بسمه تعالی

فرم درخواست پیشنهاد (RFP)

بخش 1- عنوان

عنوان طرح :

الف) فارسی: کاتدهای فاقد کبالت مورد کاربرد در باتری‌های لیتیم-یون و سدیم-یون

ب) انگلیسی: Cobalt-free cathodes used in lithium-ion and sodium-ion batteries

ماهیت طرح:

الف) بنیادی [1] ■ ب) کاربردی[2] ■ ج) توسعه ای[3] □

مقیاس طرح:

الف) مطالعاتی و شبیه‌سازی ■ ب) آزمایشگاهی ■ ج) تولید پایلوت □ د)تولید صنعتی □

[1] در این تحقیقات مطالعات صرفاً نظری جهت بررسی مسئله صورت می پذیرد.

[2] در این نوع تحقیقات پیدا کردن راه حلی کاربردی برای حل مسئله مدنظر می باشد.

[3] در این نوع تحقیقات توسعه راه حلهای مطرح در زمینه خاصی مدنظر قرار دارد.

بخش 2- معرفی شبکه باتری نانو ایران (شبنا)

امروزه در دنیایی زندگی می‌کنیم که بحث ذخیره‌سازی انرژی در آن روز به روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. علاوه بر صنعت وسایل الکترونیکی قابل حمل (نظیر موبایل و لپ تاپ) که ده ها سال است از مزایای باتری‌های پیشرفته برای توسعه خود بهره برده اند، پیدایش و رشد شتابان خودروهای الکتریکی و نیاز روز افزون به وجود ذخیره‌ساز در کنار انرژی‌های تجدیدپذیر، دو عاملی است که اهمیت باتری‌ها را در دنیای امروز و آینده جهان به بالاترین حد خود رسانده است. با این حال فناوری‌های موجود جوابگوی نیازهای این حوزه‌ها نیست، از همین رو فناوری‌هایی که بتوانند منجر به تولید باتری‌هایی سبکتر، کم حجم‌تر، ارزانتر، ایمنتر، با دوام‌تر و کاراتر شوند بشدت مورد تقاضا هستند. در این بین، فناوری نانو به یکی از مهمترین و کلیدی‌ترین جنبه‌های مورد توجه برای توسعه نسل‌های بعدی مواد مورد استفاده در باتری‌های پیشرفته تبدیل شده است. از همین رو ستاد توسعه فناوری نانو از سال 1395 اقدام به راه‌اندازی برنامه‌ای تحت عنوان **شبکه باتری نانو ایران (شبنا)** کرده است.

شبنا با جلب مشارکت و همکاری نهادهای متولی فناوری، شرکت‌های صنعتی، دانشگاه‌ها، متخصصین مربوطه و هسته‌های نوپای توسعه فناوری و ایجاد شبکه‌ای پویا بین بازیگران مختلف این حوزه، قصد دارد زمینه لازم برای دستیابی و ارتقای دانش، فناوری و صنعت باتری‌های پیشرفته و زنجیره ارزش آن‌ها را در کشور فراهم آورد. علاوه بر این، هدف بالاتر شبنا، نوآوری به منظور حل چالش‌های صنعت روز دنیا، ثبت اختراعات بین المللی، صادرات محصولات یا فناوری‌های مبتنی بر این اختراعات و در نهایت تبدیل شدن به یک بازیگر فعال در حوزه مواد و فناوری‌های باتری‌های پیشرفته در سطح جهانی است.

حمایت از پژوهش‌های هدفمند در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری توسط شبنا با هدف تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه ذخیره‌سازی انرژی، کمک به رفع سوالات و چالش‌های علمی و پژوهشی شرکت‌های دانش بنیان، توسعه فناوری‌های مهم و آینده‌دار و در نهایت زمینه‌سازی برای شکل‌گیری کسب و کارهای نوپای فناوری

محور از درون این پژوهش‌ها انجام می‌گیرد. در اینجا یکی از موضـــوعاتی که توســـط شـــبنا مورد حمایت قرار می‌گیرد، معرفی شده است.

بخش 3- واژه نامه

با توجه به اینکه هر حوزه علمی اصطلاحات و واژه های تخصصی خاص خود را دارد لذا قبل از ورود به بخشهای علمی این سند، لغات به فارسی برگردانده شده در جدول 1 جمع آوری شده است.

جدول 1. مجموعه لغات تخصصی به فارسی برگردانده شده مورد استفاده در RFP

فارسی	انگلیسی
گریز حرارتی	Thermal run away
باتری لیتیم یون	LIB
نیکل-غنی	Nickel-Rich
ترسیب همزمان	Coprecipitation
تجمع شوندگی	Agglomeration

بخش 4- اهمیت طرح

کبالت عنصری کلیدی برای کاتد باتری‌های لیتیوم-یون می باشد اما تامین کبالت، یکی از بزرگ‌ترین معضلات زنجیره تامین مواد اولیه‌ی صنعت باتری است که گسترش کاربرد وسایل نقلیه الکتریکی و سایر ادوات الکترونیکی را تهدید می‌کند. بعلاوه این ماده یکی از پرهزینه‌ترین مواد مورد اســـتفاده در باتری‌های لیتیوم-یون اســـت که قیمت تمام شده آن را افزایش می‌دهد.

بر همین اساس بسیاری از شرکت‌های فعال در صنعت باتری به دنبال حذف کامل کبالت از کاتدهای پایه نیکلی هستند و تخمین زده می‌شود بازار جهانی کاتدهای فاقد کبالت در آینده رشد قابل توجهی داشته باشد. بعلاوه افزایش تقاضا برای باتری‌های لیتیوم یون، با توسعه روزافزون و فروش فزاینده خودروهای الکتریکی، رشد این بازار را تقویت خواهد کرد. با توجه به این عوامل، ساخت کاتدهای بدون کبالت با کارایی بالا یکی از دغدغه‌های اصلی دانشمندان و فناوران حوزه باتری می‌باشد و تلاش‌ها در این زمینه در حال گسترش است. تحقیقات در راستای تجاری‌سازی این کاتدها هنوز در ابتدای راه است لذا نیاز به تحقیقات گسترده در این حوزه دیده می‌شود.

هزینه کاتدها تا حد زیادی به هزینه مواد خام سازنده آن مانند فلزات لیتیوم، نیکل، کبالت، منگنز و آهن بستگی دارد. در میان این عناصر، کبالت به دلیل هزینه بالا، نوسانات قیمت و زنجیره تامین شکننده مشکل‌سازترین عنصر کاتدی شناخته می شود. در کاتدهای NCM و NCA بسته به ترکیب کاتد، معمولاً بین 80 تا 200 گرم کبالت در هر کیلووات ساعت کاتد تجاری گنجانده می‌شود. قیمت کبالت در دهه گذشته شاهد نوسانات چشمگیری بوده است و در گذشته در مقایسه با نیکل و مس، افزایش شدید قیمت را تجربه کرده است. چنین افزایش قیمتی ناشی از کمبود تامین این ماده است. کبالت عمدتاً به عنوان یک محصول جانبی از سنگ معدن نیکل و مس استخراج می‌شود. البته غلظت آن در این سنگ ها معمولاً 10 برابر کمتر است. ذخایر کبالت و تأسیسات فرآوری عمدتاً به ترتیب در جمهوری دموکراتیک کنگو و چین قرار دارند. این تمرکز منابع و تولید کبالت نه تنها عرضه را محدود می‌کند، بلکه خطرات ژئوپلیتیکی را نیز ایجاد می‌کند که می‌تواند زنجیره تامین را بیشتر تهدید کند. در حالی که بازیافت LIB می‌تواند بخشی از کمبود عرضه مواد را کاهش دهد، اما میزان تولیدات حاصل از بازیافت هنوز فاصله زیادی با تقاضای فزاینده باتری ها دارد. به این ترتیب، در صنعت LIB اجماع عمومی برای کاهش یا حذف استفاده از کبالت در کاتدها به دلایلی که ذکر شد وجود دارد.

بخش 5- شرح علمی مسئله

پس از کشف LiCoO2 (LCO) به عنوان کاتد باتری‌های لیتیومی در دهه 1980، این ماده توانست با تغذیه باتری‌های لیتیوم یونی (LIBs) دستگاه‌های الکترونیکی قابل حمل را به موفقیت تجاری برساند و زمینه را برای انقلاب دیجیتال قرن بیست و یکم فراهم سازد. پس از آن، LiNixMnyCozO2 (NMC) و LiNixCoyAlzO2 (NCA)در کنار LFP به عنوان کاتدهای پیشرو برای باتری‌های لیتیوم یونی در کاربرد وسایل نقلیه الکتریکی (EV) ظاهر شدند و به اجزای حیاتی در مبارزه با آلودگی هوا و حرکت به سمت توسعه پایدار (Sustainable) مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر تبدیل شدند. بر اساس پیش بینی‌های به عمل آمده، فروش خودروهای برقی تا پایان این دهه به حدود 40 میلیون دستگاه در سال خواهد رسید در حالیکه فروش این خودروهای در سال 2021 در حدود 6 میلیون دستگاه بوده است[۴]. در نتیجه، تولیدکنندگان LIB باید تولید خود را افزایش دهند تا با رشد سریع بازار خودروهای برقی همگام شوند. کاتدها جزء مهمی هستند که تا حد زیادی عملکرد و 40 تا 50 درصد از کل هزینه سلول را تعیین می‌کنند و در نهایت در قیمت و کیفیت خودروهای برقی و پذیرش آنها در جامعه بسیار اثرگذارند.

در ادامه به چهار نوع کاتد دارای پتانسیل حذف کبالت اشاره می شود که در این درخواست پروپوزال مورد تمرکز هستند. البته کاتد رایج LFP در اینجا مورد تمرکز نیست چرا که مدت هاست بصورت تجاری مورد استفاده می‌باشد. همچنین کاربرد کاتدها تنها محدود به باتریهای لیتیوم یون نمی باشد و پژوهشگران می‌توانند موضوعات پیشنهادی را برای باتریهای سدیم یون نیز مطرح سازند.

1-5 کاتدهای لایه ای

تا کنون چندین ساختار متفاوت از کاتدهای فاقد کبالت مورد بررسی قرار گرفته‌اند که از میان آنها موادکاتدی لایه ای به خاطر راحتی سنتز و کاربرد به سرعت تجاری شدند که از آن میان می توان به لیتیوم کبالت اکساید اشاره کرد که همچنان در حال استفاده است. در کاتدهای بدون کبالت این گروه لیتیوم نیکل اکساید نیز قرار

[4] Bloomberg New Energy Finance

دارد که به خاطر سنتز مشکل و تغییرات ساختاری، سیکل پذیری نامناسبی دارد. همچنین در طی سیکل زنی پدیده اختلاط کاتیونی شامل لیتیوم و نیکل رخ می دهد که عملا ظرفیت این ماده کاهش می یابد و شاید بتوان گفت مهمترین چالش این ماده محسوب می شود. در طی تحقیقات جایگزینی کاتیونی شامل کاتیون های آلومینیوم و منگنز و... صورت پذیرفت که عملکرد الکتروشیمیایی و پایداری این ماده را افزایش داده است. به عنوان مثال افزودن آلومینیوم به ساختار به خاطر عدم فعالیت الکتروشیمیایی آلومینیوم به عنوان بافر می تواند از انتقالات فاز جلوگیری کرده و پایداری ساختار لایه ای و به دنبال آن آزادسازی اکسیژن در زمان فرآیند گریز حرارتی به حداقل برساند. این نوع از بهبود، کاتد نیکل غنی را تشکیل می دهند که نوع جدید کاتدهای لایه ای محسوب می شوند و تحقیقات زیادی را به خود اختصاص داده اند. در سالهای اخیر کاتدهای لایه ای سه تایی شامل NCM و NCA در حال حرکت به سمت حذف کامل کبالت هستند که این رویکرد ناشی از این دیدگاه است که جایگزینی چندتایی کاتیونها می تواند مشکلات چندگانه این کاتدها (تخریب ظرفیت، پایداری دمایی و اختلاط کاتیونی) را همزمان حل کند. افزایش میزان نیکل افزایش ظرفیت را به همراه دارد و بهبود عملکرد الکتروشیمیایی را می توان با کاتیونهای سه ظرفیتی آلومینیوم و آهن که شعاع تقریبا مشابه نیکل سه ظرفیتی دارند تامین کرد. همچنین پایداری ساختاری، بی نظمی کاتیونی، بهبود ایمنی و عمر سیکلی را به همراه می آورد.

2-5 کاتدهای اسپینلی

گروه دیگر کاتدهای فاقد کبالت که تحقیقات زیادی بر روی آنها صورت پذیرفته کاتدهای اسپینلی هستند که در گروه مرسوم آنها می توان به لیتیوم منگنز اکساید اشاره کرد که با افزودن نیکل به ساختار پتانسیل عمل بالای 4.7 ولت با ظرفیت 130 میلی آمپر ساعت بر گرم را نتیجه می دهد. LNMO برای کاربرد باتریهای با انرژی بالا، بسیار جذاب است البته الکترولیتهای رایج توانایی عملکردی خود را در این پتانسیل از دست می دهند لذا مهمترین چالش این ساختار، الکترولیت با پایداری الکتروشیمیایی بالا است. این ماده در الکترولیتهای بر پایه

کربناتها لایه ای مرزی از کاتد و الکترولیت تشکیل می دهد که در حالات شارژ بالا ناپایدار است. از چالشهای دیگر این کاتدها انحلال منگنز در الکترولیت و تخریب ساختار ناشی از اخلال یان-تلر در درجات دشارژ زیاد است.

3-5 الوین ها

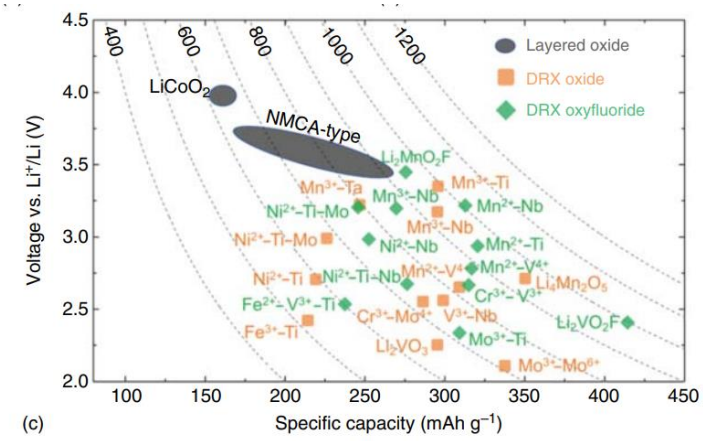
از دیگر کاتدهای مرسوم فاقد کبالت الوینها که مهمترین آنها LFP است که دارای پتانسیل عمل پایین 3.4 ولت و ظرفیت 170 میلی آمپر ساعت برگرم است. از دیگر مواد این گروه LiNiPO4 است که پتانسیلی بالای 4.8 ولت مشابه با LNMO اسپینلی دارد. البته این کاتد نیز دارای مشکلاتی به خاطر برهمکنش مرزی الکترولیت /کاتد است.

4-5 کاتدهای نمک صخره بی نظم

کاتدهای لایه ای وکاتدهای نمک صخره بی نظم براساس نظم کاتیونی دو فرم مختلف دارند. در حالیکه کاتدهای لایه ای لایه های لیتیوم و فلز واسطه یک در میان هستند در کاتدهای نمک صخره، لایه ها به طور تصادفی قرار دارند که نتیجه آن توزیع پیوندهای موضعی وسیع و ایجاد مسیر نفوذ انحصاری یون لیتیوم می شود که در سیستمهای لایه ای در دسترس نمی باشد. این کاتدها دارای پتانسیل عمل پایین بین 2.5 تا 3.5 ولت هستند اما ظرفیت بالای 400 میلی آمپرساعت بر گرم را بدست می دهند که نتیجه آن چگالی انرژی بالاتر از کاتدهای مرسوم در باتریهای لیتیم یون می باشد. دامنه گستردهای از ترکیبات برای این نوع کاتدها می توان در نظر گرفت که در دیگر انواع کاتدهای مرسوم امکان پذیر نیست. از طرفی ماهیت بینظم این نوع کاتدها باعث کوچکی و یکنواختی تغییرات حجمی در طی ورود و خروج لیتیوم می شود که به همان میزان می‌تواند تنشها و ترکهای ایجادی در طی سیکل‌زنی را کاهش دهد. البته مزایایی همانند تنوع ترکیبات، قیمت پایین و ظرفیت بالا، این مواد را برای باتریهای لیتیوم یون انرژی بالا مورد توجه قرار داده است.

این نوع کاتدها معمولا توسط روشهای مکانیکی-شیمیایی انرژی بالا و واکنشهای حالت جامد تهیه می‌شوند که مقیاس پذیر نیستند و کنترل کمی بر مورفولوژی در آنها وجود دارد. لذا توسعه روشهای سنتز همانند ترسیب همزمان برای تولید کاتدهای نمک صخره بی نظم بسیار ضروری است. تحقیقات پایه ای برای درک ماهیت مکانیزم اکسید/احیا این مواد از ضروریات توسعه آنها هستند.

از دیگر محدودیتهای این کاتدها هدایت الکترونی پایین این مواد، نمودار ولتاژ شیب دار و نیاز این کاتدها به الکترولیت با فرمول جدید جهت پایدارسازی مرز الکترولیت/ کاتد در حالات شارژ بالا این مواد است. نمودار زیر جایگاه انواع مختلف کاتدهای نمک صخره را با کاتدهای لایه ای از نظر ظرفیت ویژه و پتانسیل مورد مقایسه قرار داده است.



نمودار مقایسه انواع مختلف کاتدهای نمک صخره با کاتدهای لایه ای از نظر ظرفیت ویژه و پتانسیل

5-5 راهکارها

راهکارهای اصلی که در تحقیقات برای رفع مشکلات کاتدهای بدون کبالت عنوان شده است به طور کلی شامل موارد زیر می باشند:

1. دوپه کردن عنصری همانند Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Al, Ga, و Mg در ساختار باعث بهبود سیکل پذیری این ترکیبات می شود.

2. طراحی مورفولوژی و مزوساختارها شامل سایز ذرات، شکل، تجمع شوندگی و توزیع فلز واسطه
3. بهینه سازی سطح برای کاهش پتانسیل واکنشهای جانبی و اثرات آنها یا به عبارت دیگر بهینه سازی سطح به عنوان یک SEI مصنوعی. از خصوصیات این لایه پوششی می توان به موارد زیر اشاه کرد:

- پوشش باید یک لایه نازک و یکنواخت باشد که بر روی ذرات سطحی با کمترین وزن توزیع شود.
- ماده پوششی باید هادی یون لیتیم و رسانای خوبی باشد.
- ماده پوششی باید به صورت الکتروشیمیایی در پنجره پتانسیل عمل پایدار باشد.
- پوشش باید دارای یک کشش مکانیکی کافی، برای جلوگیری از تخریب در هنگام تغییرات شکل/حجم الکترود در طی ورود و خروج لیتیم باشد.

شایان ذکر است در دو راهکار آخر علم نانو می تواند بسیار راهگشا باشد. همچنین باید در نظر داشت که روشهای سنتز و بهیود این کاتدها زمانی کاربردی و قابل تجاری‌سازی خواهند شد که بر اساس معیارهای صنعتی انتخاب شده باشند، که قیمت تمام شده معقول و روشهای سنتز صنعتی از مهمترین آنها هستند.

بخش 6- معرفی برخی بازیگران فعال

- شرکت چینی SVOLT از اولین باتری بدون کبالت جهان در سال 2021 رونمایی کرد. به طور خاص، باتریهای این شرکت شامل کاتدهای NMx ساخته شده از مواد کاتدی (75٪ نیکل و 25٪ منگنز) بوده است که ادعا شده این باتری ها پایدارتر و حدود 5٪ ارزان تر از باتری های رایج با نیکل بالا هستند.
- تیمی متشکل از سه محقق (Arumugam Manthiram, Wangda Li وSteven Lee) از دانشگاه تگزاس در طی تحقیقات خود به نوعی کاتد بدون کبالت با فرمول کلی NMA دست یافتند. آنها همچنین کاتد خود را در یک سلول کیسه‌ای کوچک مورد استفاده و آزمون قرار دادند و نتایج

امیدوارکننده‌ای بدســـت آوردند. این افراد با تأســـیس شـــرکت Texpower در حال تلاش برای تجاری‌سازی کاتد ابداعی خود هستند و تعدادی پتنت نیز در همین راستا به ثبت رسانده اند که در انتها به پیوست می‌باشند.

- آزمایشگاه ملی Oak Ridge کاتد بدون کبالتی با فرمول کلی NFA توسعه داده است که توانسته بعد از ۱۰۰ بار شـــارژ کردن و تخلیه شـــارژ تا ۸۸ درصـــد از ظرفیت اولیه خود را حفظ کند. این رقم بعد از ۲۰۰ بار شارژ حدود ۷۲ درصد بوده است. کار تجاری‌سازی این نوع کاتد از طریق شرکت SPARKZ در حال پیگیری است.

بخش 7- حمایت‌ها

میزان و نحوه حمایت از پژوهشـگران طبق **آیین‌نامه حمایت از پایان‌نامه‌های تحصـیلات تکمیلی و دسـتاوردهای مسـتخرج** و ذیل عنوان **پایان‌نامه‌های موضـوع ویژه** که می‌توانید آن را از اینجا مشـاهده نمایید انجام خواهد شـد. علاوه بر حمایت‌های ذکر شده در آیین‌نامه فوق، شبنا امکان نمونه‌سازی و تست باتری‌های سکه‌ای را نیز در حد توان برای طرح‌ها فراهم خواهد کرد. متقاضـــیان به منظور ثبت درخواســـت‌های خود می‌توانند به اینجا مراجعه نمایند و به عنوان متقاضی ثبت نام نموده و مدارک و اطلاعات لازم را بارگذاری نمایند.

بخش 8- معیارهای داوری

از جمله مهمترین معیارهایی که در فرآیند داوری پروپوزال‌ها به آنها توجه خواهد شد می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- ✓ توانمندی علمی و فنی متقاضی در حوزه مرتبط با هدف طرح
- ✓ انتخاب فناوری‌هایی با دورنمای تجاری‌سازی (ممکن است فناوری انتخاب شده هنوز تجاری نشده باشد اما حجم فعالیت‌هایی که در دنیا بر روی آن فناوری خاص در حال انجام است به قدری باشد که امید به تجاری‌سازی آن را بالا ببرد.)

- ✓ وجود روحیه تعامل‌پذیری، پاسخگویی و همکاری در متقاضی
- ✓ پشتکار، جدیت و سرعت در انجام امور
- ✓ حتی الامکان انتخاب روش‌ها و موادی که امکان تولید انبوه را داشته باشند.

بخش 9- انتظارات

در این طرح از پژوهشگران انتظار می‌رود که:

- همه ظرفیت‌ها و حداکثر تلاش خود را تا رسیدن به نتیجه مطلوب بکار گیرند.
- در گزارش‌ها و ارائه نتایج رعایت اصول اخلاقی مثل صداقت و امانت‌داری با بنمایند.
- به منظور نگهداری از دستاوردهای طرح، مستندسازی کامل و جامعی از روند فعالیت‌ها و نتایج آنها انجام دهند.
- تعامل شایسته‌ای با تیم داوری داشته باشند.
- حفاظت از مالکیت معنوی دستاوردهای خود را در قالب ثبت پتنت در اولویت قرار دهند.

بخش 10- مالکیت و محرمانگی

شبنا خود را موظف میداند تا اسناد، گزارش‌ها، فرم‌ها و کلیه اطلاعاتی را که مجریان طرح در اختیار وی قرار می دهند، محرمانه تلقی کرده و از آنها در برابر افشا به نحو مطلوبی محافظت نماید. همچنین مالکیت مادی و معنوی دستاوردهای طرح متعلق به مجریان بوده و حمایت‌های انجام شده از مجریان در ذیل طرح حاضر، برای شبنا حق مالکیت ایجاد نمی‌کند.

بخش 11- راه‌های ارتباطی

متقاضیان می توانند جهت پرسش سوالات خود از طریق آدرس یارانامه battery@nano.ir اقدام فرمایند. همچنین آخرین اخبار و اطلاعیه‌ها از طریق وب سایت batterynetwork.ir به اطلاع عموم خواهد رسید. لازم

به ذکر است که درخواست‌ها تنها و تنها باید از طریق سامانه کایپر به آدرس rms.nano.ir بارگذاری شوند و درخواست‌هایی که از طرق دیگر ارسال گردند به هیچ وجه مورد بررسی قرار نخواهند گرفت.

پیوست

لیست برخی از پتنتهای حوزه کاتدهای فاقد-کبالت[5]

SVOLT ENERGY TECH CO LTD

https://lens.org/080-925-903-302 04X

https://lens.org/150-727-200-876-071

https://lens.org/066-293-285-661-589

https://lens.org/038-434-324-096-481

https://lens.org/005-375-195-637-557

https://lens.org/025-563-564-686-017

https://lens.org/011-645-609-201-468

https://lens.org/173-320-378-137-743

https://lens.org/029-463-970-698-758

https://lens.org/068-673-432-326-738

https://lens.org/000-765-431-837-932

https://lens.org/064-773-754-469-398

https://lens.org/007-366-134-277-517

https://lens.org/082-547-690-891-318

https://lens.org/121-251-924-165-31X

https://lens.org/043-991-726-022-437

https://lens.org/087-147-516-935-740

https://lens.org/081-663-548-413-376

https://lens.org/161-433-037-134-582

https://lens.org/042-397-174-973-681

https://lens.org/112-404-041-523-900

[5] شایان ذکر است لیست ارائه شده تنها منحصر به سنتز ماده کاتدی فاقد کبالت نمی شود.

https://lens.org/183-235-132-744-099
https://lens.org/092-092-326-308-733
https://lens.org/004-820-218-633-185
https://lens.org/044-652-346-248-290
https://lens.org/109-776-313-839-984
https://lens.org/016-421-019-400-896
https://lens.org/018-570-557-849-959
https://lens.org/174-671-765-817-926
https://lens.org/139-796-252-517-24X
https://lens.org/149-396-418-431-164
https://lens.org/031-288-502-296-498
https://lens.org/122-949-254-952-699
https://lens.org/058-687-457-194-983
https://lens.org/000-324-380-793-453
https://lens.org/109-632-728-848-038
https://lens.org/136-255-946-222-824
https://lens.org/187-190-141-775-814
https://lens.org/021-586-098-558-97X
https://lens.org/079-396-117-097-118
https://lens.org/144-493-615-609-251
https://lens.org/063-217-236-359-021
https://lens.org/066-570-215-536-750
https://lens.org/104-634-678-203-350
https://lens.org/161-676-892-328-288
https://lens.org/155-121-494-504-817
https://lens.org/034-109-031-077-709
https://lens.org/056-093-148-020-436
https://lens.org/019-309-369-902-887
https://lens.org/081-425-966-076-292

ZHEJIANG CHILWEE CHUANGYUAN IND CO LTD

https://lens.org/094-707-428-734-507

https://lens.org/060-892-872-682-823

https://lens.org/018-044-396-412-595

https://lens.org/127-420-130-068-887

https://lens.org/000-129-719-002-662

https://lens.org/022-379-125-995-644

https://lens.org/058-471-930-094-089

https://lens.org/142-072-375-362-57X

https://lens.org/088-077-696-617-111

https://lens.org/102-660-779-730-666

UNIV GUANGZHOU

https://lens.org/156-519-254-654-708

https://lens.org/191-539-109-394-329

https://lens.org/004-668-452-196-733

https://lens.org/132-083-050-267-831

https://lens.org/107-155-726-837-923

https://lens.org/000-407-176-733-609

https://lens.org/002-824-631-199-795

HONEYCOMB ENERGY TECH ANSHAN LIMITED COMPANY

https://lens.org/072-633-172-214-868

https://lens.org/177-079-226-688-818

https://lens.org/019-921-278-085-253

https://lens.org/167-406-684-799-884

https://lens.org/041-345-893-443-934

https://lens.org/105-312-309-886-234

https://lens.org/084-208-128-560-550

https://lens.org/002-466-868-934-113

ENEVATE CORP

https://lens.org/008-786-101-751-38X

https://lens.org/015-351-115-349-616

https://lens.org/152-035-152-748-512

https://lens.org/160-456-106-781-333

ZHEJIANG POWER NEW ENERGY CO LTD

https://lens.org/060-892-872-682-823

https://lens.org/018-044-396-412-595

https://lens.org/127-420-130-068-887

https://lens.org/000-129-719-002-662

https://lens.org/022-379-125-995-644

https://lens.org/058-471-930-094-089

https://lens.org/142-072-375-362-57X

https://lens.org/088-077-696-617-111

Texpower

https://lens.org/065-730-428-714-171

https://lens.org/030-075-955-244-900