



پیل‌های سوختی میکربی

□ تألیف: بروس ای. لوگان

□ ترجمه: محمدرضا مسعودی



سرشناسه

لوگان، بروس ای.

Logan, Bruce E.

عنوان و نام پدیدآور

پیل‌های سوختی میکروبی: تألیف بروس ای لوگان؛ ترجمه محمدرضا مسعودی.

مشخصات نشر

تهران: پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۱.

مشخصات ظاهری

ص: ۲۹۶؛ مصور، جدول، نمودار.

شابک

۹۷۸-۶۰۰-۵۹۶۱-۴۹-۲

وضعیت فهرست‌نویسی

قیفا

یادداشت

عنوان اصلی: Microbial fuel cells, c2008.

یادداشت

چاپ دیگر: حدیث مهتاب: دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، ۱۳۹۰.

یادداشت

واژه‌نامه.

یادداشت

کتابنامه.

موضوع

پیل‌های سوختی میکروبی

موضوع

انرژی زیست توده

موضوع

تکنولوژی زیستی میکروبی

شناسه افزوده

مسعودی، محمدرضا، ۱۳۳۱- مترجم.

شناسه افزوده

پژوهشگاه صنعت نفت

ردیابندگی

۱۳۹۱ ب ۹ ج ۱ TP۳۳۹

ردیابندی دیوید

۶۲۱/۴۱۱۳۲۹

شماره کتابشناسی ملی

۳۹۵۲۶۲۰

چاپ این کتاب پیش از داوری، در پنجاه و یکمین جلسه شورای نشر پژوهشگاه صنعت نفت، مورخ ۱۳۹۱/۱۲/۲۲، به تصویب رسید.



تهران: بلوار غربی مجموعه ورزشی آزادی- پژوهشگاه صنعت نفت □ کد پستی: ۱۴۵۷۲۳۱۱۱

صندوق پستی: ۱۳۶۶۵-۱۳۷ □ تلفن مرکز نشر: ۴۸۲۵۲۰۴۸، دورنگار: ۴۴۷۲۹۶۸۶

وب سایت پژوهشگاه: www.ripi.ir □ E-mail: nashr@ripi.ir

پیل‌های سوختی میکروبی

تألیف: بروس ای. لوگان

ترجمه: مهندس محمدرضا مسعودی

ناشر: پژوهشگاه صنعت نفت □ ویراستار ادبی: منیر قنبریان □ صفحه‌آرا: اشرف‌السادات حسینی

طراح جلد: پرویز بیانی □ چاپ اول: پاییز ۱۳۹۱ □ شمارگان: ۲۰۰ نسخه

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال □ چاپ: اسرا

ISBN: 978-600-5961-49-2

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۶۱-۴۹-۲

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱	پیشگفتار ناشر
۱۳	پیشگفتار
۱۵	فصل اول: مقدمه
۱۷	۱-۱- نیازهای انرژی
۱۹	۱-۲- انرژی و چالش تغییرات جهانی آب و هوا
۲۱	۱-۳- تولید الکتریسیته زیستی با استفاده از پیل سوختی میکربی - فرآیند تولید جریان برق
۲۴	۱-۴- پیل‌های سوختی میکربی و پایداری انرژی زیرساخت آبی
۲۵	۱-۵- فناوری‌های پیل سوختی میکربی برای تصفیه فاضلاب
۲۸	۱-۶- تولید انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از پیل‌های سوختی میکربی
۳۰	۱-۷- دیگر کاربردهای فناوری‌های پیل سوختی میکربی
۳۱	فصل دوم: الکترون‌زاهای خارجی
۳۳	۲-۱- مقدمه
۳۵	۲-۲- مکانیزم‌های انتقال الکترون
۳۵	۲-۲-۱- نانوسیم‌ها
۳۸	۲-۲-۲- انتقال الکترون سطح سلولی
۳۸	۲-۲-۳- واسطه‌ها
۴۱	۲-۳- مطالعات پیل‌های سوختی میکربی با استفاده از سویه‌های باکتریایی
۴۱	الکترون‌زاهای خارجی شناخته‌شده
۴۱	۲-۳-۱- الکترون‌زاهای خارجی تولیدکننده الکتریسیته در نبود واسطه‌های برون‌زا

صفحه	عنوان
۴۶	۲-۳-۲- واسطه‌های تولیدکننده الکترون‌زاهای خارجی
۴۷	۲-۴- تجزیه و تحلیل جمعیت
۴۹	۲-۴-۱- پیل‌های سوختی میکربی مصرف‌کننده اکسیژن در کاتد
۵۱	۲-۴-۲- پیل‌های سوختی میکربی با پذیرنده‌های الکترون غیر از اکسیژن
۵۱	۲-۴-۳- پیل‌های سوختی میکربی رسوبی
۵۲	۲-۴-۴- پیل‌های سوختی میکربی گرماگرا (گرمادوست)
۵۴	۲-۵- پیل‌های سوختی میکربی به عنوان ابزاری برای مطالعه الکترون‌زاهای خارجی
۵۷	فصل سوم: تولید ولتاژ
۵۹	۳-۱- ولتاژ و شدت جریان
۶۰	۳-۲- حداکثر ولتاژ بر مبنای روابط ترمودینامیکی
۶۳	۳-۱-۲- آند
۶۵	۳-۲-۲- کاتد
۶۷	۳-۳- پتانسیل‌های آند و پتانسیل‌های آنزیم
۷۲	۳-۴- نقش جمعیت‌ها در مقابل آنزیم‌ها در تعیین پتانسیل‌های آند
۷۳	۳-۵- تولید ولتاژ به کمک باکتری‌های تخمیرکننده
۷۷	فصل چهارم: تولید توان
۷۹	۴-۱- محاسبه توان
۸۴	۴-۲- بازدهی کولومبیک و انرژی
۸۶	۴-۳- منحنی‌های پولاریزاسیون و دانسیته توان
۸۷	۴-۳-۱- عوامل تاثیرگذار در ولتاژ پیل
۹۰	۴-۳-۲- مقاومت داخلی پیل سوختی میکربی
۹۱	۴-۴- اندازه‌گیری مقاومت داخلی
۹۵	۴-۵- تجزیه و تحلیل شیمیایی و الکتروشیمیایی راکتورها
۱۰۱	فصل پنجم: مواد
۱۰۳	۵-۱- یافتن موادی با هزینه کم و کارآمدی زیاد
۱۰۴	۵-۲- مواد استفاده‌شونده در آند
۱۱۲	۵-۳- غشاهای جداکننده‌ها (و نقل و انتقال شیمیایی به کمک آنها)
۱۲۲	۵-۴- مواد استفاده‌شده در کاتد
۱۲۲	۵-۴-۱- کاتدهای کربن‌مبنا

صفحه	عنوان
۱۲۷	۵-۴-۲- دیگر انواع کاتدها و کاتولیت‌ها
۱۳۰	۵-۵- ثبات طولانی مواد مختلف
۱۳۳	فصل ششم: معماری
۱۳۵	۶-۱- الزامات کلی
۱۳۷	۶-۲- پیل‌های سوختی میکربی با کاتد هوایی
۱۴۶	۶-۳- کاتدهای آبی که از اکسیژن محلول استفاده می‌کنند
۱۵۰	۶-۴- راکتورهای دومحفظه‌ای با کاتولیت‌های محلول یا پتانسیل‌های موازنه‌شده
۱۵۴	۶-۵- راکتورهای لوله‌ای با بستر آکنده
۱۵۸	۶-۶- پیل‌های سوختی میکربی طبقاتی
۱۵۹	۶-۷- کاتولیت‌های فلزی
۱۶۱	۶-۸- پیل‌های سوختی میکربی هیدروژن زیستی
۱۶۴	۶-۹- به سوی یک معماری پیل سوختی میکربی مقیاس‌پذیر
۱۶۵	فصل هفتم: سینتیک و انتقال جرم
۱۶۷	۷-۱- سینتیک، یا مدل‌هایی مبتنی بر انتقال جرم؟
۱۶۸	۷-۲- محدوده ثوابت سرعت و مشخصه‌های بازریایی
۱۷۵	۷-۳- حداکثر توان قابل‌استحصال از تک‌لایه باکتری‌ها
۱۷۷	۷-۴- حداکثر مقدار انتقال جرم به یک فیلم زیستی
۱۸۲	۷-۵- انتقال جرم به ازای حجم راکتور
۱۸۵	فصل هشتم: استفاده از پیل‌های الکترولیز میکربی برای تولید هیدروژن
۱۸۷	۸-۱- اصول عملکردی
۱۹۰	۸-۲- سیستم‌های پیل الکترولیز میکربی
۱۹۴	۸-۳- بازده هیدروژن
۱۹۵	۸-۴- بازریایی هیدروژن
۱۹۷	۸-۵- بازریایی انرژی
۲۰۵	۸-۶- تلفات هیدروژن
۲۰۹	۸-۷- تفاوت‌های سیستم‌های پیل الکترولیز میکربی و پیل سوختی میکربی
۲۱۱	فصل نهم: پیل‌های سوختی میکربی برای تصفیه فاضلاب
۲۱۳	۹-۱- فرآیند پیوسته برای واحد تصفیه فاضلاب
۲۱۸	۹-۲- استفاده از پیل سوختی میکربی به جای راکتور تصفیه بیولوژیکی

صفحه	عنوان
۲۲۴	۹-۳- موازنه‌های انرژی برای واحدهای تصفیه فاضلاب
۲۲۸	۹-۴- دلالت‌هایی برای کاهش تولید لجن
۲۲۹	۹-۵- برداشت مواد مغذی
۲۳۱	۹-۶- تولید جریان برق در مقابل تولید متان
۲۳۵	فصل دهم: دیگر فناوری‌های پیل سوختی میکربی
۲۳۷	۱۰-۱- کاربردهای مختلف فناوری‌های با مبنای پیل سوختی میکربی
۲۳۷	۱۰-۲- پیل سوختی میکربی رسوبی
۲۴۲	۱۰-۳- پیل‌های سوختی میکربی رسوبی به‌سازی‌شده
۲۴۴	۱۰-۴- پاک‌سازی زیستی با استفاده از فناوری‌های پیل سوختی میکربی
۲۴۷	فصل یازدهم: سوپرگرمی
۲۴۹	۱۱-۱- پیل‌های سوختی میکربی برای دانشمندان و مخترعان جدید
۲۵۲	۱۱-۲- انتخاب ماده تلفیختی و محیط
۲۵۵	۱۱-۳- مواد پیل سوختی میکربی: الکترودها و غشاها
۲۵۶	۱۱-۴- معماری‌های پیل سوختی میکربی که برای ساخت ساده هستند
۲۵۹	۱۱-۵- راکتورهای پیل الکترولیز میکربی
۲۶۱	۱۱-۶- عملکرد و ارزیابی پیل‌های سوختی میکربی
۲۶۳	فصل دوازدهم: چشم‌انداز
۲۶۵	۱۲-۱- پیل‌های سوختی میکربی، دیروز و امروز
۲۶۶	۱۲-۲- چالش‌هایی برای تجاری کردن پیل‌های سوختی میکربی
۲۶۸	۱۲-۳- دستاوردها و چشم‌انداز
۲۷۱	منابع
۲۷۱	واژه‌نامه
۲۷۵	علائم و اختصارات

پیشگفتار ناشر

از زمان فوران اولین چاه نفت ایران و خاورمیانه در مسجد سلیمان و تولد صنعت نفت ایران صد سال می‌گذرد. از آن زمان که مردم تنها برای روشنایی از نفت خام استفاده می‌کردند تاکنون، که تقریباً در هر صنعتی وابستگی از نفت خام و فرآورده‌هایش دیده می‌شود، پژوهش‌گران مختلف در تمام زمینه‌ها و کاربردهای مربوط به نفت خام تحقیقات فراوانی انجام داده‌اند که پیشرفت‌های فناوری وسیع را در زمینه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در پی داشته است. چگونگی ظهور و بروز فناوری و نحوه به‌کارگیری آن مقدار تولید صنعت نفت را در آینده تعیین خواهد کرد.

تحقیق و پژوهش، در حد سالگی صنعت نفت ایران، بسیار جوان‌تر از این صنعت است و ما هنوز در گام‌های اولیه فعالیت‌های علمی در این صنعت هستیم. واضح است که پژوهش در صنعت نفت با بازدهی متناسب با تجربه و قدمت تاریخی آن حرکت نکرده است و صد افسوس که مشکلات و ویژگی‌های آن به خوبی شناخته نشده‌اند. خصیلت‌هایی همچون زمان‌بر بودن، هزینه‌بر بودن، ریسک‌پذیری، کیفیت نه چندان مطلوب، مشکلات عدم تأمین مالی به موقع و عدم وجود ضمانت‌های لازم از مولفه‌های ذاتی نهفته در پژوهش‌اند.

به رغم وجود این چالش‌های سنگین، تعامل مستقیم پژوهش و فناوری می‌تواند اقتدار و توسعه واقعی فناوری و مدیریت دانش را در صنعت نفت به همراه داشته باشد به این خاطر مرکز نشر پژوهشگاه صنعت نفت، با بهره‌گیری از خرد جمعی نخبگان علمی و فنی کشور در بخش پژوهش و فناوری و نیز توسعه ارتباط با مراکز علمی، پژوهشی و صنعتی معتبر داخلی و خارجی و مشارکت با آنان برای توسعه رشته‌ها و علوم و فنون وابسته به صنعت نفت و در پی آن انجام پروژه‌ها و طرح‌های توسعه‌ای و انتشار کتب علمی - آموزشی و پژوهشی، گامی بلند در رسیدن به این هدف برمی‌دارد.

کتاب پیش رو با عنوان «پیل‌های سوختی میکربی» تالیف بروس ای. لوگان و ترجمه آقای مهندس محمدرضا مسعودی، یکی دیگر از مجموعه انتشارات جدید پژوهشگاه است که با هدف توسعه دانش در صنعت نفت منتشر می‌شود و امید است مورد استفاده پژوهش‌گران و دانشجویان محترم قرار گیرد.

پیشگفتار

تهیه این کتاب با کار در آزمایشگاه و همچنین استفاده از تجربیات کسب‌شده از همکاری‌هایی که چند سال قبل شروع شدند میسر شد، ولی بنیان یادگیری من در زمینه انتقال الکترون‌زاهای خارجی به دو دهه قبل بر می‌گردد. من ابتدا در سال ۱۹۸۶ شروع به یادگیری درباره باکتری‌های احیاکننده آهن از باب ارنولد^۱ و گروهش کردم. در آن هنگام من و باب هر دو دست‌یار اساتید در دانشگاه آریزونا بودیم. باب یکی از اولین پیشگامان در زمینه احیای اکسید آهن جامد به کمک باکتری‌ها بود و من برای سال‌ها سرهم شدن در کار و فکر وی و دانش‌جویانش (به ویژه فلین^۲ و پیکاردال^۳) از آنها سپاس‌گزارم.

در پاییز سال ۲۰۰۲، من شروع به کار درباره پیل‌های سوختی میکربی کردم و باعث خوشبختی من بود که با هونگ لیو^۴ کار کنم که در آن زمان محقق در دوره فوق دکترا و عضو گروه من بود. وی در کارهای آزمایشگاهی ما درباره پیل‌های سوختی میکربی مشارکتی خردمندانه و خلاقانه داشت و با سعی و کوشش و شور و عشق او در این زمینه کار در آزمایشگاه من با سرعت پیش رفت و ما در دوره‌ای کوتاه به بسیاری کشفیات جالب دست یافتیم. در سال‌هایی که من کار درباره پیل‌های سوختی میکربی را شروع کردم، افتخار کار کردن با تعدادی از محققان بالاستعداد را داشتم ولی به ویژه از کار دانشجویان و محققان زیر در آزمایشگاه خود تشکر می‌کنم: شائون چنگ^۵، بوکی مین^۶، جانگ را کیم^۷، سانگ ان اوه^۸، جناهیلمان دیتزیگ^۹، یی زو^{۱۰}، داتلاس کال^{۱۱}، والری واتسون^{۱۲}، راشل واگنر^{۱۳}، فرزانه رضایی و دفنگ زینگ^{۱۴}. کوشش‌های تحقیقاتی خود من همیشه بر فصل مشترک بیوفیزیکی مسئله متمرکز بوده‌اند و از این رو به همکاری با کسانی که در زمینه روش‌های شیمیایی، زیست‌شناسی و زیست‌شناسی ملکولی متخصص‌تر بوده‌اند تکیه کرده‌ام. من از تمام مالوک^{۱۵}، در ایالت پنسیلوانیا، برای توضیحات صبورانه‌اش درباره سلول‌های سوختی و الکتروشیمی و نیز کمک دانشجوی او رامنا رامناریانان^{۱۶} و به ویژه از همکاری جی ریگان^{۱۷} و گروه او در ایالت پنسیلوانیا تشکر می‌کنم زیرا تخصص و دانش آنها قطعاً برای کاری که از ایالت پنسیلوانیا ظهور کرده ضروری بود.

همکاری‌هایی در خارج از ایالت پنسیلوانیا برای پیشرفت در زمینه تحقیقات پیل سوختی میکربی

^۱ Bob Arnold

^۴ Hong Liu

^۷ Jung Rae Kim

^{۱۰} Yi Zuo

^{۱۳} Rachel Wagner

^{۱۶} Ramna Ramnarayanan

^۲ Flynn

^۵ Shaon cheng

^۸ Sang Eun Oh

^{۱۱} Douglas Cail

^{۱۴} Defeng Xing

^{۱۷} Jay Regan

^۳ Picardal

^۶ Booki Min

^۹ Jenna Heilmann Ditzig

^{۱۲} Valerie Watson

^{۱۵} Tom Mallouk

قابل تأمل بوده‌اند. در سال ۲۰۰۳ من یک دوره ساباتیکال را در دانشگاه نیوکاسل^۱ در تاین^۲ گذراندم و از مصاحبت و کار با این هد^۳، تام کرتیس^۴، کاساندرو مورانو^۵ و کیت اسکات^۶ بهره بردم. همکاری با همکاری با این گروه با کوشش‌های ایلین وو^۷، که چندین ماه به گروه تحقیقاتی من پیوست ادامه یافت. افزون بر این‌ها، هم‌چنان از همکاری با یوری گوربی^۸ (جی. کریگ، انستیتووتر)^۹، کن نیلسون^{۱۰} و اورینا برت شگر^{۱۱} (دانشگاه جنوب کالیفرنیا)^{۱۲}، تیم وگل^{۱۳} و جین مایکل مونیر^{۱۴} (اکل سترال دولیون، فرانسه)^{۱۵}، یوجی فنگ^{۱۶} و آی جی وانگ^{۱۷} (انستیتو تکنولوژی هاربین، چین)^{۱۸}، کازویواتاناب^{۱۹} و شونیچی ای چی^{۲۰} (انستیتو زیست‌شناسی دریایی، ژاپن)^{۲۱}، کیونگ-هولیم^{۲۲} (دانشگاه ملی کنگ جو، کره)^{۲۳} و بسیاری دیگر بهره می‌برم.

این کتاب در حقیقت نشان‌دهنده مرحله بعدی تکامل یک مقاله است که در سال ۲۰۰۶ نوشته شده و مولفان آن پتر الترمس^{۲۴}، برت هاملرز^{۲۵}، رن روزندال^{۲۶}، یوو شرودر^{۲۷}، جرگ کالر^{۲۸}، استفانو فرگیا^{۲۹}، ویلی و استرات^{۳۰} و کرنیل رابی^{۳۱} هستند. فصول این کتاب درباره ولتاژ و توان مبتنی بر بخشی از آن مقاله‌اند که در اصل رن و برت با استادی تهیه کردند و یوو و کرنیل نیز مشارکتی مضاعف داشتند. مایل‌ام به خصوص به علت کوشش‌های مضاعف و بحث‌های ممتد درباره ترمودینامیک، محاسبات توان و پیل‌های الکترولیز میکربی از رن و نیز مباحث مرتبط با پیل‌های سوختی میکربی از کرنیل تشکر کنم. هر یک از فصول این کتاب با نظرات گروه‌های مختلف همکاران بهتر شده است و من به خصوص از رن روزندال، ایان هد، ناتان لوئیس^{۳۲}، آنمیک ترهیجن^{۳۳}، کرنیل رابی، کن نیلسون، یووشرودر، سانگ جین^{۳۴}، جرگ کالر، لنی تندر^{۳۵} و دنی پارکر^{۳۶} سپاس‌گزارم.

در پایان از تمام کسانی که نام برده شدند برای کمک‌هایشان در ممکن کردن تهیه چنین کتابی تشکر می‌کنم و چشم‌پراه توسعه‌های سریع و ممتد در زمینه‌های هیجان‌انگیز پیل‌های سوختی میکربی، پیل‌های الکترولیز میکربی / راکتورهای میکربی به کمک الکتروشیمی ریستی و تولید انرژی زیستی هستم.

بروس ای. لوگان

دانشگاه آیالتی، پنسیلوانیا

سپتامبر ۲۰۰۷

¹ New Castle

⁴ Tom Curtis

⁷ Eileen Wu

¹⁰ Ken Nealson

¹³ Tim Vogel

¹⁶ Yujie Fe

¹⁹ Kazuya Watanabe

²² Kyeong - Ho Lim

²⁴ Peter Aelterman

²⁷ Uwe Schröder

³⁰ Willy Verstraete

³³ Annemiek ter Heijne

³⁶ Denny Parker

² Tyne

⁵ Cassandro Murano

⁸ Yuri Gorbi

¹¹ Orianna Bretschger

¹⁴ Jean Michel Monie r

¹⁷ Aijie Wang

²⁰ Shunichi Ichi

²³ Kongju National university, Korea

²⁵ Bert Hamelers

²⁸ Jurg Keller

³¹ Korneel Rabaey

³⁴ Song Jin

³ Ian Head

⁶ Keith Scott

⁹ J. Craig Venter Institute

¹² University of Southern California

¹⁵ Ecole centrale de Lyon, France

¹⁸ Harbin institute of Technology, china

²¹ Marine Biology institute, Japan

²⁴ Korea

²⁶ Ren Rozendal

²⁹ Stefano Freguia

³² Nathan Lewis

³⁵ Lenny Tender