POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

طراحی سطوح شیب ناهمسانگرد برای انتقال مایع جهت‌دار: مفاهیم بنیادی، ساختمان و کاربردها

بسیاری از سطوح زیستی قادر به انتقال مایعات به روشی جهت‌دار بدون مصرف انرژی هستند. با الهام از طبیعت، ساخت سطوح شیب نامتقارن برای دستیابی به انتقال قطرات مورد نظر، مانند دیود مایع، قلمرو پژوهشی بسیار ارزشمند و امیدوارکننده با طیف گسترده‌ای از کاربردها را به ارمغان می‌آورد. با پیشرفت در فناوری نانو و تکنیک‌های ساخت، زیست‌تقلیدها به عنوان راهی امیدوارکننده جهت مهندسی انواع مختلف سیستم مواد ناهمسانگرد ظاهر شده است. در طول چند دهه گذشته، این رویکرد، پیشرفت قابل‌توجهی در درک بنیادی و کاربردهای عملی داشته است. مطالعات تئوری نشان داد که ترکیب و توپوگرافی ناهمگن عمدتاً بر جنبه‌های بین‌رشته‌ای مواد، شیمی و فیزیک شامل مکانیسم‌های خیس شدن و رفتار دینامیکی قطرات حاکم است. در این بررسی، ما نمای کلی مختصری از سطوح مختلف زیستی که انتقال قطرات ناهمسانگرد را نشان می‌دهند، ارائه می‌نماییم. ما مبانی تئوری و مکانیسم‌های حرکت قطرات را بر روی سطوح طراحی‌شده مورد بحث قرار دادیم و پیشرفت‌های تحقیقاتی اخیر در انتقال جهت‌دار قطرات بر روی سطوح طراحی‌شده و غشاهای ژانوس را مرور کردیم. چنین مواد دیود مایعی، کاربردهای امیدوارکننده‌ای دارند که شامل جمع‌آوری قطرات، جداسازی و تحویل مایعات، منسوجات کاربردی و کاربردهای زیست‌پزشکی می‌گردد. ما همچنین چالش‌های اخیر و رویکردهای در حال انجام را برای افزایش کارایی و عملکرد کاربردی مواد ناهمسانگرد مورد بحث قرار می‌دهیم.

نتیجه‌گیری

موجودات طبیعی توانایی بسیار خوبی در انتقال و کنترل مایعات دارند که از طریق مهندسی شیمی، فیزیک و هندسه و نیز مدولاسیون در طراحی مواد دیود مایع جدید، الهام‌بخش ما شده‌اند. مواد کنترلی سیال هوشمند یک‌طرفه، در دو دهه اخیر پیشرفت‌های قابل‌توجهی از جمله مبانی تئوری، مکانیسم‌های اساسی پیش‌رونده و سناریوهای کاربردی گسترده داشته‌اند، که توسعه این حوزه، میکروسیال‌های دیجیتال و مواد کاربردی را تسهیل می‌نماید. مهم‌تر از آن، این مدل بدون انرژی، کمک بیشتری به کاهش بحران انرژی فعلی می‌کند. مواد دیودِ مایع با بهره‌مندی از رفتار منحصر به فرد انتقال مایع یک‌طرفه خود، چشم‌انداز کاربردی گسترده‌ای را در دستکاری و جداسازی مایعات، تحویل محموله و میکروراکتورها، سکوهای تحلیل‌زیستی و پاسخ سریع، تصفیه آب خورشیدی، پارچه‌های هوشمند و غیره نشان می‌دهند. در حال حاضر، استراتژی‌ها و فن‌آوری‌هایی باید برای ساخت آسان، تسریع واکنش سریع‌تر و کنترل انتقال مایع در فواصل طولانی توسعه یابند. این توسعه ممکن است شامل پیوند کووالانسی قوی، تکنیک‌های خودآرایی و استفاده از مواد جدید مانند مکانیسم‌های خودترمیمی و نیز کامپوزیت‌های میکرو/نانو مهندسی مطلوب کاربرد خاصی باشد. علاوه بر این، شبیه‌سازی‌ها و پیش‌بینی‌های محاسباتی که به طور

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

موثر خطرات را کاهش داده و غربال‌گری شرایط آماده‌سازی بهینه را تسریع می‌نماید، را می‌توان گنجاند و در نظر گرفت. انتظار می‌رود پیشرفت‌های پیش‌بینی‌شده در فناوری نانو تولید بیونیک و هوشمندی، مواردی مانند دقت کنترل قطرات، عملکرد مواد و دوام را بهبود بخشد. علاوه بر این، این موارد احتمالاً مقرون‌به‌صرفه بودن را افزایش و آماده‌سازی در مقیاس بزرگ را امکان‌پذیر نموده و در نتیجه کاربردهای تجاری را تسهیل می‌نمایند. علاوه بر این، نقش مواد دیود مایع باید با سناریوهای کاربردی برای عملکردهای کاربردیِ هم‌افزایی همراه گردد. برای مثال، در نقش یک میکروراکتور، نیاز به کنترل دقیق سیال، پاسخ سریع و تکرارپذیری دارد. به عنوان یک پانسمان زخم، به خاصیت تنفسی خوب، ضدعفونی کننده و ضدالتهابی و سازگاری با پوست نیز نیاز دارد. مهم‌تر از همه، راهنمای تحقیقات تئوری ترکیب شیمیایی، ساختار و عملکرد مواد، نیاز به توسعه دقیق دارد. این توسعه شامل مباحثه‌های ژرف و طرح‌هایی است که گرادیان‌های شیمیایی، گرادیان‌های زبری و گرادیان‌های انحنا را در بر می‌گیرد تا عملکرد کلی را افزایش دهد. تقویت هم‌افزایی بین نوآوری تئوری، فناوری ساخت و رویکردهای مبتنی بر کاربرد، محیطی حمایتی و تقویت‌کننده را ایجاد می‌نماید. هم فرصت‌ها و هم چالش‌هایی مرتبط با مواد دیود مایع وجود دارد. حوزه مواد دیود مایع بیونیک، نشان‌دهنده یک تلاقی چند رشته‌ای و نوآورانه از تحقیقات است. از طریق تلاش‌های مشترک، انتظار می‌رود که مواد دیود مایع شاهد پیشرفت‌ها و کاربردهای امیدوارکننده باشند.

کلیدواژه‌ها

انتقال مایع جهت‌دار، مواد دیود مایع، سطوح شیب ناهمسانگرد.

Directional liquid transport, liquid-diode material, anisotropic gradient surface.

مرجع

L. Hou, X. Liu, X. Ge, R. Hu, Z. Cui, N. Wang, Y. Zhao, “Designing of anisotropic gradient surfaces for directional liquid transport: Fundamentals, construction, and applications”, CelPress Partner Journal, 2023.

Doi: 10.1016/j.xinn.2023.100508