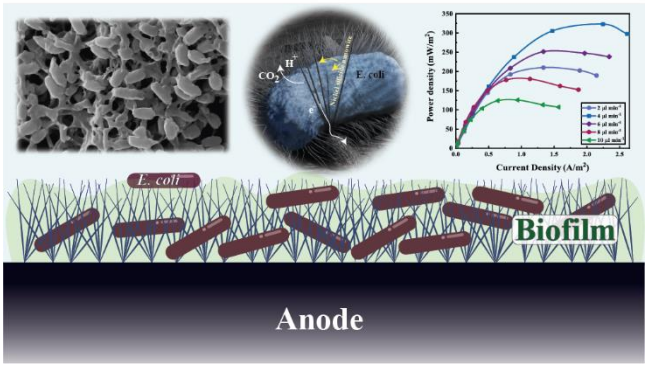
Nickel silicide nanowire anodes for microbial fuel cells to advance power production and charge transfer efficiency in 3D configurations

The growing energy demands of the industrial world have driven advancements in green energy technologies. Microbial fuel cells (MFCs), which harness power from microorganisms, show promise for energy extraction from wastewater and sludge. However, challenges remain in improving power output and sustaining performance under high-charge conditions. Incorporating nanomaterials into 3D structures offers potential solutions, including miniaturized designs. This study introduces nickel silicide nanowires as anode materials for MFCs. Synthesized on nickel foam, these nanowires form a 3D nickel-based structure with semi-metal nanostructures. Tested in a microfluidic MFC system with E. coli, this configuration achieved significant improvements, including a peak power density of 323 mW m^{-2} and a current density of 2.24 A m^{-2}, representing a 2.5-fold increase in power and a 4-fold boost in current compared to bare nickel foam. Nutrient broth proved the most effective charge transfer medium, surpassing glucose and urea by 3 and 5 times, respectively. These results, supported by EIS and SEM analyses, highlight the role of nanowires in enhancing charge transfer and sustaining high-current performance. The presented 3D nickel-based configuration anode offers advancements in microbial fuel cell technology, providing a foundation for further enhancements and applications in energy harvesting systems.



استفاده از نانووایرهای نیکل سیلیساید در پیل های سوختی میکروبی جهت افزایش توان تولیدی و انتقال بار در ساختار سه بعدی

افزایش تقاضای انرژی در جهان موجب پیشرفت در استفاده از فناوری‌های انرژی سبز شده است. پیل‌های سوختی میکروبی که از میکروارگانیسم‌ها برای تولید انرژی استفاده می‌کنند، پتانسیل بالایی برای تولید انرژی از فاضلاب دارند. با این حال، چالش‌هایی در بهبود توان خروجی و حفظ عملکرد در شرایط مختلف از جمله بار خروجی باقی مانده است. استفاده از نانومواد در ساختارهای سه‌بعدی می تواند راه حلی جهت رفع این مشکل باشد.

این مطالعه نانوسیم‌های نیکل سیلیساید را به‌عنوان ماده آند برای MFCs معرفی می‌کند. این نانوسیم‌ها بر روی فوم نیکل سنتز شده و یک ساختار سه‌بعدی مبتنی بر نیکل با نانوساختارهای نیمه‌فلزی تشکیل می‌دهند. این آند در یک سیستم MFC میکروفلوئیدیک با باکتری E. coli مورد آزمایش قرار گرفت و بهبود قابل‌توجهی را نشان داد که می توان به چگالی توان ماکزیمم ۳۲۳ میلی‌وات بر مترمربع و چگالی جریان ۲.۲۴ آمپر بر مترمربع، که به ترتیب افزایش ۲.۵ برابری در توان و ۴ برابری در جریان نسبت به فوم نیکل بدون پوشش را نشان می‌دهد، اشاره کرد.

در این مطالعه استفاده از Nutrient broth به عنوان موثرترین واسطه انتقال بار شناخته شد و عملکردی ۳ برابر بهتر از گلوکز و ۵ برابر بهتر از اوره داشت. این نتایج با تحلیل‌های EIS و SEM بررسی شد و نقش نانوسیم‌ها را در بهبود انتقال بار و حفظ عملکرد در جریان‌های بالا را مشخص کرد. این پژوهش نشان داد که استفاده از نانومواد بر روی بستری سه بعدی کمک شایانی در افزایش تولید انرژی داشته است.