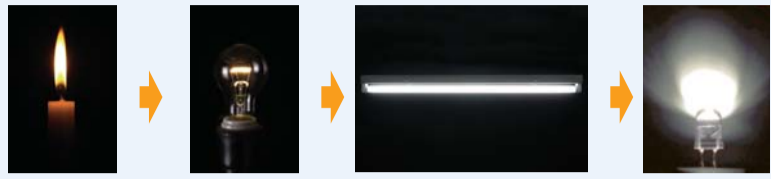


LEDとは?

人類が作った光とは?

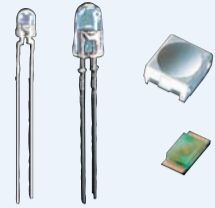
人類は有史以来、「光」を求めつづけ、ついに第4世代の光を手にした



第1世代 炎
第2世代 電球
第3世代 蛍光灯
第4世代 LED

LED=Light Emitting Diodeの略で光を発生する半導体ダイオードの意味

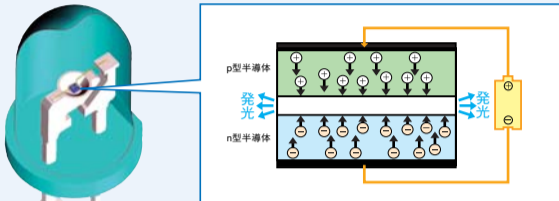
0.3mm角という小さな結晶にわずかな電気を流すと青や緑や赤色に光り輝く。この小さな結晶がLEDです。



● 砲弾型LED ● チップLED

LEDはなぜ光るの?

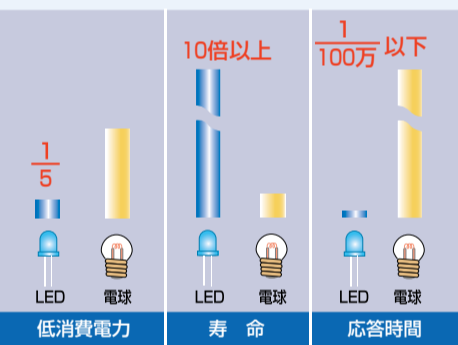
LED (Light Emitting Diode=発光ダイオード) は電気エネルギーを光エネルギーに変換する半導体です。LEDチップに電流を流すと電子はn型層から発光層に、ホールはp型層から発光層に注入されます。発光層で電子とホールが再結合しエネルギーを放出し発光します。



● 砲弾型LED構造図

LEDの特徴

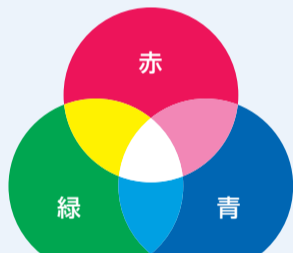
- 低消費電力** 交通信号灯では、従来電球式の70Wに対し、12Wに消費電力量が削減されています。
- 長寿命性** 白熱灯などの従来光源に比べて、寿命が長いとされています。
- 高速応答性** 点灯消光の応答速度が高く、光通信の光源としての応用も始まっています。
- 小型が可能** LEDには色々な形状があり、どれも小型化薄型化が可能なので、設計・デザインをする上でも自由度の高いものとなります。
- 指向性** 所定角度の範囲で発光するので、光の有効活用が可能です。明るくしたいところを照らすため、光害問題への対策としても有効です。



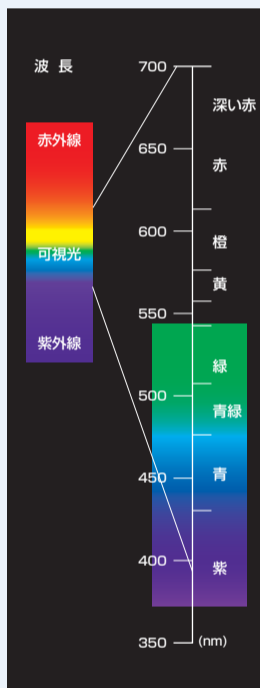
豊田合成のLED製品

青色 青緑色 緑色 紫色 白色
(右表に示した540nm以下の短波長品)
【ナノメートル(nm)=10億分の1メートル】

LEDの発光色は電子とホールが再結合する時のエネルギーの大きさによって決まります。再結合エネルギーが大きい時は青色や紫色、小さい時は赤色を発光します。LEDの色=再結合エネルギーは半導体の材料によって決まります。



青色LEDの成功により光の三原色がそろい、フルカラーが実現しました。



青色LEDを開発した豊田合成株式会社について

豊田合成株式会社は、メッキ技術や真空蒸着、スパッタリングといった薄膜技術を蓄積してきました。

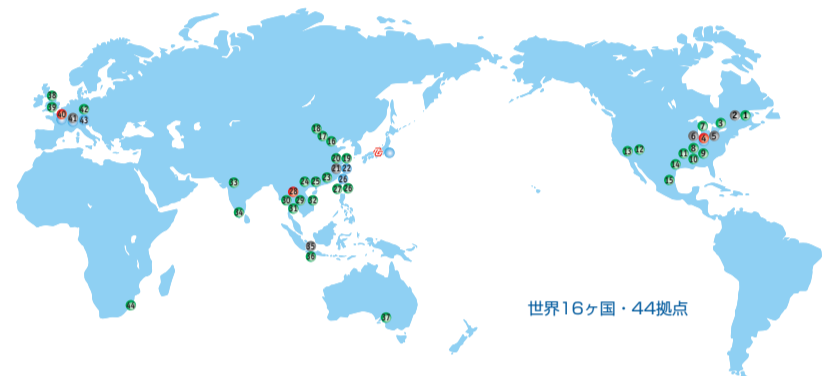
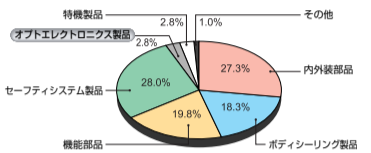
1986(昭和61)年名古屋大学工学部の赤崎勇教授(現名古屋大学特別教授、名城大学教授)のご指導と豊田中央研究所の協力を受け、窒化ガリウム(GaN)をベースとしたLEDの研究を開始、翌年には新技術事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構)から青色LEDの製造技術開発委託を受け、開発に成功。

現在は、自動車部品製造に次ぐ第2の事業の柱として期待されています。



豊田合成株式会社(本社:愛知県西春日井郡春日町)

- 設立: 1949年6月15日
- 資本金(単体): 280億円(2006年度末)
- 従業員数(連結): 23,900名(2006年度末)
- 売上高(連結): 5,934億円(2006年度)
- 国内拠点: 15拠点
- 海外拠点: 16ヶ国 44拠点
- 製品群別売上構成比(2006年度、連結)



世界16ヶ国・44拠点

豪亜 ASIA and OCEANIA

- 1 Toyoda Gosei (Tianjin) Precise Plastic Co., Ltd. □
- 2 Tianjin Toyoda Gosei Co., Ltd. ■
- 3 Tianjin Star Light Rubber and Plastic Co., Ltd. ■
- 4 Toyoda Gosei (Zhangjiagang) Co., Ltd. ■
- 5 Toyoda Gosei (Zhangjiagang) Plastic Parts Co., Ltd. ■
- 6 Toyoda Gosei (Shanghai) Co., Ltd. ■
- 7 Toyoda Gosei Opto-Electronics (Shanghai) Co., Ltd. ■
- 8 Fuzhou Fu-Yue Rubber & Plastic Industrial Co., Ltd. ■
- 9 Toyoda Gosei (Foshan) Rubber Parts Co., Ltd. ■
- 10 Toyoda Gosei (Foshan) Auto Parts Co., Ltd. ■
- 11 Tai-yue Rubber Industrial Co., Ltd. ■
- 12 Fong Yue Co., Ltd. ■
- 13 Toyoda Gosei Asia Co., Ltd. ■
- 14 Pongpara Codan Rubber Co., Ltd. ■
- 15 Toyoda Gosei Rubber (Thailand) Co., Ltd. ■
- 16 Toyoda Gosei Haiphong Co., Ltd. ■
- 17 Metzeler Automotive Profiles India Pvt. Ltd. ■
- 18 TG Kirloskar Automotive Pvt. Ltd. ■
- 19 P.T. INOAC TG Indonesia ■
- 20 P.T. Toyoda Gosei Safety Systems Indonesia ■
- 21 Bridgestone TG Australia Pty. Ltd. ■

北米 NORTH AMERICA

- 1 Waterville TG Inc. ■
- 2 Toyoda Gosei Holdings Inc. ■
- 3 TG Minto Corporation ■
- 4 Toyoda Gosei North America Corporation ■
- 5 TG Personnel Services North America, Inc. ■
- 6 TGR Technical Center, LLC ■
- 7 TG Fluid Systems USA Corporation ■
- 8 Daicel Safety Systems America, LLC ■
- 9 TG Kentucky, LLC ■
- 10 TG Automotive Sealing Kentucky, LLC ■
- 11 TG Missouri Corporation ■
- 12 Fuel Total Systems California Corporation ■
- 13 TG California Automotive Sealing, Inc. ■
- 14 Toyoda Gosei Texas, LLC ■
- 15 TAPEX Mexicana S.A. de C.V. ■

欧州 EUROPE

- 1 Toyoda Gosei UK Ltd. ■
- 2 Toyoda Gosei Fluid Systems UK Ltd. ■
- 3 Toyoda Gosei Europe N.V. ■
- 4 Toyoda Gosei Europe N.V. Germany Office ■
- 5 Toyoda Gosei Czech, s.r.o. ■
- 6 LEXEDIS Lighting GmbH ■
- 7 Toyoda Gosei South Africa Pty. Ltd. ■

- 本社
 - 統括会社、研究・開発拠
 - 生産拠点
 - 生産・販売拠点(オートエレクトロニクス製品)
 - その他
- 内外装部品
■ ボディシーリング製品
■ 機能部品
■ セーフティシステム製品
■ オートエレクトロニクス製品
□ 特機製品

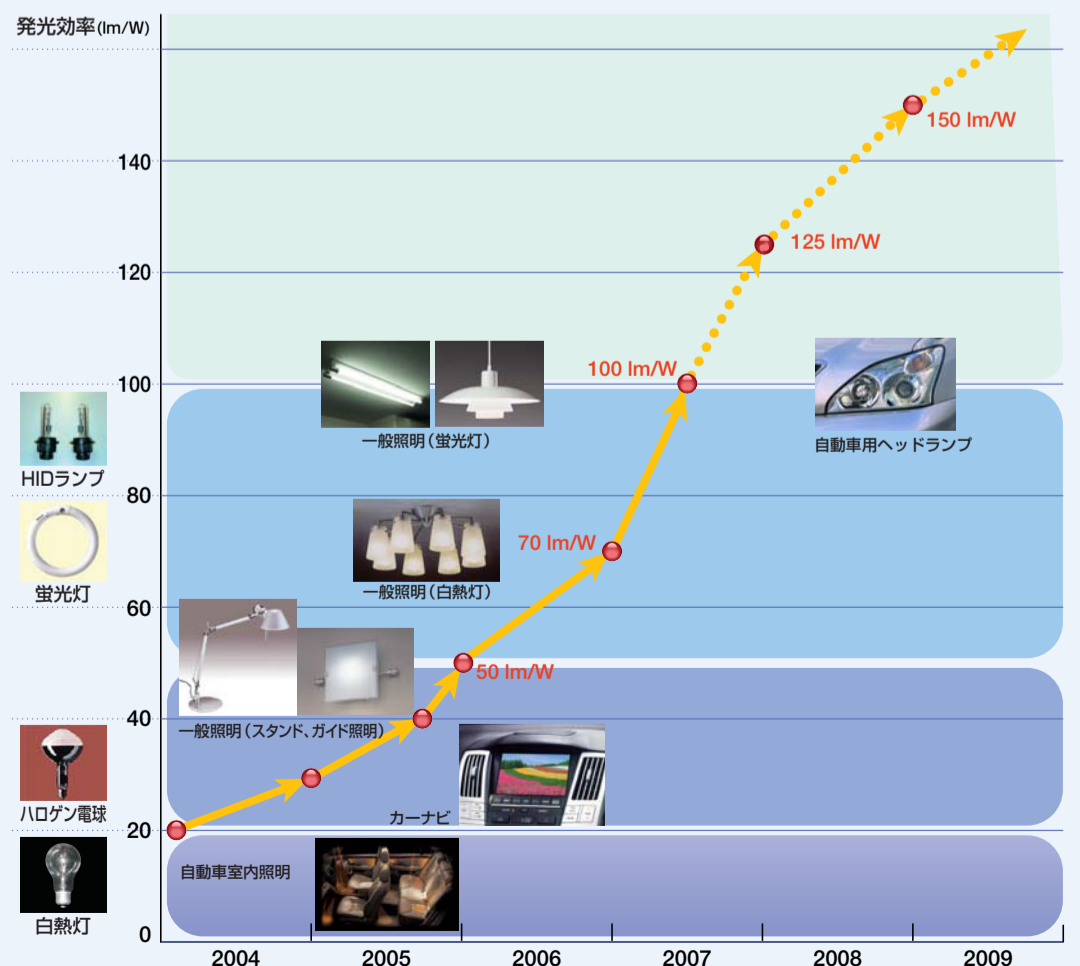
2007年3月現在

LEDの応用分野

優れた特長により急速な応用拡大が進むLED

- フルカラーディスプレイ
- 携帯電話
- 車載製品
- 信号
- 家電
- 照明・表示

LEDの発光効率アップ計画



高光度青色LEDの開発

窒化物半導体単結晶と青色発光素子の生みの親

あか さき いさむ
赤崎 勇

名古屋大学特別教授
名城大学教授



略 歴

- 1952年3月 京都大学理学部卒業
- 4月 神戸工業(株)入社
- 1959年4月 名古屋大学助手(工学部電子工学科)、同講師、助教授を経て
- 1964年4月 松下電器産業(株)入社、東京研究所基礎第4研究室長、同半導体部長を経て
- 1981年8月 名古屋大学教授(工学部電子工学科)
- 1987年3月 新技術事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構) GaN系青色発光ダイオード研究開発責任者
- 1988年5月 日本電信電話(株) 研究開発本部 技術顧問
- 1992年3月 名古屋大学定年退職、同名誉教授、名城大学教授(理工学部電気電子工学科)
- 1993年3月 新技術事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構) GaN系短波長半導体レーザー研究開発責任者
- 1996年7月 日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業プロジェクトリーダー
- 7月 名城大学ハイテク・リサーチ・センター 代表研究者
- 2001年4月 名古屋大学 赤崎記念館記念研究センター(兼務)
- 4月 名城大学教授(理工学研究科)
- 2002年4月 科学技術振興事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構) 参与
- 2004年12月 名古屋大学特別教授

受 賞

- 1989年8月 日本結晶成長学会論文賞
- 1991年5月 中日文化賞
- 1994年7月 オプトエレクトロニクス会議特別賞
- 7月 日本結晶成長学会創立20周年記念技術貢献賞
- 1995年5月 International Symposium on Compound Semiconductors Award 及びHeinrich Welker Gold Medal
- 1996年11月 IEEE/LEOS Engineering Achievement Award 【アメリカ】
- 1997年11月 紫綬褒章
- 1998年7月 井上春成賞(豊田合成と共同受賞)
- 7月 Laudise Prize 【結晶成長国際機構】
- 11月 応用物理学会会誌賞
- 11月 C&C Prize
- 12月 IEEE Jack A. Morton Award 【アメリカ】
- 12月 Rank Prize 【英国】
- 1999年1月 IEEE Fellow Award 【アメリカ】
- 5月 ECS Solid State Science & Technology Award 【アメリカ】
- 11月 モンペリエ市名誉市民 【フランス】
- 11月 Honoris Causa Title (University of Montpellier) 【フランス】
- 2000年3月 東レ科学技術賞
- 2001年1月 朝日賞
- 5月 Honoris Causa Title (Linkoping University) 【スウェーデン】
- 2002年3月 応用物理学会業績賞
- 6月 藤原賞
- 11月 旭日中級賞
- 11月 武田賞
- 2003年6月 日本学術会議会長賞
- 9月 固体素子材料国際会議賞 【SSDM賞】
- 2004年11月 第1回 PSI パテント・オブ・ザ・イヤー
- 東海テレビ文化賞
- 文化功労者

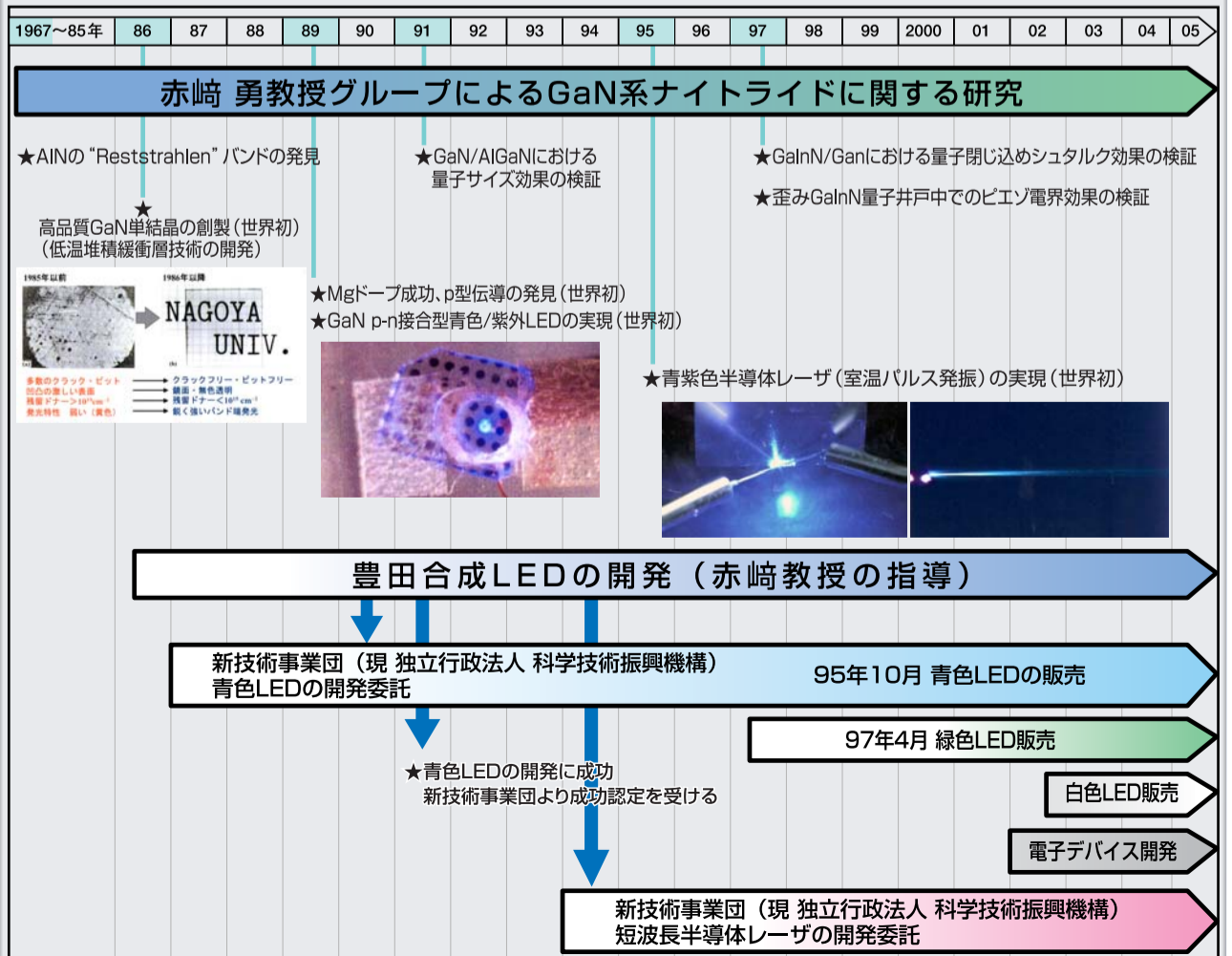
赤崎教授グループによるGaNに関する研究

- 1967年 AlNの"Reststrahlen"バンドの発見 【Solid State Comm.】
- 1974年 ガスソースMBEによるGaN単結晶の成長に成功 【MITIプロジェクトへの提案】
- 1981年 フリップチップ型青色GaN LED (MIS構造)の開発に成功(世界最高の変換効率~0.12%) 【GaAs Symp., Oiso】
- 1986年 サファイア基板を用いたAlN緩衝層上への高品質GaNとAlGaNの成長技術確立 【Appl. Phys. Lett., USP4855249 Aug.8, 1989, Jpn Pat. 1708203 Nov. 11, 1992】
- 1986~1989年 格子不整合の大きい基板へのII族窒化物半導体のヘテロエピタキシャル成長形態と機構の解明 【J. Crystl. Growth他】
- 1988年 Zn添加GaNへの低エネルギー電子線照射による青色発光強度の大幅な増大効果の発見 【Int. Conf. Lumin. 他】
- 1988年 実用輝度のMIS型青色LEDの開発に成功(200mcd @ 10mA, 室温)
- 1989年 Cp:Mgを用いたMgの高精度添加 【Electrochem. Soc. 他】
- AlN/AlGaIn緩衝層上に成長したMgドープGaNへの低エネルギー電子線照射技術(LEEBI)による顕著なp型を示すGaNの実現 【GaAs Symp., Karuizawa, Jpn. J. Appl. Phys. (JJAP)他】
- GaNを用いたpn接合型青色LEDの開発 【JJAP 他】
- 1990年 光励起によるGaNからの室温誘導放出(紫外光)を達成 【JJAP 他】
- SiH4を用いたGaN, AlGaNのn型導電性制御に成功 【MRS, JCG他】
- 1991年 p型AlGaIn(>1018cm-3)の実現 【MRS, ssdm】
- 量子サイズ効果を示すGaN/AlGaIn多重ヘテロ構造の開発 【JJAP 他】
- 1991~1993年 AlGaIn/GaNダブルヘテロ構造による低閾値室温誘導放出の実現(1991:端面モード、1993:表面モード) 【MRS, APS, Physica B 他】
- 1992年 HVPE法によるバルクGaN半導体(約1mm厚)の成長に成功 【Workshop, St. Louis, JCG】
- 高変換効率をもつpn接合型GaN青色LED(1.5%)と高出力AlGaIn/GaNダブルヘテロ型紫外LED(4mW, 室温)の実現 【GaAs Symp. Karuizawa】
- 1993年 n型GaInNの導電性制御に成功
- AlGaIn/GaNダブルヘテロ構造による低閾値室温誘導放出(紫外光, 402nm)を達成 【APL】
- 1994年 AlGaIn, GaN, GaInNの屈折率の波長依存性を決定 【MRS】
- ホモエピタキシャル成長技術を用いた低歪みGaNの成長に成功 【JCG】
- 1995年 Mg添加によるGaInNのp型導電性制御に成功 【APL】
- 電流注入によるGaInN SQWからの誘導放出観測 【TWN, JJAP】
- 狭い量子井戸における量子閉じ込めシュタルク効果による著しい発光の増大を実現 【ICSCRM, ssdm他】
- 1996年 世界最短波長半導体レーザーダイオードの実現 【ISBLLLED, Electron. Lett.】
- GaN上へのAlGaIn, GaInNのコヒーレント成長の観測 【JJAP】
- 1997年 歪みGaInN量子井戸中でのピエゾ電界効果の検証 【JJAP】
- 狭い歪みGaInN量子井戸における量子閉じ込めシュタルク効果の検証 【JJAP他】
- 1998年 MOVPE成長法を用いたサファイア基板上緩衝層付き窒化物の極性の解明 【JCG他】
- 多段緩衝層成長技術を用いたGaNの欠陥密度の大幅低減 【JJAP他】
- 1999年 全組成域におけるクラックのないAlGaIn厚膜の成長に成功 【ICNS-3】
- GaNにおけるマストランスポートの発見 【MRS】
- 2000年 マストランスポート法によるGaNの欠陥密度の低減 【Appl. Surf. Sci.】
- 2002年 最高出力紫外LEDの実現 【phys. stat. sol.】
- 2003年 ZrB2基板上の紫外および紫色LEDの実現 【phys. stat. sol.】
- 2004年 世界最短波長(350.9nm)レーザーダイオードの実現 【JJAP】

豊田合成の青色LED開発

- 1986年 名古屋大学 赤崎勇教授(現名古屋大学特別教授、名城大学教授)のご指導の下、名古屋大学、豊田中央研究所とGaNを用いたLED素子開発プロジェクトスタート
- 1987年 新技術事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構)からの開発委託を受けて、窒化物半導体を用いた青色LED開発プロジェクトを開始
- 1991年 高光度青色LEDの開発に成功
- 新技術事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構)より、成功認定を受ける
- 1995年 高光度青色LED(2cd)の商品化に成功
- 1996年 発光層にMQW構造を用いた高光度青色LED、緑色LEDの開発に成功
- 1997年 高光度青色LED(2.5cd)、緑色LED(5cd)を商品化
- 1998年 高光度青色LED(3cd)、緑色LED(8cd)を商品化
- 1999年 フリップチップ型高光度青色LED(6cd)、緑色LED(14cd)の開発に成功
- 2000年 高光度紫色LED(380nm)の開発に成功
- 紫色LEDと光触媒とを組合せたLED光脱臭空気清浄機の商品化
- 2001年 白色LED(TG White)の商品化
- 青色LED(8cd)、緑色LED(17cd)を商品化
- 2003年 高演色性白色LEDの商品化
- 2004年 高出力型(大電流型LED)高演色性白色LEDの商品化
- 携帯電話液晶バックライト用白色LED(1000mcd) 開発・商品化
- 2005年 携帯電話液晶バックライト用白色LED(1300mcd) 開発・商品化

赤崎教授と豊田合成の青色LED開発の歴史



III族窒化物半導体・デバイスの研究・開発における重要な成果

