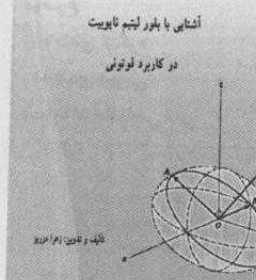


۱۵۸۸۲۶۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



آشنایی با بلور لیتیم نایوبیت (LiNbO_3) در کاربرد فوتونی

تألیف:

زهرا درریز



Email : simaye.danesh@yahoo.com

Telegram : [telegram.me/simayedaneshpub](https://t.me/simayedaneshpub)

سرشناسه	:	در ریز، زهرا، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	آشنایی با بلور لیتیم (LiNbO_3) در کاربرد فوتونی / تألیف زهرا در ریز.
مشخصات نشر	:	تهران: سیمای دانش، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	:	۱۸۸ص.
شابک	:	978-600-120-408-1
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
موضوع	:	بلورهای فوتونیک
موضوع	:	Photonic crystals
موضوع	:	بلورشناسی نوری
موضوع	:	Crystal optics
رده بندی کنگره	:	QD۹۲۴/۵۴آ۵ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	:	۵۴۸/۸۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۱۱۱۹۳۰

آشنایی با بلور لیتیم نایوبیت (LiNbO_3) در کاربرد فوتونی

تألیف:	زهرا در ریز
ناشر:	انتشارات سیمای دانش
ناشر همکار:	انتشارات سیمای دانش
نوبت چاپ:	اول / ۱۳۹۶
تیراژ:	۱۰۰۰ نسخه
حروفچینی:	موسسه مهراد
صفحه آرایی:	موسسه مهراد - مجتبی حسینی
لیتوگرافی:	باختر
چاپخانه:	فرشیوه
صحافی:	روشنک
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۴۰۸-۱
قیمت:	۱۶۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات سیمای دانش محفوظ است.

انتشارات سیمای دانش: خیابان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین
 پلاک ۳۱۸ - تلفن: ۶۶۴۶۴۷۷۹
 فروشگاه سیمای دانش: ۶۶۴۶۰۵۴۵
 انتشارات آذر: ۶۶۴۶۵۸۳۰
 کتابفروشی عصر دانش: ۶۶۴۹۳۷۰۱
 کتابفروشی پرهمام: ۶۶۴۶۸۲۳۵

پیشگفتار

به عنوان یک آموزنده فیزیک و در راستای فعالیت بر روی فن آوری رشد بلور، به ویژه در کاربرد فوتونی مرا در نوشتن مطالب مدون در قالب یک کتاب ترغیب کرد. این کتاب با خط مشی تمرکز بر روی نظریه‌ها، روش‌ها و فن آوری روز نخست اصول اپتیک غیرخطی را یادآور می‌شود و سپس، با الهام از دستاورد بلورهای اپتیکی غیرخطی به معرفی بلور لیتیم نایوبیت می‌پردازد که برای فراگیری جنبه رشد، طراحی و استفاده مؤثر در توسعه کاربرد فوتونی در زمینه اپتیک غیرخطی بسیار چشمگیر است. در این کتاب ادبیات اپتیک غیرخطی^۱ (NLO) به طور دقیق بررسی می‌شود. سرعت و آسانی تولید فوتون منطقه فوتونی، زمینه‌های فعال پژوهشی را به لحاظ تقاضای جوامع مدرن در راستای بهبود ارتباطات مخابراتی، سیرسازی داده‌ها، بازیابی، پردازش و انتقال اطلاعات برانگیخته است. طراحی‌ها و استفاده از فوتون به جای الکترون برای انتقال اطلاعات یک ضرورت برای مواد جدید با ویژگی‌های اپتیک غیرخطی به شمار می‌رود. اپتیک غیرخطی اساس تمام پدیده‌هایی است که در آن مؤلفه‌های اپتیکی مواد در برهم‌کنش یا تابش سدها، همدوس تغییر می‌کنند. پدیده اپتیک غیرخطی درک بیشتری از برهم‌کنش نور- ماده ارائه می‌دهد، جستجو برای مواد جدید مولکولی با خواص اپتیک غیرخطی از موضوعات بسیار مهم در کاربرد دستگاه فوتونی است. اختراع لیزر با یک تحول فراگیر و فزاینده، ما را به تحقیق و توسعه در زمینه فوتونی ترغیب کرده است و از سوی دیگر، بررسی خواص اپتیک غیرخطی افق کاربرد لیزرها را رو به فزونی گذاشته است. اشکال بسیاری از مواد لیزری به دلیل ناتوانمندی تولید تابش در گستره طیفی پهناور است برای مثال، برای این، به نوبت از مواد لیزری با کاربرد مناسب به دلیل خواص گرمایی خود توان خروجی را محدود کرده‌اند.

لیتیم نایوبیت (LiNbO_3 یا LN) و پتاسیم تیتانیل فسفات (KTiOPO_4 یا KTP) بلورهای غیرخطی فروالکتریسیت هستند که به طور گسترده در زمینه فوتونی استفاده می‌شوند. با توجه به بزرگی ضرایب اپتیکی، الکترواپتیکی (EO)، پیزوالکتریسیت و صوتی- نوری بلور لیتیم نایوبیت به طور گسترده با روش نیمه جورشده‌گی فاز (QPM) که در آن علامت غیرخطی به صورت دوره‌ای توسط قطبش میدان الکتریکی تنظیم و اصلاح می‌شود، در تبدیل بسامد باریکه پرتو لیزر استفاده می‌شود. در امواج ریز و ارتباطات مخابراتی LN برای یکسوسازهای نوری استفاده می‌شود. از سوی دیگر، KTP و مشتقات آن که ضریب غیرخطی تا حدی کوچک‌تر را نشان می‌دهند، اما به دلیل آستانه تخریب و نیز

^۱ NLO: Non-linear optics

ضریب شکست بسیار بالاتر در ساخت ابزار و دستگاه‌های QPM برای تولید طیف نور مرئی، فروسرخ و فرابنفش در کاربردهای توان بالا استفاده می‌شود.

رشد سریع فوتونی برای ارتباطات، ذخیره‌سازی داده‌ها، نمایشگرها، کاربردهای پزشکی و پدافندی نیاز به یک پلت فرم جامع حالت جامد با طول موج نوری گسترده خطی و غیرخطی را می‌طلبد. در این راستا، بلورهای اکسیدی مانند LiNbO_3 ، LiIO_3 ، KTP ، KDP ، APD و همچنین، بلورهای نیم‌رسانا مانند Si ، AgGaS_2 ، CdSe ... در پیش‌برد صنعت نیم‌رسانا، به لطف رشد تک بلورهای فروالکترونیسته در اندازه‌های مختلف، در این مهم نقش برجسته و مؤثر داشته‌اند.

این کتاب مشتمل بر شش فصل و دو پیوست است. همچنین، برای راهنمای دانش پژوهان در خاتمه یک واژه نامه مصطلحات به کار رفته است.

سپاس ایزد مآلا را که در نگارش این کتاب بر من منت نهاد. از خانواده نازنین و عزیزم به خاطر حوصله‌ای که مبذول داشتند و همواره در انجام این مهم مشوق من بودند صمیمانه قدردانی می‌کنم. از همراهی دوستانی که کمک فوری کردند، اسگزارم.

زهره دررئز - بهمن ۱۳۹۶

۱۱.....	فصل اول- روش‌های رشد بلورهای اپتیکی
۱۱.....	۱-۱ معرفی
۱۲.....	۲-۱ رده‌بندی رشد بلور
۱۳.....	۱-۲-۱ رشد از مذاب
۱۴.....	۱-۲-۱ (الف) رشد به روش بریجمن
۱۵.....	۱-۲-۱ (ب) رشد بلور به روش چوکراسکی
۱۸.....	۱-۲-۱ (ب) رشد به روش کایروپلوس
۱۹.....	۱-۲-۱ (ت) رشد به روش ورنولی
۱۹.....	۲-۲-۱ رشد از محلول
۱۹.....	۲-۲-۱ (الف) رشد از غلظت در دمای پایین
۲۰.....	الف ۱- روش سرمایش
۲۰.....	الف ۲- روش تبخیر آهسته
۲۱.....	الف ۳- روش شیب دمایی
۲۱.....	الف ۴- روش رشد از ژل
۲۱.....	۲-۲-۱ (ب) رشد از محلول در دمای بالا
۲۲.....	ب-۱ روش کمک ذوب
۲۳.....	ب-۲ رشد هیدروترمال
۲۴.....	۳-۱ رشد بلور از فاز بخار
۲۴.....	۴-۱ اپتیک غیرخطی
۲۴.....	۱-۴-۱ تاریخچه اپتیک غیرخطی
۲۸.....	مرجع‌ها
۳۱.....	فصل دوم- اپتیک غیرخطی
۳۱.....	۱-۲ معرفی
۳۲.....	۲-۲ توصیف نظری اپتیک غیرخطی
۳۶.....	۳-۲ انواع اثرات اپتیک غیرخطی
۳۷.....	۱-۳-۲ تولید هماهنگ دوم

۳۹	۲-۳-۲ تولید بسامد مجموع
۳۹	۳-۳-۲ تولید بسامد تفاضل
۴۰	۴-۳-۲ تولید پارامتری نوری
۴۰	۵-۳-۲ اثر الکترواپتیک خطی
۴۰	۶-۳-۲ یکسوسازی اپتیکی
۴۰	۴-۲ پدیده اپتیک خطی و غیرخطی
۴۱	۱-۴-۲ پدیده اپتیک خطی
۴۲	۲-۴-۲ پدیده اپتیک غیرخطی
۴۳	۵-۲ بلورهای اپتیک غیرخطی
۴۴	۶-۲ رده‌بندی بلورهای اپتیک غیرخطی
۴۵	۱-۶-۲ بلور معدنی
۴۶	۲-۶-۲ بلورهای آلی
۴۶	۳-۶-۲ بلور نیمه آلی
۴۸	۷-۲ روبش-Z
۵۱	مرجع‌ها
۵۱	فصل سوم- برهم‌کنش نور و ماده
۵۲	۱-۳ معرفی
۵۳	۲-۳ اصول برهم‌کنش نور و ماده
۵۷	۱-۲-۳ برهم‌کنش نور و بلور اپتیکی غیرخطی
۵۹	۲-۲-۳ جذب اپتیکی
۶۰	۳-۳ گذردهی الکتریکی و ضریب شکست
۶۲	۴-۳ نقایص ذاتی و شبکه‌ای
۶۲	۱-۴-۳ نقایص پلارون‌ها
۶۲	۱-۴-۳ الف پلارون مقید کوچک
۶۲	۱-۴-۳ ب پلارون‌های آزاد کوچک
۶۳	۱-۴-۳ پ دو پلارون مقید
۶۳	۱-۴-۳ ت حفره پلارون مقید کوچک

- ۳-۴-۲ نقایص غیرذاتی - ناخالصی‌ها و آلاینده‌ها ۶۳
- ۳-۴-۲- الف ناخالصی‌های از نوع فلزات واسطه ۶۳
- ۳-۴-۲- ب ناخالصی‌های هیدروژنی ۶۴
- ب-۱ ارتعاشی - کششی - OH ۶۴
- ب-۲ مجموعه خطوط بینایی و هماهنگ‌های بالاتر قله ارتعاشی -OH ۶۵
- ب-۳ تعیین غلظت هیدروژن از قله ارتعاشی -OH ۶۵
- ب-۴ غنی‌سازی و تهی‌سازی LiNbO_3 با یون هیدروژن ۶۶
- ۳-۵- گذارهای نوری ۶۷
- ۳-۵-۱- جذب و تغییرات ضریب شکست در اثر تابش القایی ۶۸
- ۳-۵-۲- اثر شکست در ماده حجمی فوتوولتایی ۶۸
- مرجع‌ها ۷۱
- فصل چهارم - بررسی تولید، جذب و فرایند رشد بلور ترکیب هم‌سنگ LiNbO_3 ۷۵**
- ۴-۱ معرفی ۷۵
- ۴-۲ روش اندازه‌گیری ۷۷
- ۴-۳ بلورها ۷۹
- ۴-۳-۱ بلورهای LiNbO_3 هم‌سنگ بدون آلاینده ۷۹
- ۴-۳-۲ رشد تک بلورهای LiNbO_3 بدون آلاینده و با آلوده‌های Zn- و Fe- ۷۹
- ۴-۳-۲ (الف) نمودار فاز LiNbO_3 ۷۹
- ۴-۳-۲ (ب) رشد بلور حجمی LiNbO_3 به روش چوکراسکی ۸۱
- ۴-۳-۳ رشد بلور LiNbO_3 با ترکیب استوکیومتری (تناسب عنصری) ۸۸
- مرجع‌ها ۸۹
- فصل پنجم - بلور (LN) LiNbO_3 در مقایسه با سایر بلورهای اپتیکی غیرخطی ۹۱**
- ۵-۱ انگیزه ۹۱
- ۵-۲ ساختار و خواص مواد فروالکتریسته ۹۲
- ۵-۲-۱ خاصیت فروالکتریسته در LiNbO_3 ۹۳
- ۵-۲-۲ خاصیت پایروالکتریسته در LiNbO_3 ۹۵
- ۵-۲-۳ خاصیت پیزوالکتریسته در LN ۹۶

۹۷.....	۳-۵ قطبش خود به خود در مواد فروالکتریسیته
۱۰۰.....	۱-۳-۵ قطبش خود به خود در بلور لیتیم نایوبیت
۱۰۲.....	۲-۳-۵ ساختار قطبیده دوره‌ای (PPLN) و (PPKTP)
۱۰۳.....	۴-۵ روش‌های قطبی کردن مواد فروالکتریسیته (یا تبدیل معکوس قطبش حوزه)
۱۰۳.....	۱-۴-۵ قطبی کردن در اثر روند حرارتی
۱۰۴.....	۲-۴-۵ قطبی کردن هم‌زمان شیمیایی
۱۰۴.....	۳-۴-۵ قطع کردن به روش‌های رشد چوکراسکی و رشد پدستال لیزر-حرارتی
۱۰۵.....	۴-۴-۵ قطع کردن در اثر میدان الکتریکی
۱۰۷.....	۵-۴-۵ قطبی کردن در اثر "لای الکترونی"
۱۰۷.....	۵-۵ ساختار و خواص KLT
۱۰۷.....	۱-۵-۵ ساختار بلور P
۱۰۹.....	۲-۵-۵ خاصیت فروالکتریسیته در KTP
۱۰۹.....	۳-۵-۵ خاصیت پیروالکتریسیته در KTP
۱۱۰.....	۴-۵-۵ خاصیت اپتیکی و الکترواپتیکی در KTP
۱۱۶.....	۶-۵ سایر مواد اپتیکی غیر خطی از خانواده بلورهای اکسیدی و نیم‌رسانا
۱۲۰.....	۷-۵ KDP و بلورهای هم‌شکل آن
۱۲۲.....	۸-۵ LiIO_3 و LiNbO_3
۱۲۵.....	۹-۵ مواد غیر خطی نیم‌رسانا
۱۳۲.....	مرجع‌ها
۱۴۱.....	فصل ششم - فروالکتریسیته لیتیم نایوبیت در کاربردهای فوتونی
۱۴۱.....	۱-۶ معرفی
۱۴۲.....	۲-۶ خواص ویژه لیتیم نایوبیت در کاربردهای فوتونی
۱۴۴.....	۲-۲-۶ مقاومت در برابر تخریب نوری
۱۴۵.....	۳-۲-۶ اثر آکوستواپتیک در کاربرد فوتونی
۱۴۶.....	۴-۲-۶ اثر الکترواپتیک خطی در کاربرد فوتونی
۱۴۸.....	۵-۲-۶ اثر فوتوولتایی حجمی
۱۴۹.....	۶-۲-۶ اثر شکست نوری

۱۵۰	۳-۶ ساختارهای نمونه در کاربرد فوتونی
۱۵۰	۱-۳-۶ نیمه جورشدهی فاز و ساخت حوزه فروالکتریسته با ساختارهای دوره‌ای
۱۵۴	۲-۳-۶ شکل‌های ساختاری
۱۵۴	۴-۶ کاربردها و دستگاه‌های اپتیک غیرخطی
۱۵۴	۱-۴-۶ دستگاه‌های اپتیک غیرخطی بر اساس LiNbO_3 حجمی
۱۵۶	۲-۴-۶ دستگاه‌های اپتیک غیرخطی PPLN به شکل موجبر
۱۵۶	۳-۴-۶ دستگاه SAW
۱۵۷	۵-۶ خواص اپتیک غیرخطی در نانومواد
۱۵۸	۶-۶ خواص NLQ در تک نانوذره
۱۵۹	۲-۶-۶ هماهنگی سه موج نانهذرات
۱۶۰	۷-۶ نتیجه و چشم‌انداز
۱۶۲	مرجع‌ها
۱۶۷	پیوست ۱
۱۶۸	مرجع‌های پیوست ۱
۱۶۹	پیوست ۲
۱۶۹	پ-۱-۲ جورشدهی فاز در بلورهای غیرخطی
۱۸۰	پ-۲-۲ زاویه walk-off در بلورهای غیرخطی
۱۸۱	پ-۲-۳ جورشدهی فاز ۹۰ درجه‌ای
۱۸۲	پ-۲-۴ جورشدهی فاز بحرانی
۱۸۳	مرجع‌های پیوست ۲
۱۸۴	واژه‌نامه