

せっしん異業種交流会  
京都大学・摂津信用金庫「産学連携フォーラム」  
いばらき京都ホテル  
平成13年12月6日(木)

「固体照明革命を巻き起こすベンチャービジネスと特許戦略」

—手術用照明装置開発を通じて—

川上 養一, 藤田茂夫(京都大学大学院工学研究科)

島田 順一(京都府与謝の海病院外科・  
京都府立医科大学呼吸器外科兼任)

# InGaN 青色・緑色発光ダイオード(LED)と 青紫色レーザーダイオード(LD)



超高輝度発光ダイオード  
(Green:525nm & Blue:  
470nm LED)



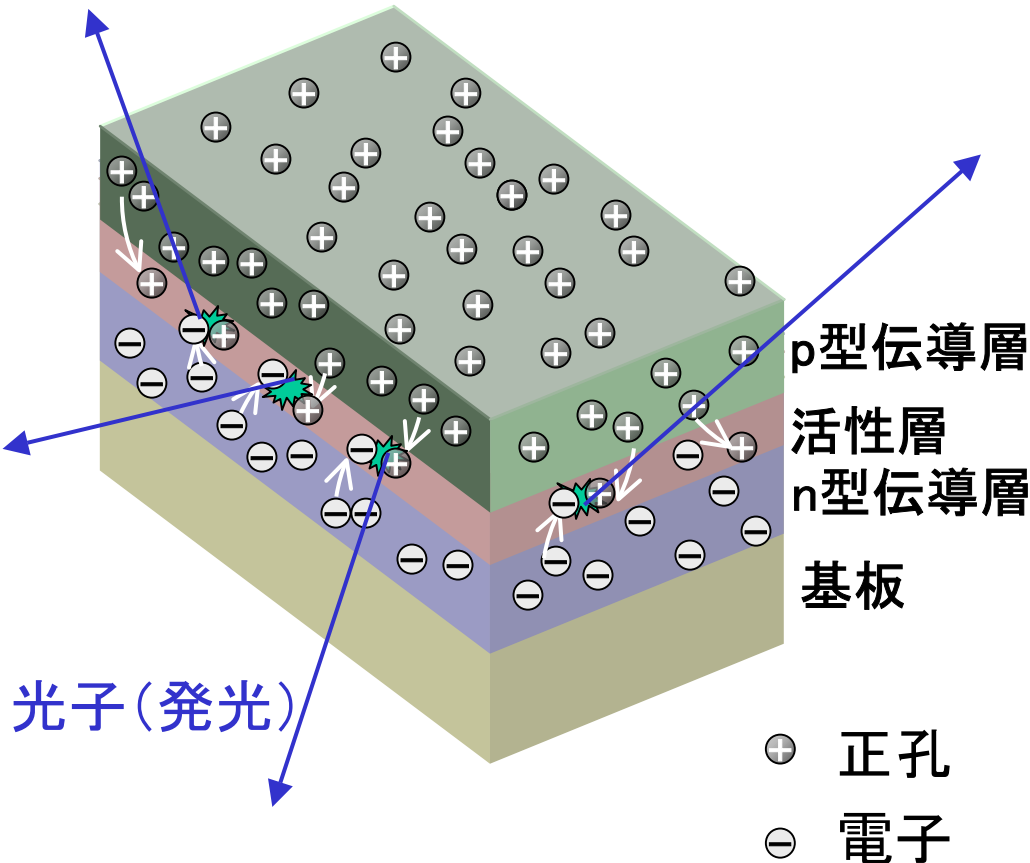
青紫色レーザーダイオード  
(Violet LD) 400nm

日亜化学  
(株)提供

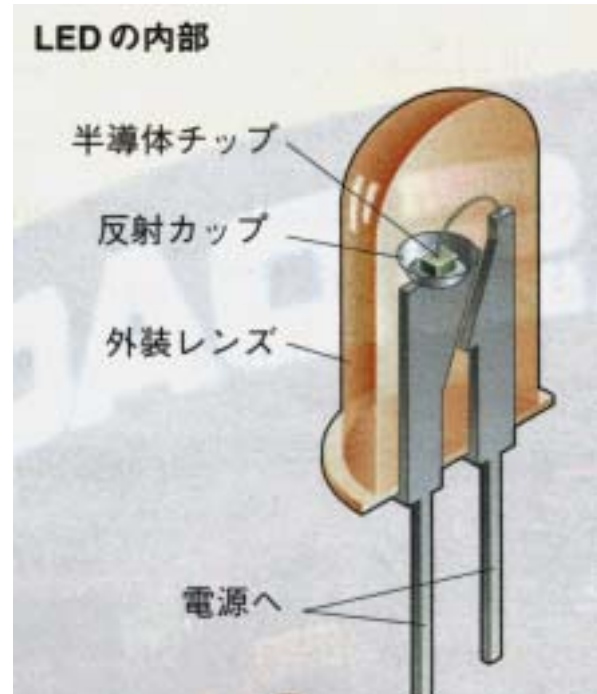
# 発光ダイオード(LED)の構造と発光原理

LEDの心臓部は半導体チップ(通常0.3ミリ角程度)である。  
半導体チップのp型伝導層とn型伝導層の間に電圧をかけると、  
活性層にp層から正孔が、n層から電子が注入される。  
正孔と電子が再結合すると光子(発光)が発生する。

半導体チップの構造



LEDの内部

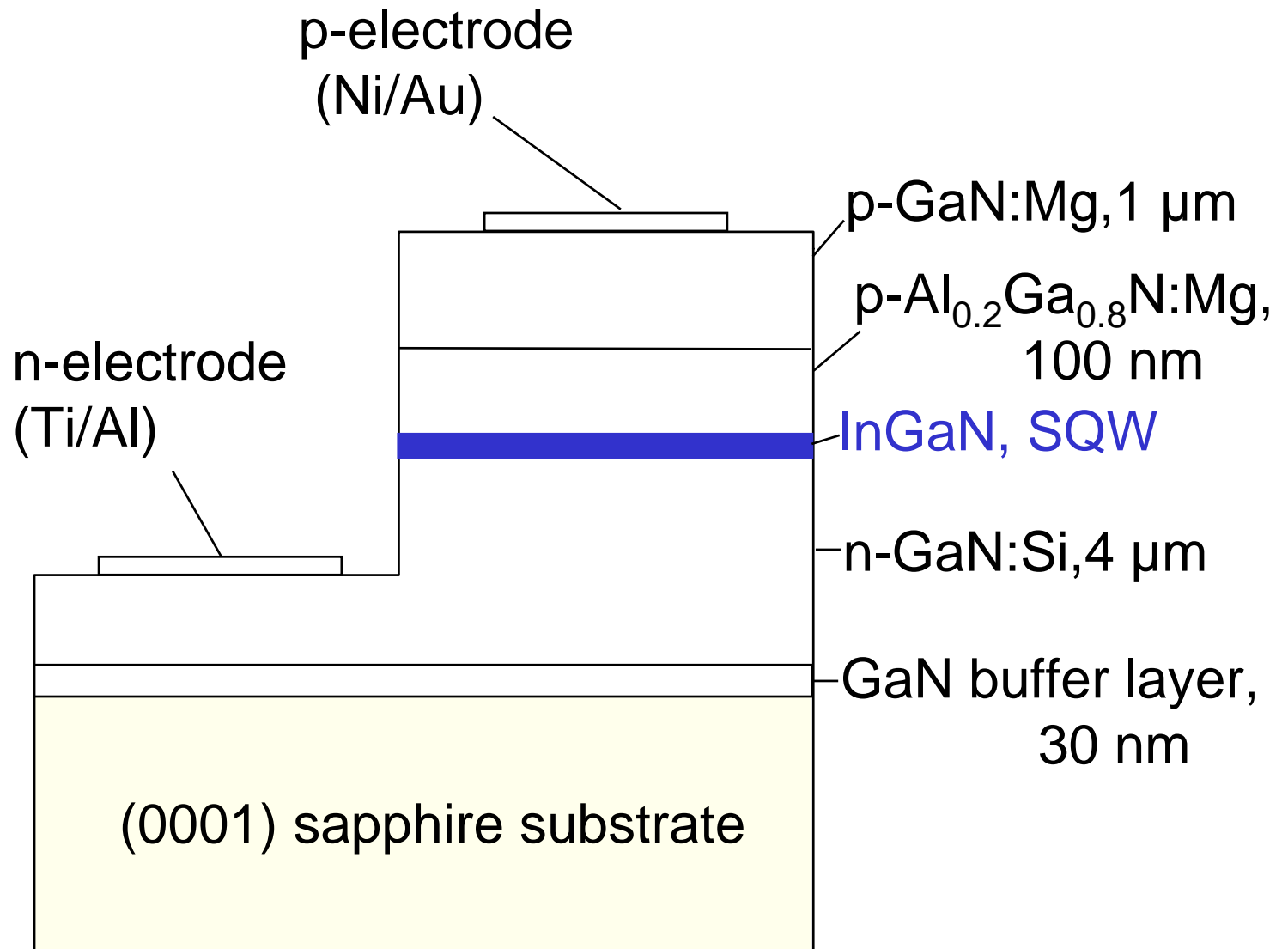


**正孔と電子の再結合**

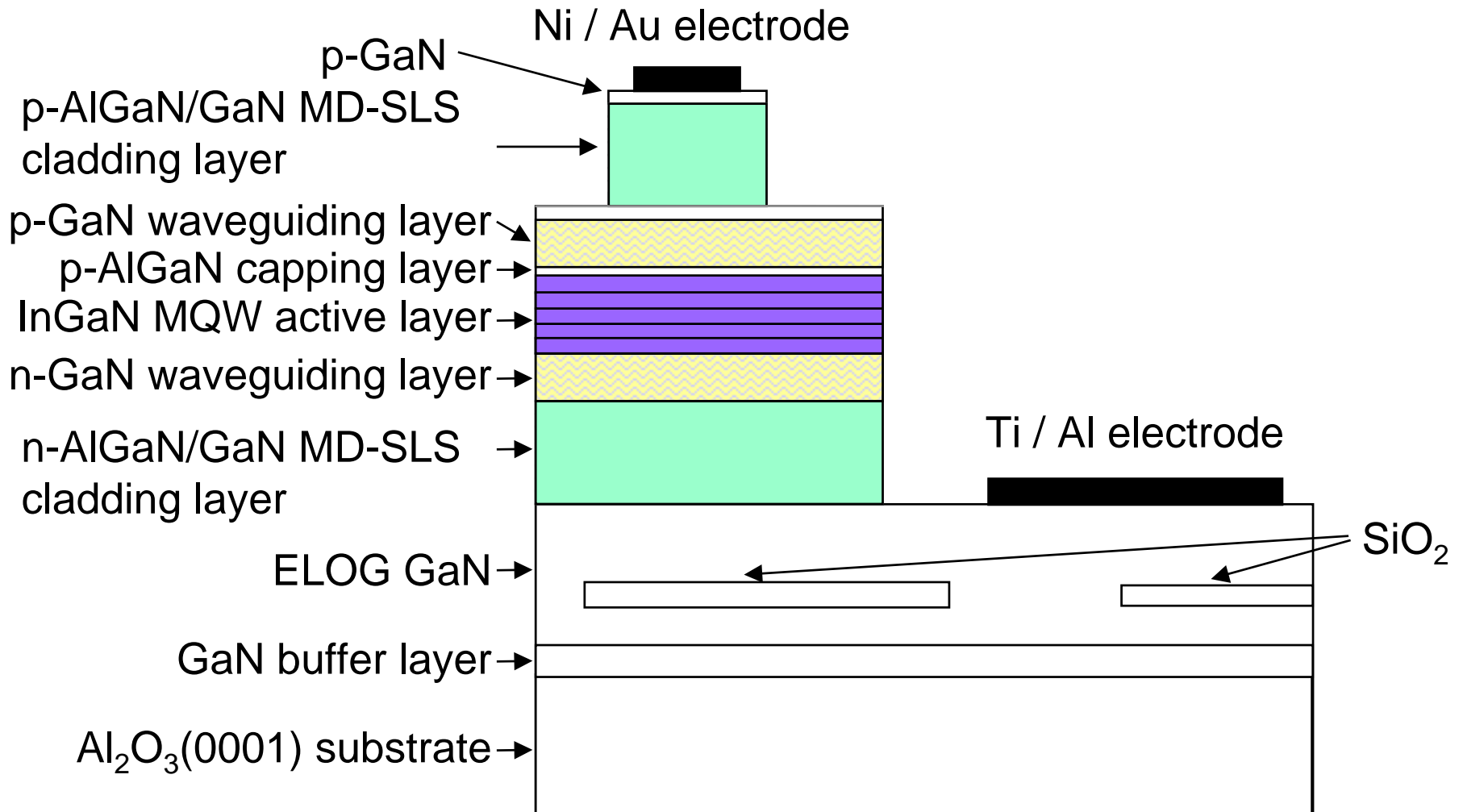
**光子** を発生 : 輻射再結合過程

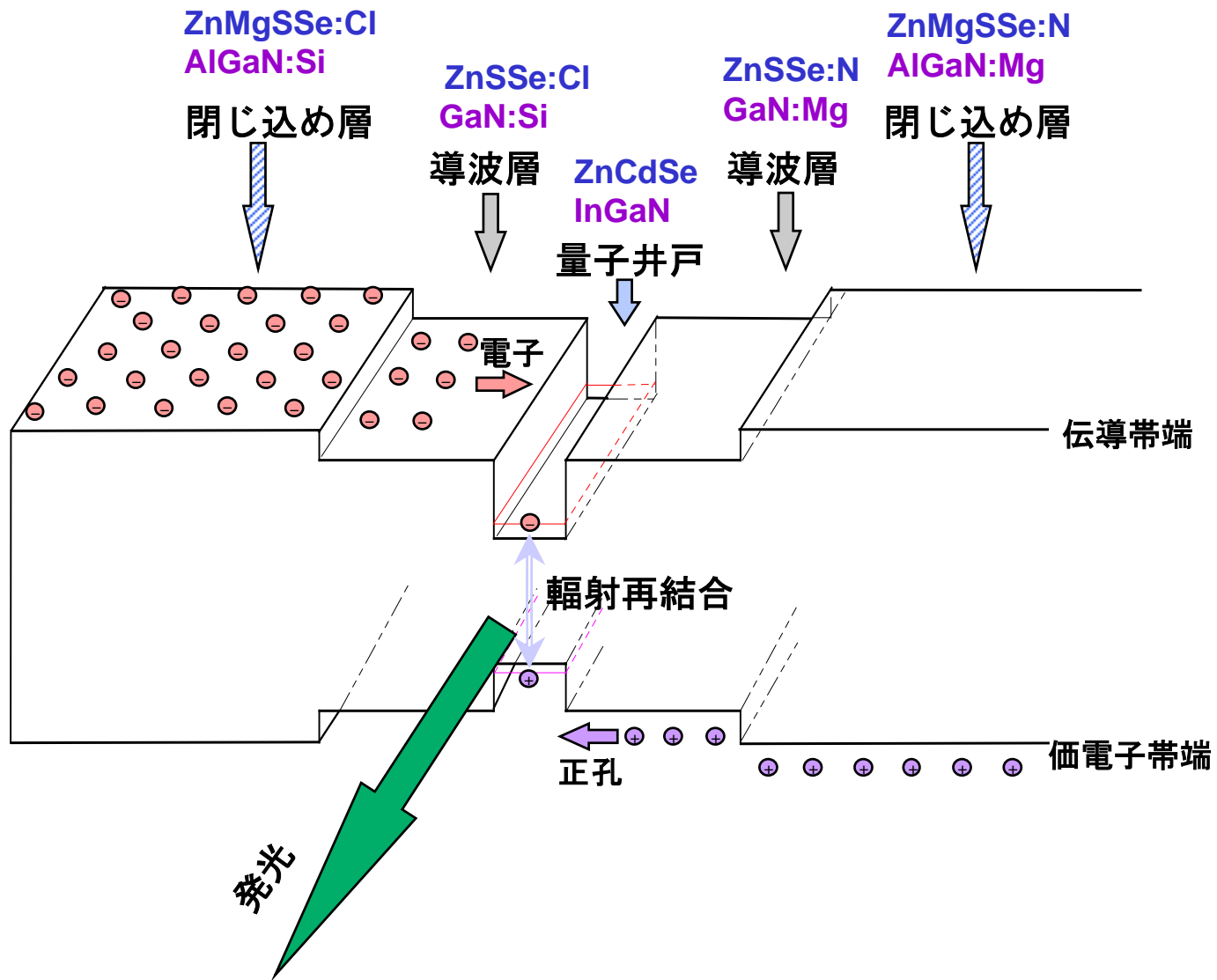
**熱** を発生 : 非輻射再結合過程

# InGaN系LEDの構造

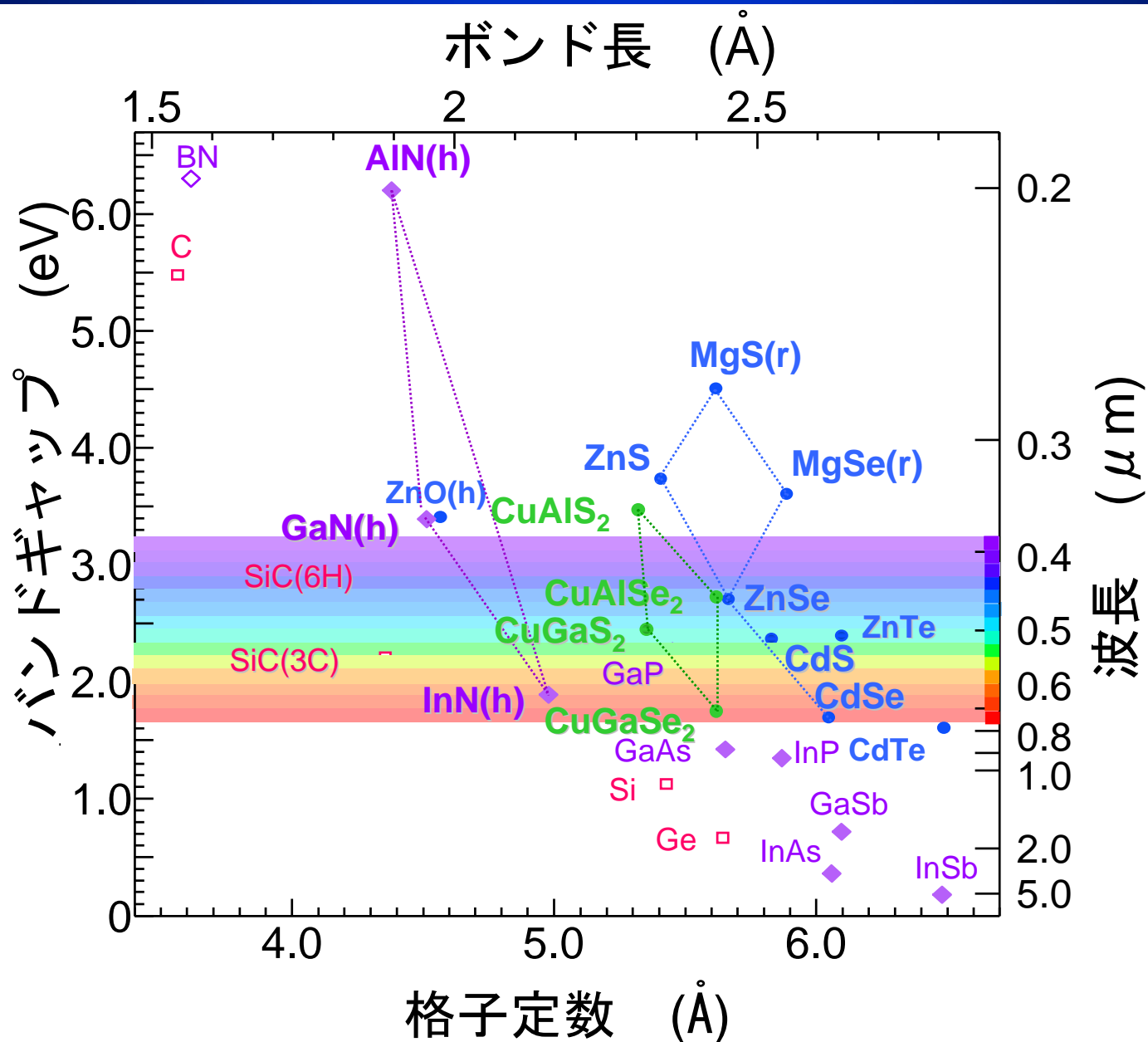


# InGaN系LDの構造





# 種々の半導体のバンドギャップとそれに対応した発光波長



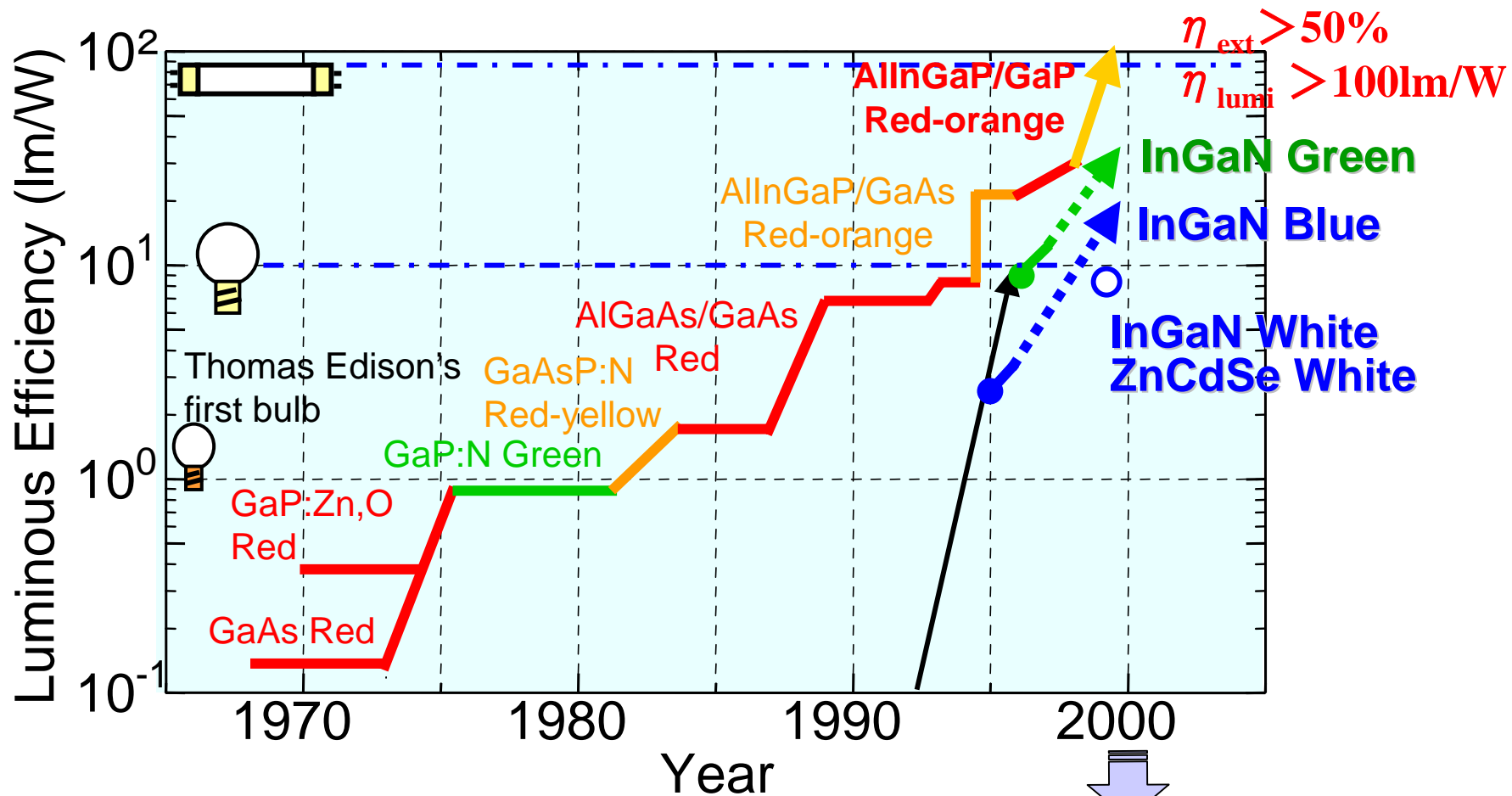
# 21世紀の照明革命に向けて

---

1. LEDの発光効率の向上
2. 演色性の改善
3. 環境にやさしい照明デバイス
4. 実装方法と放熱特性



# 半導体発光ダイオードの発光効率の変遷



UV LED開発活発化

# 高輝度・高効率LEDが拓く種々の応用分野



フルカラーLED  
ディスプレイ

<http://www.building.melco.co.jp/blei/products/pv/index.html>



3原色調光による  
LEDフルカラー  
照明装置

<http://www.joho-yamaguchi.or.jp/sh/rgbx.html>

680nmの赤色光(LED)に5%の  
青色光(LED)を加えた光が稲  
の育成には有効とされている



植物栽培

<http://www.hpk.co.jp/hikari/agritec.html>

# 始まりだしたLED照明ビジネス



LEDtronics

Figure 1. The DecorLED™ contains a cluster of 18 LEDs encapsulated in a polycarbonate bulb with a wide viewing angle of 270°. The lifetime exceeds 100,000 hours and the product is extremely resistant to shock, vibration and temperature extremes.



LEDtronics

Figure 2. The BeaconLED™ contains between 16 to 96 individual LEDs arranged in tiers in a radial fashion, and has a standard Edison screw-type base.

電球タイプの  
LED照明バルブ

Beaconタイプの  
標識・警告灯



LEDtronics

Figure 3. These flashlights FlashLED® contain clusters of either three or six LEDs, and are available in a range of colors.

様々な発光色の  
懐中電灯

目的に応じて発  
光色をセレクトで  
きる



LEDtronics

Figure 4. LEDtronics supplies solid-state illuminators that can be incorporated into safety wear, taking advantage of the LED's small size, high brightness, robust packaging and low power consumption.

ベスト装着タイプ  
のLED発光体

交通整理, 緊急  
時, 建設現場等  
における安全着

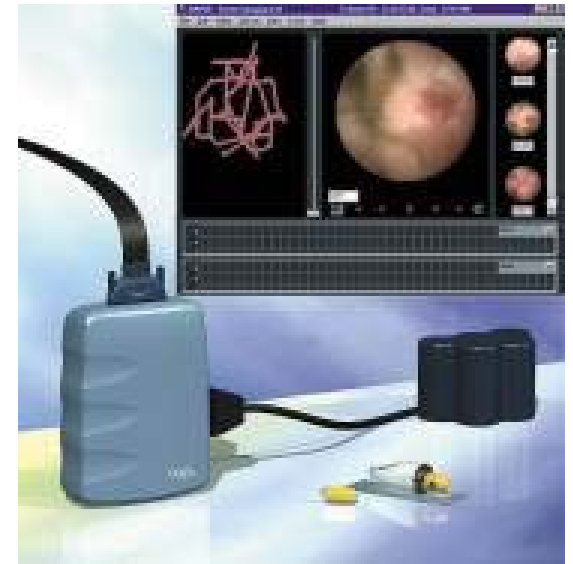
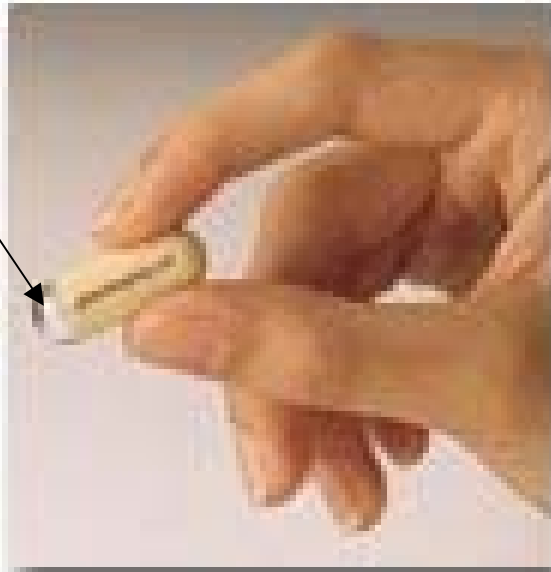
# LED照明は新ベンチャー創出の宝庫

## カプセル型ワイヤレス内視鏡

撮影された画像はUHF送信  
によって外部に送り出される

画像受信装置と得ら  
れた小腸の画像

先端部に  
白色LEDと  
CMOS撮像  
素子を実装



素子は内蔵されたボタン電池で駆動

**GIVEN**  
IMAGING

<http://www.givenimaging.com/>

# 海外における白色LED照明関連のベンチャー、 合併・子会社設立の動き

## 米国

- Hewlett-Packard Co. → Agilent Technologies
- Cree → Cree Lighting
- LumiLeds Lighting  
Philips Lighting と Agilent Technologiesのジョイントベンチャー
- GELcore  
GE Lighting と EMCOREのジョイントベンチャー
- Advanced Illumination (Ai)
- Color Kinetics

## ヨーロッパ

- Philips Electronics → Philips Lighting B. V. (オランダ)
- OSRAM → OSRAM Opto Semiconductors (ドイツ)
- Siemens Semiconductors → Infineon Technologies (ドイツ)

# 実験に用いた指輪の写真

2000年2月8日



(1) 通常の照明条件で撮影した指輪の写真 LEDは駆動していない



(2) 照明を暗くして(暗時)撮影した指輪の写真 LEDは駆動していない



# イルミネーションタイプの指輪の写真



(3) 暗時に白色LEDを駆動した時

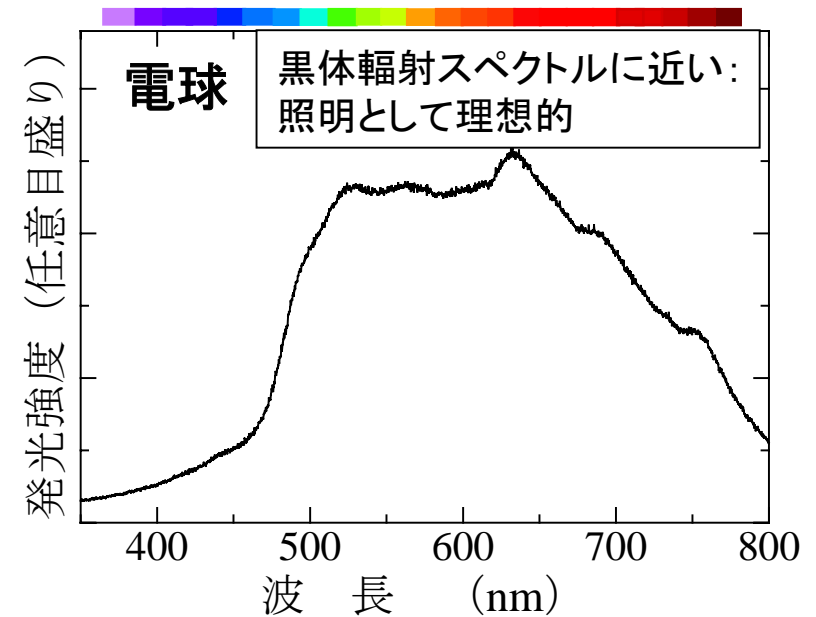
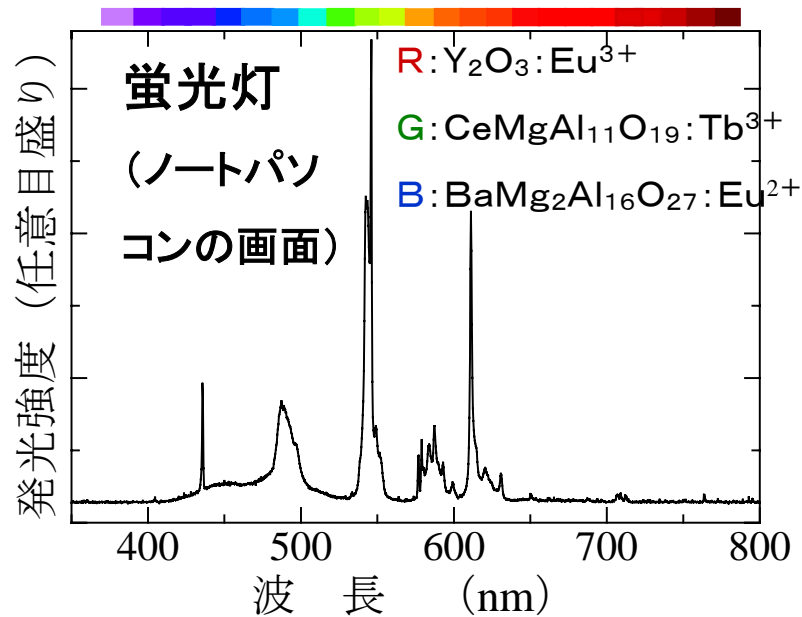
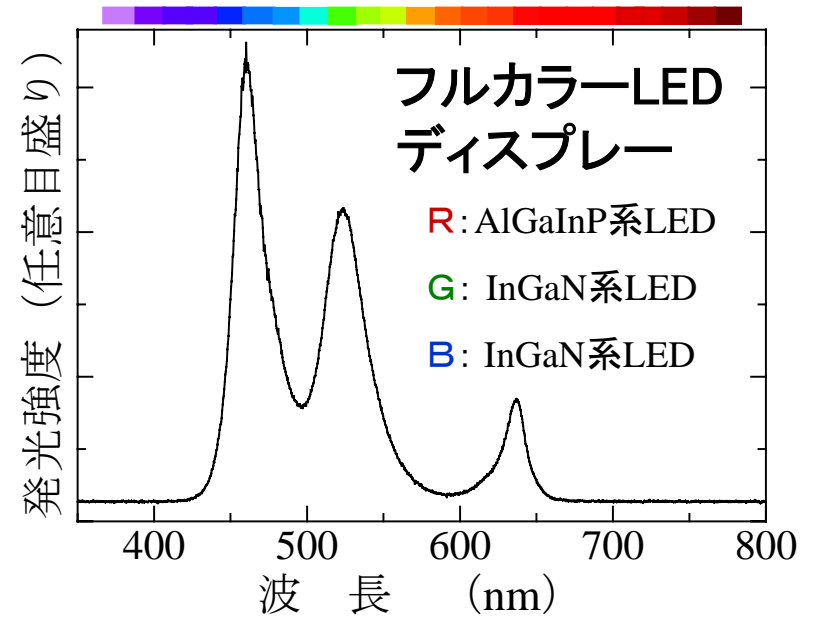
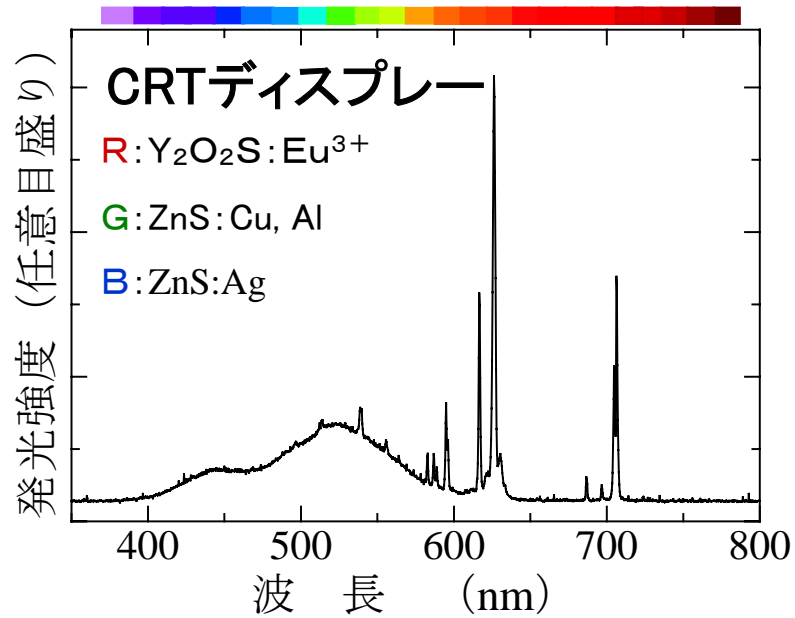


(4) 暗時に緑色LEDを駆動した時



(5) 暗時に青色LEDを駆動した時

# 各種白色発光体のスペクトル





# 白色LEDの実現方式と特徴

材料	方式	長所	短所
GaN	青色LED + * YAG系蛍光体	・低コスト ・電源回路の構成が簡単	・発光効率が低い ・赤色等の演色性が良くない
	** 紫, 近紫外LED + R,G,B 蛍光体	・発光効率が向上できる可能性有り (YAGよりも変換効率が高く, 演色性に配慮した蛍光体材料が使用可能)	・紫, 近紫外LEDの高効率化 ***
	青色LED (InGaN系) + 緑色LED (InGaN系表示色が自由に変更可能) + 赤色LED (AlGaAs系)	・高発光効率(現状で20lm/W)	・それぞれのチップに対して電源回路が必要(→高コスト) → *** ・演色性が必ずしも良くない
ZnSe	青色LED + ***** ZnSe基板	・低コスト ・電源回路の構成が簡単 ・動作電圧がGaN系に比べて低い (2.7V)	・現状発光効率低い(8lm/W) ・現状寿命8000時間 高輝度発光時 寿命激減 ・赤色等の演色性が良くない
ZnS ZnO AlN	<del>紫外LED + ハロリン酸カルシウム系蛍光体</del>	<del>・100lm/Wを超える発光効率の可能性有り (現状の蛍光灯に使用している蛍光体を使用可能)</del>	<del>・現状紫外LEDが実用化に至っていない</del>

\* 日亜化学工業 : 特許公開平11-261114他 (対抗特許一住友電工 : 特許公開2000-49374(GaN基板を光らせる))

\*\* 豊田合成+東芝 : <http://www.toyoda-gosei.co.jp/topics/010208.html>, [www.toshiba.co.jp/about/press/2001\\_02/pr\\_j0801.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2001_02/pr_j0801.htm)

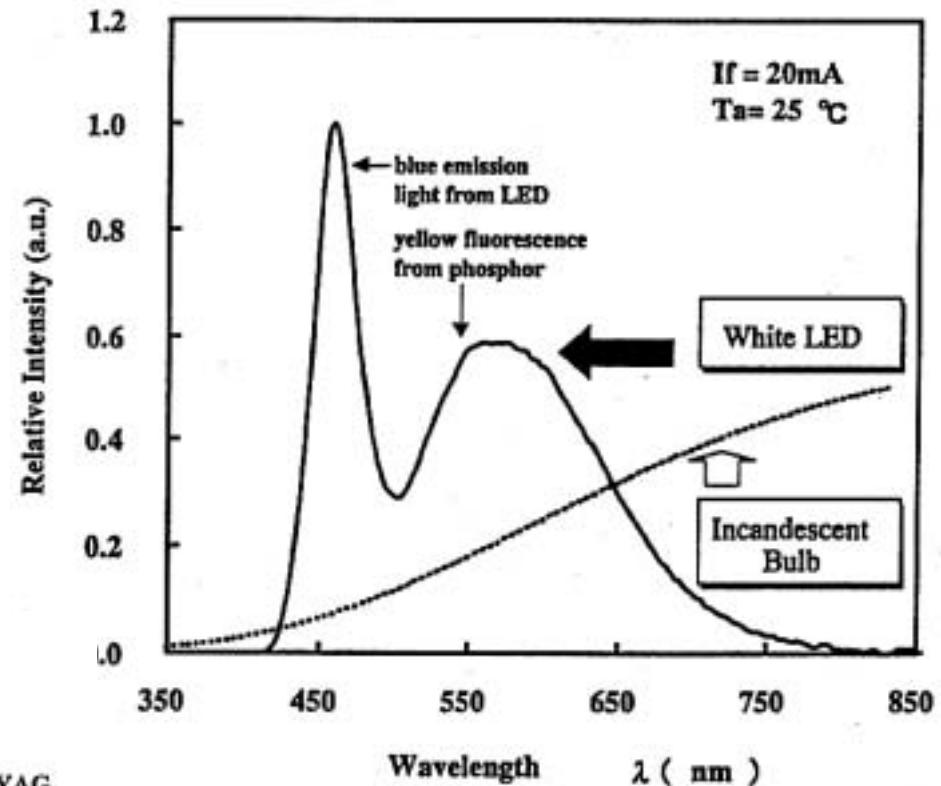
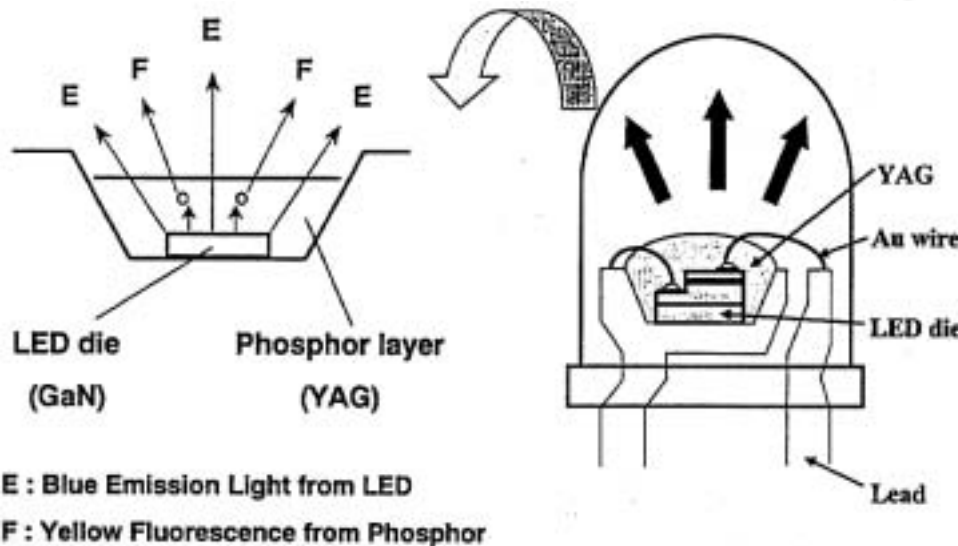
\*\*\* Cree社が, 紫色LED(390nm)の超高効率化に成功した模様(外部量子効率30%)

\*\*\*\* 三原色の発光層を一つのチップに設ける : 例えば, 松下電産 : 特許公開平9-232627, 日亜化学工業特許公開平11-261114  
ただし現状では, 赤色InGaN発光層の開発が困難視されているため“絵に書いた餅”

\*\*\*\*\* 住友電工 : 特許公開2000-82845 (ZnSe基板を光らせる)

# 白色発光ダイオード(日亜化学)

## InGaN系青色LED + YAG系蛍光体

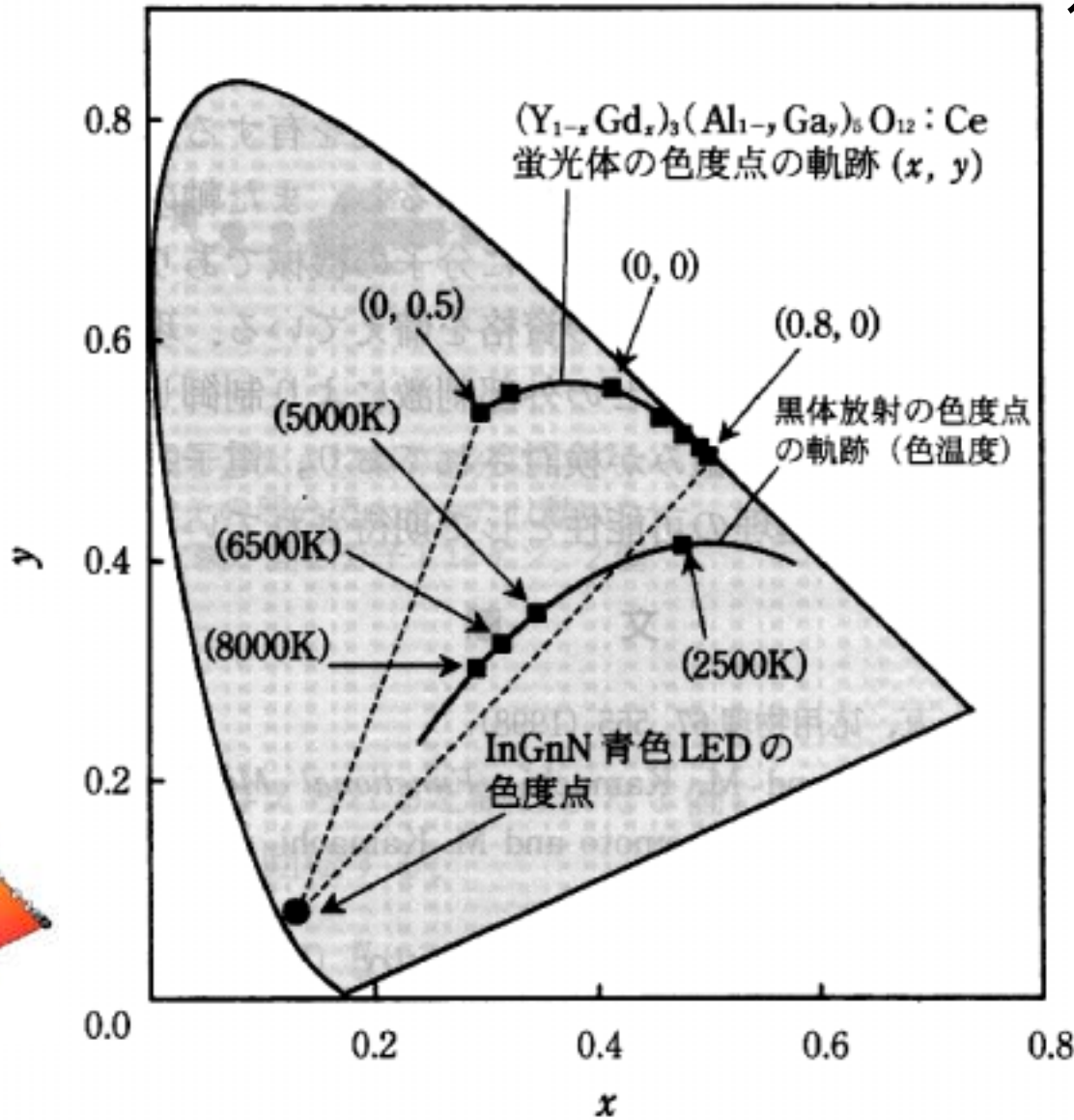


発光効率 : 15~28 lm/W

相関色温度 : 6500K(昼光色)

平均演色評価数(Ra) : 87

# InGaN系青色LED+YAG系蛍光体方式の白色LEDが カバーする色度座標と相関色温度



色温度

6500K 昼光色

5000K 昼白色

4200K 白色

3500K 温白色

3000K 電球色

**相関色温度  
3500K以上の  
白色光を作製  
できる**



# 海外の動き

## 照明用発光ダイオードの現状のスタンスと将来(会議からの推察)

期待されるLEDの 照明用の用途	現状のLEDの適用度		将来の予測期待度	適用度向上のための要解決 点・関連コメント
	アメリカ	日本		
1. 一般照明	×	×	△	効率向上、単位電力の増大
2. 道路照明	×	×	○	効率向上、配光改良
3. タスク照明	△	×	○	効率向上、演色性向上
4. アクセント照明	△	×	○	低照度、ディスプレイに近い
5. 劇場の階段灯	○	×	○	必要照度が低い
6. フラッシュライト	○	×	○	ディスプレイに近い
7. 誘導灯	○	△	○	
8. 交通信号灯	◎	△	◎	現在既に普及しつつある
9. 自動車電装用	○	○	◎	低電圧でLEDの適合性大
10. 自動車前照灯	△	×	△	単位電力の増大、配光改良
11. 液晶バックライト	△	○	◎	ディスプレイに近い

# 手術用無影灯システム

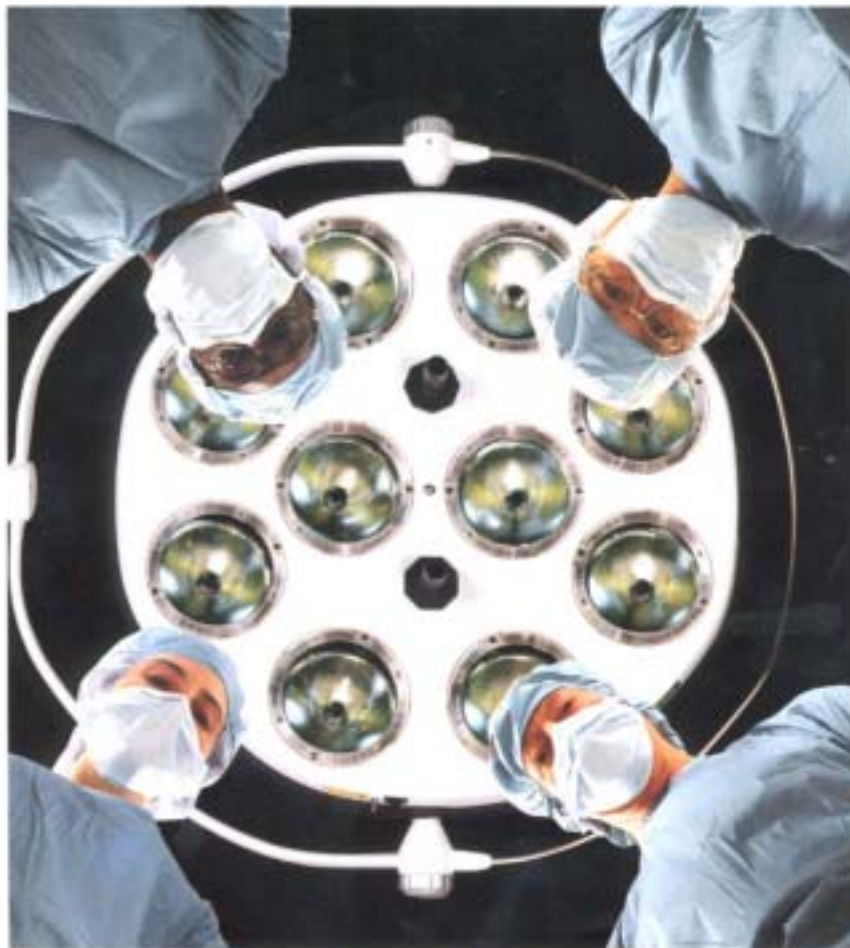


**170 kg**

**600-850W**

New Surgical Light

手術台に横  
たわったとき  
に目にする  
シーン!?



SKYLUX  
UNIVERSE  
SERIES

SKV<sup>®</sup> YAMADA SHADOWLESS LAMP CO., LTD.  
TOKYO, JAPAN Established in 1928



1-無影灯.mpg

無影灯下での外科手術の様子



# LEDは 21世紀の照明デバイスになりうるのか？

- LEDが実用上最高レベルの照度を必要とする手術時の照明に応用できるのだろうか？
- 2万luxから10万luxが必要



# 現状の照明での問題点

---

- 照明機器と術野の間に外科医の頭がある.
- 手術術式の変化で, 真上からではなく, 横方向で患者に対して手術を行なう場面が出てきている.
- 体腔の奥を手術するときには, なかなか注視している部位に光がとどかず, 手術がしづらい場面がある.

# 手術用照明としてのLEDの可能性

---

- 手術時の術野の照明は、世界中どの国でも、最高の明るさを要求される。 → 20,000–100,000 lx
- この最高峰は、現在、キセノンやハロゲンランプにささえられている。

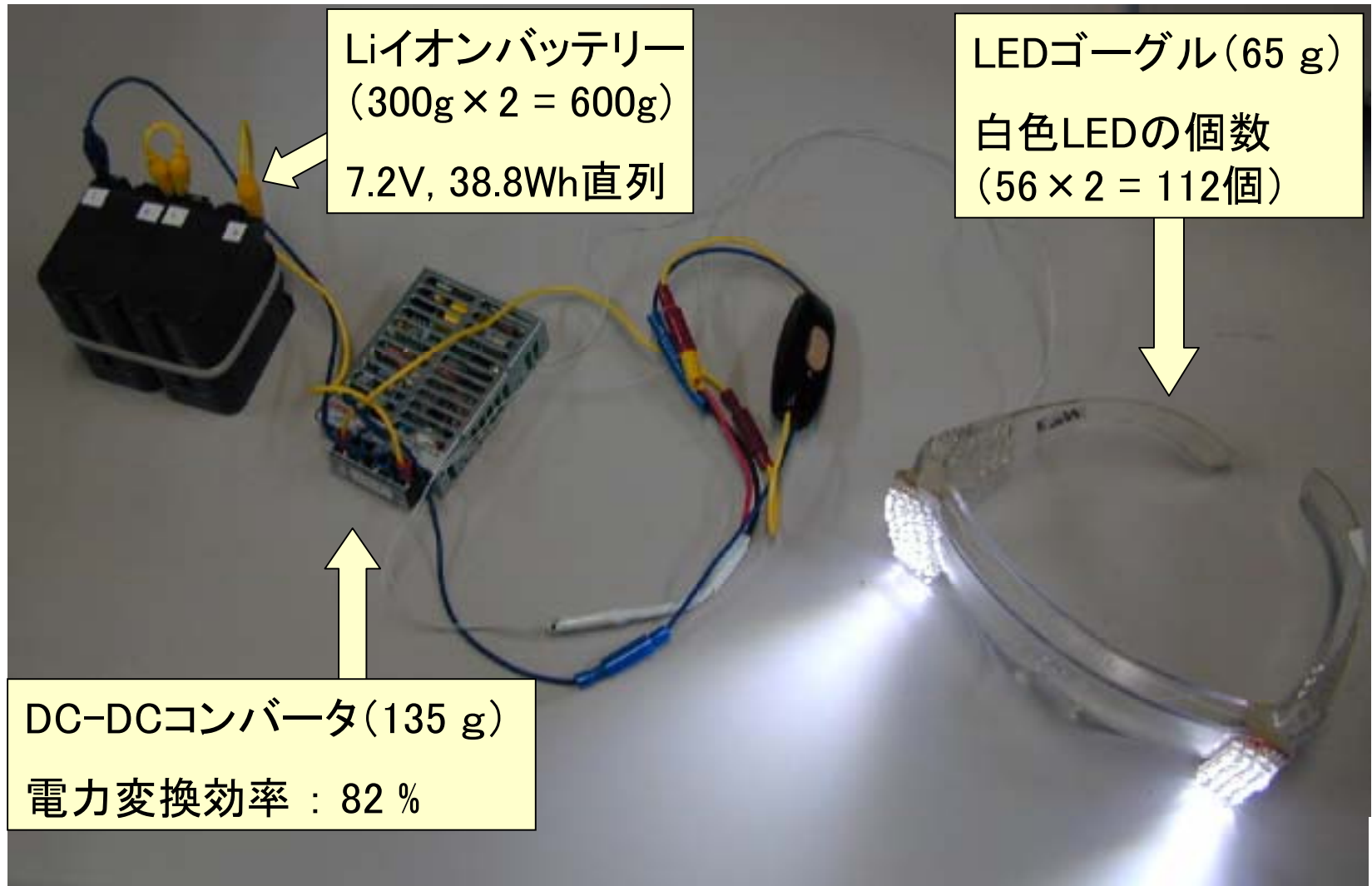
LEDが真の照明デバイスとしての時代を迎えるためには、この最高峰で勝負できなくてはならない。

# 視線方向照明システム

- 視線方向を検知する手段を備え、視線方向をLEDランプを用いて、照明するシステム



# 白色LEDゴーグル照明装置



# 医療用照明に求められる白色LEDの特性

## - 照 度 -

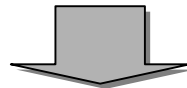
- ・手術時の照度基準 : 20,000 lx(日本) [lxの単位は, lm/m<sup>2</sup>]
- ・手術野の面積 : 15cm角程度あれば良い
  - 面積  $S = (0.15 \text{ m})^2 = 0.0225 \text{ m}^2$
- ・必要とされる全光束 :  $20,000 \times 0.0225 = 450 \text{ lm}$
- ・一個の白色LEDから放射される全光束 :  
InGaN-YAG系白色LEDの発光効率 を15 lm/Wとする。  
定格駆動時(3.5V, 20mA)の消費電力は70mW→1個あたり約1 lm
- ・必要とされる白色LEDの個数 → 450 個 (定格駆動時)
  - 113 個 (定格の4倍で駆動時)
- ・その時の消費電力  $P = 450 / 15 = 30 \text{ W}$

# 医療用照明に求められる白色LEDの特性

## - 消費電力と供給電源 -

- ・介護医療・災害時医療応用を考えるとバッテリー駆動が望ましい。
- ・手術時間：2時間以上
- ・消費電力：30 W × 2 h = 60 Wh 以上
- ・バッテリーの技術背景：
  - 近年，携帯電子機器の普及に伴い急速に性能が向上。
  - Liイオンバッテリーパック(7.2 V, 38.8 Wh)2個使用

問題点：LEDの光出力は，駆動電流によって変化する。この電流は，電圧によって大幅(指数関数的)に変化する。→ Liイオンバッテリーの電圧は放電とともに低下するのでLEDの光出力が低下し，バッテリー容量が残っていてもLEDの立ち上がり電圧以下になると消えてしまう。



DC-DCコンバーター回路を用いて一時側(バッテリー)の電圧が変動しても，常に二次側(LEDパネル)に一定電圧が印可できるよう制御

# 世界初のLED照明を用いた外科手術

手術の内容： 慢性腎不全患者に対して、内シャント造設術を行った。

記録の達成場所：京都府与謝郡岩滝町男山481 京都府立与謝の海病院手術室

記録達成日時：2000年9月11日

手術時間：2時間20秒



## 白色 LED 照明下手術メンバー

### 1. 手術スタッフ

執刀医：島田順一（しまだ じゅんいち）1  
第一助手：天池 寿（あまいけ ひさし）1  
直接介助看護婦：坂本由佳（さかもと ゆか）1

### 2. 技術スタッフ

LED 照明装置作製，技術責任：川上養一（かわかみ よういち）2  
技術サポート，ビデオ撮影：岡本晃一（おかもと こういち）3

### 3. 装置発明者

視線入力 LED 照明装置：島田順一，川上養一，藤田茂夫 4

### 所属

- 1 京都府立与謝の海病院外科（京都府立医科大学呼吸器外科助手併任）
- 2 京都大学工学研究科電子物性工学専攻助教授（京都大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー助教授併任）
- 3 京都大学工学研究科電子物性工学専攻 日本学術振興会博士研究員
- 4 京都大学工学研究科電子物性工学専攻教授



# The first operation with LED lighting



**Operation time ;  
2 hours**

**September 11th,  
2000**







LED手術-1



LED手術-2



LED手術-3

## 記録の内容

世界で、はじめて、発光ダイオード（LED）の照明の元で、外科手術を行った。実用照明で最高の照度を要求する医療現場で、発光ダイオード照明が使用された世界最初の手術例であり、**LED** が **21** 世紀の照明デバイスとなるための、「照明革命」の記念すべき第一歩である。

## 記録の意義

従来の大型の無影灯を用いた設備では、消費電力が高く装置からの放熱のため特別な電力・空調システムが必要である。しかも術者の頭が影になり、術野に十分な照度が供給されないという問題が生じていた。**LED** への電力供給は、すべてリチウムイオン電池により供給し、商用電源を用いない。これにより介護、遠隔地医療で用いられることが実証された。しかも、術野に影が生じるという問題も解消された。

## 技術背景

**LED** 照明装置の内訳：白色 **LED** 照明装置つきゴーグル 3 個

白色 **LED** 補助ランプ 1 個

使用されている白色 **LED** の個数：ゴーグル 1 個につき 1 1 2 個 × 3

：補助ランプ 2 4 0 個 で合計 5 7 6 個

全消費電力、6 5 ワット：天井からの無影灯照明の約 1 0 分の 1

電力供給：すべてリチウムイオン電池により供給。**DC-DC** コンバータにより制御。

色温度：**6500K** で現在のところ、やや青みがかった白色である。

今回の手術に必要な **20000Lux** の照度を得るために必要な高品質の白色 **LED** は、**InGaN** 系の半導体でできており、日亜化学工業(株)の協力により供給された。



# COMPOUND SEMICONDUCTOR

from Compound Semiconductors Inc.

March 2001

Volume 7 Number 2

## CHARACTERIZATION of III-V Materials and Devices

At the 16th IEEE/SEMI  
Nanomaterials  
Growth & Symposium Report  
Nitrile Layers on Copper

## LED NEWS

### White LEDs Debut in Operating Theatre

Scientists and engineers at Epistar are collaborating on a high-resolution prototype white LED lighting system designed to provide clinical illumination during surgical operations. The LEDs use various colored single light-weight pigments and each headpiece is light weight following their use in a successful 2-hour breast operation.

Following surgery, white normal light-based testing lighting. Epistar can have the surgeon's head testing station and even heating the light source. For the high-resolution LEDs allow lighting water at operation conditions. The system uses 50 white Nichia LEDs on each side of the lens to provide up to 400 lux of illumination, without overheating either the object or patient. Power is supplied by a relatively light 3.2 V coin cell battery.

Stephen Lurie, Epistar's lead researcher, says that more replacement systems are currently being planned. The size of arrays in the color rendering of the white centers, which are based on standard 3-volt white blue LEDs coated with yellow YAG phosphors. These 2-volt devices do not exactly represent the red colors from skin, blood, tissue and internal organs.

### Strong Results for Cree; LED Prices Decline

Boosted by a 100% increase in sales of LED products, Cree's revenue grew 67% from \$26.8 million in the September quarter of 2000 to \$44.2 million in the December quarter. Average prices for LEDs declined 18% in the quarter, reflecting a very large increase in unit volumes. The company's net income rose 147% to \$13.8 million compared to \$5.2 million in the past year period.

"We are particularly pleased with our continued revenue and margin growth and the fact that we have seen repeated customer confirmation of our profitability," says Neal Hunter, Chairman and CEO of Cree.

About 40% of Cree's LED sales growth is within the semiconductor market, with displays and other LED products accounting for around 20% each. Penetration in these markets is very low, and will only be increased by tackling the key issues of cost and brightness. "The two primary drivers for our LED product line are higher brightness and lower pricing," says Hunter. "The major impetus is of our ultra-bright high-brightness blue chips (the gap between SAC and Epistar), and Cree lighting recently demonstrated a blue LED on SAC that is brighter than any device grown or shipped."

Cree's new ultra-bright LEDs range from a 1.1 mW deep blue chip (440 nm) through to a 1.8 mW green chip (525 nm), and are two times brighter than the company's high-brightness devices (see CR 9/01, p.11). Although only introduced in October of last year, the new ultra-bright green LEDs generated 8% of Cree's LED revenues during the December quarter. Because they offer a much lower cost per lumen, Cree expects the ultra-bright LEDs to replace demand for some of its company's other products. They may also allow Cree to gain greater penetration into the outdoor display and traffic signal market. The company predicts that the ultra-bright LEDs may account for up to 25% of LED sales in the March 2001 quarter.

Cree's goal is to reduce costs by at least 30% over the next six months through yield enhancement and automation. However, the company does not plan to switch from 2-inch to 3-inch wafers, partly due to the problems of spacial growth on large diameter wafers. "Also, we don't believe moving to 3-inch offers us the best opportunity for short-term cost reduction," says Hunter. "If we can get 20-30% higher yields from a 2-inch wafer, we can lower our cost much more aggressively than by converting to 3-inch."

Since July 2000, the average sales prices (ASP) of Cree's LEDs have already declined 17% due to improved contracted volume discounts. The company expects ASPs to decline approximately 20% or more during the fiscal year ending June 2001. Lower brightness products will experience more aggressive pricing declines. Although Cree has recently seen growth in demand for its technology, which now sits in the region of 11 cents.

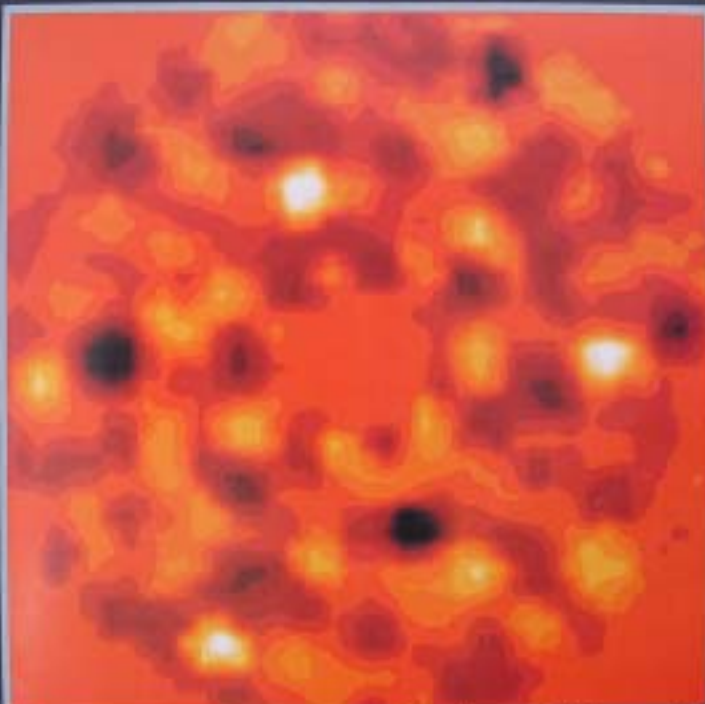
Cree is also getting up to increase its production capacity. "We facilities are expanding," says Hunter. "The new expansion fab is partially operational and is coming on line in accordance with our needs, which are new packaging and test facility is now operational."

Sales of SAC wafers in the December quarter were up 40% compared to the previous three months. However, sales of SAC crystals for that generation are expected to represent around 1% of Cree's total revenue.





100th anniversary of the International Optical Society



## Space: is there anybody out there?

Roof-top lasers solve bandwidth problems

Flexible displays: the race to market

Blue diodes infiltrate the consumer market

### Delft University spins off company to develop InP optical components

By Jakob van der Linde

Although there are already a number of InP optical components on the market, the Delft University of Technology researchers are pushing for more innovation in the field. They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.



InP components can be 10 times as small as GaAs devices.

They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.

They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.

Although there are already a number of InP optical components on the market, the Delft University of Technology researchers are pushing for more innovation in the field.

They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.

They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.

They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.

They are pushing for more innovation in the field of InP optical components, which are used in a wide range of applications, from telecommunications to medical devices.

### Israeli company in talks to purchase Coherent Medical

By Jakob van der Linde

Coherent Medical is a leading provider of medical laser equipment. The company is currently in talks to purchase Coherent Medical, a leading provider of medical laser equipment.

Coherent Medical is a leading provider of medical laser equipment. The company is currently in talks to purchase Coherent Medical, a leading provider of medical laser equipment.

Coherent Medical is a leading provider of medical laser equipment. The company is currently in talks to purchase Coherent Medical, a leading provider of medical laser equipment.

Coherent Medical is a leading provider of medical laser equipment. The company is currently in talks to purchase Coherent Medical, a leading provider of medical laser equipment.

Coherent Medical is a leading provider of medical laser equipment. The company is currently in talks to purchase Coherent Medical, a leading provider of medical laser equipment.

Coherent Medical is a leading provider of medical laser equipment. The company is currently in talks to purchase Coherent Medical, a leading provider of medical laser equipment.



### Laser treatment 'can cure impotence'

By Jakob van der Linde

Laser treatment can cure impotence. The procedure involves using a laser beam to stimulate the nerves in the penis, which can improve blood flow and erections.

Laser treatment can cure impotence. The procedure involves using a laser beam to stimulate the nerves in the penis, which can improve blood flow and erections.

Laser treatment can cure impotence. The procedure involves using a laser beam to stimulate the nerves in the penis, which can improve blood flow and erections.

Laser treatment can cure impotence. The procedure involves using a laser beam to stimulate the nerves in the penis, which can improve blood flow and erections.

Laser treatment can cure impotence. The procedure involves using a laser beam to stimulate the nerves in the penis, which can improve blood flow and erections.

### OLE collaborates with European Optical Society

By Jakob van der Linde

OLE (Optical Laser Electronics) is collaborating with the European Optical Society. The collaboration aims to advance research in optical laser electronics and related technologies.

OLE (Optical Laser Electronics) is collaborating with the European Optical Society. The collaboration aims to advance research in optical laser electronics and related technologies.

OLE (Optical Laser Electronics) is collaborating with the European Optical Society. The collaboration aims to advance research in optical laser electronics and related technologies.

OLE (Optical Laser Electronics) is collaborating with the European Optical Society. The collaboration aims to advance research in optical laser electronics and related technologies.



大日本スクリーンにて  
試作されたゴーグル：  
日本臨床外科学会



大日本スクリーンにて試作されたゴーグル：  
日本臨床外科学会



# 白色LEDゴーグル照明装置の用途

---

手術の時の照明、

介護・緊急医療現場での治療時の照明など

歯科治療時

警備

スキー

スキューバダイビング

寝ころんで本を読むとき??

# 歯科医療への応用例



# 21世紀の照明革命に向けて

---

1. LEDの発光効率の向上
2. 演色性の改善
3. 環境にやさしい照明デバイス
4. 実装方法と放熱特性

# 外科手術に求められる照明光源の演色性

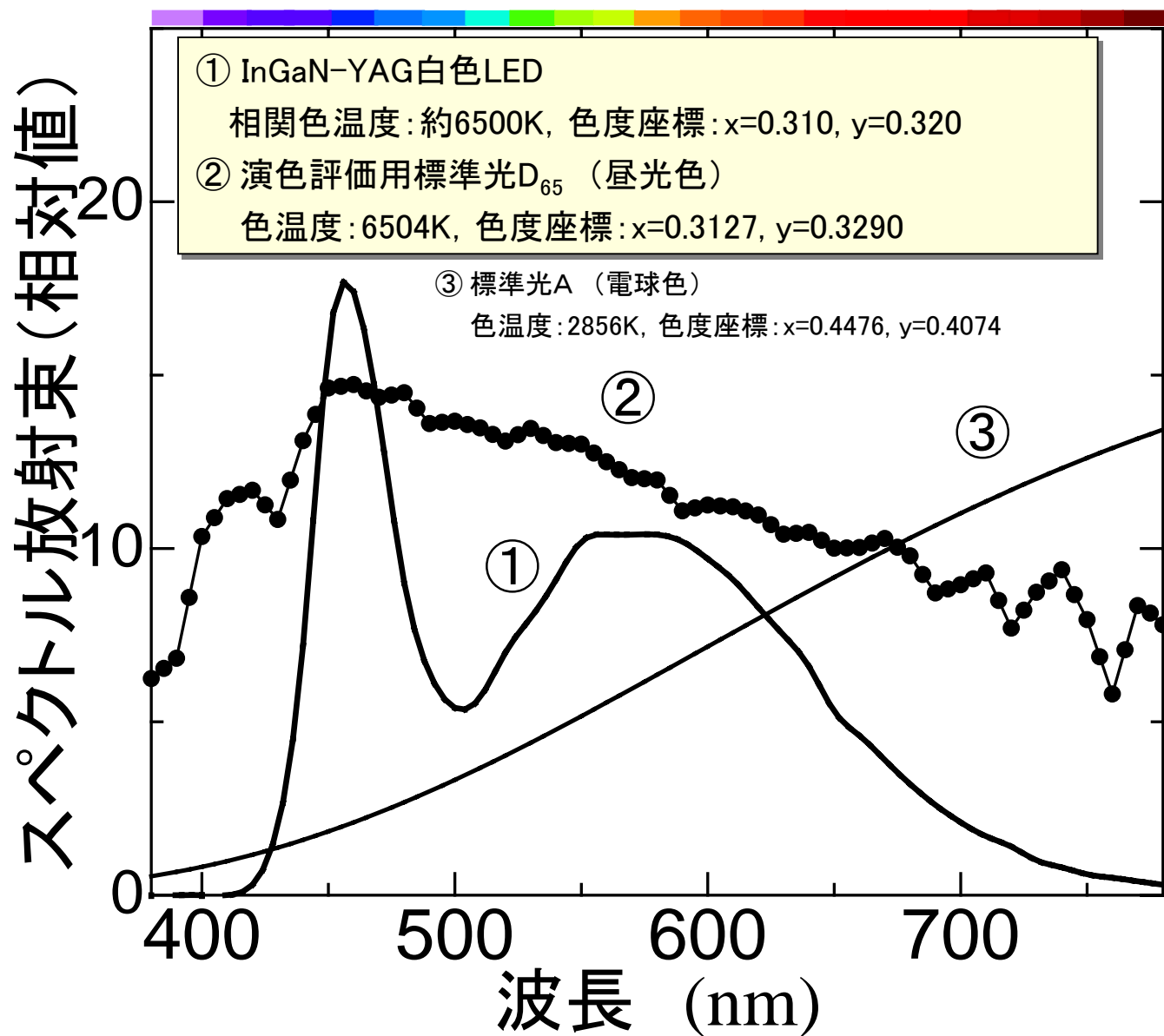
白色LEDを用いた初めての外科手術

[慢性腎不全患者に対する内シャント造設術 (動脈と静脈の吻合) ]



現状では動脈が黒ずんで見えて静脈との見分けがつけにくい。

# InGaN-YAG白色LED(相関色温度:6500K)と演色 評価用標準光D<sub>65</sub>の発光スペクトル分布



# 各種ランプおよびInGaN-YAG白色LEDの演色評価数と発光効率

ランプ種類	色 度		基 準 源	平 均 演 色 評 価 数 $R_a$	特殊演色評価数							効 率 [lm/W]
	x	y			赤 $R_9$	黄 $R_{10}$	緑 $R_{11}$	青紫 $R_{12}$	肌色 $R_{13}$	木の 葉 $R_{14}$	日本 人肌 $R_{15}$	
昼光色 D	0.309	0.339	D6500	77	-52	63	68	76	73	96	58	73
白 色 W	0.360	0.366	P4500	69	-75	53	51	61	65	95	50	85
天然白色 W-DL	0.361	0.363	P4500	87	54	73	83	78	86	94	86	66
色評価用純正色 W-EDL-50K	0.347	0.361	P5000	98	90	95	98	95	98	98	97	55
InGaN-YAG 系 白色 LED	0.310	0.320	D6500	87	51	87	73	62	92	98	93	20

InGaN-YAG系白色LEDは、スペクトル分布に対応して赤色および青紫色の特殊演色評価数が良くない



# 希土類錯体：物理と化学の融合

## 希土類錯体とは？

希土類イオンが有機物(配位子)  
によって包まれた分子

## 希土類錯体の特徴



☆有機溶媒および **ポリマー** へ

均一分散可能

☆有機合成により大量生産可能

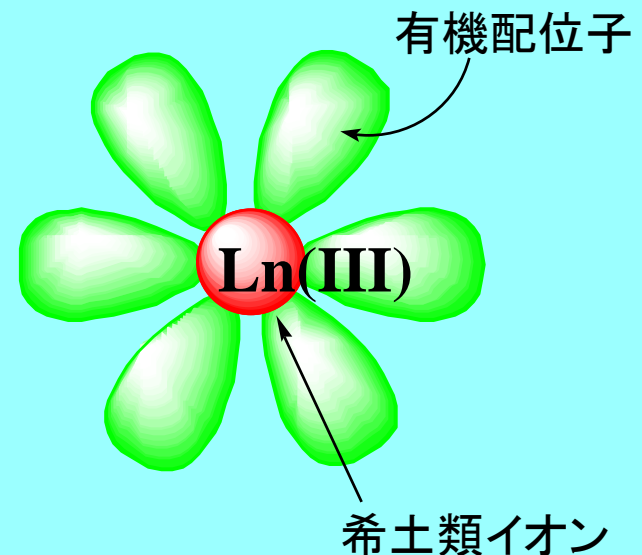
☆有機配位子の構造を変化させる

ことにより、発光色を微細制御可能

希土類錯体：

大阪大学 柳田研究室（長谷川，和田，柳田）にて開発

われわれ（島田，川上，藤田）とLEDとの組み合わせに関する共同研究

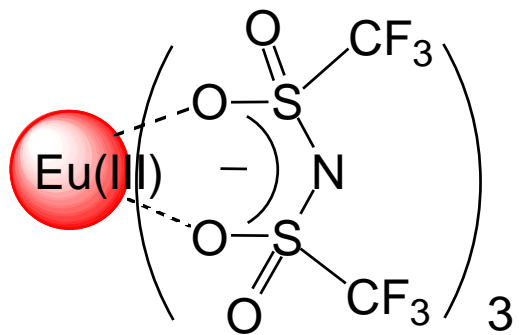


# 希土類錯体を含むプラスチックの特徴

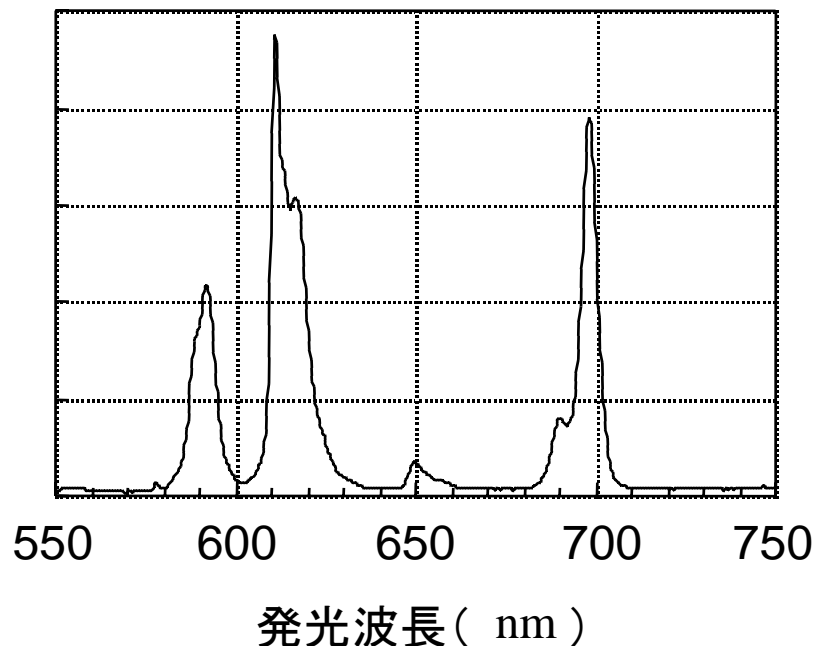
## 工業的メリット

- ☆ 優れた**熱耐久性**(分解温度: 360°C)
- ☆ 光励起が希土類の f 軌道のみであるため、**光耐久性**に優れる
- ☆ **高い光変換効率**(40~80%)
- ☆ **プラスチック** 中へドープ可能

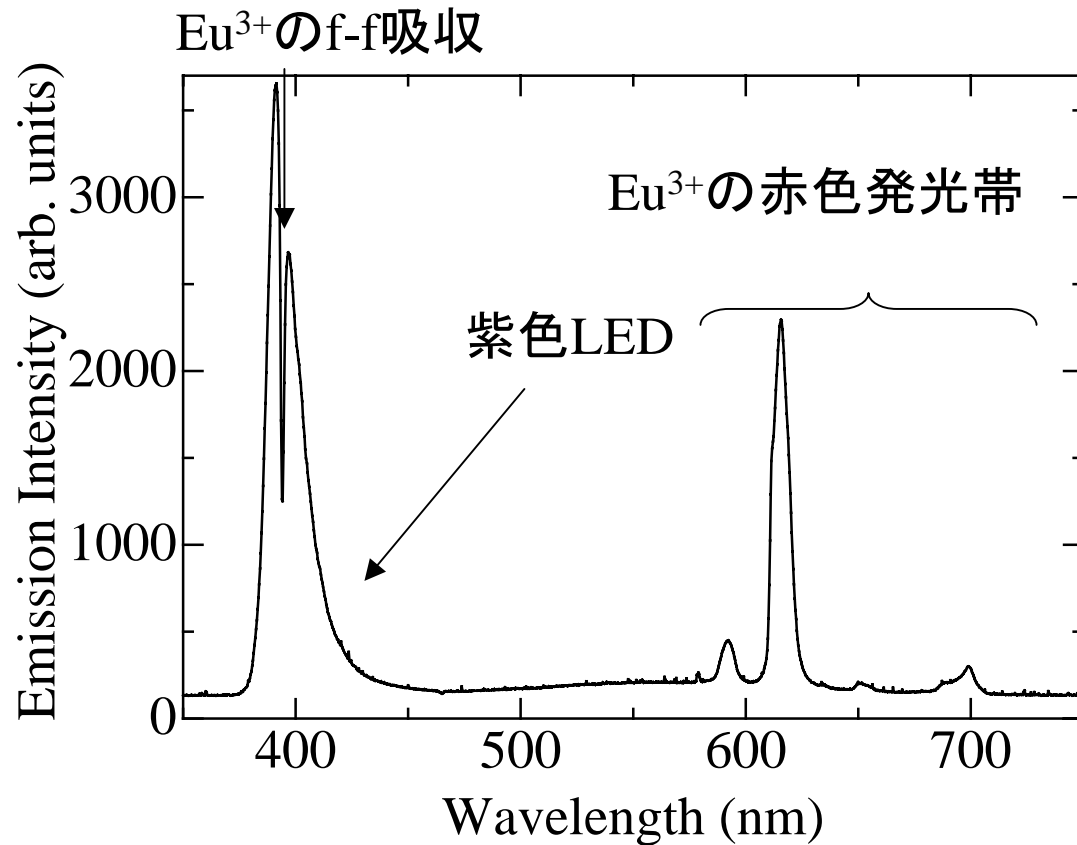
Eu(pms)<sub>3</sub> 錯体の構造



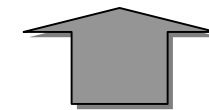
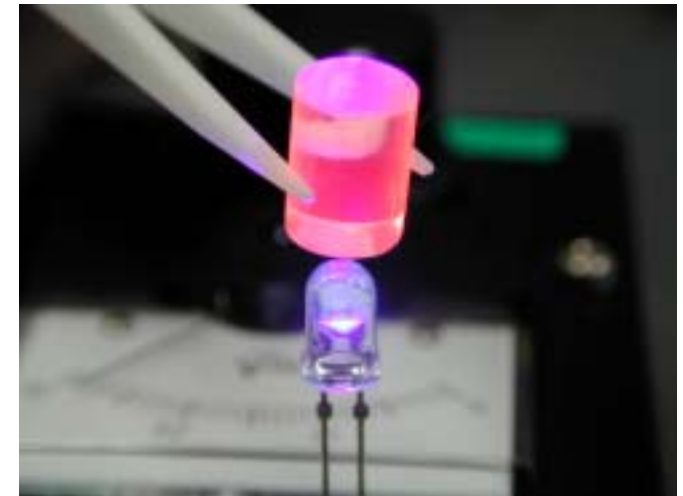
Eu(pms)<sub>3</sub>錯体の発光スペクトル



# Eu<sup>3+</sup>錯体とInGaN系LEDを用いた波長変換技術



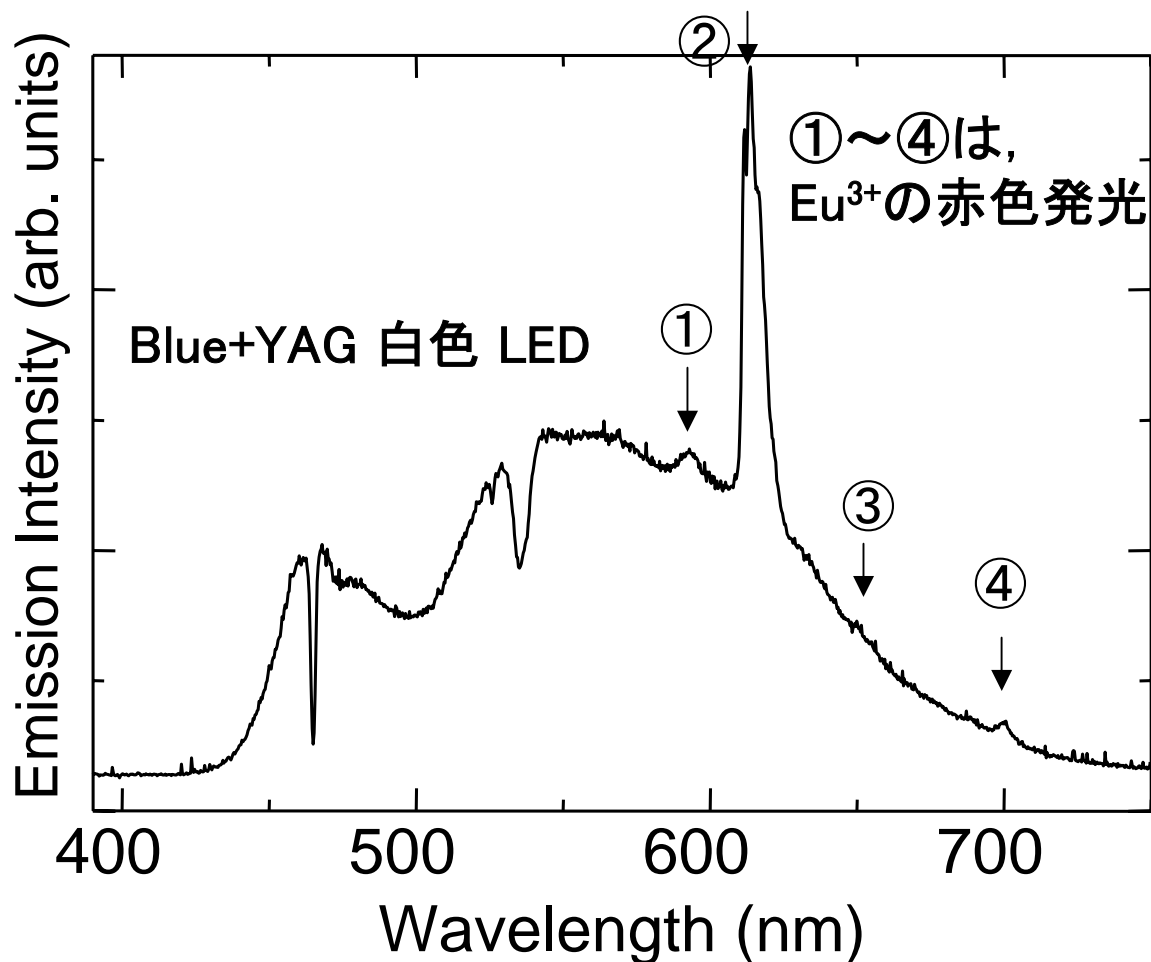
ピーク波長395nmで発光する紫色LEDの上にEu錯体をかぶせて測定。Eu<sup>3+</sup>のf-f吸収スペクトル(394nm)の位置でスペクトルに穴が空き、Eu<sup>3+</sup>の赤色発光帯が発光している。



LED点灯



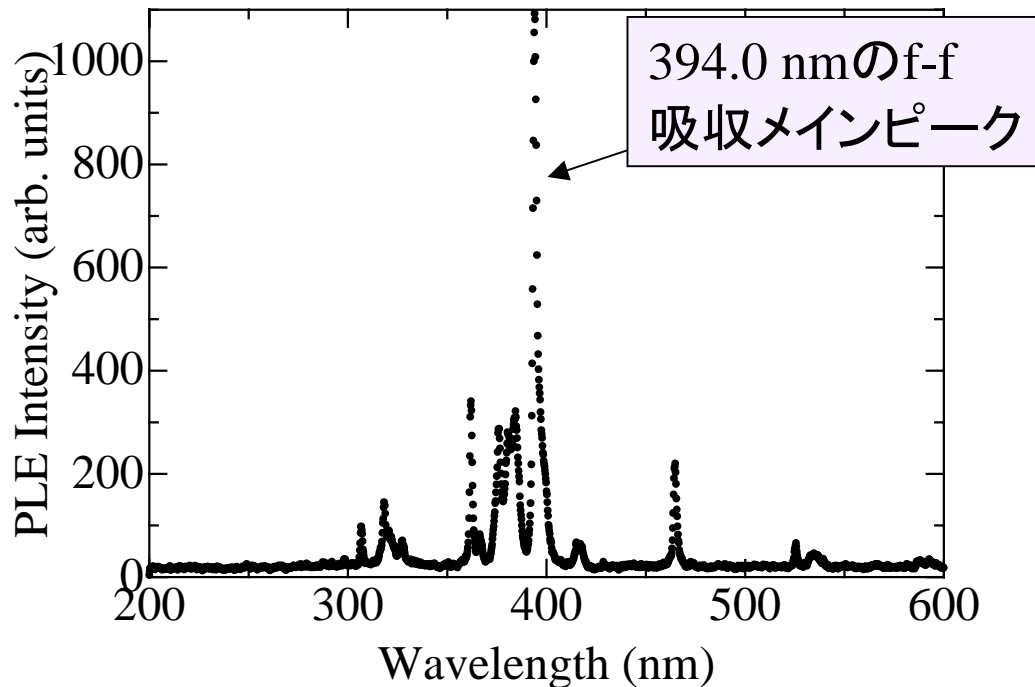
# 白色LED (InGaN青色LED+YAG蛍光体)とEu<sup>3+</sup>錯体の組み合わせ応用



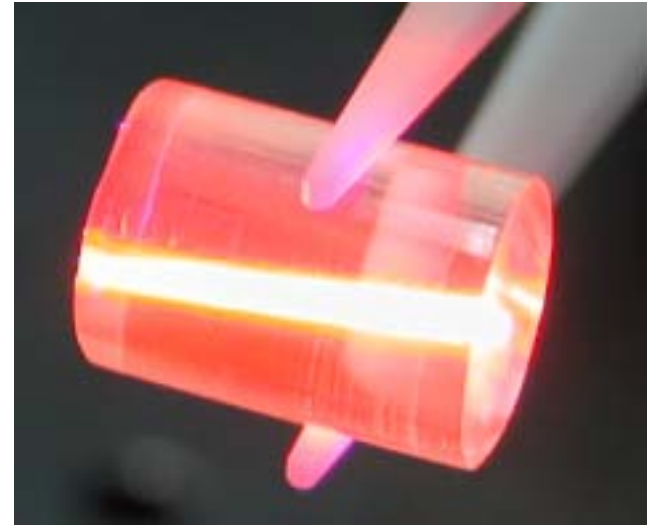
白色LED (InGaN青色LED+YAG蛍光体)の上にEu<sup>3+</sup>錯体をかぶせて測定。  
Eu<sup>3+</sup>のf-f吸収スペクトルの位置でスペクトルに穴が空き, Eu<sup>3+</sup>の赤色発光帯が  
発光しており, **色温度を少し下げるとともに赤色領域の演色性が高まっている。**

# 希土類錯体とレーザダイオードの組み合わせも有望

PMMA中のEu(pms)<sub>3</sub>錯体の励起スペクトル



InGaN-LDで光励起させたときのEu(pms)<sub>3</sub>錯体からの発光



- 394nm付近で発振するInGaN-LDで光励起することにより、励起光をほぼ100%、Eu<sup>3+</sup>にエネルギー伝達することが可能
- Tb<sup>3+</sup>錯体は緑色、Eu<sup>2+</sup>やCe<sup>3+</sup>錯体は青色発光するため、光の三原色をLD励起からの波長変換で実現できる

# 希土類錯体を含むプラスチックと発光ダイオード、 レーザダイオードとのコンビネーション

## 広がる種々の応用

- LEDと組み合わせた高演色性白色光源
- パワーLDと組み合わせたパワー照明
- LDプロジェクションタイプの大型フルカラーディスプレイ
- プラスチックの透明性を利用した自動車のストップランプ
- プラスチックの任意加工性を利用した種々のアート

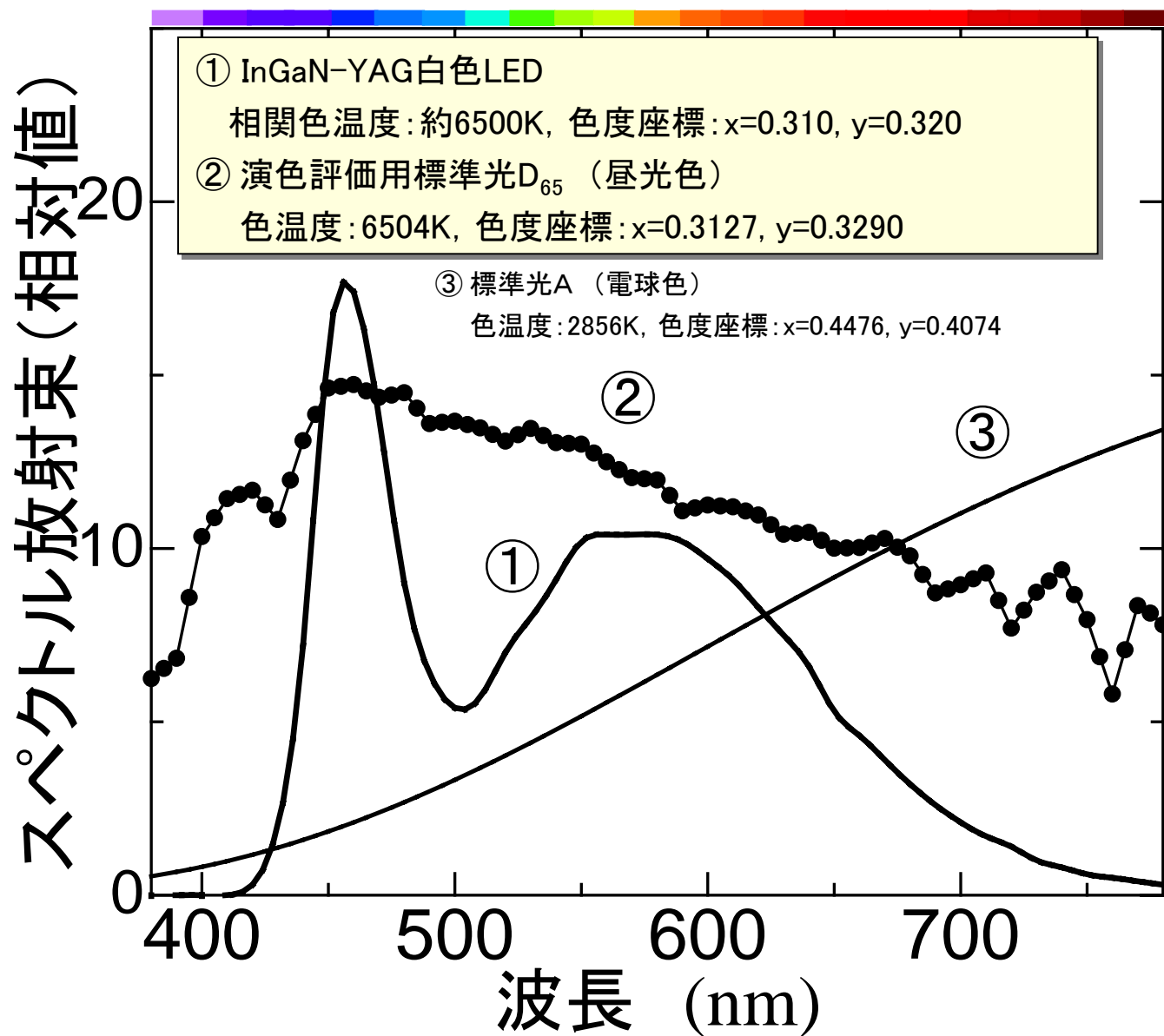
# 21世紀の照明革命に向けて

---

1. LEDの発光効率の向上
2. 演色性の改善
3. 環境にやさしい照明デバイス
4. 実装方法と放熱特性



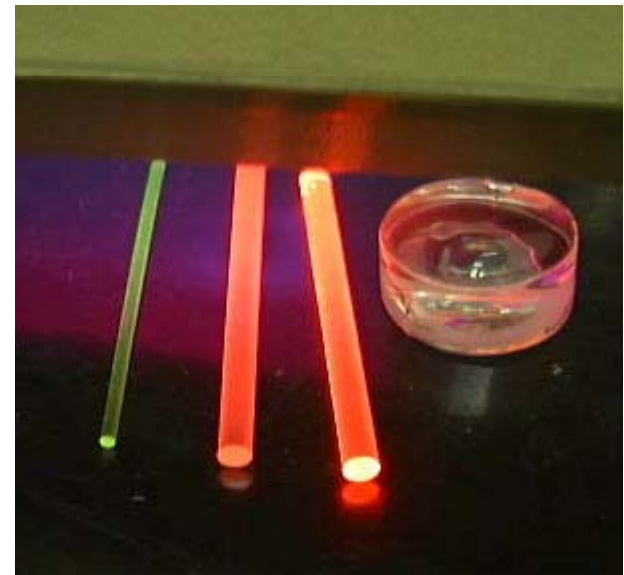
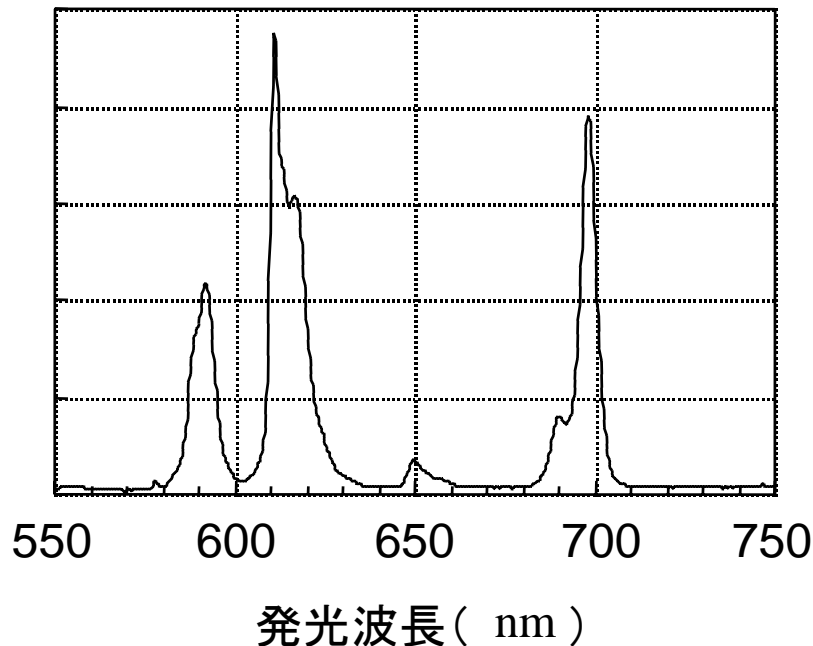
# InGaN-YAG白色LED(相関色温度:6500K)と演色 評価用標準光D<sub>65</sub>の発光スペクトル分布



# 希土類錯体を含むプラスチックの 発光特性とその応用

- ☆ 発光量子効率: 40~80 %
- ☆ 白色 LEDと組み合わせることにより赤の演色性を向上  
(血管の色を鮮やかに識別可能)
- ☆ 希土類イオンを変えることにより多彩な発光色が可能

Eu(pms)<sub>3</sub>錯体の発光スペクトル



# **Solid State Lighting (固体照明)とは？**

---

**いままでの、真空管での発光を使わない、  
固体での発光原理を用いた照明**

# 真空管と電球

---



各種真空管

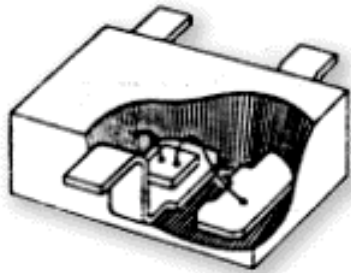


電球

フィラメントからの光の発生

# トランジスタとLED

---



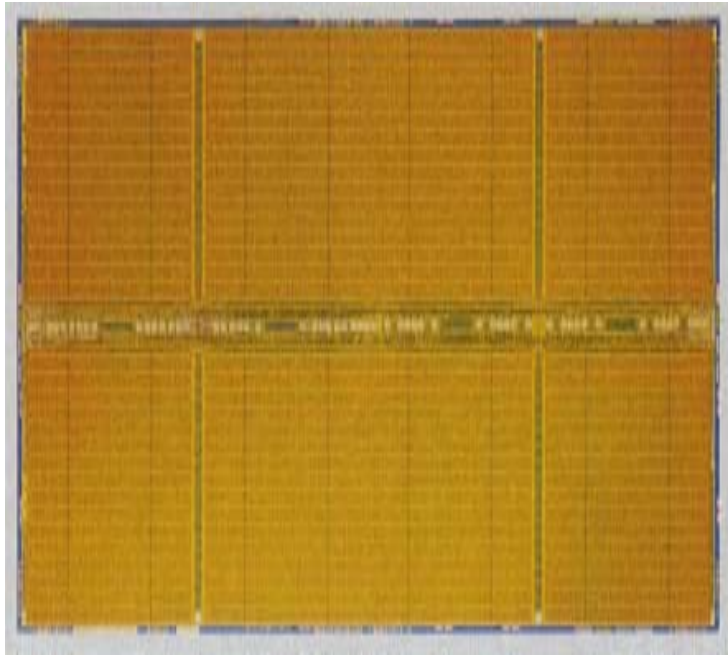
トランジスタ



白色LED

# LSI と 集積LEDs ?

---



**256MB  
memory**



**集積LEDsの形は？**

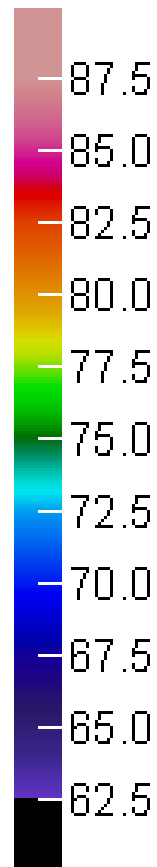
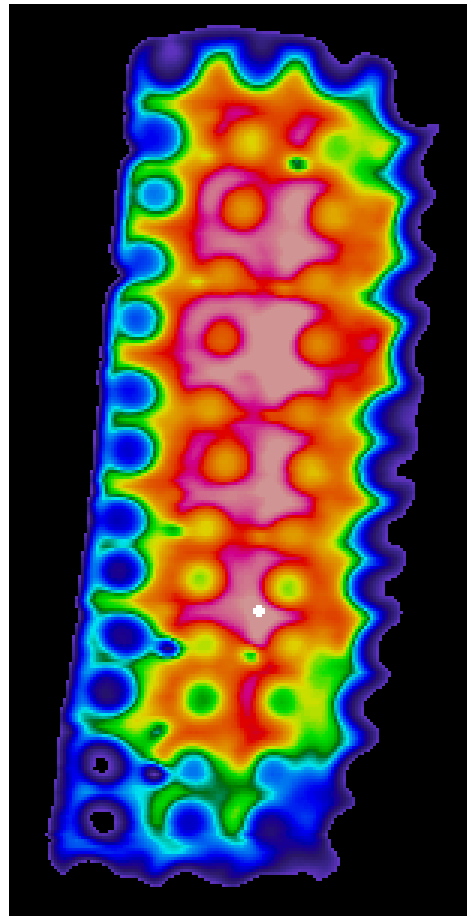
# 21世紀の照明革命に向けて

---

1. LEDの発光効率の向上
2. 演色性の改善
3. 環境にやさしい照明デバイス
4. 実装方法と放熱特性

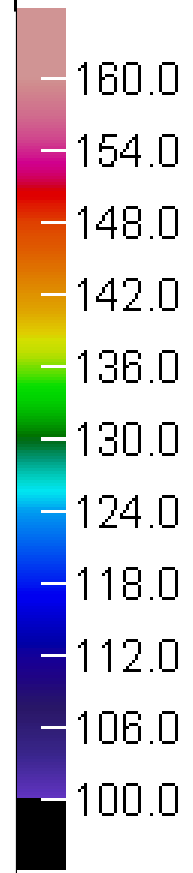
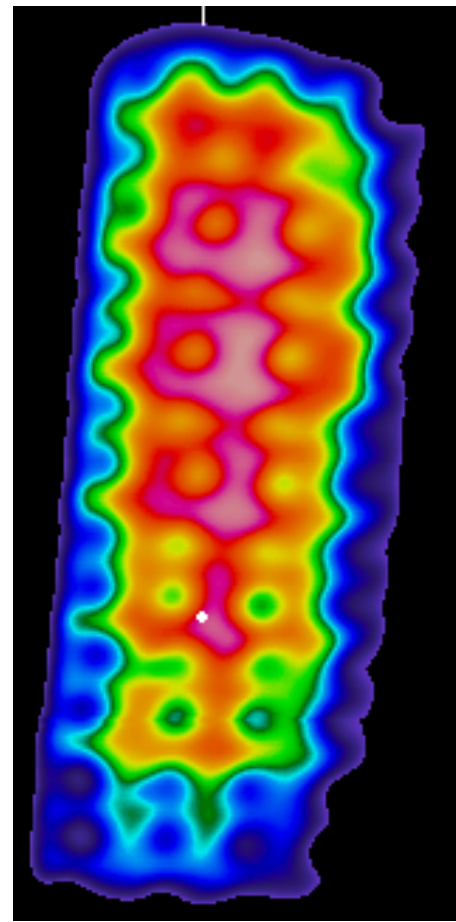


# サーモビューワにて観察した 白色LEDパネルの熱分布



Temperature (°C)

駆動条件：  
20 mA/chip

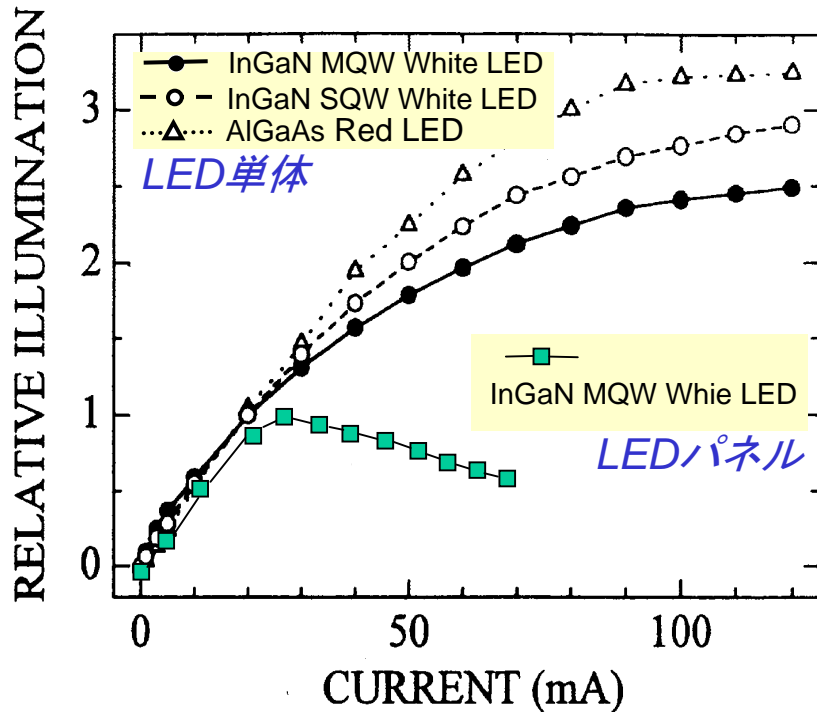


Temperature (°C)

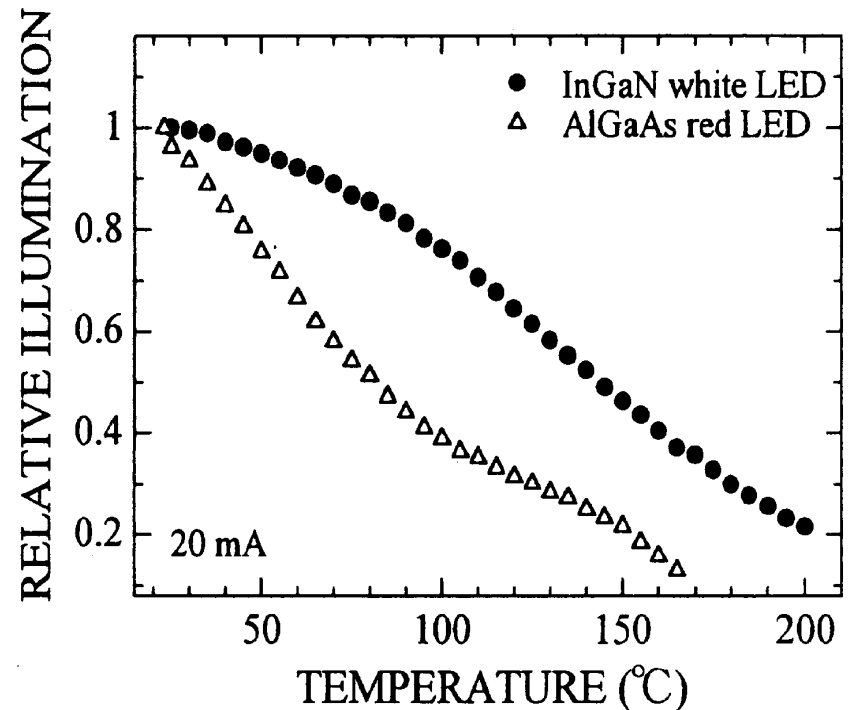
駆動条件：  
45 mA/chip

# 医療用照明に求められる白色LEDの特性 -実装方法と放熱特性-

## LED(単体およびパネル) の電流-光出力特性



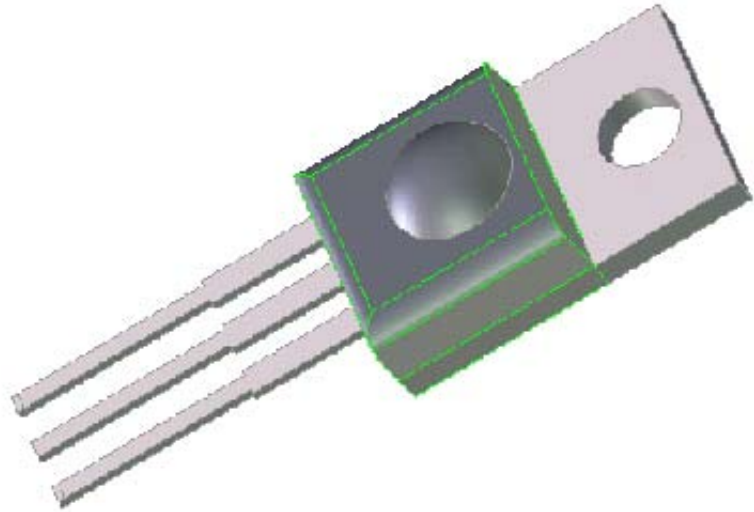
## LED光出力の温度特性



LED発光体パネルは、LED単体と比較して放熱特性が良くないため定格電流以上で駆動すると発光強度が低下してしまう。

# LumiLEDsが開示してるLEDパワー照明技術

## High Power Light Emitting Diode Package in a T0-220 Outline

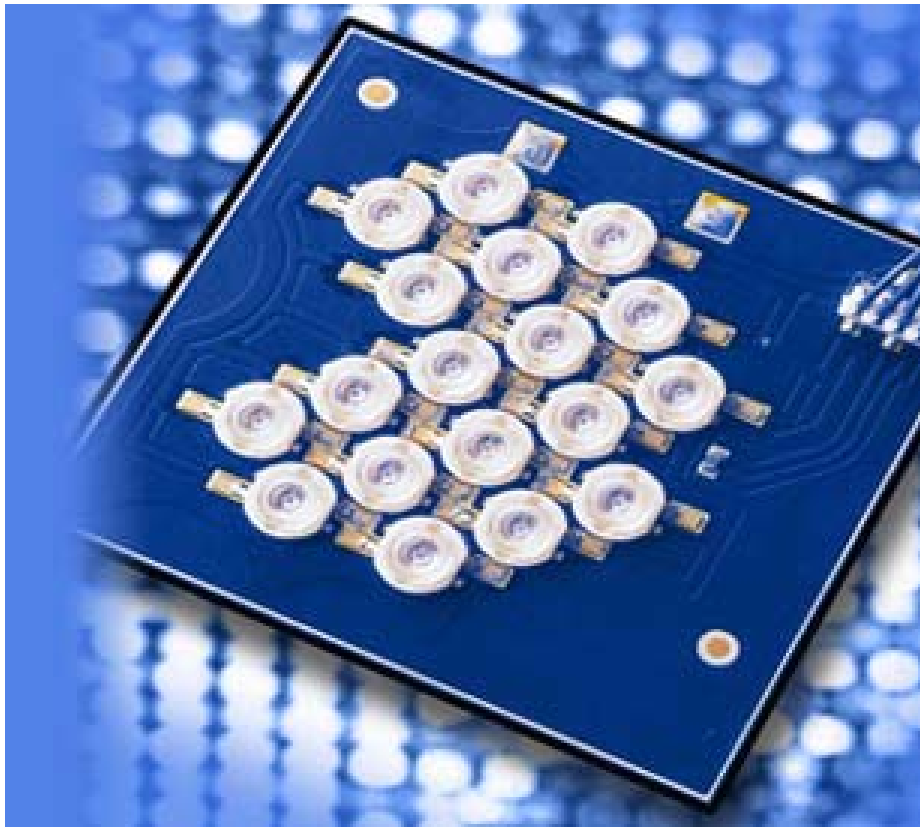


パワートランジスター、パワーダイオード等の高出力電子デバイスでは、T0-220型のパッケージが用いられており、パワーLEDの照明にも適用した。

1mm角のInGaN-青色LEDチップをマウントしその上に蛍光体やエポキシレンズを付けることで25lumenの**白色発光**出力を得ている。

<http://www.lumileds.com/news/HPLED.html>

# AgilentとLumiLEDsが開示してるLEDパワー照明技術



アンバーおよび赤色  
LEDをメタルコアの  
PCB基板上にマウント、  
写真のサイズは、  
61.5mm × 65.5mm、  
6個直列接続のLEDを  
3つ並列接続して計18  
個を実装し、100～  
200lmの光束を得てい  
る。

[http://www.lumileds.com/cust\\_lighting/index.html](http://www.lumileds.com/cust_lighting/index.html)

[http://www.semiconductor.agilent.com/led\\_lamps/hpwlmdb1.html](http://www.semiconductor.agilent.com/led_lamps/hpwlmdb1.html)

# LEDパワー照明技術の問題点と今後の課題

## ～開発へのアプローチ～

液晶ディスプレイ等の光源（現状：ハロゲンランプ）や自動車のヘッドランプ等をLEDに置き換えるには、LED発光体からの全光束を1000lm以上にしなければならない。しかも固体照明の特長を生かすためには、コンパクトに実装しなければならない。

### アプローチ

- LEDチップの面積を大きくする  
（歩留まりの関係で限界あり）
- LEDチップをできるだけ密に実装する  
（多種のLEDを実装することで目的に応じたスペクトル分布が実現可能）

### 問題点

LEDの発光層の非輻射再結合過程により熱が発生する。この熱は、温度上昇を招き、熱消光やデバイスの劣化を引き起こす。

### 解決法

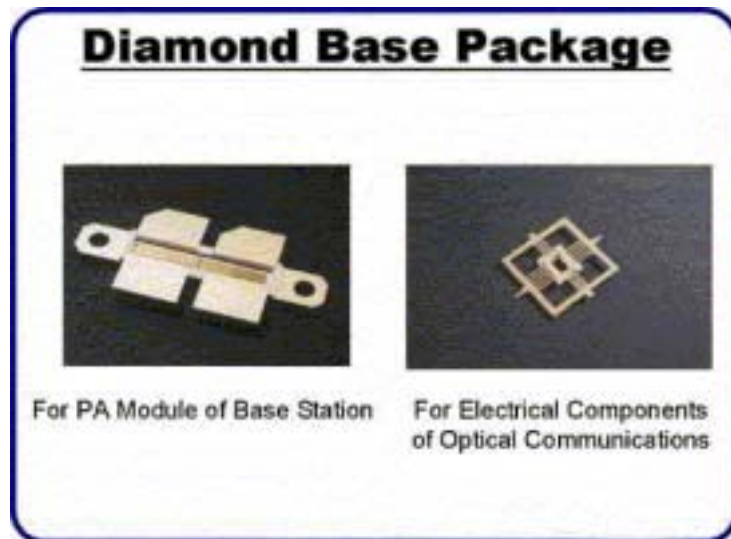
放熱問題の解決が不可欠 → **ダイヤモンド**が一つのソリューション

# 放熱基板としてのダイヤモンドの特性と開発状況

ダイヤモンドは、銅系金属材料の3～5倍以上の熱伝導率を有する。

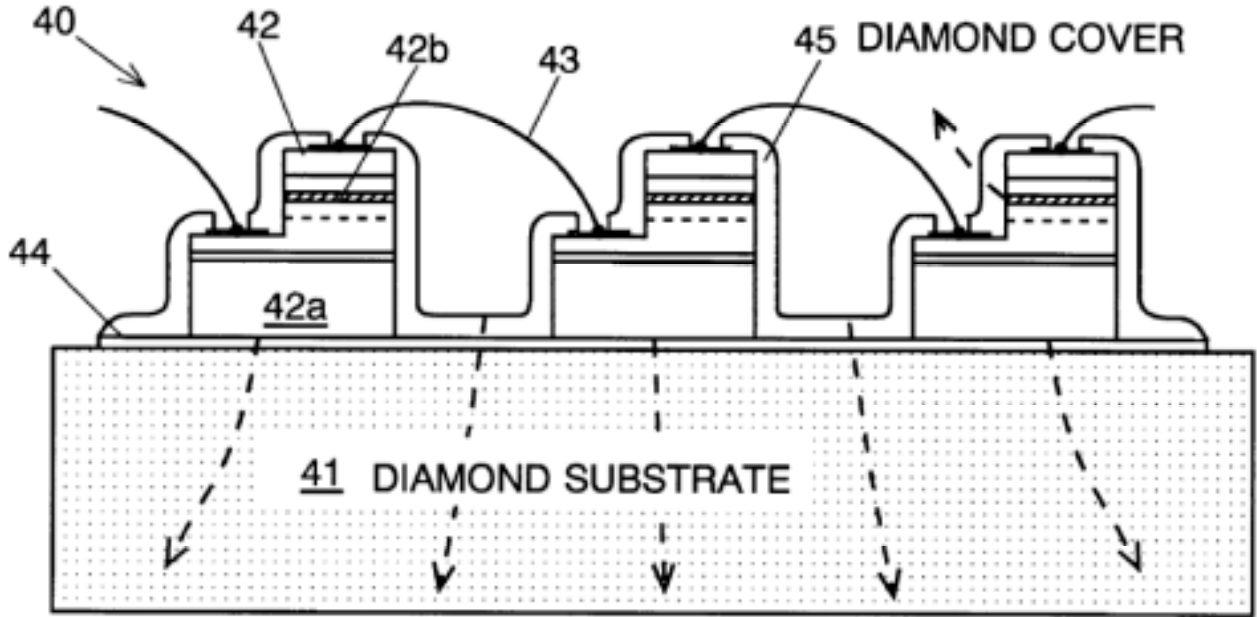
しかも、光学的に透明で絶縁性に優れ導電性制御も可能。

単結晶および多結晶ダイヤモンドは、バルク成長や気相成長により大量生産可能ですでに市場に出回っている。

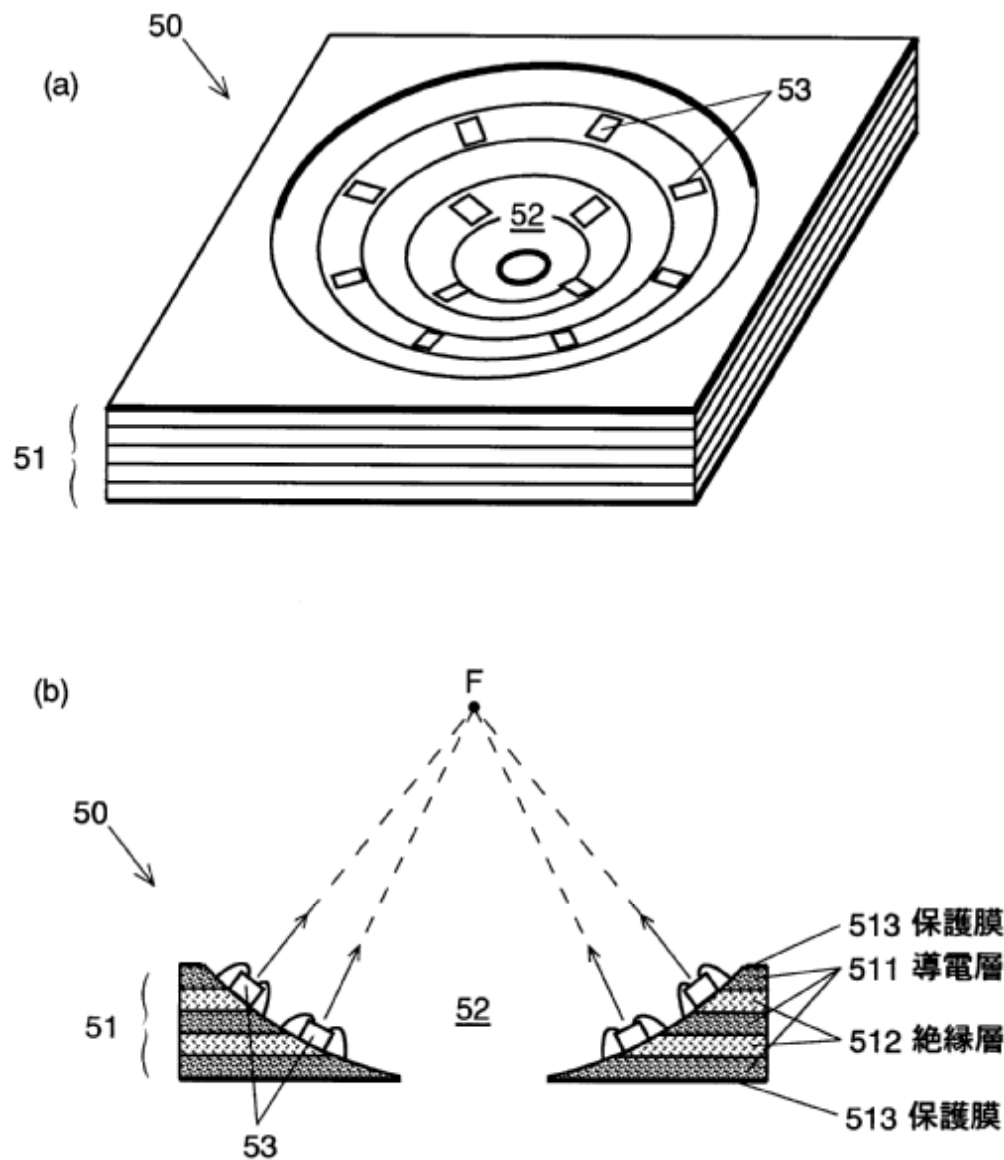


住友電気工業(株)は、次世代携帯電話システム(W-CDMAなど)基地局向け信号増幅用半導体デバイスや、WDM技術光通信に用いられる発光素子制御用半導体デバイスなどに最適な、ダイヤモンドを用いたパッケージを開発している。

# ダイヤモンド基板上への高密度実装技術



# ダイヤモンド-導電性金属ハイブリッド放熱基板





# 産学連携による新技術の開発研究

## 特許出願: 視線照明装置および手術照システム

島田順一、川上養一、藤田茂夫

出願番号 特願2000-259771

## 意匠出願: 意匠に係る物品 眼鏡

島田 順一、川上 養一、藤田 茂夫

出願番号 意願2000-022681

## 特許出願: 発光装置

島田, 川上, 藤田, 長谷川, 柳田, 和田

出願番号 特願2001-10107127

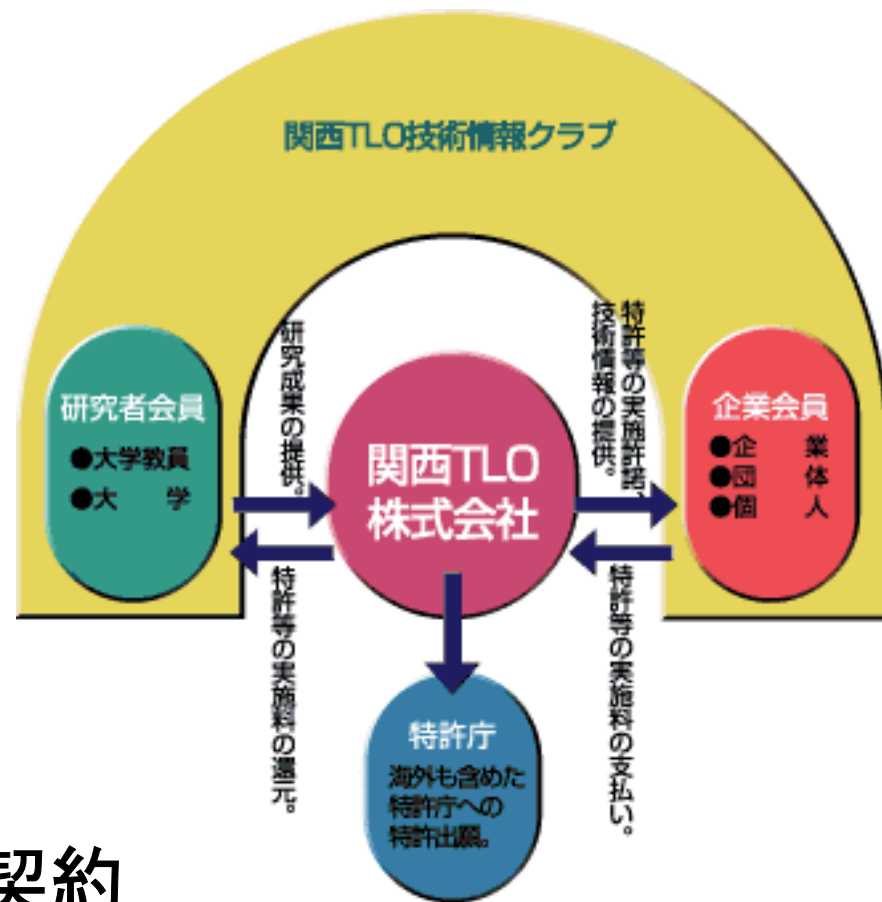
出願人 関西TLO株式会社

ゴーグルライト: 独占実施許諾契約

大日本スクリーン製造株式会社

希土類錯体LED: 非独占実施許諾契約と共同研究

日亜化学工業株式会社



# 21世紀照明革命プロジェクトのまとめ

- 1) 環境にやさしい照明デバイスとは何か？
- 2) 大学間交流による新しいアイデアの萌芽
- 3) 異分野間の知識交流の重要性
- 4) 大学から産業界へTLOを介した技術移転