



انتشارات، شماره ۵۷۷

بلورشناسی مواد

تدوین و گردآوری:

دکتر علیرضا کیانی رشید

مهندس حمید سازگاران

سرشناسه:	کیانی رشید، علیرضا، ۱۳۳۸ - گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور:	بلورشناسی مواد / تدوین و گردآوری علیرضا کیانی رشید، حمید سازگاران.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری:	۲۵۴ ص.: مصور.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۵۷۷.
شابک:	(ISBN: 978-964-386-248-0)
وضعیت فهرست نویسی:	فیا.
یادداشت:	کتابنامه: ص ۲۴۹.
یادداشت:	نمایه.
موضوع:	بلورشناسی.
موضوع:	بلورشناسی یا اشعه ایکس.
شناخته افزوده:	سازگاران، حمید. ۱۳۶۲ - ، گردآورنده.
شناخته افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد.
رده بندی کنگره:	۸۱۳۸۹ ب ۸۹۴ ک / ۳ / ۹۰۵ QD
رده بندی دیویی:	۵۴۸
شماره کتابخانه ملی:	۲۲۲۵۷۴۴



انتشارات، شماره ۵۷۷

بلورشناسی مواد

تدوین و گردآوری

دکتر علیرضا کیانی رشید - مهندس حمید سازگاران

ویراستار علمی

دکتر خسرو ابراهیمی

وزیری، ۲۵۴ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، زمستان ۱۳۸۹

امور فنی و چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۳۵۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-386-248-0

شابک ۹۷۸-۹۶۴-۳۸۶-۲۴۸-۰

فهرست مطالب

پیش‌گفتار مؤلفان	۹
فصل اول: مقدمه‌ای بر بلورشناسی	۱۱
۱-۱- مقدمه	۱۱
۱-۲- اتم‌ها و مولکول‌ها	۱۲
۱-۳- انواع پیوندهای اتمی در جامدات	۱۲
۱-۴- علم بلورشناسی	۱۴
۱-۵- ساختار فلزات	۱۶
۱-۶- انجماد فلزات	۱۸
۱-۷- بلورها و ساختارهای آن‌ها	۲۱
۱-۸- ترتیب اتم‌ها در فلزات	۲۲
فصل دوم: ساختارهای بلورین	۲۵
۲- بلورها و ساختارهای بلوری	۲۵
۲-۱- ساختار بلورها	۲۵
۲-۲- سلول واحد و پارامترهای شبکه	۲۶
۲-۳- نمایش شبکه بلوری	۲۷
۲-۴- سیستم‌ها و شبکه‌های پراوه	۲۸
۲-۵- شبکه‌های فلزی	۳۱
۲-۵-۱- شبکه‌های مکعبی	۳۲
۲-۵-۱-۱- شبکه مکعبی ساده (SC)	۳۲
۲-۵-۱-۲- شبکه مکعبی مرکز حجمی (BCC)	۳۲
۲-۵-۱-۳- شبکه مکعبی مرکز سطحی (FCC)	۳۳
۲-۵-۲- شبکه‌های هگزاگونال	۳۴
۲-۵-۲-۱- شبکه‌های هگزاگونال ساده	۳۴
۲-۵-۲-۲- هگزاگونال فشرده	۳۶

۳۶	 تری کلینیک ۲-۵-۳
۳۷	 منو کلینیک ۲-۵-۴
۳۸	 اورتورومیک ۲-۵-۵
۳۹	 تترراگونال ۲-۵-۶
۴۰	 رومبوهدرال یا تری گونال ۲-۵-۷
۴۰	 شبکه‌های سرامیکی ۲-۶-۶
۴۱	 شبکه کلرید سدیم ۲-۶-۱
۴۲	 شبکه کلرید سزیم ۲-۶-۲
۴۳	 شبکه سولفید روی ۲-۶-۳
۴۴	 شبکه فلوریت ۲-۶-۴
۴۴	 دگوشکلی یا آلوتروپی ۲-۷-۷
۴۵	 مواد بی‌شکل یا آمورف ۲-۸-۸
۴۵	 کربن و آلوتروپ‌های آن ۲-۹-۹
۴۹	 آهن در دماهای گوناگون ۲-۱۰-۱۰
۵۱	 تمرینات
۵۳	 فصل سوم: صفحات و جهات بلورشناسی
۵۳	 ۳- مختصات اتم‌ها در بلورها و نام‌گذاری جهات و صفحات کریستالی
۵۳	 ۳-۱- مرکز و محورهای بلورشناسی
۵۵	 ۳-۲- تعیین موقعیت اتم در سلول واحد
۵۸	 ۳-۳- زاوایای بین محورهای بلورشناسی
۵۸	 ۳-۴- نسبت بین محورهای بلورشناسی
۵۹	 ۳-۵- جهات بلورشناسی
۶۲	 ۳-۶- صفحات بلورشناسی و روش‌های نام‌گذاری آن‌ها
۶۳	 ۳-۶-۱- روش وایس
۶۴	 ۳-۶-۲- روش میلر
۶۷	 ۳-۶-۳- روش کسینوس‌ها
۶۸	 ۳-۶-۴- جهات و صفحات بلورشناسی در هگزاگونال (روش میلر-براوایس)
۶۹	 ۳-۶-۴-۱- صفحات پایه در شبکه هگزاگونال فشرده
۷۰	 ۳-۶-۴-۲- صفحه منشور در شبکه هگزاگونال فشرده
۷۱	 ۳-۶-۴-۳- صفحات هرمی در شبکه هگزاگونال فشرده
۷۱	 ۳-۶-۴-۱-۳- صفحات هرمی با اندیس میلر-براوایس {۱۰۱۱}
۷۲	 ۳-۶-۴-۲-۳- صفحات هرمی با اندیس میلر-براوایس {۱۰۱۲}
۷۳	 ۳-۶-۴-۳-۳- صفحات هرمی با اندیس میلر-براوایس {۱۱۲۱}
۷۴	 ۳-۶-۴-۴-۳- صفحات هرمی با اندیس میلر-براوایس {۱۱۲۲}

۷۴	تبدیل اندیس‌های میلر به اندیس‌های میلر-براوایس
۷۵	۸-۳- عدد همسایگی در شبکه‌های اتمی و یونی
۷۸	۱-۸-۳- عدد همسایگی دوازده‌تایی
۷۹	۲-۸-۳- عدد همسایگی هشت‌تایی
۸۰	۳-۸-۳- عدد همسایگی شش‌تایی
۸۱	۴-۸-۳- عدد همسایگی چهارتایی
۸۲	۵-۸-۳- عدد همسایگی سه‌تایی
۸۳	۶-۸-۳- عدد همسایگی خطی (دو تایی)
۸۴	تمرینات
۸۷	فصل چهارم: روابط بلورشناسی
۸۷	۴- محاسبات در شبکه‌های بلورین مواد
۸۷	۱-۴- تعداد اتم‌های موجود در شبکه‌های بلوری
۸۸	۱-۱-۴- تعداد اتم‌های موجود در شبکه مکعبی مرکز حجمی
۸۸	۱-۲-۴- تعداد اتم‌های موجود در شبکه مکعبی مرکز سطحی
۸۸	۱-۳-۴- تعداد اتم‌های موجود در شبکه هگزگونال فشرده
۸۹	۲-۴- پارامتر شبکه
۸۹	۱-۲-۴- پارامتر شبکه مکعبی ساده (SC)
۹۰	۲-۲-۴- پارامتر شبکه مکعبی مرکز حجمی (BCC)
۹۱	۳-۲-۴- پارامتر شبکه مکعبی مرکز سطحی (FCC)
۹۱	۴-۲-۴- پارامتر شبکه مکعبی الماسی
۹۲	۳-۴- تعداد اتم‌های موجود روی جهات اتمی
۹۴	۴-۴- انباشتگی خطی
۹۶	۵-۴- دانسیته خطی
۹۷	۶-۴- تعداد اتم‌های موجود روی صفحات اتمی
۹۹	۷-۴- انباشتگی سطحی
۱۰۲	۸-۴- دانسیته سطحی
۱۰۲	۹-۴- حجم واحد شبکه
۱۰۳	۱۰-۴- دانسیته اتمی
۱۰۴	۱۱-۴- فاکتور چیدن
۱۰۴	۱-۱۱-۴- فاکتور چیدن شبکه مکعبی ساده
۱۰۵	۲-۱۱-۴- فاکتور چیدن شبکه مکعبی مرکز حجمی
۱۰۵	۳-۱۱-۴- فاکتور چیدن شبکه مکعبی مرکز سطحی
۱۰۶	۴-۱۱-۴- فاکتور چیدن شبکه هگزگونال فشرده
۱۰۷	۱۲-۴- عدد همسایگی

۱۱۰	۴-۱۳- صفحات فشرده اتمی در شبکه‌های بلوری
۱۱۰	۴-۱۳-۱- صفحات فشرده در شبکه مکعبی ساده
۱۱۱	۴-۱۳-۲- صفحات فشرده اتمی در شبکه مکعبی مرکز حجمی
۱۱۱	۴-۱۳-۳- صفحات فشرده اتمی در شبکه مکعبی مرکز سطحی
۱۱۲	۴-۱۴- چیدمان اتمی صفحات بلوری
۱۱۲	۴-۱۴-۱- چیدمان اتمی صفحات در ساختارهای پرتراکم
۱۱۶	۴-۱۴-۲- چیدمان اتمی صفحات در ساختارهای کم تراکم
۱۱۶	تمرینات
۱۱۹	فصل پنجم: قواعد بلورشناسی
۱۱۹	۵- قواعد و قوانین بلورشناسی
۱۱۹	۵-۱- جهات عمود بر یک صفحه بلورشناسی
۱۲۰	۵-۲- جهات واقع بر یک صفحه بلورشناسی
۱۲۲	۵-۳- قاعده کمیلیکاسیون
۱۲۶	۵-۴- قوانین پائولینگ
۱۲۶	۵-۴-۱- قانون اول
۱۲۷	۵-۴-۲- قانون دوم
۱۲۸	۵-۴-۳- قانون سوم
۱۲۹	۵-۴-۴- قانون چهارم
۱۲۹	۵-۴-۵- قانون پنجم
۱۲۹	تمرینات
۱۳۱	فصل ششم: تقارن در بلورشناسی
۱۳۱	۶- تقارن در بلورشناسی
۱۳۱	۶-۱- سطوح تقارن (m)
۱۳۲	۶-۲- محورهای تقارن (A)
۱۳۵	۶-۲-۱- محور تقارن درجه ۱ (A_1)
۱۳۵	۶-۲-۲- محوری تقارن درجه ۲ (A_2)
۱۳۶	۶-۲-۳- محور تقارن درجه ۳ (A_3)
۱۳۶	۶-۲-۴- محور تقارن درجه ۴ (A_4)
۱۳۷	۶-۲-۵- محور تقارن درجه ۶ (A_6)
۱۳۹	۶-۳- تقارن مرکزی
۱۴۲	۶-۴- تشریح تقارن در دستگاه مختصات
۱۴۵	۶-۵- محورهای نامناسب یا معکوس
۱۴۷	۶-۶- چگونگی تشخیص سیستم‌های تبلور
۱۵۴	تمرینات

فصل هفتم: تصاویر استریوگرافی.....	۱۵۵
۷- تصاویر استریوگرافی.....	۱۵۵
۱-۷- مقدمه.....	۱۵۵
۲-۷- مراحل و چگونگی رسم تصاویر استریوگرافی.....	۱۵۸
۳-۷- ویژگی‌های تصاویر استریوگرافی.....	۱۶۴
۴-۷- جهات قرار گرفته روی یک صفحه.....	۱۶۴
۵-۷- صفحات یک ناحیه (صفحات هم منطقه).....	۱۶۵
۶-۷- شبکه وولف.....	۱۶۷
۷-۷- تعیین زوایای بلورشناسی به کمک تصاویر استریوگرافی.....	۱۷۰
۸-۷- اندیس گذاری مبدا صفحات در تصاویر استریوگرافی.....	۱۷۲
۹-۷- تصاویر استاندارد.....	۱۷۷
۱۰-۷- مثلث استریوگرافی استاندارد در بلورهای مکعبی.....	۱۷۹
۱۱-۷- نمایش تقارن در تصاویر استریوگرافی.....	۱۸۱
۱۲-۷- محاسبات در تصاویر استریوگرافی.....	۱۸۲
۱-۱۲-۷- روابط ریاضی انتقال تصاویر از فضای سه بعدی به دوبعدی.....	۱۸۳
تمرینات.....	۱۸۴
فصل هشتم: اشعه ایکس و کاربرد آن.....	۱۸۵
۸- اشعه ایکس.....	۱۸۵
۱-۸- روش تولید اشعه ایکس.....	۱۸۶
۲-۸- اشعه ایکس یکنواخت یا اشعه ایکس سفید.....	۱۸۸
۳-۸- اشعه ایکس مشخصه.....	۱۹۰
۴-۸- روش‌های شناسایی اشعه ایکس.....	۱۹۳
۱-۴-۸- فیلم‌های اشعه ایکس.....	۱۹۳
۲-۴-۸- لوله‌های شمارنده.....	۱۹۴
۳-۴-۸- آشکارسازهای حالت جامد.....	۱۹۴
۵-۸- جذب اشعه ایکس.....	۱۹۵
۱-۵-۸- ضریب جذب.....	۱۹۵
۲-۵-۸- به‌های جذب.....	۱۹۶
۶-۸- شکست اشعه ایکس.....	۱۹۸
۷-۸- پراکندگی اشعه ایکس.....	۱۹۸
۸-۸- پراش اشعه ایکس.....	۱۹۹
۹-۸- قانون براگ.....	۲۰۰
۱۰-۸- روش لاوله.....	۲۰۴
۱۱-۸- تجزیه کیفی مواد و روش پودری.....	۲۰۵

۲۰۵	۱۲-۸- روش دبای شرر
۲۰۸	۱۳-۸- روش پراش سنجی
۲۰۹	۱۴-۸- چگونگی تعیین نوع بلور
۲۰۹	۱۵-۸- تجزیه کمی مواد با استفاده از روش پراش اشعه ایکس
۲۱۰	تمرینات
۲۱۱	تمرینات حل شده
۲۲۳	ضمیمه ۱: تبدیل رومبوهدرال-هگزاگونال
۲۲۷	ضمیمه ۲: فضاهای چهاروجهی و هشتوجهی در شبکه‌های
۲۲۷	۱-۲- فضاهای چهاروجهی
۲۲۷	۲-۲- فضاهای هشتوجهی
۲۲۸	۳-۲- تعداد فضاهای بین‌نشین در شبکه‌های بلورین
۲۲۸	۱-۳-۲- فضاهای چهاروجهی در شبکه مکعبی مرکز حجمی
۲۲۸	۲-۳-۲- فضاهای هشتوجهی در شبکه مکعبی مرکز حجمی
۲۲۹	۱-۲-۲-۳-۲- فضای هشتوجهی سطوح جانبی
۲۲۹	۲-۲-۳-۲- فضاهای هشتوجهی یال
۲۲۹	۳-۳-۲- فضاهای چهاروجهی در شبکه مکعبی مرکز سطحی
۲۳۰	۴-۳-۲- فضاهای هشتوجهی در شبکه مکعبی مرکز سطحی
۲۳۰	۱-۴-۳-۲- فضای هشتوجهی مرکز سلول واحد
۲۳۱	۲-۴-۳-۲- فضای هشتوجهی یال
۲۳۳	ضمیمه ۳: پراش الکترونی و فوترونی
۲۳۳	۱-۳- مقدمه
۲۳۴	۲-۳- پراش الکترونی
۲۳۵	۳-۳- پراش فوترونی
۲۳۹	ضمیمه ۴: تعدادی از صفحات کتاب هاناوالث
۲۴۹	مراجع و منابع مطالعاتی
۲۵۱	نمایه

پیش گفتار

چاپ اول

شناخت فلزات، آلیاژها و سایر ترکیبات بدون توجه به ساختارهای درونی آنها میسر نمی باشد. با پیشرفت علوم و به ویژه نگرش جدید در تولید مواد در مقیاس نانو، لزوم به چنین شناختی جدی تر شده است. خوشبختانه این علم از ابتدا درگیر با چنین مقیاس هایی و حتی ریزتر از آن بوده است که در نتیجه ورود به دنیای نانو را آسان تر ساخته است. توجه به قوانین بنیادی در علم کریستالوگرافی، کاربردی بودن این علم را بیشتر محرز ساخته و با گذشت زمان به اهمیت آن افزوده شده است.

دلیل اصلی در توجه به مباحث بلورشناسی (تأثیر مستقیم ساختارهای کریستالی مواد بر کلیه خواص مواد از قبیل؛ خواص مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی، حرارتی، الکتریکی و مغناطیسی می باشد. از آنجایی که در مهندسی متالورژی، شناخت این ویژگی ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در همین ارتباط سعی شده است تا ارتباط بیشتری مابین مباحث طرح شده و مقوله های درگیر با این علم ایجاد شود که متأسفانه در بسیاری از کتاب های چاپ شده در این زمینه به این مهم توجه کافی نشده است.

این کتاب ثمره سال ها تدریس این موضوع توسط این جانب در سطح کارشناسی و گوشه هایی در مباحث کارشناسی ارشد می باشد و متأثر از تقابل اندیشه های ارزشمندی از اساتیدی است که دلسوزانه مطالبی را به اینجانب آموخته اند و برگرفته از دهها متن علمی و کتاب های مرجع در این زمینه است. همچنین وجود سئوالات فراوان و نیاز به پاسخ به دانشجویان مهندسی متالورژی و مواد در تأمین منبعی مرتبط با مباحث مربوطه تأثیر بسیار مثبتی را در تألیف و تدوین این کتاب داشته است.

از استادان ارجمند و بزرگوار و دانشجویان عزیز درخواست می گردد که اشکالات موجود و یا پیشنهادات خود را جهت لحاظ در ویرایش ها و چاپ های آتی در اختیار نویسندگان قرار دهند.

در اینجا از کلیه کسانی که در ویرایش و مراحل متعدد چاپ کتاب نقش داشته اند، صمیمانه تشکر می گردد.

علیرضا کیانی رشید

زمستان ۱۳۸۹