

緑色蛍光体の開発により液晶テレビ用バックライトの色再現域の向上に成功

～次世代の 8K 放送に対応～

配布日時：平成 29 年 2 月 20 日 13 時

解禁日時：平成 29 年 2 月 23 日 0 時

国立研究開発法人 物質・材料研究機構

概要

1. 国立研究開発法人物質・材料研究機構（以下 NIMS）機能性材料研究拠点の広崎尚登フェローと、シャープ株式会社（以下シャープ(株)）研究開発事業本部の和泉真室長、吉村健一研究員からなる研究チームは、8K テレビに適した白色発光ダイオード（LED）¹の試作に成功しました。LED を構成する緑色蛍光体の発色を改良することにより、赤、緑、青の光の三原色の鮮やかさが向上し、8K 放送の目標色域の 90%を達成しました。8K 放送の色のきれいさを十分に再現できる色域であり、現行の液晶テレビ²と同じ蛍光体³LED 方式でのバックライト⁴の実用化にメドがたちました。
2. 東京オリンピックの年（2020 年）に、解像度と色再現域を広げた 8K 高品位テレビの普及が計画され、BT.2020 規格として制定されています。これは、従来の NTSC 規格⁵に対して、色空間⁶の面積比で 134%（CIE1976 座標上）もの広い色域を有します。この規格を実現するには発色のよい光源が必要であり、現行のバックライト技術では対応できません。液晶ディスプレイは、LED バックライトが放つ白色光を色フィルター⁷で三原色に分解して画像を表示する装置であり、色再現性の向上にはバックライトに含まれる赤、緑、青の 3 原色の色成分の色純度を向上させる必要があります。現状のバックライトでは赤色や青色成分の色純度と比べて、特に緑色成分の発色が悪く問題となっていました。すなわち、バックライトの色再現性を向上させるには、色域拡大に対応した緑色蛍光体の開発が望まれていました。
3. シャープ（株）の協力を得て試作した LED バックライトでは、NIMS が開発した γAION（ガンマアロン）⁸緑色蛍光体を用いたことが特徴です。この蛍光体は発光波長が 525nm と色純度が高い緑色であり、スペクトルの半値幅が 40nm とシャープなことが特徴です。これにより、純粋な緑色の発色が可能となり、BT.2020 規格の色再現域の 90%を達成することができました。
4. 色域拡大の方式として、カドミウムを用いた量子ドットが提案されていますが、環境負荷の面で好ましくありません。本技術では有害な元素を用いずに色再現域に対応でき、現行のバックライトの白色 LED 部品だけを置き換える技術であり、コスト面と安全面で優れています。
5. 今後は、材料特性の改良による明るさ改善と低コスト化を進めた後に液晶テレビに組み込んで色再現性の調整を行い、2018 年の 8K 実用放送開始に向け、8K テレビのバックライトに適した白色 LED の実用化を目指します。
6. 本研究成果は、応用物理学会発行の Japanese Journal of Applied Physics（JJAP）誌の 2017 年 2 月号に掲載されます。

研究の背景

近年、現在のテレビ放送の解像度（フルハイビジョン、1920×1080）の4倍にあたる3840×2160ピクセル（4K）の解像度であり幅広い色表現が可能なテレビが市場で認められ、高付加価値の4Kテレビとして急速に普及しつつあります。さらに、4Kテレビに次いで2018年には次世代規格である8Kテレビ（スーパーハイビジョン）の実用放送が予定されており、2020年のオリンピックには広く普及するものと期待されています。

8Kテレビでは、現在の16倍にあたる7680×4320ピクセルの解像度に加えて、色の表現範囲も大きく広がります。現在のテレビで採用されている色範囲の規格（BT.709規格⁹）に準拠した放送信号では、深い緑色や赤色が表現できません。また、一部の4Kテレビには、放送信号の色域をテレビ側で拡大する（アップコンバージョン）機能が搭載されていますが、自然界にある色をすべて表現することはできません。ところが8Kの規格（BT.2020規格¹⁰）に準拠した放送信号では、色の表現範囲が大幅に拡大されており、自然界では存在しない色までも範囲に含まれています。すなわち色がきれいなことが8Kテレビの特徴です。現状では、8Kの色域の規格は制定されたものの、それを実現するディスプレイは存在せず、現在各社が開発中です。

液晶ディスプレイは、LEDバックライトが放つ白色光を色フィルターで赤緑青の三原色に分解して画像を表示する装置です。したがって、ディスプレイの色再現性の向上には、発色の元となるLEDバックライトの光源が重要です。すなわち、色純度がよい赤緑青からなるLEDバックライトの開発が望まれていました。

液晶バックライト用のLED光源としては、携帯電話に採用された初期（2008年以前）は青色LEDチップと黄色蛍光体（イットリウム・アルミニウム・ガーネット（YAG））の組み合わせが中心でした。その後、2005年にNIMSが開発したβサイアロン緑色蛍光体¹¹とカズン赤色蛍光体¹²を用いることにより、LEDの色再現性は向上し、従来の色域の規格であるBT.709を超える色を表現できるようになりました（2008年3月19日、NIMSよりプレス発表）。βサイアロン蛍光体を用いた白色LEDはその後改良を加え、現在まで液晶テレビ用バックライトとして広く使われています。しかしながら、この方式においても色範囲は8Kの規格には不十分であり、LEDの改良により色域の拡大が求められていました。

8Kの色域に近づけるため、RGBのレーザを用いる方法と量子ドットを用いる方法が提案されています。レーザを用いる方法は光の三原色そのものを混合する方法であり広い色域を達成できますが、方式が複雑で高価なため放送局のモニターには使えるものの量産品には不向きな問題があります。量子ドットを用いる方法は、構成元素に有害なカドミウム（Cd）を含むことが問題となっており、地球環境の点から好ましくありません。一方、蛍光体を用いた白色LEDは現行のテレビに使われている方式です。量産の実績があり価格も安価であるため、色域が達成できるなら、量産品に使いやすい方式です。また、βサイアロンや開発蛍光体は有害な元素を一切含まないので、環境面から優れた材料です。

研究内容と成果

今回、バックライトLEDに、NIMSが開発したマンガン（Mn）添加γAlON緑色蛍光体を使用しました。NIMSでは2002年より蛍光体の母体結晶と発光イオンの組み合わせを系統的に研究しており、βサイアロン蛍光体やカズン蛍光体等の実用化に成功しています。γAlON蛍光体も、その基礎研究の中から見つけた成果を活用した材料です。

γAlONは、アルミニウムと酸素と窒素を主成分とするセラミックスで、透明材料として用いられています。NIMSでは、γAlON結晶にマグネシウム（Mg）とMnを添加して組成を調整することにより、LED用の緑色蛍光体となることを見いだしました。この材料は、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム、フッ化マグネシウム、フッ化マンガン窒化ホウ素製のるつぼに入れて、5気圧の窒素中、1800℃で反応させることにより製造することができます。この蛍光体は2008年にNIMSが発見した材料で、今回組成と製造工程の最適化により発光効率が向上して白色LEDデバイスに搭載できるようになりました。

新しい蛍光体の特徴は、緑色発光の色純度が良いことです。図1にγAlON蛍光体の発光特性を、従来のβサイアロン蛍光体と比較して示します。γAlON蛍光体は、青色LEDが放つ青色光を、525nmのシャープな緑色光に変換します。525nmは色度図の頂点に近い波長であり、純粋な緑色です。このように、γAlON蛍光体では純粋な緑色を発色できることにより自然界の色の発色範囲の拡大が可能となります。従来緑色として使われていたβサイアロン蛍光体は540nmがピーク波長であり、γAlONと比べると黄

色がかった緑色です。

次いで、シャープ（株）の協力により白色 LED を試作しました。図 2 に開発した白色 LED バックライトの発光スペクトルを示します。比較のために、従来の β サイアロン蛍光体を用いた白色 LED の発光スペクトルも示します。なお、赤色蛍光体としてはスペクトル幅が狭い KSF¹³ 蛍光体を用いました。開発品の白色 LED バックライトは、従来品と比較して赤、緑、青色の各ピークが鋭く立っており、赤、緑、青色の三原色の色分離性が良く、高い色純度を実現できます。これにより、次世代の色域規格である BT.2020 に対応可能となります。

図 2 の白色 LED の発光スペクトルに対して、液晶用の色フィルター通過後の色の再現範囲（色域）を図 3 に示します。開発品は緑色と赤色の色純度が大幅に改善され、CIE1931 座標上で BT.2020 比の 85%、CIE1976 座標上で BT.2020 比の 90% の色域を達成しました。従来の LED では、CIE1931 座標上で 72%、CIE1976 座標上で 78% の色域です。

今後の展開

新しい緑色蛍光体として用いることにより、BT.2020 比で 90% と、8K 放送に適した色域が実現可能となりました。現在、BT.2020 規格に対応したバックライトとして、有害な Cd を含む量子ドット技術や、高コストなレーザや緑色 LED を用いる技術が提案されています。今回開発した技術は、蛍光体に有害元素を含まない為、安全面、環境面への貢献も期待でき、コスト面でも従来の緑色蛍光体を置換えるだけであるので、従来のバックライトと同等の低コストで実現できます。

今回の検討では色域について確認しましたが、実用化に向けて明るさの改善と更なる低コスト化が課題です。具体的には、蛍光体の発光効率が低いことと、蛍光体材料をデバイスパッケージに実装する量が多くコスト高になることが課題です。明るさの改善は、材料の組成と製造プロセスを最適化して発光効率を向上させることにより対応します。また、低コスト化は本材料に特化したデバイスパッケージにより対応します。これらの課題を解決した後に、開発したバックライトを実際に液晶テレビの実機に組み込み、色フィルターとのマッチングの調整を行うことが必要です。それにより、2018 年の 8K 実用放送のタイミングでテレビに搭載され、2020 年のオリンピック放送で広く国内に普及させることを目指します。

掲載論文

題目：Achieving super-wide-color-gamut display by using a narrow-band green-emitting γ -AlON:Mn, Mg phosphor

著者：Kenichi Yoshimura, Hiroshi Fukunaga, Makoto Izumi, Kohsei Takahashi, Rong-Jun Xie, Naoto Hirosaki

雑誌：Japanese Journal of Applied Physics（応用物理学会）

掲載日時：2月号（オンライン公開：英国時間 2017 年 2 月 24 日）

用語解説

(1) 発光ダイオード（LED）

端子間に電圧を加えると発光する半導体。蛍光体と青色 LED を組み合わせた白色発光ダイオードは、消費電力が少なく、小型軽量、長寿命、水銀フリーの特徴を持ち、照明や画像表示装置などに使われている。

(2) 液晶テレビ、液晶ディスプレイ

液晶の電圧変化により透明度が変わる性質を用いて、バックライトの透過量を変化させて画像を表示する方式のディスプレイ。現行の市販テレビの大部分に使用されている。

(3) 蛍光体

紫外線や青色光を照射すると異なる波長で光るセラミックス。蛍光灯、ブラウン管、白色 LED など照明器具やディスプレイの発色に使われている。

(4) バックライト

液晶テレビの光源。赤緑青の光の三原色の成分を含み、色フィルターとの組み合わせで三原色を作り出す。

(5) NTSC

アメリカのテレビ放送の方式を策定する委員会（“National Television Standards Committee”（米国テレビ標準化委員会））の名称。色再現範囲の標準値を決めており、色純度図上で標準の三角形の面積との比から、ディスプレイが再現できる色域範囲を NTSC 比として表す。

(6) 色空間、色度図 (CIE1931 および CIE1976)

CIE (国際照明委員会) が 1931 年および 1976 年に決めた色を示す空間座標。自然界の色は赤色成分に関係する x 値、緑色成分に関係する y 値を用いて、 xy 座標上の点として表すことができる。なお、青色成分に関する z 値は、 $x+y+z=1$ となる値であり、座標から決まる。

(7) 色フィルター

特定の波長の光だけを透過する材料。赤、緑、青の3種類のフィルターがあり、バックライトを光の三原色に分解する働きをする。

(8) γ -AlON 蛍光体

γ -AlON は酸化アルミニウム (Al_2O_3) と窒化アルミニウム (AlN) の中間の組成であるセラミックス。これに Mg と Mn を添加すると緑色の蛍光体となる。

Rong-Jun Xie, Naoto Hiroaki, Xue-Jian Liu, Takashi Takeda, Hui-Li Li, "Crystal structure and photoluminescence of Mn^{2+} - Mg^{2+} codoped gamma aluminum oxynitride (γ -AlON) : A promising green phosphor for white light-emitting diodes, Applied Physics Letters, 92 巻, 201905 ページ, 2008 年

(9) BT.709 規格

電気通信分野における国際連合の専門機関である国際電気通信連合 ("International Telecommunication Union" ITU) の無線通信部門 ("ITU Radiocommunication Sector" ITU-R) が、高精細テレビ ("High Definition Television" HDTV) 用に定めた色域規格。現在のハイビジョン放送に対応している。

(10) BT.2020 規格

ITU-R が、次世代の超高精細テレビ ("Ultra HDTV" UHD TV) 用に定めた色域規格。次世代の 8K 放送に対応している。

(11) β -サイアロン蛍光体

β -サイアロン結晶に Eu を添加した緑色蛍光体。NIMS が発明し量産されている。液晶バックライト用途を中心に多くの白色 LED に使用されている。

(12) カズン蛍光体

$CaAlSiN_3$ 結晶に Eu を添加した赤色蛍光体。NIMS が発明し量産されている。照明用途を中心に多くの白色 LED に使用されている。

(13) KSF 蛍光体

K_2SiF_6 結晶に Mn を添加した赤色蛍光体。液晶バックライトの赤色蛍光体として使用されている。線幅が狭いのが特徴。

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 機能性材料研究拠点 サイアロングループ
フェロー 広崎尚登 (ひろさき なおと)

E-mail: hirosaki.naoto@nims.go.jp

TEL: 029-860-4479

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室
〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp

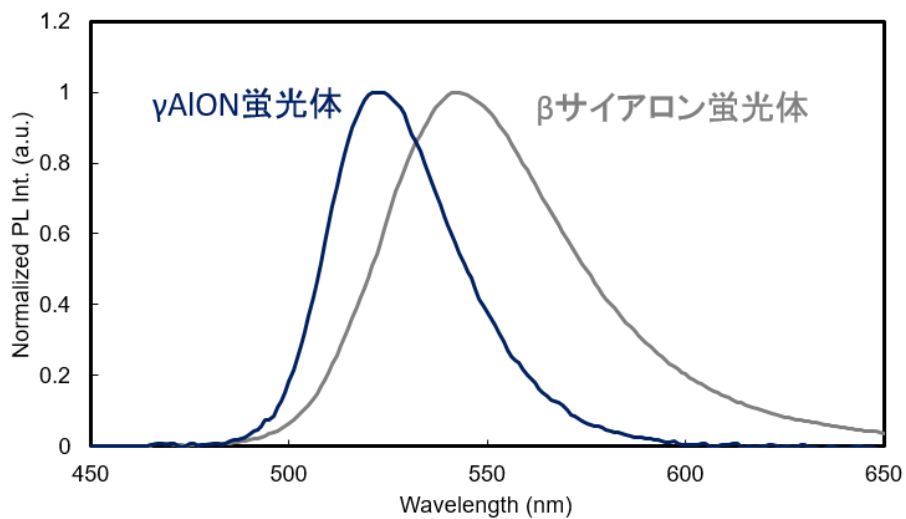


図1 開発した γ AION蛍光体の発光スペクトルと、従来の β サイアロン蛍光体の発光スペクトル

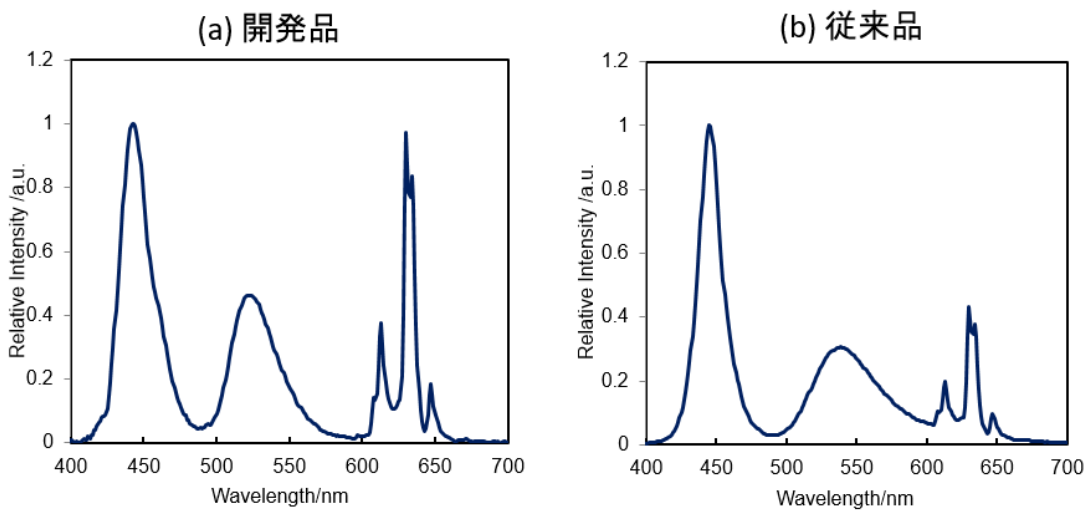
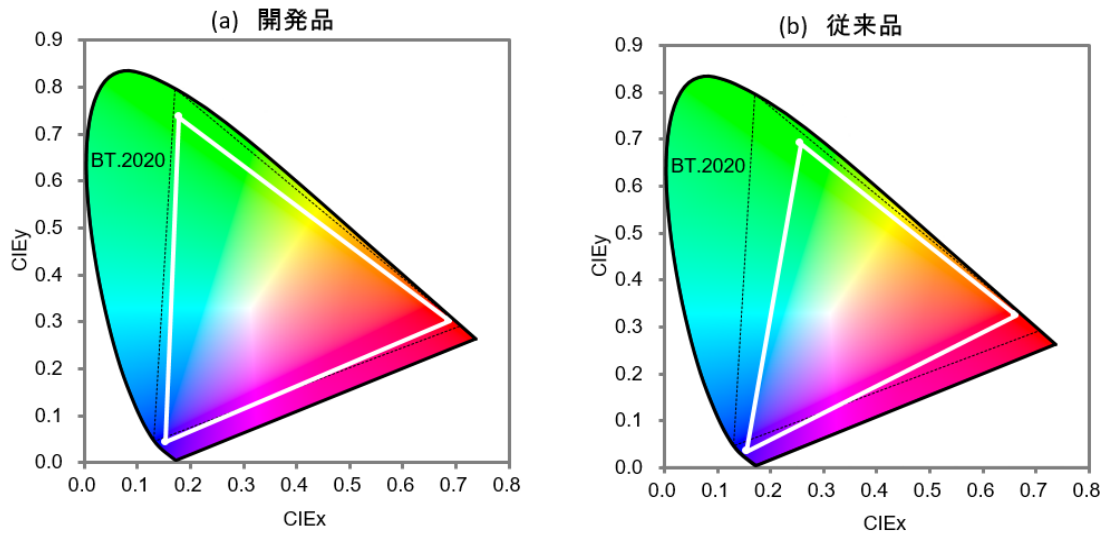


図2 (a) 開発品と (b) 従来品の白色LEDバックライトの発光スペクトル

CIE1931 色度座標



CIE1976 色度座標

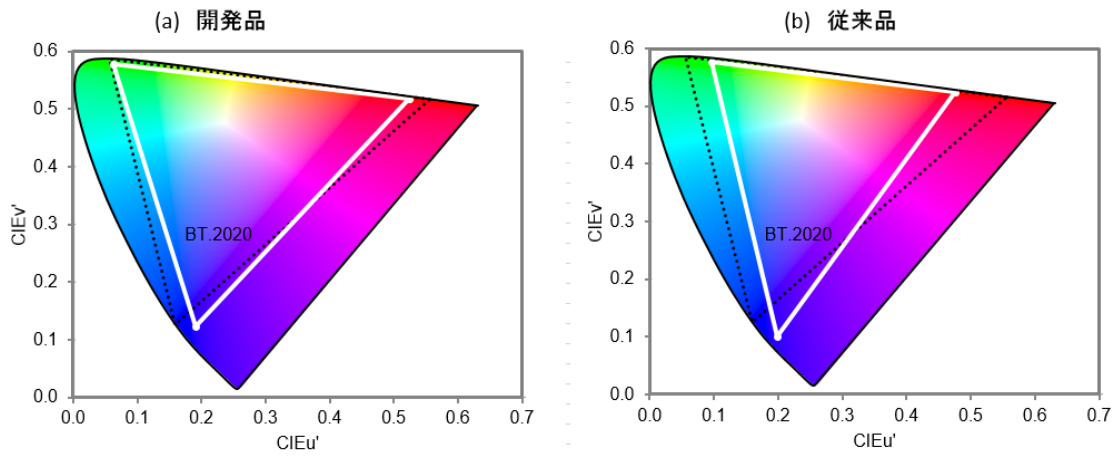


図3 (a) 開発品と (b) 従来品の白色LEDバックライトを用いたディスプレイの色再現域 (白い三角形)