

طراحی سیستم رشد بلور از محلول و رشد بلور دی هیدروژن پتاسیم فسفات همراه با افزودنی

تالیم

ابراهیم حاجی علی^{۱*}، محمدرضا ضرغامی^۲

۱- گروه فوتونیک، دانشکده علوم پایه شهید فخری زاده، دانشگاه جامع امام حسین(ع) ehajiali@ihu.ac.ir

ebhajiali@gmail.com

۲- گروه فوتونیک، دانشکده علوم پایه شهید فخری زاده، دانشگاه جامع امام حسین(ع)

چکیده

رشد کریستال به فرآیند چیدمان اتم‌ها، یون‌ها یا مولکول‌ها در یک ساختار کریستالی منظم اشاره دارد. این فرآیند زمانی آغاز می‌شود که یک ماده از حالت مایع یا گازی به جامد کریستالی گذار فازی را تجربه می‌کند. یکی از مهم‌ترین روش‌های رشد کریستال، رشد از محلول است. رشد کریستال‌های با کیفیت بالا نقش مهمی در توسعه مواد نوری و الکترونیکی پیشرفته ایفا می‌کند. کریستال پتاسیم دی هیدروژن فسفات (KDP) به دلیل خواص نوری غیرخطی، پایداری شیمیایی و کاربردهای گسترده در سیستم‌های لیزری و الکترواپتیکی، توجه قابل توجهی را در تحقیقات علمی و صنعتی به خود جلب کرده است. در این پژوهش، طراحی و پیکربندی دستگاه رشد کریستال محلول بر اساس روش کاهش دمای کنترل‌شده ارائه شده و فرآیند رشد کریستال‌های KDP آلاییده شده با تالیم بررسی شده است. کنترل دقیق دما، سرعت تبخیر و شرایط اسیدی بودن محلول، رشد کریستال‌های شفاف و یکنواخت را امکان‌پذیر می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که یک دستگاه رشد با طراحی مناسب، نقش کلیدی در بهبود کیفیت کریستال‌های KDP آلاییده شده با تالیم ایفا می‌کند و می‌تواند پایه‌ای برای بهینه‌سازی خواص فیزیکی آنها برای کاربردهای آشکارسازی را فراهم کند.

کلیدواژه‌ها: رشد از محلول، تالیم، بلور غیرخطی، دی هیدروژن پتاسیم فسفات

Design of a crystal growth system from solution and crystal growth of potassium dihydrogen phosphate with thallium additive

Ebrahim, Hajiali¹; Mohammad Reza, Zarghami²

^{1 2} Photonics Department, Shahid Fakhrizadeh Faculty, Imam Hussein University
ehajiali@ihu.ac.ir

² Photonics Department, Shahid Fakhrizadeh Faculty, Imam Hussein University

Abstract

Crystal growth refers to the process of arranging atoms, ions, or molecules into an ordered crystal structure. This process begins when a material undergoes a phase transition from a liquid or gaseous state to a crystalline solid. One of the most important crystal growth methods is growth from solution. The growth of high-quality crystals plays an important role in the development of advanced optical and electronic materials. Potassium dihydrogen phosphate (KDP) crystals have attracted considerable attention in scientific and industrial research due to their nonlinear optical properties, chemical stability, and extensive applications in laser and electro-optical systems. In this study, the design and configuration of a solution crystal growth device based on the controlled temperature reduction method is presented and the growth process of thallium-doped KDP crystals is investigated. Precise control of temperature, evaporation rate, and solution acidity conditions enables the growth of transparent and uniform crystals. The results show that a properly designed growth device plays a key role in improving the quality of thallium-doped KDP crystals and can provide a basis for optimizing their physical properties for detection applications.

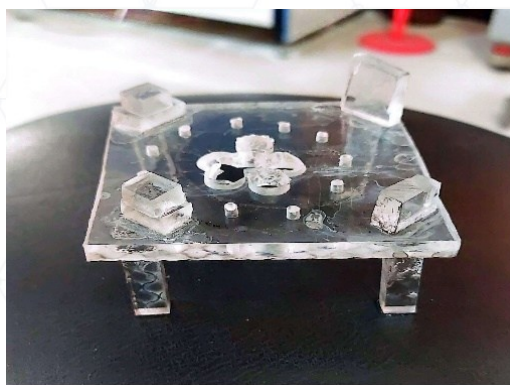
Keywords: Solution growth, crystal growth, nonlinear crystal, potassium dihydrogen phosphate

۱- مقدمه

رشد بلور از محلول فرآیندی است که در آن یون‌ها، مولکول‌ها یا واحدهای ساختمانی از یک محلول فوق اشباع به ساختار بلوری تبدیل می‌شوند. رشد بلور از محلول، به عنوان یک تکنیک جداسازی و خالص‌سازی نسبتاً آسان و مقرون به صرفه است و همچنین یکی از مهم ترین روش های رشد بلور می باشد. [1] بلورهای زیادی را می توان به این روش رشد داد. بلورهایی که تک کریستال هستند و قابلیت و کارایی و خاصیت اپتیکی و آشکارسازی دارند. بلور کلرید پتاسیم و نیز بلور غیرخطی دی هیدروژن پتاسیم فسفات را می توان از محلول اشباع به روش رشد از محلول رشد داد. دی هیدروژن پتاسیم فسفات، معروف ترین ماده دی الکتریک شفاف است، که از ویژگی های مهم این بلور می توان خاصیت پیزوالکتریک و اپتیک غیر خطی اشاره کرد. [2] این بلور بدلیل کیفیت نور بالا و عملکرد در فلورانس بالا، در برابر آسیب اشعه لیزر بسیار مقاوم است. به این بلور می توان افزودنی های مختلفی را اضافه کرد. [3] در این تحقیق بر اساس محاسبات انجام شده، یون تالیم را به محلول اشباع اضافه کرده و چند نمونه بلور رشد داده شده است.

۲- مواد و روش ها

برای چیدمان دستگاه رشد بلور از محلول ، از یک بشر 500mlit برای محفظه رشد و یک بشر 2000mlit برای حمام آب استفاده کردیم. محفظه رشد وقتی داخل حمام آب قرار می گیرد ، باید لبه های آن همسان با حمام باشد به همین منظور باید پایه ای درست کنیم که هم از جنس پلکسی باشد و هم محفظه تکان و لرزش نداشته باشد . با استفاده از ورق پلکسی ، مربعی به ابعاد 8cm برش میزنیم . برروی پلکسی با استفاده از مته ، روزنه هایی برای تبادل دما بین آب داخل حمام و کف بشر محفظه رشد تعبیه شد. در چهار طرف این مربع پایه هایی به طول 3.5cm میچسبانیم . برروی پایه به ابعاد قطر محفظه ، قطعه های پلکسی به منظور محکم نگه داشتن محفظه با استفاده از چسب کلروفرم میچسبانیم .



شکل ۱ : پایه

برای جلوگیری از تبخیر آب دیونیزه داخل حمام و محفظه ، از درپوش استفاده می کنیم. برروی درپوش چهار روزنه ایجاد می کنیم (شکل ۳-۳) . روزنه وسطی به قطر ۲ سانتی متری برای قرار گیری گهواره و دوروزنه به قطر ۱ سانتی متری برای ورود دما سنج است . یک دماسنج برای اندازه گیری دما محفظه و دیگری برای حمام است. روزنه ۰.۵ سانتی متری روی درپوش برای تعادل دما تعبیه می کنیم. برروی درپوش دو دستگیره به ابعاد ۴×۲ تعبیه می کنیم.



شکل ۲: درپوش حمام آب و محفظه

برای قرار دادن Seed در داخل محلول فوق اشباع ، باید Seed را بوسیله چسب به گهواره بچسبانیم. گهواره از دسته بلند به طول ۱۴ سانتی متر و دو پایه هم اندازه به طول ۵ سانتی متر و دو دایره یکسان ، تشکیل شده است . برای ساختن گهواره از چسب کلروفرم استفاده شد. جنس گهواره نیز از پلکسی است.



شکل ۳: گهواره

پودر دی هیدروژن پتاسیم فسفات تهیه شده از شرکت مرک بعنوان ماده اصلی جهت انجام رشد بلور در نظر گرفته شد. همچنین پودرتالیم به منظور افزودنی به محلول اشباع ماده اصلی تهیه گردید. به منظور تعیین دقیق میزان ماده اصلی و نیز ماده افزودنی از ترازوی دو صفر استفاده شد.

برای ساخت محلول فوق اشباع ، 200g آب دیونیزه داخل محفظه رشد و همچنین 1000g آب دیونیزه در داخل حمام ریختیم . بوسیله هیتر مغناطیسی ، آب دیونیزه داخل محفظه رشد را به دما 50°C رساندیم . 79g پودر دی هیدروژن پتاسیم فسفات را داخل آب دیونیزه حل کردیم. از قطعه مغناطیسی، برای هم زدن محلول استفاده کردیم. به مدت دوساعت این همزدن را ادامه دادیم . در این مدت دمای محلول توسط دماسنج، 48-50 °C گزارش شده است. این مدت طولانی به منظور همگن شدن محلول فوق اشباع است.



شکل ۴: چیدمان دستگاه رشد بلور از محلول

0.05g تالیم نیترات به محلول اضافه کردیم. بشر حاوی محلول را به مدت یک روز در دمای 55°C ، overheat می شود. در تمام این مدت، یک همزن مغناطیسی هم محلول فوق اشباع و هم حمام آب را هم میزند. این کار باعث یکنواختی دمایی نمونه و حمام آبی می شود. برای شروع فرایند رشد، سه قطعه seed با ابعاد متفاوت را توسط چسب کلروفرم به گهواره چسبانده می شود. دو تا روی صفحه گهواره، یکی در کف رو به پایین گهواره. ابعاد Seed قبل از رشد:

ایستاده در وسط: $14.7 \times 6.5 \text{ mm}$

ایستاده در کنار: $7.1 \times 5 \text{ mm}$

زیر: $9.7 \times 8.3 \text{ mm}$



شکل ۵: نطفه اولیه

بعد از گذشت حدود 5 روز و در بازده دمایی $49-52^{\circ}\text{C}$ ، بلور دی هیدروژن پتاسیم فسفات همراه با ناخالصی تالیم رشد کرد.



شکل ۶: بلور دی هیدروژن پتاسیم فسفات همراه با ناخالصی تالیم

۳- بحث

افزودن مقادیر مشخصی از تالیم به محلول رشد KDP تأثیر قابل توجهی بر فرآیند رشد بلور داشت. حضور یون‌های تالیم در محلول منجر به تغییر در نرخ رشد سطوح مختلف بلور شده. لازم به ذکر است که عملکرد مناسب افزودنی تالیم تا حد زیادی به طراحی بهینه دستگاه رشد وابسته بوده است. کنترل دقیق شرایط محیطی، به‌ویژه دما و غلظت محلول، موجب شد اثر افزودنی به‌صورت یکنواخت در کل فرآیند رشد اعمال شود و از ایجاد ناپیوستگی در ساختار بلور جلوگیری گردد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، تأثیر غلظت‌های مختلف افزودنی و همچنین بررسی خواص نوری و الکتریکی بلورهای رشد یافته مورد توجه قرار گیرد.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، طراحی و چیدمان یک دستگاه رشد بلور از محلول برای رشد بلور دی‌هیدروژن پتاسیم فسفات (KDP) مورد بررسی قرار گرفت. دستگاه طراحی شده امکان کنترل مناسب شرایط رشد از جمله دما و پایداری محلول را فراهم کرده و محیطی یکنواخت برای رشد بلور ایجاد نمود. نتایج حاصل از رشد بلور KDP در حضور افزودنی تالیم نشان داد که این افزودنی تأثیر قابل توجهی بر فرآیند رشد و کیفیت بلور دارد. افزودن تالیم منجر به بهبود مورفولوژی بلور، افزایش یکنواختی رشد و کاهش نقص‌های ساختاری نسبت به نمونه‌های بدون افزودنی گردید. این امر بیانگر نقش مؤثر یون‌های تالیم در تعدیل سطوح رشد بلور است. به طور کلی، ترکیب طراحی بهینه دستگاه رشد و استفاده از افزودنی تالیم روشی کارآمد برای بهبود کیفیت بلورهای KDP محسوب می‌شود و می‌تواند در رشد بلورهای با کاربردهای نوری و اپتوالکترونیکی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنایی برای مطالعات آینده در زمینه بررسی سایر افزودنی‌ها و بهینه‌سازی بیشتر شرایط رشد بلور باشد.

۵- مراجع

- [1] H. L. Bhat, *Crystal growth*. 2015.
- [2] R. Raja, D. Vedhavalli, P. K. Nathan, and R. Kanimozhi, "Growth and Characterization of KDP doped single crystal," vol. 12, no. 2, pp. 273–281, 2017.
- [3] V. . SALO, "Growing of tallium-doped KDP and ADP Crystal," 2005.