بسم الله الرحمن الرحيم

همه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

پایان نامه:

برای دریافت کارشناسی ارشد در رشته فیزیک گرایش حالت جامد

عنوان:

محاسبه ضرائب دید سطوح مذاب، بلور و دیواره ها در انتقال حرارت تابشی سیستم رشد بلور چُکرالسکی

استاد راهنما:

دکتر محمّد حسین توکّلی

استاد مشاور:

دکتر عبدالحسین خدّام محمّدی

پژوهشگر:

شیرین امید

مهر ۱۳۸۹

دانشکده علوم

گروه فیزیک

جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد
شیرین امید در رشته فیزیک (گرایش حالت جامد)

تحت عنوان:

محاسبه ضرائب دید سطوح مذاب، بلور و دیواره ها در انتقال حرارت تابشی سیستم رشد بلور چکرالسکی

به ارزش ۶ واحد در روز یکشنبه مورخ ۱۳۸۹/۷/۱۱ ساعت ۱۶-۱۴ در محل آمفی تئاتر۱ و با حضور اعضای هیأت داوران زیر برگزار گردید و با نمره ۲۰ درجه عالی ارزیابی شد.

ترکیب اعضای هیأت داوران:

ردیف	سمت در هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی ـ گروه/ دانشکده/ دانشگاه	محل امضاء
۱.	استاد راهنما	دکتر محمد حسین توکلی	استادیار- فیزیک/ علوم/ بوعلی سینا	
۲.	استاد مشاور	دکتر عبدالحسین خدام محمدی	استادیار- فیزیک/ علوم/ بوعلی سینا	
۳.	استاد مدعو	دکتر فریدون سموات	استادیار- فیزیک/ علوم/ بوعلی سینا	
۴.	استاد مدعو	دکتر منوچهر بابایی پور	استادیار- فیزیک/ علوم/ بوعلی سینا	

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

محاسبه ضرائب دید سطوح مذاب، بلور و دیواره ها در انتقال حرارت تابشی سیستم رشد بلور چُکرالسکی

نویسنده: شیرین امید

استاد راهنما: دکتر محمّد حسین توکّلی

استاد مشاور: دکتر عبدالحسین خدّام محمّدی

دانشکده: علوم پایه	**گروه آموزشی: فیزیک**	
رشته تحصیلی: فیزیک	**گرایش تحصیلی: حالت جامد**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب:	**تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۰۷/۱۱**	**تعداد صفحات: ۹۸**

چکیده:

رشد بلور به روش چُکرالسکی متداول‌ترین روش برای رشد بلورهای اکسید مانند (Al_2O_3) { QUOTE $sapphire$ } از فاز مذاب است. در این فرایند انتقال حرارت نقش موثری در کیفیت بلور رشد یافته دارد. تابش یکی از انواع انتقال حرارت است که بین سطوح مختلف این سیستم وجود دارد. برای بررسی دقیق این فرایند لازم است روابط هندسی تعریف شود که بتوانند مقدار تابش را معین کنند. این روابط هندسی ضرایب دید نام دارند. ضریب دید پارامتری است که مقدار تابشی که از یک سطح گسیل شده و به سطح دیگر می‌رسد، را مشخص می‌کند. در سیستم رشد بلور چُکرالسکی تابش بین دیواره‌های گرم کننده جانبی، سطح مذاب و دیواره بلور یک پارامتر مهم و اساسی است که از آن به عنوان تابش سطح به سطح یاد می‌شود. نوع دیگر تابش در این سیستم رشد بلور، تابشی است که در حجم بلور رشد یافته، وجود دارد که تابش درونی نام دارد. در این پایان نامه هر دو مورد این تابش‌ها و ضرایب دید مربوط به آن‌ها مورد محاسبه و بحث قرار گرفته است. ضرایب دید به وسیله‌ی نوشتن یک برنامه رایانه‌ای محاسبه شده است. همچنین تاثیر حضور و عدم حضور تابش در توزیع جریان‌های شاره و میدان‌های دما در سیستم رشد بلور چُکرالسکی، نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: ضریب دید، انتقال حرارت، رشد بلور چُکرالسکی، جریان شاره ، { QUOTE $sapphire$ }

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۴-۱ پارامترهای سیستم رشد مورد استفاده برای محاسبه ضریب دید. ۶۳

جدول ۴-۲ زوایای سیستم رشد مورد استفاده برای محاسبه ضریب دید. ۶۳

جدول ۴-۳ ضرایب دید برای پیکربندی مربوط به شکل ۴-۱، در ارتفاع ۵ میلی متر از بلور رشد یافته ۶۷

جدول ۴-۴ ضرایب دید برای پیکربندی مربوط به شکل ۴-۳، در ارتفاع ۵ میلی متر از بلور رشد یافته ۶۷

جدول ۴-۵ ضرایب دید برای پیکربندی مربوط به شکل ۴-۴، در ارتفاع ۵ میلی متر از بلور رشد یافته ۶۸

جدول ۴-۶ ضرایب دید برای پیکربندی مربوط به شکل ۴-۲، در ارتفاع‌های مختلف برحسب میلی‌متر ۶۸

جدول۴-۷ خواص فیزیکی نیتروژن در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) ۷۴

جدول ۴-۸ پارامترهای سیستم رشد استفاده برای انجام محاسبات. ۷۵

جدول ۴-۹ خواص فیزیکی بوته، پیچه القائی و عایق حرارتی ۷۶

جدول۴-۱۰ خواص فیزیکی مذاب و بلور Al_2O_3 برای شبیه سازی جریان شاره ۷۷

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ انتقال گرما به‌وسیله ارتعاش مولکول‌ها در رسانش ۶

شکل ۱-۲ انتقال گرما به‌وسیله همرفت ۸

شکل ۱-۳ طیف الکترومغناطیسی ۱۱

شکل ۱-۴ سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۱۴

شکل ۱-۵ نمای دو بعدی از سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۱۷

شکل۱-۶ مراحل رشد بلور ۱۹

شکل ۱-۷ فرایندهای انتقال حرارت در سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۲۲

شکل ۲-۱ زاویه فضایی تابش به عنصر سطح خاص ۲۶

شکل ۲-۲ شار تابش گرمایی روی یک سطح دلخواه ۲۷

شکل ۲-۳ پارامترهای هندسی بین دو عنصر سطح ۲۸

شکل ۲-۴ پارامترهای هندسی بین دو عنصر سطح ۲۹

شکل ۲-۵ پارامترهای هندسی بین یک سطح و یک عنصر سطح ۳۰

شکل ۲-۶ پارامترهای هندسی بین دو سطح ۳۱

شکل ۲-۷ تابش گسیل شده از یک سطح به سطوح دیگر ۳۲

شکل ۲-۸ قانون سوم ۳۳

شکل ۲-۹ پارامترهای هندسی ۳۶

شکل۲-۱۰ ضریب دید بین یک سطح مستطیلی و یک عنصر سطح موازی با آن در گوشه آن ۳۷

شکل ۲-۱۱ آرایش هندسی ضریب دید ۳۷

شکل ۲-۱۲ روش Crossed-string برای آرایش هندسی دو بعدی دلخواه ۳۹

شکل ۲-۱۳ روش Inside sphere ۴۰

شکل ۳-۱ ضریب دید دو حلقه ۴۶

شکل ۳-۲ ضریب دید مخروط و حلقه ۴۷

شکل ۳-۳ ضریب دید دو عنصر سطح حلقه ۴۸

شکل ۳-۴ ضریب دید برای استوانه ۴۸

شکل ۳-۵ ضریب دید حلقه و استوانه ۴۹

شکل ۳-۶ ضریب دید قسمتی از استوانه ۵۰

شکل ۳-۷ ضریب دید دو استوانه ۵۰

شکل ۳-۸ ضریب دید شکل خاص دو استوانه ۵۱

شکل ۳-۹ ضریب دید شکل خاص دو استوانه ۵۲

شکل ۳-۱۰ ضریب دید شکل خاص دو استوانه ۵۲

شکل ۳-۱۱ ضریب دید دو دیسک ۵۳

شکل ۳-۱۲ ضریب دید شکلی از مخروط ۵۳

شکل ۳-۱۳ ضریب دید شکلی از مخروط ۵۴

شکل ۳-۱۴ ضریب دید قسمتی از مخروط ۵۴

شکل ۳-۱۵ ضریب دید قسمتی از مخروط ۵۵

شکل ۳-۱۶ ضریب دید قسمتی از دو مخروط ۵۵

شکل ۳-۱۷ ضریب دید قسمتی از استوانه ۵۶

شکل ۴-۱ سیستم رشد بلور چُکرالسکی بدون فاصله بین بوته و گرم‌کننده جانبی ۶۱

شکل ۴-۲ سیستم رشد بلور چُکرالسکی با فاصله بین بوته و گرم‌کننده جانبی ۶۱

شکل ۴-۳ سیستم رشد بلور چُکرالسکی بدون گرم‌کننده جانبی ۶۲

شکل ۴-۴ سیستم رشد بلور چُکرالسکی با شکل خاص گرم‌کننده جانبی ۶۲

شکل ۴-۵ سیستم رشد بلور چُکرالسکی با فاصله بین بوته و گرم‌کننده جانبی، در ارتفاعات مختلف از بلور رشد یافته
۶۵

شکل ۴-۶ نمای ساده‌ی ۳بعدی از سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۷۰

شکل ۴-۷ نمودار افزایش ضریب دید سطوح b و h با افزایش ارتفاع بلور ۷۲

شکل ۴-۸ نمودار کاهش ضریب دید سطوح e و j با افزایش ارتفاع بلور و کاهش ارتفاع بلور اولیه ۷۲

شکل ۴-۹ توزیع گرمای حجمی در بوته و گرم کننده ۷۹

شکل۴-۱۰ توزیع جریان سیال، در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی سطح به سطح (سمت راست)، بدون در نظر گرفتن انتقال حرارت تابشی (سمت چپ). ۸۱

شکل ۴-۱۱ توزیع میدان‌های دما، در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی سطح به سطح (سمت راست)، بدون در نظر گرفتن انتقال حرارت تابشی (سمت چپ). ۸۳

شکل۴-۱۲ توزیع دما درون بلور، در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی سطح به سطح (سمت راست)، بدون اثر انتقال حرارت تابشی (سمت چپ). ۸۴

شکل ۴-۱۳ توزیع میدان‌های دما، در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی داخل بلور (سمت راست)، بدون در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی (سمت چپ). ۸۸

شکل۴-۱۴ توزیع میدان‌های دما، در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی داخل بلور (سمت راست)، بدون در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی (سمت چپ). ۸۹

شکل۴-۱۵ توزیع دما درون بلور، در نظر گرفتن اثر انتقال حرارت تابشی داخل بلور (سمت راست)، بدون اثر انتقال حرارت تابشی داخل بلور (سمت چپ). ۹۰

فهرست علائم اختصاری

C_p گرمای ویژه

σ ثابت استفان- بولتزمن

σ_{co} رسانندگی پیچه

σ_{cr} رسانندگی بوته

ε گسیلندگی

ω سرعت زاویه ای چرخش بلور

P فشار

ρ چگالی

T دما

T_c دمای ذوب (دمای مشخصه)

L_c طول مشخصه

U_c سرعت مشخصه

u, v, w سرعت چرخش

r_{cr} شعاع بوته

s_{cr} ضخامت بوته

h_{cr} ارتفاع داخلی بوته

h_{af} ارتفاع داخلی گرم کننده جانبی

r_{af} شعاع درپوش گرم کننده جانبی

D_{ca} فاصله بوته و گرم کننده جانبی

r_{co} شعاع داخلی پیچه القائی

s_{co} ضخامت پیچه القائی

L_{co} طول سطح مقطع پیچه

h_{co} ارتفاع سطح مقطع پیچه

d_{co} فاصله پیچه‌ها

D_{co} فاصله پیچه پایین و بالا

H_{ci} ضخامت کف عایق

D_{ci} ضخامت دیواره عایق اطراف بوته

D_{ai} ضخامت عایق اطراف گرم‌کننده جانبی فعال

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه..... ۱

فصل اول:

انتقال حرارت و سیستم رشد بلور چُکرالسکی

۱-۱ انتقال حرارت..... ۴

۱-۲ کاربرد..... ۴

۱-۳ راه‌های انتقال حرارت..... ۴

۱-۳-۱ رسانش..... ۵

۱-۳-۱-۱ آهنگ انتقال گرما به‌وسیله رسانش..... ۷

۱-۳-۲ همرفت..... ۷

۱-۳-۲-۱ انتقال گرما به‌وسیله همرفت..... ۸

۱-۳-۲-۲ انواع همرفت..... ۹

۱-۳-۳ تابش (تشعشع)..... ۹

۱-۳-۳-۱ آهنگ انتقال گرما به‌وسیله تابش ۱۱

۱-۴ سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۱۴

۱-۴-۱ مقدمه ۱۴

۱-۴-۲ تاریخچه بررسی انتقال حرارت در رشد بلور به روش چُکرالسکی ۱۵

۱-۴-۳ فرایند رشد بلور در سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۱۶

۱-۴-۴ انتقال حرارت در سیستم رشد بلور چُکرالسکی ۲۰

۱-۴-۴-۱ انواع انتقال حرارت در سیستم رشد ۲۱

فصل دوم:

ضریب دید

۲-۱ ضریب دید ۲۵

۲-۱-۱ ضریب دید بین دو عنصر سطح ۲۶

۲-۱-۲ ضریب دید بین یک سطح و یک عنصر سطح ۲۹

۲-۱-۳ ضریب دید بین دو سطح ۳۰

۲-۲ قوانین حاکم بر ضریب دید ۳۲

۲-۳ روش‌های محاسبه. ۳۴

۲-۳-۱ انتگرال‌گیری مستقیم ۳۴

۲-۳-۲ روش محاسباتی ۳۶

۲-۳-۳ روش جبری ۳۷

۲-۳-۴ روش‌های خاص ۳۸

۲-۴ آهنگ انتقال گرما ۴۱

فصل سوم:

مدل ریاضی

۳-۱ مقدمه ۴۳

۳-۲ شرط مرزی حرارتی در سیستم رشد بلور چُکرالسکی. ۴۴

۳-۳ مدل ریاضی ضریب دید ۴۵

فصل ۴:

محاسبات، نتایج و بحث

۴-۱ مقدمه ۶۰

۴-۲ پیکربندی‌های مختلف مورد مطالعه برای سیستم رشد. ۶۰

۴-۲-۱ شرایط محاسبه ضریب دید برای پیکربندی‌های مختلف ۶۲

۴-۳ نتایج و بحث در مورد ضرایب دید ۶۶

۴-۴ شرایط سیستم رشد بلور برای محاسبات ۷۳

۴-۴-۱ نتایج و بحث ۷۷

۴-۴-۱-۱ حالت ۱: سیستم با و بدون تابش سطح به سطح ۷۷

۴-۴-۱-۲ حالت ۲: سیستم با و بدون تابش درونی ۸۶

نتیجه‌گیری ۹۳

واژه نامه. ۹۵

مراجع ۹۶

چکیده انگلیسی ۹۸

مقدمه

فرایند انتقال حرارت در بسیاری از پدیده‌های روزمره تا مصارف صنعتی و پیشرفته‌ی زندگی ما وجود داشته و قابل ملاحظه است. امروزه نیاز فراوانی به بررسی این فرایند، برای داشتن تولیدات خوب و صنعتی مطمئن و همچنین آگاهی از علوم روز احساس می‌شود. تابش یکی از روش‌های انتقال حرارت است که به دلیل حضور آن در خلا و در محیط مادی، در مسائل گوناگون بسیار تاثیرگذار است و در نتیجه باید مورد توجه مهندسان و محققان علمی باشد. یکی از سیستم‌هایی که بررسی انتقال حرارت در آن امری ضروری است رشد بلور به‌وسیله سیستم رشد بلور چُکرالسکی است. رشد بلور به روش چُکرالسکی متداول‌ترین روش، برای رشد بلورهای اکسید مانند { EMBED Equation.3 } از فاز مذاب است. در این روش رشد بلور از بلور اولیه‌ای که به صورت میله‌ی باریکی در تماس با مذاب قرار دارد، انجام می‌شود. در این سیستم، انتقال گرما به‌وسیله تابش در سطوح اطراف فضای گازی سیستم وجود دارد. همچنین سطوح داخلی بلور نیز به علت نیمه شفاف بودن می‌توانند از خود گرما تابش کنند. وجود تابش در سیستم تاثیر بسزایی در روند رشد بلور دارد. بررسی این فرایند می‌تواند در تولید بلور با کیفیت مطلوب و نواقص کم‌تر کمک بسیاری به ما بکند. برای بررسی تابش در سیستم نیاز به یک پارامتر ریاضی احساس می‌شود که بتوان با وارد کردن آن در محاسبات میزان تابش بین سطوح را دانست. این پارامتر ضریب دید نامیده می‌شود و آن را کسری از کل تابشی که از سطح ساطع شده و به سطح دیگر می‌رسد، تعریف می‌کنند. برای به‌دست آوردن ضریب دید معادلات ریاضی تعریف شده است، که حل کردن این معادلات برای بعضی از سطوح بسیار سخت و پیچیده است.

در این پایان نامه ابتدا معادلات ریاضیِ برای ضرایب دید بین سطوح مختلف و خاص که قبلاً توسط افراد مختلف نوشته شده، جمع آوری شده است. مرحله بعد به دست آوردن ضریب دید برای

سطوح مختلفِ سیستم رشد بلور چُکرالسکی است که برای ضریب دید بین هر دو سطحِ یک معادله به دست می‌آید. سرانجام یک برنامه محاسباتی رایانه‌ای برای به دست آوردن ضریب دید در ارتفاعات مختلف بلور رشد یافته برای حالات و پیکربندی‌های متفاوت سیستم رشد بلور چُکرالسکی نوشته شده است.

در فصل اول این پایان نامه در مورد انتقال حرارت و روش‌های آن توضیح داده شده است و روش تابش بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین توضیحاتی راجع به سیستم رشد بلور چُکرالسکی و تاریخچه ای از بررسی انتقال حرارت در این سیستم داده شده است. در فصل دوم در مورد ضریب دید توضیح داده شده است، در این فصل روش‌های به دست آوردن این پارامتر هندسی نیز همراه با ارائه مثال‌هایی بیان شده است. فصل سوم روشی را که در این پایان نامه برای به دست آوردن ضریب دید برای سیستم رشد بلور چُکرالسکی استفاده شده، معرفی کرده است، برای این منظور مثال‌هایی از ضرایب دید محاسبه شده بین سطوح آورده شده است. در فصل چهارم ابتدا ضریب دید برای پیکربندی‌های متفاوت دستگاه رشد بلور چُکرالسکی نشان داده شده است. این ضرایب دید برای هر دو تابش سطح به سطح و تابش درونی محاسبه شده است. در پایان این فصل توزیع جریان‌های شاره و میدان دما برای سیستمی که تابش سطح به سطح یا تابش درونی در آن در نظر گرفته نشده با سیستمی که تابش در آن‌ها در نظر گرفته شده مقایسه شده است.

فصل اول:

انتقال حرارت و
سیستم رشد بلور چُکرالسکی

۱-۱ انتقال حرارت

انتقال حرارت عبارت است از انتقال انرژی گرمایی به صورت خود به خودی از جسم گرم‌تر به جسم سردتر. شرط انتقال حرارت خودبه‌خودی، اختلاف دماست و انتقال حرارت جز به این دلیل اتفاق نمی-افتد. وقتی یک جسم یا سیال در دمای متفاوتی با جسم دیگر یا محیط است، انتقال انرژی گرمایی صورت می‌گیرد و این انتقال انرژی، تا زمانی که جسم و محیط به تعادل گرمایی برسند، ادامه پیدا می‌کند. تعادل گرمایی زمانی است که دمای هر دو یکسان شود. برای این که یک جسم، جسم دیگر را گرم کند تماس واقعی بینشان ضروری نیست. مثلاً خورشید از فاصله‌ی دور همه چیز را گرم می‌کند. گرما به روش‌های مختلف که هر کدام تحت شرایط مختلفی قابل انجام است، انتقال می‌یابد. تنها وجه مشترک این انتقال این است که در همه‌ی آن‌ها گرما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر انتقال می‌یابد.

۱-۲ کاربرد

مسئله‌ی توزیع دما و شارش گرما در بسیاری از شاخه‌های علوم و مهندسی مطرح است. به عنوان مثال در طراحی دیگ‌های بخار، چگالنده‌ها، مبدل‌های حرارتی و رادیاتورها، تحلیل انتقال گرما برای محاسبه‌ی اندازه‌ی آن‌ها لازم است. از سیستم‌های دیگری که بررسی انتقال حرارت در آن‌ها امری ضروریست، سیستم‌های رشد بلور است که در ادامه به‌طور مفصل بحث می‌شود.

۱-۳ راه‌های انتقال حرارت

گرما به سه روش انتقال پیدا می کند: