

بیان نیاز تفصیلی	
عنوان	تهیه و سنتز مواد مبتنی بر MXene ها جهت کاربرد در سیستم های ذخیره انرژی الکتروشیمیایی
۱. حوزه ی کاربری	انرژی، محیط زیست، صنایع الکترونیک و اپتیک و ...
۴. عنوان نیاز/ فرصت	افزایش جمعیت، کاهش سوخت های فسیلی و آلودگی های زیست محیطی منجر به این شده که از سیستم های ذخیری انرژی استفاده شود. دانسیته توان و انرژی سیستم های ذخیره ساز انرژی مانند باتری ها، ابرخازن ها، پیل های سوختی به عنوان یک گلوگاه حیاتی در توسعه بازار مصرف این سیستم می باشد. جوامع علمی و صنعتی تلاش های قابل توجهی برای رفع این گلوگاه ها با توسعه مواد الکتروودی و الکترولیت انجام داده اند. در این بین، کاربردها و نیتتریدهای فلزات واسطه (MXene)، خانواده ای از ترکیبات معدنی دوبعدی هستند که از چند لایه اتمی از کاربردها، نیتتریدها یا کربونیتتریدهای فلزات واسطه تشکیل شده اند. اولین MXene معرفی شده Ti_3C_2 است که در سال ۲۰۱۱ معرفی شده است که از فاز MAX، Ti_3AlC_2 مشتق شده است. MXene ها برای کاربرد در باتری، ابرخازن، فوتوکاتالیست، محافظ تداخل الکترومغناطیسی، سنسورهای الکتروشیمیایی و جذب و حذف آلاینده ها و ... بسیار نویدبخش هستند. این سرامیک های شکل پذیر و قابل ماشین کاری، به علت ساختار لایه ای، در هنگام تغییر شکل، ورقه ورقه می شوند و ترکیبی از خواص غیرمعمول و گاه منحصر به فردی بین خواص فلزات و سرامیک ها را نشان می دهند. از این رو، مطالعات تجربی و نظری گسترده پتانسیل مکسن ها را در حوزه های مختلف به خصوص تبدیل و ذخیره سازی انرژی نشان داده است. احتمال می رود که در مقایسه با گرافن و نانولوله های کربنی، حوزه مکسین ها آینده بهتری داشته باشد. ساخت این ماده به امکانات زیادی نیاز ندارد و هم اکنون در ایران نیز سنتز می شود. اگرچه مکسین هنوز در ابتدای راه پژوهش قرار دارد، اما محققان این حوزه فرصت ها و کاربردهای زیادی برای آن متصور هستند. افراد زیادی هم اکنون در سراسر دنیا و نیز در ایران درباره این موضوع فعالیت می کنند. چندین شرکت در حال کار برای تجاری سازی مکسین ها هستند. در حال حاضر تمام کاربردهای مکسین ها در مقیاس آزمایشگاهی است و در این مقطع نمی توان راجع به تجاری سازی آن ها در آینده اعلام نظر کرد. نکته اصلی مورد توجه در MXenes از این واقعیت ناشی می شود که آنها دارای رسانایی الکتریکی عالی هستند و چگالی جریان شکستی را نشان می دهند که تقریباً دو مرتبه بزرگی ($10^4 \times 1/2$) آمپر بر سانتی متر مربع، بیشتر از سیم مسی معمولی است. علاوه بر این، یک تکه تکه تکه های MXene می تواند مدول یانگ مکانیکی بسیار بالایی (330 گیگا پاسکال) و استحکام کششی را نشان دهد که آن را به یک بلوک ساختمانی خوب برای سنتز لایه نازک تبدیل می کند. مقاومت در تک لایه تنها به اندازه یک مرتبه نسبت به حجم افزایش می یابد و آن را برای کاربردهای الکترونیک انعطاف پذیر و میکروالکترونیک جذاب می کند. با توجه به تعداد عناصر M و آرایش ساختاری آنها، MXene ها $(M_{n+1}X_nT_x)$ را می توان به سه دسته تقسیم کرد: (۱) عناصر تک-M، لایه M فقط شامل یک عنصر است. (۲) عناصر M محلول جامد، لایه M شامل دو فلز انتقالی مختلف است که به طور تصادفی مرتب شده اند. (۳) المان های دوگانه M مرتب شده، یک نوع تک یا دو لایه از فلز M' بین فلز M دیگر قرار می گیرد. در این بین. MXene مبتنی بر تیتانیوم (Ti-MXene) به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است و به عنوان پایه ای برای MXene های دو بعدی عمل می کند. با این حال، سایر فلزات واسطه دارای پتانسیل ارائه خواص عالی در کاربردهای مختلف هستند. MXene های مبتنی بر وانادیوم (V-MXenes) عملکرد الکتروشیمیایی بسیار خوبی از خود نشان داده اند، و آنها را نامزدهای امیدوارکننده ای برای برنامه های ذخیره/تبدیل انرژی می کند. V-MXenes ها به عنوان الکتروود دارای مزایای بی شماری هستند که می توان آن را به توانایی آن ها در نشان دادن حالت های ظرفیت مختلف از جمله ۲+، ۳+ و ۴+ نسبت داد. $V_4C_3T_x$ و V_2CT_x دو نوع MXene مبتنی بر V هستند که برای ذخیره/تبدیل انرژی گزارش شده اند. برنامه های کاربردی V_2CT_x در مقایسه با $V_4C_3T_x$، به دلیل تفاوت در تعداد لایه های فلزی واسطه V موجود

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

در ساختار آنها، مساحت سطحی بزرگتر و قابل دسترسی‌تری را در واحد جرم و حجم ارائه می‌کند. علاوه بر این، کاربید فلز واسطه دوگانه MXene مانند دو فلز واسطه شامل وانادیوم (V) با سایر فلزات واسطه (Ti, Nb, Mo) و کاربید نیز نشان دهنده رفتار الکتروشیمیایی امیدوارکننده است.	
کشف «مکسین‌ها» به عنوان خانواده‌ای از کاربیدها و نیتريد‌های دوبعدی با خواصی از جمله هدایت الکتریکی فلزی، آبدوستی، فرایندپذیری، بازده نسبتاً بالا و ورقه‌های بزرگ تأثیر عمیقی بر کل حوزه علم مواد داشته و شانس بزرگی برای رفع بسیاری از چالش‌های نانومواد دوبعدی موجود از جمله هدایت الکتریکی پایین، عدم استحکام کافی حین فرایند لایه لایه شدن و آبریزی است. این نانو صفحات جدید به علت برخورداری از خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر بفرد نظیر انعطاف پذیری مطلوب، استحکام بالا، فعالیت شیمیایی ویژه، سطح ویژه بهبود یافته و... در سال های اخیر کاربرد های زیادی در صنایع مختلف از جمله حوزه باتری سازی (ذخیره انرژی)، سنسور ها، تصفیه پساب صنعتی و پوشش های هادی، پیدا کرده اند.	۵. مشکلات و نواقص موجود و دلیل بروز مشکل
_____	۶. فراوانی / حجم نیاز
قیمت تمام شده هنوز برای صنایع صرفه‌ی اقتصادی ندارد به نحوی که هر ۱ گرم آن نزدیک به ۱ میلیون هزینه در بر دارد.	۷. ارزش مالی حل مسئله:
هدایت الکتریکی بسته به نوع فلز و گروه عاملی و میزان گروه عاملی متفاوت خواهد بود. بسته به نوع مکسن سنتزی، الزامات فنی آن متفاوت خواهد بود. در ادامه الزامات فنی پودر Mxene مبتنی بر Ti جهت استفاده در ذخیره سازهای انرژی بیان شده است: ۱) درصد خلوص: $\leq 99\%$ ۲) گروه های عاملی: OH-NH_2 (سایر گروه های عاملی را می توان جایگزین کرد) ۳) میانگین اندازه ذرات: کمتر از ۲۰ میکرون ۴) رنگ: قهوه ای تیره تا سیاه ۵) میانگین ضخامت: ۱-۳ نانومتر ۶) محتوای کربن (درصد اتمی): ۲۰-۳۰٪ ۷) محتوای تیتانیوم (درصد اتمی): ۳۰-۴۰٪ ۸) محتوای اکسیژن (درصد اتمی): ۱۵-۲۵٪	۸. الزامات کلیدی و حیاتی مربوط به نیاز
• ماده سنتزی بایستی در برابر حرارت و نوسانات دمایی مقاوم باشد. • خلوص ماده پارامتری مهم در اثر گذاری و نوع کاربرد آن می باشد، بنابراین با توجه به کاربرد به خلوص آن توجه شود. • مقاومت مکانیکی و طول عمر بالایی داشته باشد. • ذی نفع اصلی این پروژه به دنبال محصول نهایی است و نه اسناد تحقیقاتی • کاربر اصلی این پروژه به دنبال تامین نیاز خود بوده و الزاما نیاز او باید تامین شود • تلاش برای بومی سازی دانش فنی ساخت و توسعه نانومواد دو بعدی مکسین با درصد خلوص مختلف جهت کاربردهای متفاوت در مقیاس بالا صورت پذیرد.	۹. محدودیت ها و قیود
شایان ذکر است که در صورت تحقق شرایط سنتز و همکاری تیم های شیمی و مواد، می‌توان انتظار داشت در آینده ای نه چندان دور، از آنجایی که تولید مکسن مقیاس پذیر بوده و در مقیاس بالا؛ خواص خود را از دست نمی دهد، مکسن در مقیاس انبوه تولید شود و حتی در صورت عدم کاربرد آن در زمینه خاص، با فروش این ماده شگفت انگیز، می‌توان مارکت جهانی و بازار سرمایه را در دست گرفت. بنابراین در صورت فراهم شدن ابزار و ادوات لازم، این ماده به راحتی قابلیت سنتز در مقیاس بالا را خواهد داشت.. همچنین با توجه به این که ترکیب نانومواد مکسن هنوز به صورت گسترده تجاری سازی نشده، هنوز عرصه برای رقابت در بازار جهانی باز است و می توان در این عرصه برای صادرات محصولی ارزشمند که نیاز بسیاری از صنایع در آینده خواهد بود، عرض اندام کرد.	۱۰. راه حل فعلی

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

رهبران اصلی در بازار مواد Mxene شرکت‌های ذیل هستند: American Elements کمپانی American Elements ترکیبات MXene را تحت نام تجاری AE MXenesTM تولید می کند. همچنین این شرکت از تحقیقات جاری در مورد سنتز و کاربردهای MXenes پشتیبانی می کند. American Elements هر دو ترکیب استاندارد و سفارشی از مواد پیش ساز فاز MAX و ترکیبات شیمیایی با خلوص بالا را متناسب با مشخصات مشتری تولید کرده و مشتریان را در انتخاب مواد و داده های فنی کمک کنند. سایر شرکت ها عبارتند از: Japan Material Technologies Corporation Foshan Xinxi 6Carbon Technology(ShenZhen) Jiangsu Xfnano محققان دانشگاه هنان در چین نوعی ماده نانوکامپوزیتی را ساختند که ساختار شیمیایی باتری‌های لیتیومی را متحول کرده است. این ماده نانوکامپوزیتی ساختار شیمیایی باتری‌های لیتیومی را با مکسن (MXene) تلفیق کرده است. محققین دانشگاه «Drexel» فیلادلفیا موفق شده اند الکترودهای جدیدی را با استفاده از نانو ماده ای تحت عنوان (MXene) (که کاربرد فلزی بسیار نازکی با ساختار دو بعدی است) توسعه دهند که شارژ باتری های شیمیایی موجود (مانند باتری های لیتیومی تلفن های همراه) را با سرعت بسیار بالا تضمین خواهد کرد. استفاده از این نانومواد دو بعدی در زمینه های مختلف در کشور در حال فزونی است. به عنوان مثال مقاله مشترکی از دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان و پرفسور راجندر سینج وارما درخصوص کامپوزیت‌های تقویت شده با نانوذرات دوبعدی مکسین، منتشر شده است. علاوه بر این، در مقاله ای دیگر، عتیقی و همکارانش به بررسی کاربرد مکسین (MXene) و کامپوزیت های مبتنی بر آن در حذف آلاینده های رنگی، فلزات سنگین و رادیو نوکلئیدها از پساب های صنعتی و هسته ای پرداخته اند. خانم دکتر توکلی مجری طرح تحقیقاتی «طراحی یک نانو حسگر الکتروشیمیایی بدون برچسب مبتنی بر Mxene/Au برای تشخیص زودهنگام miRNA-122 به عنوان نشانگر زیستی سرطان سینه بوده است. با بررسی مقالات منتشر شده کشورهایی همچون چین، آمریکا، کره جنوبی، استرالیا، هند، انگلیس، سنگاپور، عربستان سعودی، ژاپن و آلمان به ترتیب ده کشور برتر به لحاظ تعداد مقالات منتشر شده در حوزه مکسین‌ها هستند؛ کشورهایی که در دو دهه اخیر به اهمیت نانو پی برده و سرمایه گذاری‌های کلانی نیز در این حوزه کرده‌اند. البته قرارگیری ایران در جایگاه نوزدهم نیز نشان از دغدغه‌ی پژوهشگران این حوزه دارد. زینب جمال پور فارغ التحصیل رشته فیزیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در کنار دوستان خود یک استارت‌آپ (تیم سپهر راد) در حوزه فعالیت سنتز مکسین‌ها راه انداخته‌اند. بر اساس بررسی های انجام شده در داخل کشور، چندین شرکت از جمله ردوکس کالا، نانوسایز، طبیب شیمی وارد کننده انواع فاز مکس و مکسن هستند. شرکت ردوکس کالا خودش فرایند اتچینگ را انجام می دهد. شایان ذکر است بر طبق مطلب مندرج در سایت ردوکس کالا، "واحد تحقیق و توسعه این شرکت با تکیه بر دانش متخصصان شیمی دانشگاه های معتبر موفق به سنتز انواع فاز های مکس و مکسین در ایران شده و در حال حاضر شرکت ردوکس کالا تنها شرکت تولید کننده فاز مکس و مکسین در ایران می باشد. همچنین فاز مکس و مکسین آمریکایی و چینی را به فروش می رساند." عناوین پایان نامه ها با کلید واژه مکسن در سامانه گنج: حدود ۲۶۱ عنوان پیشنهادده، پایان نامه و رساله با این کلید واژه موجود است که در کاربری های مختلف از نانوغشا ها و سیستم های ذخیره انرژی گرفته تا حسگرهای الکتروشیمیایی، تولید روغن، شناساگر رنگ، ساخت غشای اسمز معکوس، تصفیه پساب ها، جداسازی و رهایش دارو و ... استفاده شده است. همچنین پیشنهادده ای تحت عنوان "سنتز و عوامل موثر بر نانوساختارهای مکس و مکسین بر پایه تیتانیوم (۱۴۰۱-دکتر آ- دانشگاه دامغان-سعید صفاری) در ایران داک ثبت شده است.	۱۱. برنامه ها، پروژه ها و اقدامات مرتبط
مکسین‌ها با دارا بودن خواص ویژه فلزی، سرامیکی، الکتروشیمیایی، استحکام و پایداری شیمیایی ترکیبی	۱۲. محصول / راه حل

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

پیشنهادی مطلوب برای تولید الکتروود در سیستم های ذخیره انرژی به شمار می رود اگرچه، امروزه بیشترین مصرف مواد ۲ بعدی مکسین در محیط آزمایشگاهی دانشگاهها است اما این مواد در صنایع الکترونیک، صنعت فضایی، صنعت تصفیه آب، صنعت پزشکی و ایمپلنت می تواند بیشترین کاربرد را داشته باشد. پتانسیل های موجود در کشور اعم انرژی ارزان و در دسترس، دانش فنی، نیروی انسانی متخصص و ارزان، موقعیت جغرافیایی و سهولت دسترسی به بازارهای جهانی، موجب می شود که کشور ایران به عنوان یکی از پتانسیل های بالقوه تولید این ماده با ارزش در دنیا مطرح شود. با توجه به این که ترکیب نانومواد مکسین هنوز به صورت گسترده تجاری سازی نشده، هنوز عرصه برای رقابت در بازار جهانی باز بوده و نیاز است تا از شرکت های دانش بنیان فعال در این عرصه برای صادرات محصولی ارزشمند که نیاز بسیاری از صنایع در آینده خواهد بود، حمایت ویژه شود	
در این مساله مطرح شده، بهره بردار می تواند با سرمایه گذاری برای خرید محصول و یا دانش فنی محصول به حمایت از پروژه بپردازد. همچنین بهره بردار می تواند محصول تولیدی را در لیست فروش کالاهای خود قرار داده و فروش را تسهیل نماید.	۱۳. نحوه حمایت بهره بردار از حل مسئله
ذخیره انرژی؛ مکسین ؛ دانسیته توان و انرژی، پایداری چرخه ای، مواد دو بعدی	۱۴. کلمات کلیدی
شکل ۱: در جهت عقربه های ساعت از بالا به چپ: فیلم های MXene ضخامت ۱۰ میکرومتر. پانل های کامپوزیت MXene؛ جوهرهای MXene ؛ MXen دیسپرس شده در آب؛ چاپ MXene روی صفحه PET ؛ الکترودهای بین دیجیتالی (چاپ شده از طریق روش نوشتن مستقیم جوهر جوهرهای آبی MXene)؛ فوم MXene/aerogels (40 mg/cm^3)	۱۵. تصاویر مرتبط
با توجه به بازار رو به رشد سیستم های ذخیره انرژی همچون ابرخازن، باتری ها و پیل های سوختی، انتظار می رود در سالیانی نه چندان دور، بومی سازی این نوع ذخیره سازها به یک مساله استراتژیک تبدیل شود. بنابراین بومی سازی ساخت و توسعه هر یک از اجزای سازنده این نوع ذخیره ساز ها همانند بایندر، ماده کاتدی و ... حائز اهمیت خواهد بود. در این بین نانومواد دو بعدی مکسین، به عنوان ماده فعال الکتروودی، نقش به سزایی در بهبود کارایی الکتروشیمیایی این سیستم ها دارد و با توجه به محدوده وسیع کاربردی این مواد در صنایع مختلف، همچون صنایع نظامی، دفاعی، هوا فضا، خودروسازی، نفت و پتروشیمی، تصفیه آب و ... میتوان از سرریز فناوری این پروژه در این صنایع بهره برد. بنابراین، این مساله واقعی بوده و دارای ارزش سرمایه گذاری است و در صورت دستیابی به دانش فنی سنتز این ماده و تامین تجهیزات لازم برای ساخت آن در مقیاس بالا می تواند به یک فرصت تبدیل گردد.	۱۸. تحلیل کارگزار کاشف

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ: