

# 白色LED用βサイアロン蛍光体の開発

研究者：廣崎尚登

独立行政法人物質・材料研究機構

環境・エネルギー材料部門

サイアロンユニット ユニット長

開発企業：吉高紳介

電気化学工業株式会社 代表取締役社長

(推薦者：潮田資勝)

独立行政法人物質・材料研究機構 理事長)



廣崎尚登氏



吉高紳介氏

## 1. 技術の背景

液晶テレビのバックライトには従来から冷陰極管（CCFL）が用いられてきたが、水銀を含む、温度特性が悪い、消費電力が大きい、高速点滅が出来ない等の欠点があり、これらを解消し表示性能を改善するためにバック

ライトのLED化が検討されていた。

携帯電話等で用いられている疑似白色LEDでは表現できる色の範囲が狭く、青・緑・赤の3色のLEDを組み合わせたバックライトは高級機種にしか使えな



図1. 液晶ディスプレイ用バックライトの現状と今後

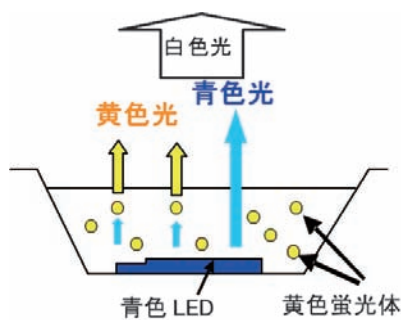


図2. 疑似白色 LED の模式図  
青色 LED と黄色蛍光体で構成され、  
青と黄色を混合して白色光とする。

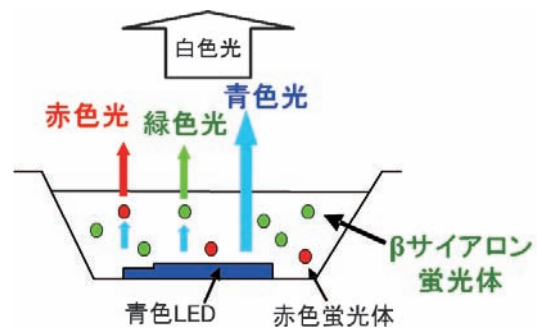


図3. 高演色白色 LED の模式図  
青色 LED とβサイアロン蛍光体、  
赤色蛍光体で構成される。

かった。そこで、大型液晶テレビにも使える青色 LED と緑色蛍光体、赤色蛍光体を組み合わせた高演色白色 LED が望まれていた。しかし、既存の緑色蛍光体は加水分解性があり温度特性が悪いため、特性が良く耐久性のある緑色蛍光体の開発が待たれていた（図1、図2、図3）。

## 2. 技術の概要

サイアロン（SiAlON）は、窒化ケイ素（ $\text{Si}_3\text{N}_4$ ）のシリコン（Si）と窒素（N）をアルミニウム（Al）と酸素（O）で置換した固溶体であり、従来から、窒化ケイ素と並んでエンジン部材や耐熱材料として研究されてきた。サイアロンは優れた熱的・化学的安定性を持つため、サイアロン結晶中に希土類などの発光元素を固溶できれば優れた蛍光体になる可能性があると考えて、独立行政法人物質・材料研究機構（以下 NIMS）は世界に先駆けて窒化物系蛍光体の研究に着手した。

その結果、 $\alpha$ サイアロン蛍光体や $\beta$ サイアロン蛍光体は、目論見通り、温度特性の良い、耐久性に優れた、青色で励起可能な蛍光体となることを発見した（図4、図5）。 $\beta$ サイアロンには、希土類元素のような大きな元素は固溶しないと言われていたが、高分解能走査型電子顕微鏡を用いて詳細に調べたところ、結晶中の特定の場所に希土類元素が侵入固溶することを発見し、従来の常識を覆した。

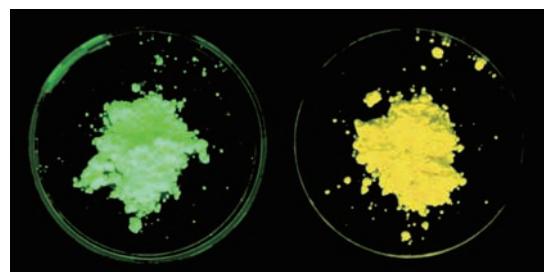


図4. 開発したサイアロン蛍光体  
左が $\beta$ 、右が $\alpha$ （ブラックライトを当てて撮影）。

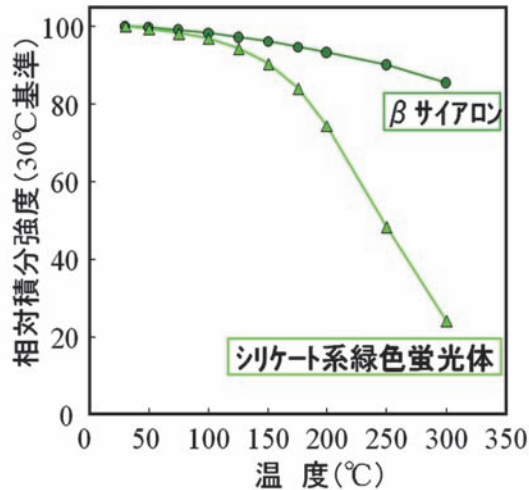


図5. βサイアロン蛍光体と既存シリケート系蛍光体の温度特性の違い

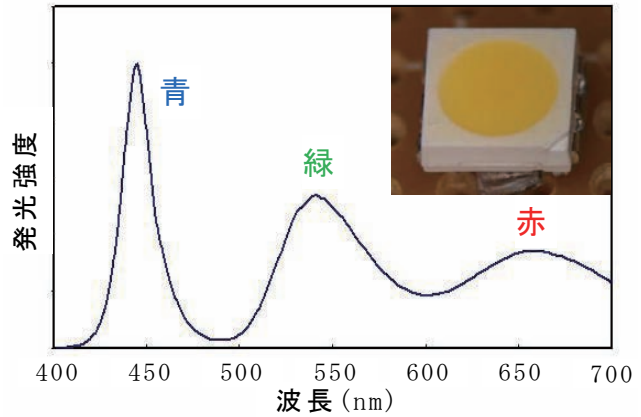


図6. 青色 LED、βサイアロン緑色蛍光体、赤色蛍光体の組み合わせによる液晶バックライト用高演色白色 LED の発光スペクトル

また、結晶構造の詳細な解析により、発光イオン周囲の酸素／窒素比、配位元素、イオン間の距離を変えることによって発光特性を調整できることを見だし、サイアロン蛍光体の材料設計指針を提案した。すなわち、βサイアロン蛍光体の固溶組成を調整することにより、優れた耐久性や温度特性を犠牲にすることなく、発光波長を調整できることを示した。

βサイアロン蛍光体は、青色光を吸収して視感度の良い鮮やかな緑色光を発し、使用温度が上がっても明るさが変わらず、耐湿信頼性に優れ、長時間の使用で劣化しないため、液晶バックライト用緑色蛍光体として好適な特性を持つ。NIMS はこれに着目して、本蛍光体を用いた白色 LED を試作し、液晶バックライトに適していることを実証した (図6)。

バックライトの消費電力は液晶テレビの消費電力の大半を占めるので、そこに用いる白色 LED には高い発光効率が求められる。開発初期の本蛍光体は発光効率が低く、これを高めることが実用上の大きな課題であった。電気化学工業株式会社は、発光効率が、組成、不純物、結晶欠陥、粒径、粒子界面、発光イオンの価数や量等に左右されることを明らかにし、製造プロセス条件を詳細に検討した結果、発光効率と発光強度を開発当初の3倍以上にまで高めることに成功した (図7)。

このような特性向上試験と並行して量産技術開発を進め、2000°Cを越える高温焼成炉の大型化に伴う設備やプロセス上の諸問題を解決し、前処理・後処理プロセスを含めた量産技術を確立した。この開発技術に基づいて2009年より量産設備による製造を開始し、2010年には設備増強を果たして供給体制を整えた。

### 3. 効果

本蛍光体を用いた白色 LED をバックライトに使用すると、種々の優れた特徴を持った液晶テレビを実現できる。例えば、色を鮮やかに表現できる、寿命が長い、温度による色や明るさの変化が小さい、電力消費量が少ない、水銀を含まない、コントラスト比を高くできる、画面の暗部をきれいに表現できる等々である。

これらの長所が液晶テレビメーカーに認められ、本蛍光体を用いた白色 LED は、2009 年秋、大型液晶テレビに採用された。これをきっかけとして、液晶テレビのバックライトが CCFL から白色 LED に急速に置き換わっていった。また、2010 年には、従来の  $\beta$  サイアロン蛍光体に比べて発光波長を短波長化した新グレードの量産を開始し、より一層色を鮮やかに表現できる大型液晶テレビが発売された。このように、大型液晶テレビの特性向上を通じてその普及に貢献し、大きな経済効果をもたらした。

バックライトの白色 LED 化は、有力な地球温暖化対策の一つと考えられている白色 LED の普及に弾みをつけ、照明用途における白色 LED 普及の先駆となった。他の技術と組み合わせることにより、現在の市販薄型テレビの消費電力は、2009 年に比べて半減している。 $\beta$  サイアロン蛍光体の実用化は、液晶テレビの水銀フリー化、低消費電力化を進め、環境負荷低減に寄与している。

学術面では、従来は耐熱材料として研究されてきたサイアロンが蛍光体となることを初めて示した研究であり、窒化物系セラミックスの新機能・新分野を拓いた。また、サイアロン蛍光体の発見が端緒となって、窒化物系蛍光体の研究開発が世界中で行われるようになり、新しい蛍光体の分野が発展しつつある。

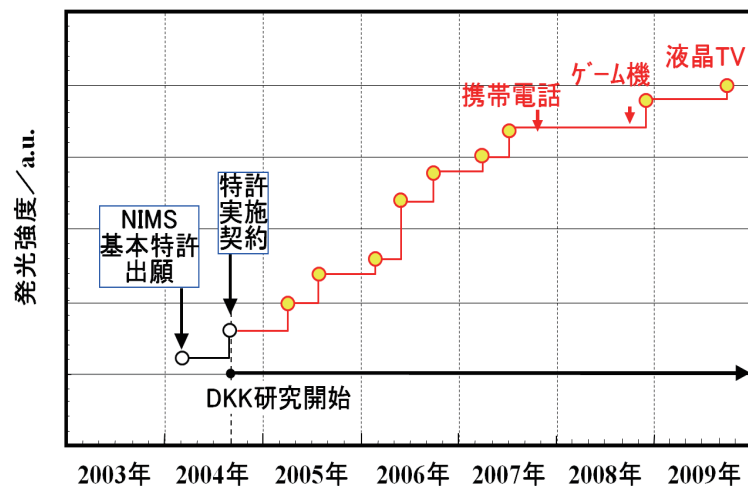


図7.  $\beta$  サイアロン蛍光体の発光強度の推移  
発光強度が初期に比べて3倍以上になり  
2007年より実用化が始まった。