

۱۰۸۱۶۱

۹۵/۳/۱۷



مبانی و تابش های دستگاه پلاسمای کانونی

تألیف:

دکتر مرتضی حبیبی

دانشیار دانشکده مهندسی انرژی و فیزیک

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

بهار ۱۳۹۵

سرسنانه
حبيبى، مرتضى، ۱۳۵۷-

عنوان و نام پديدآور
مبانى و تابش هاى دستگاه پلاسمائى كانونى/ تاليف مرتضى حبيبى.

مشخصات نشر
تهران: دانشگاه صنعتى اميركبير (پلى تكنيك تهران)، ۱۳۹۵.

مشخصات ظاهرى
۲۷۴ص: مصور (پخش رنگى).

شابك
۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۳۲-۵:

وضعيت فهرست نويسى
فيا:

يادداشت
واژه نامه.

يادداشت
كتابنامه.

يادداشت
نمايه.

موضوع
پلاسمائى گازهاى يونيزه)

موضوع
گداخت هسته اى كنترل شده

شناسه افزوده
دانشگاه صنعتى اميركبير (پلى تكنيك تهران)

رده بندى كنگره
QC۷۱۸/ح۲م۲ ۱۳۹۵

رده بندى ديويى
۵۳/۱۲

شماره كتابشناسى ملي
۲۲۰۷۰۰۲:



انتشارات دانشگاه صنعتى اميركبير
(پلى تكنيك تهران)

اين كتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۴/۲/۲۷ شورائى چاپ و نشر
دانشگاه صنعتى اميركبير به تصويب رسيده است.

عنوان كتاب
مبانى و تابش هاى دستگاه پلاسمائى كانونى

تاليف
دكتور مرتضى حبيبى

ناشر
انتشارات دانشگاه صنعتى اميركبير (پلى تكنيك تهران)

ليتوگرافى چاپ و صحافى
انتشارات دانشگاه صنعتى اميركبير (پلى تكنيك تهران)

چاپ اول
بهار ۱۳۹۵

تيراژ
۳۰۰ نسخه

قيمت
تلفن مركز پخش: ۶۶۴۹۸۸۶۸

۱۴۰۰۰ تومان

شابك
ISBN: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۳۲-۵

۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۳۲-۵:

آدرس: خيابان وليعصر، روبروى خيابان بزرگمهر، فروشگاه كتاب مركز نشر دانشگاه صنعتى اميركبير (پلى تكنيك تهران)

حق چاپ براى ناشر محفوظ است.

اين كتاب براى جلوگيرى از انتشار غير مجاز رمزگذارى شده است.

I	پیش گفتار
۱	فصل ۱: سیستم های مولد پینچ پلاسما و واکنش گداخت هسته ای
۱	۱-۱- معادله ی تعادل بیت و سیستم پینچ Z
۵	۱-۲- جریان پیس-براجینسکی
۵	۱-۳- پایداری MHD ایده آل در سیستم پینچ Z
۱۰	۱-۴- سیستم پینچ معکوس
۱۰	۱-۵- سیستم پینچ بتا
۱۲	۱-۶- سیستم پینچ γ
۱۳	۱-۷- دستگاه پسمای کانونی
۱۳	۱-۸- واکنش گداخت هسته ای
۱۷	منابع برای مطالعات بیشتر
۱۹	فصل ۲: اصول دستگاه پلاسما کانونی
۱۹	۲-۱- مقدمه
۲۰	۲-۲- دینامیک پلاسمای کانونی
۲۱	۲-۲-۱- فاز شکست الکتریکی
۲۳	۲-۲-۲- فاز شتاب گیری محوری لایه ی جریان پلاسما
۲۴	۲-۲-۳- فاز تراکم شعاعی لایه ی جریان پلاسما
۲۵	۲-۲-۴- فاز تراکم
۲۶	۲-۲-۵- فاز آرام
۲۷	۲-۲-۶- فاز ناپایدار
۲۸	۲-۲-۷- فاز فروپاشی ستون پینچ پلاسما
۲۸	۲-۳- ناپایداری های اثر گذار در پلاسمای کانونی
۲۸	۲-۳-۱- ناپایداری ریلی-تیلور
۲۹	۲-۳-۲- ناپایداری سوسپنسی (مد $m = 0$)
۳۰	۲-۳-۳- ناپایداری کینک (مد $m = 1$)
۳۱	۲-۳-۴- ناپایداری های خرد و اغتشاش
۳۱	۲-۳-۵- نقاط داغ
۳۲	۲-۴- معادلات دینامیکی و الکتریکی لایه جریان پلاسمای کانونی
۳۲	۲-۴-۱- معادلات فاز شتاب گیری محوری

۳۹	۲-۴-۲- فاز شعاعی جبهه‌ی موج شوک به سمت داخل
۴۵	۲-۴-۳- فاز جبهه‌ی موج شوک انعکاس یافته
۴۵	۲-۴-۴- فاز تراکم آرام
۴۷	۲-۴-۵- فاز محوری ستون پلاسمای انبساط یافته
۴۷	۲-۵-۵- انرژی و دما در پلاسمای کانونی
۴۹	۲-۶-۶- کاربردهای دستگاه پلاسمای کانونی
۴۹	۲-۶-۱- کاربردهای آموزشی
۴۹	۲-۶-۲- برنامه‌های تحقیقاتی
۵۰	۲-۶-۳- کاربردهای صنعتی
۵۲	منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

۵۳	فصل ۳: اصول طراحی دستگاه پلاسمای کانونی
۵۳	۳-۱- پارامترهای مقیاس طراحی
۵۵	۳-۲- تعیین طول مناسب بقیه دستگاه
۵۸	۳-۳- اصول طراحی دستگاه پلاسمای کانونی مینیاتوری
۸۰	۳-۴- اجزای دستگاه پلاسمای کانونی امیرکبیر
۸۰	۳-۴-۱- جنبه‌ی دستگاه
۸۱	۳-۴-۲- سیستم خلاء دستگاه پلاسمای کانونی
۸۵	۳-۴-۳- سوئیچ اسپارک‌گپ
۹۱	۳-۴-۴- پیچ‌های روگوفسکی
۹۶	منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

۹۷	فصل ۴: تولید و آشکارسازی اشعه‌ی ایکس در دستگاه پلاسمای کانونی
۹۷	۴-۱- معرفی اشعه‌ی ایکس
۹۹	۴-۲- منابع تولید اشعه‌ی ایکس
۹۹	۴-۲-۱- لامپ کاتد سرد
۱۰۰	۴-۲-۲- لامپ کاتد داغ
۱۰۱	۴-۳- سازوکار تولید اشعه‌ی ایکس
۱۰۱	۴-۳-۱- تابش ترمزی یا تابش پیوسته‌ی اشعه‌ی ایکس
۱۰۴	۴-۳-۲- تابش فلورسانس یا تابش خطی اشعه‌ی ایکس
۱۰۷	۴-۴- برهم کنش و جذب اشعه‌ی ایکس در مواد
۱۰۹	۴-۵- سازوکار گسیل اشعه‌ی ایکس از دستگاه پلاسمای کانونی
۱۰۹	۴-۵-۱- تابش گرمایی پلاسما
۱۱۰	۴-۵-۱-۱- گذار آزاد - آزاد
۱۱۱	۴-۵-۱-۲- گذار آزاد - مقید
۱۱۱	۴-۵-۱-۳- گذار مقید - مقید
۱۱۱	۴-۵-۲- تابش ناشی از برخورد الکترون‌ها با آند دستگاه

- ۱۱۳ ۶-۴- عوامل موثر بر تابش اشعه‌ی ایکس از دستگاه پلاسمای کانونی
- ۱۱۳ ۴-۶-۱- تاثیر انرژی دستگاه
- ۱۱۳ ۴-۶-۲- تاثیر نوع و فشار گاز
- ۱۱۸ ۴-۷- آشکارسازی تابش‌های ایکس و تحلیل آنها
- ۱۱۸ ۴-۷-۱- دوربین‌های روزنه‌ی سوزنی و شاتر باز
- ۱۲۳ ۴-۷-۲- آشکارساز سنتیلاتور پلاستیکی برای آشکارسازی اشعه‌ی ایکس سخت
- ۱۲۴ ۴-۷-۱-۲- تولید نور توسط سوسوزن و تولید فوتون
- ۱۲۵ ۴-۷-۲-۲- تقویت نور توسط تکثیر کننده‌ی فوتون و تولید تپ خروجی
- ۱۲۶ ۴-۷-۲-۳- سر هم بندی آشکارساز سنتیلاتور
- ۱۲۷ ۴-۷-۲-۴- سیگنال ثبت شده توسط سنتیلاتور
- ۱۳۰ ۴-۷-۲-۵- نتایج تجربی تابش ایکس سخت دستگاه پلاسمای کانونی امیرکبیر
- ۱۳۹ ۴-۷-۲-۱- آشکارسازی اشعه‌ی ایکس نرم با استفاده از پین دیود BPX - ۶۵
- ۱۳۹ ۴-۷-۱-۱- اصول و مبانی آشکارساز پین دیود
- ۱۴۴ ۴-۷-۲-۳- تابش ایکس نرم توسط پین دیود
- ۱۵۵ ۴-۷-۴- آشکارسازی اشعه‌ی ایکس نرم با استفاده از آشکارساز ترمولومینسانس
- ۱۵۵ ۴-۷-۴-۱-۱- اصول مبانی آشکارساز ترمولومینسانس
- ۱۵۸ ۴-۷-۲-۴- خصوصیات کلی، پمتر ترمولومینسانس (TLD)
- ۱۶۳ ۴-۷-۳-۴- پیشینه‌ی آشکارساز TLD در دستگاه‌های پلاسمای کانونی
- ۱۶۷ ۴-۷-۴-۴- توزیع شدت اشعه‌ی ایکس با استفاده از آشکارساز TLD - ۱۰۰
- ۱۷۷ منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

فصل ۵: گسیل نوترون از دستگاه پلاسمای کانونی

- ۱۷۹ ۵-۱- مقدمه
- ۱۸۰ ۵-۲- ساز و کار تولید نوترون در دستگاه پلاسمای کانونی
- ۱۸۲ ۵-۲-۱- مدل‌های گرمایی
- ۱۸۴ ۵-۲-۲- سازوکارهای غیر گرمایی
- ۱۸۵ ۵-۳- محاسبه‌ی بهره‌ی نوترون در دستگاه‌های پلاسمای کانونی
- ۱۸۶ ۵-۴- اشباع بهره‌ی نوترون
- ۱۸۹ ۵-۵- ضریب ناهمسانگردی
- ۱۹۰ ۵-۶- پارامترهای موثر بر میزان نوترون دهی دستگاه پلاسمای کانونی
- ۱۹۰ ۵-۶-۱- انرژی بانک خازنی
- ۱۹۱ ۵-۶-۲- فشار گاز
- ۱۹۲ ۵-۶-۳- طول آند
- ۱۹۳ ۵-۶-۴- اندوکتانس کل دستگاه
- ۱۹۴ ۵-۷- آشکارسازی و طیف‌نگاری نوترون
- ۱۹۴ ۵-۷-۱- آشکارسازی نوترون به روش جذبی

۱۹۹	۵-۷-۲- آشکارسازهای خود توان نوترون با پاسخ آنی
۲۰۰	۵-۷-۳- آشکارسازهای رد پای هسته‌ای حالت جامد
۲۰۱	۵-۷-۴- آشکار سازی نوترون با استفاده از روش پروتون پس زده
۲۰۳	۵-۷-۵- آشکارسازی و طیف نگاری نوترون به روش زمان پرواز
۲۰۵	۵-۷-۶- اندازه گیری شار نوترون با شمارنده فعالیت نقره‌ای
۲۱۶	منابع برای مطالعه‌ی بیشتر

فصل ۶: تولید یون و کاربردهای آن در دستگاه پلاسمای کانونی

۲۱۷	۶-۱- مقدمه
۲۲۱	۶-۲- پلاسمای کانونی به عنوان مولد رادیوایزوتوپ
۲۲۲	۶-۲-۱- سطح مقطع و بهره‌ی واکنش تولید رادیوایزوتوپ
۲۲۵	۶-۲-۲- طیف توانی
۲۳۱	۶-۳- مشخصه‌ی تولید ذره‌ی زاویه‌ای یون‌های پلاسمای کانونی
۲۳۱	۶-۳-۱- آشکارساز رانج فنجاری
۲۳۳	۶-۳-۲- تحلیل سیگنال‌های رانج فنجاری
۲۳۷	۶-۳-۳- اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای یون‌های آرگون
۲۴۳	۶-۴- دستگاه پلاسمای کانونی برای پوشش‌دهی سطوح و کاربردهای صنعتی
۲۴۳	۶-۴-۱- روش آماده‌سازی نمونه‌ها برای پوشش‌دهی پلاسمای کانونی
۲۴۵	۶-۴-۲- روش‌های پایه‌ای تحلیل سازه‌ی پردازش شده توسط پلاسما
۲۵۲	۶-۴-۳- نیتروژن دهی نمونه‌ی تیتانیومی توسط دستگاه پلاسمای کانونی
۲۵۹	منابع برای مطالعه‌ی بیشتر
۲۶۱	نمایه
۲۶۳	واژگان فارسی-انگلیسی
۲۶۵	واژگان انگلیسی-فارسی

پیش‌گفتار

در حال حاضر پژوهش در حوزه‌ی دستگاه‌های پیشرفته‌ی گداخت هسته‌ای با روش محصورسازی مغناطیسی پلازما نظیر توکامک ابرسانا یا راه‌اندازی ساختارهای پیچیده‌ی محصورسازی گداخت لختی به سرمایه‌گذاری عظیم و همکاری گروه بزرگی از پژوهشگران خُبره نیاز دارد. در این میان، دستگاه‌های پلاسمای کانونی به عنوان یکی از گزینه‌های مولّد پلاسمای پالسی گداخت هسته‌ای در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر دنیا راه‌اندازی شدند. مطالعات جامع بر روی طیف‌های نوترون حاصل از این دستگاه، و ناپایداری‌های هیدرومغناطیسی ستون پلاسمای پینچ نشان داد که این ساختار با آنچه امروز یک راکتور گداخت هسته‌ای انتظار می‌رود، سازگار نیست. با این حال، این سیستم به عنوان مولّد پر قدرت نوترون‌های پرانرژی، چشمه‌ی یون و اشعه‌ی ایکس به دلیل امکان پذیرش حقیقات تجربی در زمینه‌ی واکنش‌های گداخت هسته‌ای و همچنین قابلیت کار، دایمی و ایمنی آن همچنان قابل توجه و در حال توسعه است. جذابیت دیگر این ساختار توانایی آموزشی آن به دانشجویان تحصیلات تکمیلی است. اجزاء و ابزار تشخیصی مورد استفاده در آن دستگاه در تمامی راکتورهای هسته‌ای و چشمه‌های مختلف پلازما نیز وجود دارد و امکان تحقیقات تجربی با ابزارهای تشخیصی مختلف هسته‌ای توسط این ساختار فراهم می‌شود.

در این کتاب، به همراه آشنایی با سیستم‌های پلازما و پلاسمای کانونی در هر فصل به تناسب موضوع آن بخش، ابزار تشخیصی و نتایج تجربی حاصل از آنها معرفی شده‌اند. بنیان کتاب حاضر بر اساس مجموعه‌ای از پروژه‌های تحقیقاتی هدفمند و تلاش‌های ده‌ساله‌ی گروهی از دانشجویان آزمایشگاه گداخت هسته‌ای دانشگاه صنعتی امیرکبیر تنظیم شده است و دو جنبه‌ی آموزش و پژوهش محور بودن کتاب بطور همزمان مورد توجه قرار گرفته است. از خوانندگان ارجمند تقاضا داریم که از ارائه‌ی پیشنهادها سازنده‌ی خود و گوشزد کردن اشکالات احتمالی در متن کتاب به اینجانب دریغ نورزند. امید است این کتاب اثر مطلوبی را در ارتقای کیفیت آموزش و پژوهش سیستم‌های پلاسمای پالسی و به ویژه، دستگاه‌های پلاسمای کانونی داشته باشد.

مرتضی حبیبی

دانشیار گروه مهندسی هسته‌ای

دانشگاه صنعتی امیرکبیر