POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

حسگرهای نوری (زیستی) سیلیکونی متخلخل اصلاح شده با پلیمرها

چکیده

در این مطالعه مروری جامع به پیشرفت‌های فناوری اخیر در زمینه حسگرهای زیستی سیلیکونی متخلخل اصلاح‌شده با پلیمر (PSi[1]) در دو سال گذشته می‌پردازیم. فرآیند ساخت مقرون‌به‌صرفه و سطح داخلی بالا، اندازه حفره قابل تنظیم و خواص فوتونیکی، PSi را به زیرلایه تبدیل‌کننده جذاب برای کاربردهای زیست‌سنجی در زمینه‌های تحقیقاتی مختلف تبدیل می‌نماید. به‌ویژه، در سال‌های اخیر روند قابل توجهی به سمت افزایش استفاده از پلیمرها برای اصلاح ویژگی‌های سیلیکونی متخلخل مشاهده شده است. این استفاده استراتژیک از پلیمرها به منظور افزایش حساسیت و دقت حسگرهای زیستی انجام می‌شود و به طیف وسیعی از اهداف مورد نظر پاسخ می‌دهد. ترکیب پلیمرها با PSi پیشرفت فناوری قابل توجهی را نمایان می‌سازد که به‌طور قابل توجهی به بهبود عملکرد حسگرهای زیستی از نظر شناسایی هدف، انتخاب‌پذیری و پایداری کمک می‌نماید. در این مطالعه مروری، سعی شده است نمای کلی جامعی از تحولات اخیر ارائه شود و ویژگی‌های منحصر به فرد حسگرهای زیستی نوری مبتنی‌بر PSi اصلاح‌شده با پلیمر را روشن نماید و به نقش در حال تحول پلیمرها در افزایش قابلیت‌های حسگر توجه ویژه‌ای داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: نیمه‌هادی‌های متخلخل، حسگرهای زیستی نوری، دستگاه‌های هیبریدی، پوشش‌های پلیمری.

Keywords: Porous semiconductors, Optical biosensors, Hybrid devices, Polymers coatings.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از ساختارهای سیلیکونی متخلخل اصلاح‌شده با پلیمر در کاربردهای مختلف به‌طور گسترده‌ای در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است. اگرچه اولین مقالات به اوایل دهه 2000 برمی‌گردد، اما فعالیت‌های علمی و فناوری شدید در این زمینه در سال‌های اخیر از سر گرفته شده است. مبدل‌های نوری PSi به تغییرات ضریب شکست به دلیل نفوذ هر ماده‌ای، جامد یا مایع، به نانوتخلخل‌های ساختار خود حساس هستند. این ویژگی به‌ویژه جذاب است زیرا در تعامل با نور ورودی، تمام پارامترهای نوری (شدت، فاز، قطبش، مسیر نوری و غیره) می‌توانند برای کمی‌سازی آنالیت هدف مورد استفاده قرار گیرند. از سوی دیگر، این اثر ممکن است فقط خاص باشد، اما انتخابی نیست. این نکته بسیار مهم است، زیرا تقریباً حسگرهای ساخته شده توسط انسان خاص هستند، به این معنی که دستگاه در تعامل با عناصر مختلف پاسخ متفاوتی می‌دهد، اما تقریباً هیچ‌کدام انتخابی نیستند، یعنی نمی‌توانند آنالیت را در محیطی پیچیده یا در حضور مواد مداخله‌گر

[1] porous silicon

قوی کمی نمایند. علاوه‌بر این، سطح PSi از نظر شیمیایی ناپایدار است زیرا به سرعت در معرض هوا اکسید می‌شود و در محیط‌های قلیایی دچار خوردگی می‌گردد. این مسائل آخرین موارد بحرانی هستند که باید در مورد حسگرهای زیستی مورد توجه قرار گیرند، زیرا نشانگرهای زیستی اغلب در مایعات بیولوژیکی مانند خون یا بزاق یافت می‌شوند و سپس در محیط فیزیولوژیکی با pH قلیایی رقیق می‌شوند. برخی از روش‌های حرارتی یا شیمیایی برای پایدارسازی سطح سیلیکون متخلخل (PSi) پیشنهاد می‌شود که پس از عمل‌آوری باید به‌طور مناسب تغییر داده شوند تا پروب‌ها به آن متصل شوند یا در میکروسیستمی ادغام شوند. تنوع فوق‌العاده فناوری پلیمر به‌طور همزمان اجازه می‌دهد که سطح سیلیکون متخلخل غیرفعال شود و عملکردهای جدیدی اضافه شود که می‌تواند در زمینه حسگری، چه در ارتباط با تشخیص پزشکی و چه پایش محیطی، موفق باشد. هزینه پایین مواد و فناوری‌های مورد استفاده، سادگی و تکرارپذیری بالای روش‌های رسوب‌گذاری و نفوذ پلیمرها به سیلیکون متخلخل، مزیت رقابتی واقعی برای این مواد و این روش‌ها نسبت به سایر روش‌های موجود در مطالعات پیشین فراهم می‌نماید. از آنجا که خواص فیزیکوشیمیایی PSi به راحتی قابل تنظیم هستند، همچنین می‌توان روش‌های پیشرفته سنتز پلیمر را به‌طور مستقیم بر روی تراشه پیاده‌سازی نمود. به‌ویژه، شفافیت نوری (جزئی) و هدایت الکتریکی می‌توانند برای پُخت نوری و الکتروپلیمرسازی، به ترتیب، از فیلم نازک درون ماتریس PSi بهره‌برداری شوند، بدون اینکه ویژگی‌های پلیمرهای انتخاب شده از دست بروند. این موضوع برای ساخت در محل دستگاه‌های هیبریدی که از اجزای آلی و غیرآلی تشکیل شده‌اند و به‌طور فزاینده‌ای برای کاربردهای خاص مورد نیاز هستند، حائز اهمیت است. علاوه‌بر این، باید در نظر گرفته شود که حوزه علم پلیمر به‌طور مداوم، به لطف دسترسی مستقیم به بازار مصرف در مقیاس بزرگ در حال تکامل است. این بدان معناست که به زودی امکان دسترسی به مواد با ویژگی‌ها و عملکردهای جدیدی که بر ویژگی‌های موجود در عملکرد غلبه می‌نمایند، فراهم خواهد شد. در نتیجه، بررسی پیشنهادی ساختارهای سیلیکونی متخلخل اصلاح‌شده با پلیمر، پتانسیل نه تنها برای تثبیت و اصلاح سطح PSi بلکه همچنین بهبود ویژگی‌های آن‌ها به‌عنوان مبدل‌های با عملکرد بالا را برجسته می‌نماید. این موضوع در زمینه زیست‌سنجی و بیومونیتورینگ و همچنین در بسیاری از زمینه‌های دیگر کاربردی مانند انرژی، جایی که سیلیکون متخلخل در سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود و میکروالکترونیک، فراتر از استفاده از PSi به‌عنوان لایه قربانی در میکرومچینی و شیمی سبز، به‌عنوان حمایت فعال برای فرآیندهای پاکسازی، مرتبط خواهد بود. تحقیقات و توسعه بیشتر در این زمینه می‌تواند به پیشرفت‌های قابل توجهی در حوزه دستگاه‌های سیلیکون متخلخل منجر شود.

Reference

Nocerino, V., Rea, I., Siciliano, G., De Stefano, L., & Primiceri, E. (2024). Polymers modified porous silicon optical (bio) sensors. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 117811. https://doi.org/10.1016/j.trac.2024.117811

ترجمه و ویرایش: جواد برزوئی