



دانشکده فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع

امکان سنجی افزایش بازده باتری هسته‌ای شارژ مستقیم

ارائه دهنده:

محمد رنجبران

استاد راهنما:

دکتر حسین توکلی عنبران

شهریور ۱۳۹۳

تشکر و قدردانی

با نام و یاد خداوند متعال، بدینوسیله از حضور تمامی اساتیدی که به نحوی اینجانب را در پیش‌برد پژوهش حاضر راهنمایی نمودند، بخصوص جناب آقای دکتر حسین توکلی عنبران تشکر و قدردانی به عمل می‌آورم، همچنین از خانواده و دوستان عزیزم که پیوسته یار و پشتیبانم بودند و اینجانب را در طول دوره‌ی کارشناسی ارشد یاری نمودند بسیار متشکرم.

چکیده

باتری هسته‌ای وسیله‌ای است که انرژی حاصل از واپاشی رادیواکتیو را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. این نوع باتری‌ها به سه دسته‌ی تبدیل مستقیم، تبدیل غیر مستقیم و باتری هسته‌ای شارژ مستقیم تقسیم می‌شوند. چگالی انرژی بالا و عمر بالا مزیت‌های باتری‌های هسته‌ای می‌باشند. اولین باتری هسته‌ای یک باتری هسته‌ای شارژ مستقیم بود که در سال ۱۹۱۳ توسط موزلی ساخته شد.

در این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر در جهت افزایش بازده باتری‌های هسته‌ای شارژ مستقیم به کمک شبیه سازی قسمت‌هایی از این باتری توسط کد MCNP4C پرداخته‌ایم، در این نوع باتری ذرات بار داری که از یک چشمه‌ی رادیواکتیو گسیل می‌شوند به طور مستقیم توسط برخورد به یک صفحه در مقابل چشمه جمع آوری می‌شوند. اقداماتی که در جهت افزایش بازده این نوع باتری‌ها انجام شده عبارت هستند از انتخاب ماده‌ی مناسب جهت استفاده به عنوان چشمه‌ی رادیواکتیو در این نوع باتری، انتخاب شکل هندسی مناسب برای باتری، انتخاب مواد مناسب به عنوان زیرلایه و پوشش سطح جانبی برای چشمه‌ی رادیواکتیو جهت افزایش بازده چشمه، انتخاب ماده‌ی مناسب جهت استفاده به عنوان روکش سطح کلکتور به منظور افزایش بازده کلکتور و همچنین برآورد مقدار ضخامت مؤثر برای زیرلایه و پوشش سطح جانبی چشمه و پوشش سطح کلکتور.

در نهایت به بازده $16/5\%$ برای این باتری رسیدیم که در مقایسه با کارهای پیشین که بازده‌ای در حدود 12% داشتند در حدود 37% افزایش نسبی دارد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱-۱ روش‌های تبدیل تلاشی رادیواکتیو به الکتریسیته..... ۱

۱-۱-۱-۱ مبدل‌های گرمایی..... ۲

۱-۱-۲-۱ مبدل‌های غیر گرمایی (باتری هسته‌ای)..... ۳

۱-۱-۳-۱ باتری‌های هسته‌ای با تبدیل مستقیم..... ۳

۱-۱-۳-۱-۱ باتری هسته‌ای بتا و لتائیک..... ۴

۱-۱-۳-۲-۱ باتری هسته‌ای اختلاف پتانسیل اتصالی..... ۵

۱-۱-۳-۳-۱ باتری هسته‌ای گسیل ثانویه الکترون..... ۶

۱-۱-۳-۴-۱ سلول گاما الکترونیک..... ۷

۱-۱-۴-۱ باتری هسته‌ای با تبدیل غیر مستقیم..... ۸

۱-۱-۵-۱ باتری هسته‌ای شارژ مستقیم..... ۸

۱-۱-۵-۱-۱ تاریخچه‌ی باتری‌های هسته‌ای شارژ مستقیم..... ۸

۱-۱-۵-۲-۱ خصوصیات باتری‌های هسته‌ای شارژ مستقیم..... ۱۰

۱-۱-۵-۳-۱ عملکرد و بازده باتری هسته‌ای شارژ مستقیم..... ۱۱

فصل ۲: بازده چشمه..... ۱۹

۱-۲-۱ عوامل مؤثر بر بازده چشمه..... ۲۰

۱-۲-۱-۱ اثر خودجذبی چشمه..... ۲۰

- ۲۲-۱-۲ اثر زیرلایه ۲۲
- ۲۵-۲ نحوه‌ی شبیه سازی با کد MCNP4C ۲۵
- ۲۶-۲ بررسی عوامل مؤثر بر افزایش بازده چشمه‌ی Pm-147 ۲۶
- ۲۶-۲-۱ بررسی بازده چشمه‌ی استوانه‌ای Pm-147 از نظر شکل هندسی ۲۶
- ۳۰-۲-۲ بررسی تغییرات بازده چشمه‌ی Pm-147 نسبت به تغییر مواد زیرلایه و پوشش سطح جانبی ۳۰
- ۳۰-۲-۲-۱ بررسی اثر زیرلایه‌ی آهن بر بازده چشمه‌ی Pm-147 ۳۰
- ۳۲-۲-۲-۲ بررسی اثر پوشش سطح جانبی آهن بر بازده چشمه‌ی Pm-147 ۳۲
- ۳۵-۲-۲-۲ بررسی اثر زیرلایه و پوشش سطح جانبی آهن بر بازده چشمه‌ی Pm-147 ۳۵
- ۳۸-۲-۲-۲ بررسی زیرلایه‌های آنتیموان، طلا، و بیسموت بر بازده چشمه‌ی Pm-147 ۳۸
- ۴۲-۲-۲-۲ بررسی اثر پوشش سطح جانبی آنتیموان، طلا و بیسموت بر بازده چشمه‌ی رادیواکتیو Pm-147 ۴۲
- ۶-۲-۲-۲ محاسبه‌ی ضخامت مؤثر زیرلایه و پوشش سطح جانبی از آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت برای چشمه‌ی Pm-147 ۴۶
- ۳-۲ نتیجه‌گیری کلی در مورد عوامل مؤثر بر بازده چشمه‌ی Pm-147 ۵۰
- ۴-۲ بررسی عوامل مؤثر بر افزایش بازده چشمه‌ی Ni-63 ۵۳
- ۱-۴-۲ بررسی بازده چشمه‌ی استوانه‌ای Ni-63 از نظر شکل هندسی ۵۳
- ۲-۴-۲ بررسی اثر زیرلایه‌ی آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت بر بازده چشمه‌ی رادیواکتیو Ni-63 ۵۶
- ۳-۴-۲ بررسی اثر پوشش سطح جانبی آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت بر بازده چشمه‌ی رادیواکتیو Ni-63 ۶۰
- ۴-۴-۲ برآورد ضخامت مؤثر زیرلایه و پوشش سطح جانبی از مواد آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت برای چشمه‌ی Ni-63 ۶۴

۵-۲ نتیجه گیری کلی در مورد عوامل مؤثر بر بازده چشمه‌ی Ni-63 ۶۸

فصل ۳: بازده کلکتور ۷۳

۱-۳ عوامل مؤثر بر بازده کلکتور ۷۴

۱-۱-۳ الکترون‌های پس‌پراکندگی ۷۴

۲-۱-۳ الکترون‌های ثانویه ۷۴

۲-۳ افزایش بازده کلکتور ۷۵

۱-۲-۳ انتخاب ماده‌ی مناسب ۷۵

۲-۲-۳ انتخاب ابعاد مناسب برای باتری کروی ۷۷

۳-۲-۳ تعیین ضخامت حدی برای پوشش کلکتور ۷۹

۳-۳ نتایج کلی در مورد بازده کلکتور ۸۰

فصل چهارم: نتیجه گیری ۸۳

۱-۴ بازده باتری هسته‌ای شارژ مستقیم ۸۴

۲-۴ انتخاب چشمه ۸۴

۳-۴ بازده چشمه ۸۵

۴-۴ بازده کلکتور و انتخاب شکل هندسی ۸۶

مراجع ۸۸

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: چگونگی عملکرد سلول N-P..... ۴
- شکل ۱-۲: چگونگی عملکرد سلول CPD..... ۶
- شکل ۱-۳: اولین باتری هسته‌ای با شارژ مستقیم..... ۹
- شکل ۱-۴: شکل شماتیک باتری هسته‌ای با شارژ مستقیم..... ۱۱
- شکل ۱-۲: نسبت جریان خروجی از سطح یک قاعده به کل جریان خروجی از یک چشمه‌ی Pm-147 استوانه‌ای با شعاع $1\mu\text{m}$ در سه وضعیت، تئوری (رابطه ۱)، بدون حضور ماده‌ی چشمه و با حضور ماده‌ی چشمه..... ۲۸
- شکل ۲-۲: مقایسه‌ی چشمه‌ی Pm-147 در سه وضعیت، تئوری، بدون حضور ماده‌ی چشمه و با حضور ماده‌ی چشمه با سه شعاع $1\mu\text{m}$ ، $2\mu\text{m}$ و $3\mu\text{m}$ ۲۹
- شکل ۳-۲: مقایسه‌ی بازده چشمه‌ی Pm-147 به شعاع قاعده‌ی $1\mu\text{m}$ با زیرلایه‌ی آهن و بدون زیرلایه‌ی آهن..... ۳۱
- شکل ۴-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه‌ی آهن و شعاع متغیر..... ۳۲
- شکل ۵-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 به شعاع قاعده‌ی $1\mu\text{m}$ با پوشش سطح جانبی آهن و بدون پوشش سطح جانبی آهن..... ۳۳
- شکل ۶-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با پوشش سطح جانبی آهن و بدون پوشش سطح جانبی آهن در شعاع‌های مختلف..... ۳۴
- شکل ۷-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با پوشش سطح جانبی آهن در شعاع‌های مختلف..... ۳۵
- شکل ۸-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه و پوشش سطح جانبی آهن در شعاع‌ها و ضخامت‌های مختلف رسم گردیده و به منظور مقایسه‌ی ساده‌تر حالت‌های قبلی (چشمه‌ی عادی، چشمه با زیرلایه‌ی آهن و چشمه با پوشش

- ۳۶.....سطح جانبی آهن) نیز در هر مورد ترسیم گشته است.....
- شکل ۹-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه و پوشش سطح جانبی آهن در شعاع‌های مختلف.....۳۷.....
- شکل ۱۰-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با شعاع ۱ μm و زیر لایه‌ی آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت.....۳۹.....
- شکل ۱۱-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه‌ی آنتیموان و شعاع‌های مختلف.....۴۰.....
- شکل ۱۲-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه‌ی طلا و شعاع‌های مختلف.....۴۰.....
- شکل ۱۳-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه‌ی بیسموت و شعاع‌های مختلف.....۴۱.....
- شکل ۱۴-۲: چشمه‌ی Pm-147 به شعاع ۱ μm با پوشش سطح جانبی آهن، آنتیموان، بیسموت و طلا.....۴۲.....
- شکل ۱۵-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با پوشش سطح جانبی آنتیموان و شعاع متغیر.....۴۳.....
- شکل ۱۶-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با پوشش سطح جانبی طلا و شعاع متغیر.....۴۴.....
- شکل ۱۷-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با پوشش سطح جانبی بیسموت و شعاع متغیر.....۴۴.....
- شکل ۱۸-۲: مقدار حدی بازده چشمه‌ی Pm-147 با پوشش سطح جانبی آهن، آنتیموان، طلا، بیسموت و بدون پوشش سطح جانبی نسبت به شعاع چشمه.....۴۶.....
- شکل ۱۹-۲: تغییرات بازده چشمه‌ی Pm-147 با شعاع قاعده‌ی ${}^{23}\text{Cm}$ نسبت به تغییرات ضخامت زیرلایه از جنس آهن، آنتیموان، طلا، بیسموت.....۴۸.....
- شکل ۲۰-۲: تغییرات بازده چشمه‌ی Pm-147 با شعاع قاعده‌ی ۱ μm و ضخامت ۴ μm نسبت به تغییرات ضخامت پوشش سطح جانبی از جنس آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت.....۴۹.....
- شکل ۲۱-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 با زیرلایه‌ی طلا و پوشش سطح جانبی آنتیموان.....۵۱.....
- شکل ۲۲-۲: نسبت جریان خروجی از سطح یک قاعده به کل جریان خروجی از سطوح یک چشمه‌ی Ni-63 استوانه‌ای با شعاع ۱ μm در سه وضعیت، تئوری، بدون حضور ماده‌ی چشمه و با در نظر گرفتن ماده‌ی چشمه.....۵۴.....

- شکل ۲-۲۳: مقایسه‌ی چشمه‌ی Ni-63 در سه وضعیت، تئوری، بدون حضور ماده‌ی چشمه و با در نظر گرفتن ماده‌ی چشمه با سه شعاع $1\mu\text{m}$ و $2\mu\text{m}$ و $3\mu\text{m}$ ۵۵
- شکل ۲-۲۴: بازده چشمه‌ی Ni-63 با شعاع $1\mu\text{m}$ و زیر لایه‌های آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت..... ۵۶
- شکل ۲-۲۵: بازده چشمه‌ی Ni-63 با زیرلایه‌ی آهن و شعاع‌های مختلف..... ۵۷
- شکل ۲-۲۶: بازده چشمه‌ی Ni-63 با زیرلایه‌ی آنتیموان و شعاع‌های مختلف..... ۵۸
- شکل ۲-۲۷: بازده چشمه‌ی Ni-63 با زیرلایه‌ی طلا در شعاع‌های مختلف..... ۵۸
- شکل ۲-۲۸: بازده چشمه‌ی Ni-63 با زیرلایه‌ی بیسموت در شعاع‌های مختلف..... ۵۹
- شکل ۲-۲۹: چشمه‌ی Ni-63 به شعاع $1\mu\text{m}$ با پوشش سطح جانبی آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت..... ۶۰
- شکل ۲-۲۹: بازده چشمه‌ی Ni-63 با پوشش سطح جانبی آهن در شعاع‌های مختلف..... ۶۱
- شکل ۲-۳۱: بازده چشمه‌ی Ni-63 با پوشش سطح جانبی بیسموت و شعاع متغیر..... ۶۲
- شکل ۲-۳۲: بازده چشمه‌ی Ni-63 با پوشش سطح جانبی طلا و شعاع متغیر..... ۶۲
- شکل ۲-۳۳: بازده چشمه‌ی Ni-63 با پوشش سطح جانبی بیسموت و شعاع متغیر..... ۶۳
- شکل ۲-۳۴: مقدار حدی بازده چشمه‌ی Ni-63 با پوشش سطح جانبی آهن، آنتیموان، طلا، بیسموت و بدون پوشش سطح جانبی نسبت به شعاع چشمه..... ۶۴
- شکل ۲-۳۵: تغییرات بازده چشمه‌ی Ni-63 با شعاع قاعده‌ی 3Cm و ضخامت $1\mu\text{m}$ نسبت به تغییرات ضخامت زیرلایه از جنس آهن، آنتیموان، طلا و بیسموت..... ۶۶
- شکل ۲-۳۶: تغییرات بازده چشمه‌ی Ni-63 با شعاع قاعده‌ی $1\mu\text{m}$ و ضخامت $4\mu\text{m}$ نسبت به تغییرات ضخامت پوشش سطح جانبی آهن آنتیموان طلا و بیسموت..... ۶۷
- شکل ۲-۳۷: بازده چشمه‌ی Ni-63 با زیرلایه‌ی طلا و پوشش سطح جانبی آنتیموان..... ۶۹

شکل ۱-۳: بازده روکش کلکتور با چشمه‌ی رادیواکتیو Pm-147 برای Li, Be, B, C, Fe, Mo, I, Au و C_3F_6 (کپتون)..... ۷۶

شکل ۲-۳: بازده روکش کلکتور با چشمه‌ی رادیواکتیو Ni-63 برای Li, Be, B, C, Fe, Mo, I, Au و C_3F_6 (کپتون)..... ۷۶

شکل ۳-۳: تغییرات بازده کلکتور با روکش Be نسبت به افزایش فاصله از چشمه‌ی Pm-147 کروی به شعاع 1Cm ۷۸

شکل ۴-۳: تغییرات بازده کلکتور با روکش Be نسبت به افزایش فاصله از چشمه‌ی Pm-147 کروی به شعاع 1Cm ۷۸

شکل ۵-۳: تغییرات بازده کلکتور برای چشمه‌ی کروی Pm-147 با شعاع 1Cm نسبت به تغییرات ضخامت پوشش سطح کلکتور..... ۷۹

شکل ۶-۳: تغییرات بازده کلکتور برای چشمه‌ی کروی Ni-63 با شعاع 1Cm نسبت به تغییرات ضخامت پوشش سطح کلکتور..... ۸۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱: پاره‌ای از خصوصیات مواد رادیواکتیو Sr-90, Pm147, Ni-63, Tritium..... ۱۵

جدول ۱-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 به ضخامت $0.2\mu\text{m}$ در حالات مختلف و به ازاء شعاع‌های مختلف، زیر مقدار حدی..... ۵۲

جدول ۲-۲: بازده چشمه‌ی Pm-147 به ضخامت $1\mu\text{m}$ در حالات مختلف و به ازاء شعاع‌های مختلف، زیر مقدار حدی..... ۵۲

جدول ۳-۲: بازده چشمه‌ی Ni-63 به ضخامت $0.2\mu\text{m}$ در حالات مختلف و به ازاء شعاع‌های مختلف..... ۷۰

جدول ۴-۲: بازده چشمه‌ی Ni-63 به ضخامت $1\mu\text{m}$ در حالات مختلف و به ازاء شعاع‌های مختلف..... ۷۰

جدول ۴-۱: پارامترهای مؤثر بر بازده باتری هسته‌ای شارژ مستقیم با چشمه‌ی Pm-147..... ۷۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱ روش‌های تبدیل تلاشی رادیواکتیو به الکتریسیته

وسیله‌هایی که انرژی تلاشی رادیواکتیو را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند مولدهای رادیوایزوتوپ نام دارند. تحقیق و توسعه‌ی این وسیله‌ها از سال ۱۹۱۳ آغاز شد [۱].

چیزی که باعث شد مولدهای رادیوایزوتوپ مورد مطالعه قرار بگیرند عمر چندین و چند ساله‌ی آن‌ها بود.

مزیت دوم چگالی انرژی بالای آن‌ها می‌باشد که ده برابر سلول‌های هیدروژنی [۲] و هزار برابر باتری‌های شیمیایی است [۳-۴]، همچنین تحت تأثیر عوامل محیطی قرار نمی‌گیرند، این مولدها تحت رنج گسترده‌ای از دما و فشار و حتی در زیر آب و در فضا نیز کار می‌کنند.

از آنجایی که مولدهای رادیوایزوتوپی مستقل هستند، به بارگذاری یا پر کردن مجدد یا شارژ نیازی ندارند.

مولدهای رادیوایزوتوپ بر اساس نحوه‌ی تولید انرژی الکتریکی به دو دسته تقسیم می‌شوند، مبدل‌های گرمایی و غیر گرمایی.

۱-۱-۱ مبدل‌های گرمایی،^۱ (RTG) :

در یک مولد رادیوایزوتوپی ترموالکتریک (RTG) از این اصل استفاده می‌شود که مواد رادیواکتیو توسط واپاشی تولید گرما می‌کنند، و گرمای تولید شده توسط ترموکوپل به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

انواع اولیه‌ی این نوع مبدل‌ها دارای توانی در حد چندصد میلی وات بودند.

^۱-Radioisotope Thermoelectric Generator

مقدار ماده‌ی رادیواکتیو لازم برای تولید گرادیان گرمایی کافی در یک مبدل گرمایی کارا معمولاً بیشتر از یک گرم است. رادیویزوتوپ‌هایی که در این مبدل‌ها به کار می‌روند باید ذرات آلفا یا بتایی با انرژی چند صد یا هزاران کیلو الکترون ولت داشته باشند. در این مبدل‌ها معمولاً از Pu-238 یا Sr-90 استفاده می‌شود [۵].

بازده انرژی برای RTG ها به ۸ الی ۱۰ درصد می‌رسد [۶]، انواع جدید RTG های ترموفوتوولتائیک به بازده بالای ۲۰ درصد می‌رسند [۷] و محاسبات تئوری پیش بینی می‌کند که این مقدار می‌تواند به ۳۰ درصد افزایش یابد [۸].

مقدار زیاد ماده رادیواکتیو به کار رفته در ساخت RTG ها به علت پرتو زائی بالا و خطرات مسمومیت رادیواکتیو کار برد آن‌ها را محدود می‌کند [۹].

۱-۱-۲ مبدل‌های غیر گرمایی (باتری‌های هسته‌ای):

باتری‌های هسته‌ای با توجه به نحوه‌ی تبدیل انرژی تلاشی رادیواکتیو به الکتروسیسته به سه دسته تقسیم می‌شوند.

۱- باتری‌های هسته‌ای با تبدیل مستقیم.

۲- باتری‌های هسته‌ای با تبدیل غیر مستقیم.

۳- باتری‌های هسته‌ای با شارژ مستقیم.

۱-۱-۳ باتری‌های هسته‌ای با تبدیل مستقیم:

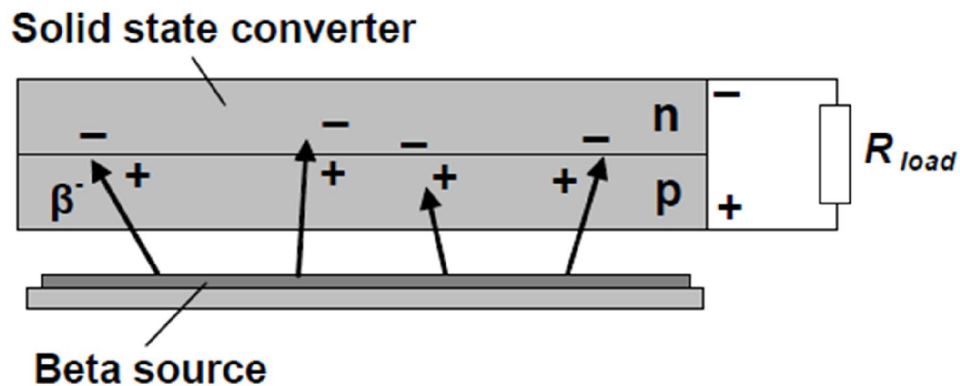
این نوع باتری‌ها بر مبنای اثر بتا و لتائیک یا پتانسیل متفاوت یا تابش ثانویه از سطح مورد تابش کار می‌کنند، در ادامه به توضیح در مورد انواع آنها می‌پردازیم:

۱-۳-۱-۱ باتری هسته‌ای بتا ولتائیک:

این نوع باتری هسته‌ای بر مبنای اثر بتا ولتائیک کار می‌کند، اثر بتا ولتائیک عبارت از تولید تعداد زیادی جفت الکترون حفره بر اثر برخورد ذرات بتا به پیوندگاه N-P از دو ماده‌ی نیم رسانای نوع N و P می‌باشد.

نحوه‌ی عملکرد سلول N-P این گونه می‌باشد که ذره‌ی بتا یک یا چند جفت الکترون حفره در محل پیوند N-P ایجاد می‌کند که به علت پتانسیل متفاوت در اتصال N-P مجزا می‌شوند و جریانی بر روی مقاومت بار به وجود می‌آورند.

نحوه‌ی عملکرد این سلول در شکل ۱-۱ نمایش داده شده است.



شکل (۱-۱). چگونگی عملکرد سلول N-P. [۲۲]

ولتاژ مدار باز این باتری‌ها بین چند صد میلی ولت تا چند ولت می‌باشد که به انرژی تابش و پهنای گپ انرژی نیم رسانا بستگی دارد.

بازده کلی این نوع باتری‌ها هم به بازده چشمه در تولید شار ذرات بتا و هم به بازده مبدل

بتا ولتائیک (سلول N-P) که شار ذرات را جذب کرده و به الکتروسیته تبدیل می‌کند (بازده بتاولتائیک) بستگی دارد.

هرچه پهنای باند نیم‌رسانا بیشتر باشد، بازده بتاولتائیک بیشتر خواهد بود، مثلاً برای GaN یا AlN بازده بتاولتائیک به ۳۰٪ نیز می‌رسد.

بازده چشمه نیز به انرژی ذرات گسیل شده و ضخامت لایه‌ی رادیواکتیو بستگی دارد، در ادامه‌ی همین فصل در مورد بازده چشمه توضیحاتی داده می‌شود [۱۰].

در مجموع بازده عملی باتری‌های بتاولتائیک از ۲٪ بیش‌تر نمی‌باشد.

بر اثر گذشت زمان تابش بتا آسیب‌ها و شکستگی‌هایی در نیم‌رسانا ایجاد می‌کند که این پدیده باعث پایین آوردن بازده در نیم‌رسانا می‌شود، به علت کم شدن تلاشی رادیواکتیو و همچنین پایین آمدن کیفیت نیم‌رسانا بازده و توان باتری در اثر گذشت زمان پایین می‌آید.

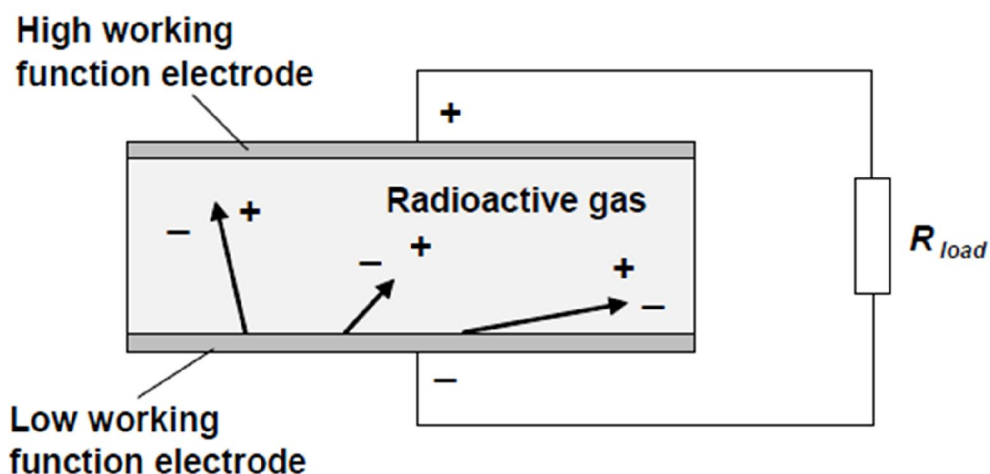
۱-۳-۲ باتری هسته‌ای اختلاف پتانسیل اتصال^۲ (CPD)

اولین بار این نوع باتری‌ها توسط کرامر در سال ۱۹۲۴ طرح ریزی شدند [۱۱].

نحوه‌ی عملکرد این نوع باتری به این صورت می‌باشد که ذره‌ای که از یک گاز یا جامد گسیل می‌شود با مولکول‌های یک گاز یا جامد دیگر برخورد می‌کند و یون‌های مثبت و منفی به وجود می‌آورد، که به طرف الکترودهای با بار مخالف حرکت می‌کنند.

ولتاژ تئوری که در سلول به وجود می‌آید توسط اختلاف توابع کار دو الکتروود تعیین می‌شود.

۲.contact potential difference



شکل (۲-۱). چگونگی عملکرد سلول CPD [۱۱].

سلول CPD با چشمه‌ی ScT_2 توسط Liu, et al در سال ۲۰۰۸ توصیف گردید [۱۲]، در این مورد میدان الکتریکی توسط توابع کار متفاوت میان الکترودهای نوار ScT_2 و پلاتینیم یا مس به وجود می‌آید.

باری که در دی الکتریک میان دو الکترود به وجود می‌آید جریانی را در مقاومت بار به وجود می‌آورد.

ولتاژ مدار باز ۰/۵V و جریان مدار کوتاه $2/67 \text{ nA}/\text{cm}^2$ برای این باتری به ثبت رسیده است.

به علت انرژی میانگین بالای لازم جهت تشکیل جفت یونی در گاز (در حدود ۳۰eV) [۱۴] بازده در این نوع باتری‌ها پایین است (۰/۵٪) [۱۳].

۳-۳-۱-۱ باتری هسته‌ای گسیل ثانویه‌ی الکترون

تئوری باتری‌های گسیل ثانویه‌ی الکترون بر پایه‌ی جمع‌آوری الکترون‌های ثانویه‌ای که بر اثر برخورد ذرات بتا یا فوتون‌های پر انرژی که از لایه‌ی نازکی از دی الکتریک بین الکترودها جدا می‌شوند می‌باشد.

تعداد الکترون‌های ثانویه خیلی بیشتر از الکترون‌های اولیه می‌باشد، ولی انرژی آنها از انرژی الکترون‌های اولیه کمتر است، بنابراین جریان خروجی این باتری در مقایسه با تعداد ذرات اولیه بیشتر می‌باشد اما ولتاژ خروجی باتری در مقایسه با جمع آوری مستقیم ذرات اولیه کمتر است.

این نوع باتری برای اولین بار توسط شوارتز^۳ در سال ۱۹۵۵ پیشنهاد شد [۱۵]، که به علت بازده کم آن نمونه‌ی عملی از آن ساخته نشده است، اما تحقیقات تئوری در این زمینه همچنان ادامه دارد.

۱-۳-۴ سلول گاما الکتریک

نحوه‌ی عملکرد سلول گاما الکتریک بر اساس جمع آوری الکترون‌هایی که با فوتون‌های فرودی از ماده‌ی رادیو اکتیو برخورد کامپتون انجام می‌دهند می‌باشد.

سلول گاما الکتریک می‌تواند توسط خلأ یا دی الکتریک جامد در میان الکترودها ساخته شود، در حالت اول کلکتور الکترون‌هایی که در امیتر تولید می‌شوند را جمع آوری می‌کند، و در حالت دوم کلکتور الکترون‌هایی که در دی الکتریک تولید شده‌اند را جمع آوری می‌کند [۱۶-۱۷].

نمونه‌ای از این نوع باتری با استفاده از دی الکتریک جامد که از چشمه‌ی Co-60 با شدت ۱۰۰۰ کوری که میانگین انرژی هر فوتون ۱/۲۵ MeV بود ساخته شد که ۵۰ mW توان خروجی و ۵۰۰kV اختلاف پتانسیل داشت و بازده آن ۰/۳۵٪ بود.

اگر در ساخت این نوع باتری از ایزوتوپ‌هایی با انرژی گامای کمتری استفاده شود بازده آن حتی از مقدار فوق نیز کم‌تر خواهد بود [۱۸].

به علت کاربرد مقدار زیادی از ایزوتوپ رادیواکتیو با پرتو گامای پر انرژی، این نوع باتری‌ها نیازمند به یک پوشش پر حجم و سنگین‌اند و برای نیازهای کنونی کاربرد ندارند.

۳. Schwartz

۱-۱-۴ باتری هسته‌ای با تبدیل غیر مستقیم:

در این باتری‌ها انرژی تلاشی رادیواکتیو ابتدا در یک ماده‌ی رادیو لومینسانس (مانند فسفر) به اشعه‌ی ماوراء بنفش یا نور مرئی تبدیل می‌شود و سپس این نور توسط یک سلول فوتو ولتائیک به انرژی الکتریکی تبدیل خواهد شد [۹]، بازده این نوع باتری‌ها می‌تواند به ۲٪ با ولتاژ مدار باز ۳/۵۷ برسد [۱۴].

به طور خلاصه باتری‌های هسته‌ای با تبدیل غیر مستقیم دارای مشخصات زیر می‌باشند:

۱- ولتاژ مدار باز در حد چند ولت.

۲- بازده کلی تقریبی ۲٪.

۳- کاهش توان خروجی با گذشت زمان به خاطر کاهش اکتیویته و تنزل تابش در فسفر [۹].

۱-۱-۵ باتری هسته‌ای شارژ مستقیم:

نحوه‌ی عملکرد این نوع باتری‌ها که به اختصار $DCNB^4$ نامیده می‌شوند به این ترتیب است که ذرات بار داری که از یک چشمه به الکتروود مقابل تابیده می‌شوند به صورت مستقیم جمع‌آوری می‌شوند.

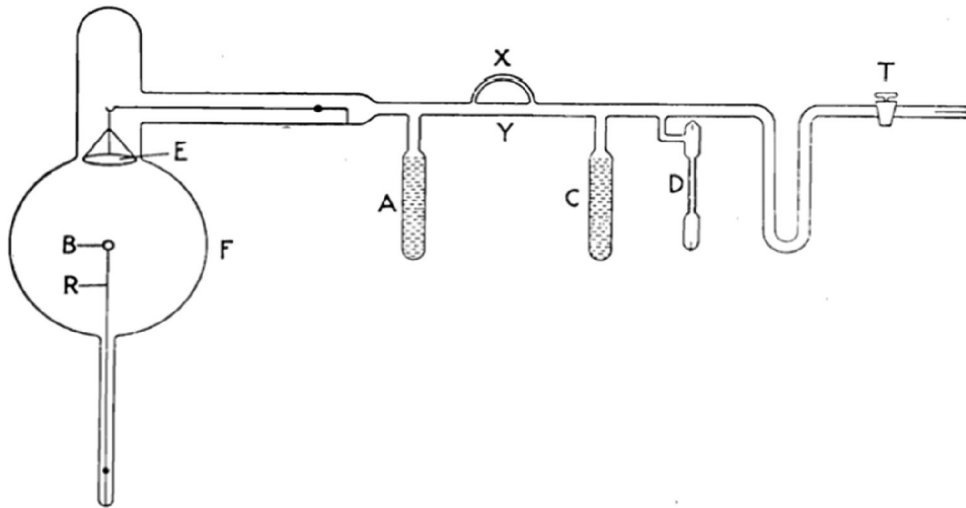
$DCNB$ می‌تواند از تابنده‌های β یا α ساخته شود.

۱-۱-۵-۱ تاریخچه‌ی باتری‌های هسته‌ای شارژ مستقیم:

اولین $DCNB$ توسط موزلی^۵ در سال ۱۹۱۳ با $Ra-226$ ساخته شد [۱۹]، ایزوتوپ رادیم در مرکز یک کره قرار گرفته بود و سطح داخلی کره به عنوان الکتروودهای ولتاژ توسط نقره پوشانده شده بود، پس از تخلیه‌ی هوا از فضای داخلی ولتاژ مدار باز ۱۵۰KV و جریان مدار کوتاه ۰/۰۱nA اندازه‌گیری شد.

۴. Direct Charge Nuclear Battery

۵. Moseley



شکل (۱-۳). اولین باتری هسته‌ای با شارژ مستقیم [۱۹].

پس از آن در آزمایشگاه battele national با استفاده از گسیلنده‌ی آلفا باتری هسته‌ای شارژ مستقیم با ولتاژ ۱۰۰ Kv ساخته شد [۲۰]، که به علت استفاده از گسیلنده‌ی آلفا برای متوقف کردن الکترون-های ثانویه نیازمند به یک توری با پتانسیل منفی بود و این یکی از معایب استفاده از گسیلنده‌ی آلفا در این نوع باتری‌ها می‌باشد، زیرا به علت حضور توری با پتانسیل منفی به استفاده از یک مولد دیگر نیاز دارد و در نتیجه دیگر نمی‌توان آن را یک مولد مستقل نامید.

بعدها باتری هسته‌ای با گسیلنده‌ی آلفا به طور مستقل ساخته شد که در آن برای تأمین پتانسیل منفی مش از یک باتری شارژ مستقیم با چشمه‌ی بتا استفاده شده بود. اولین باتری هسته‌ای با شارژ مستقیم که در آن از Sr-90 (گسیلنده‌ی بتا) استفاده شده بود، توسط لیندر^۶ در سال ۱۹۵۲ ساخته شد [۲۱]، بازده رویهم رفته‌ی اکثر باتری‌های ساخته شده کم‌تر از ۳٪ بود، البته بازده باتری لیندر تقریباً به ۱۰/۵٪ می‌رسید.

۶.linder