



پایان نامه برای دریافت درجه پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته فیزیک گرایش اتمی و مولکولی زمینه پلاسما

آنتن های پلاسمایی؛ نظریه، کاربرد و امکان سنجی ساخت

پژوهشگر

مهدی امیری

استاد راهنما

دکتر ناصر سپهری جوان

استاد مشاور

دکت علم، تهانا

شهریور ماه 97

عنوان و نام پدیدآور:	آنتن‌های پلاسمایی؛ نظریه، کاربرد و امکان‌سنجی ساخت/مهدی امیری
استادان راهنما:	دکتر ناصر سپهری جوان
استادان مشاور:	دکتر علی توانا
تاریخ دفاع:	1397/06/21
تعداد صفحات:	74 ص.
شماره پایان‌نامه:	فیزیک/1235
چکیده:	
هدف:	هدف این پژوهش، بررسی نظریه کارکرد آنتن‌های پلاسمایی و بررسی نظری انواع این آنتن‌ها و مزایا و معایب نسبی آنها و همچنین امکان‌سنجی ساخت انواع ساده این سیستمها با اتکا به امکانات داخلی می‌باشد.
روش‌شناسی پژوهش:	روش‌شناسی پژوهش:
	در این مطالعه ابتدا تئوری آنتن‌های پلاسمایی به روش تحلیلی مورد بررسی قرار می‌گیرد، سپس با استفاده از برنامه کاربردی CST Studio آنتن‌های مختلف شبیه‌سازی شده و نتایج مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت ساخت آنتن پلاسمایی دوقطبی خطی شرح داده شده و نتایج یافته‌های تجربی با نمونه شبیه‌سازی شده مقایسه می‌گردد.
یافته‌ها:	نتایج شبیه‌سازی آنتن‌های پلاسمایی مختلف نشان می‌دهد فرکانس تشدید در آنتن پلاسمایی بر خلاف آنتن‌های فلزی که فقط به ابعاد آنتن بستگی دارد می‌تواند با تغییر فرکانس پلازما تغییر کند. همچنین بهره آنتن و توان اتلافی بستگی به فرکانس برخورد پلازما دارد. با ساخت آنتن پلاسمایی خطی مشاهده شد این آنتن با تقریب مناسبی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی و تئوری آنتن‌های پلاسمایی مطابقت دارد.
نتیجه‌گیری:	نتیجه‌گیری:
	پس از شبیه‌سازی یک آنتن دوقطبی خطی پلاسمایی، مشاهده شد که یک لوله به قطر 4 سانتی‌متر و طول 79 سانتی‌متر که با فشار 0/7 بار کار می‌کند تحت یک تخلیه پایای مستقیم با ولتاژ 15 کیلو ولت می‌تواند منجر به تابش در محدوده فرکانسی VHF می‌شود که نتایج اندازه‌گیری‌های تجربی نیز تایید کننده این مساله می‌باشد. با تغییر مقاومت بار سیستم فرکانس کاری قابلیت جابه‌جایی دارد.
	واژه‌های کلیدی: آنتن پلاسمایی، تخلیه الکتریکی، فرکانس پلازما، کوپلر، مدل درود، CST.

فهرست مطالب

			مقدمه
			1
			5
پلازما			1-1
			5
پلازما	معیار		1-1-1
			6
			7
			2-1-1
			3-1-1
DC	تابناک	تخلیه	در
			پلازما
			پارامترهای
			9
			10
			4-1-1
			2-1
آنتن	پارامترهای	و	مبانی
			11
تابش		مکانیسم	1-2-1
			11
آنتن		پارامترهای	2-2-1
			13
سیم		آنتن‌های	3-2-1
			20
پلاسمایی	آنتن‌های		2
			22
			22
			23
			24
			25
			25
			1-4-2
پلازما	در	سطحی	امواج
			2-4-2
			27
پلاسمایی	آنتن	در	جریان
			چگالی
			3-4-2
			28
پلاسمایی	آنتن	در	پوئین تینگ
			بردار
			4-4-2

31.....	
32.....	5-4-2. توان تابشی کل در آنتن پلاسمایی دوقطبی
34.....	6-4-2. امپدانس در آنتن پلاسمایی دوقطبی
پلاسمایی	7-4-2. نويز حرارتی در آنتن
36.....	دوقطبی
38.....	3. شبیه‌سازی آنتن‌های پلاسمایی
مقدمه	1-3
38.....	
38.....	2-3. آشنایی با محیط نرم افزار CST
40.....	3-3. آشنایی با روش FDTD در حل مسائل مقدار مرزی
43.....	4-3. مدل درود
45.....	5-3. شبیه‌سازی آنتن دوقطبی
45.....	1-5-3. آنتن دوقطبی فلزی
پلاسمایی	2-5-3. آنتن دوقطبی
47.....	
.....	1-5-3. آنتن دوقطبی ناسده حری
51.....	2-6-3. آنتن دوقطبی ناشده پلاسمایی
.....	3-6-3. بررسی تاثیر تغییرات پارامترهای پلاسمای در پارامترهای آنتن دوقطبی ناشده
53.....	
56.....	7-3. شبیه‌سازی آنتن برودساید
برودساید	1-7-3. آنتن
56.....	فلزی
پلاسمایی	2-7-3. آنتن برودساید
58.....	
61.....	1. ساخت آنتن‌های پلاسمایی
مقدمه	1-4
61.....	
61.....	2-4. ساخت آنتن‌های پلاسمایی
61.....	1-2-4. ساخت منبع ولتاژ مستقیم 15 کیلوولت
67.....	2-2-4. ساخت لوله تخلیه برای آنتن پلاسمایی
68.....	3-2-4. ساخت کوپلر برای آنتن پلاسمایی
69.....	3-3. بررسی نتایج حاصل از تست آنتن‌های پلاسمایی
73.....	2. نتیجه‌گیری
نتیجه-	1-5
73.....	گیری

مأخذ	و	3 منابع
75.....		
	فارسی	1-6 منابع
2-6 75.....		
75.....		

فهرست جدول‌ها

- جدول 3-1. مشخصات آن‌تن دوقطبی فلزی طراحی شده 46
- جدول 3-2. مشخصات کاپلر بر روی آن‌تن دوقطبی پلاسمایی 48
- جدول 3-3. مشخصات آن‌تن دوقطبی تا شده فلزی 50
- جدول 3-4. مشخصات کاپلر بر روی آن‌تن پلاسمایی 51
- جدول 3-5. ابعاد هندسی آن‌تن پلاسمایی شبیه سازی شده 53
- جدول 3-6. مشخصات آن‌تن پلاسمایی برودساید 56
- جدول 3-7. مشخصات آن‌تن پلاسمایی برودساید 58

فهرست شکل‌ها

- شکل 1-1. نمونه هایی از پلاسمای طبیعی و آزمایشگاهی 6
- شکل 1-2. مکانیسم حفاظ سازی دمای در داخل پلاسما..... 7
- شکل 1-3. نحوه اعمال ولتاژ و تولید پلاسما به روش تخلیه DC 9
- شکل 1-4. جریان در یک سیم..... 12
- شکل 1-5. نمایش گرافیکی پارامترهای تششیعی در یک الگوی تابشی 15
- شکل 1-6. نمایش یک شبکه دو پورتی..... 18
- شکل 1-7. انواع آنتن‌های سیمی..... 20
- شکل 1-8. الگوی تابشی آنتن دوقطبی برای آنتن با طول‌های متفاوت: (a) $l = \frac{\lambda}{2}$ (b) $l = \lambda$ (c) $l = \frac{3\lambda}{2}$ (d) $l = 3\lambda$ 21
- شکل 1-2. نمونه‌ای از آنتن پلاسمایی ساخته شده توسط لوله‌های فلورست..... 23
- شکل 2-2. مکانیزم تحریک آنتن پلاسمایی..... 24
- شکل 2-3. بازتابش و عبور از مرز پلاسما..... 25
- شکل 2-4. مکانیزم ایجاد جریان سطحی در پلاسما..... 26
- شکل 3-1. نمایی از انتخاب محیط کاری در نرم افزار CST MicrowaveStudio Suite 2018..... 39
- شکل 3-2. نحوه شبیه سازی محیط پلاسما در نرم افزار CST MicrowaveStudio Suite 2018..... 40
- شکل 3-3. جانمایی اجزای میدان در یک واحد سلول شبکه Yee..... 43
- شکل 3-4. نمایی از آنتن دوقطبی فلزی در نرم افزار CST MicrowaveStudio Suite 2018..... 46
- شکل 3-5. پارامتر پراکندگی برای آنتن دوقطبی فلزی..... 47
- شکل 3-6. الگوی تابشی آنتن دوقطبی فلزی..... 47
- شکل 3-7. نمایی از آنتن دوقطبی فلزی در نرم افزار CST MicrowaveStudio Suite 2018..... 48
- شکل 3-8. پارامتر پراکندگی برای آنتن دوقطبی پلاسمایی 49
- شکل 3-9. الگوی تابشی آنتن دوقطبی پلاسمایی..... 49
- شکل 3-10. پارامتر پراکندگی برای آنتن دوقطبی پلاسمایی در $\omega_p = 9.5 \times 10^8 \text{ Hz}$ 50
- شکل 3-11. طرحواره آنتن دوقطبی تابشی 51
- شکل 3-12. پارامتر پراکندگی برای آنتن دوقطبی تابشی 51
- شکل 3-13. الگوی تابشی آنتن دوقطبی تابشی 52
- شکل 3-14. طرحواره آنتن پلاسمایی دوقطبی تابشی 52

-
- شکل 3-15. پارامتر پراکندگی برای آنتن پلاسمایی دوقطبی تاشده.....53
- شکل 3-16. الگوی تابشی آنتن دوقطبی تاشده پلاسمایی.....53
- شکل 3-17. پارامتر S_{11} برای فرکانس‌های پلاسمای مختلف: الف) 4GHz ب) 5GHz پ) 6GHz ت) 7GHz.....55
- شکل 3-18. تاثیر تغییرات فرکانس برخورد در پارامتر پراکندگی آنتن پلاسمایی: الف) 1GHz ب) 1.5GHz پ) 2GHz.....56
- شکل 3-19. جانمایی آنتن پلاسمایی برودساید.....57
- شکل 3-20. آنتن برودساید فلزی طراحی شده در محیط CST.....58
- شکل 3-21. پارامتر پراکندگی برای آنتن برودساید فلزی.....58

- شکل 3-22. نمایی سه بعدی از الگوی تابش آنتن برودساید فلزی.....58
- شکل 3-23. الگوی تابش برای آنتن برودساید فلزی در دو بعد. الف) الگوی تابشی میدان الکتریکی. ب) الگوی تابشی میدان مغناطیسی.....59
- شکل 3-24. شماتیک آنتن برودساید پلاسمایی در محیط CST.....60
- شکل 3-25. پارامتر پراکندگی S_{11} آنتن هتای پلاسمایی.....60
- شکل 3-26. الگوی تابشی آنتن پلاسمایی برودساید در 3 بعد.....60
- شکل 3-27. الگوهای تابشی آنتن پلاسمایی برودساید: الف) میدان الکتریکی ب) میدان مغناطیسی.....61
- شکل 4-1. شماتیک یک ترانسفورماتور افزایشده.....63
- شکل 4-2. مدار یکسو کننده پل دیود.....64
- شکل 4-3. نحوه یکسوسازی در مدار پل. الف) موج خروجی در نیم سیکل اول، ب) موج خروجی در نیم سیکل دوم، ج) موج خروجی نهایی.....64
- شکل 4-4. مدار صافی خازنی برای یک یکسوساز پل دیودی.....65
- شکل 4-5. عملکرد صافی خازنی در موج خروجی.....66
- شکل 4-6. نحوه عملکرد صافی خازنی با افزایش ظرفیت خازن.....66
- شکل 4-7. نمایش مفهوم ولتاژ ریپل.....67
- شکل 4-8. منبع ولتاژ بالا ساخته شده توسط پژوهشگر.....68
- شکل 4-9. لوله تخلیه ساخته شده برای آنتن دوقطبی خطی به همراه کوپلر مورد استفاده.....69
- شکل 4-10. کوپلر استوانه‌ای ساخته شده برای آنتن دوقطبی خطی.....69
- شکل 4-11. نمای کلی از آنتن پلاسمایی.....70
- شکل 4-12. پارامتر پراکندگی برای آنتن پلاسمایی دوقطبی خطی در ولتاژ 15 کیلوولت و جریان 15 میلی آمپر.....71
- شکل 4-13. مقایسه پارامتر پراکندگی برای نمونه شبیه‌سازی با فرکانس پلاسمای $\omega_p = 8 \times 10^8 \text{ Hz}$ و فرکانس برخورد $\nu = 5 \times 10^8 \text{ Hz}$ و ساخته شده در ولتاژ 15 کیلوولت و جریان 15 میلی آمپر.....71
- شکل 4-14. پارامتر پراکندگی برای آنتن پلاسمایی دوقطبی خطی در ولتاژ 15 کیلوولت و جریان 25 میلی آمپر.....72
- شکل 4-15. مقایسه پارامتر پراکندگی برای نمونه شبیه‌سازی با فرکانس پلاسمای $\omega_p = 9.5 \times 10^8 \text{ Hz}$ و فرکانس برخورد $\nu = 5 \times 10^8 \text{ Hz}$ و ساخته شده در ولتاژ 15 کیلوولت و جریان 25 میلی آمپر.....73

فهرست پیوست‌ها

- پیوست 1. مشخصات ترانسفورماتور استفاده شده در منبع 59
- پیوست 2. مشخصات خازن‌های استفاده شده در منبع 60
- پیوست 3. مشخصات دیودهای استفاده شده در منبع 61

مقدمه:

آنتن وسیله‌ای است برای تولید و ارسال و یا دریافت امواج الکترومغناطیسی که در صنایع مخابرات، تلویزیون، هوانوردی، فضا و همچنین صنایع نظامی دارای کاربردهای اساسی می‌باشد. آنتن‌ها معمولاً بر اساس نوسانات الکترون‌ها در یک فلز و تابش آنها کار می‌کنند. مبنای نظری آنتن‌ها بر معادلات ماکسول استوار است. جیمز کلارک ماکسول^۱ در سال 1864 با حضور در انجمن سلطنتی انگلستان نظریه خود را مبنی بر اینکه نور و امواج الکترومغناطیسی پدیده‌های فیزیکی یکسانی دارند ارائه کرد. همچنین پیش بینی کرد که نور و اختلالات الکترومغناطیسی را می‌توان به صورت امواج رونده دارای سرعت برابر توجیه کرد (Mahon and Basil, 2003). در سال 1882 فیزیکدان آلمانی هاینریش هرتز^۲ با افزایش تحقیقات در این زمینه ادعای ماکسول را در عمل اثبات کرد و نشان داد که امواج الکترومغناطیسی در فضا منتشر می‌شوند. هرتز، آنتن‌هایی از نوع دوقطبی و حلقوی را نیز ساخت (Susskind and Charles, 1995). مهندس برق ایتالیایی مارکونی^۳ نیز یک آنتن استوانه میکروویو در طول موج 23 سانتی متری را ساخت (Bondyopadhyay and Prebir K, 1995). فیزیکدان روسی الکساندر پوپوف^۴ نیز اهمیت کشف امواج رادیویی را توسط هرتز تشخیص داد و یک سال بعد، قبل از مارکونی شروع به فعالیت کرد. اغلب افتخار کاربرد

1 James Clerk Maxwell

2 Heinrich Rudolf Hertz

3 Guglielmo Marconi

4 Alexander Popov

اولین آنتن در اولین سیستم رادیویی را در سال 1879 برای ارسال سیگنال از کشتی به ساحل در مسافت 3 مایل به او می دهند (Radovsky, 2001). در هر حال این مارکونی بود که رادیوی تجارتي را توسعه داد و مخابرات رادیویی را در ماورای اقیانوس اطلس ایجاد کرد. از این رو مارکونی را پدر رادیوی آماتور می-شناسند (Bondyopadhyay and Prebir K, 1995).

معمولاً در گیرنده‌ها هر آنتن به ازاء یک فرکانس مشخصی، به تشدید درآمده و به ازاء آن فرکانس، ولتاژ ماکزیمم مشخصی تولید می نماید. هرگاه طول آنتن متناسب با طول موج دریافتی باشد، موج کاملاً در آنتن قرار می گیرد و اصطلاحاً می گویند آنتن رزنانس شده و یا به تشدید در آمده است یعنی آنتن با موج رسیده هماهنگ شده است و در این حالت ولتاژی که به آنتن رسیده، حداکثر است. معمولاً آنتن‌ها را از یک فلز هادی و سبک مانند آلومینیوم درست می کنند.

در سالهای اخیر آنتن‌های پلاسمایی به عنوان فناوری نو برای جایگزینی آنتن‌های فلزی همراه با کارایی بیشتر، طراحی و ساخته شده‌اند. در سال 1919 هتینگر¹ پیشنهاد استفاده از گازهای یونیزه (پلازما) برای دریافت و تشعشع امواج را داد (Hettinger, 1919). انتشار موج سطحی بین ستون پلازما و محفظه دی الکتریک اطراف آن حدود سال 1959 کشف گردید (Trivelpiece and Gould, 1959) و بین سال های 1960 تا 1970 ، عسکریان و راوسکی² پیشگویی هتینگر را بوسیلهی آزمایشات عملی اثبات کردند. درنهایت اولین آنتن پلاسمایی در سال 1997 با ثبت اختراعی به نام آنتن RF با لوله گازی ارائه گردید (Norris and O'Bryant, 1997). بعدازاین اختراع در سال‌های بعد مطالعات بسیاری برای بهبود و ساخت این آنتن‌ها انجام گرفت (Harris, 2002; Rayner, 2004; Alexeff, 2006). نتایج این مطالعات نشان داد الگوی تابشی آنتن‌های پلاسمایی شبیه آنتن‌های فلزی معمولی است اما با این قابلیت ویژه که با تغییر پارامترهای محیط پلازما می‌توان فرکانس کاری آن را بدون تغییر در هندسه آنتن تغییر داد. همچنین در این آنتن‌ها می‌توان با فشار دادن یک کلید، جریان یونیزه کننده گاز خنثی را که سبب ایجاد پلازما می‌شود قطع کرده و آنتن را خاموش نمود و با برقراری مجدد جریان بلافاصله پلازما را تولید و آنتن را روشن نمود. در حالت خاموش

1 Hettinger

2 Rovoski

این آنتن‌ها بعلت نداشتن الکترونیهای آزاد قابل آشکارسازی نبوده که یک مزیت بزرگ برای استتار این آنتن-ها می‌باشد. همچنین آنتن پلاسما در برابر تهاجمات الکترومغناطیسی ناخواسته مقاوم و مستتر است. بعلاوه، به دلیل کاهش چشمگیر نویز حرارتی این آنتن نسبت به آنتن معادل فلزی، می‌تواند گزینه مناسبی برای ایستگاه زمینی در باندهای فرکانسی مختلف باشد و نرخ تبادل داده را به میزان قابل توجهی افزایش دهد.

معمولا ستون پلاسما از یونیزاسیون یک گاز بی اثر مانند آرگون یا نئون ایجاد می‌شود. روش‌های مختلفی برای یونیزاسیون و تولید پلاسما وجود دارد و در بین این روش‌ها می‌توان از تحریک با موج سطحی، تحریک DC، تحریک با لیزر و ... نام برد. استفاده از گاز یونیزه شده با تحریک موج سطحی به‌عنوان هادی، مزایای قابل توجهی دارد که از آن جمله می‌توان به تغییر سریع فرکانس کاری، سطح مقطع راداری محدود و بسیار کم، برقراری ارتباط با قابلیت اطمینان بالا و قابلیت خاموش و روشن شدن سریع اشاره نمود. با استفاده از ستون پلاسما به عنوان آنتن، طول آنتن، با تغییر مشخصات فیزیکی تحریک پلاسما به سرعت قابل تغییر است و به این ترتیب با تنظیم سریع مشخصات فیزیکی آن می‌توان آنتنی برای فرکانس جدید طراحی نمود. برای تهیه ستون پلاسما ساده‌ترین روش تخلیه DC می‌باشد که با اعمال اختلاف پتانسیل چند کیلو ولت (توسط یک منبع تغذیه DC توان پائین) در یک لوله شیشه‌ای شامل یک گاز بی اثر مانند آرگون یا نئون می‌تواند میسر شود. حتی می‌توان از لامپ‌های فلورسنت معمولی نیز برای این کار استفاده کرد.

آنتن پلاسما برای هر فرکانسی تا ۲۰GHz مناسب است. ویژگی‌های منحصر به فرد آنتن پلاسما وجه تمایز اصلی آنتن پلاسما با آنتن معمولی فلزی آن است که فرآیند یونیزاسیون گاز می‌تواند مقاومت آنتن را تحت الشعاع قرار دهد. زمانی که پلاسما یونیزه نباشد، مقاومت آنتن بی‌نهایت است و با امواج الکترومغناطیسی تعاملی ندارد؛ بنابراین نه دارای تشعشعات ناخواسته است و نه امواج میکروویو توان بالا را دریافت می‌نماید. به‌علاوه، چنانچه پس از ارسال سیگنال مورد نظر مجدد غیر یونیزه شود، تداخلات با آنتن‌های هم‌جوار کاهش می‌یابد. در تکنولوژی‌های پیشرفته رادارهای پالسی و ارتباطات دیجیتالی با سرعت بسیار بالا می‌توان از مزایای آنتن پلاسما بهره‌مند شد. از دیگر مزایای ارزشمند آنتن پلاسما می‌توان به کاهش سطح مقطع راداری، قابلیت ایجاد تغییر آنی در پهنای باند، و پویای دایروی با سرعت بالا بدون هیچ عنصر مکانیکی،

قابلیت تحمل توان بالاتر نسبت به هادی فلزی، بهره و راندمان بالاتر به دلیل تلفات اهمی کم‌تر اشاره نمود. در کاربردهای نظامی، مقاومت در برابر جنگ الکترونیک و مستتر بودن اهمیت بالایی دارد. سایر پارامترهای مورد توجه در جنگ الکترونیک عبارتند از اندازه، وزن و قابلیت تغییر شکل دادن.

در بررسی نظری ستون پلاسمای مربوط به آنتن‌های پلاسمایی، معادلات اساسی در بررسی تحولات الکتروپلاسمایی سیستم، معادلات سیالی به همراه معادلات ماکسول می‌باشند که بایستی به صورت خودسازگار حل شوند. با توجه به اینکه تابش و یا تحریک از طریق الکترون‌های شتابدار صورت می‌گیرد، بایستی چگالی جریان تناوبی الکترون‌ها از این معادلات محاسبه شده و در معادلات انتگرالی پتانسیلهای برداری و نرده‌ای تاخیری قرار داده شوند. از روی این پتانسیل میدان‌های تابشی محاسبه می‌شوند.

با توجه به موارد ذکر شده آنتن‌های پلاسمایی جزو تکنولوژی‌های نوظهور و رو به توسعه می‌باشد که کاربردهای فراوانی در صنعت مخابرات و نیز مسائل نظامی دارد. از این رو هدف این پژوهش، بررسی نظریه کارکرد آنتن‌های پلاسمایی و بررسی نظری انواع این آنتن‌ها و مزایا و معایب نسبی آنها و همچنین شبیه سازی و امکان‌سنجی ساخت انواع ساده این سیستم با اتکا به امکانات داخلی می‌باشد.

در این پایان‌نامه ضمن مرور بر تئوری پلاسمای، تئوری آنتن‌های پلاسمایی و معادلات اساسی حاکم بر کارکرد آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. آنتن‌های پلاسمایی دوقطبی خطی، برودساید و دوقطبی تاشده با نرم افزار CST شبیه سازی شده و پارامترهای مختلف آنتن از جمله الگوی تابش و پارامتر پراکندگی آنتن حاصل شده است. سپس یک آنتن پلاسمایی دوقطبی خطی ساخته شده و پارامترهای آن در اتاق آنتن دانشگاه فردوسی مشهد به صورت تجربی به دست آمده است. نتایج نشان‌دهنده تطابق خوب شبیه‌سازی با تجربه می‌باشد.

1. مبانی اولیه پلاسما و آنتن

1-1. پلاسما

پلاسما از ریشه یونانی کلمه پلاسین^۷ به معنی شکل گرفتن و قالب پذیر بودن گرفته شده است. پلاسما گاز شبه خنثایی (انحرافات کوچک از خنثی بودن موجب خواص دینامیکی خاصی می شود) است که رفتار جمعی متفاوت از ذرات خنثی (ناشی از نیروهای بلند برد الکتریکی و مغناطیسی) از خود نشان می دهد، یعنی برخلاف گازهای معمولی نیروی بین ذرات در آن ها نیروهای الکترومغناطیسی می باشد. به عبارت دیگر می توان گفت واژه پلاسما به گازی خنثی در مقیاس ماکروسکوپیک اطلاق می شود که همه یا بخش قابل توجهی از اتم های آن یک یا چند الکترون از دست داده اند (Chen, 2006). ویژگی های غیرمعمول پلاسما که به علت چگالی بسیار زیاد ذرات باردار الکتریکی در آن ایجاد می شود باعث شد که در سال 1879 میلادی ویلیام کروکز^۸ برای اولین بار پیشنهاد حالت چهارم ماده را بدهد که در سال 1923 میلادی، لانگمویر^۹ در زمان مطالعه تخلیه الکتریکی آن را پلاسما نامید (Outerbridge, 1881).

همه چیز در دوران اولیه هستی پلاسما بوده و در جهان کنونی نیز ستارگان، سحابی ها و حتی فضای بین ستاره ای را پلاسما تشکیل می دهد. یافتن پلاسما زمینی نیز چندان مشکل نیست، پلاسما زمینی را می-

7 Plasin

8 William Crooks

9 Langmuir

توان در لامپ‌های فلورسنت، رعدوبرق و آتش جست‌وجو کرد. وقتی جو زمین را ترک می‌کنیم بلافاصله با پلاسمایی مواجه می‌شویم که شامل کمربندهای تشعشعی وان آلن^{۱۰} و بادهای خورشیدی است. در دمای نزدیک یا بالاتر از انرژی یونیزاسیون اتمی، اتم‌ها به الکترون‌های آزاد و ذرات با بار مثبت تفکیک می‌شوند. چون در حرارت قبل از یونیزاسیون، چسبندگی و اتحاد بین‌اتمی شکسته شده است، بیشتر پلاسماهای زمینی به شکل گاز می‌باشد. در حقیقت اغلب پلاسما، به گازی تلقی می‌شود که به‌اندازه‌ای یونیزه شده است که عملکرد پلاسما مانند بروز می‌دهد (Chen, 2006).



شکل 1-1. نمونه‌هایی از پلاسما طبیعی و آزمایشگاهی

1-1-1 معیار پلاسما

مهم‌ترین ویژگی پلاسما که آن را از گازهای دیگر متمایز می‌کند، حفاظ‌سازی در برابر پتانسیل الکتریکی خارجی می‌باشد. هرگاه درون پلاسما به علت حضور بار پتانسیل ایجاد شود، ذرات باردار با بار مخالف درون

پلازما به‌گونه‌ای آن را محصور می‌سازند که اثر این پتانسیل را خنثی کنند که این خاصیت را حفاظ سازی دبابی¹¹ می‌گویند. در شکل زیر مکانیسم حفاظ سازی دبابی نشان داده شده است:

Title and Author:	Plasma antennas; theory, applications and possibility of fabrication / Mehdi Amiri
Supervisor:	Naser Sepehri Javan
Graduation date:	12 September 2018
Number of pages:	74 pages

Abstract

Research Aim:

The purpose of this study is investigating the theory of the functioning of plasma antennas and theoretical analysis of these types of antennas and their disadvantages and advantages. Also the feasibility of making simple types of these systems based on internal facilities is investigated.

Research method:

In this study, we first investigate the theory of plasma antennas by analytical method. Then, using CST Studio, different antennas are simulated and the results are discussed. Finally, the construction of a linear dipole antenna is described and the results are compared with the simulated sample.

Findings:

The results of the simulation of different plasma antennas show that the resonant frequency in the plasma antenna, unlike metal antennas, which depends only on the antenna dimensions, can change by the plasma frequency change. The antenna gain and loss power also depends on the frequency of the plasma collision. By constructing a linear plasma antenna, this antenna corresponds to the results of the simulation and the theory of plasma antennas with a good approximation.

Conclusion:

Following the simulation of a linear dipole antenna, it was observed that a tube of 4 cm in diameter and 79 cm in length that is working at a pressure of 0.7 bar under a direct voltage discharge of 15 kV, can lead to radiation in the frequency range of VHF, which the experimental results also confirm this issue. By changing the resistance, the operating frequency of the system can be changed.

Keywords:

Plasma Antenna, Electrical Discharge, Plasma Frequency, Coupler, Drude Model, CST.



University of Mohaghegh Ardabili
Faculty of Science
Department of physics

Thesis submitted in partial fulfillment for the degree of
M.Sc. in Atomic and molecular physics

Plasma Antennas; Theory, Applications and Possibility of Fabrication

By:

Mehdi Amiri

Supervisor:

Naser Sepehri Javan

Advisor:

Ali Tavana

September 2018