

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

رشته فیزیک گرایش بنیادی

عنوان:

مطالعه و بررسی تاثیر دمای بازپخت روی خواص ساختاری و مورفولوژی لایه های Al_2O_3

استاد راهنما :

دکتر علیرضا هژبری

استاد مشاور:

دکتر محمد رضا جلیلیان نصرتی

پژوهشگر:

حامد قربانیاں

پاییز 91

تقدیم بہ:

پدرم کہ عالمانہ بہ من آموخت تا چگونه در عرصہ زندگی، ایستادگی را تجربہ نمایم

و بہ مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق کہ وجودم برایش ہمہ رنج بود و وجودش برایم ہمہ مہر

و بہ:

ہمسرم، اسطورہ زندگیم، پناہ خستگیم و امید بودنم

تشکر و قدر دانی:

خالصانه ترین سپاس و احترام را نثار استاد اندیشمند و فرزانه ام، جناب آقای دکتر علیرضا هژبری ،

که همواره در نهایت حسن خلق، لطف و سعه ی صدر در تمام مراحل اجرا و تنظیم پایان نامه

اینجانب را راهنمایی فرمودند، می نمایم.

از خدمت استاد ارجمند و بزرگوارم جناب آقای دکتر جلیلیان نصرتی که زحمت مشاوره را برعهده

داشتند صمیمانه متشکرم .

از دوست ارجمند و مهربانم جناب آقای علی مشایخی اصل که در تمام مراحل همواره مشوق و

راهنمایم بوده کمال تشکر را دارم.

از جناب مهندس جهانبخش مشایخی اصل و کلیه همکاران محترمشان در مرکز ملی علوم و فنون

لیزر به خاطر کمک های بی دریغشان به اینجانب صمیمانه تشکر می کنم.

بسمه تعالی

تعهذنامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب حامد قربانیان دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیک، گرایش بنیادی با شماره دانشجویی 88065126300 اعلام می نمایم که کلیه مطالب مندرج در این پایان نامه با عنوان:

" مطالعه و بررسی تاثیر دمای بازپخت روی خواص ساختاری و مورفولوژی لایه های Al_2O_3 "

حاصل کار پژوهشی خود بوده وچنانچه دستاوردهای پژوهشی دیگران را مورد استفاده قرار داشته باشم، طبق ضوابط و رویه های جاری، آن را ارجاع داده و در فهرست منابع ذکر نموده ام. علاوه بر آن تأکید می نماید که این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح، پایین تر یا بالاتر ارائه نشده و چنانچه در هر زمان خلاف آن ثابت شود، بدینوسیله متعهد می شوم، در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام توسط دانشگاه، بدون کوچک ترین اعتراض آن را بپذیرم.

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ :

دانشجوی کارشناسی ارشد آقای حامد قربانیان از پایان نامه خود دفاع نموده و با

و با درجه

بحروف

نمره

مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

مقدمه

فصل اول : آشنایی با خلأ

3	1-1 مقدمه
4	2-1 تئوری جنبشی گازها
4	3-1 رژیم های جریان
6	4-1 سیستم خلأ
7	1-4-1 محفظه خلأ
7	2-4-1 پمپ های خلأ
8	1-2-4-1 پمپ مکانیکی چرخشی ون
9	2-2-4-1 پمپ توربومولکولار
11	3-2-4-1 پمپ دیفوزن
13	3-4-1 فشارسنج ها
13	1-3-4-1 فشار سنج پیرانی
14	2-3-4-1 فشارسنج یونی

فصل دوم : ساختار لایه

16	1-2 عوامل موثر در رشد لایه
16	2-2 انواع رشد
16	1-2-2 رشد لایه ای (LG) یا (Frank-Merwe)
16	2-2-2 رشد استرانسکی-کراستائف (SK)
17	3-2-2 رشد جزیره ای (IG)
20	3-2 ارتباط بین انواع رشد با انرژی سطح
21	4-2 تأثیر فوق اشباع بر روی رشد

- 22.....5-2 توصیف کیفی مراحل اولیه رشد لایه های نازک
- 22.....1-5-2 تئوری ولمر-ویر
- 23.....2-5-2 رشد جزیره ای 3D
- 24.....3-5-2 رشد لایه ای 2D
- 24.....6-2 تئوری جنبشی رشد
- 28.....7-2 زبری سطح
- 29.....1-7-2 پارامتر Ra
- 29.....2-7-2 پارامتر Rq
- 30.....3-7-2 پارامتر Rz
- 30.....4-7-2 پارامتر Sv
- 30.....5-7-2 پارامتر Sp
- 30.....6-7-2 پارامتر Sds
- 31.....8-2 چسبندگی
- 31.....9-2 خواص مورد نیاز برای یک زیر لایه مناسب
- 31.....1-9-2 خواص سطحی
- 32.....2-9-2 خواص حرارتی
- 32.....3-9-2 خواص شیمیایی
- 32.....4-9-2 خواص مکانیکی
- 32.....10-2 یکنواختی لایه و ضخامت سنجی آن
- 33.....1-10-2 انواع نگهدارنده سطح زیرلایه
- 34.....2-10-2 یکنواختی
- 34.....3-10-2 زیرلایه های چرخان
- 35.....11-2 تمیز کاری
- 35.....1-11-2 تمیز کردن سطح در تکنولوژی فیلم نازک
- 40.....2-11-2 تمیزکاری باحلال
- 41.....3-11-2 تمیزکاری با اسید نیتریک
- 42.....4-11-2 نکات ایمنی

فصل سوم: روش های لایه نشانی و آنالیز سطح

44	1-3 مقدمه
45	2-3 فرآیندهای لایه نشانی
48	1-2-3 تاریخچه لایه نشانی های PVD
48	2-2-3 تکنیک های PVD
49	3-2-3 کندوپاش
49	1-3-2-3 کندوپاش با مگنترون
50	2-3-2-3 مگنترون
51	3-3-2-3 مگنترون مسطح
51	4-3-2-3 مگنترون غیر تعادلی
52	5-3-2-3 کندوپاش با مگنترون میدان بسته
52	6-3-2-3 کندوپاش RF
52	4-2-3 تبخیر حرارتی
53	5-2-3 انباشت به روش تبخیر فیزیکی با باریکه الکترونی (EB - PVD)
56	1-5-2-3 کاربردهای EB-PVD
56	6-2-3 انباشت به کمک باریکه یون
57	1-6-2-3 روکش کاری یونی
57	2-6-2-3 روکش کاری یونی - جرقه ای (Arc-Ion Plating)
58	3-3 آنالیز سطح
58	1-3-3 انواع میکروسکوپ ها
58	1-1-3-3 میکروسکوپ اپتیکی
58	2-1-3-3 میکروسکوپ الکترونی
59	3-1-3-3 میکروسکوپ با اسکن پروبی روبشی (SPM)
60	1-3-1-3-3 میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
61	2-3-1-3-3 اصول عملکرد میکروسکوپ AFM
63	3-3-1-3-3 کاربردهای AFM

64.....	2-3-3 روش پراش پرتو X (XRD)
64.....	1-2-3-3 قانون براگ
66.....	2-2-3-3 طیف نمایی پرتو X

فصل چهارم: مروری بر تحقیقات گذشته و تشریح کارهای انجام شده در این تحقیق

69.....	1-4 ویژگیهای فلز آلومینیم
71.....	2-4 کاربردهای Al_2O_3
71.....	3-4 نتایج تحقیقات گذشته بر روی لایه های Al_2O_3
72.....	1-3-4 جزییات آزمایش
73.....	2-3-4 آنالیز نمونه ها
75.....	3-3-4 نتایج آزمایش
76.....	4-4 شرایط انجام آزمایش و آنالیز های انجام شده در این تحقیق
76.....	1-4-4 شرایط انجام آزمایش

فصل پنجم: نتایج تجربی

86.....	1-5 نتایج حاصل از آنالیزها
86.....	1-1-5 نتایج AFM
86.....	1-1-1-5 پارامتر R_a
86.....	2-1-1-5 پارامتر R_q
87.....	3-1-1-5 پارامتر R_z
87.....	4-1-1-5 پارامتر S_v
87.....	5-1-1-5 پارامتر S_p
88.....	6-1-1-5 پارامتر S_{ds}
88.....	2-1-5 نتایج آنالیز طیف سنجی
89.....	3-1-5 نتایج آنالیز XRD
89.....	2-5 نتایج تحقیق
90.....	3-5 پیشنهادات:

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
3	جدول (1-1) تقسیم بندی نواحی خلأ.....
45	جدول (1-3) گروه بندی مواد مورد استفاده در فرآیند های انباشت.....
60	جدول (2-3) انواع میکروسکوپ های پروبی روبشی.....
74	جدول (1-4) مقادیر rms قبل و بعد از بازیخت.....
78	جدول (2-4) شرایط لایه نشانی لایه Al_2O_3
86	جدول (1-5) مقایسه مقادیر Ra.....
86	جدول (2-5) مقایسه مقادیر Rq.....
87	جدول (3-5) مقایسه مقادیر Rz.....
87	جدول (4-5) مقایسه مقادیر Sv.....
88	جدول (5-5) مقایسه مقادیر Sp.....
88	جدول (6-5) مقایسه مقادیر Sds.....

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
11.....	نمودار (1-1) منحنی عملکرد پمپ توربو مولکولار.....
18.....	نمودار (1-2) رابطه انرژی جنبشی ذرات فرودی روی زیر لایه با اندازه دانه بندی.....
19.....	نمودار (2-2) تأثیر پارامترهای مختلف انباشت روی اندازه دانه بندی لایه های نازک.....
74.....	نمودار (1-4) نمودار حاصل از XRD.....
75.....	نمودار (2-4) نمودار طیف عبوری بر اساس طول موج nm.....
80.....	نمودار (3-4) نمودار طیف عبوری نسبت به طول موج لایه بدون بازپخت.....
81.....	نمودار (4-4) نمودار طیف عبوری نسبت به طول موج لایه با بازپخت 250 درجه سانتی گراد.....
82.....	نمودار (5-4) نمودار طیف عبوری نسبت به طول موج لایه با بازپخت 350 درجه سانتی گراد.....
83.....	نمودار (6-4) نمودار طیف عبوری نسبت به طول موج لایه با بازپخت 500 درجه سانتی گراد.....
84.....	نمودار (7-4) XRD لایه Al_2O_3 با بازپخت $500^\circ C$
89.....	نمودار (1-5) : طیف عبوری نمونه های بازپختی Al_2O_3

- شکل (1-1) محدوده اندازه گیری برای فشارسنج های مختلف.....4
- شکل (2-1) تقسیم بندی رژیم های مولکولی5
- شکل (3-1) شکل شماتیک یک سیستم خلاء و بخش های مختلف آن.....6
- شکل (4-1) تقسیم بندی کلی انواع پمپ های خلاء8
- شکل (5-1) عملکرد پمپ روتاری ون در 4 مرحله.....9
- شکل (6-1) قسمت های مختلف پمپ روتاری ون.....9
- شکل (7-1) نحوه عملکرد پره های روتور و استاتور در یک پمپ توربو مولکولار.....10
- شکل (8-1) شکل پره های یک پمپ توربو مولکولار.....10
- شکل (9-1) قسمت های پمپ دیفیوژن و طرز کار آن.....12
- شکل (10-1) تقسیم بندی کلی فشار سنج ها13
- شکل (11-1) نمایی از یک فشارسنج یونی بدون پوشش، محصول Duniway Stockroo.....14
- شکل (1-2) نمایش از انواع رشد17
- شکل (2-2) تصویری دو بعدی از مدهای رشد لایه17
- شکل (3-2) تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از فیلم های19
- شکل (4-2) تأثیر مقدار پوشش بر رشد لایه19
- شکل (5-2) رابطه بین کمیت های γ_B ، γ^* و γ_A20
- شکل (6-2) ارتباط بین تشکیل آنتالپی هسته ΔG_K و پتانسیل شیمیایی $\Delta\mu$ (2K).....22
- شکل (7-2) Ra برابر مجموع ناحیه های سایه زده شده پروفایل، تقسیم بر طول افقی پروفایل.....29
- شکل (8-2) (الف) مربع پروفایل کمیت Rq.....29
- شکل (9-2) مفهوم پارامتر Sds.....30
- شکل (10-2) نمای واقعی از یک نگهدارنده سیاره ای.....34
- شکل (11-2) محل و چگونگی قرار گیری صفحه تخت بر روی چشمه در محفظه خلاء.....35
- شکل (1-3) شماتیکی از تقسیم بندی روش های انباشت لایه.....44

- 46..... شکل (2-3) راکتور استاندارد CVD
- 48..... شکل (3-3) شمای کلی از فرآیند PVD
- 50..... شکل (4-3) طرحی شماتیک از فرآیند کندوپاش با مگنترون . نمای نزدیکی از کاند مگنترون
- 50..... شکل (5-3) شماتیک از یک مگنترون
- 51..... شکل (6-3) شماتیک از یک مگنترون غیرتعدادلی
- 52..... شکل (7-3) چیدمان یک میدان مغناطیسی بسته
- 53..... شکل (8-3) طرحی شماتیک از فرآیند تبخیر حرارتی
- 54..... شکل (9-3) طرحی شماتیک از EB-PVD
- 54..... شکل (10-3) مسیر حرکت الکترون ها به سمت بوته در EB-PV
- 55..... شکل (11-3) نحوه ی انباشت به روش فرآیند PVD – EB
- 59..... شکل (12-3) شمای کلی از آنالیز سطح توسط میکروسکوپ های SPM
- 61..... شکل (13-3) شماتیکی از دستگاه AFM
- 62..... شکل (14-3) ارتباط سوزن و نمونه در AFM
- 63..... شکل (15-3) واکنش در سطح قطعه
- 64..... شکل (16-3) کاهش ارتفاع نفوذ دانه در داخل نمونه با برداشته شدن نیرو
- 66..... شکل (17-3) طیف سنج پرتو X
- 67..... شکل (18-3) طیف XRD آلومینیم
- 77..... شکل (1-4) نمائی از دستگاه Leybold A700 و سیلندر Syl90
- 77..... شکل (1-4) نمائی از Champer دستگاه Leybold A700
- 79..... شکل (2-4) نمائی از دستگاه AFM
- 79..... شکل (3-4) نمائی از دستگاه طیف سنجی CARY 6000I
- 80..... شکل (4-4) نمونه 1 مورفولوژی سطح لایه Al_2O_3 زبری متوسط $3/27nm$
- 82..... شکل (6-4) نمونه 3 مورفولوژی سطح لایه Al_2O_3 زبری متوسط $4/39nm$
- 83..... شکل (7-4) نمونه 4 مورفولوژی سطح لایه Al_2O_3 زبری متوسط $7/08nm$
- 84..... شکل (7-4) دستگاه Xpert ساخت شرکت Philips

مقدمه

یکی از مواردی که هر روزه شاهد گسترش و توسعه روز افزون آن هستیم فرایند لایه نشانی می باشد که یکی از مهمترین دغدغه ها در این زمینه برای سازندگان آن داشتن لایه های با کیفیت عالی و کیفیت مورد نیاز آنها می باشد. برای بهبود کیفیت لایه ها باید شناخت کاملی از طریقه شکل گیری این قطعات داشته باشیم ، در اینجا منظور عمل لایه نشانی می باشد که روشهای مختلفی برای انجام این فرایند وجود دارد.

هدف اصلی در این تحقیق مطالعه اثر بازپخت بر روی مورفولوژی لایه های Al_2O_3 است . برای رسیدن به این هدف ابتدا با مفاهیم پایه ای آشنا شده و سعی می کنیم پارامترهای موثر در بهبود مورفولوژی را شناخته و مورد بررسی قرار دهیم و به همین منظور در ابتدا به مفهوم خلأ ، پمپ ها و فشار سنج هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اشاره شده است در ادامه به مورفولوژی و پارامترهای مختلف رشد لایه ها و به روشهای مختلف لایه نشانی اشاره می شود و سعی شده تا به کاربرد های لایه های Al_2O_3 پرداخته شود. و در انتها درباره تاثیر پارامترهای مختلف از جمله کیفیت زیرلایه آلودگی ها، ناخالصی، نوع روش لایه نشانی و شرایط بازپخت در بهبود مورفولوژی لایه های Al_2O_3 و نحوه بررسی تغییرات و روشهای آن تحقیق شده است.

در این تحقیق برای لایه نشانی به وسیله دستگاه Leybold A700 ساخت شرکت Fergutec انجام گرفته و طیف اپتیکی توسط اسپکترومتر Cary 6000i ساخت شرکت Varian اندازه گیری شد. برای بررسی مورفولوژی لایه ها از میکروسکوپ پروبی روبشی AFM ساخت شرکت DME و برای بررسی پرتو X از دستگاه XRD مدل X pert از شرکت PHILIPS استفاده شده است.

فصل اول

آشنایی با خلأ

۱-۱ مقدمه

می دانیم که محیط اطراف ما را هوا احاطه کرده است که شامل ترکیبی از گازهای مختلف است. امروزه فناوری در علوم مختلف به گونه ای پیش می رود برای انجام بسیاری از آزمایش های دقیق و حساس نیاز است تا محیطی که آزمایش در آن انجام می شود به بصورت خلأ درآید. از این رو، کاربردهای خلأ به سرعت در حال افزایش است و به جرأت می توان گفت که شرط لازم در بسیاری از فناوری های جدید از جمله فناوری ساخت نیمه هادی ها، صنایع هوا فضا، ساخت سلول های خورشیدی، ساخت رادیوداروها و دیگر صنایع مهم ناچار به استفاده از خلأ هستیم .

خلأ: واژه خلأ عموماً به ناحیه ای از فضا که فشار آن کمتر از ۷۶۰ تور^۱ باشد، اطلاق می شود.

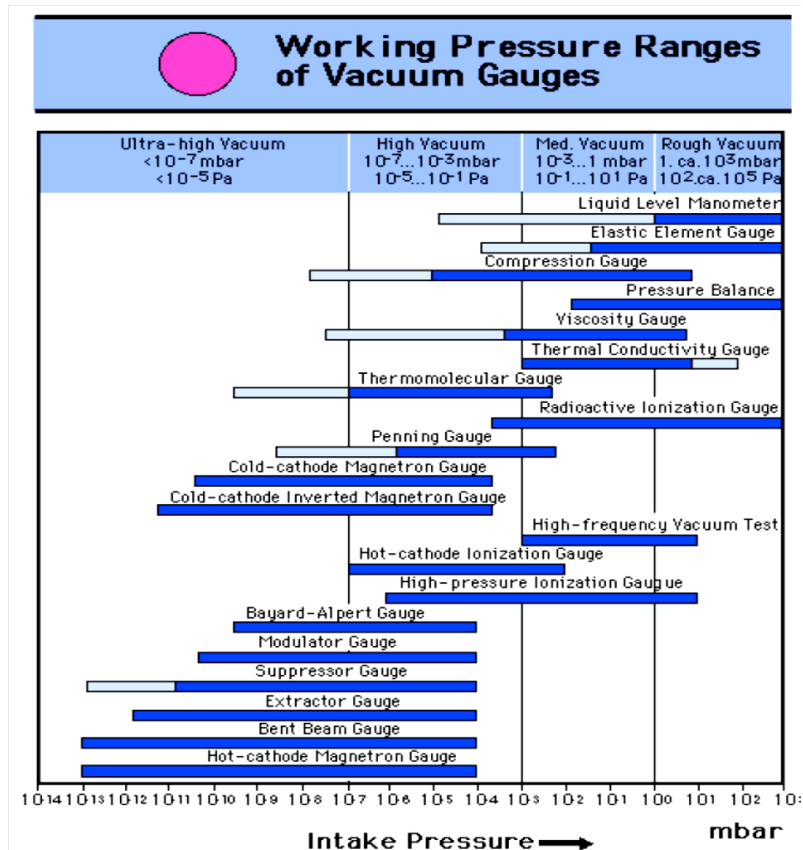
جدول (۱-۱) تقسیم بندی نواحی خلأ [۱]

Vacuum Description	Range
Low vacuum	25 to 760 Torr
Medium vacuum	10^{-3} to 25 Torr
High vacuum	10^{-6} to 10^{-3} Torr
Very high vacuum	10^{-9} to 10^{-6} Torr
Ultrahigh vacuum	10^{-12} to 10^{-9} Torr
Extreme Ultrahigh vacuum	below 10^{-12} Torr

فشار محیط توسط فشارسنج های مختلف قابل اندازه گیری است. که میزان دقت و فشار نهایی که می توانند به آن برسند برای هر کدام متفاوت است. شکل (۱-۱) محدوده ی اندازه گیری فشار توسط

^۱ Torr

فشارسنج های مختلف را نشان می دهد. [۲]



شکل (۱-۱) محدوده اندازه گیری برای فشارسنج های مختلف [۲]

۲-۱ تئوری جنبشی گازها

مولکول های گاز :

۱. به صورت کره های سخت رفتار می کنند.
۲. تعدادشان زیاد و اندازه شان کوچک و اندازه شان برای مقایسه خیلی کوچک است.
۳. همچنین برخوردهای الاستیکی با دیواره ها و با هم دارند.
۴. به صورت تصادفی حرکت می کنند و دارای سرعت ثابت بین برخوردهایشان هستند.
۵. از قانون حرکت نیوتن پیروی می کنند.

۳-۱ رژیم های جریان :

در شکل (۲-۱) تقسیم بندی رژیم های جریان نشان داده شده است

▪ رژیم های مولکولی :

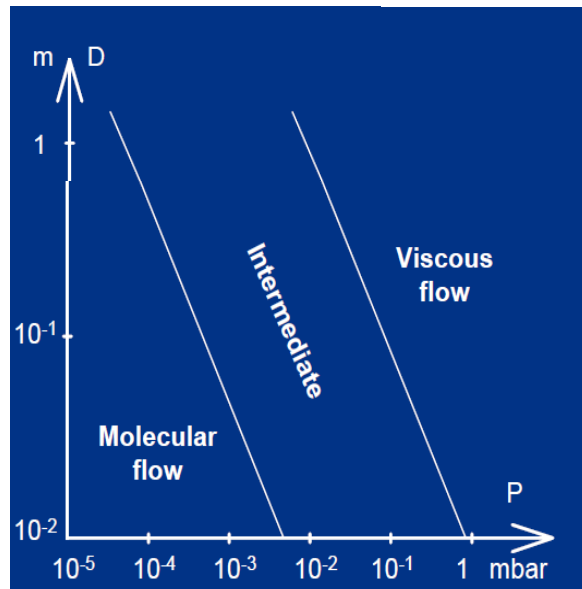
در این رژیم فاصله ی بین مولکول ها کوچک است . فشار به نسبت بالاست ، و برخورد بین مولکول ها حکمفرماست . جریان از طریق حرکات تصادفی صورت می گیرد . در این رژیم، فشار P معمولاً کوچکتر از ۱۰ mbar است .

▪ رژیم چسبناکی :

در رژیم چسبناکی، جریان بواسطه اندازه حرکت منتقل می شود .

▪ رژیم انتقالی (گذر) :

رژیم انتقالی، ناحیه ی بین رژیم چسبناکی و رژیم مولکولی [۳] در شکل (۲-۱) تقسیم بندی رژیم های مختلف مشاهده می شود.



شکل (۲-۱) تقسیم بندی رژیم های مولکولی [۴]

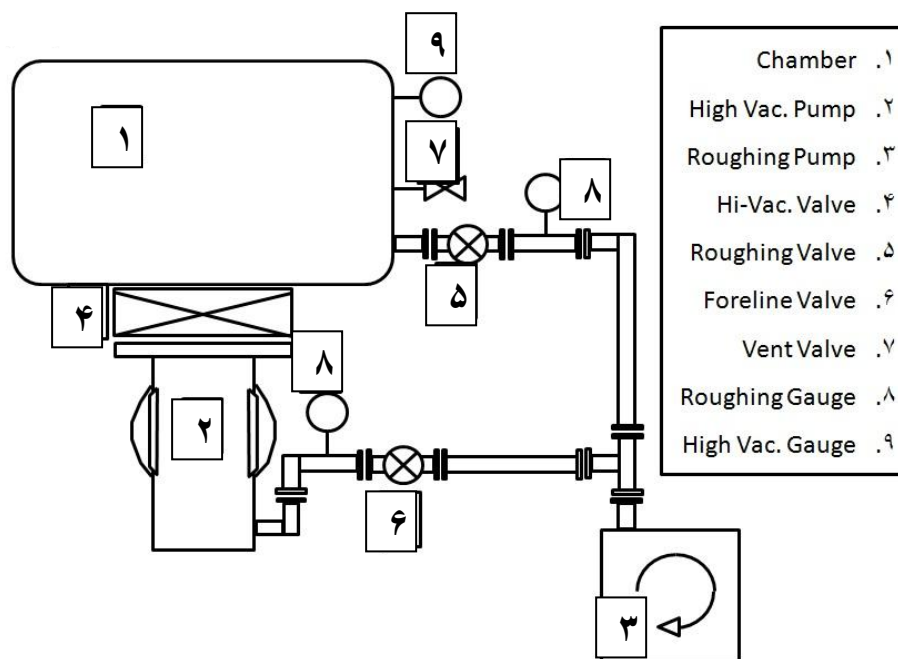
۱-۴ سیستم خلأ

ما برای ایجاد خلأ ناگزیر به استفاده از سیستمی جهت ایجاد خلأ می‌باشیم، یک سیستم خلأ که به طور معمول برای لایه نشانی استفاده می‌شود، از قسمت‌های مختلفی تشکیل شده است که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل قسمت‌های مهم این سیستم خلأ عبارتند از:

۱- محفظه خلأ یا چمبر^۱

۲- پمپ‌ها: شامل پمپ خلأ بالا و پمپ خلأ پایین

۳- فشارسنج‌ها: شامل فشارسنج خلأ پایین، فشارسنج خلأ بالا و فشارسنج فرلاین^۲.



شکل (۳-۱) شماتیک یک سیستم خلأ و بخش‌های مختلف آن. [۴]

^۱ Chamber
^۲ Foreline