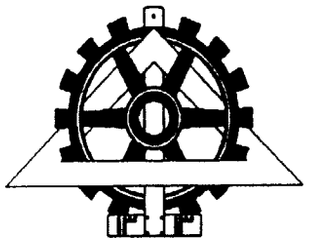


۱۳۷۹ /۷/ ۲۶

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تاریخ مدارک

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق- گرایش الکترونیک

8213

موضوع :

بررسی رفتار الکتریکی و مغناطیسی ژرمانیوم و آلیاژهای آن

توسط : صابر حاجی

استاد راهنما : دکتر سید شمس‌الدین مهاجرزاده

شهریور ۱۳۷۹

۳۰۷۳۰

موضوع :

بررسی رفتار مغناطیسی و الکتریکی ژرمانیوم و آلیاژهای آن

توسط : صابر حاجی

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق ـ گرایش الکترونیک

از این پایان‌نامه در تاریخ ۱۳۷۹/۶/۱ در حضور داوران، دفاع بعمل آمد و مورد تصحیح قرار گرفت.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی : دکتر محمدعلی بنی‌هاشمی

مدیر گروه آموزشی : دکتر محمود کمره‌ای

سرپرست تحصیلات تکمیلی گروه : دکتر جواد فیض

استاد راهنما : دکتر سید شمس‌الدین مهاجرزاده

استاد مشاور : دکتر ابراهیم اصل سلیمانی

استاد مشاور : دکتر امیرمسعود میری

عضو هیأت داوران : دکتر علی افضلی‌کوشا

عضو هیأت داوران : دکتر بیژن رشیدیان

۳۰۷۳۰

تقدیم به تمام دوستانم

تقدیر و تشکر

اجرا و تدوین این پایان‌نامه بوسیله کمکها و راهنماییهای استاد ارجمند آقای دکتر مهاجرزاده امکان‌پذیر گردیده است. همچنین همکاری و راهنمایی خوب آقای علی خاکیفیروز در پیشبرد مراحل گوناگون این پایان‌نامه نقش بسزایی داشته است. آقایان دکتر میری و دکتر سلیمانی با سمت استاد مشاور در روند اجرایی این پایان‌نامه سهیم هستند. از مسئولین آزمایشگاه لایه‌های نازک گروه مهندسی برق دانشگاه تهران خانمها گیتی‌بین، صالحی و آقای ابوالحسنی که فرصت خوبی را برای انجام آزمایشات و تحقیقات فراهم آوردند تشکر و قدردانی می‌شود. دوستان دیگری از جمله آقای مرتضی مظفری در این مدت با کمکهای شایان خود متحمل زحماتی شده‌اند که از آنان نیز تقدیر می‌گردد. در خاتمه از خانواده‌ام برای فرصتهای متعددی که در اختیارم قرار دادند سپاسگزارم.

چکیده

در این پایان‌نامه مشخصه‌های الکتریکی لایه‌های ژرمانیمی که با استفاده از تکنولوژی لایه‌نازک ساخته شده و دارای ناخالصی آلومینیوم هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. ساخت لایه‌های ژرمانیوم پلی‌کریستالی با لایه‌نشانی روی بستر در دمای کم و مراحل تکمیلی آن صورت می‌پذیرد. به این ترتیب نمونه‌هایی از ژرمانیوم با میزان ناخالصی آلومینیوم متفاوت روی بستری از نوع شیشه تهیه شده‌اند. آنالیز مربوط به ساختار فیزیکی و ترکیب مواد بروشهای XRD، RBS و SEM روی لایه ژرمانیوم نمونه‌های مختلف انجام شده است. علاوه بر آنالیز ساختاری، اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی نظیر هدایت الکتریکی و وابستگی حرارتی آن، تحرک حاملها و تراکم حاملها در نمونه‌های مختلف ژرمانیوم انجام گردیده‌اند. با بهبود در ساختار فیزیکی لایه ژرمانیوم که بروش کریستالی کردن با کمک یک لایه بسیار نازک مس صورت گرفته است، خواص الکتریکی آن نیز بهتر شده است. بطوریکه مقدار تحرک حاملها تا ۹۸ cm^2/Vs افزایش یافته است. همچنین در ادامه برای بررسی چگونگی ساختار لایه‌های سیلیکونی که روی بستر شیشه‌ای لایه‌نشانی می‌شوند و نیز برای بهبود ساختار کریستالی آنها در دماهای کم، آزمایشاتی صورت گرفته است. این آزمایشات به ابداع روش‌هایی برای کریستالی کردن لایه‌های بی‌شکل سیلیکون روی بستر شیشه معمولی تا دمای ۴۰۰ °C منجر شده است.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

بخش اول: تئوری ساختارهای فیزیکی حالت جامد نیمه‌هادی ۳

۱-۱) لایه‌نشانی روی سطح بستر بی‌شکل (Amorphous) ۵

۱-۲) نشست روی سطح بستر کریستالی ۷

۱-۳) نفوذ سطحی و ساختار حاصل از لایه‌نشانی ۸

۱-٤) تأثیر فشار و دما در رشد لایه ۹

۱-۵) تأثیر سرعت رشد لایه در چگونگی وضعیت ساختاری لایه ۱۰

۱-٦) اثرات نوری لایه پلی‌کریستالی ۱۱

۱-۷) نفوذ ناخالصی در ساختار پلی‌کریستالی ۱۲

۱-۷-۱) مکانیزم نفوذ داخل پلی‌کریستال ۱۲

۱-۷-۲) ویژگیهای نفوذ ناخالصی در مواد پلی‌کریستال ۱۳

۱-۸) بررسی رفتار الکتریکی لایه‌های غیر ذاتی ۱۷

۱-۹) انتقال حاملها ۲۰

۱-۹-۱) وابستگی دمایی ۲۲

۱-۹-۲) تراکم تله‌ها و توزیع انرژی آنها ۲۳

۱-۹-۳) انتشار میدان ترمویونیک (Thermionic Field Emission) ۲٤

بخش دوم: فرایند ساخت در تکنولوژی لایه نازک ۲٦

۲-۱) روشهای مرسوم برای لایه‌نشانی نیمه‌هادیها ۲۷

۲-۱-۱) لایه‌نشانی بروش Spin Casting ۲۷

۲-۱-۲) لایه‌نشانی بروش تبخیر ۲۸

۲-۱-۳) لایه‌نشانی بروش پراکنش (Sputtering) ۲۹

۲-۱-٤) لایه‌نشانی بروش رشد واکنشی ۳۰

۲-۱-٥) لایه‌نشانی با بخار شیمیایی (CVD) ۳۱

۲-۱-٦) نشست شیمیایی با کمک پلاسما ۳۱

۲-۲) فرایند ساخت افزاره‌های لایه‌نازک ژرمانیوم ۳۳

۲-۲-۱) مقدمات و اصول اولیه ۳۳

۲-۲-۲) ایجاد ناخالصی در لایه ژرمانیوم ۳٦

۲-۲-۳) استفاده از ماسک برای الگودهی در مراحل ساخت ۳۷

۲-۲-٤) ایجاد اتصالات الکتریکی ٤۰

بخش سوم: بررسی ساختار فیزیکی لایه ژرمانیوم ٤۲

۳-۱) آنالیز لایه‌های ژرمانیوم ٤۳

۳-۱-۱) مشاهدات SEM از لایه‌های ژرمانیوم ٤۳

۳-۱-۲) بررسی مواد در لایه ژرمانیوم ٤٤

۳-۱-۳) آنالیز مربوط به ساختار فیزیکی لایه ٤٥

۳-۲) بهبود در ساختار کریستالی لایه ژرمانیوم ٤۷

۳-۲-۱) کریستالی‌کردن لایه‌های بی‌شکل ٤۷

۳-۲-۲) کریستالی کردن لایه ژرمانیوم در حالت جامد ٤۹

بخش چهارم: بررسی رفتار الکتریکی لایه ژرمانیوم ٥۲

٤-۱) اثر مغناطیسی روی حامل الکتریکی ٥۳

٤-۲) اثر مغناطیسی هال ٥٦

٤-۳) اثر مغناطیسی لورنس ٥۷

٤-٤) مقاومت الکتریکی ژرمانیوم پلی‌کریستال و وابستگی حرارتی آن ٥۹

٤-٥) اندازه‌گیری و محاسبه تحرک حاملها ٦۲

٤-٦) بررسی تراکم حاملهای فعال در لایه ژرمانیوم ٦۸

بخش پنجم: تعمیم روش بهینه‌سازی ساختار در لایه‌های سیلیکون ۷۲

۵-۱) کاهش دمای کریستالی شدن در لایه‌های سیلیکون ۷۳

۵-۲) کریستالی کردن بروش MIC با کمک پرتوی UV ۷۶

۵-۳) رشد جانبی کریستال با کمک میدان الکتریکی ۷۹

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۸٤

مراجع ۸٦

واژه‌نامه ۸۹

فهرست شکلها و تصاویر

شکل (۱-۱) لایه‌نشانی اتمهای یک ماده روی سطح بستر مناسب

شکل (۱-۲) وضعیت اتمهای تشکیل‌دهنده لایه در ساختارهای (الف) کریستالی، (ب) پلی‌کریستالی، (ج) بی‌شکل.

شکل (۱-۳) نفوذ ناخالصی در پلی‌کریستال برحسب مقدار نفوذ در مرز و در دانه‌های کریستالی (الف) بیش از واحد، (ب) هم مرتبه و (ج) کمتر از واحد.

شکل (۱-٤) چگونگی افزایش نفوذ ناخالصی در عمق لایه

شکل (۱-٥) تأثیر تله‌های مرزی در سطوح باند انرژی دانه‌های کریستالی

شکل (۱-٦) منحنی سد پتانسیل در مرز بین دانه‌ها برحسب میزان ناخالصی در لایه پلی‌کریستالی

شکل (۱-۷) چگونگی انتقال حاملها در لایه پلی‌کریستالی با سه ناحیه کریستالی(A)، فضای بار(B) و بی‌شکل(C)

شکل (۲-۱) لایه‌نشانی بروش Spin Casting

شکل (۲-۲) لایه‌نشانی بروش پلاسما

شکل (۲-۳) چگونگی تبخیر ماده و لایه‌نشانی آن روی بستر در محیط خلأ

شکل (۲-٤) مراحل متوالی فرایند ساخت افزاره‌های لایه‌نازک ژرمانیوم

شکل (۲-٥) ماسکهای بکار رفته برای الگودهی لایه‌های مختلف در جریان فرایند ساخت

شکل (۲-٦) نمای یک نمونه افزاره برای اندازه‌گیری هال که از ژرمانیوم ساخته شده است.

شکل (۳-۱) تصاویر SEM از نمونه‌های لایه‌نشانی شده با ژرمانیوم دردماهای (الف)۲۰۰°C و (ب) ٤۰۰ °C

شکل (۳-۲) منحنی حاصل از پراکنش RBS همراه با منحنی شبیه‌سازی شده برای تشخیص مواد در لایه ژرمانیوم.

شکل (۳-۳) بررسی وضعیت کریستالی لایه ژرمانیوم با آنالیز XRD

شکل (۳-٤) تصویر SEM لایه ژرمانیوم پس از گرمایش و تشکیل آلیاژ مس در سطح لایه

شکل (۳-٥) طیف XRD برای لایه ژرمانیومی که طی مرحله گرمایشی توسط لایه نازک مس کریستالی شده است.

شکل (٤-۱) مسیر حرکت بار االکتریکی q+ (الف) با سرعت اولیه صفر، (ب) با سرعت اولیه V_x، (ج) همراه با پراکنش.

شکل (٤-۲) شکل افزاره هال برای اندازه‌گیری ولتاژ هال

شکل (٤-۳) شکل افزاره لورنس برای اندازه‌گیری اثر لورنس

شکل (٤-٤) منحنی مقاومت صفحه‌ای نمونه‌های ژرمانیوم برحسب مقدار ناخالصی آلومینیوم

شکل (٤-٥) منحنی نرمال شده مقاومت الکتریکی ژرمانیوم برحسب دما برای نمونه‌ای با ۱۰Å ناخالصی آلومینیوم

شکل (٤-٦) منحنی تغییرات حرارتی مقاومت الکتریکی ژرمانیوم پلی‌کریستالی برحسب ناخالصی

شکل (٤-٧) منحنی‌های ولتاژ-جریان در افزاره هال برحسب میزان میدان مغناطیسی

شکل (٤-٨) منحنی ولتاژ هال برحسب جریان کانال به ازای B=0.3T

شکل (٤-٩) روش اندازه‌گیری اثر لورنس با استفاده از افزاره لورنس

شکل (٤-١٠) منحنی اندازه‌گیری لورنس در نمونه‌ای از ژرمانیوم با ٤٠ Å ناخالصی آلومینیوم

شکل (٤-١١) منحنی مقدار تحرک حفره‌ها در ژرمانیوم پلی‌کریستالی برحسب ناخالصی آلومینیوم

شکل (٤-١٢) منحنی تراکم حاملهای فعال نوع p برحسب میزان ناخالصی آلومینیوم در لایه ژرمانیوم

شکل (٤-١٣) منحنی ولتاژهای اندازه‌گیری هال در لایه ژرمانیوم با ساختار بهینه شده

شکل (٤-١٤) حذف افست در منحنی ولتاژ هال با روش تفاضلی

شکل (٥-١) روش کریستالی کردن لایه بی‌شکل سیلیکون با کمک پرتوی UV

شکل (٥-٢) تصویر SEM نمونه‌های سیلیکون (الف) بدون تابش UV، (ب) با تابش $۲/۵\ mWcm^{-2}$ و (ج) $۱۰\ mWcm^{-2}$ در مرحله کریستالی کردن همراه با گرمایش در دمای کم.

شکل (٥-٣) طیف آنالیز XRD نمونه‌هایی که بکمک تابش پرتوی UV با شار توان (الف) $۲/۵\ mW/cm^2$، (ب) $۱۰\ mW/cm^2$ در مرحله گرمایش کریستالی شده‌اند.

شکل (٥-٤) مراحل ساخت نمونه‌های سیلیکون روی بستر شیشه

شکل (٥-٥) نحوه انجام مرحله کریستالی کردن لایه بی‌شکل سیلیکون با کمک میدان الکتریکی

شکل (٥-٦) منحنی هدایت الکتریکی در لایه سیلیکون بی‌شکل برحسب دما

شکل (٥-٧) تصویر SEM لایه سیلیکون که بطور عرضی و با استفاده از میدان الکتریکی کریستالی شده است.

شکل (٥-٨) تصویر بزرگ‌نما از نواحی مختلف رشد کریستال با کمک میدان الکتریکی

فهرست جدول

جدول (١) برخی از پارامترهای بنیادی برای چند نوع مرسوم نیمه‌هادیها

مقدمه

مواد نیمه‌هادی شامل تعدادی عناصر و یا ترکیباتی است که بـدلیل کنتـرل‌پذیری تـغییرات هدایت الکتریکی در آنها از اهمیت فراوانی برخوردارند. غالباً برای حالت دائم، کنترل هدایت بـا میزان تـراکم حاملهای الکتریکی در نیمه‌هادیها صورت می‌گیرد و برای اینکار با ایجاد ناخالـصی مناسـب در موقـع ساخت، نوع و تراکم حاملهای الکتریکی معین می‌شوند. علاوه بر تعداد حاملها، تحرک آنها نیز پارامتر مهمی در مشخصه الکتریکی مـحسوب می‌شود و کارآیی افزاره‌ها تـا حد زیادی به مقـدار آن بستـگی دارد. در ساختار کریستالی نیمه‌هادیها، نقصان شبکه اتمی بـسیار اندک اسـت و دارای دیاگـرام انرژی ساده و بدون حالتهای اضافی است. با افزایش ناخالصی به این گونه ساختارها می‌توان تراکم حاملهای فعال را بطور یکنواخت افزود و هدایت الکتریکی را کاهش داد. اما تهیه ساختـار کریستـالی مـنوط به استفاده از بستر کریستالی و یا رشد لایه روی چنین بسترهایی است. همچنین بـرای رشـد کریستـالی باید دما به حد کافی بالا باشد تا از ایجاد ساختار کریستالی ناپیوسته و پلی‌کریستـالی جـلوگیری شود. در مواردی از لایه‌نشانی که زیرلایه کریستالی نیست و یا نوع و شـبکه اتـمی آن مـتفاوت از لایه روی آن است، بسته به میزان دمای هنگام لایه‌نشانی، لایه‌ای با ساختـار پلی‌کریستـال و یا بی‌شکل تـشکیل می‌گردد. حتی اگر بستر کریستالی برای لایه‌نشانی در دمای کم استفاده شود باز چـنین وضـعیتی روی خواهد داد. در ساختار پلی‌کریستال قطعات مجزای کریستالی بصورت تصادفی در کنار هم قرار دارند

و در بین آنها مرزی وجود دارد. این نواحی مرزی محلی برای بروز نواقص کریستالی محسوب می‌شوند و در میزان تراکم حاملها، تحرک حاملها و نحوه تأثیر ناخالصی در کاهش مقاومت الکتریکی نقش مهمی دارند. بررسی چنین ویژگیها و نحوه تأثیرگذاری آنها روی مشخصه الکتریکی ژرمانیوم هدف عمده این پایان‌نامه را تشکیل می‌دهد. در ژرمانیوم تحرک حاملها بیش از سیلیکون است و بعنوان یکی از امتیازات آن خصوصاً برای نوع n به شمار می‌رود. در واقع تحرک حفره‌ها در ژرمانیوم بیش از اکثر نیمه‌هادیهای دیگر است. همچنین بدلیل پایین بودن دمای تشکیل پلی‌کریستال ژرمانیوم، امکان ساخت و لایه‌نشانی آن روی بسترهای شیشه‌ای و یا مواد دیگر به‌راحتی امکان‌پذیر است.

با توجه به توضیحات فوق برای بررسی مشخصه‌های الکتریکی و مغناطیسی ژرمانیوم در بخش اول تئوری فیزیکی و الکتریکی شاختارهای حاصل از لایه‌نشانی و رشد مواد نیمه‌هادی روی بسترهای کریستالی و غیرکریستالی مطرح می‌شوند. در بخش دوم ابتدا روشهای متداول برای لایه‌نشانی مواد معرفی شده و سپس فرایند ساخت افزاره‌های لایه‌نازک ژرمانیوم تشریح می‌گردد. در بخش سوم آنالیز و تشخیص وضعیت کریستالی در لایه‌های ژرمانیوم حاصل از فرایند ساخت انجام شده است و بهبود ساختار کریستالی با استفاده از تکنیک کریستالی کردن در دمای کم همراه با نتایج بدست آمده از ساختارهای حاصل از آن بررسی شده‌اند. برای بررسی رفتار الکتریکی لایه‌های ژرمانیوم، در بخش چهارم اندازه‌گیریهای الکتریکی و مغناطیسی همراه با نتایج بدست آمده از آنها بیان می‌شوند. در بخش پنجم تعمیم روش کریستالی کردن برای لایه‌های سیلیکون مورد بررسی قرار گرفته است. در این حالت، لایه‌نشانی سیلیکون روی بستر شیشه‌ای با روشی مشابه ساخت نمونه‌های ژرمانیوم در دمای ٤٠٠°C انجام گردیده است و بدلیل بالاتر بودن دمای کریستالی شدن سیلیکون، ساختار حاصل از این روش بصورت بی‌شکل است. در این بخش دو روش برای کریستالی کردن این گونه ساختارها که دارای اهمیت زیادی در ساخت نمایشگرها هستند، معرفی شده است و نتایج آنالیز روی لایه‌های حاصل از آنها بیان گردیده است. شایان ذکر است که بدلیل بالا بودن مقاومت الکتریکی نمونه‌های سیلیکونی، انجام اندازه‌گیریهای الکتریکی به راحتی میسر نمی‌باشد و نیاز به تجهیزات دقیقتری است. بنابراین به دلیل کافی نبودن دقت در اندازه‌گیریهای الکتریکی برای این نمونه‌ها، بررسی رفتار الکتریکی آنها در این پایان‌نامه مقدور نبوده است و تنها نتایج بررسی ساختار فیزیکی آنها گزارش شده است.

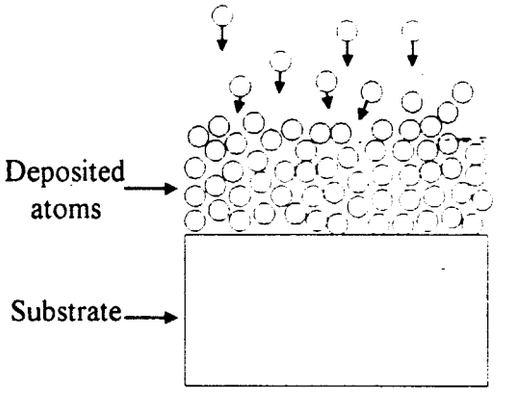
بخش ۱

تئوری ساختارهای فیزیکی حالت جامد نیمه‌هادی

در این بخش بـمنظور تـحلیل کیفی و مطـرح نمودن تـئوریهای مـربوط به واکنشهای لایه‌نشـانی نیمه‌هادی، ساختارهای فیزیکی و خواص الکتریکی لایه، فرایندهای تشکیل لایه همراه با شرایط تـأثیر گذار در آن مورد بررسی قرار می‌گیرند. این بررسی چـگونگی وضـعیت ساختـارهای مـتفاوتی که در شرایط مختـلف حاصـل می‌گـردند را شـامل می‌شود. مطـالعه و بـررسی ساختـار فیزیکی لایه فعـال نیمه‌هادی از نکات بسیار مهم محسوب می‌شود و تـمامی مشـخصه‌های آنرا اعـم از الکتـریکی و غیر الکتریکی تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای ایجاد ساختارهای مسطح و با ضخامت کم از مواد نیمه‌هادی، به روشهای گوناگونی عمل لایه‌نشانی آن روی سطح بستر مناسب انجام می‌گیرد.

لایه‌نشانی مواد با نشست دادن اتمها روی سطـح و بـا اسـتفاده از تکنولوژی‌های متـنوع صورت می‌پذیرد و لایه‌ای متـشکل از اتـمهای آن مـاده تـشکیل می‌شود. در شکل (۱-۱) نحوه سـاده‌ای از

لایه‌نشانی روی بستر که با توزیع اتمهای ماده مورد نظر روی آن در شرایط لازم انجام می‌گیرد نشان داده شده است.



شکل(۱-۱) لایه‌نشانی اتمهای یک ماده روی سطح بستر مناسب

برای لایه‌نشانی نیمه‌هادیها روی بستر، جنس بستر و نوع ساختار فیزیکی آن در چگونگی فرایند رشد لایه تأثیر فراوانی دارد. وقتی لایه‌نشانی با گسیل اتمها به سطح بستر آغاز می‌شود ابتدا اتمهایی با پیوند ضعیف به سطح زیرلایه می‌پیوندند و قابلیت جابجایی و یا تغییر پیوند دارند. این اتمها پس از اینکه در موقعیتی با انرژی کمتر قرار گرفتند و تثبیت شدند ممکن است مراکزی را برای ادامه بخشیدن و سرعت دادن به واکنش نشست اتمها تشکیل دهند. ساختارهای حاصل از این روش به دما، نوع گاز موجود در محیط مجاور سطح، فشار، چگونگی وضعیت سطح زیرلایه، ساختار و میزان ناهمواری آن بستگی دارد [1]، [2].

از آنجا که برحسب نوع ساختار زیرلایه وضعیت متفاوتی در چگونگی رشد لایه رخ می‌دهد، برای هریک از ساختارهای بی‌شکل و کریستالی فرایند متفاوتی درنظر گرفته و هریک بطور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۱) لایه‌نشانی روی سطح بستر بی‌شکل (Amorphous)

هرگاه لایه‌نشانی ماده‌ای روی سطح یک لایه که ساختار بی‌شکل دارد انجام شود، بدلیل اینکه هیچ مکان مشخصی با انرژی کم و یا حداقل انرژی وجود ندارد ، اتمها بصورت اتفاقی روی سطح می‌نشینند و پیوندی را با باندهای آزاد موجود در سطح ایجاد می‌کنند. این پیوندها غالباً ضعیف و در وضعیت غیر حداقل انرژی هستند و ممکن است با جابجایی اتمها در سطح براحتی قطع شوند. اتمی که پیوند آن با سطح شکسته شده است دوباره از سطح جدا می‌شود و یا پیوند جدیدی در سطح ایجاد می‌نماید و نیز ممکن است در برخورد با دیگر اتمهای مشابه بخشی از مجموعه نشانده شده روی سطح را تشکیل دهد. بدلیل اینکه جرم اجزاء حاصل از دو یا چند اتم بهم پیوسته زیادتر شده است، کنده شدن یا جابجایی آن در سطح مشکلتر می‌شود و نیاز به انرژی بیشتری دارد و چون انرژی در این حالت از طریق حرارت تأمین می‌شود، پس به دما وابستگی زیادی پیدا می‌کند[3] . بدین ترتیب این مجموعه‌ها نقاطی با پایداری نسبی در سطح تشکیل می‌دهند که با جذب شدن دیگر اتمها به آن نقاط ابعاد آنها بزرگتر شده و بر استحکام آنها افزوده می‌شود. وقتی این مجموعه اتمهای بهم پیوسته به اندازه معینی رسیدند، دیگر احتمال کنده شدن آنها از سطح بسیار ضعیف می‌شود و بعنوان نقاط شروع واکنش جذب و نشست اتمهای نزدیک به سطح عمل می‌کنند. مجموعه اتمی در چنین اندازه‌ای که اندازه بحرانی نامیده می‌شود به حالت پایدار در سطح باقی می‌ماند. این مجموعه‌ها ابتدا از تعداد اتمهای کمی تشکیل شده‌اند و چون در دمایی این عمل اتفاق می‌افتد که انرژی لازم جهت ایجاد کمترین انرژی پیوندی بین ذارت اتمی وجود دارد، هر یک از آنها بصورت کریستالی رشد می‌کند. اندازه این مجموعه‌های پایدار بسته به مقدار دمای هنگام رشد لایه و همچنین مدت زمان رشد متغیر است.

نرخ نشست اتمها روی زیرلایه به دمای زیرلایه بستگی دارد و اگر دما بیشتر باشد انرژی بیشتری برای ایجاد پیوند بین سطح و اتمهای رسیده به سطح وجود دارد. در نتیجه اتمهای بیشتری در سطح، پیوند ایجاد می‌کنند. البته اثر ثانویه دما را که شامل جنبش اتمها و برخوردهای الاستیک می‌شود و سبب کاهش تعداد پیوندهای موفق در سطح می‌شود نیز باید در نظر گرفت. هرگاه دمای نشست بالاتر باشد و یا اینکه انرژی پیوندی اتم لایه‌نشانی شونده با سطح کمتر باشد، لازم است که مجموعه