Two-Dimensional MOF –Based Materials: Preparations and Applications as Electrodes in Li-ion Batteries

Abstract

Two-dimensional (2D) metal-organic frameworks (MOFs) are rapidly emerging as a unique class of mushrooming family of 2D materials offering distinctive features, such as hierarchical porosity, extensive surface area, easily available active sites, and versatile, adaptable structures. These promising characteristics have positioned them as highly appealing alternatives for a wide range of applications in energy storage technologies, including Lithium batteries. Nevertheless, the poor conductivity and limited stability of 2D MOFs has limited their real applications in electrochemical energy storage. These limitations have therefore warranted ongoing research to enhance the performance of 2D MOFs. Given the significance of 2D MOF-based materials as an emerging class of advanced materials, a multitude of strategies have been devised to address these challenges such as Synthesizing 2D Conductive MOFs and derivatives along with 2D MOF hybridization. One promising approach involves the use of 2D MOF derivatives, including transition metal oxides, which due to their abundant unsaturated active metal sites and shorter diffusion paths, offer superior electrochemical performance. Additionally, by combining pristine 2D MOFs with other materials, hybrid 2D MOF materials can be created. These hybrids, with their enhanced stability and conductivity, can be directly utilized as active materials in lithium batteries. In the present review, we categorize 2D MOF-based materials into three distinct groups: pristine 2D MOFs, 2D MOF-derived materials, and 2D MOF hybrid materials. The synthesis methods for each group, along with their specific applications as electrode materials in lithium-ion batteries, are discussed in detail. This comprehensive review provides timely insights into the potential of 2D MOFs while highlighting the opportunities and challenges that are present in this evolving field.

مواد مبتنی بر چارچوب‌های فلز-آلی دو بعدی: روش‌های آماده سازی و کاربرد آنها به عنوان الکترود در باتری‌های لیتیوم یون

چارچوب‌های فلز-آلی دوبعدی (2D MOFs) به‌سرعت به‌عنوان یک کلاس منحصربه‌فرد از خانواده در حال رشد مواد دوبعدی ظهور کرده‌اند که ویژگی‌های متمایزی مانند تخلخل سلسله مراتبی، مساحت سطح بالا، مکان‌های فعال در دسترس، و ساختارهای چندمنظوره و منعطف را ارائه می‌دهند. این ویژگی‌های امیدوارکننده آنها را به عنوان جایگزین‌های بسیار جذاب برای طیف گسترده‌ای از کاربردها در فناوری‌های ذخیره سازی انرژی، از جمله باتری‌های لیتیومی، قرار داده است. با این وجود، رسانایی ضعیف و پایداری محدود2D MOF ها، کاربرد واقعی آنها را در ذخیره سازی انرژی الکتروشیمیایی محدود کرده است. این محدودیت‌ها تحقیقات مداوم را برای بهبود عملکردMOF های دوبعدی تضمین می‌کنند. با توجه به اهمیت مواد مبتنی بر2D MOFها به عنوان یک کلاس نوظهور از مواد پیشرفته، استراتژی‌های زیادی برای رسیدگی به این چالش‌ها مانند سنتزMOFهای رسانا و تهیه مشتقات از این مواد دوبعدی وهمچنین هیبریداسیون 2D MOFها در نظر گرفته شده‌اند. یک رویکرد امیدوارکننده شامل استفاده از مشتقات MOFدو بعدی، از جمله اکسیدهای فلزات واسطه است که به دلیل مکان‌های فلزی فعال غیراشباع فراوان و مسیرهای انتشار کوتاه‌تر، عملکرد الکتروشیمیایی برتری را ارائه می‌دهند. علاوه بر این، با ترکیب MOF های دو بعدی بکر با مواد دیگر، می توان مواد MOF دو بعدی هیبریدی ایجاد کرد. این هیبریدها، با ثبات و رسانایی افزایش یافته خود، می توانند به طور مستقیم به عنوان مواد فعال در باتری های لیتیومی مورد استفاده قرار گیرند. در بررسی حاضر، مواد مبتنی بر MOF دوبعدی را به سه گروه مجزا دسته‌بندی شده‌اند:MOFهای دوبعدی خالص، مواد مشتق‌شده از MOF های دو بعدی، و مواد هیبریدی MOF های دو بعدی. روش‌های سنتز برای هر گروه، همراه با کاربردهای خاص آن‌ها به عنوان مواد الکترود در باتری‌های لیتیوم یون، به تفصیل مورد بحث قرار گرفته‌اند. این بررسی جامع بینش‌های جدیدی را در مورد پتانسیل MOFهای دو بعدی ارائه می دهد و در عین حال فرصت‌ها و چالش‌هایی را که در این زمینه در حال تکامل وجود دارد برجسته می کند.