

Title	量子ドット蛍光体を利用した新奇な集光型発電システムの開発
Sub Title	Development of a novel concentrator photovoltaic system using quantum dot phosphors
Author	磯, 由樹(Iso, Yoshiki)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2024
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2023.)
JaLC DOI	
Abstract	【研究背景】 蛍光型太陽光集光器 (LSC) は、蛍光体が太陽光を吸収し、発された蛍光が透明導光板内で全反射し、基板の端面に設置された小型太陽電池に収集される発電システムである。本研究では高効率に可視蛍光を発するコア / シェル型CuInS₂/ZnS量子ドット (CIS/ZnS QD) 蛍光体を利用してLSCのための蛍光ナノコンポジット膜を作製し、端部に取り付けた小型太陽電池の発電性能に与える影響を評価した。膜試料の蛍光体濃度や厚さを変化させながら、LSCシステムの発電性能の最大化を検討した。 【実験方法】 ヨウ化銅と酢酸インジウムを1-ドデカンチオールに投入し、230℃に加熱してCISコアを生成した。酢酸亜鉛溶液とステアリン酸亜鉛溶液を加えZnSシェルを成長させた。遠心分離と真空乾燥でCIS/ZnS QDの粉末試料を得た。エチレンビニル酢酸共重合体 (EVA) 樹脂が溶解したトルエンにQDを分散させ、これを乾燥して蛍光ナノコンポジット膜を作製した。ここで、QD量および分散液量で膜の濃度や厚さを制御した。ガラス基板と結晶シリコン太陽電池からLSCを構築し、膜試料を接着して発電性能を測定した。 【結果および考察】 様々な分析からCIS/ZnS QDの合成を確認した。膜厚を固定してQD濃度が3.1-13.0wt%の膜を作製した。膜は均一かつ透明であり、QDは良好に分散した。UV光を照射すると、QD濃度が高いほど強い蛍光を発した。透過・吸光特性を評価すると、QD濃度が高いほど吸光および光散乱が増大した。一方、蛍光強度は6.2wt%以上では低下した。QD量が過剰になり濃度消光が起きたためである。AM1.5G疑似太陽光下でLSCの電流-電圧特性を評価すると、QD濃度が6.2wt%までは光電流が増大し、それ以上では減少した。この原因を調べるため分光感度特性を測定したところ、蛍光および光散乱がLSCの発電に寄与していることがわかった。この結果より最適QD濃度を6.2wt%として膜厚を変化させた。~80μmから~320μmまで膜厚を増大すると、吸光、光散乱および蛍光が単調増大した。しかし~370μmでは蛍光強度のわずかな低下が見られた。過剰な光散乱による光取り出し効率の低下が起きた可能性がある。LSCの電流-電圧特性や分光感度特性を測定すると、~370μmで発電性能は最大となった。以上の結果から、QD濃度と膜厚が6.2wt%および~370μmのナノコンポジット膜でLSCの発電性能が最大となることが明らかとなった。 A luminescent solar concentrator (LSC) is a power generation system in which the phosphors absorb sunlight and the emitted photoluminescence (PL) is totally reflected in a transparent light guide plate and collected by a small solar module placed on the edge of the substrate. In this study, luminescent nanocomposite films for LSC were fabricated using core/shell CuInS₂/ZnS quantum dot (CIS/ZnS QD) phosphor, which emit visible PL with high efficiency, and their effect on the power generation performance of the solar module was evaluated. Maximizing the power generation performance of the LSC system was investigated by varying the phosphor concentration and thickness of the film sample. Copper iodide and indium acetate were put into 1-dodecanethiol and heated to 230 °C to produce the CIS core. Zinc acetate and zinc stearate solutions were added to grow the ZnS shell. Powder samples of CIS/ZnS QD were obtained by centrifugation and vacuum drying. The QD was dispersed in toluene in which ethylene vinyl acetate (EVA) copolymer (EVA) resin was dissolved, and dried to produce a luminescent nanocomposite film. Here, the concentration and thickness of the film were controlled by the used amount of QD and dispersion. LSC was constructed from a glass substrate and a crystalline silicon solar module, and the film samples were attached to the LSC to measure the power generation performance. Various analyses confirmed the synthesis of CIS/ZnS QD. Films at 3.1-13.0 wt% of QD concentrations were prepared with a fixed thickness. The films were uniform and transparent; therefore, the QDs were well dispersed. Observed PL under UV light was enhanced by increasing QD concentration. Transmission and absorption properties showed that optical absorption and scattering increased with increasing QD concentration. The current-voltage curves of LSC measured under AM1.5G simulated sunlight showed that the photocurrent increased up to a QD concentration of 6.2 wt% and decreased above this concentration. To investigate this result, spectral sensitivities were measured, revealing that PL and light scattering contributed to the power generation of the LSC. According to these results, the film thickness was varied with fixing the QD concentration at the optimized 6.2 wt%. As the film thickness increased from ~80 μm to ~320 μm,

	absorbance, light scattering, and PL increased monotonically. However, a slight decrease in PL intensity was observed at ~370 μm. Measurements of the current-voltage and spectral sensitivity of the LSC showed that the maximum power generation performance was achieved at ~370 μm. These results reveal that the optimized conditions of the nanocomposite film for the LSC performance were 6.2 wt% QD concentration and ~370 μm thickness.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2023000010-20230243

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2023年度 学事振興資金（個人研究）研究成果実績報告書

研究代表者	所属	理工学部	職名	専任講師	補助額	1,000千円 (特A)
	氏名	磯 由樹	氏名(英語)	Yoshiki Iso		

研究課題（日本語）

量子ドット蛍光体を利用した新奇な集光型発電システムの開発

研究課題（英訳）

Development of a Novel Concentrator Photovoltaic System Using Quantum Dot Phosphors

1. 研究成果実績の概要

【研究背景】蛍光型太陽光集光器（LSC）は、蛍光体が太陽光を吸収し、発された蛍光が透明導光板内で全反射し、基板の端面に設置された小型太陽電池に収集される発電システムである。本研究では高効率に可視蛍光を発するコア／シェル型CuInS₂/ZnS 量子ドット（CIS/ZnS QD）蛍光体を利用してLSCのための蛍光ナノコンポジット膜を作製し、端部に取り付けた小型太陽電池の発電性能に与える影響を評価した。膜試料の蛍光体濃度や厚さを変化させながら、LSCシステムの発電性能の最大化を検討した。

【実験方法】ヨウ化銅と酢酸インジウムを1-ドデカンチオールに投入し、230℃に加熱してCISコアを生成した。酢酸亜鉛溶液とステアリン酸亜鉛溶液を加えZnSシェルを成長させた。遠心分離と真空乾燥でCIS/ZnS QDの粉末試料を得た。エチレンビニル酢酸共重合体（EVA）樹脂が溶解したトルエンにQDを分散させ、これを乾燥して蛍光ナノコンポジット膜を作製した。ここで、QD量および分散液量で膜の濃度や厚さを制御した。ガラス基板と結晶シリコン太陽電池からLSCを構築し、膜試料を接着して発電性能を測定した。

【結果および考察】様々な分析からCIS/ZnS QDの合成を確認した。膜厚を固定してQD濃度が3.1-13.0 wt%の膜を作製した。膜は均一かつ透明であり、QDは良好に分散した。UV光を照射すると、QD濃度が高いほど強い蛍光を発した。透過・吸光特性を評価すると、QD濃度が高いほど吸光および光散乱が増大した。一方、蛍光強度は6.2 wt%以上では低下した。QD量が過剰になり濃度消光が起きたためである。AM1.5G疑似太陽光下でLSCの電流-電圧特性を評価すると、QD濃度が6.2 wt%までは光電流が増大し、それ以上では減少した。この原因を調べるため分光感度特性を測定したところ、蛍光および光散乱がLSCの発電に寄与していることがわかった。この結果より最適QD濃度を6.2 wt%として膜厚を変化させた。~80 μ mから~320 μ mまで膜厚を増大すると、吸光、光散乱および蛍光が単調増大した。しかし~370 μ mでは蛍光強度のわずかな低下が見られた。過剰な光散乱による光取り出し効率の低下が起きた可能性がある。LSCの電流-電圧特性や分光感度特性を測定すると、~370 μ mで発電性能は最大となった。以上の結果から、QD濃度と膜厚が6.2 wt%および~370 μ mのナノコンポジット膜でLSCの発電性能が最大となることが明らかとなった。

2. 研究成果実績の概要（英訳）

<Introduction> A luminescent solar concentrator (LSC) is a power generation system in which the phosphors absorb sunlight and the emitted photoluminescence (PL) is totally reflected in a transparent light guide plate and collected by a small solar module placed on the edge of the substrate. In this study, luminescent nanocomposite films for LSC were fabricated using core/shell CuInS₂/ZnS quantum dot (CIS/ZnS QD) phosphor, which emit visible PL with high efficiency, and their effect on the power generation performance of the solar module was evaluated. Maximizing the power generation performance of the LSC system was investigated by varying the phosphor concentration and thickness of the film sample.

<Experimental> Copper iodide and indium acetate were put into 1-dodecanethiol and heated to 230°C to produce the CIS core. Zinc acetate and zinc stearate solutions were added to grow the ZnS shell. Powder samples of CIS/ZnS QD were obtained by centrifugation and vacuum drying. The QD was dispersed in toluene in which ethylene vinyl acetate (EVA) copolymer (EVA) resin was dissolved, and dried to produce a luminescent nanocomposite film. Here, the concentration and thickness of the film were controlled by the used amount of QD and dispersion. LSC was constructed from a glass substrate and a crystalline silicon solar module, and the film samples were attached to the LSC to measure the power generation performance.

<Results and discussion> Various analyses confirmed the synthesis of CIS/ZnS QD. Films at 3.1-13.0 wt% of QD concentrations were prepared with a fixed thickness. The films were uniform and transparent; therefore, the QDs were well dispersed. Observed PL under UV light was enhanced by increasing QD concentration. Transmission and absorption properties showed that optical absorption and scattering increased with increasing QD concentration. The current-voltage curves of LSC measured under AM1.5G simulated sunlight showed that the photocurrent increased up to a QD concentration of 6.2 wt% and decreased above this concentration. To investigate this result, spectral sensitivities were measured, revealing that PL and light scattering contributed to the power generation of the LSC. According to these results, the film thickness was varied with fixing the QD concentration at the optimized 6.2 wt%. As the film thickness increased from ~80 μ m to ~320 μ m, absorbance, light scattering, and PL increased monotonically. However, a slight decrease in PL intensity was observed at ~370 μ m. Measurements of the current-voltage and spectral sensitivity of the LSC showed that the maximum power generation performance was achieved at ~370 μ m. These results reveal that the optimized conditions of the nanocomposite film for the LSC performance were 6.2 wt% QD concentration

and ~370μm thickness.

3. 本研究課題に関する発表			
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)
磯 由樹，磯部 徹彦	太陽電池応用のための量子ドット蛍光体フィルムの開発	応用物理学会応用電子物性分科会	2023年11月21日