

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		自由励起子からの発光を利用した超高速シンチレータの研究			
研究テーマ (欧文) AZ		Study of emission from free excitons of ultra fast scintillators			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)	名)	研究期間 B	2009 ~ 2011年
	漢字 CB	柳田	健之	報告年度 YR	2011 年
	ローマ字 CZ	Yanagida	Takayuki	研究機関名	東北大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東北大学未来科学技術共同研究センター・准教授			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>本研究では、これまでの「遅くとも発光強度の強い」シンチレータから「発光強度が低くとも速い」次世代シンチレータの開発を目的としている。その具現化のために、私は ZnO という、自由励起子の発光を利用したシンチレータの開発を企図した。当該研究の目的は、この ZnO シンチレータに Ga や In を添加したものを合成して欠陥に伴う低速な発光成分を抑制し、最終的にガイガーモード APD と融合させることで次世代放射線検出器の試作を行うものである。</p> <p>本研究にておいては、LPE (Liquid Phase Epitaxial) 法を用いて、市販の高品質 ZnO 基板の上に、Ga、Inなどを添加した ZnO 結晶を成長させた。本手法は熱平衡に近い状態で結晶化させるために、出来あがった結晶サンプルの結晶性が高い等の特徴を有しており、励起子など、結晶欠陥と関連する発光を議論する際には適した方法である。合成したサンプルは、Ga<sup>3+</sup> 26、55、520 ppm 添加、In<sup>3+</sup> 26、53、141 ppm 添加、Mg<sup>2+</sup> 1、5、10、13 mol% 添加、Li<sup>+</sup> 50、500 ppm 添加のものである。</p> <p>合成したサンプルに対して光学研磨を施した後、光物性測定を行った。全ての結晶で 380-390 nm よりも長波長側で 60-80% 前後の高い透過率を示しており、光学結晶として十分な特性を有していることが示された。Ga、In 系では添加物濃度の上昇に伴ってバンド端の透過率特性が悪くなってきたが、これは吸収量増加の影響なのか結晶性の低下による影響なのかは定かではない。Mg 系では多量の元素置換を行っているにもかかわらず、ほとんど透過率の減少が見受けられず、むしろ高濃度添加物の方が若干、バンド端吸収の波長が短波長側にシフトしていた。</p> <p>透過率の後、放射線励起発光スペクトルを系統的に調査した。東京電波社による市販品の無添加 ZnO では 390 nm 前後の自由励起子によるシャープな発光ピークと 500-600 nm のブロードな発光ピークが検出された。Ga、In 添加系に関して、それぞれ欠陥起因のピーク強度が添加物量に比例して小さくなる現象が観測された。Ga 添加系に関しては、Ga 量に応じて、25 ppm では欠陥発光の方が大きく、55 ppm では自由励起子と欠陥発光が同程度、552 ppm では自由励起子発光が大きくなるという結果が得られた。一方、In 系では、In 濃度が薄いうち (25、53 ppm) では欠陥発光の方が大きい、141 ppm 添加においては、完全に STE 発光を抑制することに成功した。</p> <p>最後に最新の微弱光計測用受光素子である、ガイガーモード APD (MPPC) を用いた計測系を組み、次世代放射線検出器としての性能評価実験を行った。Ga、In 系の結果に関しては、欠陥発光を抑制した影響が出ているため、全体として発光量が添加量の上昇に伴って減少したが、どの濃度でも十分な S/N 比で計測を行うことが出来た。Mg 系でも同様に Mg 濃度が上昇するほど発光量が減少してきた。Li 系に関してはほとんど発光を呈さず、シグナルが検出できなかった。同時に放射線励起による蛍光減衰時定数の計測を行ったが、Ga、In 系では高濃度ほど欠陥起因の低速成分が抑制されていることが分かった。Mg 系では高速/低速の発光成分比はほぼ変わらなかった。結果として、数百 ppm 程度の Ga、In 添加 ZnO をガイガーモード APD と組み合わせることで、極めて高速な放射線検出器が構成できることが分かった。</p>					
キーワード FA	シンチレータ	ZnO	励起子	ガイガーモード APD	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA							
研究機関番号 AC					シート番号							

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Scintillation Properties of In doped ZnO with Different In Concentrations							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Yanagida et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	IEEE Trans. Nucl. Sci.					
	ページ <sup>GF</sup>	1325~1328	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	0	巻号 <sup>GD</sup>	57
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Scintillation Characteristic of In, Ga doped ZnO Thin Films with Different Dopant Concentrations							
	著者名 <sup>GA</sup>	Y. Fujimoto, T. Yanagida et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Jpn. J. Appl. Phys.					
	ページ <sup>GF</sup>	01BG04-01~04	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	1	巻号 <sup>GD</sup>	50
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Development of ZnO Based Radiation Monitor for Processing Facility							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Yanagida et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Jpn. J. Appl. Phys.					
	ページ <sup>GF</sup>	01BG06-01~04	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	1	巻号 <sup>GD</sup>	50
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Evaluations of ZnO Based Alpha-Ray Imager							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Yanagida et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	IEEE NSS MIC 2010, Conference record					
	ページ <sup>GF</sup>	188~191	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	1	巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Comparative Study of Ga, In, and Mg Doped ZnO Thin-Film Scintillator with Geiger Mode APD							
	著者名 <sup>GA</sup>	T. Yanagida et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	IEEE NSS MIC 2009, Conference record					
	ページ <sup>GF</sup>	1452~1455	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	0	巻号 <sup>GD</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>	T. Ogawa et al., (including T. Yanagida)							
	書名 <sup>HC</sup>	Nuclear Power - Operation, Safety and Environment (Chap.9, Imaging of Radiation Accidents and Radioactive Contamination Using Scintillators)							
	出版者 <sup>HB</sup>	Intech	発行年 <sup>HD</sup>	2	0	1	1	総ページ <sup>HE</sup>	368
<p>欧文概要<sup>EZ</sup></p> <p>The purpose of the present study is to develop high quality ZnO based crystalline scintillators, and by using these ZnOs, to realize a high performance radiation detector with Geiger mode avalanche photodiode (APD). In the synthesis, we grew Ga<sup>3+</sup> 26, 55 and 520 ppm doped, In<sup>3+</sup> 26, 53 and 141 ppm doped, Mg<sup>2+</sup> 1, 5, 10, 13 mol% doped, and Li<sup>+</sup> 50 and 500 ppm doped ZnO crystals by the LPE method. In transmittance spectra, all crystals showed 60-80% transparency at wavelength longer than 390 nm.</p> <p>Then, in radiation excited luminescence spectra, they showed two intense peaks at 390 and 500 nm: the former was ascribed to the free exciton related emission and the latter some kinds of defects. When Ga or In dopant concentration increased, the intensity of defect related emission decreased. On the other hand, Mg doped ZnOs were not affected by Mg concentrations. The emission intensities of Li doped ones resulted very weak.</p> <p>Finally, ZnOs were assembled with Geiger mode APD (MPPC, Hamamatsu Photonics) and their light yields and decay times were evaluated. Except Li doped ones, all ZnOs exhibited a similar tendency that the increment of the dopant concentration resulted a drop-off of light yields, due to the suppression of defect related emission. It means that only fast emission due to the free exciton was detected by the photodetector. In Li doped ones, no signal was detected. At the same time, decay time profiles under radiation exposure were measured. In Ga and In doped scintillators, only fast emission was detected in the densest dopant samples. This result is fully consistent with the radiation induced luminescence spectra and light yield measurements using Geiger mode APD. Thus, a new radiation detector composed of ZnO and Geiger mode APD was successfully developed.</p>									