

The KDP Single Crystal Growth Studies

Dibaj, E. - Faghihi, F. - Afshari-poor, M.

Phsics Dep., Faculty of Scinces , University of Shiraz

Key Words: *KDP Single Crystal, Piezoelectric Crystal, Crystal Growth*

Abstract: The piezoelectric crystals convert mechanical energy into electrical energy and vice versa. This property has many applications in science and technology. In this paper we report the growth of KDP single crystal out of a super-saturated KDP liquid by controlling the temperature and the pH. We studied the effect of the variation of the pH and temperature on the KDP single crystal. We found that the best pH range is 4.5 to 5.2, and also that the most appropriate temperature range is 25°C to 30°C.

گزارش پژوهشی

رشد تک بلور پیزوالکتریک KDP

عصمت دیباج - فرشاد فقیهی - مصطفی افشاری پور
بخش فیزیک - دانشگاه شیراز

چکیده: بلورهای پیزوالکتریک افزون بر اهمیت آنها در پژوهش، در مسائل نظامی و صنعتی نیز کاربردهای فراوانی دارند و این امر باعث شده است تا توجه خاصی به این دسته از بلورها معطوف شود. از نظر صنعتی ساخت تک بلور با محدودیتهای خاص تکنیکی همراه است، و بلورهای پیزوالکتریک از آن رده بلورهایی هستند که انرژی مکانیکی حاصل از فشار را به انرژی الکتریکی و برعکس تبدیل می‌کنند. پیزوالکتریکها رده دیگری از بلورها را تشکیل می‌دهند که انرژی گرمایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. پیزوالکتریکهای مهم عبارت اند از کوارتز، ADP و KDP. از کاربردهای گوناگون پیزوالکتریک KDP می‌توان به فیلترسازی مدارهای الکترونیکی [۱]، گوشی‌های پزشکی و چاشنی مواد منفجره اشاره کرد. این مقاله بخشی از گزارش آزمایشهای طرح تحقیقاتی گروه است که بر روی بلورهای KDP انجام گرفته است.

واژه‌های کلیدی: رشد بلور، بلور KDP، پیزوالکتریک

روشهای رشد بلور

به طور کلی روش رشد بلور را می‌توان به چهار دسته زیر تقسیم کرد.

- ۱- رشد از حالت جامد، یعنی دگرگونی فاز جامد به جامد دیگر.
- ۲- رشد از حالت مذاب، یعنی دگرگونی فاز مایع به جامد.
- ۳- رشد از حالت بخار، یعنی دگرگونی فاز بخار به جامد.
- ۴- رشد از حالت محلول، یعنی دگرگونی فاز مایع به جامد.

روش انتخابی این گروه برای دستیابی به یک تک بلور KDP، روش شماره ۴ بوده است. در این روش برای تشکیل بلور از فاز مایع، باید محلول ابر اشباع KDP تهیه شود و به وسیله تبخیر در شرایط مناسب به بلور KDP رسید [۲].

نخست لازم است به این پرسش پاسخ داده شود که برای تهیه محلول ابر اشباع، چه مقدار ماده KDP در یک لیتر لازم است؟ با مراجعه به مراجع مناسب که در آنها تغییرات انحلال پذیری با دما، برای مواد متفاوت رسم شده است، و یا جدولهایی که حد حلالیت در دمای معین تعیین شده است، می توان به پرسش بالا پاسخ گفت. ولی از آنجا که برای بلور KDP به علت استفاده های نظامی مراجع مناسب یافت نمی شد، گروه به روش شیمیایی عیار سنجی (تیتراسیون) مقدار ماده لازم را به دست آورد. چون KDP، با فرمول شیمیایی KH_2PO_4 ، یک اسید یک ظرفیتی است، با استفاده از یک باز استاندارد و یک معرف فنل فتالین می توان غلظت آن را به دست آورد.

$$N_1 = \frac{N_2 V_2}{V_1}$$

آثار pH، دما و ناخالصی بر رشد

KH_2PO_4 پس از یونیزه شدن به صورت یونهای HPO_4^{2-} ، K^+ و H^+ تجزیه می شود. اسید فسفریک، فرمول شیمیایی H_3PO_4 اسیدی مناسب برای پایین آوردن pH محلول KDP است، زیرا، اولاً موجب بروز ناخالصی نمی شود ثانیاً اسیدی نسبتاً قوی است. مثلاً اگر HCl یا H_2SO_4 اضافه می شد ناخالصی های Cl^- و SO_4^{2-} در محلول پیدا می شد، که موجب تغییر شکل بلور از حالت دلخواه می شود.

لازم به یادآوری است که با افزودن اسید فسفریک، غلظت یونهای H^+ و HPO_4^{2-} در محلول افزایش می یابد که غلظت این یونها سرعت تشکیل بلور را افزایش می دهد. و در نتیجه بلور به صورت سوزنی درخواهد آمد، زیرا فرصت رشد در راستای دیگر بلور را نخواهد داشت.

برای افزایش pH مناسبترین ماده KOH است، زیرا ناخالصی وارد محلول نمی شود ولی با توجه به رابطه زیر:



دیده می شود که با افزودن بار، شکل ساختاری KDP در محلول تغییر می کند.

نتایج اثر pH و دما که به صورت تجربی به دست آمده‌اند به صورت زیر دسته بندی می‌شود:

۱- در pH های در حدود ۳ تا ۴ در محلول ابر اشباع، جوانه‌های ریزی تشکیل می‌شود که تعداد آنها زیاد است.

۲- بهترین pH مناسب برای رشد تک بلور KDP در دمای بین 25°C تا 30°C بین ۴٫۵ تا ۵٫۲ است.

۳- در دمای 40°C تا 50°C pH مناسب ۵٫۵ است.

۴- در دمای بالاتر از 50°C کیفیت کار بدون ابزارهای مناسب، بسیار پایین است و درون بلورها ناهمگنی بسیاری مشاهده می‌شود.

۵- در گستره 40°C تا 45°C سرعت رشد بسیار بالاست و از تبخیر محلول ابر اشباع می‌توان در حدود ۴ روز بلوری به طول ۹cm به دست آورد.

۶- در $\text{pH}=6.2$ هیچگونه بلوری دیده نشد.

۷- در گستره 25°C تا 30°C کیفیت بلور به مراتب بهتر است ولی رشد به آرامی صورت می‌گیرد. لذا برای به دست آوردن بهترین کیفیت در کمترین زمان، بهتر است که نخست در گستره دمایی 40°C تا 45°C به وسیله تبخیر، محلول KDP چند بار پالایش شود تا بلور بزرگی به دست آید، و سپس برشی از این بلور را در دمای 25°C تا 30°C قرار داد. از عوامل موثر دیگر در انحلال پذیری ناخالصی است. آثار ناخالصی به سه عامل عمده دسته بندی می‌شود.

۱- تغییر شکل بلوری

۲- تغییر میزان ابر اشباعی که باید تامین باشد.

۳- تغییرات سرعت رشد [۳]

عیوب رشد

هرگز نمی‌توان بلوری بدون عیب رشد داد. حتی نظریه‌های ترمودینامیکی نیز عیوبی بلوری مثل نابجایی و محل‌های خالی را پیش‌بینی می‌کند. چند عیب که در طول رشد بیشتر مشاهده می‌شوند عبارت‌اند از:

۱- خم شدن

۲- پدیده دوقلو

۳- ترکهای گرمایی

۴- مه آلود شدن

از متغیرهای مهم دیگری که موجب این عوامل می شوند، می توان به

۱- میزان ابراشباعی

۲- بازدهی همزن

۳- گستره دمایی و پایداری آن

۴- مقدار ناخالصیها

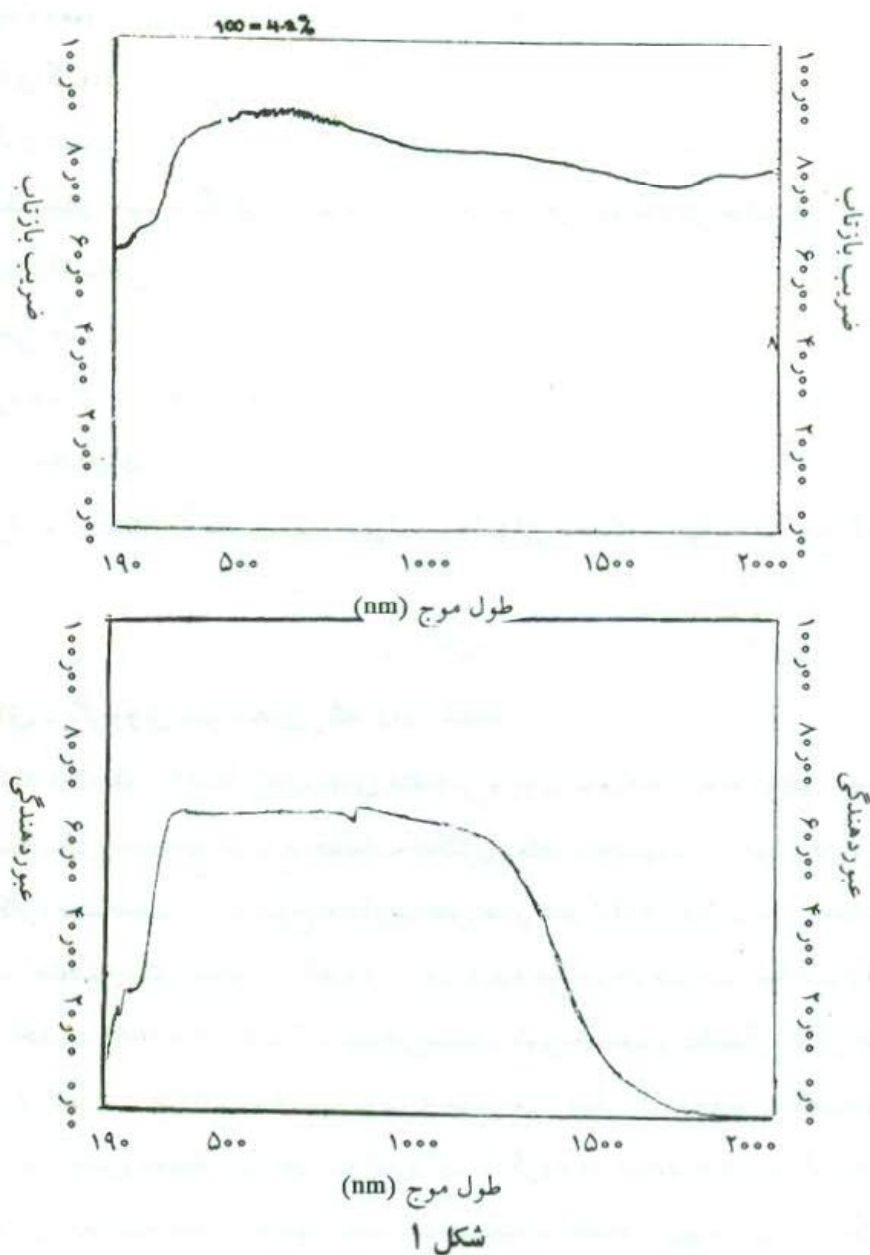
اشاره کرد. برای مطالعه نظری این عیبه‌ها، و روشهای مقابله با آنها به مراجع ۴ و ۵ رجوع شود.

آزمایشهای دیگر روی نمونه‌های رشد داده شده

پس از رشد تک بلور KDP آزمایشهای متفاوتی، روی نمونه‌ها انجام گرفت و با همکاری بخش اپتیک لیزر مجتمع صنایع قطعات الکترونیک، منحنیهایی از توان بازتاب و عبور امواج الکترومغناطیسی از سطوح متفاوت بلورها رسم شدند، که پیوست مقاله شده‌اند. چنانکه در منحنی‌های شکل ۱-الف و ۱-ب دیده می‌شود، ضریب بازتاب (R) از طول موجهای حدود 1300nm به بالا ثابت می‌ماند و ضریب عبور دهندگی (T) کاهش پیدا می‌کند و از طول موج 1800nm به بعد به صفر می‌رسد. از این رو باید گفت که در این ناحیه انرژی الکترومغناطیسی جذب شده است. گروه در صدد به دست آوردن مراجعی مناسب برای مقایسه بقیه منحنیها است. با همکاری بخش بیولوژی دانشگاه شیراز پوششی از نقره، روی بلورها داده شد. این کار در مراحل مقدماتی است و قرار است آزمایشهای نهایی زیر بر روی نمونه‌ها انجام گیرند،

۱- با قرار دادن بلور در یک خازن مسطح به عنوان دی‌الکتریک، با معلوم بودن ظرفیت خازن و فاصله صفحات می‌توان و ضریب گذردهی، ϵ ، در جهت خاص بلوری پی‌برد.

۲- با استفاده از دستگاهی مناسب، با وارد آوردن فشاری در حدود 20dyne می‌توان خروجی در اسیلوسکوپ ثبت کرد، که این کار با همکاری صنایع قطعات الکترونیک انجام خواهد شد.



شکل ۱

مراجع

- 1 - C. A. , W.G. (1964) *Piezoelectricity*.
- 2 - Tajan, I., and Matral, M. (1992) *Laboratory manual on crystal Growth*
- 3 - Voble, Bria, James.(1973) *The Growth of crystal from liquid*, Amestorddam.
- 4 - Gilman, J.J. (1966) *The art and science of growing crystals*.
- 5 - Chernov, A.A.(1986) *Modern crystallography III* Springet series in solid state Science