



پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی
گروه فوتونیک آلی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فوتونیک

عنوان

رفتار دینامیکی توری گذرا در بلورمایع نماتیک آلائیده با رنگینه آزو

اساتید راهنما

دکتر حبیب خوش سیما

دکتر سهراب احمدی

پژوهشگر

حدیث گودرزی

تیر ۱۳۸۹

نام خانوادگی دانشجو: گودرزی	نام : حدیث
عنوان پایان نامه : رفتار دینامیکی توری گذرا در بلور مایع نماتیک آلانئیده با رنگینه آزو.	
استادان راهنما : دکتر حبیب خوش سیما – دکتر سهراب احمدی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: فوتونیک گرایش: آلی دانشگاه: تبریز دانشکده: پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی تاریخ فارغ التحصیلی: تابستان ۸۹ تعداد صفحه: ۸۶	
کلیدواژه ها : توری گذرا، بلور مایع نماتیک، رنگینه آزو.	
<p>چکیده:</p> <p>یکی از روش های ذخیره سازی نوری اطلاعات، استفاده از ابزار های هولوگرافی و پراش است. بلورهای مایع به دلیل داشتن خواصی نظیر دوشکستی و غیر خطیت بالا برای این کاربردها مناسب به نظر می رسند. خواص غیر خطی بلورهای مایع با آلانیدن آن ها با رنگینه های مناسب بهبود قابل توجهی می یابد. رنگینه های آزو به دلیل حساسیت نوری بالا و ایزومریزاسیون بین دو حالت ترانس و سیس مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند. در این کار تجربی، رفتار دینامیکی توری گذرا در بلور مایع نماتیک آلانئیده با رنگینه آزو بررسی می شود. جهت محاسبه ضریب پخش رنگینه های تحریک شده در دو راستای موازی و عمود بر بردار راهنما، رفتار واهلش توری در زوایای نوشتاری مختلف مطالعه گردید. نتایج حاصل نشان دهنده اختلاف قابل توجهی بین ضریب پخش رنگینه های نورتحریکی در دو راستای موازی بردار راهنما و عمود بر بردار راهنما است. مطالعه رفتار دینامیکی توری در دماهای مختلف نشان داد که در دمای اتاق پراش مرتبه اول شامل یک بیشینه است، اما با افزایش دما بیشینه دومی با تاخیر زمانی نسبت به بیشینه اول به وجود می آید که ناشی از باز جهت گیری کند ملکولهای بلور مایع می باشد.</p>	

فهرست

I.....	مقدمه
	فصل اول
۲.....	۱-۱) تاریخچه بلورهای مایع.....
۳.....	۲-۱) تعریف بلور مایع.....
۳.....	۳-۱) ساختار شیمیایی بلور مایع.....
۵.....	۴-۱) تقسیم بندی بلورهای مایع.....
۶.....	۱-۴-۱) بلورهای لیوتروپیک.....
۶.....	۲-۴-۱) بلورهای پلیمریک.....
۷.....	۳-۴-۱) بلورهای ترموتروپیک.....
۸.....	۴-۴-۱) فاز نماتیک.....
۹.....	۵-۴-۱) فاز کلستریک.....
۱۰.....	۶-۴-۱) فاز سمکتیک.....
۱۱.....	۵-۱) بهینه سازی خواص فیزیکی بلور مایع.....
۱۴.....	۶-۱) پارامتر نظم.....
۱۷.....	۷-۱) پاسخ غیر خطی ماده.....
۲۲.....	۷-۱) روابط بین بردارهای میدان و جابه جایی الکتریکی در مواد همسانگرد.....
۲۳.....	۲-۷-۱) قسمت غیرخطی قطبش.....
۲۵.....	۸-۱) سازوکار تغییر ضریب شکست ناشی از لیزر در بلورهای مایع.....
۲۸.....	۹-۱) بلورهای مایع آلانیده با رنگینه.....
۳۱.....	۱۰-۱) اثر فوتوایزومریزاسیون ترانس - سیس - ترانس.....

فصل دوم

- ۳۵..... (۱-۲) مشخصات بلور مایع و رنگینه مورد استفاده.....
- ۳۷..... (۲-۲) محاسبه دورنگ نمایی و پارامتر نظم.....
- ۳۸..... (۳-۲) بلور مایع درون سلول.....
- ۴۰..... (۴-۲) اندازه گیری ضخامت سلول.....
- ۴۱..... (۵-۲) مشخصات سلول ها.....
- ۴۱..... (۶-۲) ساخت دستگاه کنترل حرارتی.....
- ۴۲..... (۷-۲) آرایش تجربی ایجاد توری تمام نگاری در سلول حاوی بلور مایع نماتیک آلانئیده با رنگینه آزو.....
- ۴۵..... (۸-۲) انواع توری.....
- ۴۶..... (۹-۲) پارامترهای موثر در رفتار دینامیکی توری.....
- ۴۷..... (۱-۹-۲) قطبش پرتوهای نویسنده و کاوشگر.....
- ۴۷..... (۲-۹-۲) زاویه بین پرتوهای نویسنده.....
- ۴۸..... (۳-۹-۲) سایر عوامل موثر در تشکیل توری.....
- ۴۸..... (۴-۹-۲) بازده پراش.....
- ۴۹..... (۱۰-۲) منشا ملکولی گشتاور اپتیکی.....
- ۵۰..... (۱۱-۲) گشتاور القایی رنگینه.....
- ۵۲..... (۱۲-۲) فاکتور افزایش ناشی از فوتوایزومریزاسیون.....
- ۵۳..... (۱۳-۲) چگونگی ایجاد توری در بلور مایع نماتیک آلانئیده با رنگینه آزو.....
- ۵۴..... (۱۴-۲) باز جهت گیری ملکولی در فاز نماتیک.....
- ۵۶..... (۱۵-۲) بازجهت گیری بلور مایع نماتیک تحت تابش شدت نور متناوب.....

۱۶-۲	واهلش توری	۵۷
۱۷-۲	محاسبه ضریب پخش رنگینه ها در دو راستای مختلف	۵۹
فصل سوم		
۱-۳	نتایج اندازه گیری ضخامت نمونه ها	۶۲
۳-۳	نتایج محاسبه دورنگ نمایی و پارامتر نظم	۶۲
۳-۳	نتایج محاسبه ضریب پخش رنگینه ها در دو راستای مختلف	۶۴
۴-۳	رفتار دینامیکی توری در دماهای مختلف	۷۰
۱-۴-۳	چگونگی تغییر ساختار پراش مرتبه اول نسبت به زمان در دماهای مختلف	۷۱
۲-۴-۳	وابستگی بازده پراش توری به دما	۷۵
۳-۴-۳	وابستگی	به
	ملکولی	گیری
	جهت	باز
	دما	۷۷
۵-۳	نتیجه گیری	۷۹
۶-۳	پیشنهادات	۸۱

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱	ساختار کلی ملکول بلور مایع	۴
شکل ۲-۱	ساختار	هCB
	ملکولی	۵
شکل ۳-۱	پلیمر نوع وینیل	۷
شکل ۴-۱	بلور مایع های پلیمریک	۷

- شکل ۱-۵) آرایش ملکولی بلور مایع های نماتیک و کلستریک..... ۹
- شکل ۱-۶) آرایش ملکولی سمکتیک A و سمکتیک C و جهت گیری ترجیحی ملکول ها..... ۱۰
- شکل ۱-۷) نمودار فاز برای مخلوط دو بلور مایع..... ۱۳
- شکل ۱-۸) دستگاه مختصات توصیف کننده پارامتر نظم..... ۱۴
- شکل ۱-۹) پارامتر نظم بر حسب دما..... ۱۶
- شکل ۱-۱۰) باز جهت گیری ملکول بلور مایع بر اثر میدان الکتریکی خارجی..... ۳۰
- شکل ۱-۱۱) ایزومرهای ترانس و سیس رنگینه آزو..... ۳۲
- شکل ۱-۱۲) نمودار انرژی فوتوایزومریزاسیون ترانس- سیس..... ۳۲
- شکل ۱-۱۳) سه گروه مختلف رنگینه آزو..... ۳۳
- شکل ۱-۲) ساختار ملکولی چهار بخش تشکیل دهنده بلور مایع مخلوط E۷..... ۳۵
- شکل ۲-۲) فرم ترانس و سیس رنگینه DR-۱..... ۳۶
- شکل ۲-۳) طیف جذبی سلول E۷ که با رنگینه DR-۱ آلائیده شده برای دو قطبش موازی و عمود بر بردار راهنما..... ۳۸
- شکل ۲-۴) دو نوع آرایش مختلف برای بلور مایع درون نمونه..... ۴۰
- شکل ۲-۵) آرایش تجربی برای ایجاد توری تمام نگاری در دمای اتاق..... ۴۳
- شکل ۲-۶) آرایش تجربی برای ایجاد توری تمام نگاری در دماهای مختلف..... ۴۴
- شکل ۲-۷) آرایش موازی بلور مایع نماتیک آلائیده درون سلول و چگونگی قرار گرفتن نمونه و جهت انتشار پرتوها..... ۴۴
- شکل ۲-۸) دو نوع پراکندگی مختلف، پراکندگی براگ و رامان ناث..... ۴۶

شکل ۲-۹) تغییر شکل های بنیادی بلور مایع..... ۵۵

شکل ۳-۱) طیف جذبی سلول EV که با رنگینه DR-۱ آلائیده شده برای دو قطبش موازی و عمود بر بردار

راهنما..... ۶۲

شکل ۳-۲) طیف جذبی سلول حاوی ۱b-۱۲۹۴ که با رنگینه DR-۱ آلائیده شده برای دو قطبش مختلف..... ۶۳

شکل ۳-۳) شدت پراش مرتبه اول که از نقطه بیشینه به تابع نمایی برازش شده است..... ۶۶

شکل ۳-۴) معکوس زمان واهلش توری بر حسب q^2 برای سلول حاوی بلور

مایع EV..... ۶۷

شکل ۳-۵) معکوس زمان واهلش توری بر حسب q^2 برای سلول حاوی بلور مایع-۱۲۹۴

۱b..... ۶۹

شکل ۳-۶) بازده پراش سلول حاوی بلور مایع EV بر حسب زاویه بین پرتو های

نویسنده..... ۷۱

شکل ۳-۷) روند تغییر ساختار پراش مرتبه اول با دما از دمای اتاق تا ۴۴ درجه سانتیگراد..... ۷۲

شکل ۳-۸) روند تغییر ساختار پراش مرتبه اول با دما از دمای ۴۶ تا ۵۲ درجه سانتیگراد..... ۷۳

شکل ۳-۹) وابستگی زمانی تاخیر قله دوم نسبت به قله اول با دما..... ۷۴

شکل ۳-۱۰) بازده پراش توری بر حسب دما..... ۷۵

شکل ۳-۱۱) بازده پراش بیشینه دوم پراش مرتبه اول نسبت به دما..... ۷۸

فهرست جدول ها

جدول ۱-۲) مشخصات فیزیکی بلور مایع های EV و ۱b-۱۲۹۴..... ۳۶

جدول ۲-۲) مشخصات فیزیکی رنگینه DR-

۱..... ۳۶

جدول ۳-۱) : ضرایب پخش رنگینه ها در راستای عمود و موازی بردار راهنما برای دو نمونه مختلف..... ۶۹

جدول ۳-۲) ماکزیمم بازده پراش و دمای مربوط به آن برای چهار حالت قطبشی..... ۷۶

امروزه یکی از مباحث مورد علاقه پژوهشگران، ساخت ابزارهای ذخیره سازی اطلاعات است. در این میان توری های تمام نگاری می توانند به عنوان حافظه نوری به کار روند. بلور های مایع به دلیل دو شکستی بالا و همچنین غیر خطیت نوری بالا جهت این کاربردها مناسب به نظر می رسند. بلور های آلاییده با رنگینه آزو اولین بار در سال ۱۹۸۷ به عنوان محیطی برای تمام نگاری به کار گرفته شدند و همچنان تحقیقات برای بررسی عوامل مختلف تاثیر گذار در این محیط ها ادامه دارد. دلیل به کار گیری محیط های فوق دوشکستی بالا و همچنین غیر خطیت نوری بالای بلورهای مایع است که با آلاییدن آن ها با ملکول های رنگینه افزایش چشم گیری می یابد. در میان رنگینه های مختلف، رنگینه های آزو به دلیل حساسیت نوری بالا و تغییرات ساختاری ناشی از ایزومریزاسیون برای این کاربردها مناسب به نظر می رسند. این رنگینه ها سال های متمادی است که مورد مطالعه قرار گرفته اند ولی با این وجود همچنان خواص جالب توجه جدیدی از خود نشان می دهند. این دسته از مواد کاربردهای متنوعی به عنوان اجزا فعال در ابزارهای نوری غیر خطی، سوئیچ های تمام نوری، موجبر ها و... دارند. استفاده از محیط های بلور مایع آلاییده با رنگینه جهت ابزار های هولوگرافی نیازمند یافتن شرایط بهینه دمایی، زمان پاسخ دهی کوتاه و سوئیچ زنی سریع بین دو حالت است که این امر وابسته به مطالعه رفتار دینامیکی توری و تاثیر عوامل مختلف بر آن است.

در این کار تجربی رفتار دینامیکی توری تمام نگاری در محیط بلور مایع آلاییده با رنگینه آزو مورد بررسی قرار می گیرد. فصل اول شامل معرفی، طبقه بندی، بیان ویژگی های مختلف فیزیکی، تغییرات ناشی از اضافه کردن رنگینه و روابط حاکم بر بلور های مایع می باشد. فصل دوم در بر دارنده مواد، بررسی روش ها، آرایش تجربی و تئوری های مورد استفاده است. فصل سوم شامل نتایج به دست آمده و نتیجه گیری است. در این فصل برای

محاسبه ضریب پخش رنگینه ها ، رفتار واهلش توری در زوایای مختلف بررسی و زمان واهلش مربوط به آن محاسبه میگردد. همچنین رفتار دینامیکی توری در زوایای نوشتاری و دماهای مختلف بررسی و تاثیر عوامل گوناگون مورد مطالعه قرار می گیرد.

فصل اول:

۱-۱) تاریخچه بلورهای مایع

اولین یافته‌های مربوط به بلورهای مایع در سال ۱۸۸۸ رخ داد. در این سال شیمی دانی به نام فردریش رینیتزر^۱ پژوهشگر انستیتو گیاه‌شناسی دانشگاه پراگ، مشاهدات خود را در مورد پدیده رنگی جالبی که در هنگام ذوب استات کلستریل^۲ و بنزوات کلستریل^۳ رخ می‌داد، در مقاله‌اش به ثبت رساند. همچنین وی توضیحاتی در مورد ذوب دوگانه^۴ بنزوات کلستریل داد. به این ترتیب که هنگامی که این ماده را تا دمای $145/5^{\circ}C$ گرم می‌کنیم، به مایع کدری تبدیل می‌شود که با گرم کردن آن تا دمای $178/5^{\circ}C$ ناگهان شفاف می‌شود. همچنین او در مقاله‌اش خاطر نشان کرد که قبل از اوهم کسان دیگری رفتار رنگی در ذوب سیستم‌های کلستریل مشاهده کرده‌اند. مثلاً رایمن^۵ در پاریس انعکاس رنگ‌های بنفشی را از کلرید کلستریل^۶ دیده بود. رینیتزر با استفاده از دانسته‌های فیزیکدان آلمانی به نام لهن^۷ در مورد رفتار اپتیکی استر کلستریل^۸ ها^۸ به کمک میکروسکوپ پلاریزان تحقیق کرد. لهن سپس در مقاله‌ای که در سال ۱۸۸۹ منتشر کرد نوشت برای فیزیکدانان بسیار قابل توجه است که کریستال‌ها می‌توانند به فرم نرم هم وجود داشته باشند، در این صورت می‌توان آنها را تقریباً مایع نامید. اصطلاح "بلور مایع"^۹ اولین بار توسط همین فیزیکدان به کار رفت [۱].

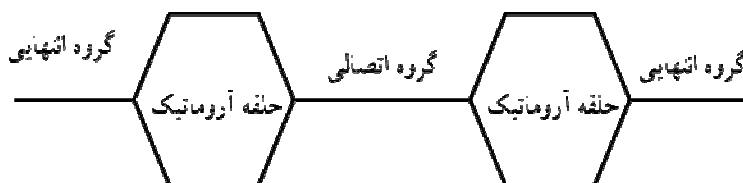
۱- Friederich Reinitzer
۲- Cholesteryl acetate
۳- Cholesteryl benzoate
۴-double melting
۵-Raymann
۶-cholesteryl chloride
۷-Lehmann
۸-cholesteryl ester
۹-Liquid Crystal

۱-۲) تعریف بلور مایع

بلور مایع حالتی میانی از ماده (بین جامد بلوری و مایع) است که دارای نظم جهتی است و میتواند نظم مکانی موضعی هم داشته باشد و یا این که کاملاً از نظر مکانی بی نظم باشد. به عبارت دیگر حالت میانی حالتی است که در آن، درجه نظم ملکولی، بین نظم کامل سه بعدی بلند برد^۱ مکانی و نظم جهتی جامد های بلوری از یک طرف و بی نظمی کامل مایعات همسانگرد و گازها از طرف دیگر است. به همین دلیل چنین موادی را مزوژن^{۱۱} می نامند و فازهای مختلفی را که می توانند از خود نشان دهند مزوفاز^{۱۲} می نامند. بلور های مایع مانند مایعات شارش پیدا می کنند اما بعضی از خواص فیزیکی بلورها را از خود نشان میدهند. انواع معروف بلورهای مایع عبارت اند از ترموتروپیک^{۱۳}، پلیمریک^{۱۴} و لیوتروپیک^{۱۵}. این بلورهای مایع به عنوان تابعی از دما و بسته به ساختار، غلظت، استخلاف ها و... می توانند در مزو فاز های گوناگونی از قبیل نماتیک^{۱۶}، کلستریک^{۱۷}، سمکتیک^{۱۸} و فرو الکترونیک^{۱۹} و... قرار بگیرند [۲].

۱-۳) ساختار شیمیایی بلور مایع

شکل (۱-۱) ساختار ملکولی بلورهای مایع متداول را نشان میدهد. در حالت کلی ملکول های بلور



- ۱-Long-range
- ۲-Lesogen
- ۳-Mesophase
- ۴-Thermotropic
- ۵-Polymeric
- ۶-Lyotropic
- ۷-Nematic
- ۸-Cholesteric
- ۹-Semectic
- ۱۱-Ferroelectric

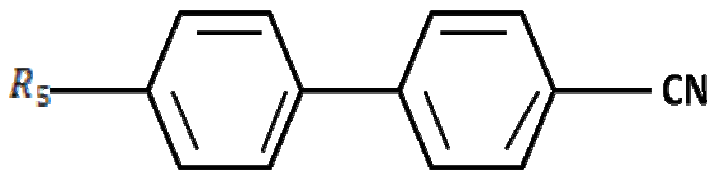
شکل ۱-۱ : ساختار کلی مولکول بلور مایع [۳].

مایع شامل دو یا تعداد بیشتری حلقه ی آروماتیک^۱ (یا بنزن) هستند که توسط گروه های اتصالی به هم متصل می شوند و در انتها به گروه های انتهایی ختم می شوند. مثال هایی از گروه های انتهایی عبارت است از آلکیل^۲ (C_nH_{2n+1})، آلكوكسى^۳ ($C_nH_{2n+1}O$) و گروه های نیترو^۴ و سیانو^۵. گروه های اتصالی میتوانند شاخه ساده و یا گروه هایی نظیر آزوکسی^۶، شیف بیس^۷، استیلن^۸ و دی استیلن^۹ باشند. نام بلورهای مایع معمولاً بر اساس نام گروه اتصالی آورده می شود به عنوان مثال بلورهای مایع های شیف بیس.

بیشتر بلورهای مایع مشتقات بنزن هستند. تمام خواص فیزیکی و اپتیکی بلورهای مایع ناشی از گروه های سازنده آنها و چگونگی اتصال آنها به یکدیگر است. ثابت دی الکتریک، ثابت کشسانی، ویسکوزیته، طیف جذبی، دمای گذار، وجود مزوفازها، ناهمسانگردی و غیر خطیت اپتیکی بلورهای مایع همگی به ساختار ملکولی آنها وابسته است. از آنجایی که این ملکول ها بزرگ، ناهمسانگرد و بنابر این پیچیده هستند نمی توان تمام متغیر های ممکن در ساختار شیمیایی و سپس تغییرات حاصل در خواص فیزیکی شان را مورد بحث قرار داد. با این وجود مشاهداتی کلی و کاربردی در مورد بستگی خواص فیزیکی به ساختار ملکولی در دسترس است. به عنوان مثال پایداری شیمیایی بلورهای مایع تا حد زیادی به گروه اتصالی مرکزی وابسته است. ترکیباتی که گروه اتصالی مرکزی ندارند از جمله پایدارترین بلور مایع هایی هستند که تا کنون ساخته شده اند

-
- ۱-Aromatic ring
 - ۲- Alkyl
 - ۳-Alkoxy
 - ۴-Nitro
 - ۵-Cyano
 - ۶-Azoxy
 - ۷-Schiff base
 - ۸-Acetylene
 - ۹- Diacetylene

به عنوان مثال یکی از نمونه هایی که بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است پنتیل سیانو بای فنیل ^{۲۹} CB5 می باشد که ساختار ملکولی آن در شکل (۱-۲) نشان داده شده است [۳].



شکل ۱-۲ ساختار ملکولی CB5 [۳].

۱-۴) تقسیم بندی بلورهای مایع

بلور مایع ها را می توان به سه دسته کلی تقسیم کرد، لیوتروپیک، پلیمریک و ترمو تروپیک. این تقسیم بندی بر اساس پارامتر فیزیکی است که فاز بلور مایع را کنترل می کند، به این معنی که هر کدام از این گروه ها با تغییر پارامتر به خصوصی ویژگی های بلور مایع را از خود نشان می دهند. به عنوان مثال فاز بلور مایع های ترموتروپیک با تغییر دما، تغییر می کند. مزوفازها بر اساس پارامترهای فیزیکی بسیاری تعریف و مشخص می شوند. از قبیل نظم بلند برد و کوتاه برد، تابع توزیع جهتی و غیره.

۱-۴-۱) بلور مایع های لیوتروپیک

بلور مایع های لیوتروپیک وقتی به وجود می آیند که غلظت مناسبی از ماده در حلال حل شده باشد. بنا بر این چون از ترکیب حلال و حل شونده به وجود می آیند، این نوع از بلور مایع ها را نمی توان یک فاز خالص در نظر گرفت [۲]. یکی از معمول ترین بلور مایع های لیوتروپیک از ترکیب آب به علاوه ملکول های آمفیفیلک^{۳۰} (ملکول هایی که دارای قسمت آب دوست^{۳۱} است که به شدت با آب برهم کنش میکند و همچنین قسمت

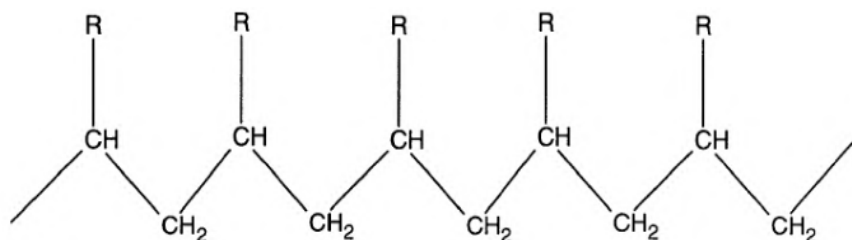
۱-Pentylcyanobiphenyl
۱- Amphiphilic

آب گریز^{۳۲} که در آب نامحلول است) تشکیل شده است. در واقع مهم ترین پارامتری که فاز بلور مایع را کنترل می کند مقدار حلال یا همان غلظت است.

۲-۴-۱) بلور مایع های پلیمریک

بلور مایع های پلیمریک شکل پلیمری مونومر ها هستند. سه نوع متداول از پلیمر ها که توسط درجه انعطاف پذیریشان مشخص می شوند عبارت است از: نوع وینیل^{۳۳}، دوپنت کولار^{۳۴} و پلی پیتید^{۳۵}. نوع وینیل که از همه انعطاف پذیرتر است در شکل (۱-۳) نشان داده شده است. دوپنت کولار نیمه سخت است و پلی پیتید از همه سخت تر است.

بلور مایع های پلیمریک بر اساس طرز قرار گیری مونومر های مزوژن تقسیم بندی می شوند. مونومر های مزوژن می توانند داخل زنجیره پلیمری قرار بگیرند، همانند شکل (الف-۱) و یا توسط گروه

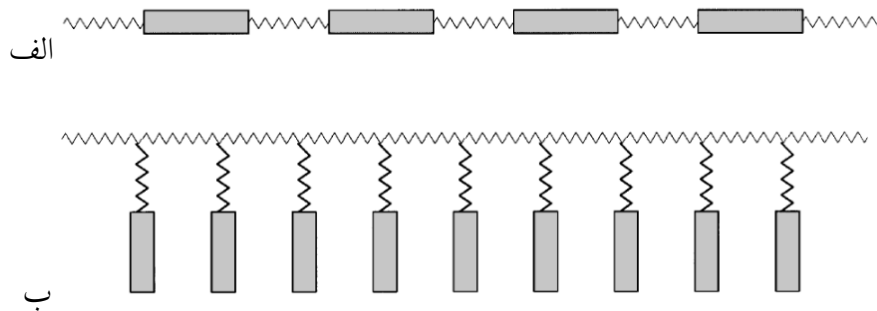


شکل (۱-۳)

پلیمر نوع وینیل [۳].

های اتصالی به زنجیره پلیمری مربوط شوند همانند شکل (ب-۱). در حالت کلی مشخصه بارز بلور مایع های پلیمریک ویسکوزیته ی بالای آنها است و برای ذخیره سازی نوری اطلاعات مناسب هستند [۳].

-
- ۲-Hydrophilic
 - ۳-Hydrophobic
 - ۴-Viny
 - ۵-Dupont Kevlar
 - ۶-Polypeptide



شکل ۴-۱: بلور مایع های پلیمریک . الف) زنجیره اصلی ب) زنجیره کناری [۳].

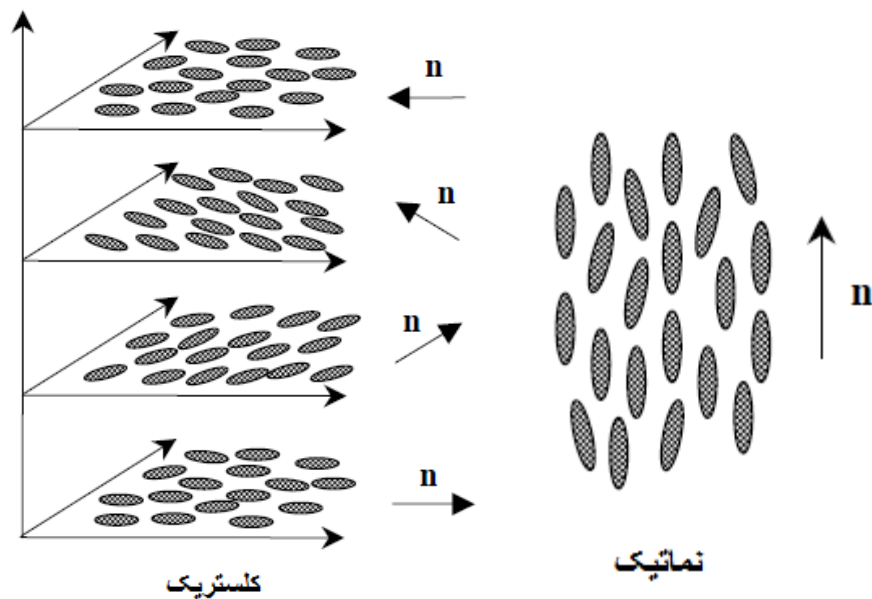
۳-۴-۱) بلور مایع های ترموتروپیک

پرکاربرد ترین بلور مایع ها که بیشترین مطالعات بر روی خواص نوری خطی و غیرخطی شان انجام شده ، بلور مایع های ترموتروپیک هستند. فاز این بلور مایع ها با تغییر دما تغییر می کند. با وجود این که ساختار ملکولی شان در حالت کلی پیچیده است ، معمولا آنها را به فرم میله های صلب در نظر می گیرند. این میله های صلب به واسطه نیروهای بین ملکولی با یکدیگر بر هم کنش می کنند و ساختار منظمی را به وجود می آورند. بلور مایع های ترموتروپیک خود بر اساس نوع نظم و آرایش مکانی و جهتی ملکول هایشان به سه گروه عمده تقسیم می شوند که عبارت اند از: نماتیک ها ، کلستریک ها و سمکتیک ها. نوع بلور مایع سمکتیک در این میان خود نیز بسته به نوع آرایش مکانی ملکول ها تقسیم بندی مستقل دیگری دارند [۴].

۴-۴-۱) فاز نماتیک

نماتیک در زبان یونانی به معنی ریسمان است و به خاطر شباهت ساختاری این گروه از بلور مایع ها به ریسمان این نام گذاری انجام شده است. در شکل (۵-۱) آرایش مجموعه ای از ملکول های بلور مایع در فاز نماتیک نشان داده شده است. ملکول ها از نظر مکانی به صورت کاتوره ای قرار گرفته اند، درست شبیه مایعات. اما از نظر جهتی دارای نظم هستند. به این صورت که ملکول ها در یک راستای ترجیحی قرار میگیرند که به وسیله

بردار راهنما \mathbf{n} مشخص می شود [۵]. این بردار راهنما جهت گیری میانگین ملکول ها در فاز نماتیک را مشخص می کند. در حالت کلی ملکول ها در این فاز تقارن مرکزی^{۳۶} دارند، و خواص فیزیکیشان در دو راستای $+\mathbf{n}$ و $-\mathbf{n}$ یکسان است. به عبارت دیگر اگر یک ملکول خاص یک دوقطبی پایدار باشد، مجموع ملکول های ماده طوری در کنار هم قرار میگیرند که برآیند دوقطبی کپه^{۳۷} برابر صفر باشد. نماتیک ها ویسکوزیته پایین و جهت گیری سریع دارند که باعث می شود برای استفاده در کاربردهایی نظیر مدولاتورهای نوری، کلید های نوری و یا نمایشگرهای بلور مایع مناسب به نظر بیایند [۳].



شکل ۵-۱: آرایش ملکولی بلور مایع های نماتیک و کلتریک [۵].

۵-۴-۱) فاز کلتریک

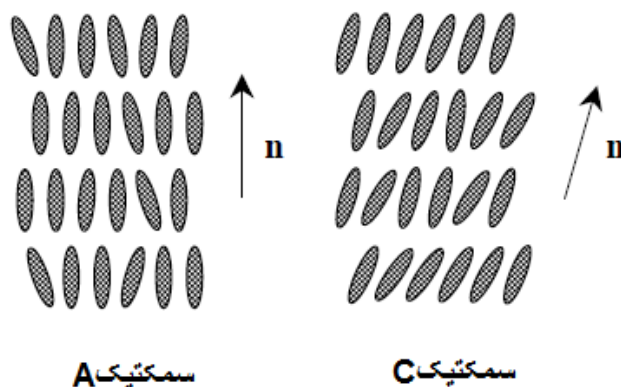
دلیل نام گذاری این گروه این است که بسیاری از ترکیبات استری کلترویل در این دسته از بلور مایع ها قرار گرفته اند. این حالت نسبت به نماتیک و سمکتیک نظم بیشتر و شباهت بیشتری به جامدات دارد. فاز کلتریک

۱-Centrosymmetric
۲-balk

از نظر ویسکوزیته در میان بلورهای مایع بیشترین مقدار ممکن را داراست. فاز کلستریک ، نماتیک پیچشی^{۳۸} هم نامیده می شود که از نظر خواص فیزیکی تماما شبیه به فاز نماتیک است به جز این که ملکول ها تمایل دارند که به فرم مارپیچی^{۳۹} در کنار هم قرار بگیرند [۶]. همان طور که در شکل (۱-۵) نشان داده شده است ، در این گروه از بلورهای مایع نظم لایه ای وجود دارد و لایه ها به صورت منظم و با چرخش حول یک محور اصلی نسبت به هم قرار گرفته اند [۷]. این خاصیت ناشی از چگونگی ترکیب بلور مایع است. این بلور مایع ها از اضافه کردن ملکول های پیچشی به بلور مایع نماتیک به دست می آیند. بعضی از مواد مثل کلسترول استرها به صورت ذاتی پیچشی هستند [۳].

۶-۴-۱) فاز سمکتیک

بلور مایع های سمکتیک بر خلاف نماتیک ها داری نظم مکانی لایه ای هستند. که در آن موقعیت ملکول ها وابسته به الگوی منظم لایه ای است. مطابق با آرایش و نظم ملکول ها و همین طور تقارن ساختاری ، زیر شاخه های مختلفی برای فاز سمکتیک وجود دارد. به عنوان نمونه فازهای سمکتیک A و سمکتیک C [۵].



شکل ۱-۶: آرایش ملکولی سمکتیک A و سمکتیک C و جهت ترجیحی ملکول ها [۵].

شکل (۶-۱) ساختار لایه ای بلور مایع سمکتیک A و سمکتیک C را نشان می دهد. در درون هر لایه ملکول ها از نظر مکانی در جایگاهی کاتوره ای قرار دارند و در عین حال از نظر جهت گیری دارای نظم هستند و محور بلند ملکول ها عمود بر صفحه لایه قرار گرفته است. مانند نماتیک ها بلورمایع های سمکتیک A از نظر اپتیکی تک محوری هستند که یک تقارن دورانی حول بردار راهنما دارند. فاز سمکتیک C از این جهت با سمکتیک A متفاوت است که ماده از نظر اپتیکی دومحوری است و آرایش ملکولی به صورتی است که محور بلند ملکول ها نسبت به خط عمود بر صفحه لایه کج شده است.

۵-۱) بهینه سازی خواص فیزیکی بلور مایع

در حالت کلی بازه دمایی مزوفاز های مختلف برای بلور مایع های خالص محدود است. این موضوع و محدودیت هایی نظیر جذب پایین بلور مایع ها در یک محدوده معین طیفی، نقطه ضعف هایی را به کاربردهای عملی این مواد تحمیل می کند. بنابراین برای این کاربردها معمولا بلور مایع ها را با هم مخلوط می کنند و یا آنها را آلائیده میکنند تا هم بازه دمایی مزوفاز مورد نظر را وسعت ببخشند و هم خواص فیزیکی و اپتیکی دلخواه را به دست بیاورند. پیشرفت ها و کاربردهای بسیار بلور مایع ها نتیجه توسعه همین مواد است. برای اصلاح خواص فیزیکی بلور مایع ها روش ها و تعاریف بسیاری وجود دارد. به عنوان مثال وقتی در سری سیانو بای فنیل (..و ۳ و ۲ و ۱) n_{CB} ، افزایش می یابد، ویسکوزیته، ناهمسانگردی، اندازه ملکول و بسیاری از پارامترهای دیگر تغییر می کند [۴]. یا بعضی از این پارامترهای فیزیکی میتوانند با جایگزینی برخی از گروه های شیمیایی یا شاخه های جانبی تغییر کنند. مثلا بعضی از هیدروژن های حلقه فنیل می توانند به وسیله اتم های فلورین یا کلر جایگزین شوند.

اگر چه تغییر در ساختمان ملکولی بلور های مایع تا حد زیادی در بهینه سازی خواص فیزیکی آن ها موثر است اما علاوه بر آن، با ترکیب کردن دو یا چند بلور مایع نماتیکی با هم نیز می توان خواص فیزیکی محیط را تغییر داده و از مقادیر بهینه شده ای سود برد.

از همین رو عموماً بسیاری از بلور مایع هایی که در کاربردهای رایج مورد استفاده قرار می گیرند، ترکیبی از دو یا چند ماده مزوژنیک هستند. به عنوان مثال EV که یکی از معروف ترین بلور مایع های نماتیکی مورد استفاده است، خود آمیزه ای از چهار بلور مایع دیگر است. خواص اپتیکی، ناهمسانگردی دی الکتریک و ویسکوزیته EV بسیار متفاوت با تک تک این بلور مایع ها است [۳].

ساخت یک بلور مایع جدید از ترکیب چند بلور مایع، از اصول علمی پیروی می کند. به عنوان مثال هنگامی که دو بلور مایع مختلف را با هم مخلوط می کنیم دمای گذار ماده حاصل با دمای گذار هر یک از بلور مایع ها متفاوت است و بستگی به غلظت هر کدام از آنها در ساخت ماده جدید دارد. به عنوان مثال در ترکیب دو تایی بلور مایع های نماتیکی مطابق شکل (۷-۱) دو ماده بازه دمایی نماتیک کوچکی دارند و دمای ذوب بلور به نماتیک و همچنین دمای شفافیت نماتیک به همسانگردشان با هم متفاوت است. هنگامی که درصد مناسبی از دو ماده را با هم مخلوط می کنیم بازه دمایی نماتیک می تواند تا چند برابر افزایش پیدا کند و اصطلاحاً مخلوط اوتکتیک این دو ماده به دست می آید [۴].

اگر اجزاء ترکیب از لحاظ شیمیایی با هم اندرکنش نداشته باشند خواص فیزیکی کپه مثل ثابت دی الکتریک، ویسکوزیته و ناهمسانگردی مجموع سهم هر کدام از مواد است. یعنی پارامتر فیزیکی α_m مربوط به مخلوط به هر کدام از α_i ها این گونه مربوط می شود $\alpha_m = \sum c_i \alpha_i$ که در آن c_i کسر مولی است. با این وجود به خاطر همبستگی ملکولی و دیگر اثرات جمعی تقریب یاد شده دقیق نیست. در حالت کلی پارامترهایی نظیر