**عنوان فراخوان**

**طراحی مفهومی و ساخت نمونه اولیه باتری‌های حالت جامد**

**به کمک پرینتر3بعدی**

**توضیحات فراخوان**

این پژوهش بر روی طراحی مفهومی ساخت میکروباتری لیتیومی با استفاده از پرینت سه‌بعدی تمرکز خواهد داشت. درحال حاضر میکروباتری‌ها برای تأمین انرژی در مدارات حاوی سنسورها، تجهیزات کاشتنی در صنعت پزشکی، تجهیزات پوشیدنی مانند عینک، هدفون و لباس هوشمند و در مدارات الکترونیکی کوچک مرتبط با صنعت اینترنت اشیاء کاربرد دارد. تجارت میکروباتری‌های مصرفی در این صنایع تا سال 2018 به 1.3 میلیارد دلار رسیده است و روند رو‌به‌رشدی دارد. در مقایسه با روش سنتی تولید باتری به دلیل قابلیت کنترل لایه نشانی مواد و طراحی کانال حفرات می‌توان به ظرفیت بالاتری دست یافت. امکان ساخت باتری در ابعاد سفارشی کوچک امکان‌پذیر است. همچنین سرمایه‌گذاری اولیه برای تولید با این روش پایین‌تر است. انجام این پژوهش از دو جهت اهمیت دارد اول اینکه موضوع باتری در کشور بسیار استراتژیک است و با راه‌اندازی اولین کارخانه تولید باتری لیتیوم یون از یک دهه پیش و تأمین 10 درصد نیاز کشور، به دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین در این زمینه هنوز کارخانه جدیدی راه‌اندازی نشده و این تکنولوژی می‌تواند از این حیث در کشور ارزان و قابل پیاده‌سازی باشد. دوم آنکه با توجه به هوشمندشدن تجهیزات، نیاز به میکروباتری در کشور افزایش خواهد داشت. هدف از این پژوهش طراحی مفهومی باتری با ابعاد 50 در 30 میلیمتر و ارتفاع کمتر از 1 میلیمتر با ظرفیت 20 میلی آمپرساعت و جریان بین 1 تا 100 میلی آمپر با روش پرینت سه‌بعدی است.

**پیشینه مسئله پژوهشی**

اولین مقاله در زمینه ساخت باتری لیتیومی با روش DIW در سال **2013** منتشر شده است.از آن زمان تاکنون مقالات متعددی در این زمینه منتشرشده است. چندین شرکت دانش بنیان و استارت‌آپ در جهان در زمینه ساخت باتری با استفاده از پرینت سه‌بعدی فعال هستند و این شرکت‌ها با ساخت نمونه اولیه در حال جذب سرمایه از صنایع بزرگ مانند خودروسازی هستند:

شرکت Sakuu واقع در سیلیکون‌ولی کالیفرنیا نمونه اولیه خود را در سال 2021 ساخته و در سال 2022 خط پایلوت را راه‌اندازی کرده است. در سال 2023 مذاکراتی با شرکت مشاوران پورشه انجام داده است و قرار است تا سال 2030 گیگافکتوری با ظرفیت 200 گیگاوات ساعت راه‌اندازی کند که معادل 77 درصد تولید باتری‌های لیتیومی است. بنیان‌گذار این شرکت، رابرت باقری، می‌گوید پلتفرم طراحی شده توسط این شرکت به نام Kavian Platform قادر است به صنایع مختلف نظیر پزشکی ، هوافضا و خودرو برحسب نیازشان خدمات ارائه کند. راه‌اندازی این کارخانه 33% کاهش هزینه درپی خواهد داشت و فضای کارخانه را 44% کوچکتر خواهد کرد. شرکتBlackstone Technology به تازگی با Volkswagen مذاکراتی برای تولید باتری‌های حالت جامد مورد استفاده در خودرو الکتریکی انجام داده است. هزینه تولید این باتری‌ها 30 % کمتر و مصرف انرژی 25 % کاهش می‌یابد. شرکت Photocentric درتلاش برای ساخت باتری حالت جامد با کاربرد خودرو می‌باشد. با توجه به جهت‌گیری صنعت باتری در خارج از کشور در زمینه ساخت باتری به روش پرینت سه‌بعدی، پرداختن به این موضوع در کشور با توجه به پتانسیل و امکانات موجود ضروری به نظر می‌رسد و در برنامه آینده شرکت است.

**مشروح مسئله پژوهشی**

شرکت دانش‌بنیان متقاضی این نیاز، در زمینه طراحی و ساخت باتری لیتیوم یون به اشکال استوانه‌ای، سکه‌ای و پاچ فعالیت داشته و در حال حاضر درمرحله جذب سرمایه‌گذار در این زمینه است. هزینه سرمایه‌گذاری برای راه‌اندازی کارخانه باتری لیتیومی بالا می‌باشد. به‌عنوان مسیری که هزینه سرمایه‌گذاری کمتری دارد، این شرکت دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت باتری به روش پرینت سه‌بعدی را در برنامه خود دارد. پرینت سه‌­بعدی باتری موضوعی بین رشته‌ای است و ترکیبی از مهندسی و علم مواد، مهندسی مکانیک، الکترونیک و کامپیوتر است. شیمی باتری و میکروساختار باتری توسط مهندسین مواد و شیمی انتخاب می‌شود و پیاده‌سازی و ساخت توسط مهندسین مکانیک انجام می‌شود. مهندسین الکترونیک و کامپیوتر، نرم‌افزار مربوطه را طراحی می‌کنند. به‌طور خلاصه این فناوری را می‌توان شامل موارد زیر دانست:

(الف) انتخاب مواد: با مرور مقالات انواع مواد فلزی، سرامیکی، پلیمری در ساخت باتری با این نوع فناوری استفاده شده است. این باتری‌ها با انواع روش‌های چاپ سه‌بعدی ساخته شده‌اند. روش direct ink writing (DIW)، روش fused filament fabrication (FFF)، روش inkjet printing (IJP) روش stereolithography (SLA) که روش DIW و IJP از جوهر و دوغاب مواد فعال، بایندر و ماده رسانا استفاده می‌شود و در روش FFF همین اجزا به صورت فیلمان در می‌آید. روش SLA نیز بر مبنای استفاده از لیزر طراحی شده است. مواد به‌کار‌رفته در مقالات انواع کاتدها و آندهای متداول در ساخت باتری‌های لیتیومی از جمله گرافیت، NCM,LTO,rGO.Si را شامل می‌شود و هدف طراحی ساختار برای افزایش ظرفیت، رسانایی، انعطاف‌پذیری، استحکام مکانیکی و افزایش نرخ جریان و بازدهی تعریف شده است. در همه این موارد علاوه بر انتخاب ماده، نحوه ساخت دوغاب با ویسکوزیته، کشش سطحی مشخص که بتواند از نازل عبور کرده و مسیر آن را نبندد، اهمیت ویژه‌ای دارد.

(ب) طراحی ساختار باتری : با توجه به انعطاف‌پذیر بودن روش و دقت بالا معماری ساختار باتری برحسب نیاز قابل طراحی است. ساختارهایی که با روش‌های سنتی مثل لایه‌نشانی دکتر بلید قابل انجام نیست می‌تواند طراحی و ساخته شود.

(ج) ساخت نمونه اولیه و فرایند پرینت: در این مرحله از نرم‌افزارهای پیشرفته CAD برای پیاده‌سازی و طراحی ساختار استفاده می‌شود. دقت و حد تشخیص پرینتر و ساخت لایه‌به‌لایه توسط طراحی دقیق نازل، دما، سرعت حرکت نازل امکان‌پذیر است. پارامترها باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که چسبندگی لایه و خواص مکانیکی و پایداری لایه را تضمین نماید. از طرف دیگر طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که امکان تزریق از طریق چند نازل برای لایه‌نشانی اجزا مختلف امکان‌پذیر باشد، که این به پیچیدگی طرح اضافه می‌کند.

(د) فرایندهای پس از چاپ: پس از پرینت، بسته به مواد به‌کار‌رفته ممکن است نیاز به مراحلی نظیر خشک کردن و عمل‌آوری باشد.

(ه) تست و تکرارپذیری که مرحله آخر است و مشابه روش متداول ساخت باتری است**.**

**چالش‌های کلیدی نیاز فناورانه**

به طور کلی چالش‌ها مواردی هستند که در مراحل طراحی مفهومی با آن‌ها مواجه خواهیم شد. این مراحل شامل موارد زیر است:

1. انتخاب نوع مواد
2. انتخاب روش پرینت
3. ساخت و ارزیابی دوغاب یا جوهر
4. طراحی ساختار باتری شامل (تکنولوژی ساخت- معماری الکترودها و پیکربندی باتری)
5. طراحی نازل
6. تست و ارزیابی میکروباتری

به لحاظ پژوهشی در هر یک از مراحل شش‌گانه فوق چالش وجود دارد. بیشترین تمرکز در بخش سوم و چهارم است به‌این‌ترتیب که در طراحی ساختار باتری برای هر کاربرد مورد نظر می‌توان یک ساختار خاص طراحی کرد که این بخش نیازمند تعریف پروژه و پژوهش گسترده است. در بخش ساخت دوغاب نیز چالش‌ها زیاد خواهد بود که در این حوزه هم می‌توان پروژه‌های متعددی تعریف کرد. در سایر بخش‌ها هم چالش وجود دارد. به‌عنوان مثال یک چالش، بالا بردن لودینگ الکترودها برای رسیدن به دانسیته انرژی بالاتر است یا نمونه دیگر چالش کوتاه کردن مسیر نفوذ یون لیتیوم در الکترودها می‌باشد. با توجه به قابلیت روش پرینت سه‌بعدی در طراحی ساختارهای خاص می‌توان با کوتاه کردن مسیر نفوذ نرخ‌پذیری باتری را افزایش داد.

**گام‌های پژوهشی**

1. بررسی و جمع‌بندی مقالات و پتنت‌های مرتبط با پروژه؛
2. انتخاب مواد اولیه، انتخاب روش پرینت
3. طراحی ساختار باتری شامل تکنولوژی ساخت- معماری الکترودها و پیکربندی باتری
4. ساخت دوغاب یا فیلمان اجزا باتری و مشخصه‌یابی آن
5. طراحی و ساخت پرینتر و چاپ باتری و مشخصه‌یابی محصول
6. اصلاح طراحی و بهینه‌سازی فرایندها
7. به‌کارگیری باتری در مدار و تست نهایی باتری در مدار

**خروجی پژوهش**

* ویژگی‌های محصول جدید شامل موراد زیر است :

|  |  |
| --- | --- |
| ولتاژ | بین 2 تا 5/2 ولت |
| ابعاد (میلی متر) | 50\*30 |
| ارتفاع (میلی متر) | زیر 1 |
| وزن | تا 2 گرم |
| مقاومت داخلی اولیه | 100 اهم |
| دمای کاری | 20- الی 60 درجه سانتی گراد |
| حداکثر جریان کاری (لحظه ای) | 10 میلی آمپر |
| ظرفیت | 20 میلی آمپرساعت |
| انعطاف‌پذیری | تا زاویه 35 درجه |

.

ظرفیت پیش‌بینی‌شده برای فول سل در حدود mAhg-1 100 با سیکل‌پذیری حداقل 50 سیکل که ظرفیت از 80 درصد ظرفیت اولیه افت پیدا نکند.

**تسهیم مالکیت فکری**

* **مالکیت معنوی: مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای پژوهش سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.**
* **مالکیت منافع مادی: با توجه به مدل کسب‌و‌کار و اجرا و اثبات دستاوردهای حاصل از طرح توسط شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری برای شرکت متقاضی خواهد شد اما مطابق تراضی بین شرکت متقاضی و مجری، قابل اشتراک بین آنها خواهد بود.**

**نحوه پذیرش**

پذیرش **طرح‌ها** رقابتی است و از بین پروپوزال‌های دریافتی، موردی که شرایط زیر را داشته باشد، در اولویت خواهد بود:

1. ترکیب متخصصین تیم پیشنهادی مرتبط باشد.
2. افراد پیشنهادشده، دارای سابقه پژوهشی و فنی در آن موضوع باشند.
3. زمان‌بندی، هزینه و شرح خدمات، متناسب و مرتبط با پژوهش موردتقاضا باشد. (در این بخش، مجری می‌تواند برآورد اولیه خود را اعلام کند اما بدیهی است جزئیات اجرایی در ابتدای امر مشخص نیست و مجری و کارفرما با علم به این موضوع وارد این توافق خواهند شد)
4. پروپوزال، طبق فرمت پیشنهادی بنیاد، تهیه و از طریق سامانه کایپر ارسال شده باشد.
5. فونت حروف و اعداد فارسی B Nazanin و اندازه قلم 13 و فونت حروف و اعداد انگلیسی، Times New Roman و اندازه قلم 11 باشد.

**هزینه‌های قابل قبول**

* حق‌التحقیق نیروی انسانی؛
* تست‌ها و آنالیزها؛
* خدمات؛
* مواد اولیه.

**حوزه‌های اولویت‌دار**

**مهندسین مکانیک، برق یا رباتیک (آشنا با زمینه ساخت پرینتر)**

**مهندسی مواد و شیمی (آشنا با زمینه باتری)**

**واجدین شرایط**

پژوهشگر اصلی تیم لازم است عضو هیئت‌علمی فعال یکی از دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی کشور باشد. پس از دریافت پروپوزال از طریق سامانه، ارزیابی انجام گرفته و در صورت کسب امتیاز بالا، تیم برگزیده جهت مذاکره با بنیاد و شرکت متقاضی دعوت خواهد شد.

***فایل‌های‌ پیوست***

فرم درخواست پیشنهاده (پروپوزال)

متن فراخوان

**تاریخ فراخوان**

کلیه افراد واجد شرایط تا پایان فروردین فرصت دارند که پروپوزال خود را از طریق سامانه کایپر برای بنیاد ملی علم ایران ارسال نمایند.

**توجه: تاریخ این فراخوان تمدید نخواهد شد و فقط پروپوزال‌های ارسالی در بازه زمانی اعلام شده در فراخوان، به مرحله داوری خواهند رفت.**

**مبلغ حمایت**

پژوهش پیشنهاد شده تا سقف ۸۰ درصد، حداکثر 5/2 میلیارد تومان، توسط بنیاد ملی علم ایران حمایت خواهد شد. بدیهی است که مابقی هزینه‌ها باید توسط شرکت متقاضی ارائه دهنده پژوهش تأمین شود.

**شیوه ثبت نام و ارسال درخواست**

متقاضیان جهت ثبت‌نام می‌توانند به سامانه کایپر مراجعه و از طریق بخش متقاضیان/ پژوهشگران اقدام نمایند. درصورتی‌که در این سامانه پروفایل مشخصات فردی ندارید ابتدا ثبت‌نام نموده و سپس به‌وسیله نام کاربری (Email) و رمز عبور اعطا شده وارد سامانه شوید. پس از ورود در بخش ارسال طرح جدید می‌توانید از کارتابل پژوهش عمیق شرکت‌های دانش‌بنیان اقدام به ارسال طرح نمایید.

**مسئول پاسخگویی**

پژوهشگران پس از مطالعه توضیحات فراخوان و آیین نامه‌های مربوطه در پورتال بنیاد علم، در صورت داشتن هر گونه ابهام یا سؤال در خصوص فرایند ارسال طرح، شرایط و محتوای علمی فراخوان می‌توانند از پروفایل خود در سامانه کایپر با کارگروه دانش‌بنیان از طریق تیکت، یا با ایمیلjandili.a@insf.org سؤالات خود را مطرح نمایند و یا با شماره تلفن ۰۲۱۸۲۱۶۱1۵۰(آقای جندیلی) تماس حاصل فرمایند.