

۱۶۱۸۷۷۲



مقدمه ای بر

رشد بلور

اصول و تمرین

مؤلف: پروفیسور اچ. ال. بات

مترجم: پروفیسور حمید رضاقلی پور دیزجی

سرشناسه	: بهات، اچ. ال. Bhat, H. L.
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر رشد بلور: اصول و تمرین/مؤلف اچ. ال. بات؛ مترجم حمیدرضا قلی‌پور دیزجی.
مشخصات نشر	: سمنان: دانشگاه سمنان، انتشارات، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۴۴۳ ص.: مصور، جدول، نمودار. شابک: 978-600-8424-69-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Introduction to crystal growth : principles and practice, 2015.
یادداشت	: واژه نامه. یادداشت: کتابنامه: ص. ۴۱۳-۴۱۵. یادداشت: نمایه.
موضوع	: بلورها - رشد موضوع: Crystal growth
شناسه افزوده	: رضاقلی‌پور دیزجی، حمید، ۱۳۳۸ - مترجم شناسه افزوده: دانشگاه سمنان. انتشارات
رده بندی کنگره	: QD۹۲۱/پ۹م۷ ۱۳۹۷
رده بندی دیو	: ۵۴۸/۵
شماره کتابخانه ملی	: ۵۲۶۴۹۱۹



مقدمه‌ای بر رشد بلور، اصول و تمرین

مؤلف: پروفیسور اچ. ال. بات

مترجم: پروفیسور حمید رضاقلی‌پور دیزجی

ویراستار: دکتر نفیسه معاریان (عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان)

طرح جلد و صفحه آرایی: اسماعیل شجاعی

نوبت چاپ: اول - مهر ماه ۱۳۹۷

ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان

شمارگان: ۴۰۰ جلد

قیمت: ۳۵۰/۰۰۰ ریال

ISBN:978-600-8424-69-7



شابک:

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد

مراکز پخش: سمنان: روبروی پارک سوکان - پردیس شماره ۱ - انتشارات دانشگاه سمنان - تلفن: ۰۲۳۳۲۶۵۴۱۴۲ و ۰۲۳۳۱۵۳۳۲۷۰

وب سایت: www.press.semnan.ac.ir

تهران: میدان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین - پلاک ۹ - تلفن: ۰۰۲۱۶۶۹۶۱۱۴-۱۵ - انتشارات سیمای دانش

مقدمه مترجم

رشد بلور یک از حوزه های کاربردی علم حالت جامد به شمار می رود که تاثیر گذاری آن بر فناوری های گوناگون در صد سال اخیر بر کسی پوشیده نمی باشد. اهمیت آن چنان است که با نگاهی به تلاش های انجام گرفته در این مدت شاهد همگرایی محققین کشورهای مختلف هستیم که محصول آن انتشار مجلات تخصصی، برگزاری کنفرانس های دوره ای، کارگاه های آموزشی، تالیف و ترجمه کتب مرتبط با رشد بلور است. مترجم این کتاب، با توجه به اهمیت فناوری رشد بلور، در طی سالیان اخیر تلاش نموده است تا با برگزاری کنفرانس های رشد بلور در سطح ملی و نیز تالیف کتابی تحت عنوان "آشنایی با فرایند و روش های رشد بلور از محلول در دمای پایین" جامعه علمی کشورمان در مسیر شناسایی این شاخه بیای علم کمک نماید.

کتاب حاضر حاصل تلاش یکی از محققین و صاحب نظران در حوزه رشد بلور به شمار می رود که از دو بخش و هر کدام بخش زیربخش تشکیل شده است. در بخش نخست تحت عنوان "اصول"، مولف تلاش می کند قبل از بیان تاریخچه رشد بلور، با طرح سوالاتی نظیر: "بلورها چه هستند؟"، "چرا یک بلور؟" و "چرا باید بلورها را رشد داد؟" خواننده را با اهمیت این حوزه آشنا نماید. در ادامه این بخش، نظریه ها و سازوکارهای رشد بلور از ابتدا تاکنون، انواع معایب بلوری و تاثیر گذاری آن ها بر عملکرد بلورها، اهمیت دیاگرام فاز در رشد بلور به نحو مطلوب تشریح می گردند. در بخش دوم و پایانی کتاب تحت عنوان "تمرین" خوانندگان با رشد بلور از فازهای مختلف به نماه جزئیات آشنا می شوند. در انتهای این بخش، روش های مشخصه یابی بلورها معرفی می شود. در پایان، چهار ضمیمه نیز درج شده است تا خواننده در صورت نیاز به آن ها مراجعه نماید. این مجموعه نیز لازم به ذکر است که نگارنده ترجیح داده است تا مراجع هر زیربخشی در انتهای آن قرار گیرد.

مترجم امیدوار است ترجمه این کتاب بتواند کمک موثری به علم پژوهان، بویژه اساتید و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که در این حوزه فعالیت می کنند بنماید. مترجم بر خود لازم می داند پیشاپیش از کاستی های احتمالی در امر ترجمه پوزش بطلبد و از خوانندگان گرامی درخواست نماید تا با اظهار نظر و راهنمایی های خود به برطرف نمودن اشکالات احتمالی آن در چاپ های بعدی کمک نمایند.

از سرکار خانم دکتر نفیسه معماریان، عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه سمنان که زحمت ویراستاری کتاب را تقبل نمودند تشکر می گردد.

از آقای دکتر مجید جعفر تفرشی عضو هیئت علمی دانشکده فیزیک دانشگاه سمنان که از معدود نخبگان عرصه رشد بلور کشورمان و از بنیانگذاران رشد بلور در دانشگاه سمنان است بخاطر کمک های بی شائبه شان تشکر و قدردانی می شود.

همچنین از آقای دکتر حقیقی، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه سمنان و آقای مهندس حمیدرضا مولایی، مدیر مسئول انتشارات دانشگاه سمنان که در جهت چاپ و انتشار سریع کتاب همکاری داشته اند سپاسگزاری می شود. از مساعدت های آقای مصطفی رئوفی کارشناس محترم پژوهش و نیز از زحمات آقای اسماعیل شجاعی در مورد صفحه آرایی قدردانی می گردد.

در اینجا بر خود لازم می دانم از مساعدت همسر مهربانم که با وجود آوردن شرایط مناسب امکان تمرکز فکری جهت ترجمه این کتاب را فراهم نمود قدردانی نمایم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۵	دییاجه
۱۹	بخش ۱ - اصول
۲۱	فصل ۱ - مقدمه
۲۱	بلورها چه هستند؟
۲۳	چرا تک بلورها؟
۲۵	چرا باید بلورها را رشد داد؟
۲۶	چشم انداز تاریخی
۳۱	سازماندهی کرب
۳۲	مراجع
۳۵	فصل ۲ - پدیده های بلور
۳۶	ابراشیاع بحرانی
۳۸	تشکیل هسته بطور همگن
۴۴	تشکیل هسته بطور غیر همگن
۴۵	تشکیل هسته روی یک زیرلایه
۴۶	تشکیل هسته یک ماده بلورین
۴۷	شکل تعادلی هسته های ناهمسانگرد
۴۸	مراجع
۴۹	فصل ۳ - سازوکارهای رشد بلور
۵۰	نظریه های اولیه
۵۴	سازوکار رشد لایه دوبعدی
۵۹	تشکیل هسته سطحی
۶۲	تأیید
۶۴	مراجع
۶۷	فصل ۴ - معایب در بلورها
۶۹	نواقص نقطه ای
۶۹	تهی جا

۷۰	نقص شاتکی
۷۰	نقص فرنکل
۷۱	نقص میانین
۷۱	نقص جایگزینی
۷۲	مراکز رنگ
۷۳	نواقص خطی یا نابجایی ها
۷۵	تخمین نظری تنش برشی بحرانی
۷۷	تصحیح محاسبه تنش برشی بحرانی
۷۹	نابجایی لبه ای
۸۱	نابجایی پستی
۸۲	نابجایی مخروط
۸۳	بردار برگرز
۸۵	حرکت نابجایی با
۸۶	انرژی یک نابجایی پیچشی
۹۰	نیروی وارد بر یک نابجایی - نام اعمال که یک تنش برشی
۹۲	هم افزایی نابجایی
۹۳	مرزدانه های زاویه کوچک
۹۴	معایب صفحه ای
۹۵	نواقص روی هم چینی
۹۶	مرزدانه های دوقلو
۹۸	مرزدانه ها در بس بلورها
۹۸	معایب توده ای
۹۹	مراجع
۱۰۱	فصل ۵ - نابجایی ها و رشد بلور
۱۰۱	نظریه نابجایی پیچشی رشد بلور
۱۰۳	نظریه
۱۰۶	تائید تجربی
۱۰۷	رشد از محلول
۱۰۹	شکل مارپیچ های رشد
۱۱۱	برهمکنش مارپیچ های رشد
۱۱۱	سازوکار بخار - مایع - جامد رشد بلور
۱۱۵	رشد درخت گونه

۱۱۶	مراجع
۱۱۹	فصل ۶ - نمودار های فاز و رشد بلور
۱۲۰	گرمای نهان
۱۲۱	انرژی آزاد گیبس
۱۲۲	پتانسیل شیمیایی
۱۲۳	قاعده فاز گیبس
۱۲۵	نمودار های فاز
۱۲۵	سیستم های تک مولفه ای
۱۲۵	آب
۱۲۷	المانس
۱۲۸	سیستم های دو مولفه ای
۱۲۸	محلول های جامد - مولفه ای
۱۲۹	قانون اهرم
۱۳۰	مسیر تبلور
۱۳۲	سیستم های یوتکتیک دو مولفه ای
۱۳۴	سیستم های پریکتیک دو مولفه ای
۱۳۴	سیستم های سه مولفه ای
۱۳۸	نمودار های فاز تراکم - دما (منحنی های هم دما)
۱۴۱	نمونه هایی از نمودار های فاز
۱۴۱	سدیم پی - نیتروفلوئیت
۱۴۳	گالیم آنتیموناید
۱۴۷	لیتیم نایوبت
۱۴۹	بورات لیتیم سزیم
۱۵۰	پتاسیم تیتانیل فسفات (سیستم $K_2O-P_2O_5-TiO_2$)
۱۵۲	مراجع
۱۵۷	بخش ۲ - تمرین
۱۵۹	فصل ۷ - رشد از فاز جامد
۱۵۹	مقدمه
۱۶۱	روش های رشد جامد - جامد
۱۶۱	رشد رانه
۱۶۶	روش بازپخت کرنشی

۱۷۱	انتقال فاز حالت جامد
۱۷۳	نتیجه گیری کلی
۱۷۳	مراجع
۱۷۵	فصل ۸ - رشد از مذاب ها
۱۷۵	مقدمه
۱۷۷	روش بریجمن - استوک برگر و روش های مرتبط
۱۷۷	ملاحظات عمومی
۱۷۷	روش بریجمن عمودی
۱۷۹	روش تبرید گرادیان عمودی
۱۷۹	روش بریجمن افقی
۱۸۰	تجهیزات
۱۸۱	کوره ها
۱۸۳	کوره تبرید گرادیان عمودی
۱۸۴	بوته ها
۱۸۵	حرکت مکانیکی
۱۸۶	شکل فصل مشترک مذاب - جامد
۱۸۹	مثال ها
۱۹۰	رشد ایندیوم آنتیموناید
۱۹۰	سنتز مواد
۱۹۱	رشد بلور
۱۹۱	رشد بریجمن عمودی
۱۹۴	رشد بریجمن افقی
۱۹۶	محدودیت ها
۱۹۷	چوکراسکی و روش های مرتبط
۲۰۰	تجهیزات
۲۰۲	بوته ها
۲۰۲	گرمکن ها
۲۰۳	کنترل قطر
۲۰۵	مثال
۲۰۵	رشد متجانس بلورهای لیتیوم نایوبت
۲۰۹	فرآیندهای پالایش یافته
۲۰۹	رشد استوکیومتری لیتیوم نایوبت

۲۱۰	روش پوشینه سازی مایع
۲۱۲	رشد بلور شکل دهی شده
۲۱۳	روش استپانف
۲۱۵	رشد تغذیه فیلم با لبه معین
۲۱۶	روش ریزکشی بسمت پایین
۲۱۸	روش های ذوب منطقه ای
۲۱۸	انجماد طبیعی و تعادلی
۲۲۳	اصول پالایش منطقه ای
۲۲۳	تفکیک در نتیجه عبور تک ناحیه ای
۲۲۴	تفکیک ناشی از چند بار عبور ناحیه
۲۲۵	تسطیح ناحیه
۲۲۶	انجماد منطقه ای
۲۲۷	پالایش منطقه ای به دنبال روشی برای رشد بلور
۲۲۸	پیکربندی افقی
۲۲۹	انتقال ماده
۲۳۰	پیکربندی عمودی: روش ناحیه سوراخ
۲۳۱	باینداری ناحیه ای
۲۳۲	مثال
۲۳۲	سنتر ماده و تهیه شمش ها
۲۳۴	انجام یک فرایند رشد
۲۳۷	روش گداخت شعله
۲۴۰	ملاحظات فنی
۲۴۰	تهیه دانه
۲۴۱	طراحی مشعل
۲۴۲	تهیه پودر و تغذیه
۲۴۳	محفظه رشد
۲۴۴	بلورهای متداول رشد یافته
۲۴۴	رشد بوسیله روش گداخت قوسی
۲۴۶	رشد به روش ذوب اسکال
۲۴۸	مراجع
۲۵۵	فصل ۹ - رشد از محلول های مایع

۲۵۵	مقدمه
۲۵۶	رشد از محلول آبی
۲۵۷	محلول و حلالیت
۲۵۹	انتخاب حلال
۲۶۰	افزودنی ها
۲۶۱	تشکیل هسته
۲۶۲	دستیابی به ابراشباع
۲۶۳	دستگاه
۲۶۳	روش ظرف در دار شیشه ای مایسون
۲۶۵	بلورساز رخا، مولدن
۲۶۷	اصول ثابت
۲۷۰	روش تفاضلی دما
۲۷۲	رشد توسط تپا ر سرب
۲۷۶	رشد از ژل سیلیکا
۲۷۷	تهیه ژل
۲۸۰	ساختار و سازوکار ژل شدن
۲۸۲	دستگاه و روش ها
۲۸۵	سینتیک و سازوکار رش
۲۸۷	کنترل تشکیل هسته
۲۸۸	رشد گرمایی
۲۹۰	اتوکلاوها
۲۹۱	بریچمن کامل
۲۹۲	بریچمن اصلاح شده
۲۹۴	کنترل دما و سیستم گرمایش
۲۹۴	اندازه گیری های فشار
۲۹۵	رشد گرمایی کوارتز
۲۹۷	رشد سایر مواد
۲۹۸	محاسن و معایب
۲۹۹	روش فلاکس
۳۰۰	قاعده کلی
۳۰۱	حلال ها و حلالیت
۳۰۳	دستگاه

۳۰۴	بوته ها
۳۰۵	کوره ها
۳۰۵	کنترل دما
۳۰۵	همزدن
۳۰۶	روش های رشد
۳۰۶	رشد توسط سرد کردن آهسته
۳۰۹	رشد توسط تبخیر
۳۱۰	کنترل تشکیل هسته
۳۱۲	رشد توسط گرادیان حرارتی
۳۱۳	رشد ام محلول با دانه گذاری از بالا
۳۱۶	روش غلظت گرماکن متحرک
۳۱۷	مشخصات کلی بلورهای رشد یافته از فلاکس
۳۱۹	مزایا و معایب
۳۲۰	رشد فشار بالا
۳۲۰	الماس
۳۲۴	نیترید بورون مکعبی
۳۲۵	مراجع
۳۳۷	فصل ۱۰ - رشد بلور از فاز بخار
۳۳۷	مقدمه
۳۳۸	طبقه بندی
۳۳۹	سازوکارهای انتقال بخار
۳۳۹	شار همرفت
۳۴۰	شار آرام
۳۴۱	نفوذ
۳۴۱	نفوذ حرارتی (اثر سورت)
۳۴۱	فلاکس کل
۳۴۳	کنترل تشکیل هسته
۳۴۴	کوره ها
۳۴۴	روش های تجربی
۳۴۴	انتقال بخار مستقیم
۳۴۵	سیستم لوئه
۳۴۷	رشد کاربرد سلیکون

۳۵۰	سیستم لوله باز
۳۵۲	انتقال بخار شیمیایی
۳۵۲	رشد توسط واکنش برگشت پذیر
۳۵۴	رشد توسط واکنش برگشت ناپذیر
۳۵۶	دستاوردها
۳۵۶	مراجع
۳۵۹	فصل ۱۱ - رشد لایه های نازک
۳۶۰	رشد برآرستی
۳۶۲	رشد لایه های نازک از فاز بخار
۳۶۲	انباشت ر خلاء
۳۶۴	کندوپاش
۳۶۶	انباشت لیزر پالس
۳۶۸	انباشت بخار شیمیایی
۳۶۹	انباشت بخار شیمیایی - فلزی
۳۷۲	رشد لایه های الماس توسط فرآیند (CVD)
۳۷۳	برآرستی باریکه مولکولی (MBE)
۳۷۶	برآرستی فاز مایع
۳۷۸	روش کج کردن
۳۸۰	روش غوطه ور سازی
۳۸۰	روش سر دادن قایق
۳۸۲	ریخت شناسی سطح
۳۸۳	برآرستی فاز جامد
۳۸۴	مراجع
۳۸۷	فصل ۱۲ - مشخصه یابی بلور
۳۸۷	مقدمه
۳۸۸	نامگذاری
۳۸۹	ترکیب شیمیایی
۳۹۰	تجزیه و تحلیل CHN
۳۹۱	پاشندگی انرژی پرتو ایکس
۳۹۳	طیف نگاری گسیل اتمی پلاسمای جفت شده القایی
۳۹۴	آلاینده ها و ناخالصی ها
۳۹۴	ناهمگنی های ترکیبی

۳۹۵	ریخت شناسی و جهت گیری
۳۹۶	زاویه سنجی
۴۰۰	پراش پرتو ایکس
۴۰۱	مقدار ناپجایی
۴۰۱	سوتش شیمیایی
۴۰۳	روش تزئین
۴۰۴	مکان نگاری پرتو ایکس
۴۰۴	روش برگ - بارت
۴۰۵	روش لانگ
۴۰۸	میکرو کوب الکترونی
۴۰۹	مرزدا ها، زاویه کوچک
۴۱۱	دو فلوس ها
۴۱۱	دربرداری ها
۴۱۳	مراجع
۴۱۷	ضمیمه ۱ - تحرک الکترولیت های جذب شده روی وجه
۴۲۱	ضمیمه ۲ - تراکم کنج ها در یک ماده
۴۲۵	ضمیمه ۳ - آهنگ پیشروی یک پدیده مستقیم
۴۲۹	ضمیمه ۴ - اصلاح محاسبه تنش برشی در اثر
۴۳۳	نمایه
۴۳۹	واژه نامه لاتین به فارسی

دیباچه

"باز هم کتاب دیگری در زمینه رشد بلور؟ آیا واقعا لازم است؟" این ها سوالاتی است که همواره در ذهن من بودند. با این وجود، انگیزه از انجام آن این بود که من دست نوشته های فراوانی در طی سال های زیاد تدریس این موضوع به دانشجویان کارشناسی تهیه نموده بودم. دانشجویانی که قبل از بررسی خواص فیزیکی بلورها مبادرت به رشد آن ها کرده بودند. دیگر اینکه، دائما از طرف نشراتی های مختلف، بویژه از سوی خانم آستا شارما تشویق و متقاعد به نوشتن این کتاب می شدم که بدون آن شک دارم که چنین چیزی میسر می شد.

سطح این کتاب همانطور که از عنوانش پیداست، در حد یک آشنایی است. این کتاب برای آن دسته از دانشجویان کنجکاوی که شیفته بلورها شده و از این رو مایلند بیشتر راجع به آن ها و منشاء شان بدانند نوشته شده است. همین منظور، در ابتدا برخی جنبه های تاریخی موضوع ارائه می گردد و هر جا که لازم باشد برخی اطلاعات اولیه در اختیار قرار داده می شود. از دیدگاه من، اهمیت دانستن نحوه شکل گیری موضوع به همان اندازه دانستن پیشرفت های اخیر آن مهم است. بیشتر ایده هایی که در این کتاب ارائه می گردند برگرفته از کتب تالیفی و مقالات مروری بسیاری می باشد که در جای خود به نویسندگان آن ها ارجاع داده شده است.

اشخاص زیادی مرا در تهیه این کتاب یاری کرده اند. قبل از همه، مایلم از همکارم، پروفیسور ج.اس. رانگانات، که سرتاسر دستنوشته را با دید انتقادی همچون یک غریبه مطالعه کرد تشکر کنم. من از بحث های زیادی که با او داشتم بسیار استفاده کردم. مایل هستم مراتب قدردانی خود را نسبت به همکار دیگرم، پروفیسور ک.ا. سورش، بخاطر تشویق ها و حمایت های دائمی اش ابراز دارم. همچنین می خواهم از همکارانم در انستیتو علوم

هندوستان در بنگلور، دکتر سوچا الیزابت و پروفیسور پی.اس. آنیل کومار بخاطر حمایت صمیمانه شان تشکر کنم.

بسیار سپاسگزار دانشجویان محققم و دیگرانی هستم که در طی چهار دهه گذشته با من کار کردند. مشارکت آن ها محتوای این کتاب را غنا بخشیده است. بویژه، مایلم از ک. راگاوندرا رائو، که در تهیه برخی عکس ها و نمودارها و همچنین کارهای مربوط به حقوق کپی رایت و مراجع کمک بسیار زیادی به من نموده است تشکر کنم. همچنین مایلم از تمام ناشرانی که با مهربانی اجازه بازتولید شکل های خصوصی را در این کتاب دادند تشکر کنم.

سرانجام عمق ارادتم را نسبت به همسرم، پرما، که در طی روزهای سخت نگارش این کتاب در کنار من بوده است را ابراز می دارم.

اچ.ال. بات