

بیان نیاز تفصیلی	
عنوان	امکان سنجی، سنتز و بهینه سازی آبروژل گرافن با الاستیته بالا، جهت کاربرد در ذخیره سازهای انرژی
۱. حوزه کاری	انرژی
۴. عنوان نیاز/فرصت	به طور کلی، آبروژل ها یک شبکه سه بعدی متشکل از یک میکرو یا نانوصفحات به هم پیوسته است که برخلاف فیلم های دوبعدی دارای منافذ میکرو، مزو و ماکرو هستند. آبروژل ها نانومواد متخلخلی هستند که سطح بالا، تخلخل قابل تنظیم و حجم منافذ زیادی از خود نشان می دهند. آبروژل ها می توانند تخلخل بالا (۹۰-۹۹٪)، چگالی کم (3kg m^{-3})، مساحت سطحی ویژه بالا ($500\text{ m}^2/\text{g}$)، هدایت حرارتی کم ($0.14\text{ W m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ در دمای اتاق)، ضریب شکست کم و ثابت دی الکتریک پایین را نشان دهند. بنابراین، از آبروژل ها می توان در فرآیندهای کاتالیزوری، دستگاه های الکترونیکی، آشکارسازهای Cerenkov و سایر زمینه ها استفاده شود. آبروژل گرافن، به عنوان یک جامد کم چگالی موجود در نظر گرفته می شود (آبروژل های گرافن به اندازه کافی سبک هستند که روی گیاهان کوچک متعادل شوند!). علاوه بر این، چگالی کم آبروژل های گرافن، آنها را بسیار جاذب می کند (تا جایی که حتی می تواند بیش از ۸۵۰ برابر وزن خود را جذب کند). این بدان معنی است که می تواند برای پاکسازی محیطی مانند نشت نفت مفید باشد. آبروژل گرافن همچنین ممکن است در باتری های سبک و با چگالی انرژی بالا، هم در ذخیره سازی و هم در انتقال انرژی کاربرد داشته باشد و تحقیقات زیادی در مورد این موضوع در حال انجام است. آبروژل گرافن تا حدودی شبیه فوم های گرافن است. فوم های گرافن معمولاً با رشد CVD روی یک ساختار فلزی (که بعداً حذف می شود) ساخته می شوند و رسانایی بیشتری نسبت به آبروژل های گرافن دارند. پیش بینی می شود که آبروژل گرافن به دلیل مساحت سطح بالا، تخلخل بالا، ظرفیت ویژه بالا و پایداری چرخه ای بالا در ذخیره سازی انرژی به عنوان الکترود در باتری های لیتیوم-یون و ابرخازن ها، در حذف ضایعات و کاربردهای سنجش گاز، در تصفیه هوا، فرایندهای فوتوکاتالیست نور خورشیدی و مواد تغییر فاز برای پاسخ های گرمایشی-سرمایشی مورد استفاده قرار می گیرد. کاربردهای آبروژل گرافن بسیار الاستیک به شرح زیر است: ۱- الکترونیک انعطاف پذیر: می توان از آن برای ساخت حسگرها، نمایشگرها و باتری های انعطاف پذیر استفاده کرد زیرا خاصیت ارتجاعی و هدایت الکتریکی بالای آنها به آنها اجازه می دهد عملکرد خود را در صورت تغییر شکل حفظ کنند. ۲- مواد هوشمند: به عنوان پایه ای برای حسگرهای فشار یا shape memory materials استفاده می شود که می توانند به سرعت در هنگام فشار یا تغییر شکل پاسخ دهند. ۳- عایق حرارتی و مواد ارتعاشی: به دلیل سبک بودن و ظرفیت جذب انرژی خوب به عنوان عایق حرارتی و مواد میرایی ارتعاش در ساختمان ها و حمل و نقل استفاده می شود. ۴- کاربردهای زیست پزشکی: برای تهیه مواد داربست برای حمایت از رشد سلولی مناسب برای مهندسی بافت و کاربردهای ترمیم استفاده می شود. ۵- دستگاه های پوشیدنی: به دلیل خاصیت ارتجاعی و انعطاف پذیری بالا برای ساخت سنسورهای پوشیدنی سبک و راحت یا دستگاه های نظارتی استفاده می شود. ۶. کاربردهای زیست محیطی: در تصفیه آب و تصفیه هوا، با توجه به سطح ویژه بزرگ و خواص الاستیک آن برای افزایش فیلتراسیون استفاده می شود. از این رو، با توجه به ویژگی های منحصربه فرد آبروژل گرافن، می توان انتظار داشت دستگاه های ذخیره ساز انرژی (به ویژه ابرخازن) با ابعاد و وزن کمتر و کارایی بالاتر ساخت. همچنین با توجه به کاربرد گسترده این ماده در حوزه محیط زیست و کاربردهای بالفعل دیگر، تمرکز بر سنتز و بهینه سازی آن ارزشمند است.
۵.	ابرخازن ها به طور کلی چگالی انرژی کمتری نسبت به باتری های سنتی نشان می دهند. به عنوان مثال، در حالی که

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

مشکلات و نواقص موجود و دلیل بروز مشکل	باتری های لیتیوم یونی می توانند چگالی انرژی تا ۲۵۰ Wh/kg داشته باشند، ابرخازن ها معمولاً چگالی انرژی بین ۱۰-۵ Wh/kg را دارند. این محدودیت تا حدود زیادی مربوط به مواد الکترودی مورد استفاده در ابرخازن ها است که با وجود مساحت سطحی بالا و رسانایی زیاد، نمی توانند انرژی زیادی ذخیره کنند. از این رو، تمرکز بر روی مواد الکترودی بسیار حائز اهمیت است. آثروژل های گرافن (GA) به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای افزایش عملکرد ابرخازن ظاهر شده اند. GA دارای ساختار پیچیده ای با منافذ در اندازه نانو است که توسط لایه های گرافن با ضخامت اتمی قابل توجه تشکیل شده است. این ساختار منحصر به فرد خواص الکترومکانیکی استثنایی، از جمله مساحت سطح بالا و رسانایی عالی را فراهم می کند. همچنین توجه به الاستیسیته این ماده، منجر می شود که بتوان ابرخازن های منعطف با کارایی بالا تهیه شود.
۷. ارزش مالی حل مسئله:	آثروژل های گرافنی در حال حاضر به صورت تجاری با قیمت حدود ۳۰۰ دلار در هر گرم به فروش می رسند.
۸. الزامات کلیدی و حیاتی مربوط به نیاز	با توجه به روش سنتز آثروژل گرافن، الزامات فنی و کلیدی آن دستخوش تغییر می شود، اما به طور کلی مطلوب است که آثروژل گرافن ویژگی های نانوصفات گرافن را تا حد امکان داشته باشد: تخلخل: (۹۰-۹۹٪) چگالی: $20-3 \text{ mg m}^{-3}$ مساحت سطحی ویژه: بیش از $1359 \text{ m}^2/\text{g}$ هدایت حرارتی: $0.14 \text{ W m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ رسانایی: $1000-500 \text{ S/m}$ استحکام مکانیکی: $150-50 \text{ KPa}$ مدت زمان ماندگاری: یک سال عموماً خاصیت ارتجاعی در مواد پدیده ای است که زمینه ای برای کاربردهای عملی گسترده در مهندسی، پزشکی و الکترونیک فراهم می کند. اکثر مواد معمولی فقط می توانند تغییر شکل های کوچک در محدوده الاستیک را تحمل کنند، این میزان معمولاً کمتر از ۵٪ اندازه اصلی خود است. خواص مکانیکی آثروژل های گرافن به چگالی آنها بستگی دارد. به طور معمول، هم مدول تراکم و هم استحکام آثروژل های گرافن با چگالی به دلیل انباشته شدن فشرده لایه های گرافن و افزایش ضخامت دیواره برای مقاومت در برابر تغییر شکل خمشی خاص تحت فشار بدون ایجاد ترک افزایش می یابد. از آنجایی که حد الاستیسیته نهایی آثروژل های گرافن در فشرده سازی هنوز مشخص نشده است لازم است الاستیته گرافن آثروژل سنتزی در حد مطلوبی باشد تا به راحتی بتوان در سیستم های انعطاف پذیر به کار گرفته شود. در جدول زیر خواص مکانیکی آثروژل گرافن سنتزی با روش های مختلف آورده شده است. همانطور که مشخص است بسته به نوع روش سنتز پارامترهای فیزیکی دستخوش تغییر می شود. ☑ همچنین تست های مربوط به الزامات ایمنی مطابق استاندارد های جهانی را بایستی پاس کنند.

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

Table 1. Mechanical properties of graphene aerogels and other aerogels.

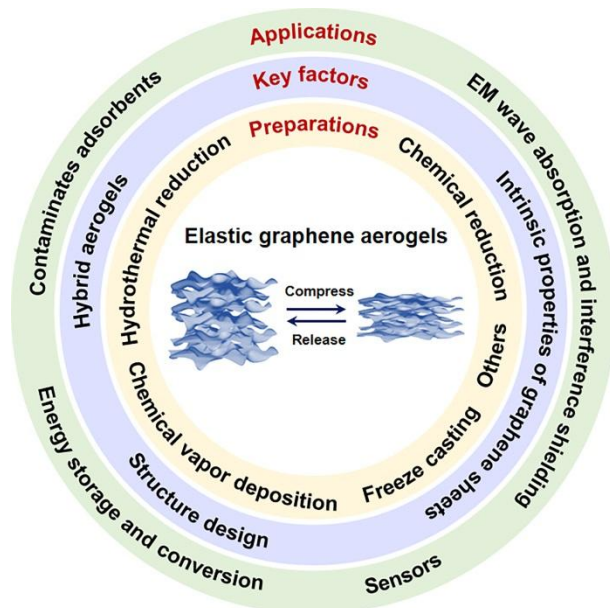
Synthesis Methods	Density (mg·cm ⁻³)	Compression		Reference
		Strain (%)	Stress (kPa)	
Hydrothermal	5.1	80	18	[6]
Solvothermal	3	90	5	[7]
Solvothermal	1.15	90	90	[10]
3D printing	123	90	1200	[9]
Hydrothermal	8.3	93	50	[8]
Chemical reduction	16	90	17	[57]
Hydrothermal	10	95	28	[58]
Hydrothermal	8	99	700	[59]
Hydrothermal	6	99	1000	[11]
In-situ assembly	<3	84	14.8	[60]
freeze casting	8.8	92	134.1	[12]
freeze casting	-	92	38	[30]
Hydrothermal	5.8~7.5	99.8	0.73 × 10 ⁶	[61]
Hydrothermal	2.2	99	87.5	[14]
(template-based)				
In-situ assembly	3.0 to 6.3	97	4.7 × 10 ³	[62]
CVD	11~70	-	-	[63]
Crosslink	17.7	-	43	[27]
Hydrothermal	5.07	-	5.4	[25]
Hydrothermal	35.25	-	-	[64]
Hydrothermal	6~8	92	4.5 × 10 ⁶	[65]
Chemical reduction	3.7	99	20	[66]
Hydrothermal	17.7	-	43	[67]
Hydrothermal	35.25	-	-	[68]
Hydrothermal	6~8	92	4.5 × 10 ⁶	[69]

۹. محدودیت ها و قیود	• ماده سنتزی بایستی در برابر حرارت و نوسانات دمایی مقاوم باشد و خود و یا محصولات جانبی آن، وارد واکنش های اصلی نگردد. • مقاومت شیمیایی و طول عمر بالایی داشته باشد. • ماده سنتزی از نظر قیمت و کیفیت توانایی رقابت با نمونه هاب مشابه خارجی را داشته باشد. • روش استفاده برای سنتز، مقیاس پذیر و ارزان باشد. • کاربر اصلی این پروژه به دنبال تامین نیاز خود بوده و الزام نیاز او باید تامین شود • تلاش برای بومی سازی دانش فنی ساخت و توسعه آئروژل گرافن با الاستیته بالا جهت کاربردهای متفاوت در مقیاس بالا صورت پذیرد.
۱۰. راه حل فعلی	آئروژل های گرافن (GAs) ویژگی های منحصر به فرد گرافن دو بعدی را با ویژگی های ساختاری مواد متخلخل در مقیاس میکرو ترکیب می کنند و خواص فوق العاده سبک، فوق استحکام و فوق العاده سختی را از خود نشان می دهند. آئروژل های گرافن نوعی تمامود مبتنی بر کربن هستند که برای محیط های سخت در زمینه های هوافضا، نظامی و مرتبط با انرژی مناسب هستند. در صورت دستیابی به دانش فنی و بومی سازی ساخت این ماده در مقیاس بالا با رعایت الزامات مد نظر، می توان در زمینه های زیادی از این ماده استفاده نمود.
۱۱. برنامه ها، پروژه ها و اقدامات مرتبط	تاکنون روش ها و طرح های زیادی برای ساخت آئروژل گرافن انجام شده است. در ادامه به تازه ترین اقدامات اشاره خواهد شد: ۱- محققان دانشگاه نورثومبریا، UCLA، دانشگاه آلبرتا و سایر موسسات استراتژی ساخت آئروژل های گرافن بهبود یافته را توسعه داده اند که آئروژل سنتزی با این روش توسعه یافته، دارای خاصیت ارتجاعی فوق العاده جهت دار، دوام فوق العاده، عملکرد مکانیکی و الکتریکی عالی، دامنه حسی طولانی و حساسیت بسیار بالایی به محرک های ۱۲۱.۴۵ کیلو پاسکال داشت. ۲- محققان شرکای Graphene Flagship، مؤسسه فناوری ایتالیا و دانشگاه Sapienza رم، از آئروژل های گرافنی با باند فوق العاده برای ساخت بلندگوهای ترموآکوستیک استفاده کرده اند. این روش از رسانایی عالی گرافن استفاده می کند و

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

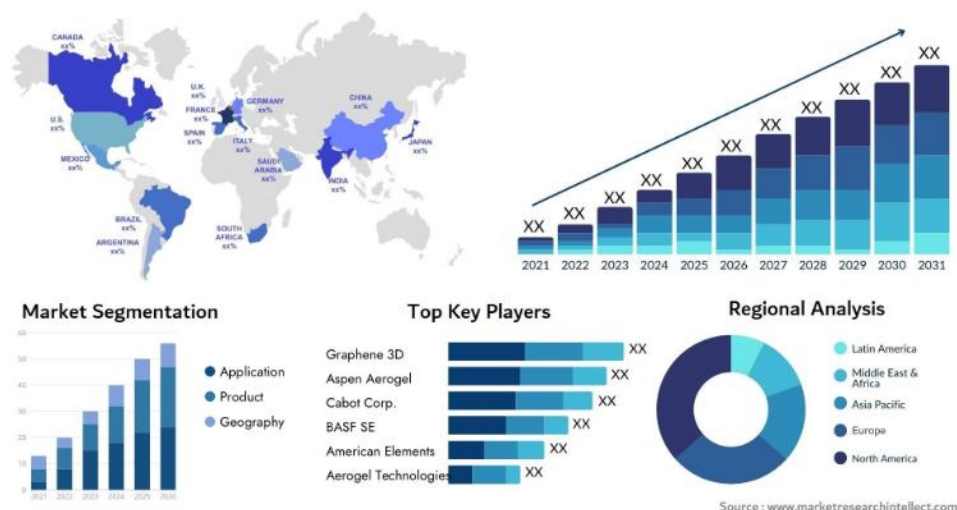
پیام‌های صوتی را به پالس‌های نوری تبدیل می‌کند که سپس به صدا تبدیل می‌شود و توسط میکروفون ضبط می‌شود که سیگنال‌ها را به تقویت‌کننده خارجی ارسال می‌کند. ۳- محققان فوم آبروژل اکسید گرافن را برای بهبود باتری‌های لیتیومی تمام حالت جامد تولید کردند. ۴- Stanford Advanced Materials آبروژل گرافن بسیار الاستیک با کیفیت بالا با نام GR3731 را تولید و عرضه کرده است. این محصول ویژگی‌هایی چون: دانسیته: $10-20 \text{ mg cm}^{-3}$، قطر: $2-1/2 \text{ cm}$ و ارتفاع: $2-1/2 \text{ cm}$ دارا است. همچنین این شرکت آبروژل گرافن اکسید با ویژگی‌های دیگر و الاستیسیته بالا نیز تولید می‌کند. ۵- شرکت ACS material آبروژل گرافن با CAS-No.: 7782-42-5 در سه نوع A، B و C وارد بازار کرده است. همچنین آبروژل گرافن آلاییده با نیتروژن را نیز سنتز می‌کند. ۶- در سامانه گنج ایران داک، عناوین پایان نامه ای با کلید واژه، آبروژل گرافن در حوزه های گوناگون همچون ابرخازن به چشم می خورد. ۷- ظاهرا شرکت ردوکس کالا، این ماده را به فروش می رساند و آقای یاسین شبان گلی بر روی سنتز این ماده مقالاتی را در مجله ACS nano و Advance energy material به چاپ رسانده است. ۸- شرکت دانش بنیان "واکنش صنعت پارت" در شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان برای اولین بار در خاورمیانه اقدام به تولید صنعتی "آبروژل آب گریز سیلیس" با نام تجاری ایرولیت کرده است.	
آبروژل‌های گرافن ویژگی‌های منحصر به فرد گرافن دو بعدی را با ویژگی‌های ساختاری مواد متخلخل در مقیاس ریز ترکیب می‌کنند و بسیار سبک بوده و استحکام فوق العاده ای را از خود نشان می‌دهند. بنابراین تمرکز و توجه بر تهیه و فرآوری آبروژل‌های گرافن که اولاً ارزان قیمت باشد (صرفه اقتصادی داشته باشد)، دوستدار محیط زیست باشد و در نهایت در صنایع دیگر قابل کاربرد باشد، مهم است.	۱۲. محصول/ راه حل پیشنهاد ی
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 بهره‌بردار از حل مسئله
ذخیره انرژی؛ graphene, aerogel, ابرخازن، ذخیره انرژی، Surface area, Specific capacitance	۱۴. کلمات کلیدی

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:



شکل ۱. آئروژل‌های گرافن الاستیک و روش‌های آماده‌سازی آن‌ها، عوامل کلیدی تاثیرگذار و کاربردها. منبع: تکثیر شده از مرجع ۳۵ کپی رایت ۲۰۱۹، Wiley-VCH

Global Graphene Aerogel Market Size and Scope



شکل ۲. بازار جهانی آئروژل گرافن

بر اساس شکل ۲. مشخص است که در سال‌های پیش رو مصرف آئروژل گرافن در حوزه‌های مختلف فزونی خواهد یافت. از این رو، تمرکز بر این ماده شگفت‌آور، ارزشمند است.

آئروژل‌های گرافن دارای خواص قابل‌توجهی مانند استحکام مکانیکی بالا، هدایت الکتریکی، مقاومت حرارتی، پایداری چرخه‌ای، ظرفیت خازنی ویژه و ظرفیت جذب بالا هستند که آن‌ها را به یک ماده بسیار امیدوارکننده در زمینه‌های مختلف تبدیل می‌کند. کاربردهای بالقوه آن‌ها در دستگاه‌های ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌های

۱۵.

تصاویر

مرتبط

۱۶. سایر

توضیحات

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ:

لیتیوم یون، ابرخازن‌ها و پیل‌های سوختی و همچنین حفاظت از محیط زیست از طریق جذب ضایعات و تصفیه آب، آن را به ماده‌ای شگفت‌انگیز تبدیل کرده است. هرچند کاربرد این ماده در طیف گسترده‌ای از حوزه‌هاست. علیرغم پیشرفت‌های قابل توجه در تحقیقات آنروژل گرافن، سفر از آزمایشگاه به بازار تجاری همچنان پر از چالش است. تلاش‌ها برای اصلاح روش‌های سنتز، کاهش هزینه‌های تولید و رسیدگی به نگرانی‌های زیست‌محیطی مرتبط با فرآیند تولید در باز کردن پتانسیل کامل آنروژل‌های گرافن در کاربردهای دنیای واقعی بسیار مهم است. با غلبه بر این موانع، آنروژل‌های گرافنی آماده انقلابی در صنایعی مانند ذخیره‌سازی انرژی و حفاظت از محیط زیست هستند و راه را برای آینده‌ای پایدارتر و کارآمدتر هموار می‌کنند. تطبیق پذیری آنروژل‌های گرافن، همراه با تحقیق و توسعه مداوم، نویدبخش بهره‌گیری از خواص منحصر به فرد آنها برای مقابله با چالش‌های جهانی و تغییر روشی است که ما انرژی و منابع را مهار و حفظ می‌کنیم.	
آنروژل گرافن، ساختار سه بعدی نانوصفحات گرافن است که دارای مقاومت مکانیکی و کشسانی بی نظیری است و کاربردهای بسیار وسیعی در ابر خازن‌ها و سلول‌های خورشیدی دارد. از این رو انتظار می‌رود تمرکز بر روی سنتز و توسعه این ماده فوق سبک با پایداری بالا، دارای ارزش افزوده در زمینه‌های مختلف باشد.	۱۸. تحلیل کارگزار کاشف

کاربر	مرکز عملیات رشد
تاریخ:	تاریخ: