

۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیک (گرایش حالت جامد)

لایه نشانی و مطالعه خواص لایه نازک نانو ساختار آلومینیوم اکسی نیتريد (ALON) تهیه

شده به روش کندو پاش مغناطیسی

نگارش:

علی پیری

اساتید راهنما:

مهندس شهاب نوروزیان

دکتر رضا افضل زاده

استاد مشاور:

مهندس جهانبخش مشایخی اصل

بهمن ماه ۱۳۹۰

الله الرحمن الرحيم

تأییدیه هیئت داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی / کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

امضاء	رتبه علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیئت داوران
			- استاد راهنما
			- استاد مشاور
			- استاد مشاور
			- استاد ممتحن
			- استاد ممتحن
			- نماینده تحصیلات تکمیلی

تقدیم ہے۔

ہمسرم:

کہ باصبر و تحمل و در سایہ مہر و محبت و راہنمایای ایشان، مشکلات دوران تحصیل و زمان تحقیقات برائیم تسہیل نمود. بی شک تنظیم و نفاذ پیمان

نامہ بدون تلاش و کوشش بی دین ایشان بہ راحتی میسر نبود.

دخترم پامیدا:

کہ با تولد خود در پیمان این پیمان نامہ احساس و روحی تازہ در زندگیمان دمید.

تشکر و قدردانی

در ابتدا از خدای بزرگ شاکرم که به من نیرو و بردباری عطا نمود که بر مشکلات پیش آمده در طول تحقیقات پروژه فائق آیم.

از تلاشها و زحمات خالصانه و راهنماییهای علمی اساتید راهنمایم جناب آقای دکتر رضا افضل زاده (عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی) و جناب آقای مهندس شهاب نوروزیان (کارشناس بخش لایه نشانی مرکز علوم و فنون لیزر ایران) و همچنین از مشاوره جناب آقای مهندس جهانبخش مشایخی اصل (مسئول بخش لایه نشانی مرکز علوم و فنون لیزر ایران) خصوصا جناب آقای مهندس شهاب نوروزیان که در تحقیقات، آزمایشها و تحلیل نتایج آنالیزها مرا یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر دارم.

همچنین از کلیه کارکنان بخش لایه نشانی مرکز علوم و فنون لیزر که مرا یاری نمودند کمال تشکر دارم.

خالصانه برای عزیزان ارجمند و تمامی کسانی که در عرصه علوم طبیعی تلاش می کنند، صحت و سلامت و علو درجات از خداوند متعال مسئلت دارم.

چکیده

در این تحقیق، لایه های نازک آلومینیوم اکسی نیتريد بر روی زیر لایه هایی از جنس BK7 به روش کندوپاش مغناطیسی جریان متناوب انباشته شده‌اند. هدف از این مطالعات بررسی اثر نسبت گاز نیتروژن ($N_2 / (Ar + N_2)$)، به عنوان گاز واکنشی و تاثیر دمای زیرآیند بر خواص اپتیکی، سختی، مرفولوژی سطح، آستانه تخریب لایه و پوشش‌های سطحی ALON می باشد. نمونه‌های مهیا شده، بوسیله سیستم‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی، EDX، طیف سنج اپتیکی، سختی سنج نوپ، توان لیزری و میکروسکوپ پروبی روبشی ساختارسنجی شده‌اند. تغییرات درصد گاز واکنشی و دمای زیرآیند بر روی ضخامت، خواص اپتیکی، آستانه تخریب لایه، مرفولوژی سطح، سختی و ترکیب آلومینیوم اکسی نیتريد لایه نشانی شده تاثیر گذار است. از نتایج طیف اپتیکی مشاهده شد، شفافیت نمونه‌ها بالا است و در درصد‌های پایین‌تر نیتروژن، ضریب شکست لایه به مقدار استاندارد مربوط به Al_2O_3 و در درصد‌های بالاتر به مقدار استاندارد ضریب شکست AIN نزدیک‌تر می‌شود، با افزایش درصد گاز واکنشی نیتروژن میزان آن در لایه نیز افزایش پیدا می کند.

با افزایش درصد گاز واکنشی که با کاهش گاز پراکنش همراه است همچنین با افزایش دمای زیرآیند در یک درصد گاز واکنشی یکسان ضخامت لایه کم شده است. زبری سطح نمونه ها بعد از عملیات حرارتی کاهش پیدا می کند. در نمونه هایی که خاصیت AIN بیشتری دارد، بالاترین آستانه تخریب را دارند.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول: مقدمه ای بر فرآیند و روشهای رشد لایه نازک.....
۲.....	مقدمه:
۳.....	لایه نشانی به روش کندوپاش.....
۵.....	انواع روشهای کندوپاش.....
۱۶.....	فصل دوم: بررسی خواص و مطالعات انجام گرفته بر روی آلومینیوم اکسی نیتريد.....
۱۷.....	مقدمه.....
۱۸.....	۱-۲: ساختار و ترکیبات ALON.....
۲۲.....	۲-۲: فرآوری و لایه نشانی ALON.....
۲۲.....	۱-۲-۲: فرآوری حالت توده.....
۲۲.....	۲-۲-۲: انباشت و لایه نشانی ALON.....
۳۱.....	۳-۲: خواص آلومینیوم اکسی نیتريد.....
۳۲.....	۱-۳-۲: خواص مکانیکی
۳۴.....	۲-۳-۲: خواص اپتیکی.....
۳۸.....	۳-۳-۲: پایداری شیمیایی.....
۳۹.....	فصل سوم: روشهای ساختار سنجی نمونه ها.....
۴۰.....	۱-۳: آنالیز XRD.....
۴۰.....	۱-۱-۳: قانون براگ.....
۴۲.....	۲-۳: آنالیز SPM.....
۴۳.....	۳-۳: آنالیز SEM.....

۴۳	..... روش آماده سازی نمونه برای انجام آنالیز
۴۴	..... اثر آنالیز SEM بر روی نمونه
۴۵	..... سختی سنجی
۴۵	..... ۱-۴-۳: تعریف سختی
۴۵	..... ۲-۴-۳: روشهای سختی سنجی
۴۸	..... ۳-۴-۳: خواص مکانیکی نانو ساختارها
۴۹	..... ۵-۳: اسپکترو فوتومتر
۵۰	..... ۶-۳: آنالیز آستانه تخریب
۵۵	..... ۷-۳: آنالیز RBS
۵۸	..... ۱-۷-۳: طیف سنجی پس پراکندگی لایه نازک
۶۲	..... فصل چهارم: روشهای انجام آزمایشات
۶۳	..... مقدمه
۶۳	..... ۱-۴: روش آزمایش
۶۳	..... ۱-۱-۴: معرف فی دستگاه لایه نشانی
۶۵	..... ۲-۱-۴: سیستم عملیات حرارتی
۶۵	..... ۳-۱-۴: پیش تمیز کاری یونی
۶۷	..... ۴-۱-۴: روش تمیز کاری
۶۸	..... ۵-۱-۴: شرایط و روش انباشت لایه Al_2O_3
۶۹	..... ۶-۱-۴: شرایط و روش انباشت لایه ALON
۷۱	..... فصل پنجم: نتایج و بحث
۷۲	..... مقدمه
۷۲	..... ۱-۵: ساختار سنجی لایه ها
۷۲	..... ۱-۱-۵: نتایج آنالیز RBS
۷۳	..... ۲-۱-۵: نتایج آنالیز XRD

۷۴	نتایج آنالیز EDX	۳-۱-۵
۷۶	نتایج آنالیز SEM	۴-۱-۵
۷۸	نتایج طیف اپتیکی	۵-۱-۵
۸۲	نتایج زبری سطح	۶-۱-۵
۸۸	نتایج آستانه تخریب لایه	۷-۱-۵
۹۰	نتایج سختی سنجی	۸-۱-۵
۹۱	نتیجه گیری	۲-۵
۹۳	پیشنهادات	:
۹۴	منابع و مراجع	

فصل اول

مقدمه ای بر فرآیند و روش‌های رشد لایه نازک

مقدمه

لایه نازک به نوعی روش نشانش لایه ها اتلاق می شود در محیطی با فشار گاز اندک صورت می گیرد. ضخامت این لایه ها در ابعاد نانومتر (تک لایه اتمی) تا حدود میکرومتر می باشند، به طوری که نسبت سطح به حجم آنها در مقایسه با مواد توده^۱ بیشتر است.

مفید بودن لایه‌های نازک و جالب توجه بودن مطالعه بر روی رفتار جامدهای دو بعدی باعث شده است، که چه از نظر علمی و چه از نظر تکنولوژی به لایه‌های نازک توجه ویژه‌ای شود. امروزه در بسیاری از قطعات مدرن و پیچیده نوری، الکتریکی، پزشکی، پوشش‌های تزئینی، سطوح مقاوم در برابر سایش و خوردگی و... از تکنولوژی لایه نازک و پوشش‌های نانوساختار استفاده می‌شود.

استفاده از تکنولوژی پوشش دهی از دیر باز مورد توجه بشر بوده است، به عنوان مثال در ۱۵۰۰ سال پیش از ورقه های نازک طلا به ضخامت 0.3 میکرومتر به منظور تزینات و زیبایی استفاده شده است.

رشد لایه‌های نازک به صورت اتم به اتم روی هم بوده، بنابراین می توان با کنترل فرایند رشد موادی با ویژگی خاص تولید کرد.

¹ Bulk

پارامترهای مختلفی می‌تواند بر رشد لایه و در نتیجه خواص آن تاثیرگذار باشد، به عنوان مثال تغییر دمای محیط و زیرآیند می‌تواند انرژی جنبشی اتمهای فرودی را تغییر داده و خواص ساختاری لایه نازک تحت تاثیر قرار دهد و به عنوان مثالی دیگر می‌توان با کنترل شرایط رشد، لایه نازک کریستالی الماس تولید کرد. این در حالی است که تولید حالت توده آن در روش های معمول بسیار مشکل است [۱].

می‌توان لایه‌های نازک را برحسب نوع کاربرد آنها دسته بندی کرد. به عنوان مثال ترکیبات، اکسید، نیتريد و کاربید فلزی مانند Al_xO_y ، ALON، TiC، TiN با خواص تریبولوژی^۱ جالب مانند مقاومت سایشی بالا، در صنایع مکانیکی کاربرد فراوان دارد [۲].

تولید لایه های نازک به طور کلی به دو روش شیمیایی و فیزیکی صورت می گیرد. روشهای معمول لایه نشانی به روش شیمیایی عبارتند از: روش نشست شیمیایی بخار حرارتی، روش اندودگری الکترونی، روش سل ژل،..... روشهای فیزیکی عبارتند از: تبخیر و کندوپاش از جمله مثال‌های لایه نشانی با این روش هستند.

لایه نشانی به روش کندوپاش^۲

یکی از روش‌هایی که کاربرد فراوانی در صنعت و تکنولوژی دارد، فرآیند کندوپاش است که به نوبه خود به شیوه‌های مختلفی انجام می‌شود. وقتی سطح یک جامد با ذرات پرانرژی، مانند یونهای شتابدار، مورد هدف قرار می‌گیرد، با انتقال تکانه منجر به جهش ماتریسی و پاشیده شدن اتمهای سطح می‌شود.

¹ Tribology

² Sputtering

مزایای استفاده از روش کندوپاش:

- بهبود چسبندگی بیشتر
- بهبود استیوکیومتری ترکیبات
- تکرارپذیری
- انعطاف پذیری تولید
- یکنواختی ضخامت

در اثر برخورد یون به سطح محیط پلاسما شکل می‌گیرد، از آن در انباشت انواع لایه‌های نازک استفاده می‌شود. کندوپاش به روشهای مختلف باریکه یونی، دیودی جریان مستقیم، دیودی فرکانس رادیویی RF و کندوپاش مگنترونی صورت می‌گیرد.

بدلیل کاربرد فراوان و همچنین استفاده از روش کندوپاش در این رساله، این روش به صورت مبسوط و در یک بخش جداگانه توضیح داده می‌شود [۳].

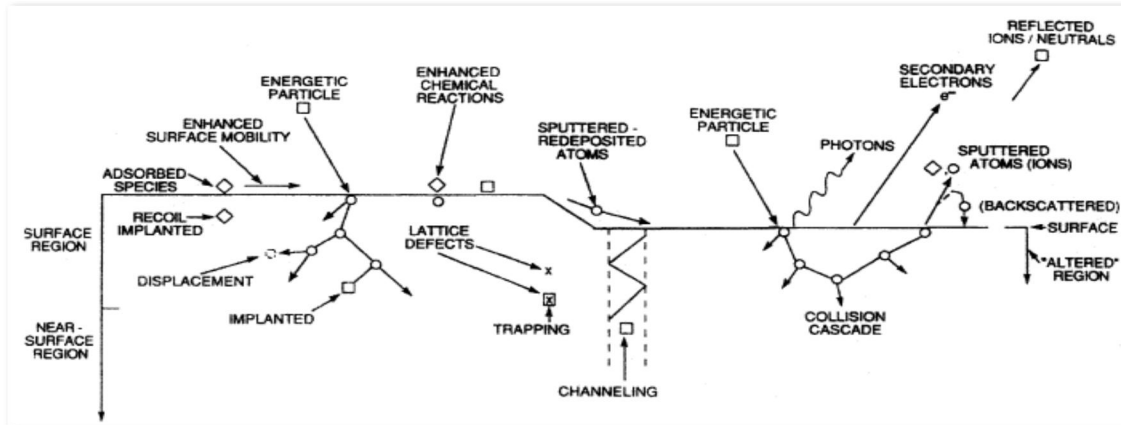
کندوپاش اولین بار در سال ۱۸۵۲ مورد استفاده قرار گرفت. کندوپاش در ابتدا، عمدتاً برای لایه نشانی فلزات دیرگداز بکار می‌رفت چرا که لایه نشانی آن‌ها با روش حرارتی ممکن نبود و به مرور با انجام تغییراتی، برای لایه نشانی مواد دی‌الکتریک نیز مورد استفاده قرار گرفت. یکی از این تغییرات، استفاده از امواج دارای فرکانس رادیویی بود که اجازه می‌داد تا دی‌الکتریک‌ها بصورت مستقیم لایه نشانی شوند.

در ادامه برای بهبود لایه نشانی و بالا بردن آهنگ رشد لایه از میدان مغناطیسی استفاده شد.

کندوپاش در حقیقت فرآیند انتقال اندازه حرکت ذرات فرودی (معمولاً یون‌های گازهای خنثی) به سطح برخوردی می‌باشد. پارامترهایی مانند انرژی، زاویه و جرم ذره فرودی و همچنین انرژی مقید بین اتم‌ها در راندمان آن مؤثرند. در این فرآیند ذرات فرودی که برای بمباران ماده هدف استفاده می‌شوند را

معمولاً یون‌های منتشر شده از یک گاز خنثی مانند He، Ne، Ar، Xe و CF₄ تشکیل می‌دهند به دلیل این که آنها براحتی و با ایجاد میدان الکتریکی قابل شتاب دادن هستند [۳].

قبل از آن که فرآیند فیزیک کندوپاش را بیان کنیم، به فرآیند برهم‌کنش بین سطح و یون‌های فرودی می‌پردازیم (شکل ۱-۱۴).



شکل ۱-۱۴. فرآیندهایی که ممکن است در حین برخورد یون‌ها با سطح ماده هدف رخ دهند [۴].

برای بررسی فرایند پراکنش نیاز به شناخت برخورد یون با سطح می‌باشد. یونها اتمها یا مولکولها با سطح می‌توانند برخورد الاستیکی یا غیر الاستیک داشته باشند. در برخورد الاستیک فقط انرژی جنبشی مبادله می‌شود. هیچ اتمی در برخورد الاستیک تحریک نمی‌شود و انرژی پتانسیل ثابت می‌ماند و به همین دلیل در محاسبات فقط از انرژی جنبشی استفاده می‌شود.

انواع روشهای کندوپاش

به منظور آشنایی با انواع مختلف و روش‌های کندوپاش، پنج روش معمول و عمده آن توضیح

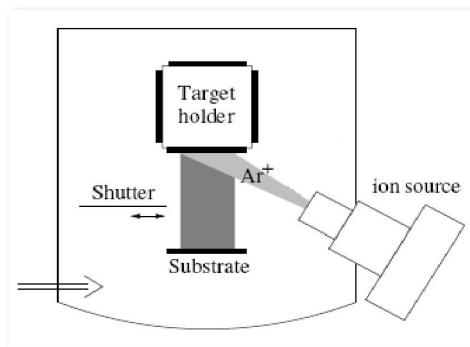
داده می‌شود:

الف) پراکنش باریکه یونی^۱، ب) کندوپاش جریان مستقیم^۲، پ) کندوپاش فرکانس رادیویی^۳،
ت) کندوپاش واکنشی، ث) کندوپاش مغناطیسی.

الف) کندوپاش باریکه یونی

روشهای پلاسمای گاز فشار پایین، برای رشد لایه بوسیله پراکنش مواد هدف استفاده زیادی دارند. پراکنش حاصل از پلاسمای زمانی که هدف و زیرآیند بزرگ باشند بسیار مفید است. ولی این روشها مشکلاتی مانند پراکندگی ذرات پراکنش شده (اتمها، مولکولهای یا یونها) از هدف قبل از رسیدن به زیرآیند و ورود مولکولهای گاز تخلیه الکتریکی شده در لایه رشد یافته دارند.

در این روش باریکه یونی به صورت جداگانه از یک چشمه با ایجاد تخلیه الکتریکی تابناک شتابدار شده و پس از برخورد با سطح هدف، سبب کندوپاش سطح آن می شود (شکل ۱-۱۸). بدلائل امکان کنترل انرژی، جهت گیری باریکه یونی، چگالی جریان، کندوپاش در فشار پایین تر، لایه های با خواص مشابه و همچنین امکان کنترل انباشت در سطوح کوچکتر نسبت به سایر روشهای کندوپاش بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد [۵].



شکل ۱-۱۸. شماتیک انباشت به روش کندوپاش با باریکه یونی [۵].

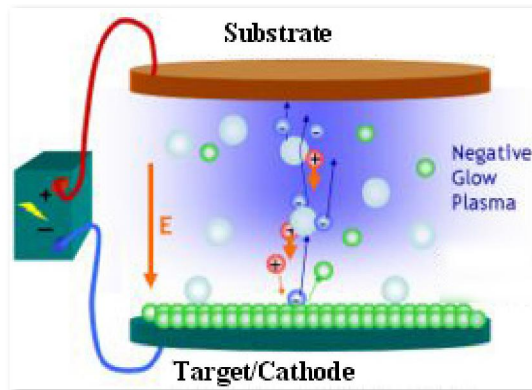
^۱ Ion Beam Sputtering (IBS)

^۲ Direct Current Sputtering

^۳ Radio Frequency Sputtering

ب) کندوپاش دیودی جریان مستقیم¹ DC

ساده‌ترین و قدیمی‌ترین چشمه‌های انباشت به روش کندوپاش دیود DC است. در این روش دو جفت الکتروود مسطح - که به عنوان کاتد و آند عمل می‌کنند، به صورت موازی مقابل هم قرار داده می‌شوند. سطح کاتد از ماده هدف برای انباشت پوشانده شده است و زیرآیند روی آند قرار می‌گیرد. پتانسیل اعمال شده DC در حدود ۳۰۰۰ - ۱۰۰۰ ولت بوده و مقاومت بین الکتروودها ۱۰ - ۱ کیلو اهم است. معمولاً فشار گاز کندوپاش در محفظه در حدود ۰/۱۲ - ۰/۰۷۵ تور است. معایب این روش آهنگ انباشت پایین، فشار کاری گاز بالا، گرم شدن زیرآیند و بدلیل عدم امکان انتقال بار تجمع بار روی سطح هدف لایه نشانی متوقف می‌شود، بنابراین لایه نشانی در این روش فقط محدود به اجسام رسانا است [۶].



شکل ۱-۱۹. شماتیک کندوپاش به روش DC.

ولتاژ DC باعث تخلیه تابناک بین الکتروودها می‌شود یون مثبت Ar در تخلیه تابناک تولید شده و با شتاب گرفتن باعث کندوپاش سطح هدف و انباشت لایه نازک در سطح زیرآیند می‌شود [۶].

در کندوپاش DC بین کاتد و آند میدان الکتریکی برقرار می‌شود، اغلب محفظه نقش آند و هدف نقش کاتد را دارد. در ابتدا بدلیل برخورد کم یونها و الکترونها جریان بسیار اندکی برقرار می‌شود. با

¹ Direct Current

افزایش ولتاژ انرژی ذرات باردار یونها و الکترونها افزایش یافته، با هم به طرف کاتد حرکت می‌کنند، با برخورد الکترونها به اتمهای گاز یونهای جدید تولید می‌کنند. این اضافه شدن الکترونها جدید اغلب در سطح کاتد تولید شده زمانی که یونها در مسافتی در حدود چند انگستروم در سطح کاتد متوقف می‌شوند. الکترونها در سطح کاتد تونل زنی می‌کنند و یونها خنثی می‌شوند. با خنثی سازی یک یون مطابق با قانون پایستگی انرژی، انرژی یونیزاسیون در یون آزاد می‌شود، این انرژی می‌تواند از طریق فرایند اوژه به الکترون سطح وارد شود. اگر پتانسیل یونیزاسیون در یون بزرگتر از تابع کار الکترون باشد الکترون جدید می‌تواند در گاز گسیل شود. این الکترونها الکترون ثانویه نامیده می‌شوند.

با این اضافه شدن و شتابدار شدن الکترونها جدید یک جریان بهمنی از یونیزاسیون شروع می‌شود، با کاربرد توان به اندازه کافی بالا پلاسما ایجاد می‌شود، این فرایند شکست پلاسما نامیده می‌شود [۷].

ج) کندوپاش امواج رادیویی

در پراکنش اجسام عایق چنانچه از روش جریان مستقیم (DC) استفاده گردد، پس از مدتی به علت عدم امکان انتقال بار یونها روی سطح لایه ای از یونهای مثبت روی هدف جمع می‌شود. که به تدریج پتانسیل منفی سطح کاهش یافته و سرانجام عمل پراکنش متوقف می‌شود. به عنوان مثال اگر برای لایه نشانی یک دیسک SiO_2 به ضخامت ۱ میلی‌متر از روش DC استفاده شود به اعمال یک اختلاف پتانسیل بسبار بالا روی الکترونها نیاز است. برای کوارتز $\rho \approx 10^{16} \Omega.Cm$ است برای برقراری چگالی جریان $1 \frac{mA}{cm^2}$ به ولتاژ کاتدی $V = 0.1 \rho J$ نیاز است، که در این حالت مقدار بزرگی خواهد بود، که بسیار بالا و غیر ممکن است. برای مقدار مناسب $V=100v$ لایه نشانی هدفهای با مقاومت بالاتر از $10^{16} \Omega.Cm$ مقدور نمی‌باشد و به همین دلیل استفاده از پراکنش DC برای لایه‌های عایق مفید نیست. برای حل این

مشکل از یک منبع متناوب RF برای تولید پلاسما استفاده می‌شود، شماتیک یک سیستم پراکنش فرکانس رادیویی در شکل (۲۱-۱) نشان داده شده است [۳].

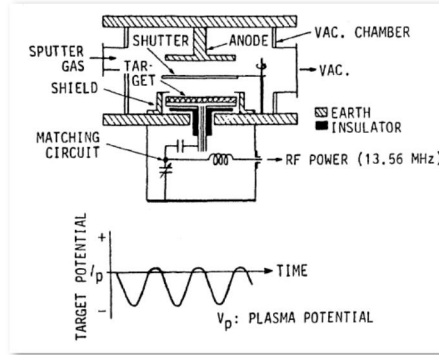
کندوپاش فرکانس رادیویی به یک شبکه تطبیق امپدانس^۱ بین منبع تغذیه و چنبر نیاز دارد، در شکل ۲۲-۱ دو نمونه از این شبکه نشان داده شده که شامل دو خازن و یک القاگر است. مقاومت منبع تغذیه RF معمولاً حدود 50Ω و مقاومت تخلیه تابان در حدود ۱۰-۱ کیلو اهم است. در کندو پاش RF چگالی جریان کاتدی از رابطه ۵-۱ بدست می‌آید [۳].

$$I_s = c \frac{dV}{dt} \quad (5-1)$$

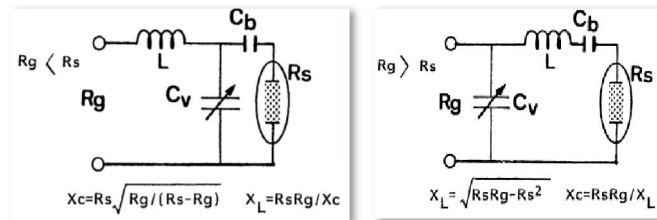
که در آن C ظرفیت بین پلاسمای تخلیه و هدف است و $\frac{dv}{dt}$ نشان دهنده تغییرات زمانی پتانسیل سطح هدف، رابطه بالا نشان می‌دهد که با افزایش فرکانس جریان یونی کاتد نیز افزایش می‌یابد، فرکانس مورد استفاده در این روش در محدوده 60 Hz تا 10 MHz است که البته $13/56 \text{ MHz}$ معمولترین فرکانس استاندارد صنعتی است .

در سیستم RF فشارکاری در حدود ۱ میلی تور است، بنابراین میدان الکتریکی RF در چنبر تخلیه احتمال برخورد بین الکترون های ثانویه و مولکول های گاز را افزایش می‌دهد. همچنین در این سیستم یک خازن سد کننده بین شبکه تطبیق و هدف وجود دارد. سطح هدف از سطح آند زمین شده و دیواره محفظه بسیار کوچکتر است که این باعث القا شدن یک بایاس DC منفی روی هدف شده و باعث فرایند کندوپاش در سیستم RF می‌شود. در سیستم های RF هدف و القا کننده در شبکه تطبیق معمولاً بوسیله آب مقطری که مقاومت الکتریکی آن به اندازه کافی بالاست خنک می‌شود [۳].

¹ Matching netwtk Impedance



شکل ۱-۲۱. شماتیک یک سیستم پراکنش فرکانس رادیویی ونمودار پتانسیل آن [۳].



شکل ۱-۲۲. کندو پاش فرکانس رادیویی به یک شبکه تطبیق امپدانس^۱ بین منبع تغذیه و چنبر [۳]

در یک ناحیه کوچک از سیکل RF بار الکتریکی کاتد و آند معکوس شده و این باعث جلوگیری از جمع شدن بار روی سطوح عایق بوسیله تولید مقادیر مساوی بار الکترون و یون می‌شود. این فرایند به ما اجازه می‌دهد تا بتوانیم سطوح فلزات و یا عایقها را در یک محیط فعال پراکنده کنیم. مزیت مهم دیگر استفاده از این روش نوسان میدان در پلاسما (در فرکانس موثر) به دلیل حرکت الکترون‌ها در پلاسما است، که در مباحث مربوط به پلاسما توضیح داده شده است. نتیجه نهایی این حرکت الکترونی افزایش احتمال برخورد های یون ساز و الکترون های ثانویه است و در نتیجه باعث افزایش چگالی پلاسما در مقایسه با حالت DC شده و در نهایت افزایش جریان یونی و فرایند پراکنش سریع تر را نتیجه می‌دهد. بدلیل تحرک پذیری سریع الکترون ها نسبت به یون‌ها در پلاسما زمانی که کاتد در معرض پلاسما قرار می‌گیرد، به صورت منفی بار دار می‌شود. خازن در شبکه تطبیق باعث ایجاد یک بایاس DC در کاتد شده

¹ Matching netwtk Impedance

و این بایاس حداکثر می‌تواند در حدود نصف مقدار پیک تا پیک ولتاژ RF باشد. یونها در پلاسما برای پاسخ به ۱۳/۵۶ MHz بیش از اندازه ساکن اند بنابراین به میانگین بایاس DC پاسخ می‌دهند. در حالت کلی این بایاس و انرژی یون باعث رسیدن و برخورد با کاتد می‌شود.

اشکال اصلی این روش در پراکنش دی‌الکتریک‌ها هدایت گرمایی ضعیف، ضریب انبساط گرمایی بالا و همچنین ترد بودن بیشتر دی‌الکتریک‌ها است. بنابراین در بمباران یونی اگر یک توان بالا استفاده شود، باعث گرم شدن سطح شده و سطح خرد می‌شود. پس یکی از معایب استفاده از فرکانس رادیویی آهنگ لایه نشانی محدود مواد نارسا است [۳].

ت) کندوپاش واکنشی

انباشت لایه نازک مواد ترکیبی از یک هدف فلزی یا آلیاژی در حضور گازی واکنشگر که معمولاً با گازی خنثی (معمولاً آرگون) ترکیب می‌شود و اتمها نسبت به مولکولها یا به صورت خوشه‌ای و یا واکنشهای شیمیایی در سطح زیرآیند قرار می‌گیرند. مثالی از این کندوپاش Al در حضور گاز واکنشگر یا N_2O است. معمولاً برای انباشت اکسیدها و نیتريد‌های لایه های نازک استفاده می‌شود. در موارد دیگر با یک خاصیت غیر رسانایی از بسیاری از اکسیدها و نیترا‌ها به عنوان هدف استفاده می‌شود [۸].

بدلیل انباشت بالا، کنترل انباشت بیشتر، کندوپاشهای موادرسانا از روش کندوپاش DC بیشتر استفاده می‌شود. اما بدلیل واکنش پذیر بودن هدف کاتدی به شکل یک لایه نازک باعث فرایندهای خاص در کندوپاش مشکلاتی در پی خواهد داشت [۹].