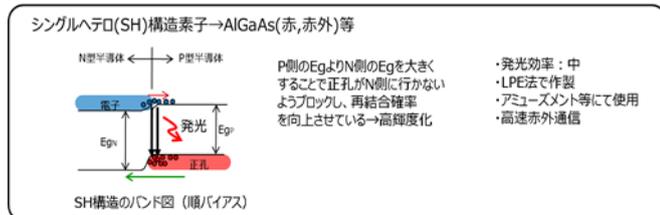
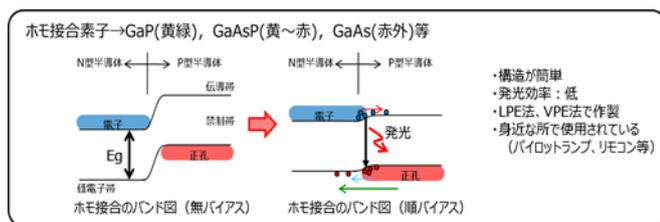
活性層（発光層）での発光量を上げるためには、高品質な結晶を作成し、電子と正孔の再結合効率を向上させる構造を採用する必要があります。

### 2. 外部発光効率の向上

発光層で得られた光を LED チップの外へより多く取り出す構造にすることが必要になります。

## 発光層の構造

LED の代表的な発光層構造としては以下のような構造がある。



## 結晶成長方法について

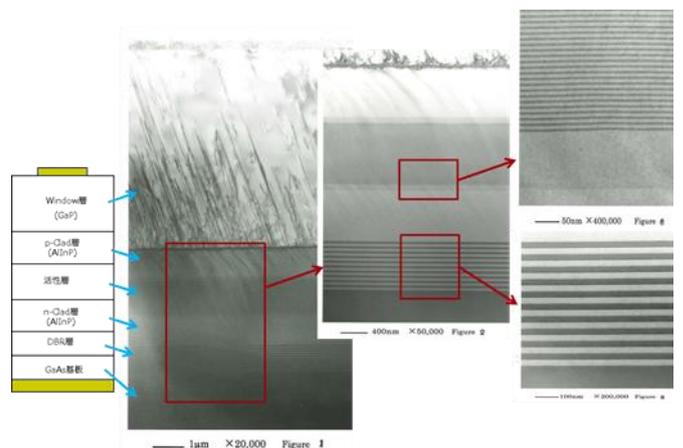
LED の発光層を作るうえでの成長方法について一覧表に示します。

結晶成長方法	膜厚制御性	成膜レート	大量生産	その他
液相エピタキシャル成長 (LPE : Liquid Phase Epitaxial)	× 数um ~10数um	○	○	古い手法だが低光度機種向けに現在も適用
気相エピタキシャル成長 (CVD : Chemical Vapor Deposition)	△ サブum ~数um	○	○	低光度機種向けに現在も適用
分子線エピタキシャル成長 (MBE : Molecular Beam Epitaxy)	◎ Åレベル	×	×	研究開発向け
原子層エピタキシャル成長 (ALE : Atomic Layer Epitaxy)	◎ Åレベル	×	×	研究開発向け
MOCVD法 (有機金属気相成長法) (MOCVD : Metal-Organic Chemical Vapor Deposition)	○ 数Å ~nm	○	○	広く量産適用されている生産方式

## TEM によるエピタキシャル膜の結晶構造観察

### (AlGaInP 系)

AlGaInP 素子構造について TEM (透過型電子顕微鏡) による構造を以下に示します。

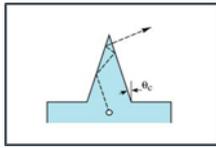


## LED チップ高光度化 (外部発光効率の向上)

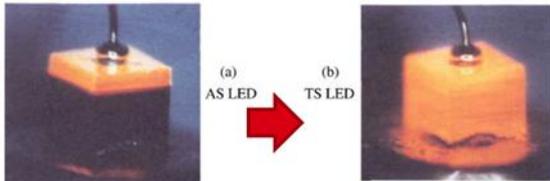
LED チップの高光度の方法として外部発光効率の向上があげられます。これは LED 発光層で得られた光をチップの外に、より多くを取り出すことです。

その方法としては以下の様な方法を用います。

- 基板に光吸収されないような反射層を設ける。(DBR 層など)
- 素子表面に凹凸を設け素子表面での全反射を防止する。



- c) 表面に透明導電膜を設けて電流を広げる。
- d) 電流経路を変えて素子電極直下でなるべく光らせないようにする。
- e) エピ層を厚くして素子側面からの光の取り出しを増やす。
- f) 基板素材を光吸収素材から透明素材に変更する。



- g) チップサイズを大きくする。
  - f) 電極サイズを小さくする。
- などが挙げられます。

### AlGaInP 系 LED 素子構造比較

AlGaInP 系 LED 素子の通常輝度タイプと高輝度タイプ（張り合わせ構造）の構造の違いを以下に示します。

	赤色高輝度LED (貼り合わせ構造)	赤色通常輝度LED (P側上面構造)
素子構造 (断面模式図)	<p>Si基板 Auミラー層 pコンタクト層 pクラッド層 発光層 nクラッド層 n電極</p> <p>基板の光吸収を抑えるため、金属ミラー層を内蔵</p>	<p>GaAs基板 nクラッド層 発光層 pクラッド層 pコンタクト層 透明電極 p電極 n電極</p>
素子上面外観	<p>n電極</p> <p>写真：310um×310um</p>	<p>p電極 透明電極</p> <p>写真：230um×230um</p>

### 赤色系素子と青色系素子の構造比較

赤色系素子（InGaAlP系）と青色系素子（InGaN系）の構造の違いを以下に示します。

	赤色通常輝度LED (P側上面構造)	青、緑色LED (2-wire基本構造)
素子構造 (断面模式図)	<p>GaAs基板 nクラッド層 発光層 pクラッド層 pコンタクト層 透明電極 p電極 n電極</p>	<p>サファイア基板 nクラッド層 発光層 pクラッド層 透明電極 p電極 n電極</p> <p>リファクタ基板は青色光を透過するため、パワージで反射される</p>
素子上面外観	<p>p電極 透明電極</p> <p>写真：230um×230um</p>	<p>p電極 透明電極 n電極</p> <p>写真：330um×330um</p>

## 製品ラインアップ

-チップ LED(単色タイプ) : [WEB LINK](#)

-チップ LED(マルチカラー) : [WEB LINK](#)

-LED ランプ : [WEB LINK](#)

## 製品動画

-1608 サイズ LED シリーズ: [WEB LINK](#)

-高光度レンズ付き LED CSL09 シリーズ: [WEB LINK](#)

-低電流 LED シリーズ : [WEB LINK](#)

-単ランクタイプ SML-D15 シリーズ : [WEB LINK](#)

-高光度白色 CSL11 シリーズ : [WEB LINK](#)

-狭色度 3 色 LED SMLVN6RGBFU1 : [WEB LINK](#)

【LED に関する質問、困りごとに関して】



● LED FAQ は [こちら](#)

● 困りごとや LED の情報を発信するコミュニティサイト(ESH 内)は [こちら](#)

※ My ROHM に登録の無い方は会員登録が必要となります。

### ご 注 意

- 1) 本資料に記載されている内容は、ロームグループ(以下「ローム」という)製品のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新のデータシートもしくは仕様書を必ずご確認ください。
- 2) ローム製品は、一般的な電子機器(AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器等)もしくはデータシートに明示した用途への使用を意図して設計・製造されています。したがって、極めて高度な信頼性が要求され、その故障や誤動作が人の生命、身体への危険もしくは損害、またはその他の重大な損害の発生に関わるような機器または装置(医療機器、輸送機器、交通機器、航空宇宙機器、原子力制御装置、燃料制御、カーアクセサリーを含む車載機器、各種安全装置等)(以下「特定用途」という)にローム製品のご使用を検討される際は事前にローム営業窓口までご相談くださいようお願いいたします。ロームの文書による事前の承諾を得ることなく、特定用途にローム製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 3) 半導体を含む電子部品は、一定の確率で誤動作や故障が生じる場合があります。万が一、誤動作や故障が生じた場合であっても、人の生命、身体、財産への危険または損害が生じないように、お客様の責任においてフェールセーフ設計など安全対策をお願いいたします。
- 4) 本資料に記載された応用回路例やその定数などの情報は、ローム製品の標準的な動作や使い方を説明するためのもので、実際に使用する機器での動作を明示的にも黙示的にも保証するものではありません。したがって、お客様の機器の設計において、回路やその定数及びこれらに関連する情報を使用する場合には、外部諸条件を考慮し、お客様の判断と責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、ロームは一切その責任を負いません。
- 5) ローム製品及び本資料に記載の技術を輸出または国外へ提供するには、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続きを行ってください。
- 6) 本資料に記載された応用回路例などの技術情報及び諸データは、あくまでも一例を示すものであり、これらに関する第三者の知的財産権及びその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。また、ロームは、本資料に記載された情報について、ロームもしくは第三者が所有または管理している知的財産権その他の権利の実施、使用または利用を、明示的にも黙示的にも、お客様に許諾するものではありません。
- 7) 本資料の全部または一部をロームの文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
- 8) 本資料に記載の内容は、本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。ローム製品のご購入及びご使用に際しては、事前にローム営業窓口で最新の情報をご確認ください。
- 9) ロームは本資料に記載されている情報に誤りがないことを保証するものではありません。万が一、本資料に記載された情報の誤りによりお客様または第三者に損害が生じた場合においても、ロームは一切その責任を負いません。



ローム製品のご検討ありがとうございます。  
より詳しい資料やカタログなどをご用意しておりますので、お問い合わせください。

## ROHM Customer Support System

<https://www.rohm.co.jp/contactus>