

Regius Model 150 用輝尽性蛍光体プレートの開発

The Development of a New Photostimulable Phosphor Plate in the Regius Model 150 System

若松 秀明* 中野 寧* 本田 哲*
Wakamatsu, Hideaki Nakano, Yasushi Honda, Satoshi

The central component of a CR (computed radiography) system is its photostimulable phosphor plate, which both records and reads images. We developed a new synthesis of photostimulable phosphor and a unique fabrication of the plate to improve image quality in the CR system. The use of a BaFl:Eu^{2+} phosphor produced uniformly by crystal generation in solution provided exceptional performance, because iodide's high atomic weight furnishes a high x-ray absorption coefficient and, thus, low x-ray quantum noise. Furthermore, sharpness is maintained because light scattering is minimized by an anti-scattering layer between the plate and its protective outer layer.

1 はじめに

近年、新規な医用画像診断システムとしてデジタル画像を扱った診断装置の市場拡大が急速に進んでいる。

このような医療環境の変化の中で、当社では、CR (Computed Radiography) として1996年7月に Regius Model 330 (立位タイプ) を皮切りに Regius Model 530 (臥位タイプ)、Regius Model 330M (車載タイプ) を発売した。そして、今回新たにカセットタイプ Regius Model 150 の開発を行った。

プレートの高画質化には高輝度な輝尽性蛍光体開発が必要であり、かつ蛍光体特性を十分に引き出しうるプレート設計が重要である。

本稿では、新規な輝尽性蛍光体粒子の開発とプレート特性について、以下に報告する。

2 新規輝尽性蛍光体開発

2.1 ヨウ化弗化バリウムの特徴

2.1.1 蛍光体の選択

当社は、立位、臥位CRシステムにおいて、蒸着型 RbBr:Tl^+ 輝尽性蛍光体を用い、装置内蔵型プレートとして使用している。一方、今回開発したカセットシステムにおいては、軽量で取扱いの容易な塗布型プレートを採用し、そこに用いる輝尽性蛍光体の開発を行った。¹⁾

塗布型プレート用蛍光体の候補として、 BaFX ($X=\text{Cl, Br, I}$) 系蛍光体 (具体的には、 BaFBr , BaF(Br, I)) が広く知られている。^{2),3)}

BaFX 系蛍光体の結晶構造は、正方晶系 PbFCl 型構造であり、 c 軸に垂直な周期構造を持つイオン結晶⁴⁾で、輝尽発光中心となる微量の Eu^{2+} は BaFX 母体結晶の Ba^{2+} サイトと置換する構造をとる。

我々は、CRプレート用蛍光体として、優れた特性を持ち合わせながら、実用化検討が十分にされていなかった BaFl:Eu^{2+} を選択し、開発を行った。

2.1.2 BaFl:Eu^{2+} 輝尽性蛍光体の特徴

BaFl:Eu^{2+} 輝尽性蛍光体の特徴を以下に示す。

(1) 輝尽発光スペクトルと輝尽励起スペクトル

Fig. 2 にプレートの輝尽発光スペクトルと輝尽励起スペクトルを示す。輝尽励起スペクトルは蛍光体固有のものであり、 BaFl:Eu^{2+} のピーク波長は BaFBr:Eu^{2+} 、 $\text{BaF(Br}_{0.8}\text{I}_{0.2}\text{):Eu}^{2+}$ と比較して長波長のピークを持っている。その結果、コンパクトな高出力半導体レーザーを用いることができる。

また、 BaFl:Eu^{2+} の輝尽発光スペクトルのピーク波長も BaFBr:Eu^{2+} 、 $\text{BaF(Br}_{0.8}\text{I}_{0.2}\text{):Eu}^{2+}$ のピーク波長より高波長側にあり、画像読取時の受光効率向上に有利である。



Fig. 1 輝尽性蛍光体プレート

*MGカンパニー MG材料システム開発センター

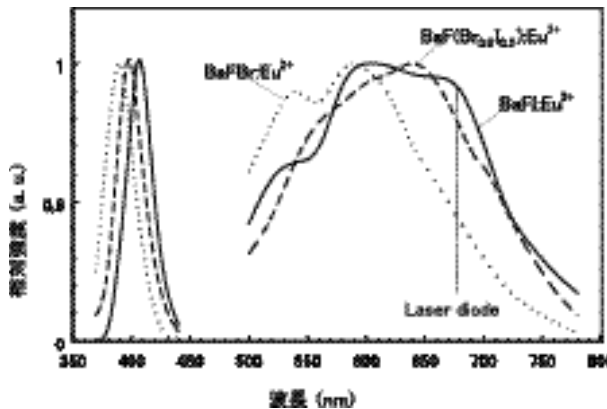


Fig. 2 輝尽発光スペクトルと輝尽励起スペクトル

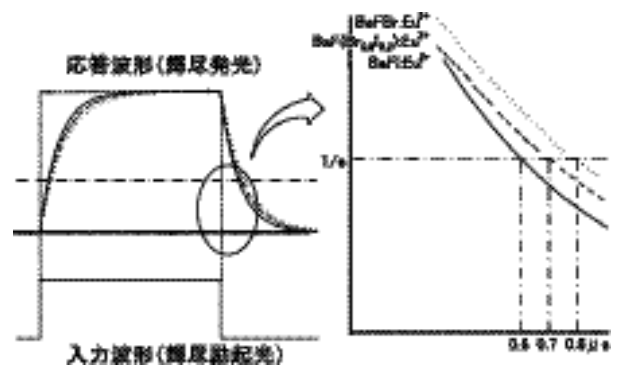


Fig. 4 BaFX蛍光体の応答速度

(2) X線吸収

プレートに起因する粒状性は、X線量子モトルと光量子モトル、さらに構造モトルに分けられる。X線吸収率の向上は画像のX線量子モトルの低減につながる。

X線吸収特性は蛍光体の分子量により決まり、分子量が大きいほどX線吸収率は高くなる。よって、BaFBr:Eu²⁺、BaF(Br_{0.8}I_{0.2}):Eu²⁺よりも大きい分子量を持つBaFI:Eu²⁺のX線吸収率は高い。

Fig. 3に上記3種類のBaFX系蛍光体のX線吸収率に相当する質量減弱係数を示す。⁵⁾ これより、40~150keVの範囲でBaFI:Eu²⁺の係数が一番高く、BaFI:Eu²⁺を採用することによりX線量子モトルの低減が可能となる。

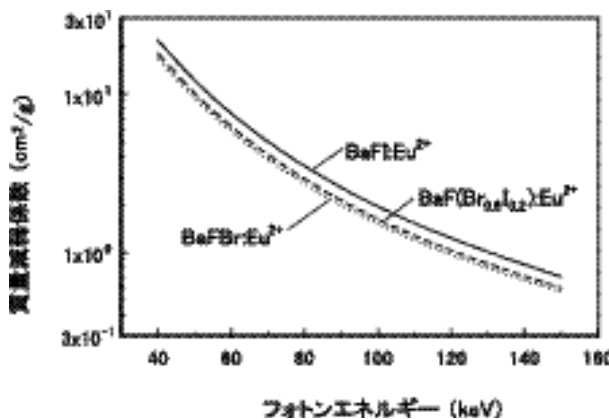


Fig. 3 BaFX蛍光体の質量減弱係数

(3) 応答速度

輝尽性蛍光体はX線照射後、励起光照射により直ちに輝尽発光を生じ、照射を中止すると輝尽発光も停止する。

この際の輝尽発光の応答性は蛍光体固有の値を示す。

Fig. 4にBaFI:Eu²⁺、BaFBr:Eu²⁺、及びBaF(Br_{0.8}I_{0.2}):Eu²⁺の応答速度の比較を示す。BaFI:Eu²⁺の応答速度が0.6 μsと速く、読取速度の高速化に有利である。

2.2 ヨウ化弗化バリウム粒子の作製

通常、蛍光体は高温で原料間の固相反応（焼成）により合成される。^{6),7)} 原材料を混合した後、焼成炉内で焼成する。焼成時には原材料の分解、母体結晶の合成、付活剤の導入、生成した蛍光体粒子の成長が同時に起きている。そのため各反応過程の微妙な制御が困難である。このような固相反応では、原材料中の不純物が結晶中に取りこまれ、蛍光体性能に大きな影響を与えるために、高画質化を達成することができなかった。

そこで、新たなBaFI:Eu²⁺蛍光体合成法を開発した。不純物混入を極力低減した結晶性の高い均一な粒子を得るため、水溶液中での結晶成長反応による蛍光体合成を試みた。添加する金属塩の選択、反応条件、付活剤の添加方法などの種々の因子について条件検討を行った結果、液相反応により純度が高く均一なBaFI:Eu²⁺粒子の合成に成功した。

Fig. 5 - (a)に作製した粒子の粉末X線回折パターンを示す。JCPDSカード検索によりこの粒子をBaFIと同定した。

次に、この蛍光体粒子の単粒子膜を基板上に作製し、X線回折測定を行ったところ、2θ=27°に強いピークを確認した。このことから、得られた結晶は主として(110)面を有する均一粒子であると考えられる。(Fig. 5 - (b)) また、作製した粒子のアルカリ金属とアルカリ土類金属の定量分析を行ったところ、Ba以外の元素は検出限界以下であった。

以上、新規な合成法により不純物の少ない均一な結晶を有する粒子の作製が可能となり、この粒子を還元焼成することにより、BaFI:Eu²⁺輝尽性蛍光体を得ることができた。

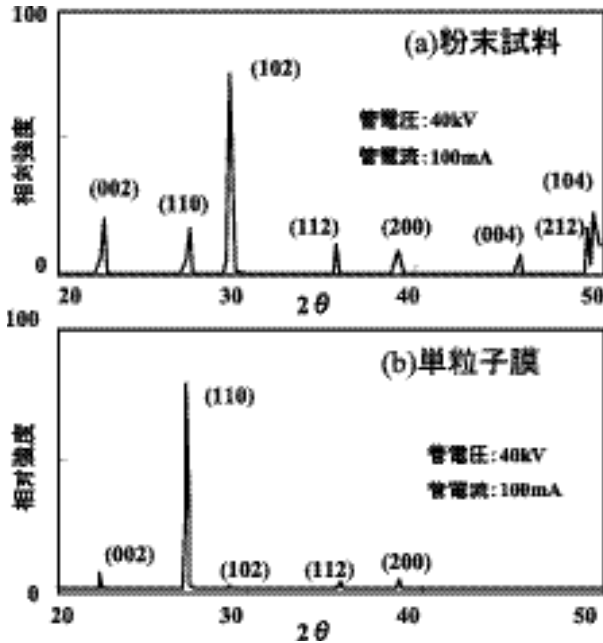


Fig. 5 BaFlのX線回折パターン

3 新規プレート設計

通常CRプレートは、保護層、蛍光体層、支持体の3層から形成されている。保護層は、プレートの外界からのダメージから蛍光体を守るために必要であるが、一方で保護層内での励起光散乱が生じ、鮮鋭性低下要因となる。保護層膜厚を薄くことにより励起光散乱を低減できるが、それに伴い、外界からの影響を受けやすくなり蛍光体特性に影響を与えてしまう。また、蛍光体層裏面においても励起光の反射が起こり、やはり鮮鋭性低下要因となる。そこで、我々は励起光の散乱と反射を抑える機能層として、従来のプレート層構成に加えて励起光散乱防止層と励起光吸収層を設けることにより、高鮮鋭性化を図った。(Fig. 6)

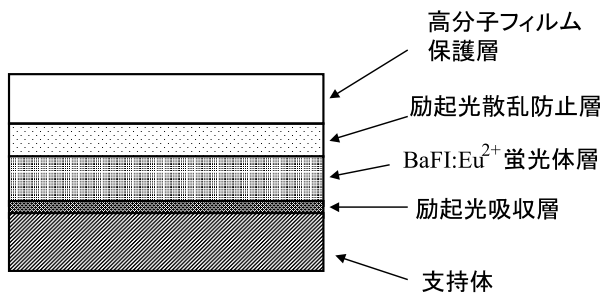


Fig. 6 プレート層構成

ここでは、励起光散乱防止層について簡単に説明する。励起光散乱防止層を保護層と蛍光体層の間に導入したところ、鮮鋭性維持の効果が認められた。これは、読取レーザー光が保護層界面に反射して蛍光体面に再入射しにくくなるためであると考えられる。^{8),9)} (Fig. 7)

さらに、励起光散乱防止層を導入したプレートについて、保護層厚と鮮鋭性の関係を求めたところ、Fig. 8に示すように層厚に関係無く鮮鋭性を維持できることが明らかとなった。よって、励起光散乱防止層導入により鮮鋭性を低下させることなく保護層を厚くし、外界からの影響を低減することが可能となった。

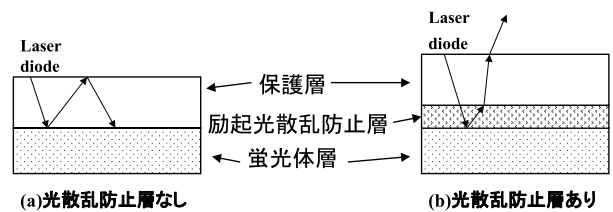


Fig. 7 励起光散乱防止層の導入

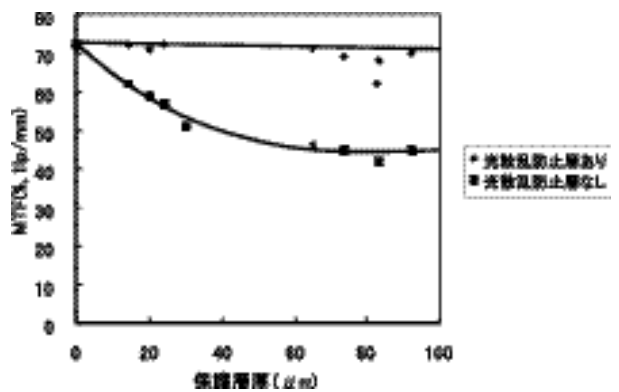


Fig. 8 励起光散乱防止層と鮮鋭性の関係

4 BaF₁:Eu²⁺プレートの粒状性評価

BaF₁:Eu²⁺プレートの画質評価は代表的な市販プレートとの比較により行った。

まず、全モトルの評価を行った。BaF₁:Eu²⁺プレートと市販プレートBaF(Br,I):Eu²⁺を用いて同一条件でX線撮影を行い、その画像を元にウィナースペクトルを求めた。その結果、市販プレートよりBaF₁:Eu²⁺蛍光体プレートの方が、空間周波数0.2から2.85 cycle/mmの範囲で全モトルが低く、すなわち粒状性が良いことが明らかになった。(Fig. 9)

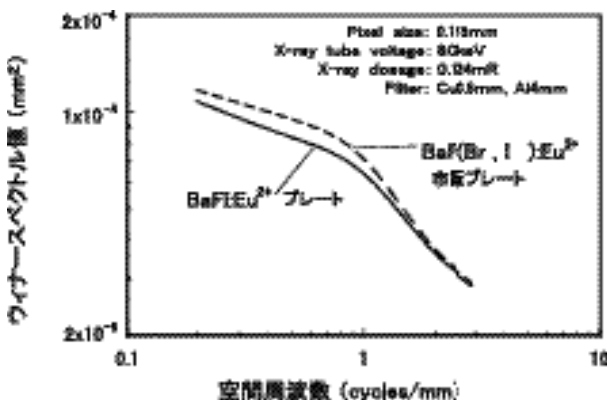


Fig. 9 BaF₁:Eu²⁺プレートの全モトル

さらに、Fig. 9に示す全モトルをX線量子モトル、光量子モトル、及び構造モトルに分離を試みた。

BaF₁:Eu²⁺蛍光体プレートと市販プレートのX線量子モトルと光量子モトルとの関係を示す。(Fig.10) BaF₁:Eu²⁺プレートの方のX線量子モトルが低く、かつ光量子モトルも低いことが明らかとなった。これは、新規合成法の採用により不純物の少ない均一な蛍光体粒子を作製できたためであり、その粒子を用いることによりX線吸収のみならず、発光効率の高いプレートを得ることができたと考えられる。

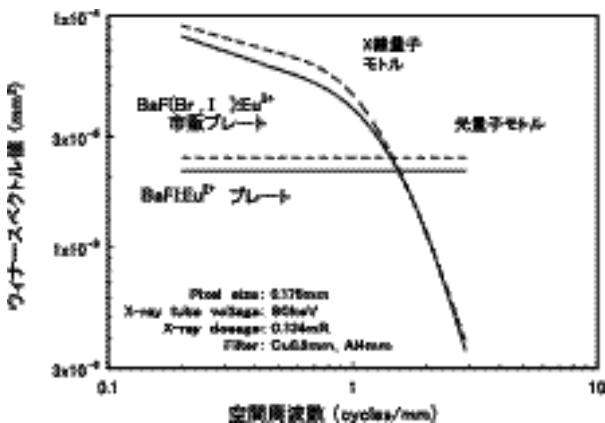


Fig.10 BaF₁:Eu²⁺プレートのX線量子モトルと光量子モトル

5 まとめ

新規な合成法により、高いX線吸収率と発光効率を持つBaF₁:Eu²⁺蛍光体粒子を得ることができた。さらに、励起光散乱防止技術を導入することにより、粒状性、鮮鋭性に優れた画質性能を持つプレートを実現することができた。

参考文献

- 1) Y.Nakano,S.Honda,H.Wakamatsu et.al, 85th Scientific Assembly and Annual Meeting(RSNA),213,502(1999)
- 2) M.Sonoda et.al,Radiology,148,833(1983)
- 3) Y.Iwabuchi et.al,Jpn.J.Appl.Phys.,33,178(1994)
- 4) T.J.Bastow,S.N.Stuart et.al,J.Phys. Condens. Matter 6,8633(1994)
- 5) S.H.Seltzer and J.H.Hunbshell, "光子減弱係数データブック", 日本放射線技術学会(1995)
- 6) J.L.Ouweltjes and W.L.Wanmaker, J.Electrochem.Soc.,103,160(1956)
- 7) J.G.Rabatin,G.R.Gilloly and J.W.Hunter, J.Electrochem.Soc., 114,956(1967)
- 8) M.Nakazawa,O.Morikawa, M.Nitta et.al,SPIE,1231,Medical Imaging IV,350(1990)
- 9) J.W.Coltman,J.Opt.Soc.Am.,44,468(1954)