

سنتر و آماده سازی نانو پوشش های آب گریز سیلیکا به روش سل-ژل - غوطه وری

هانیه محمدزاده^۱، لیلا ترکیان^{۲*} و مریم دقیقی اصل^۳

- ۱- کارشناس ارشد شیمی معدنی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۲- استادیار شیمی معدنی، گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- ۳- استادیار شیمی معدنی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: فروردین ۱۳۹۳، بازنگری: اردیبهشت ۱۳۹۳، پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

چکیده: این مقاله روشی جدید جهت تهیه نانو پوشش سیلیکا آب گریز بر روی سطوح شیشه‌ای در دمای اتاق، با استفاده از تترامتوکسی سیلان (TMOS) به عنوان پیش ماده و اکتا دسیل تری کلرو سیلان (OTS) به عنوان عامل اصلاح کننده سطح به روش غوطه وری را توصیف می‌کند. با تغییر نسبت مولی OTS/TMOS، ویژگی آب گریزی سطح متناسب با پوشش دهی، تغییر می‌کند. بهترین عملکرد پوششی با استفاده از واکنشگرهای MeOH، TMOS، OTS، NH₃ با نسبت مولی به ترتیب ۸: ۱/۴: ۱: ۱۴/۸ به دست آمد. زاویه تماس آب با سطح شیشه آب گریز شده با استفاده از این مواد در حدود ۱۳۲ درجه تعیین شد. اندازه ذرات نانوپوشش مذکور به روش اندازه گیری DLS در حدود ۲ تا ۲۹ نانومتر تخمین زده شد. نتیجه‌های تجربی نشان دادند که نانوپوشش‌های سیلیکای آب گریز، ویژگی آب گریزی خود را تا دمای ۲۰۰ حفظ کرده، اما در دماهای بالاتر از آن به تدریج این ویژگی را از دست می‌دهند. افزون بر اندازه گیری زاویه تماس و توزیع اندازه ذرات، نانو پوشش‌های تهیه شده با دستگاه‌های FT-IR، UV-Vis و TEM نیز مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند. به کارگیری TMOS و OTS در کنار یکدیگر برای تهیه نانو پوشش آبگریز و دستیابی به زاویه تماس ۱۳۲ درجه قطره آب با سطح شیشه، نوآوری این کار پژوهشی است.

واژه‌های کلیدی: نانو پوشش، آب گریز، غوطه وری، سل-ژل، سیلیکا

مقدمه

که پایه و مبنای آن واکنش‌های شیمیایی در محلول است، با شکل گیری شبکه‌های درشت مولکولی، امکان مهندسی سطح را برای پژوهشگر فراهم می‌کند. در سال‌های اخیر مقالات متعددی این روش را به عنوان یکی از ساده ترین و قابل اعتمادترین روش‌ها برای به دست آوردن نانو پوشش آب گریز بر روی سطح معرفی کرده است [۷]. در این مقاله یک روش مشتق شده از سل-ژل برای پوشش دهی بستر شیشه‌ای به کمک فیلم نازکی از سیلیکا ارایه شده است. در این روش، ترکیب تترامتوکسی سیلان

به تازگی روش‌های گوناگونی جهت ساخت سطوح آب گریز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به فازمیکرو پلیمر در حلال انتخابی [۱]، خود آرایی [۲]، به کارگیری نانو لوله‌های کربنی [۳]، رسوب الکتریکی [۴] و سل-ژل [۵] اشاره کرد. بسیاری از این روش‌ها دارای شرایط تهیه دشوار، فرایندهای پیچیده و مواد گران قیمت هستند که این امر از امکان پذیری کاربرد عملی آن‌ها می‌کاهد [۶]. در میان این روش‌ها سل - ژل

مرحله انجام شد که عبارتند از: (۱) آماده سازی بستر، (۲) تهیه محلول آلکوسل، (۳) فرو بردن بسترها در آلکوسل و (۴) باز پخت

آماده سازی بستر

اسلایدهای شیشه‌ای با آب یون زدایی شده، استون و متانول شست‌وشو شده و پس از آن در دمای ۴۰ به مدت ۱ ساعت خشک شدند.

تهیه محلول آلکوسل

در این مرحله، محلول آلکوسل تهیه شد. به این منظور، مقادیرهای مورد نظر از TMOS و OTS مطابق جدول ۲ در حلال متانول مجاور شدند. نسبت مولی TMOS/MeOH از ۱۰٫۸ تا ۱۸٫۸ و نسبت مولی TMOS/OTS در گستره ی ۱ تا ۱٫۸ متغیر بود. سپس مقدار ۸ مول بر لیتر از محلول آمونیاک به عنوان حلال و هم چنین آب یون زدایی شده جهت آبکافت، همراه با هم زدن مداوم محلول، به صورت قطره قطره افزوده شد.

فرو بردن بسترها در آلکوسل

بسترهای آماده شده به طور کامل در محلول آلکوسلبه مدت ۱۰ دقیقه غوطه ور شدند. سپس به منظور اطمینان از چسبندگی رضایت بخش نانو پوشش بر بستر، شیشه‌های پوشش داده شده در دمای ۲۷ به مدت ۳۰ دقیقه خشک شدند.

باز پخت

در انتها بسترهای شیشه‌ای پوشش داده شده در دماهای ۵۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ به ترتیب به مدت ۶۰، ۳۰ و ۱۵ دقیقه باز پخت نهایی شدند.

نتیجه‌ها و بحث

در ادامه تأثیر عامل‌های متفاوت بر روی ویژگی آب گریزی فیلم‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

به عنوان پیش ماده، اکتادسیل تری کلرو سیلان که دارای گروه آلکیل بزرگی است، به عنوان عامل اصلاح کننده سطح و متانول به عنوان حلال استفاده شده است. از میان روش‌های متفاوت پوشش دهی مانند غوطه‌وری، افشاندن و چرخشی، فن غوطه وری به جهت عدم نیاز به ابزارهای پیچیده، تکرار پذیری و قابلیت پوشش دهی بالا انتخاب شده است [۸]. اثر نسبت TMOS/MeOH بر مقدار انتقال نور مورد بررسی قرار گرفت. هم چنین زاویه تماس آب که بیانگر مقدار آبگریزی سطح است در نسبت‌های گوناگون واکنشگرها و نیز دماهای تکلیس متفاوت اندازه گیری شد.

بخش تجربی

مواد و دستگاه‌ها

تترا متوکسی سیلان ($C_4H_{12}O_4Si$)، اکتادسیل تری کلرو سیلان ($C_{18}H_{37}Cl_3Si$)، متانول، آمونیاک و استن با درجه خلوص ۹۹٪ از شرکت مرک (آلمان) خریداری شدند.

مقدار تر شوندگی نمونه‌های پوشش داده شده با قرار دادن یک قطره آب بر روی سطح اسلایدها و اندازه گیری زاویه تماس، با استفاده از دستگاه زاویه‌سنج Germany- PLUS/OCA115 اندازه‌گیری شد. طیف‌سنجی فروسخ تبدیل فوریه Japan- FT-IR- JASCO-410 مدارک و شواهد عامل‌دار کردن شیمیایی سطح را ارایه کرد. ساختار پوشش با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و چگونگی توزیع اندازه ذرات نمونه، با دستگاه تعیین توزیع اندازه ذرات (England - DLS Malvern / ZEN3600) مشخص شد. پایداری گرمایی فیلم‌ها، با قرار دادن نمونه‌ها در کوره الکتریکی در دمای کنترل شده ۲۵۰ و ۳۰۰ به مدت ۱ ساعت بررسی شد و با اندازه گیری زاویه تماس آب، رفتار گرمایی نمونه بعد از خنک شدن به دمای محیط، تعیین شد. مقدار انتقال نوری فیلم‌های شیشه‌ای، با اسپکتروفتومتر UV-Vis اندازه گیری شد.

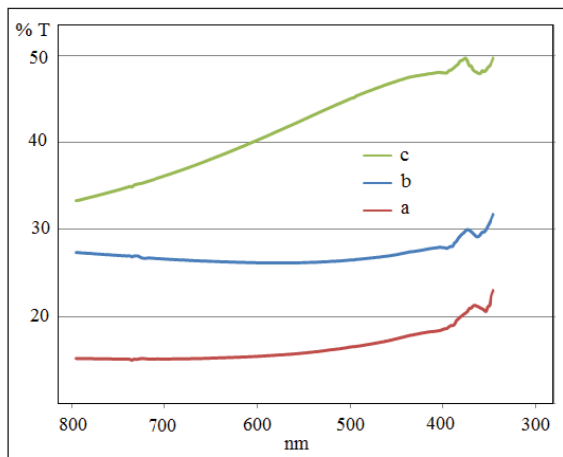
روش کار

در این پروژه پژوهشی سنتر نانو پوشش سیلیکا در طی چهار

انتقال نوری در نانوپوشش‌های تهیه شده با نسبت‌های مولی MeOH/TMOS = ۱۰/۸، ۱۴/۸ و ۱۸/۸ را نشان می‌دهد. این نتیجه‌ها با توجه به پیک‌های بیشینه ظاهر شده در شکل ۱ به دست آمده است. همان‌طور که از نتیجه‌های جدول ۱ مشخص است، نسبت مولی MeOH/TMOS بر ویژگی انتقال نوری نانوپوشش‌ها مؤثر بوده است. به طوری که با افزایش نسبت مولی MeOH/TMOS و رقیق شدن محلول حاوی نانوپوشش‌ها مقدار انتقال نوری افزایش می‌یابد. گزارش‌های اخیر نشان می‌دهند که از لحاظ سینتیکی ساختار شبکه SiO₂ در سامانه‌های با رقت کم با سرعت بیشتری شکل می‌گیرد [۱۲]. پیک‌های ظاهر شده در ناحیه ۳۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر به پدیده فوتولومینسانس در مواد سیلیکونی نسبت داده می‌شود [۱۳ و ۱۴]. بعضی پژوهشگران حضور گروه‌های OH و یا گروه‌های آلی متفاوت بر سطح پوشش‌های سیلیکایی را مسبب پدیده فوتولومینسانس و ظهور پیک‌های مذکور می‌دانند [۱۵].

جدول ۱ مقدار انتقال نوری (%) از نمونه تهیه شده با نسبت‌های متفاوت

| Molar ratio (MeOH/TMOS) | Optical transparency (%) |
|-------------------------|--------------------------|
| ۱۰/۸ | ۲۲ |
| ۱۴/۸ | ۳۰ |
| ۱۸/۸ | ۵۰ |



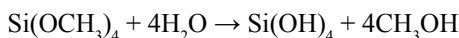
شکل ۱ طیف UV-Vis از نمونه تهیه شده با نسبت‌های متفاوت MeOH/TMOS (a: ۱۰/۸، b: ۱۴/۸، c: ۱۸/۸)

سازوکار واکنش

به طور کلی فرایندهای سل-ژل شامل دو مرحله آبکافت و واکنش‌های چند تراکمی هستند که منجر به شکل‌گیری ساختارهای شبکه‌ای در محلول مایع با درجه‌های متفاوت پیوند عرضی می‌شوند. ماهیت این ساختارها به عامل‌های گوناگون در محیط واکنش بستگی دارد [۹]. شاید انتخاب پیش ماده و حلال، ارکان اصلی هر سامانه سل-ژل باشد که بر کیفیت و ریخت‌شناسی نانو پوشش ایجاد شده تأثیر به سزایی دارد. بدون شک آلکوکسیدها شایع‌ترین و بهترین پیش ماده‌های مورد استفاده برای سنتز ترکیبات هم خانواده سیلیکا با ریخت‌شناسی‌های متفاوت از طریق شیمی سل-ژل است [۱۰].

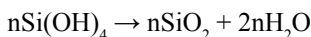
TMOS، یک سیلیکون آلکوکسید بوده و شامل چهار گروه متوکسی قابل آبکافت است که در تماس با آب، تحت آبکافت قرار گرفته و منجر به تشکیل سیلانول‌ها می‌شود. در حالت ایده آل آبکافت کامل منجر به تشکیل ارتو سیلیکا اسید Si(OH)₄ می‌شود [۱۱]. گروه‌های سیلانول پس از آن، تحت تراکم درون مولکولی شبکه‌های متخلخل SiO₂ را به وجود می‌آورند که با واکنش‌های ساده زیر توصیف می‌شود:

آبکافت:

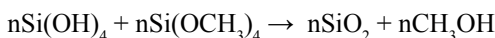


تراکم:

الف) تراکم آبی



ب) تراکم الکلی



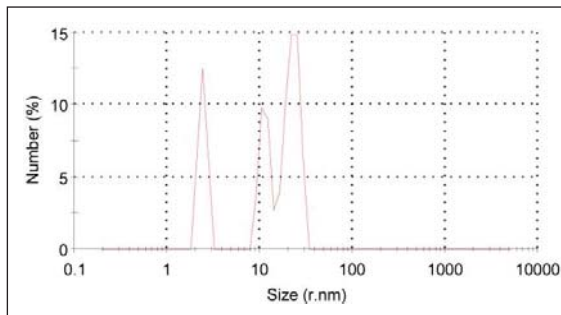
بررسی مقدار انتقال نوری

برای جلوگیری از جدایش فاز مایع-مایع در طی مراحل اولیه آبکافت، الکل به عنوان حلال به مخلوط واکنش افزوده شد. افزایش الکل با تامین رقت و پراکندگی مناسب پیش ماده و فازهای سیلیکا سبب یکنواختی و کنترل بهتر فرایند پوشش دهی بر روی سطح شیشه می‌شود. شکل ۱ و جدول ۱، مقدار

بررسی اندازه زاویه تماس آب

به منظور بررسی ویژگی هیدروفوبیکی فیلم های سیلیکا، مقدار تر شونددگی نمونه های پوشش داده شده با قرار دادن یک قطره آب بر روی سطح بسترها، مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، زاویه تماس سه نانو پوشش تهیه شده که نسبت مولی آن ها در جدول ۲ نشان داده شده است، اندازه گیری شد. نتیجه ها نشان داد که بالاترین زاویه تماس، مربوط به نسبت مولی $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ برابر با $8:1:1/4:14/8$ بوده و زاویه تماس آن معادل 132° درجه است (شکل ۲). با افزایش بیشتر مقدار MeOH و OTS ، نشانه هایی از آسیب دیدگی در نانو پوشش ها مشاهده شد و زاویه تماس آب کاهش یافت. این امر ممکن است به جهت آبکافت اسیدی و یا افزایش رقت محلول ایجاد شده باشد [۱۶].

نمونه تهیه شده از مواد $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ به ترتیب با نسبت مولی $8:1:1/4:14/8$ به کمک دستگاه اندازه گیری ذرات (DLS) مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). با توجه به محل ظهور و مساحت زیر پیک ها در شکل ۳ مشخص می شود که به طور میانگین 24.3 ، 24.3 و 51.3 در صد از ذرات نانو پوشش در مقیاس 22.3 و 11.3 نانومتر قرار دارند.



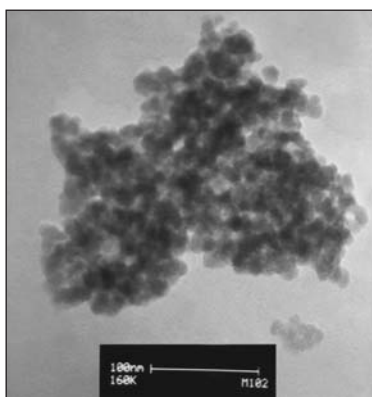
شکل ۳ توزیع اندازه ذرات نمونه تهیه شده از واکنشگرهای $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب $8:1:1/4:14/8$

جدول ۲ زاویه تماس قطره آب روی فیلم تهیه شده با نسبت های متفاوت از مواد $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$

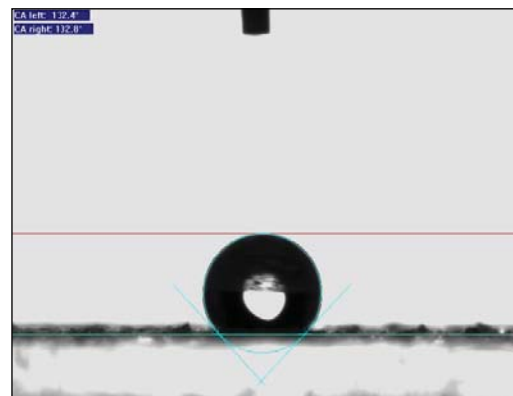
| Contact angel ($^\circ\text{cm}$) | $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ (mol/L) |
|-------------------------------------|--|
| ۸۷ | $8:1:1/4:14/8$ |
| ۱۳۲ | $14/8:1:1/4:8$ |
| ۹۰ | $8:1:1/8:14/8$ |

بررسی ریخت شناسی سطح

شکل ۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی (TEM) مربوط به نانو پوشش تهیه شده با مواد $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب $8:1:1/4:14/8$ که در دمای 200°C تکلیس شده است را نشان می دهد. با توجه به مقیاس موجود در تصویر (100 نانومتر) دانه های کروی با ابعاد کمتر از 30 نانومتر قابل مشاهده هستند.



شکل ۴ تصویر TEM از نمونه تهیه شده از واکنشگرهای $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب $8:1:1/4:14/8$



شکل ۲ تصویر قطره ها بر روی فیلم تهیه شده از واکنشگرهای $\text{MeOH}:\text{TMOS}:\text{OTS}:\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب $8:1:1/4:14/8$

تعیین توزیع اندازه ذرات

به منظور تعیین اندازه ذرات و اثبات مقیاس نانومتری آن ها،

مطالعه پایداری گرمایی

به منظور بررسی مقدار پایداری گرمایی فیلم ها، نمونه‌های آماده شده پس از بازپخت نهایی در دمای ۲۰۰ در یک کوره الکتریکی قرار داده شدند و به مدت یک ساعت در دماهای ۲۵۰ و ۳۰۰ در اتمسفر هوای معمولی قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها در دمای اتاق سرد شدند و زاویه تماس آن‌ها برای دومین بار اندازه گیری شد. مشاهده شد که نانوپوشش‌ها تا دمای ۲۰۰ پایدار بودند اما فراتر از آن نشانه‌هایی مبنی بر از دست دادن ویژگی آب‌گریزی و کاهش زاویه تماس در آن‌ها ظاهر شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد در دمای بالاتر از ۲۰۰ گروه‌های آلی $\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ که بر روی سطح قرار دارند، اکسید می‌شوند. با از دست دادن این گروه‌ها تنها گروه‌های قطبی Si-OH باقی می‌مانند و لذا سطح دوباره به حالت آب دوست باز می‌شود [۱۸].

جدول ۳ زاویه تماس نمونه تهیه شده از مواد $\text{MeOH}\cdot\text{TMOS}\cdot\text{OTS}\cdot\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب ۸ : ۱/۴ : ۱ : ۱۴/۸ پس از گرمادهی در دماهای متفاوت

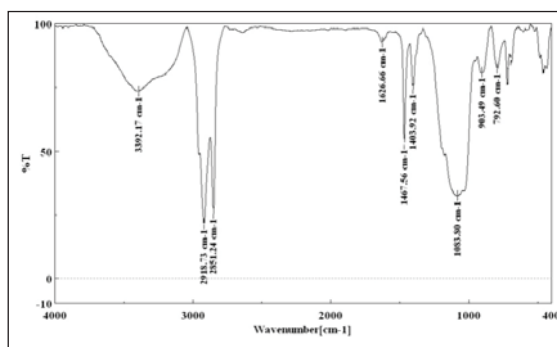
| Contact angel (°cm) | دما (°C) |
|---------------------|----------|
| ۱۳۲ | ۲۰۰ |
| ۹۷ | ۲۵۰ |
| ۹ | ۳۰۰ |

نتیجه گیری

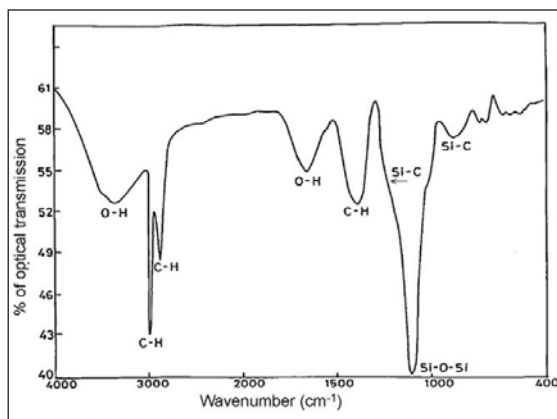
بهترین نانو پوشش نیم شفاف یکنواخت و آب‌گریز با استفاده از مواد MeOH ، TMOS ، $\text{OTS}\cdot\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب ۸ : ۱/۴ : ۱ : ۱۴/۸ به دست آمد. بهترین زاویه تماس آب برای این محلول ۱۳۲ و اندازه ذرات نمونه کمتر از ۳۰ nm بود. میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM، ساختار و ریخت شناسی کروی و همگن نانو پوشش بر روی سطح را به خوبی نشان داد. افزون بر این، نانوپوشش‌ها از لحاظ گرمایی تا دمای ۲۰۰ پایدار بودند. با توجه به سهولت روش سنتز نانو پوشش و لایه نشانی آن بر سطح شیشه و کیفیت آب‌گریزی مناسب و نیز مقاومت گرمایی نانوپوشش تهیه شده این روش به عنوان یک روش قابل به کارگیری در ابعاد نیم صنعتی و صنعتی برای تهیه شیشه‌های آب‌گریز نیم شفاف می‌تواند باشد.

بررسی طیف FT-IR

شکل ۵ طیف FT-IR از فیلم تهیه شده از مواد $\text{MeOH}\cdot\text{TMOS}\cdot\text{OTS}\cdot\text{NH}_3$ به ترتیب با نسبت مولی ۸ : ۱/۴ : ۱ : ۱۴/۸ و شکل ۶ طیف FT-IR نمونه مرجع [۸] را نشان می‌دهد. پیک‌های قوی در ناحیه ۲۹۱۸ و ۱۴۶۷ مربوط به ارتعاشات خمشی و کششی پیوندهای C-H است. پیک‌هایی که در اطراف ۱۰۰۰ و ۷۹۰ دیده می‌شود، به خمش‌های نامتقارن و متقارن SiO_2 نسبت داده می‌شود. پیک ظاهر شده در ناحیه ۹۰۳ مربوط به پیوندهای Si-C است که به وضوح نشان دهنده حضور سطوح شیمیایی اصلاح شده در فیلم‌های آب‌گریز است [۱۷]. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تطابق مناسبی بین طیف‌های FT-IR مربوط به نمونه سنتزی و مرجع وجود دارد.



شکل ۵ طیف FT-IR نمونه تهیه شده از واکنشگرهای $\text{MeOH}\cdot\text{TMOS}\cdot\text{OTS}\cdot\text{NH}_3$ با نسبت مولی به ترتیب ۸ : ۱/۴ : ۱ : ۱۴/۸



شکل ۶ طیف FT-IR نمونه مرجع

مراجع

- [1] Erbil, H.Y.; Demirel, A.L.; Avci, Y.; Mert, O.; Science 299, 1377, 2003.
- [2] Hiroshi, Y.; Masafumi, T.; Masaru, T.; Matsugugu, S.; Langmuir 21, 3235, 2005.
- [3] Li, W.Z.; Liang, C.H.; Zhou, W.J.; J. Phys. Chem. B 107, 6292, 2003.
- [4] Zhao, N.; Shi, F.; Zhang, X.; Langmuir 21, 4713, 2005.
- [5] Liu, Y.Y.; Chen, X.Q.; Xin, J.H.; Nanotechnology 17, 3259, 2006.
- [6] Purcar, V.; Stamatin, I.; Cinteza, O.; Petcu, C.; Raditoiu, V.; Ghiurea, M.; Miclaus, T.; Andronie, A.; Surface & Coatings Technology 206, 4449-4454, 2012.
- [7] Sanjay, S.L.; Digambar, Y.; Nadargi, A.; Venkateswara Rao, Applied Surface Science 255, 3600-3604, 2009.
- [8] Nadargi, D.Y.; Gurav, J.L.; Hawi, N.; Raoc, A.V.; Koebel, M.; Journal of Alloys and Compounds 496, 436-441, 2010.
- [9] Wu, Z.; Wang, H.; Tian, X.; Xue, M.; Ding, X.; Ye, X.; Cui, Z.; Polymer, 55, 187-194, 2014.
- [10] Jeong, S.M.; Burri, A.; Jiang, N.; Park, S.E.; Applied Catalysis A: General, 476, 39-44, 2014.
- [11] Costa-Neto, B.P.; Mata, A.; Lopes, M.V.; Rossi-Bergmann, B.; Ré, M.I.; Powder Technology, 255, 109-119, 2014.
- [12] Meng, X.; Wang, Y.; Wang, H.; Zhong, J.; Chen, R.; Solar Energy, 101, 283-290, 2014.
- [13] Zhu, P.; Zhu, Q.; Zhu, H.; Zhao, H.; Chen, B.; Zhang, Y.; Wang, X.; Di, W.; Opt. Matter. 30, 930-934, 2008.
- [14] Kavakli, I.G.; Katarli, K.; Tunk. J. Phys. 26, 349-354, 2002.
- [15] Houa, Y.D.; Wanga, X.C.; Wua, L.; Chena, X.F.; Dinga, Z.X.; Wanga, X.X.; Fu, X.Z.; Chemosphere 72, 414-421, 2008.
- [16] Nan-Wang, N.; Xiong, D.; Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 446, 8-14, 2014.
- [17] Yong, W.; Zhang, Z.; Cristobal, G.; Chin, W.; Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, In Press, 2014.
- [18] Li, K.; Zeng, X.; Li, H.; Lai, X.; Applied Surface Science, 298, 214-220, 2014.

Synthesis and preparation of hydrophobic silica nano-coatings through sol-gel-dipping method

H. Mohammadzadeh¹, L. Torkian^{2,*} and M. Daghighi³

1. MSc student in Inorganic Chemistry, Department of Chemistry, College of Basic Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Assistant Prof. of Inorganic Chemistry, Department of Chemistry, College of Basic Sciences, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Prof. of Inorganic Chemistry, Department of Chemistry, College of Basic Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: April 2014, Revised: May 2014, Accepted: June 2014

Abstract: In this paper, a new method is described for the preparation of hydrophobic silica nano-coating on glass surfaces at room temperature, by applying tetrametoxysilane (TMOS) as a precursor and octadecyltrichlorosilane (OTS) as a surface modifier through a dipping method. By changing the mole ratio of OTS/TMOS, the efficiency of surface hydrophobicity modifies with coating. The best coating performance was obtained for NH₃, OTS, TMOS, and MeOH with mole ratio of 8: 1.4: 1: 14.8, respectively. The water contact angle by of the hydrophobic glass surface reaches to 132 degree. Nano coating particle sizes is estimated to 2-29 nm by the DLS method. Experimental results show that hydrophobic silica film retains its hydrophobicity up to 200 °C, but at higher temperatures loses this property. Besides determination of contact angle and particle size distribution, prepared nanoparticles are characterized by UV-Vis, FT-IR and TEM methods. Applying both TMOS and OTS and achieving water contact angle of 132 degree for modified glass surfaces are the novelties of this work.

Keywords: Nano-coating, Hydrophobic, Dipping, Sol-gel, Silica