

## Growth and the investigation of TGSP crystal properties as infrared detector

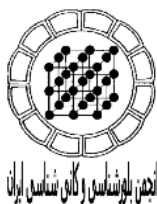
R. Malekfar, B. Abbasi

*Physics Department, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran  
Email: Malekfar@Modares.ac.ir*

(Received: 17/11/2007, in revised form: 10/6/2008)

**Abstract:** Triglycine sulfate, TGS, and its phosphated counterpart, TGSP, have been grown by saturation solution method and were investigated for growth conditions and crystallographic parameters. Structural analysis equipments such as X-ray diffraction and back-scattering laser micro-Raman spectroscopy have been employed for the investigation of the grown crystals and the experimental results obtained for the pure TGS and doped TGSP crystals are presented. We place great emphasis on the influences of the orientation of the seed crystal and also phosphoric acid addition to the quality of the final grown crystals and the changes in the polarization has been studied by using a special electrical circuit and recording the hysteresis loops of the pure and doped crystals.

**Keywords:** *crystal growth, pyroelectric, triglycine sulfate, phosphoric acid, coercive field, hysteresis loop.*



## رشد و بررسی خواص بلور TGSP به عنوان آشکار ساز فروسرخ

رسول ملک فر<sup>۱</sup>، بهنام عباسی<sup>۲</sup>

۱ - بخش فیزیک دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس - تهران

۲ - مرکز تحقیقات پیشرفته لیزر، صا شیراز، شیراز

پست الکترونیکی: [Malekfar@Modares.ac.ir](mailto:Malekfar@Modares.ac.ir)

(دریافت مقاله: ۸۶/۸/۲۷، نسخه نهایی: ۸۷/۳/۲۱)

**چکیده:** بلور سولفات تری گلايسين، TGS، و نیز همتای فسفات دارشده آن، TGSP، با روش رشد از محلول اشباع، رشد داده شدند و از لحاظ چگونگی شرایط رشد و پارامترهای مختلف بلورشناسی مورد بررسی قرار گرفتند. ابزار تجزیه و تحلیلی ساختاری نظیر پراش پرتو X و طیفسنجی پس پراکندگی لیزری میکرو رامان برای بررسی بلورهای رشد داده شده مورد استفاده قرار گرفته شد، و نتایج تجربی به دست آمده از آنها در مورد بلورهای خالص TGS و آلییده TGSP ارائه شده‌اند. توجه ویژه به تاثیر دانه اولیه، و اثر افزایش اسید فسفریک در کیفیت بلورهای نهایی رشد داده شده، بوده است، و تغییر قطبش ایجاد شده با به کارگیری مدار الکترونیکی ویژه و ثبت منحنیهای پسماند بلورهای خالص و آلییده بررسی شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** رشد بلور، پیروالکتتریک، سولفات تری گلايسين، اسید فسفریک، میدان وادارنده، حلقه پسماند.

### مقدمه

ساختار بلوری با سرشت دی‌الکتتریک را می‌توان به جای یکی از ۳۲ گروه تقارنی قرار داد، که ۱۱ گروه از آنها دارای مرکز تقارن بوده و خاصیت فروالکتتریکی دارند و ۲۱ گروه باقیمانده مرکز تقارن ندارند. در این میان ۲۰ گروه از این ۲۱ گروه سرشت پیروالکتتریکی از خود نشان می‌دهند. شاخه دیگری از تقسیم بندی نیز وجود دارد که در آن بلورها می‌توانند دارای یک تک محور قطبیده باشند که به چنین گروهی پیروالکتتریک گفته می‌شود. ولی اگر این مواد ویژگی برگشت پذیری قطبشی نیز داشته باشند، فروالکتتریک خوانده می‌شوند. TGSP یک پیروالکتتریک خوب است. بلورهای TGS و TGSP ثابت دی‌الکتتریک پایینی دارند و در حالت کلی با افزایش دما، رسانندگی آنها بالا می‌رود. این موضوع به لحاظ افزایش نمایی غلظت با دماست، و نیز افزودن ناخالصی نیز رسانایی آن را در دمای معین تغییر می‌دهد.

بلور سولفات تری گلايسين، TGS، کاربردهای ویژه‌ای در وسایل مختلف به ویژه نظامی و پژوهشی دارد که از آن جمله می‌توان به تلسکوپهای فضای، طیف سنجه‌ها و ابزار سرشت‌یابی لیزری، تصویرگرهای تحلیل کننده محیط و آشکارسازهای IR اشاره کرد. خانواده TGS بهترین ماده در میان مواد موجود برای احساسگرهای پیروالکتتریک‌اند که ناشی از ضریب پیروالکتتریک بالای آنهاست. احساسگرهای پیروالکتتریک خانواده TGS احساسگرهای خوبی برای بازه طول موج فرابنفش تا فروسرخ هستند. دلیل اصلی برای بررسی خانواده TGS، در سالهای اخیر، عبارتند از بهای ارزان، گسترده بودن بازه پاسخ دهی دمایی، و بسامدی آنهاست. TGSP یکی از اعضای خانواده TGS است که با افزودن مقدار معین و کم اسید فسفریک به آنگون TGS به دست می‌آید. در شکل (۱) ساختار TGSP از نظر بلورشناسی نمایش داده شده است. هر



شکل ۱ دسته بندی فروالکتريکها از نظر بلورشناسی.

گلايسينيم  $\text{NH}_3 + \text{CH}_2\text{COOH}$  و یکی به صورت دیگر زوئیتتر  $\text{NH}_3 + \text{CH}_2\text{COO}^-$  (یونی که هم خاصیت اسیدی دارد هم خاصیت بازی) است. وقتی اسید فسفریک به عنوان ناخالصی وارد می‌شود، هیدروژن اسید فسفریک با  $\text{COO}^-$  ترکیب شده و زوئیتتر را تبدیل به گلايسينيم می‌کند. در نتیجه فقط در صورتی می‌توان زوئیتتر را مشاهده کرد که ناخالصی اسید فسفریک تا حد امکان کم باشد. برای کنترل دما در آزمایشگاه دستگاهی با دو لایه ساخته شد که با یک کنترل کننده دما و عنصرهای گرمایی که در پایین و بین دو لایه قرار گرفته بودند، دما قابل کنترل بود. این دستگاه و مدار آن را در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده‌ایم. نخست در دماهای زیر ۲۰ درجه سانتیگراد بررسیهایی انجام شد ولی بلوری مشاهده نشد. در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اولین بلورها مشاهده شدند که ضمن پایین بودن سرعت رشد، کیفیت بلورها نیز مناسب نبود. بررسیهای در دماهای بالاتر تکرار شد و در دمای ۳۰ - ۳۵ درجه سانتیگراد بهترین بلورها به دست آمدند. ولی در دماهای بالاتر به دلیل سرعت تبخیر بالا پدیده‌های هسته‌زایی، لایه لایه شدن صفحات، و شکل گیری نامناسب صفحات بلوری مشاهده شدند. زمانی که آبگون به حالت ابر اشباع می‌رسد رقابتی بین دانه‌های اولیه در آبگون آغاز می‌شود، سرانجام یکی برنده خواهد شد و دانه اولیه را به وجود می‌آورد پس از آنکه دانه اولیه به نخ بسته و آویزان شد و بلور تا حدی رشد می‌کند دوباره رقابت برای دانه‌سازی آغاز می‌شود و روی بلور دانه‌های بسیار کوچکی تشکیل می‌شوند. عکس این اثر، با مقیاس ۵۰۰ برابر در شکل ۴ ارائه شده است. دانه‌های اولیه که در شکل

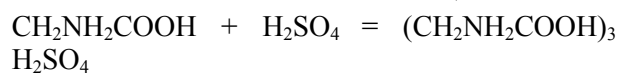
باز قطبش مشکل اصلی این بلور است. بهترین راه برای بر طرف کردن این مشکل افزودن ناخالصی است. این باز-قطبش مربوط به تبادل پروتون بین گلايسين و یون گلايسينيم است. در همین راستا پژوهشگران به دنبال ماده‌ای هستند که جانشین گلايسين شده و با وارد کردن میدان داخلی از باز قطبش بلور جلوگیری کند، [۱، ۲].

دمای کوری بلور TGSP، ۵۱ درجه سانتیگراد است. در حالت کلی TGSP نسبت به TGS میدان وادارندگی بزرگتری از خود نشان می‌دهد که این به دلیل جایگزینی یونهای  $\text{PO}_4^{3-}$  با یونهای  $\text{SO}_4^{2-}$  است.

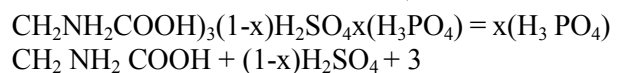
#### روش رشد

رشد بلورهای خانواده TGS با آلیش‌های مختلف به روشهای گوناگونی صورت می‌گیرد. از آن جمله می‌توان به رشد روی صفحه داغ، سردایش آرام و تبخیر آزاد همراه با ثابت نگه داشتن دما اشاره کرد. در اینجا با استفاده از ثابت نگه داشتن دما این کار پژوهشی انجام شده است. که پاسخ مناسبی داده، و بلور به شکل مناسبی رشد می‌کند. بلورهای TGS و TGSP از آبگون اشباع با ترکیبهای شیمیایی زیر به دست می‌آیند.

برای TGS داریم:



و برای TGSP داریم:

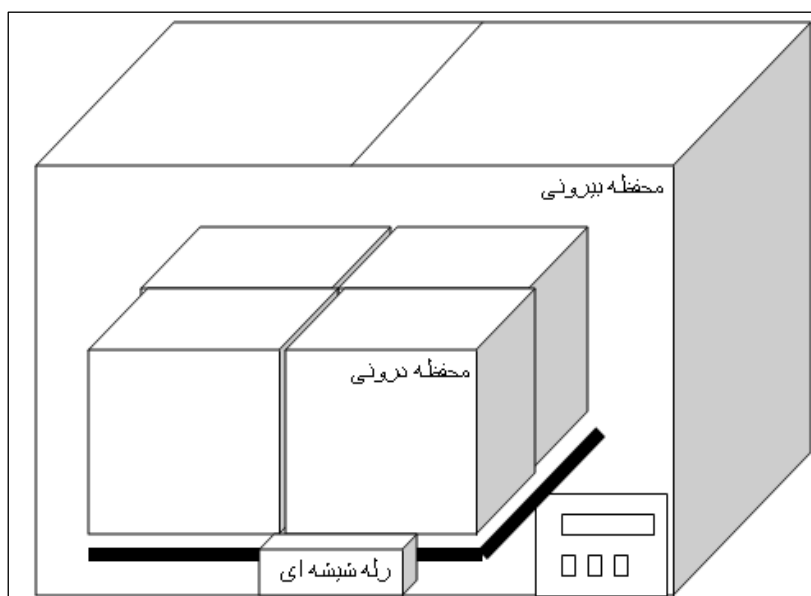


که x در این جا می‌تواند دارای مقادیر ۰٫۱، ۰٫۲، ۰٫۲۵، ۰٫۴، و ۰٫۵ باشد. در TGS از هر ۳ یون گلايسين ۲ مورد آن به صورت

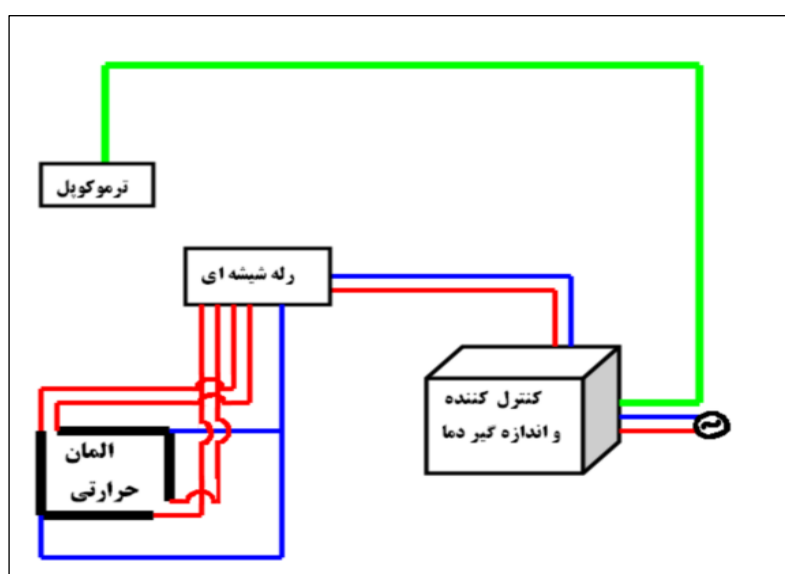
محفظه را برداشتیم و برای جلوگیری از تبادل گرمایی دور آن را کاملا با پشم شیشه که یک عایق گرمایی مناسبی است پوشانیدیم، [۳].

در شرایطی که از ماده اولیه بیشتر و نیز طول زمان رشد بیشتری استفاده شود، ابعاد بلورهای رشد یافته می‌تواند تا  $2,5 \times 4 \times 7$  سانتیمتر مکعب برسد و قطعا راستای سمتگیری دانه اولیه نیز در رشد صفحات موثر است.

نشان داده شده از مرتبه  $10^{-7}$  متر است. پدیده دیگری که هنگام رشد دیده می‌شود پدیده شکستگی بلور بود. این شکستگی زمانی رخ داد که بلور نسبتا بزرگ شده بود. این مورد را می‌توان به رشد نایکسان محور  $b$  در دو راستای مخالف نسبت داد. همچنین در زمان رشد متوجه شدیم که تعادل سه حالت آبگون جامد و گاز در رشد بلور بسیار موثر است، به طوری که هرچه محیط مرطوب‌تر باشد رشد کندتر و کیفیت بلور نیز کاهش می‌یابد. بنابراین در ادامه آزمایش درهای داخلی



شکل ۲ دستگاه رشد بلور.



شکل ۳ مدار دستگاه رشد بلور



شکل ۴ عکس ۵۰۰ برابر شده بلور TGSP.

می‌شود. این مد نظیرمد<sup>-۱</sup>  $140\text{ cm}^{-1}$  در  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  است. دو قله نسبتاً شدید و بلند در  $978\text{ cm}^{-1}$  و  $979\text{ cm}^{-1}$  وجود دارند که می‌توان آنها را به ترتیب به یونهای  $\text{PO}_4$  و  $\text{SO}_4$  نسبت داد. همچنین مد  $448\text{ cm}^{-1}$  نیز به  $\text{SO}_4$  وابسته است. قله بعدی در حدود  $881\text{ cm}^{-1}$  به پیوند ارتعاش C-C وابسته است و در  $662\text{ cm}^{-1}$  یک مد مربوط به نوار C-O- و نیز دوباره در  $627\text{ cm}^{-1}$  مد  $\text{SO}_4$  مشاهده می‌شود. پیوند C-CO دارای دو قله در  $575\text{ cm}^{-1}$  و  $499\text{ cm}^{-1}$  است و در بازه  $326\text{ cm}^{-1}$  تا  $175\text{ cm}^{-1}$  قله‌ها به گلیسین وابسته‌اند. در  $1115\text{ cm}^{-1}$  و  $1135\text{ cm}^{-1}$  می‌توان مد کششی  $\text{NH}_3$  را مشاهده کرد. قله  $1414\text{ cm}^{-1}$  مربوط به  $\text{CO}_2$  متقارن است، و قله  $1478\text{ cm}^{-1}$  را می‌توان به  $\text{CH}_2$  نسبت داد. مد موجود در  $1621\text{ cm}^{-1}$  مربوط به  $\text{NH}_3^+$  بوده و مد  $1675\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده  $\text{C}=\text{O}$  و مدهای  $2737\text{ cm}^{-1}$  و  $2963\text{ cm}^{-1}$ ،  $3022\text{ cm}^{-1}$  و  $3167\text{ cm}^{-1}$  را می‌توان به  $\text{CH}_2$  وابسته دانست. بنابر نظریه هویسن یکی از گلیسینها دارای شکل زوئیترو و دوتای دیگر به شکل گروه کربوکسیل ( $\text{COOH}$ ) ظاهر می‌شوند، [۵]، که پروتون لازم را از  $\text{H}_3\text{PO}_4$  و یا  $\text{H}_2\text{SO}_4$  می‌گیرند. قطبش خود به خودی به تبادل پروتون بین یون گلیسین و یون گلیسینیم بر می‌گردد و در کل بیانگر این است که وجود یونهای قطبیده منجر به مدهایی در طیف رامان شده و مربوط به زوئیترو هستند و در  $1307\text{ cm}^{-1}$  و  $1414\text{ cm}^{-1}$  دیده می‌شوند.

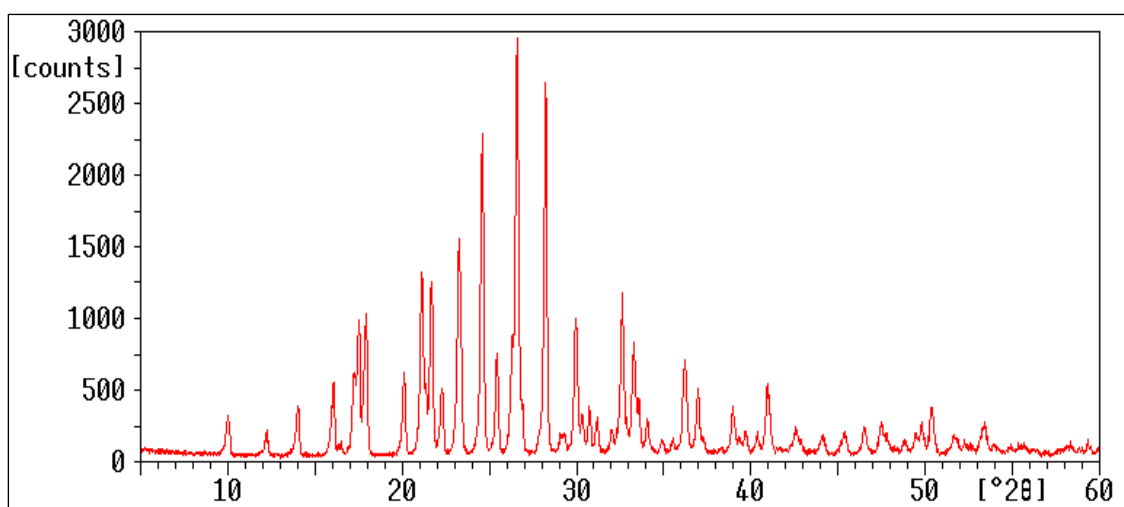
#### تحلیل پراش پرتو x بلور TGSP

اطلاعات پراش پرتو x بلور TGSP در شکل ۵ نشان داده شده است. پراش پرتو x ساختار بلور TGSP را تک میل نشان می‌دهد که با داده‌های ASTM<sup>۱</sup> همخوانی دارد. تجزیه و تحلیل این الگوی پراش پرتو x را می‌توان در جدول شماره (۱) مشاهده کرد. بیشترین شدت مربوط به صفحه (۱۳۱) و پس از آن به صفحه با خاصیت فروالکترونیک (۰۱۰) مربوط بوده است که در اینجا با بلوری که دارای صفحه ac بزرگتری است ثبت الگوی پراش پرتو X به عمل آمد.

#### طیف سنجی رامان

طیف سنجی رامان بلورهای رشد داده شده TGSP در بازه  $100 - 4000\text{ cm}^{-1}$  مورد بررسی قرار گرفت. در طیف سنجی رامان همه اطلاعات مربوط به گلیسین  $\text{CH}_2$ ،  $\text{SO}_4$ ،  $\text{PO}_4$ ،  $\text{NH}_3^+$ ، C-H در مقایسه با مواد دیگر از جمله اسید سولفوریک، اسید فسفریک، گلیسین و دیگر مواد مورد بررسی قرار گرفته است، [۳]، [۴]. لازم به یاد آوری است که همه این آزمایشها در آزمایشگاه طیف سنجی رامان و FT-IR بخش فیزیک دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. چنانکه در شکل ۶ مشاهده می‌شود مد  $176\text{ cm}^{-1}$  به ارتعاشهای گلیسین در شبکه بلور مربوط

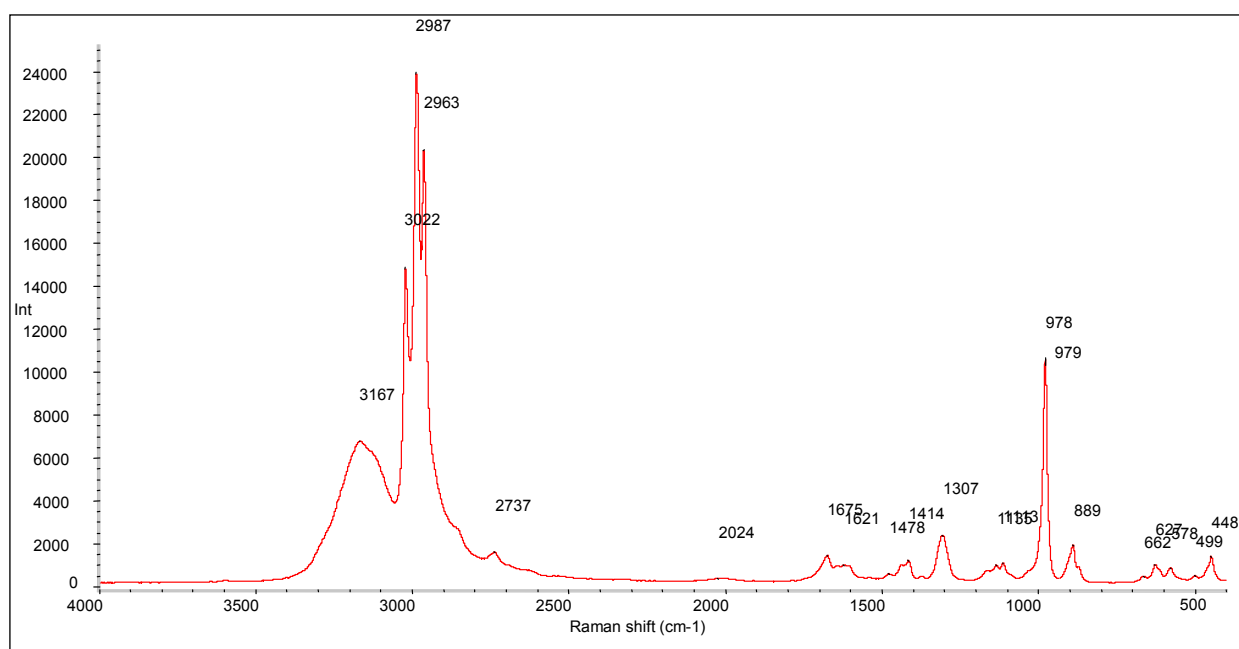
1- American Society for Testing and Materials.



شکل ۵ طرح پراش پرتو X بلور TGSP رشد داده.

جدول ۱ نتایج حاصل از پراش پرتو x.

پارامتر a شبکه (A)	پارامتر b شبکه (A)	پارامتر c شبکه (A)	Beta (degree)	Landa (A)
۹,۴۱۷	۱۲,۶۴۳	۵,۷۳۵	۱۱۰,۲۳	۱,۵۴۲



شکل ۶ نمودار طیف نوعی رامان بلور TGSP رشد داده شده..

#### تاثیر راستای دانه اولیه در رشد بلور TGSP

با روشهای مختلف می توان رشد صفحات بلور TGSP را مورد مطالعه قرار داد. روشهایی مانند تغییر دمای رشد، تغییر شرایط تعادلی سه حالت آبگون، گاز، و جامد ماده، تغییر pH آبگون و

سمتگیری دانه اولیه از این نوع هستند (شکل ۷). پیش از این در مورد تاثیر تغییر آبگون، بررسیهایی انجام شده بود و نتیجه این که در  $\text{pH} = 3$  بلوری با بزرگترین ابعاد به دست می آید و با تغییر درجه بازی و یا اسیدی آبگون بلور نیز کوچکتر شده و

این صفحه اعمال کند و از موارد اصلی مورد بررسی در این مقاله نیز همین موضوع است.

با تغییر ابعاد این صفحه، صفحات دیگر نیز خود را سازگار می‌کنند. در بلور TGSP از سه گلیسین دو تا به صورت گلیسینیم  $\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_3$  و یکی به صورت زوئیر  $\text{NH}_3^+\text{CH}_2\text{COO}^-$  است، [۶، ۷]. علت اصلی استفاده از این بلور به عنوان آشکار ساز فرسوخ دمای اتاق، وجود زوئیر است که در طیف سنجی‌های FT\_IR و رامن به خوبی مشخص است، [۵]. عامل دیگری که می‌توان آن را ناشی از تاثیر افزودن اسید فسفریک دانست. تغییر زوئیراست، با توجه به وجود ۲ هیدروژن در اسید سولفوریک و شرکت آن دو در پیوند GII و GIII، در مورد افزودن اسید فسفریک با نگاه ظاهری می‌توان گفت که هیدروژن سوم نیز به GI چسبیده و زوئیر را مانند دو یون دیگر گلیسین به گلیسینیم تبدیل می‌کند. بنابراین نباید زوئیر که عامل اصلی آشکارسازی فرسوخ این بلور است مشاهده شود، [۸-۱۰]. در صورتی که این عامل نه تنها از بین نمی‌رود، بلکه آشکارتر نیز می‌شود. دلیل این پدیده ثابت تفکیک بالای هیدروژن سوم اسید فسفریک است. حتی هیدروژن دوم نیز نسبت به اسید سولفوریک سخت تر جدا می‌شود. افزودن اسید فسفریک بر پیوند هیدروژنی GI و GII نیز تاثیر گذاشته، از جابه جایی پیوند هیدروژنی و کوالانسی که همان تغییر قطبش است، جلوگیری می‌کند و ضعف اصلی خانواده TGS را که واقعبیدگی است را برطرف می‌کند. در آزمایشهای انجام شده مشاهده شد که اگر از  $x = 0.4$  استفاده شود صفحه ac بیشترین آهنگ رشد را خواهد داشت. اگر از  $x$  های بیشتر از ۰/۵ استفاده شود، بلور شکل مناسب خود را برای آشکارسازی فرسوخ از دست می‌دهد. در  $x = 0.1$  کمترین آهنگ رشد بلور به دست آمده، مشاهده شد.

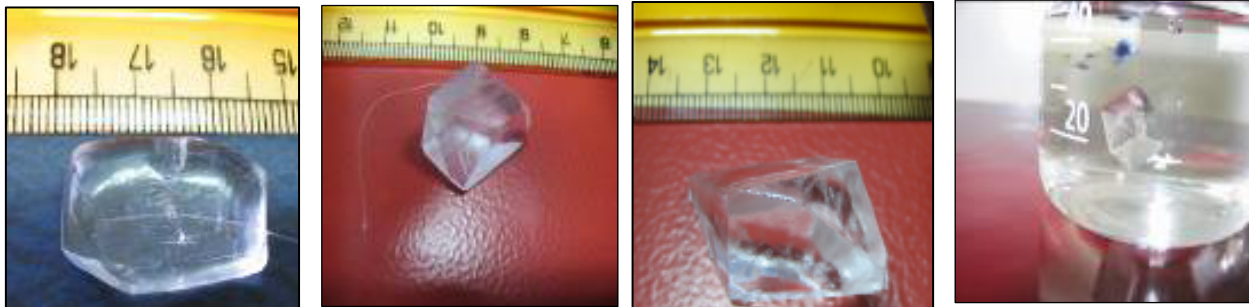
آهنگ رشد کاهش می‌یابد. این تغییر pH به دلیل افزودن درصد؟ اسید فسفریک آبگون است، [۵]. در طول آزمایش با بالا قرار دادن صفحات مختلف بلور آزمایش تکرار شد. در جدول شماره ۲ می‌توان اثرهای آن را مشاهده کرد.

هنگام رشد، با توجه به آهنگ رشد صفحات، شکل بلور نیز تغییر می‌کند. این پدیده در شکل ۲ نشان داده شده است. بنابر جدول بالا در حالتی که صفحه bc بالا باشد، صفحه (۰۰۱) بیشترین آهنگ رشد را نسبت به صفحات دیگر دارد. زمانی که صفحه ac بالا باشد بیشترین آهنگ رشد مربوط به صفحه (۰۱۰) است. در دو حالت صفحه (۱۰۰) کمترین رشد را دارد و در بلورهای بزرگ بر اثر رقابت رشد صفحات دیگر، در بعضی موارد این صفحه به خوبی دیده نمی‌شود.

پس از بررسی این آزمایشها این نتیجه به دست آمد که اگر صفحه ac بالا باشد، صفحه (۰۱۰) بزرگترین حالت خود را خواهد داشت.

#### تاثیر اسید فسفریک بر رشد بلور TGSP

در فرمول شماره ۱ برای رشد بلور از  $x$  های مختلفی استفاده شد و مشاهده شد که با تغییر نسبت اسید فسفریک به اسید سولفوریک، شکل صفحات بلور نیز تغییر می‌کند (شکل ۸). این تغییر در مواردی موجب کوچک شدن و در مواردی دیگر حذف صفحات خاص بلوری می‌شود. در شکل ۳ بلورهایی که با آلیشهای مختلف، و مقادیر  $x$  مختلف ۰/۱، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۴ و ۰/۵ رشد داده شدند نشان داده شده‌اند. عامل این تغییرات در شکل صفحات جانشینی یون فسفات به جای یون سولفات، و تغییر آهنگ رشد صفحات بلور است. در این شرایط یون فسفات ضمن جانشینی میدان داخلی را نیز افزایش می‌دهد. در این بلورها صفحه اصلی مورد توجه، صفحه (۰۱۰) است. چون در حالت عادی یون سولفات و GI نزدیک به این صفحه است، بنابراین کمیت اسید فسفریک باید بیشترین تاثیر خود را روی



شکل ۷ بلورهای رشد داده شده با سمت بندی‌های مختلف دانه اولیه.



جدول ۲ آهنگ رشد صفحات بلور با گونه های مختلف آویزان کردن دانه اولیه بر حسب mm/h.

	pH	(۱۰۰) mm/h	(۰۱۰) mm/h	(۰۰۱) mm/h
صفحه bc	۳	۰٫۰۲	۰٫۱۱	۰٫۱۲
صفحه ac	۳	۰٫۰۳	۰٫۲۹	۰٫۲۶



شکل ۸ بلورهای رشد داده شده با X های مختلف.

### بررسی قطبش

مواد فروالکتریک از جمله بلور مورد بحث وقتی در میدان خاصی قرار گیرند دارای قطبش مشخصی می‌شوند که این قطبش همراستا با میدان است. در این بلور نقش اساسی را زوئیترا بازی می‌کند. و با توجه به پیوند هیدروژنی شدیدتری که اسید فسفریک ایجاد می‌کند، باید میدان وادارندگی شدیدتری نیز مشاهده شود. به صورت نظری، با نادیده گرفتن نقص شبکه و این فرض که احتمال توزیع هسته‌ها یکسان است؛ پس از اعمال میدان  $E(t)$  می‌توان قطبش  $P(t)$  را محاسبه کرد.

برای اندازه‌گیری قطبش از مدار سایر - تاور (Sawyer-) Tower circuit که در شکل (۹) نشان داده شده است، استفاده شد. این مدار بر پایه ایجاد تغییر فاز عمل می‌کند، و تغییر فاز خازن موجب شکل‌گیری دایره‌ای می‌شود، و با تغییر فازی که بلور پدید می‌آورد، حلقه پسماند به وجود می‌آید. این حلقه تابع دماست و هنگامی که دما به دمای گذار برسد، قطبش غیر خطی  $P_f$  صفر و پسماند به خط راست تبدیل می‌شود. دلیل حذف این قطبش غیر خطی را می‌توان در تقارن گلاسیسین مشاهده کرد. اگر به گلاسیسین نگاه کنیم دارای یک تقارن است

که قطبش خاصی را از خود نشان می‌دهد که در شکل (۱۰) به صورت سد پتانسیل دیده می‌شود. چنانکه از شکل (۱۰) پیداست، تمام بارهای منفی در سمت راست (یا در سمت چپ) قرار دارند و قطبش سمت داری شکل می‌گیرد.

در حالتی که دما از دمای گذار بالاتر برود بلور به فاز پارالکتریک می‌رود. در این حالت یونهای گلاسیسین در شبکه بلوری به نقاط ۱/۴ و ۳/۴ رفته و به گونه ای عمل می‌کنند که یکدیگر را از نظر قطبش خنثی کنند که از دید سد پتانسیل این موضوع را به خوبی می‌توان در شکل (۱۱) مشاهده کرد.

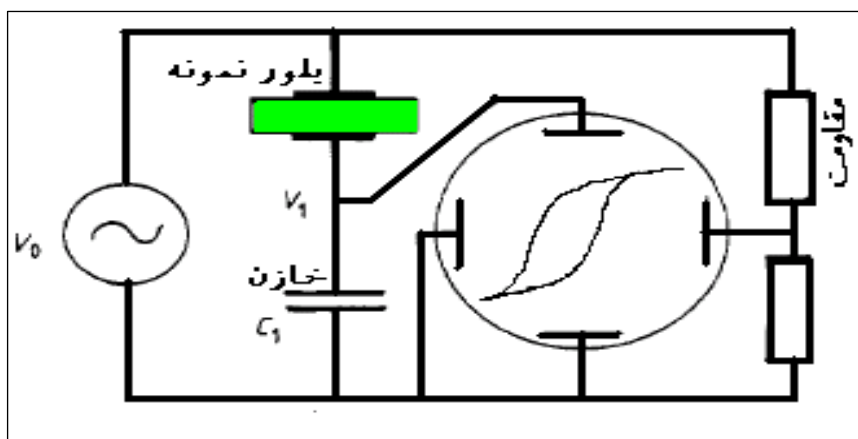
برای انجام این آزمایش از مقاومت مگا اهمی و برای اتصالها از سیم لاکه، و نیز برای الکتروود سطح بلور، از خمیرنقره استفاده شد. در منحنیهای پسماند ارائه شده در شکلها، محور  $Y$  نمایاننده قطبش و محور  $X$  میدان اعمالی به بلور است. از لحاظ نظری با توجه به شکل ۱۰ می‌توان میدان و قطبش را به صورت  $E = \frac{V_o - V_1}{d}$  و  $P = \frac{C_1}{A} V_1 - \epsilon_0 \frac{V_o - V_1}{d}$  بیان کرد. بار جمع شده روی بلور نیز از فرمول شماره (۲) پیروی می‌کند.



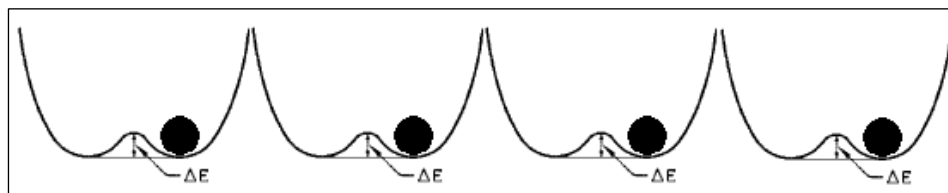
حلقه پسماند به دست آمده برای بلور TGSP به خوبی اشباع شده است و کاملاً تحت تاثیر میزان غلظت اسید به کار برده شده است. با بالا رفتن غلظت، یک دوگانگی در حلقه پسماند مشاهده می‌شود. میدان  $E_c$  در بلور TGSP به خاطر افزوده شدن پرتون به یون زوئتر افزایش می‌یابد که این افزایش ناشی از جانشینی  $PO_3^-$  به جای  $SO_4^{2-}$  است.

$$V_y = \frac{1}{C} \int idt = \frac{1}{C} \int \frac{dQ_x}{dt} dt = \frac{Q_x}{C} \quad (2)$$

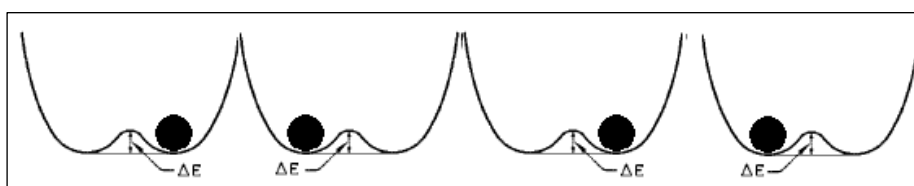
منحنی پسماند بلور TGSP برای Xهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت قطبش‌ها و میدان وادارنده آن نیز به دست آمد، که در شکل (۱۲) نشان داده شده. در بعضی از منحنی‌ها چنانکه دیده می‌شود شاهد دوگانگی در منحنی پسماند هستیم.



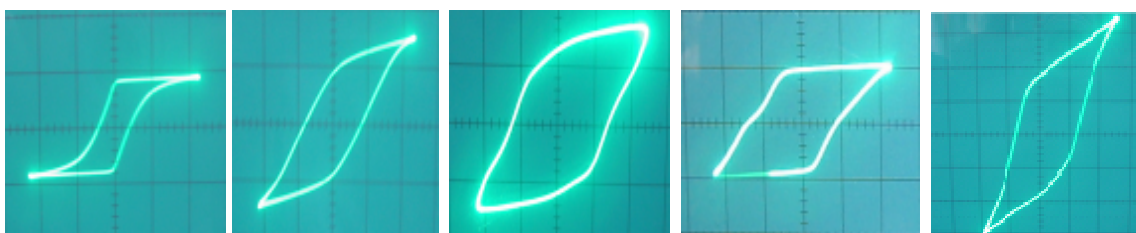
شکل ۹ مدار ساینر - تاور (Sawyer-Tower circuit) برای اندازه گیری قطبش.



شکل ۱۰ حالت قطبش دار گلابسین در فاز فرو الکتریک.



شکل ۱۱ حالت بدون قطبش گلابسین در فاز پارا الکتریک.



شکل ۱۲ منحنی های پسماند بلورهای TGSP رشد داده شده.

## برداشت

بلور سولفات تری گلايسين، TGS، و نیز همتای فسفات دارشده آن، TGSP، با روش رشد از محلول اشباع و با استفاده از ثابت نگه داشتن دما رشد داده شدند. بلورهای رشد داده شده با ساختارهای بهینه، از لحاظ چگونگی شرایط رشد و پارامترهای مختلف بلورشناسی، مورد بررسی قرار گرفتند. الگوهای پراش پرتو X و طیفهای ضبط شده از طیف سنجی پس پراکندگی لیزری میکرو رامان، برای بررسی بلورهای رشد داده شده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. الگوها و طیفهای به دست آمده در مورد بلورهای خالص و آلییده TGS و TGSP ارائه، و تجزیه و تحلیل شدند. با توجه به اهمیت موضوع، توجه ویژه به تاثیر دانه اولیه و نیز اثر اضافه کردن اسید فسفریک در تراکم های مختلف، بر کیفیت بلورهای نهایی رشد داده شده، معطوف شد. تغییر قطبش ایجاد شده با به کارگیری مدار الکتریکی خاص و تجزیه و تحلیل منحنیهای پسماند برای بلورهای خالص و آلییده بررسی و علت تغییرات ایجاد شده ارائه شدند.

## مراجع

- [1] Ashok K. Batra, Mohan D. Aggarwal, Ravindra B. Lal, "Growth and characterization of doped DTGS crystals for infrared sensing devices", Materials Letters, 57 Issues 24-25 (August 2003) 3943-3948.
- [2] Rajul Ranjan Choudhury, R Chitra, M Ramanadham, "The role of the double-well potential seen by amino group in the ferroelectric phase transition in triglycine sulfate", Journal of Physics: Condensed Mater (2003) 4641-4650.

[۳] عباسی ب.، ملک فر ر.، "رشد و اثر جهت گیری دانه بر روی رشد بهینه صفحه (۰۱۰) بلور TGSP به عنوان آشکار ساز مادون قرمز دمای اتاق"، دوازدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران (۱۴ و ۱۵ بهمن ماه ۱۳۸۳).

[4] Saxena A., Gupta V., Sreenivas K., "Characterization of phosphoric acid doped TGS single crystals", Journal of Crystal Growth 263 (2004) 192-202.

[۵] عباسی ب.، ملک فر ر.، "رشد و طیف سنجی پراکندگی رامان و FT-IR عبوری بلور TGSP بعنوان آشکار ساز مادون قرمز دمای اتاق"، یازدهمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران (۱۴ و ۱۵ بهمن ماه ۱۳۸۳)

[6] Meera K., Muralidharana R., Santhanaraghavana P., Gopalakrishnan R., Ramasamy R., "Growth and characterization of L-cystine doped TGS crystals", Journal of Crystal Growth 226 (2001) 303-312.

[7] Lillicrap B.J., Wood J.D.C., Wood V.M., Shaw N., "Growth and electrical properties of deuterated TGS produced by the rotating disc technique", J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 12, (1979).

[8] Gaffar M.A., El-Fadl A.A., "Investigation of the pyroelectric and piezoelectric properties of triglycine sulphate single crystals containing organic molecules", J. Phys.: Condens. Matter 1 (1989) 8991-8999.

[9] Jain S.C., Dahake S.L., Indian J. Pure Appl. Phys. 2 (1964) 71.

[10] Garunmozhi, E. de Matos, "Electrical characterization on L-lysine doped triglycine sulfate single crystals", Material Research Bulletin 37 (2002) 1699-1707.