سنتز و بررسی خصوصیات ساختاری، نوری و فیزیکی فیلم‌های نازک TiO_2:CNT به منظور استفاده در سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه‌ای

شروین دانشور اصل، سید خطیب‌الاسلام صدرنژاد*

دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی و علم مواد

دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2) یک ماده نیمه‌رسانا است که به طور وسیع در کاربردهایی مانند حس‌گرهای گازی، تصفیه هوا، کاتالیست و تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی به کار گرفته می‌شود. بازدهی فرایندهای فتوالکتروشیمیایی به شدت تحت تاثیر ترکیب مجدد جفت الکترون‌حفره‌های تولیدشده می‌باشد. در نتیجه، کارهای تحقیقاتی متعددی در جهت کاهش این پدیده از طریق استفاده از یک ماده آلی یا معدنی همراه با TiO_2صورت گرفته است. در سال‌های اخیر نانولوله‌های کربنی به دلیل خواص منحصر به فردی مانند شکل لوله‌ای نانومقیاس و رسانایی الکتریکی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این پژوهش، فیلم‌های نازک کامپوزیتی TiO_2-CNT حاوی درصدهای مختلف از نانولوله کربنی به روش سل‌ژل غوطه‌وری تولید شدند. به منظور ارزیابی کاربرد این پوشش‌ها در فتوآند سلول خورشیدی رنگ‌دانه‌ای خواص ساختاری، نوری و فیزیکی این فیلم‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج به دست‌آمده از آزمون پراش‌سنجی پرتوی ایکس (XRD) بیان‌گر آن بود که سطح نانولوله‌های کربنی با دی‌اکسید تیتانیوم با فاز آناتاز خالص پوشیده شده است. ضمن آن‌که مشخص شد که افزایش درصد نانولوله کربنی در پوشش باعث کاهش اندازه بلورک‌های TiO_2می‌شود، اما تاثیری بر ساختار کریستالی و فاز بلوری آن ندارد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان داد که با افزایش نانولوله کربنی، میزان حضور ترک روی سطح پوشش‌های کامپوزیتی افزایش پیدا کرده است. حضور این ترک‌ها می‌تواند تعداد مکان‌های جذب رنگ‌دانه در فیلم TiO_2را کاهش و باعث افت بازدهی سلول خورشیدی رنگ‌دانه‌ای شود. همچنین از این تصاویر مشخص شد که نانولوله‌های کربنی به طور یکنواخت در بین نانوذرات تقریبا کرویTiO_2که اندازه‌ای در حدود ٤٥ نانومتر دارند، پراکنده شده‌اند و تماس مطلوبی بین آن‌ها وجود دارد. از طیف‌سنجیدر محدوده نور مرئی– فرابنفش (UV-vis) مشخص شد که میزان جذب در محدوده نور مرئی با افزایش مقدار نانولوله کربنی در پوشش زیاد شده است و تغییر قابل ملاحظه‌ای در لبه جذب پوشش‌های کامپوزیتی در مقایسه با پوشش TiO_2خالص وجود ندارد. به عنوان نتیجه‌ای دیگر از این آزمون مشخص شد کهبا افزایش نانولوله کربنی میزان تخلخل پوشش کاهش و ضریب شکست آن افزایش یافته است. از طیف‌سنجی فتولومینسانس (PL spectra) معلوم شد که مشارکت نانولوله‌های کربنی در فیلمTiO_2، نرخ ترکیب مجدد الکترون‌حفره‌ها را کاهش داده است.با تعمیم نتایج، در حالت کلی می‌توان بیان کرد که علاوه بر الکترون‌های تولیدشده در اثر تهییج ، الکترون‌های تزریق‌شده از مولکول رنگ‌دانه تهییج‌شده نیز می‌توانند به طور موثر به نوار هدایت و سپس از طریقنانولوله‌های کربنیبه زیرلایه‌برسند و در نتیجه بازدهی ترکیب مجدد کلی در سلول خورشیدی رنگ‌دانه‌ای کاهش یابد.