تغییر رنگ فیزیکی در نانو کامپوزیت های هوشمند پلیمری

خلاصه

امروزه فناوری نانو به دلیل برخورداری از مزایا و کاهش هزینه ها در صنایع مهم وکلیدی، توجه بسیاری از کشورهای پیشرفته را به خود معطوف کرده است. نانو کامپوزیت های پلیمری با قابلیت تغییر رنگ برگشت پذیر، از دسته مواد هوشمند هستند. نانو کامپوزیت های پلی آنیلین پرشده با نانو ذرات آهن (III) و پلی دی استیلن پر شده با نانولوله های کربنی الکتروکرومیک و نانو کامپوزیت های پلی دی متیل سیلوکسان پرشده با نانو ذرات پلی استایرن و پلی اتیلن گلیکول پر شده با نانو ذرات پلی استایرن از دسته مواد مکانوکرومیک هستند. این دسته از نانو کامپوزیت ها در حسگرها به عنوان هشدار دهنده برای افزایش ایمنی در کارگاهها و نمایشگرها کاربرد دارند.

مقدمه

کامپوزیت، ترکیبی از یک ماده زمینه و ماده ای به عنوان پر کننده است و به سه دسته ی ماکرو، میکرو و نانو تقسیم می شود. اگر یکی از مواد تقویت کننده ی مورد استفاده، در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشند، به آن نانو کامپوزیت اطلاق می شود. به طور عام تقویت کننده می تواند به شکل های صفحه ای، رشته ای یا ذره ای باشد. با نازک کردن لایه ها، کوچک کردن قطر رشته ها و ریزتر کردن ذرات در حد نانو، به ترتیب در هر یک از تقویت کننده های ذکر شده می توان نانو کامپوزیت را ایجاد نمود[۱].

مواد هوشمند، موادی هستند که موقعیت ها را به خاطر سپرده و مانند یک مغز متفکر، اطلاعات را ذخیره و با ایجاد تحریک خارجی، پاسخی هوشمندانه می دهند. نمونه ای از مواد هوشمند شناخته شده، عینک های فتو کرومیک هستند که با تغییر وضعیت نور، تغییر رنگ می دهند.موادی که به وسیله ی محرک مکانیکی تغییر رنگ می دهند، مکانو کرومیک و موادی که با محرک الکتریکی تغییر رنگ می دهند، الکتروکرومیک نامیده می شوند. نانو کامپوزیت های دارای قابلیت تغییر رنگ برگشت پذیر از دسته مواد هوشمند جدیدی هستند که طی

سال های اخیر توجه بسیاری به آنها شده است[۲]. تغییر رنگ فیزیکی در این نانو کامپوزیت های هوشمند به چند طریق قابل دستیابی است:

۱) تغییر رنگ زمینه پلیمری مانند نانو کامپوزیت ساخته شده از پلی دی استیلن و نانو لوله های کربنی چند لایه[۳].

۲) تغییر رنگ زمینه پلیمری همراه با تغییر رنگ نانو ذرات مانند نانو کامپوزیت الکتروکرومیک پلی آنیلین پرشده با نانو ذرات آهن (III) [۴].

۳) تغییر رنگ به وسیله ی تغییر شرایط فیزیکی و مکانیکی نانو کامپوزیت مانند پلی دی متیل سیلوکسان تقویت شده با نانو ذرات پلی استایرن[۵].

تاثیر مقیاس نانو بر رنگ مواد

در طبیعت نمونه هایی از اشکال هندسی منظم و چند وجهی فراوان وجود دارد. در سال های اخیر توجه محققان به کنترل و ساخت اشکافل مختلف در مقیاس نانو معطوف شده است. نانو ذرات شامل موادی در مقیاس نانو هستند که اشکال گوناگون میله ای، لوله ای، هرمی، کروی و غیره دارند. شکل و اندازه ذرات تاثیر بسزایی در چگونگی عملکرد آنها دراد. اکسید روی و اکسید تیتانیوم که در صفحات خورشیدی کاربرد دارند نور فرابنفش را به طور کامل جذب و نور مرئی را بازتاب می کنند. به این دلیل رنگ آنها سفید به نظر می رسد. در مقیاس نانو، اندازه این مواد کوچک تر از طول موج نور مرئی تابیده شده به آنهاست، از این رو ذرات توانایی بازتابش نور مرئی را ندارند، بنابراین حالتی بی رنگ یا شفاف را نشان می دهند[۶].

نانوذرات طلا، رنگی متفاوت با حالت ماکرو و میکرو دارند. رنگ نانو ذرات کروی طلا در حد ۱ آنگستروم شفاف، از ۱ آنگستروم تا ۱ نانومتر مایل به زرد، در حد ۳ تا ۳۰ نانومتر متمایل به قرمز، کمتر از ۵۰ نانومتر متمایل به آبی، در ۵۰ نانومتر سبز د در حدود ۱۰۰ نانومتر نارنجی است. هرچه اشکال هندسی نانو ذرات منظم تر باشد، جفت شدگی آنها با هم افزوده شده و در نتیجه انحراف نور بیشتر و عبور نور کمتر می شود و خواص نوری بهتری ایجاد می گردد[۸و۷].

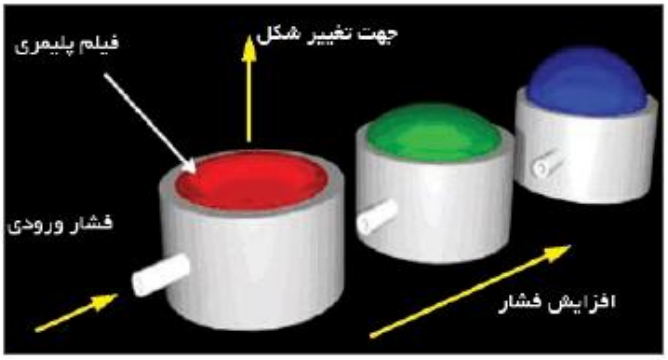
نانو کامپوزیت های الکتروکرومیک

موادالکتروکرومیک مواد هوشمندی هستند که در اثر قرار گرفتن در یک پتانسیل مخصوص دچار تغییر رنگ برگشت پذیر می شوند. مواد الکتروکرومیک به صورت لایه های نازک به روش های متنوع فیزیکی و شیمیایی تهیه می شوند. بسیاری از اکسیدهای عنصر فلزات واسطه از جمله تنگستن، وانادیوم، تیتانیوم و غیره دارای خواص الکتروکرومیک هستند. اساس الکتروکرومیک بودن مواد، قابلیت اکسید شدن آنهاست.

از جمله موادی که در الکتروکرومیک ها استفاده می شوند، پلیمرهای رسانا هستند. آنچه پلیمرهای الکتروکرومیک را از دیگر مواد الکتروکرومیک غیر آلی متمایز می سازد، بازده رنگی بالای آنها و تسریع تغییر رنگ در آنها بواسطه انعطاف پذیری زنجیر های پلیمری است. این امر موجب صرفه جویی در انرژی به کار رفته برای تغییر رنگ است. نانو کامپوزیت پلی آنیلین- آهن (III) تحت پتانسیل از ۰/۲- تا ۰/۶ ولت تغییر رنگ سبز به آبی را نشان می دهد.

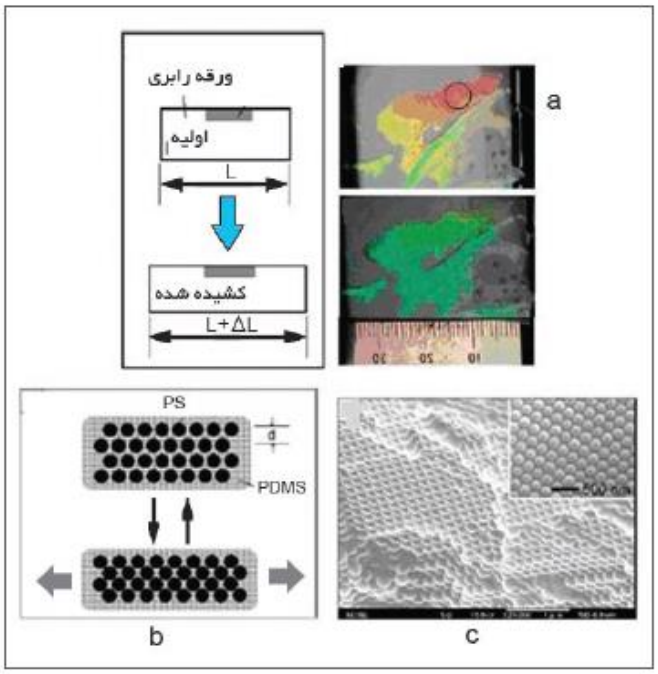
نانو کامپوزیت های مکانوکرومیک

مواد مکانومکانیک با تحریکات مکانیکی، تغییر رنگ می دهند. پلیمرهای کانومکانیک از دسته مواد هوشمندی هستند که قابلیت انعطاف پذیری بسیار بالایی را به منظور جوابگویی به تحریکات مکانیکی دارند. برخی از این مواد تغیر رنگ برگشت پذیر می دهند اما در اغلب آنها تغییرات به صورت برگشت ناپذیر است. پلی متیل اکریلات پر شده با رنگینه های اسپیروپیران تحت کشش، تغییر رنگ زرد به قرمز را می دهد اما این تغییر رنگ برگشت پذیر نیست[۹].



تغییر رنگ در مخلوط مکانوکرومیک پلی‌متیل آکریلات پرشده با رنگینه‌های اسپیروپیران

امروزه نانو کامپوزیت های هوشمند با قابلیت تغییر رنگ برگشت پذیر توجه محققان را جلب کرده است. نانو کامپوزیت پلی دی متیل سیلوکسان پرشده با نانو ذرات پلی استایرن تا ۲۰ درصد کشش، تغییر رنگ از قرمز به سبز را نشان می دهد. با ایجاد کشش، ف۶واصل بین نانوذرات افزایش یافته و طول موج نور جذبی به وسیله ی نانو کامپوزیت نسبت به حالت اولیه تفاوت می کند. در صورتی که کشش پایان یابد فواصل نانو ذرات به حالت اولیه باز گشته و رنگ قرمز مشاهده می شود.



(a) تغییر رنگ از حالت اولیه به‌حالت ثانویه به‌وسیله‌ی کرنش کششی (b) تغییر در فواصل نانوذرات (c) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نانوذرات پلی استایرن[۵].

مراجع

1. URL: http//en.wilipedia.org/wiki/nanocomposite.
2. M Addington, D Schodek, Smart Materials and New Technology,Harvard University,England, 1-17,105-108, (2005).
3. H Peng, X Sun, F Cai, X Chen, Y Zhu, G Liao, D Chen, Q Li, Y Lu, Y Zhu, Q Jia. Electrochromic Carbon Nanotube/Polydiacetylene Nano Composite Fiber, J.nature nano tech, 1-5, (2009).
4. D.M Delongchamp, P.T Hammond, Multiple-Color Electrochromismfrom Layer-by-Layer-A23, 4799-4805, (2004).ssembled Polyaniline/Prussian Blue Nanocomposite Thin Films. J.Chem.Mater, Vol.16,No.
5. H Fudouzi,T Sawada, Photonic Rubber Sheets with Tunable Color by Elastic Deformation. 25th Anniversary Langmuir,Vol. 22, No.3, 1365-1368, (2005).
6. V.F Puntes, K.M Krishnan, A.P Alivisatos. Reports Colloidal Nano Crystals Shape & Size Control: The Case of Cobalt, AmericanAssociation for the Advancement of Sci, Vol.291, No.5511, 2115-2117, (2001).
7. F Kim, S Connor, H Song, T Kuykendall, P Yang. Platonic Gold Nano Crystals, J. Angew. Chem, No.45, 3673-3677, (2004).
8. A.D Mcfarland. Synthesis of Gold Nano Particles, J.Chem.Educ, No.81, 544, (2004).
9. C Weder. Polymer React to Stress, J.Nature, Vol. 459,1625-