بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد *(M. Sc)*

گرایش : فیزیک اتمی- مولکولی

عنوان :

اثر جریان فیلامان بر شکست الکتریکی در سیستم تخلیه الکتریکی مسطح

استاد راهنما :

دکتر کیومرث یاسریان

استاد مشاور :

دکتر داود درانیان

پژوهشگر :

آرین فاتح برخواری

تابستان ۱۳۹۰

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch
Faculty of Science – Department of Physics
“ M.Sc ” Thesis
On Atomic -Molecular Physics

Subject:

Effect of filament current on electrical breakdown in the flat electrical discharge device

Advisor:

Dr. Kiomars Yasserian

Consulting Advisor:

Dr. Davoud Dorranian

By:

Arian Fateh Borkhari

Summer ۲۰۱۱

سپاسگزاری:

مفتخرم از زحمات بی دریغ و دلسوزانه استاد دکتر کیومرث یاسریان که هدایت این پایان نامه را برعهده داشتند نهایت تشکر و قدردانی را به عمل آورده و از درگاه ایزد منان برای ایشان آرزوی بهروزی دارم و از مشاوره و راهنمایی های ارزشمند استاد فرهیخته دکتر داود درانیان، نیز سپاسگذاری می نمایم.

همچنین مراتب قدردانی خود را از استاد داور دکتر محمدرضا تنهایی اعلام می دارم.

تقدیم به:

مادر و پدر مهربان و فداکارم

که همیشه یار و یاور من بوده و هستند.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

چکیده ۱
مقدمه ۲
فصل اول : مفاهیم اولیه فیزیک پلاسما ۴
۱-۱ تاریخچه ۵
۱-۲ در آمد و مفاهیم اولیه ۷
۱-۳ دیدگاهها و رویکردهای مطالعاتی پلاسما ۱۰
۱-۴ چالشهای فیزیک پلاسما ۱۰
۱-۵ کاربردهای پلاسما در عصر حاضر ۱۲
۱-۶ چگالی بار خنثی و حفاظ دبای ۱۴
۱-۷ پارامترهای پلاسما ۱۸
۱-۸ معیارهای پلاسما ۱۹
۱-۹ مفهوم دما در پلاسما ۱۹
۱-۱۰ مقاومت پلاسما ۲۰
۱-۱۱ نوسانهای پلاسما ۲۲
۱-۱۲ حرکت ذره باردار در میدان ها ۲۴
فصل دوم: تخلیه الکتریکی ۳۵
۲-۱ مقدمه ای بر تخلیه گاز ۳۶
۲-۲فقط ذرات ۳۷
۲-۲-۱حرکت خنثی در یک گروه گرما داده شده ۳۷
۲-۲-۲حرکت بارها ۳۸
۲-۲-۳برخوردهای الاستیک و غیر الاستیک ۳۹
۲-۲-۴سطح مقطع و مسافت آزاد میانگین در برخوردهای کشسان ۴۰
۲-۳ مشخصه های پلاسما ۴۱
۲-۳-۱شباهت ها وتفاوت ها ۴۱
۲-۳-۲ تعادل و حالت های پایدار ۴۲
۲-۳-۳ پلاسماهای آزمایشگاهی- حفظ حالت پایدار ۴۲
۲-۴ منشاء گونه ها در پلاسما ۴۳
۲-۴-۱ تولید سطحی الکترونها ۴۴
۲-۴-۲ تولید سطحی یون های مثبت ۴۸
۲-۴-۳ یونیزاسیون حجمی- تولید همزمان الکترون ویون ۴۸
۲-۵ شکست ۵۱

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

۲-۵-۱ رانش ۵۲
۲-۵-۲ تکثیر ۵۲
۲-۵-۳ ضریب اول تاونسند ۵۳
۲-۵-۴ نیمه پایداری توسط گسیل ثانویه ۵۴
۲-۵-۵ قانون پاشن ۵۵
۲-۵-۶ ضرایب ثانویه یونیزاسیون ۵۶
۲-۶ شکست خلاء ۵۶
۲-۷ اثرات میدانی بر ویژگی های شکست الکتریکی ۶۰
۲-۸ ولتاژ شکست ۶۲
۲-۸-۱ ویژگی های شکست در عبور میدان الکتریکی و مغناطیسی ۶۲
۲-۸-۲ ویژگی های شکست در میدان های الکتریکی و مغناطیسی موازی ۶۴
۲-۹ تکنیک شبیه سازی ۶۵
۲-۹-۱ مدل گسیل ثانویه در عبور میدان الکتریکی و مغناطیسی ۶۷
۲-۹-۲ مدل گسیل ثانویه در یک میدان مغناطیسی موازی با میدان الکتریکی ۶۸
۲-۱۰ جمع بندی در اعمال میدان ها به روش های مختلف ۷۰
۲-۱۰-۱ نتایج عبور میدان های الکتریکی و مغناطیسی ۷۰
۲-۱۰-۲ نتایج اعمال میدان های الکتریکی و مغناطیسی موازی ۷۳
فصل سوم: معرفی سیستم آزمایشگاهی و ارائه نتایج تجربی و تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق ۷۶
۳-۱ درآمد ۷۷
۳-۲ ساختار و شرح کارکرد تیوب تخلیه الکتریکی مسطح ۷۸
۳-۳ ارائه نتایج تجربی و تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق ۸۷
۳-۳-۱ بررسی منحنی پاشن تحت اثر جریان متفاوت فیلامان ۸۷
۳-۳-۲ بررسی منحنی پاشن تحت اثر فاصله مختلف فیلامان تا کاتد ۹۰
۳-۳-۳ بررسی نمودارهای ضریب اول تاونسند در حضور فیلامان ۹۱
۳-۳-۴ بررسی نمودارهای ضریب یونیزاسیون موثر در حضور فیلامان ۹۴
۳-۳-۵ بررسی نمودارهای ضریب یونیزاسیون ثانویه در حضور فیلامان ۹۷
۳-۳-۶ بررسی منحنی پاشن برای گازهای نیتروژن و آرگون و ترکیب آنها ۱۰۰
۳-۳-۷ بررسی و مقایسه نسبت ضریب اول تاونسند به فشار با میدان الکتریکی کاهش یافته ۱۰۲
۳-۳-۸ بررسی و مقایسه نمودارهای تغییرات ضریب یونیزاسیون موثر با میدان الکتریکی کاهش یافته ۱۰۳
۳-۳-۹ بررسی و مقایسه نمودارهای تغییرات ضریب دوم تاونسند با میدان الکتریکی کاهش یافته ۱۰۴

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

۳-۴ نتیجه گیری ۱۰۶

۳-۵ پیشنهادها ۱۰۷

فهرست منابع غیر فارسی ۱۰۹

فهرست منابع فارسی ۱۰۹

چکیده لاتین ۱۱۱

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول۲-۱ : واکنش های سطحی..... ۴۴
جدول۲-۲ : واکنش های فازی گاز مربوط به الکترون ها..... ۴۵
جدول۲-۳ : واکنش های فازی گاز مربوط به یون ها و ذرات خنثی..... ۴۵
جدول۲-۴ : اطلاعات گسیل گرمایونی..... ۴۶
جدول۲-۵ : برانگیختگی و یونیزاسیون، انرژی های مختلف اتم ها و مولکول ها ۴۷
جدول۲-۶ : ضریب گسیل ثانویه، برای تاثیر یون های مثبت..... ۴۷
جدول۲-۷ : ثابت های معادله محاسبه ضریب اول تاونسند..... ۵۸

فهرست نمودارها

عنوان **شماره صفحه**

نمودار۲-۱ : وابستگی ضریب یونیزاسیون به نسبت E/p در میدان الکتریکی و مغناطیسی موازی.....۶۵
نمودار۲-۲ : تغییر عملکرد الکترون ثانویه.....۶۹
نمودار۲-۳ : نمودار(۲-۳). عملکرد الکترون ثانویه در مقابل میدان الکتریکی کاهش یافته ۷۰
نمودار۲-۴ : ولتاژ شکست به عنوان تابعی از فشار گاز در عبور میدان الکتریکی و مغناطیسی.....۷۱
نمودار۲-۵ : منحنی ولتاژ شکست میدان مغناطیسی، در عبور میدان های الکتریکی و مغناطیسی.....۷۲
نمودار۲-۶ : ولتاژ شکست به عنوان تابعی از حاصلضرب فشار در فاصله جدایی الکترودها.....۷۳
نمودار۲-۷ : ولتاژ شکست به عنوان تابعی از حاصلضرب فشار در فاصله جدایی الکترودها.....۷۴
نمودار۳-۱ : منحنی پاشن در حضور جریان های مختلف اعمای شده به فیلامان برای گاز آرگون.....۸۹
نمودار۳-۲ : منحنی پاشن در حضور جریان های مختلف اعمای شده به فیلامان برای گاز نیتروژن.....۸۹
نمودار۳-۳ : منحنی پاشن برای فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد برای گاز آرگون.....۹۰
نمودار۳-۴ : منحنی پاشن برای فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد برای گاز نیتروژن.....۹۱
نمودار۳-۵ : ضریب اول تاونسند برحسب E/p برای جریان های مختلف فیلامان و برای گاز آرگون.....۹۲
نمودار۳-۶ : ضریب اول تاونسند برحسب E/p برای جریان های مختلف فیلامان و برای گاز نیتروژن.....۹۲
نمودار۳-۷ : ضریب اول تاونسند برحسب E/p برای فاصله مختلف فیلامان تا کاتد و در حضور گاز آرگون.....۹۳
نمودار۳-۸ : ضریب اول تاونسند برحسب E/p برای فاصله مختلف فیلامان تا کاتد و در حضور گاز نیتروژن.....۹۳
نمودار۳-۹ : یونیزاسیون موثر برحسب E/p با اعمال جریان های مختلف به فیلامان برای گاز آرگون.....۹۵
نمودار۳-۱۰ : یونیزاسیون موثر برحسب E/p با اعمال جریان های مختلف به فیلامان برای گاز نیتروژن.....۹۵
نمودار۳-۱۱ : یونیزاسیون موثر برحسب E/p در فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد برای گاز آرگون.....۹۵
نمودار۳-۱۲ : یونیزاسیون موثر برحسب E/p در فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد برای گاز نیتروژن.....۹۶
نمودار۳-۱۳ : مقایسه یونیزاسیون موثر با اعمال جریان های مختلف به فیلامان برای دو گاز آرگون و نیتروژن.....۹۶
نمودار۳-۱۴ : یونیزاسیون موثربا اعمال فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد برای دو گاز آرگون و نیتروژن.....۹۷
نمودار۳-۱۵ : تغییرات ضریب گسیل الکترون ثانویه با E/p برای گاز آرگون با اعمال جریان های مختلف به فیلامان.....۹۸
نمودار۳-۱۶ : تغییرات ضریب گسیل الکترون ثانویه با E/p برای گاز نیتروژن با اعمال جریان های مختلف به فیلامان.....۹۸
نمودار۳-۱۷ : تغییرات ضریب گسیل الکترون ثانویه با E/p برای گاز آرگون با فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد.....۹۹
نمودار۳-۱۸ : تغییرات ضریب گسیل الکترون ثانویه با E/p برای گاز نیتروژن با فاصله های مختلف فیلامان تا کاتد.....۹۹
نمودار۳-۱۹ : تغییرات ضریب گسیل الکترون ثانویه با E/p برای گازهای آرگون و نیتروژن برای فاصله مختلف فیلامان.....۱۰۰
نمودار۳-۲۰ : تغییرات ضریب گسیل الکترون ثانویه با E/p برای گازهای آرگون و نیتروژن برای جریان مختلف فیلامان.....۱۰۰
نمودار۳-۲۱ : مقایسه منحنی پاشن برای گازهای خالص آرگون و نیتروژن و ترکیب آنها، بدون حضور جریان فیلامان.....۱۰۲
نمودار۳-۲۲ : مقایسه منحنی پاشن برای گازهای خالص آرگون و نیتروژن و ترکیب آنها با اعمال جریان به فیلامان.....۱۰۲
نمودار۳-۲۳ : مقایسه تغییرات نسبت ضریب اول تاونسند به فشار بر حسب E/p برای آرگون و نیتروژن و ترکیب آنها.....۱۰۳
نمودار۳-۲۴ : مقایسه تغییرات ضریب یونیزاسیون موثر بر حسب E/p برای آرگون و نیتروژن و ترکیب آنها.....۱۰۴

فهرست نمودارها

عنوان **شماره صفحه**

نمودار۳-۲۵ : مقایسه تغییرات ضریب دوم تاونسند بر حسب E/p به ازای جریانهای مختلف فیلامان.....۱۰۵
نمودار۳-۲۶ : مقایسه تغییرات ضریب دوم تاونسند بر حسب E/p به ازای جریانهای مختلف فیلامان.....۱۰۵

فهرست شکلها

عنوان **شماره صفحه**

شکل۲-۱ : محاسبه مسیر آزاد متوسط ۴۰
شکل۲-۲ : سطح مقطع برای گاز آرگون (تقریبی و شماتیک) ۴۱
شکل۲-۳ : نقشه دوبعدی فضای پارامتری (چگالی- انرژی) ۴۲
شکل۲-۴ : پلاسمای محدود شده آزمایشگاهی ۴۴
شکل۲-۵ : محاسبه سطح مقطع یونیزاسیون ۵۰
شکل۲-۶ : سطح مقطع یونیزاسیون برای گاز های مختلف ۵۰
شکل۲-۷ : محاسبه فرکانس برخورد ۵۱
شکل۲-۸ : نرخ برای آرگون ۵۱
شکل۱-۹ : شماتیک منحنی شکست برای یک صفحه موازی ۵۵
شکل۲-۱۰: شدت میدان سطح مقطع یونیزاسیون برحسب کاهش میدان ۵۸
شکل۲-۱۱: ولتاژ شکست برای الکترودهای موازی در دمای $20\ ^oC$ درجه سانتیگراد ۶۰
شکل۳-۱ : تیوب تخلیه الکتریکی مسطح ۷۹
شکل۳-۲ : ساختار کلی و شماتیک تیوب تخلیه الکتریکی ۷۹
شکل۳-۳ : سیستم ایجاد خلا ۸۰
شکل۳-۴ : سیستم منبع تغذیه ولتاژ DC ۸۱
شکل۳-۵ : کاتد به همراه تفلن PTFE ۸۲
شکل۳-۶ : الکترود آند ۸۳
شکل۳-۷ : ساختار شبکه فیلامان ۸۴
شکل۳-۸ : فیلامان در حالت اعمال ولتاژ و برقراری جریان در آن ۸۴
شکل۳-۹ : پروب (مخصوص اندازه گیری ولتاژ های بالا) برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل دو سر الکترود ها ۸۵
شکل۳-۱۰: مقاومت های سری شده ومولتی مترها (ولت متر) ۸۶
شکل۳-۱۱ : مقاومت های سری شده ۸۶
شکل۳-۱۲ : تیوپ تخلیه الکتریکی و اجزاء آن ۸۶

اثر جریان فیلامان بر شکست الکتریکی در سیستم تخلیه الکتریکی مسطح

چکیده

این پایان نامه خصوصیات شکست الکتریکی دی سی همراه با جریان فیلامان را بررسی کرده است. از آنجا که مطالعه اثرات میدان الکتریکی و جریان فیلامان بر ویژگیهای شکست الکتریکی اثرگذار است، انگیزه ای برای ضرورت رسیدن به درک بهتر از مکانیزم پیچیده پدیده تخلیه الکتریکی گاز است و همچنین اینکه جریان فیلامان می تواند برای حل مشکلات عملی مربوط به کاربری این نوع از تخلیه برای فن آوری های پردازش پلاسما راهگشا باشد. برای بهینه سازی شکست الکتریکی، مثلاً در دستگاه های تخلیه الکتریکی مسطح یا فیوز و غیره ، راههای متعددی برای کاهش و کنترل ولتاژ شکست وجود دارد.

ما بصورت تجربی اثرات فیلامان داغ واقع در پشت کاتد را روی خصوصیات شکست الکتریکی بررسی کردیم . دستگاه ما شامل دو الکترود مسطح و یک فیلامان متحرک که در پشت کاتد قرار دارد، می باشد. سمت راست منحنی پاشن برای جریان های مختلف فیلامان و همچنین مکان های مختلف در حضور گازهای آرگون و نیتروژن بدست آمده است. ضریب یونیزاسیون موثر و ضریب گسیل یونیزاسیون ثانویه در جریان ها و موقعیت های مختلف فیلامان اندازه گیری شده اند، و دیدنیست که افزایش جریان فیلامان باعث کاهش مقدار شکست الکتریکی شده، که بیشتر در فشارهای پائین ادا می شود. حداکثر مقدار ضریب یونیزاسیون موثر وابسته به معکوس پتانسیل یونیزاسیون گاز است و بنابراین حضور فیلامان بر ضریب یونیزاسیون موثر، اثر قابل توجهی ندارد. بعلاوه، جابجایی فیلامان از کاتد منجر به کاهش ضریب گسیل یونیزاسیون ثانویه می گردد.

مقدمه

از دیرباز تولید انرژی بی پایان به ساده ترین روش و با خاصیت احیا پذیری، پاک، و کم خطرتر بودن دغدغه بشر بوده است. انرژی به عنوان عامل حرکت و بقا، نقش بسزا و اجتناب ناپذیری را در زندگی بشر ایفا کرده و از دیرباز در روابط بین الملل نیز حایز اهمیت بوده است. مصرف انرژی بالا یکی از مشخصه های صنعتی و پیشرفته بودن کشورها می باشد. منابع اولیه انرژی را در سطح گسترده می توان به چهار دسته تقسیم نمود که همگی غیر قابل احیا هستند که عبارتند از ذغال سنگ، نفت، گاز طبیعی و اورانیم، که با توجه به روبه پایان بودن این منابع و همچنین توزیع انرژی در جهان با اطلاعات بدست آمده، علی رغم کوششهای بعمل آمده در زمینه کاهش انرژی مصرف شده در جهان، تا سال ۲۰۲۰ میلادی انرژی مصرفی جهان دو برابر می شود. لذا توجه به نیاز ایجاد منابع انرژی جایگزین که دارای پتانسیل احیا پذیری و کم خطر بودن و پاک بودن می باشد روز به روز بیشتر احساس می شود. لذا تکنولوژی پلاسما می تواند به عنوان جزیی از پروسه تولید، ذخیره سازی، توزیع و مصرف انرژی مورد نیاز در جهان مطرح شود.

لذا ایجاد راهکارهای کاربردی و قابل استفاده تر برای بهینه سازی سیستمهای پلاسمایی نیز بحثی مهم، برای تحقیق و تفحص محققان و پژوهشگران به شمار می آید. پلاسما دارای دو خاصیت مهم و اساسی می باشد که هر دو از نظر پارامترهای مهم و موثر در صنعت حایز اهمیت قلمداد می شود :

۱- پلاسما می تواند به دماها و شدت های انرژی بسیار بالاتر از محدوده ای که به روشهای معمول شیمیایی یا غیره بدست می آید را بوجود آورد.

۲- پلاسما قادر است گونه های فعال پرانرژی را ایجاد کنند که تولید آنها به روشهای معمول یا امکان پذیر نیست یا بسیار سخت می توان به آنها رسید. از جمله این گونه های فعال می توان به ذرات بارداری همچون الکترون، یون، رادیکال های آزاد، فوتون هایی با بسامد در محدوده فرابنفش یا مرئی، حالتهای اتمی تحریک شده و شبه پایدار و تکه های مولکولی واکنش پذیر مانند مونومرها اشاره کرد.

در این پایان نامه که به روش آزمایشگاهی به وسیله دستگاه تیوب تخلیه الکتریکی مسطح که قابل استفاده در چارچوب پلاسمای سرد می باشد، انجام پذیرفته است، ابتدا به بیان مفاهیم پایه و اولیه

درتکنولوژی پلاسما پرداخته شده و سپس با آشنایی بیشتر از ساختار دستگاه که برای تجزیه و تحلیل مفاهیم اولیه پلاسما طراحی و مورد استفاده قرار گرفته است، پرداخته و مراحل تکمیل و بهینه سازی آن را ارائه می کنیم. در ادامه برخی از دستاوردهای که به وسیله محققین در این زمینه و موارد مرتبط ارائه شده،را بیان کرده و در ادامه به شرح، تجزیه وتحلیل و نتیجه گیری از این پرسش که آیا:

اعمال جریان به فیلامان برای ایجاد یونیزاسیون اولیه ی بهترو مفیدتردرسیستم، می تواند در پایین آوردن ولتاژ یا همان پتانسیل شکست الکتریکی مؤثر باشد؟ که اگر پاسخ مثبت است، شرایط و پارامترها و راهکارهای مؤثر در تسهیل و بهینه سازی کاربردی این فرآیند چیست و چگونه است را بیان می نماییم.

فصل اول

مفاهیم اولیه

فیزیک پلاسما

۱-۱ تاریخچه

مانند همه دستاوردهای بشر، علم پلاسما بطور ناگهانی از هیچ بر نخواسته است بلکه فیزیکدانان و مهندسین امروزی، یعنی کسانی که برای درک پلاسما و بهرهگیری از آن کوشش می کنند، صرفاً هنرپیشه های امروزی یک داستان طولانی و هیجان انگیز هستند. این داستان با آذرخش آسمان شروع می شود.

در زمان باستان بخصوص یونانیان- در فلسفه به چهار عنصر اعتقاد داشتند: خاک، آب، باد، آتش. در علم امروز نیز آن تفکر باستنی بصورت جامد، مایع، گاز و پلاسما در آمده است. جامد و مایع و گاز را از قدیم الایام در علم سه حالت ماده می نامیده اند. به همین دلیل ویلیام کروکس[۱] در سال ۱۸۷۹ پلاسما را حالت چهارم ماده نامید. وجود الکترون تا سال ۱۸۹۵ مورد تردید بود تا اینکه تامسون مشاهدات قطعی و کمی خود را در مورد آن بیان داشت و هم اکنون هم بعنوان کاشف رسمی الکترون شناخته می شود. کلمه یونیزاسیون در ۱۸۹۸ نیز توسط ویلیام کروکس ارائه شد که مشخص کننده تجزیه اتم به اکترون و یون مثبت است.

همه با سه حالت اول ماده آشنایی کامل دارند، اما عده کسانی که از حالت چهارم ماده اطلاع دارند، بجز دانشمندان متخصص و دانشجویان آنها، بسیار اندک است. واژه پلاسما تا حدی مفهوم گنگ و نامعلوم دارد. تفاوت میان این چهار حالت ماده در مقدار انرژی جنبشی وابسته به اتمها و مولکولهای سازنده آنها است. یعنی اگر انرژی جنبشی اتمها و مولکولهای یک ماده افزایش یابد، حالتهای مختلف ماده آشکار می شود. جالب است که با این روند توصیفی می توان میدان را به عنوان حالت پنجم ماده توصیف کرد. از طرف دیگر با تعاریف کوانتوم مکانیکی می توان حالت پنجم و ششم ماده را بوزونهای چگالیده [۲] و فرمیونهای چگالیده[۳] دانست.

در حدود اواخر قرن نوزدهم دانشمندان به این فکر افتاده بودند که چهارمین حالت ماده نیز احتمالاً وجود دارد، قبل از اینکه فیزیکدانان بتوانند به وجود پلاسما پی ببرند، به دو رشته علمی نیاز داشتند: اول، شناخت فیزیک گازهای معمولی، دوم، درک فیزیک نیروهای الکترومغناطیسی، زیرا نظیر پدیده رعد و برق، فیزیک پلاسما ترکیبی از فیزیک گازها و نظریه الکترمغناطیس است.

---

[۱] William Crookes
[۲] Condensed bosons
[۳] Condensed fermions

در اوایل قرن نوزدهم در چند آزمایشگاه در انگلستان وآلمان پیشرفتهای سریعی در مورد فیزیک تخلیه الکتریکی [۱]بعمل آمد در موسسه رویال لندن روی قوسهای الکتریکی و لامپهای تخلیه الکتریکی DC در فشار پایین کار می کردند. در ۱۹۲۸ کلمه پلاسما توسط اروین لانگمور[۲] ارائه شد که به معنی مجموعه شبه خنثایی (از لحاظ الکتریکی) از یونها و الکترونها است که در زمینه آن گاز خنثی وجود دارد و این مجموعه توانایی بر همکنش در مقابل میادین الکتریکی و مغناطیسی دارد.

پلاسمای قوس الکتریکی و تخلیه الکتریکی DC بطور گسترده در آزمایشگاههای علمی در قرن نوزدهم مورد تحقیق قرار گرفت. تنها کاربرد گسترده پلاسما در قرن نوزدهم استفاده در قوس الکتریکی برای روشنایی بود که در سال ۱۹۰۰ در برابر چراغ برق از دور خارج شد زیرا در لامپهای تخلیه الکتریکی نیاز به برق DC با توان بالا بود.

تحقیقات پلاسما در حدود ۱۹۲۰ با توسعه تئوری مگنوهیدرودینامیک[۳] بالا گرفت که یک پیشرفت تئوریک در فیزیک پلاسما مدرن است در حدود سال ۱۹۳۰ در ایالات متحده تحقیقاتی تجاری روی ژنراتور MHD شروع شد. پلاسما بوسیله تخلیه الکتریکی میکروویو بعد از ۱۹٤۰ تولید شد که بدنبال پیشرفتی بود که در زمینه کاربرد و تئوری امواج کوتاه برای رادار در حین جنگ جهانی دوم انجام گرفت.

یک محرک قوی برای فیزیک پلاسما، تحقیقات کنترل گداخت[٤] بود که در کشورهای بزرگ در حدود ۱۹۵۰ شروع شده و تا به امروز نیز ادامه دارد. بیشترین فعالیت های جاری در فیزیک پلاسما، در دانشگاهها و آزمایشگاههای ملی، کوشش برای محصور کردن پلاسمای گداخت با درجه حرارت بالا توسط میدان مغناطیسی است.

از ۱۹۷۰ تا کنون پلاسما بطور گسترده در صنعت میکروالکترونیک[٥] بکار می رود. کاربردهای دیگری در پلاسمای صنعتی که جدیدا توسعه یافته نیز وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

---

[۱] Electrical Discharge
[۲] Irving Langmuir
[۳] Magnetohydrodynamics
[٤] Fusion
[٥] Microelectronics

۱-۲ در آمد و مفاهیم اولیه

واژه پلاسما به مجموعه های شبه خنثای ذرات باردار اطلاق می شود و فیزیک پلاسما عبارت است از بررسی رفتار این سیستمها. حالت پلاسما را گاهی حالت "چهارم" ماده می نامند.

زمانی که جامدی را گرم می کنند، این مبحث در درجه اول به گذاری می پردازد که طی آن پیوندهای ما بین مولکولهای مجاور سست می شوند، ولی کاملا نمی گسستند، و ماده به حالت مایع در می آید. هرگاه ماده گرمتر شود، پیوندهایی که ذرات مجاور را نزدیک به هم نگه می دارند کاملا گسسته می شوند، به نحوی که مولکولها می توانند کم و بیش مستقلا حرکت کنندو مایع به حالت گاز تبدیل شود. گرمایش بیشتر، به تجزیه ی مولکولها به اجزای تشکیل دهنده ی آنها می انجامد. اما، گرمایش باز هم بیشتر می تواند به یونش مولکولها یا اتمهای گاز منجر شود، به نحوی که گاز در این صورت حاوی ذرات خنثی، یونها و الکترون خواهد بود. رفتاری که مواد نسبت به حرارت نشان می دهند باعث می شود که آنها به ترتیب به حالت (جامد)، دوم (مایع)، سوم (گاز) و چهارم (پلاسما) در آیند.
به همین دلیل از نقطه نظر فیزیکی به پلاسما، حالت چهارم ماده می گویند.

در برخی موقعیتها، یونها را می توان سیالی ایستاده انگاشت، ولی به طور کلی وضعیت چنین نیست. همانطور که در مکانیک کوانتومی بیان می شود که چطور ممکن است ماده هر دو خاصیت ذره گونه و موج گونه را نمایش دهد، بنابراین فیزیک پلاسما نشان می دهد که چطور ممکن است ماده هم به صورت انبوه ذرات و هم به صورت سیال رفتار کند.
هر چند که هیچ گذار فاز سریعی، بین حالت گاز خنثای ساده و حالت پلاسما برقرار نمی شود، حالت پلاسما را می توان جزئی از توالی جامد- مایع- گاز- پلاسما تلقی کرد.
نظر به این که حالت پلاسما حاوی بارهای مثبت و منفی آزاد است، و چون حرکت این بارها جریانهای الکتریکی برقرار می کند، واضح است که اجزای تشکیل دهنده ی حالت پلاسما را میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تحت تاثیر قرار می دهند، و پلاسما می تواند میدانهای الکتریکی و مغناطیسی هم تولید کند. از این رو، در بحث پیرامون خواص پلاسما، لازم است میدان الکترومغناطیسی را به مثابه جزء کلی و به هم تنیده ای از سیستم پلاسما دانست. این حقیقت، به آرایه ای غنی، و در واقع شگفت، از خواص حالت پلاسما منتهی می شود.

برهم کنش فقط دو ذره باردار متضمن میدانهای الکتریکی و مغناطیسی است که این دو ذره تولید می کنند با همه ی اینها این برهم کنش رویدادی خیلی ساده، از یک مدار ساده یا برخورد دوتایی است. هر گاز باید به شدت یونیده باشد (و حتی در این صورت محدودیتهایی بر چگالی و دما اعمال می شود) تا پلاسما به مثابه سیستمی عمل کند از طریق برهم کنش الکترومغناطیسی اش به صورتی تنگاتنگ انسجام یافته باشد.

وقتی پلاسما خیلی رقیق، یعنی دارای چگالی خیلی کم باشد، طریقه ی برهم کنش ذرات با میدان الکترومغناطیسی ماکروسکوپی نسبت به روش بر هم کنش آنها با میدانهای الکترومغناطیسی میکروسکوپیکی لازم با تک تک ذرات اهمیت بیشتری می یابد. در این اوضاع و احوال، برای مطالعه مدار ذرات باردار در میدانهای مغناطیسی و الکتریکی بزرگ مقیاس، سودمند می افتد. این پدیده را "نظریه مداری" می گویند.

از این نظریه مداری، توضیح دادن همین بس که، نظریه مداری در طراحی و ساخت رآکتورهای همجوشی از اهمیت فراوانی برخوردار است، که باید پلاسمای با دمای بالایی به مدتی بسیار طولانی که واکنشهای همجوشی می تواند اتفاق بیفتد در آن نگهداشت و انرژی را با آهنگ بزرگتری از آنچه برای نگهداری سیستم ضروری است، تولید خواهد کرد.

اگر چه ذرات باردار می توانند آزادانه در امتداد میدان مغناطیسی حرکت کنند، حرکت آنها در جهت متقاطع با میدان، شدیدا ممنوع است؛ در نتیجه، پلاسما به صورت محیط ناهمسانگرد انتشار موج رفتار می کند. به علاوه، گرایش الکترونها برای حرکت سریع در پاسخ به میدان الکتریکی به شیوه ای که آن میدان را حذف کند، گرایش به جلوگیری از انتشار امواج با بسامدهای کمتر از بسامد بحرانی[۱]، به نام " بسامدپلاسما[۲] " دارد.

هر گاز یونیده را نمی توان پلاسما نامید، البته همواره یونیدگی اندکی در هر گازی وجود دارد. یک تعریف مفید به صورت زیر می باشد:

پلاسما گاز شبه خنثایی از ذرات باردار و خنثی است که رفتار جمعی از خود نشان می دهد.

اکنون باید "شبه خنثی[۳] " و "رفتار جمعی[۴] " را تعریف کنیم.

---

[۱] Critical frequency
[۲] Plasma frequency
[۳] Quasi neutral
[۴] Collective behavior