بیست و ششمین کنفرانس اپتیک
و فوتونیک ایران و دوازدهمین
کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

بررسی اپتیکی و ساختاری نانوفیبرهای پلی آنیلین و نانوکامپوزیت MWCNT/PANI

مهدی اسکندری، رسول ملک‌فر

دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، بخش فیزیک، گروه اتمی مولکولی،

تهران صندوق پستی ۱۷۵-۱۴۱۱۵

چکیده - به دلیل افزایش نیاز بشـــر به منابع انرژی پاک، توســـعه فناوری های ذخیره انرژی بســـیار حائز همیت اســـت. لذا توانایی ذخیره‌ســازی انرژی با کمترین هزینه بسـیار حائز اهمیت می‌باشـد. سـامانه‌های ذخیره‌سـاز انرژی پاک شـامل خازن‌ها، ابرخازن‌ها باتری‌ها و غیره می‌باش ند. هدف از این مقاله بررســی خواص اپتیکی و ســاختاری پلی آنیلین و کامپوزیت پلی آنیلین / نانولوله های کربنی اسـت که به عنوان مواد مورد اسـتفاده در الکترود ابرخازن ها به حسـاب می‌آیند. پلی آنیلین در فاز رسـانای خود و کامپوزیت پلی آنیلین/نانولوله کربنی به شـیوه درجا سـنتز شـده اند و خواص اپتیکی و سـاختاری شـامل طیف سـنجی رامان و پراش سـنجی پرتو ایکس مورد بررسی قرار گرفت. بعلاوه ریخت شناسی ساختارها با FESEM مورد بررسی قرار گرفت.

کلید واژه: نانوفیبرهای پلیمری، نانوکامپوزیت، طیف های رامان، ابرخازن.

Optical and structural investigation of PANI nanofibers and MWCNT/PANI nanocomposites

Mehdi Eskandari, Rasoul Malekfar

Physics Department, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran P.O. Box 14115-175, I.R. Iran

Abstract- Due to the increasing need for clean energy sources, energy storage systems are expanding rapidly. So, the ability of storing energy with cost benefit methods is so important. Clean energy storage systems are capacitor, supercapacitor, batteries, etc. In this study, optical and structural properties of poly aniline and MWCNTs/PANI nanocomposites as applied material in supercapacitor electrodes were investigated. PANI in conductive phase and MWCNT/PANI composite were synthesized by in situ method and optical and structural properties including Raman spectra and were investigated. Besides, the morphology of samples was studied by FESEM.

Keywords: polymer nanofiber, nanocomposite, Raman spectra, supercapacitor.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

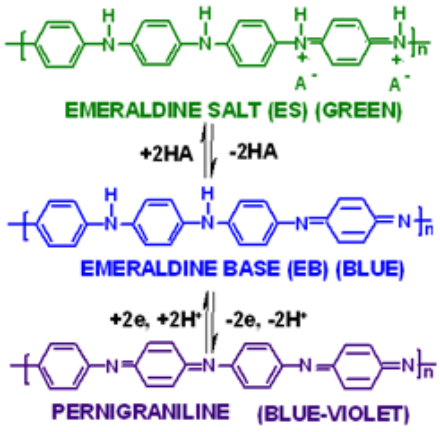
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

مقدمه

آنیلین مونومر پایه برای سنتز پلی آنیلین می‌باشد. پارامتر تعیین‌کننده در شکل‌گیری حالت‌های پلی آنیلین اکسیداسیون است. اکسیداسیون به معنای جدا شدن الکترون از مولکول است و ازآنجاکه نیتروژن بار منفی دارد جدا شدن الکترون منجر به جدا شدن اتم هیدروژن می‌شود و پیوند آمیداین شکل می‌گیرد که واحد حاصل از اکسیداسیون واحدکوینوید نامیده می شود. پلی‌آنیلین بنا به درصد اکسیداسیون بین صفر تا صد درصد، حالت‌های مختلفی را شکل می‌دهد. که درکمترین درصد لوکوامرآلدین (کاملاً کاهش‌یافته) و در بیشترین درصد اکسیداسیون پرنیگرآنیلین (کاملاً اکسایشی) نامیده می‌شود [۱]. بین این دو حالت دیگری نیز وجود دارد که امرآلدین (نیم اکسایشی ٪۵۰) نامیده می‌شود که به دلیل حالت ویژه‌ای که در سنتز دارد بسیار مهم است. لازم به ذکر است که دوحالت دیگر هم میان این درصدها وجود دارد که پروتوامرآلدین(٪۲۵)ونیگرآنیلین (٪۷۵) نامیده می شود. اسامی حالت‌های مختلف اکسایشی ناشی از رنگ‌های متفاوت آن‌ها است. امرآلدین در حالت آلاییده سبزرنگ بوده و در حالت غیر آلاییده به رنگ آبی درمی‌آید و پرنیگرآنیلین در حالت مایع به‌صورت بنفش پررنگ بوده و در حالت پودری به رنگ سیاه درمی‌آید [۲,۳].

مواد و روش‌ها

به‌منظور سنتز نانوفیبرهای پلی آنیلین و نانوکامپوزیت نانولوله‌های کربنی/ پلی‌آنیلین MWCNT در 15 ml میلی‌لیتر HCl یک مولار با حمام فراصوت به‌طور کامل پخش می‌شود. سپس، 100 µl آنیلین به محلول حاصل اضافه می‌شود و به‌طور کامل عمل پخش مجددا انجام می‌شود. APS به‌عنوان اکسیدانت در 15 ml HCl یک مولار پخش می‌شود. دو محلول حاصل را به دمای صفر درجه سلسیوس رسانده می‌شود. لازم به ذکر است نرخ مولی بین APS و مونومر آنیلین ۱:۱/۵ است. پلیمرازیسیون با مخلوط کردن سریع، دومحلول سرد شده و حفظ دمای صفردرجه سلسیوس در حال هم زدن به مدت ۸ ساعت ادامه داده می‌شود. محلول حاصل را چندین بار با آب دوباریونیزه و اتانول شستشو داده و در دمای ۷۰ °C به مدت ۷ ساعت در کوره خشک می شود تا اتانول به‌طور کامل حذف شود. به‌منظور تهیه نانوفیبرهای پلی‌آنیلین، تمام مراحل بالا بدون نانوذرات انجام می‌شود.



شکل۱: انواع پلی آنیلین براساس میزان اکسیداسیون

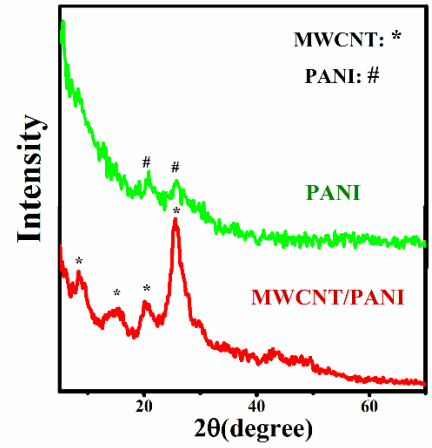
نتیجه‌گیری

به‌منظور بررسی بلورینگی نانوساختارها از پراش سنجی اشعه ایکس (XRD) استفاده‌شده است. شکل ۲ بیانگر پراش پرتو ایکس زنجیره پلی‌آنیلین می‌باشد که شیب نمودار نشان‌دهنده تکرار زنجیره می‌باشد. در شکل دو پیک کوچکی در زوایای۲۱ و۲۹ مشاهده می‌شود که مربوط به صفحات (۰۲۰) و (۰۰۲) پلی‌آنیلین می‌باشد و به جهت رشد مونومرها در موازات و عمود بر ساختار پلی‌آنیلین مرتبط می‌باشد. شکل پیکی در 30^{o} نشان می‌دهد که بیانگر پراش صفحه (۰۰۲) فاز کربنی

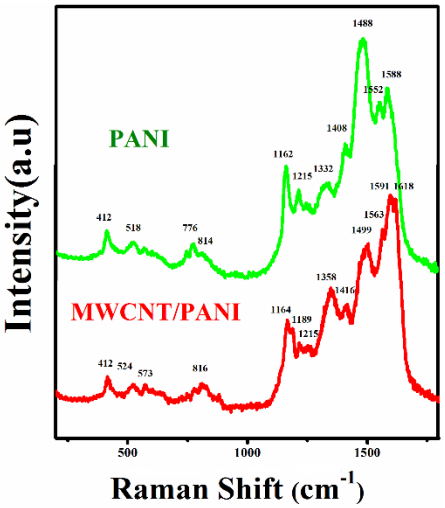
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

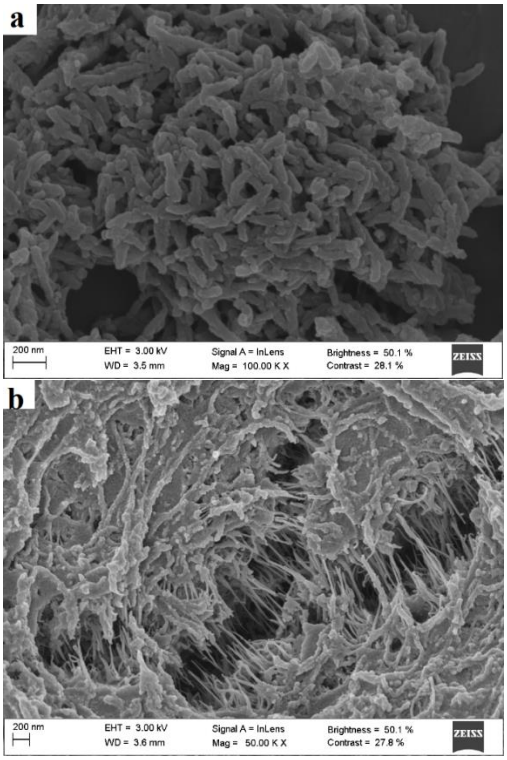
(JCPDS card No. ۴۱-۱۴۸۷) می‌باشد [4]. همان‌طور که دیده می‌شود با افزایش میزان نانولوله‌های کربنی پیک مرتبط با فاز کربنی افزایش می‌یابد.



شکل۲:الگوهای پراش پرتو ایکس نانوفیبرهای پلی آنیلین و کامپوزیت پلی آنیلین/ نانولوله های کربنی



شکل ۳: طیف رامان نانوفیبرهای پلی آنیلین و کامپوزیت پلی آنیلین/ نانولوله های کربنی



شکل۴: تصاویر FESEM نانوفیبرهای پلی‌آنیلین و کامپوزیت MWCNT/PANI.

به‌منظور بررسی خواص اپتیکی و وضعیت پیوندها از طیف سنجی رامان در محدوده طول‌موجی ۲۰۰ تا ۱۸۰۰ cm^{-1} استفاده‌شده است. شکل۳ پیک‌های رامان مرتبط با پلی‌آنیلین را نشان می‌دهد. دو پیک ۳۲۶ و ۶۳۸ cm^{-1} به ترتیب مرتبط با گذار π–π^* حلقه‌های بنزوئید و کونوئید می‌باشد. ویژگی‌های پیک پلی‌آنیلین، شامل پیوند ارتعاشی C–N+ ساختار پولارونی در ۱۳۳۰ cm^{-1} و پیوند کششی C=N در ۱۴۷۹ cm^{-1}، پیوندکششی N–H در ۱۵۰۸ cm^{-1}، پیوند کششی C–C در ۱۵۹۰ cm^{-1} و ارتعاش پولارون‌ها در سازگاری پلیمری در ۱۳۸۷ و ۱۶۴۳ cm^{-1} می باشد [5-7]. طیف رامان نانوکامپوزیت در شکل نشان داده‌شده است. دو پیک در ۵۴۲ و ۵۹۶ cm^{-1} مرتبط با تغییر شکل آمین و حلقه می‌باشد [8]. پیک طیف رامانی مربوط به کامپوزیت MWCNT/PANI در شکل نشان داده‌شده

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

است و پیک‌های مرتبط با نانولوله کربنی است که در پلی-آنیلین می‌باشد.

ریخت‌شناسی و ساختار درونی نانوساختارهای متخلخل با استفاده از میکروسکوپ FESEM مورد بررسی قرارگرفته اند. درشکل۴ ساختارهای نانوفیبرهای پلی آنیلین و کامپوزیت پلی آنیلین/نانولوله های کربنی قابل‌مشاهده می‌باشد. لایه هایی از پلی آنیلین روی سطح نانولوله های کربنی را پوشانده است.

مرجع‌ها

[1] M. (University of S. Geoghegan and G. (University of B. Hadziioannou, *Polymer Electronics*, First. Oxford University Press, (2013).

[2] R. Ramya, R. Sivasubramanian, and M. V. Sangaranarayanan, "Conducting polymers-based electrochemical supercapacitors - Progress and prospects," *Electrochim. Acta*, vol. 101, pp. 109–129, (2013).

[3] K. Wang, H. Wu, Y. Meng, and Z. Wei, "Conducting polymer nanowire arrays for high performance supercapacitors," *Small*, vol. 10, no. 1, pp. 14–31, (2014).

[4] S. B. Kondawar, Conducting polymer nanocomposites for supercapacitors. 2015..

[5] J. P. Mensing, T. Lomas, and A. Tuantranont, "Ammonia strengthened graphene/CNT-wrapped polyaniline-nanofiber composites loaded with palladium nanoparticles for coin cell supercapacitors," *Electrochim. Acta*, vol. 263, pp. 17–25, (2018).

[6] A. L. Cabezas, Z. Bin Zhang, L. R. Zheng, and S. L. Zhang, "Morphological development of nanofibrillar composites of polyaniline and carbon nanotubes," *Synth. Met.*, vol. 160, no. 7–8, pp. 664–668, (2010)

[7] Q. Wang, Q. Yao, J. Chang, and L. Chen, "Enhanced thermoelectric properties of CNT/PANI composite nanofibers by highly orienting the arrangement of polymer chains," *J. Mater. Chem.*, vol. 22, no. 34, p. 17612,(2012).

[8] N. Jabeen, Q. Xia, M. Yang, and H. Xia, "Unique Core-Shell Nanorod Arrays with Polyaniline Deposited into Mesoporous NiCo2O4Support for High-Performance Supercapacitor Electrodes," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 8, no. 9, pp. 6093–6100, (2016)..

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.