

## مطالعه مراکز رنگی ایجادشده در تک کریستال سدیم کلراید توسط تابش‌های یونساز گاما به روش طیف‌نگاری نوری جذب و لومینسانس

ناصر بنایی و زهرا دررریز\*

مرکز تحقیقات لیزر - گروه فیزیک حالت جامد

سازمان انرژی اتمی ایران

### چکیده

مطالعه و تحقیق مراکز رنگی در بلورهای هالید قلیایی، از نظر کاربرد آنها در تشکیل لیزر مرکز رنگی (color center laser) و وسایل ذخیره اطلاعات تحرک تازه‌ای یافته است. در میان خانواده هالیدهای قلیایی با ساختار FCC، بلور NaCl از نظر جنس و سهولت رنگ‌پذیری توجه پژوهشگران را در تحقیقات تجربی بیشتر جلب کرده است. در این مقاله نقصهای نقطه‌ای (مراکز رنگی) در بلور NaCl، رشد داده شده به روش چوکراسکی<sup>۱</sup> که تحت تابش گاما با دوزهای متفاوت ۵ و ۱۴ کیلوگری (KGy) قرار گرفته‌اند، در دماهای ۲۰، ۷۷ و ۳۰۰ کلوین به روشهای طیف‌نگاری جذبی و لومینسانس مطالعه می‌شوند.

نتایج بدست آمده حاکی از وجود نوار جذبی و لومینسانس به شکل نوار شبه گاوسی و با پهن شدگی همگن ( $\Delta\nu \sim 1000 \text{ cm}^{-1}$ ) است. مراکز F<sup>+</sup> که در اثر تابش یونساز ایجاد شده‌اند ناپایداری حرارتی بیشتری نسبت به روش رنگی‌سازی افزایشی نشان می‌دهند، ولی پهنای نوار جذب به نوع نمونه، خلوص آن و درجه حرارت بستگی دارد و مستقل از روش رنگی‌سازی نمونه است. طیف نوری مراکز رنگی در این نوع جامد بلوری با جابجایی استوکس مشخص می‌گردد. این پارامتر، ویژه مراکز یونی در این جامدات بلوری است و مانع همپوشانی طیف‌های جذبی و لومینسانس می‌شود که در عملکرد لیزری مراکز رنگی حائز اهمیت است.

مقادیر نیم‌پهنا (Half Width) و انرژی قله نوار جذب در دمای ۷۷ K به ترتیب ۲۸۷° و ۲/۷۹۶ الکترون ولت و در دمای اتاق ۴۷۸° و ۲/۶۷۴ الکترون ولت تعیین شد. این مقادیر برای نوار لومینسانس در دمای ۷۷ K، به ترتیب ۳۱° و ۱/۲۳ الکترون ولت و در دمای اتاق ۳۸۹° و ۱/۱۲۱ الکترون ولت بدست آمد.

سرد و به طریق نوری پمپ می‌شوند، نسبت به توان

دمش آستانه پایین توان خروجی نسبتاً بالایی دارند.

مقدمه

مراکز رنگی در بلورهای هالید قلیایی نقش مهمی

در ایجاد محیط فعال نوری برای لیزرهای حالت جامد با

طول موج قابل تنظیم دارند. هنگامی که این بلورها

\*- متن کامل این نوشتار در پایان‌نامه کارشناسی ارشد مؤلف موجود می‌باشد.

۱- Czochralski Process

با حضور انواع مراکز رنگی و شبکه بلور میزبان، می توان در گستره طول موجهای قابل تنظیم در ناحیه فرورسرخ ( $4\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$ ) لیزر مرکز رنگی ایجاد کرد.

نخستین مشاهده عمل لیزری در محیطهای فعال شامل مراکز رنگی، در  $1965/1344$  به توسط Fritz و Menke گزارش شد [۱]. در تحقیق این پیشگامان میله بلوری  $\text{KCl}:\text{Li}^+$  که دو سطح انتهایی آن با نقره پوشش داده شده بود، با لامپ درخش زنون پمپ شد و نوسان لیزری ناشی از گذارهای مراکز رنگی در محدوده  $2/7\mu\text{m}$  مشاهده گردید. در آن زمان لیزر با طول موج قابل تنظیم هنوز کشف نشده بود و کوششی هم برای تنظیم طول موج لیزری به عمل نیامد. تقریباً ده سال بعد، پس از پیدایش منابع پر قدرت دمش لیزری، فناوری کاواک و سازوکار تنظیم طول موج "لیزر مرکز رنگی" توسعه یافت؛ به طوریکه Mollenauer و Olson [۲] ماده مشابهی را با لیزر کریبتون پمپ کردند و به عنوان بنیانگذار "لیزر مرکز رنگی قابل تنظیم با طول موج پیوسته" معرفی شدند. پهنای گاف نوار (Band Gap) بلورهای یونی هالید قلیایی بیش از  $10$  الکترون ولت است. بلورهای خالص در ناحیه وسیعی از طیف شفاف اند. بنابراین، جذب در ناحیه فرابنفش دوره علت برانگیختگی الکترونی یونهای هالوژن بین نوارهای اصلی شبکه از نوار ظرفیت به نوار هدایت است. همچنین جذب در ناحیه فرورسرخ ناشی از ارتعاشات غیر همفاز یونهای ناهم نام در شبکه است. به عنوان مثال، در بلورهای خالص  $\text{KCl}$  ناحیه شفاف

نوری بین طول موجهای  $4\mu\text{m} - 170\text{nm}$  و در  $\text{NaCl}$  بین طول موجهای  $50\mu\text{m} - 0.2\mu\text{m}$  است. نقطه ذوب این بلورها پایین است و به آسانی با روش رشد از حالت مذاب می توان تک بلور را با خلوص شیمیایی بالا و کیفیت اپتیکی خوب رشد داد.

این بلورها، به استثنای  $\text{CsI}$  و  $\text{CsBr}$  و  $\text{CsCl}$ ، دارای شبکه براوه<sup>۲</sup> مکعب مرکز سطحی (FCC) اند که در آن هر یون در احاطه شش یون با بار ناهم نام خود قرار می گیرد.

خاصیت مهم فیزیکی این مواد که کاربرد آن در لیزر با طول موج قابل تنظیم مورد توجه است، وجود گذار<sup>۲</sup> گسترده و شدید در این مواد می باشد. بطور کلی، در نتیجه برهم کنش شدید الکترونیهای مربوط به نقص شبکه بلور با یونهای مرتعش اطراف خود، گذار نوری با پهنای نوار معین گسیل می شود. همچنین در قبال انواع نقایص و شبکه میزبان در ناحیه طول موجهای  $4\mu\text{m} - 0.8\mu\text{m}$  نیز گذارهایی صورت می گیرد.

### شرح آزمایش

بلورهای خالص کلرید سدیم با کیفیت اپتیکی بالا، پس از بهینه سازی دستگاه رشد بلور، به روش چوکرالسکی در گروه فیزیک حالت جامد تهیه و به ابعاد  $2/5\text{cm} \times 2/5\text{cm} \times 0/22\text{cm}$  و

۲- Bravais lattice

۲- Transition

تحت تابش پرتوگاما با دوز تابشی  $1/4 \text{ Gy/sec}$  تا حد تابش  $14 \text{ KGy}$  قرار گرفت. بطوریکه چگالی نوری [O.D.] کمتر از ۲ در دمای اتاق بدست آمد: این مقدار برای غلظت  $\text{cm}^2/\text{مرکز} F \approx 3 \times 10^{16}$ ، براساس معادله Smakula، با عدد  $f=0/81$  (عدد اسماکولا که معرف جنس بلور است) همخوانی دارد [۴]. پس از رنگی سازی نمونه که در تاریکی و در پوشش ورق نازک آلومینیوم انجام گرفت، آن را سریعاً به محل نمونه (کریوستات) در طیف سنج نوری Cary ۱۷DX منتقل کردیم و در دمای ازت مایع (LNT: ۷۷ K) و دمای اتاق (RT: ۳۰۰ K)، در گستره طول موجی  $190-1000 \text{ nm}$ ، چگالی نوری طیف جذبی نمونه اندازه گیری شد. پرتو نور با طول موج انتخابی بطور عمودی بر سطح نمونه می تابد و شدت نور خروجی از نمونه با شدت نور ورودی به آن به وسیله رابطه:  $O.D. = \log_1 I_0/I$  مقایسه می گردد. با فرض ثابت بودن شدت پرتو فرودی و با محاسبه ضخامت بلور (x)، ضریب جذب  $\alpha (\text{cm}^{-1})$  از رابطه زیر بدست می آید:

$$\alpha = \frac{2/3 \cdot O.D.}{X}$$

از تحلیل منحنی شکل ۲-الف نتیجه می شود که انحراف خط زمینه جذب، به علت پراکندگی در سطوح نمونه، از ناحیه طیفی سرخ به سمت ناحیه فرابنفش افزایش می یابد. این نتیجه در اندازه گیریهای روی سطوح مختلف ناهموار تایید شده است و در واقع، به

جذب سطحی گازها و یا برهمکنش نور با گازهای جذب شده در سطح مرتبط می باشد که باعث انحراف خط زمینه جذب می گردد. در عمل، با ترسیم خطی مستقیم که پایین ترین نقاط منحنی جذب را از ناحیه سرخ به ناحیه بنفش وصل می کند، خط زمینه جذب بدست می آید و برای تعیین شکل نوار جذب F واقعی (شکل ۲-ب)، هر یک از نقاط تجربی روی منحنی جذب نسبت به خط زمینه سنجیده می شود [۵].

اندازه گیری طیف لومینسانس (PL) مراکز F با آرایش تجربی (شکل ۳) و در شرایط خلاء ( $10^{-2} \text{ Torr}$ ) و دماهای مشخص (LHT: ۲۰ K)، (LNT: ۷۷ K)، (RT: ۳۰۰ K) انجام گرفت. در این اندازه گیری طول موج تابش برانگیختگی در  $500 \text{ nm}$ ، ثابت نگهداشته شد و تغییرات شدت PL نسبت به توزیع طیف گسیلی (طول موج فوتون گسیل شده از ماده) به وسیله تک رنگساز در ناحیه انتخابی ( $1500-600 \text{ nm}$ ) تعیین گردید. سرانجام شدت PL نهایی به صورت تابعی از طول موج نور گسیل شده از ماده اندازه گیری شد (شکل ۴).

#### بحث و بررسی

شکل ۲، طیف جذبی یک نمونه تک بلور NaCl را نشان می دهد. منحنی طیف جذبی که به وسیله طیف سنج ترسیم شده، نمایانگر مجموع نوارهای جذب F و K مربوط به مراکز F است، بدین صورت که برآمدگی کوچکی در سمت طول موج کوتاهتر از نوار F

(ناحیه طول موجی بنفش) به نام نوار K ظاهر می‌گردد. در این آزمایشها سعی بر این بود که اندازه‌گیری روی نوار باریک F واقعی انجام شود. زیرا از لحاظ نظری، برای چاه پتانسیل مرکز F تنها وجود یک گذار پیش‌بینی می‌شود. بنابراین، اثر ترازهای بالاتر حذف می‌گردد. اثر نوار K ناشی از گذار به تراز برانگیخته بالاتر است و کمتر از ۱٪ بر پهنای خط نوار F اثر می‌گذارد. حذف این نوار در دماهای پایین به نوع بلور هالید قلیایی بستگی دارد. به عنوان مثال، در نمونه KCl نوار جذب F و K به وضوح نمایان می‌شوند. چون نوار K کوچک است و با نوار F کاملاً همپوشانی ندارد، لذا در دماهای پایین می‌توان آنها را با دقت نسبتاً خوبی تفکیک کرد. اما در مورد بلور NaCl موضوع تا حدودی پیچیده است؛ بدین صورت که گسترش طیف به طرف ناحیه بنفش در اثر عدم تفکیک باند K و یا به علت واپیچش نوار F واقعی است که با تئوری قابل تفسیر نبوده است. برای توجیه این مطلب می‌توان گفت که گسترش طیف جذب F به طرف ناحیه بنفش ناشی از همپوشانی با نوار کوچک K است و این نوارها غیر قابل تفکیک‌اند. در نتیجه تعیین شکل نوار F در ناحیه بنفش ( $E_v$ )، با عدم قطعیت همراه است و معمولاً مقدار واقعی  $E_v$  را فقط در دماهای پایین می‌توان

تعیین نمود. شواهد حاکی از آن است که حتی در دماهای پایین، دقت تفکیک نوار K بسیار ضعیف است، به طوری که نمی‌توان مقادیر مناسب برای  $E_v$  و H بدست آورد. برای تفکیک نوار K از منحنی جذب ترسیم شده توسط طیف‌سنج روش تجربی وجود دارد: بدین ترتیب که منحنی‌های بدست آمده با نقطه‌یابی نسبت به خط زمینه جذب تصحیح شده و سپس توسط کامپیوتر منحنی جذب نوار F واقعی بدست می‌آید (شکل ۲-ب).

در این صورت، یک نوار جذب در ناحیه مربوط به طول موج ۴۶۲ nm، به عنوان نوار واقعی F حاصل می‌شود. همچنین، در نمونه مشابه که تحت تابش بیش از ۱۴ کیلوگری قرار می‌گیرد، نوار کوچک ولی قابل تفکیک ۸۱۰ nm مشاهده می‌شود.

منحنی جذب هر یک از این نوارها با افزودن میزان دوز افزایش می‌یابد. ضریب جذب قله نوار F ( $\alpha_f$ ) در دمای اتاق، قبل از رنگ‌بری نوری (Optical Bleaching) به ترتیب  $16/8 \text{ cm}^{-1}$  و  $17/21 \text{ cm}^{-1}$  می‌باشد. مقادیر تخمینی نیم پهنای نوارهای F، با توجه به فرمول اسماکولا و با استفاده از عدد  $f=0/81$  برای نمونه NaCl در تابش‌های ۵ و ۱۴ کیلوگری در جدول ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج میانگین اندازه‌گیری به عمل آمده در تابش‌های مختلف بر نمونه

نمونه	میزان تابش (Kgy)	$\alpha_f(\text{cm}^{-1})$	$H_f(\text{ev})$	$N_f(\times 10^{16})\text{cm}^{-2}$
۱	۵	۱۶/۸	۰/۴۷۵	۶/۶۸
۲	۱۴	۱۷/۳۸	۰/۴۷۸	۶/۹۳

شدت طیف جذبی نوار F با افزایش مدت رنگ‌بری کاهش می‌یابد، در حالیکه در مورد نوار M افزایش می‌یابد (شکل ۵). تداوم رنگ‌بری باعث ایجاد نواری با قله‌ای در ناحیه  $722\text{nm}$  می‌شود که در ناحیه انرژی بالاتر از نوار M قرار می‌گیرد. این نوار، R نامیده می‌شود. ادامه فرایند رنگ‌بری باعث افزایش مراکز جذب R همپوشانی نوارهای R و M می‌گردد و در نهایت نوار R حاکم خواهد بود.

آزمایشهای انجام شده در دمای اتاق، به منظور بالا بردن قدرت تفکیک و دقت اندازه‌گیری، در دمای ازت مایع (۷۷K) تکرار شدند. نتایج در جدول ۲ مندرج و مقایسه نمودارها در شکل ۲-ب مشهود است. اثر رنگ‌بری با نور سفید در دمای اتاق روی نمونه پرتودیده ( $\alpha_f = 6/93 \times 10^{16} \text{cm}^{-1}$ ) در مدت‌های مختلف، بین ۵ تا ۱۵ دقیقه، بررسی و مقایسه شد. نتایج برای دوزمان برگزیده در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

جدول ۲- مقایسه مقادیر مختلف نیم‌پهنای نوار  $H_f(\text{ev})$  و قله نوار جذب  $E_a(\text{ev})$  در دماهای ۷۷ K و ۳۰۰ K و میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده همراه با خطای پهنای نوار ( $\Delta H$ )

$\Delta H$	$E_a(\text{ev})$	$H_f(\text{ev})$	دما (K)
	۲/۶۹۴	۰/۲۷۸	۷۷
	۲/۶۹۷	۰/۲۸۳	۷۷
	۲/۶۹۷	۰/۳	۷۷
۰/۰۰۷	۲/۶۹۶	۰/۲۸۷	میانگین
	۲/۶۷۹	۰/۴۶۹	۳۰۰
	۲/۶۷۴	۰/۴۷۲	۳۰۰
	۲/۶۷۴	۰/۴۷۲	۳۰۰
۰/۰۱۵	۲/۶۷۶	۰/۴۷۱	میانگین

جدول ۳- مقایسه مقادیر قله نوار جذب F ( $E_a$ ) و ضریب جذب  $\alpha_f$  در قبل از رنگ‌بری نوری و بعد از مدت ۵ و ۱۵ دقیقه رنگ‌بری نوری

بعد از رنگ‌بری نوری در دمای اتاق		قبل از رنگ‌بری نوری		دقیقه) زمان رنگ‌بری نوری
$E_a(\text{ev})$	$\alpha_f(\text{cm}^{-1})$	$E_a(\text{ev})$	$\alpha_f(\text{cm}^{-1})$	
۲/۶۷۲	۱۶/۸	۲/۶۷۴	۲۱/۶۷	۵
۲/۴۸۲	۱۸/۸۳	۲/۴۸۲	۲۲/۴۸	۱۵

خط نوار جذب F شبه گاوسی و دارای پهن شدگی همگن است، در نتیجه، تمام مراکز در انرژی مد لیزری سهیم‌اند و با یک مد فرکانسی ویژه از نوار دمش، پمپ و برانگیخته می‌شوند. پهنای خط همگن  $\Delta\nu \sim 1000 \text{ cm}^{-1}$  است. اگر فرایند عکس جذب به صورت گذار  $1S \rightarrow 2P$  باشد انتظار می‌رود که شکل خط مربوط به آن مانند جذب نامتقارن شود؛ می‌دانیم، نشر دارای بازدهی کوانتومی  $\eta \approx 1$  می‌باشد ولی این فرایند عکس به علت طول عمر  $\tau \approx 17 \text{ sec}$  که دو برابر طول عمر قابل انتظار در نشر  $1S \rightarrow 2P$  است نشان می‌دهد که این گذار ناشی از تراز حالت محض  $2P$  نیست. مراکز F به دلایل ذیل نمی‌توانند مراکز نوری فعال در عملکرد لیزری باشند، اما به عنوان محصولات اولیه رنگی‌سازی به کمک کنترل فرایند تجمع‌پذیری (Aggregation)، درجه حرارت و میزان ناخالصی در هنگام رشد بلور، به مراکز رنگی فعال تبدیل می‌شوند. گستردگی تابع موج برانگیخته پس از واهلش شبکه که منجر به تشکیل تراز حالت RES<sup>1</sup> می‌شود، احتمال گذار از این تراز به تراز لیزری پایین‌تر را کاهش می‌دهد.

این تراز، خود ترکیبی از ترازهای حالت  $2S$  (به میزان ۶۰٪) و  $2P$  (به میزان ۴۰٪) می‌باشد که در عمل، با توجه به قانون پاریته، احتمال گذار مجاز بین دو تراز با پاریته یکسان (تراز  $2S$  به تراز  $1S$ ) را کاهش می‌دهد. بنابراین، شاهد افزایش طول عمر تراز برانگیخته (تراز بالایی لیزر) و کاهش بازدهی کوانتومی گسیل لیزری

خواهیم بود.

مراکز F که در اثر تابش یونساز رنگی شده‌اند، با ناپایداری حرارتی بیشتری نسبت به روش رنگی‌سازی افزایشی (Additive Coloration) همراه‌اند و تنها در اثر تابش نور مناسب (نور سفید، یا نور با طول موج ماکزیمم نوار جذب F) ایجاد می‌شوند.

دو تفاوت عمده میان طیف نشری مراکز یونی در شبکه بلوری و طیف اتم‌گازی عبارتند از وجود پهن‌شدگی همگن و فاصله انرژی بین قله نوار جذب و نوار لومینسانس است که جابجایی استوکس نامیده می‌شود. این اختلاف بدلیل فرایند واهلش شبکه است که پس از گذار جذب منجر به نشر یا جذب فوتون می‌شود. بنابراین انرژی گذار لومینسانس کاهش می‌یابد و نوار در ناحیه انرژی کمتر پدیدار می‌شود. این نکته مشخص می‌سازد که بین دو تراز که فرایند جذب صورت می‌گیرد، دیگر فرایند لومینسانس رخ نمی‌دهد.

در شکل ۴، فاصله انرژی (جابجایی استوکس) محسوس است و هر نوع عمل حرارتی یا نوری بر روی بلور، باعث تغییر مؤثر در خواص فیزیکی آن خواهد شد. بنابراین ضروری است در نگهداری بلور پس از فرایند رنگی‌سازی در تاریکی و در دمای پایین ( $T < 170 \text{ K}$ )، دقت لازم به عمل آید تا از تبدیل سریع نوار باریک F به نوار عریض B جلوگیری شود [۵].

نوار بسته به نوع بلور و پهنای نوار نیز با درجه حرارت تغییر می‌کند که با نتایج کار دیگران مطابقت دارد [۶ و ۵].

۵- تغییرات نیم‌پهنای نوارهای جذب و لومینسانس F با دما در نمونه مورد نظر، از حدود ۷۷ تا ۲۹۸ کلوین، تقریباً خطی است. این نتیجه با نتایج دیگران [۶ و ۵] که برای بلورهای هالوژن قلیایی غیر مخلوط بدست آمده است به خوبی توافق دارد و پهنای خط طیف طبق پیش‌بینی تئوری با عامل  $T^{-1/2}$  تغییر می‌کند.

۶- تغییر انرژی قله‌های نوار جذب و لومینسانس نسبت به دما، غیرخطی است.

۷- تاثیر رنگ‌بری نوری در دمای اتاق در مدت‌های مختلف بر روی نوارهای جذب مطالعه شد و نتایج زیر بدست آمد:

الف) نوار جدیدی در اثر فرایند رنگ‌بری نوری آشکار شد که به نام نوار R مشخص شده است.

ب) به دلیل برهمکنش شدید بین هر مرکز یونی با یونهای اطراف آن در شبکه مرتعش، طیف لومینسانس مرکز یونی در این جامد بلوری با افزایش جابجایی استوکس همراه است. این عامل از همپوشانی طیف‌های جذب و لومینسانس جلوگیری می‌کند و در عملکرد لیزری مراکز رنگی حائز اهمیت است [۹-۷].

#### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از آقای علی مسعودی قازیار، که در مراحل آزمایش لومینسانس همکاری صمیمانه

بدین ترتیب نتایج اندازه‌گیری با گزارش دیگران سازگار است.

در گذار الکترونی  $ES \rightarrow GS$  در فرایند جذب و بدنبال آن گذار الکترونی  $RES \rightarrow GS$  در فرایند لومینسانس، طیف نوار لومینسانس در دمای پایین با کمترین اتلاف انرژی (در اثر جذب یا نشر فوتون در مرحله واهلش) همراه است. در نتیجه، در مقایسه با نوارهای نشر ناشی از دمای بالاتر، منحنی طیف نشری در ناحیه انرژی بالاتر (طول موج کوتاهتر) قرار می‌گیرد.

#### نتیجه‌گیری

۱- مراکز F واقعی را می‌توان با فرایندهای رنگی‌سازی مختلف ایجاد کرد. در رنگی‌سازی به طریق تابش، علاوه بر ایجاد نوار اصلی امکان ایجاد نوارهای ثانوی نیز وجود دارد.

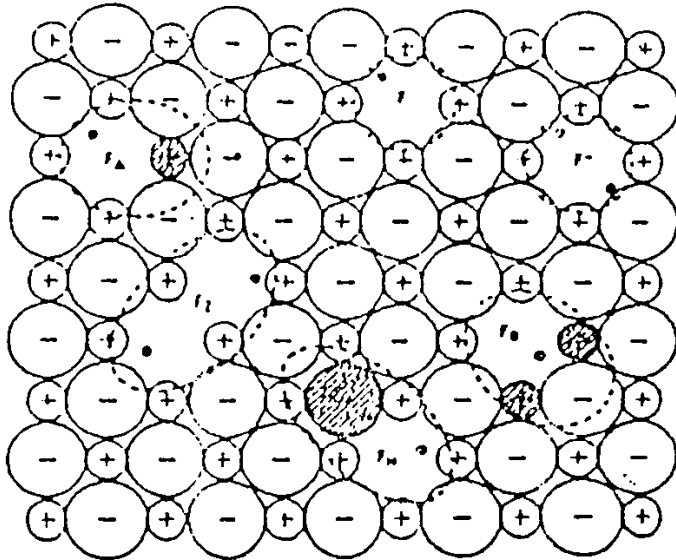
۲- در نمونه تک بلور NaCl رنگی شده توسط تابش گاما، نوارهای جذب نور در نواحی مرئی و فرابنفش و نوارهای لومینسانس در نواحی فروسرخ نزدیک مشاهده می‌شوند. (نتایج اندازه‌گیری مورد ارزیابی قرار گرفتند).

۳- در این آزمایشها، چون هیچگونه فرایند حرارتی و نوری که منجر به تغییر پهنای نوار F شود، انجام نگرفته است لذا مرکز F واقعی ایجاد شده است.

۴- طیف جذب در دماهای پایین باریکتر و به سمت انرژی بیشتر (طول موج کوتاهتر) جابجا می‌شود. قله

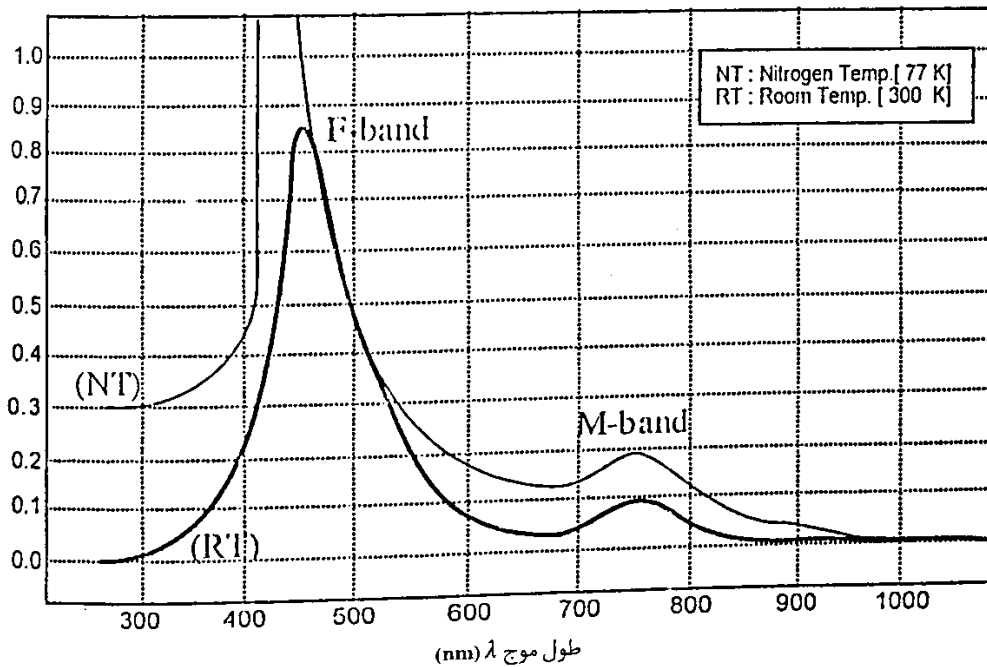
زهرا دزریز و ناصر بنایی . مطالعه مراکز رنگی ایجاد شده در تک کریستال سدیم کلراید توسط تابش‌های یونساز گاما به روش طیف‌نگاری نوری جذب ولومینسانس

داشتند. و آقای رضا کلهر که برای تابش‌دهی نمونه‌ها،  
مژگان درویش ک زحمت تایپ این نوشتار را به عهده  
زحمت فراوانی را متقبل شده‌اند، همچنین از خانم  
داشته‌اند صمیمانه تشکر می‌نمایم.



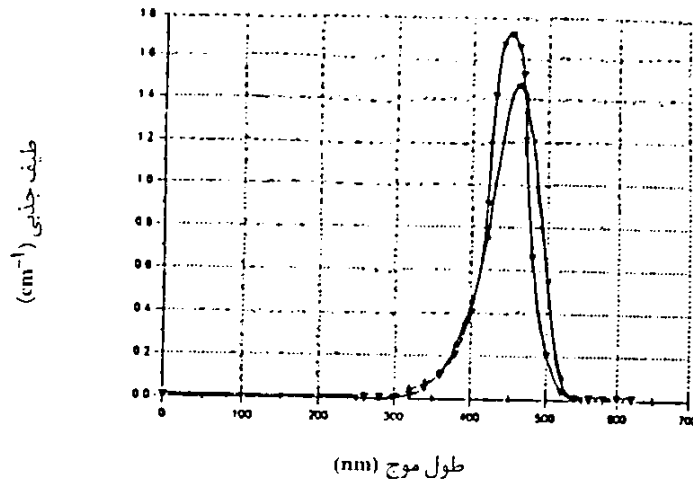
شکل ۱- مدل ساختاری مرکز F و مراکز مجتمع آن، کاتیون و آنیون ناخالصی به صورت دایره‌های

خط چیننی الکترون بدام افتاده به صورت نقطه در شکل نمایش داده شده است

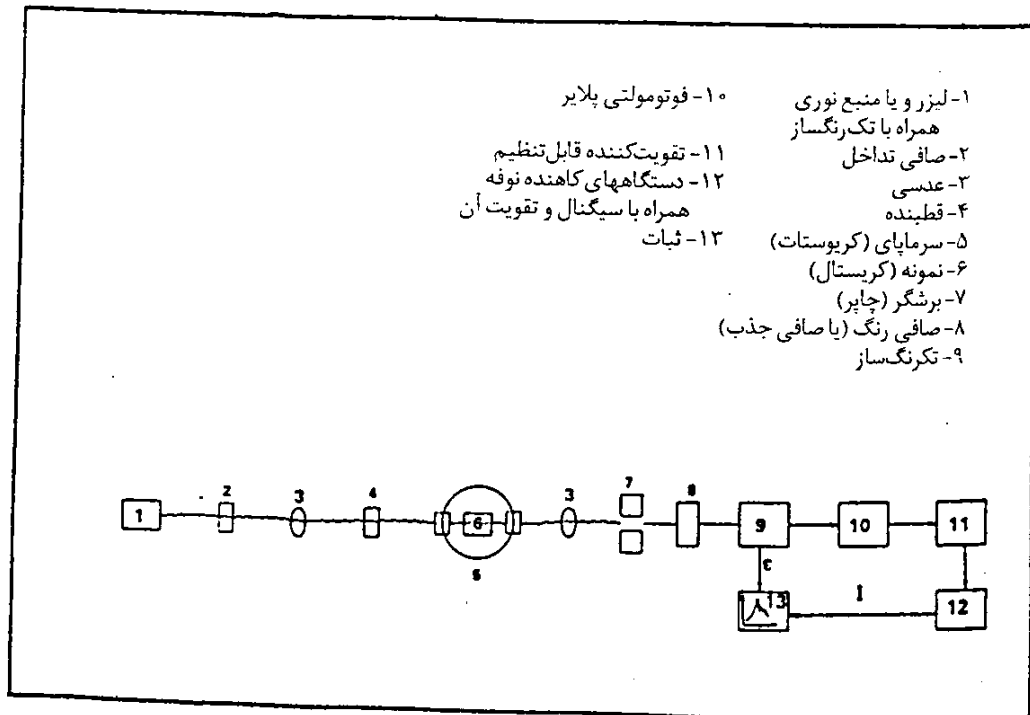


شکل ۲- الف: نمودار جذب مرکز F در دمای مختلف



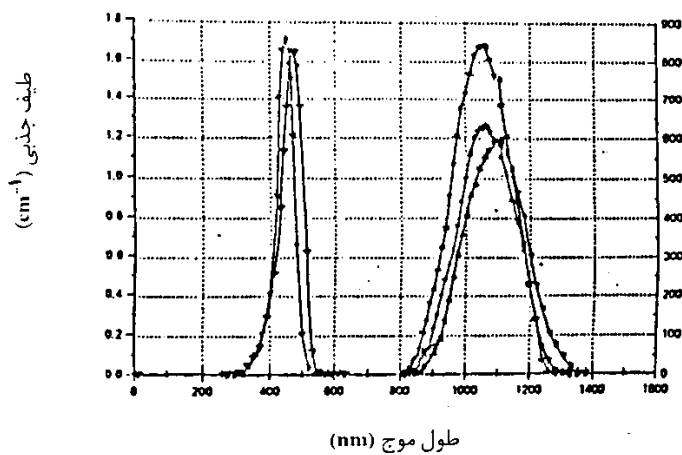


شکل ۲- ب: نمودار جذب پس از تصحیح خط زمینه جذب

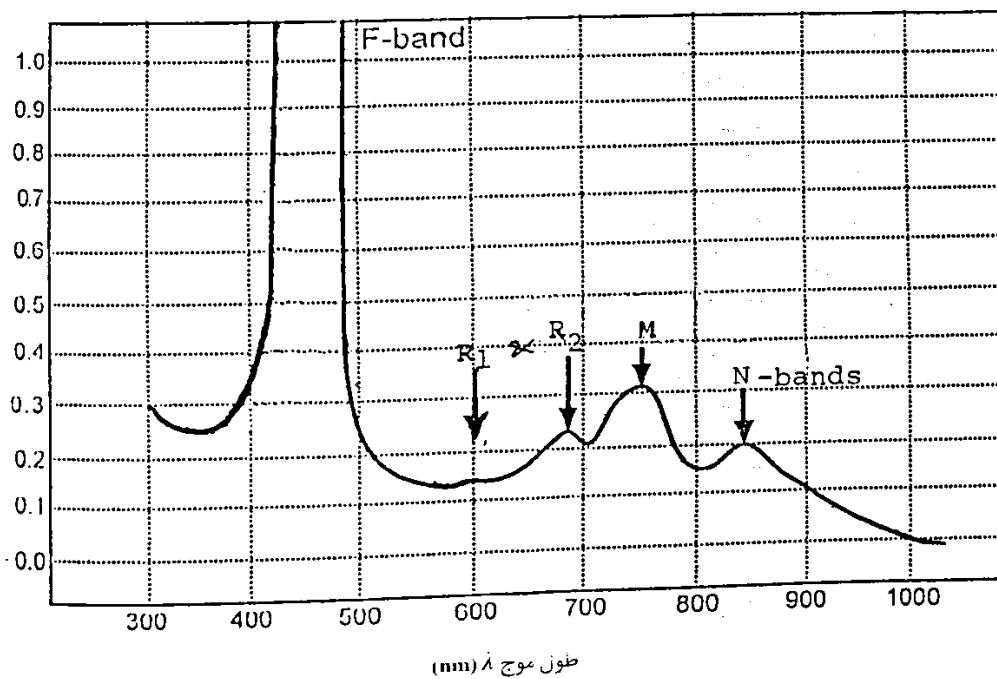


شکل ۳- طرح ساده دستگاه اندازه گیری فتولومینسانس (PL)

زهرا دزریز و ناصر بنایی . مطالعه مراکز رنگی ایجادشده در تک کریستال سدیم کلراید توسط تابش‌های یونساز گاما به روش طیف‌نگاری نوری جذب ولومینسانس



شکل ۴- مقایسه طیف‌های جذب و نشر (PL) و جایجایی استوکس در نمونه تک بلور NaCl



شکل ۵- منحنی طیف جذبی مراکز F و F<sub>2</sub>(M) و F<sub>3</sub>(R) و F<sub>4</sub>(N)

### *References*

1. B. Fritz and E.I. Mende, *solid commun.* 3,61 (1965).
2. L.F. Mollenaure and D.H. Olson, *phys. lett.* 24, 386 (1974).
3. Werner Gellermann , *J. phys. Chem. Solids* 52, 249 (1991).
4. F.E. Williams and M.H. Hebb, *phys. Rev.* 84,1181 (1951).
5. J.J. Markham in "F-Center in Alkali Halide" *solid State physics*, vol 8, (1966).
6. B.N. Lakshiminarasappa, N. Devaray, *Cryst. Latt. Def and Amorph. Mat.* vol. 10, pp:113-117, (1983).
7. Sergey B. Mirov and Tasoltan Basiev in "progress in color center Lasers", *IEEE J. Quantum Electrons*, vol 1, No. 1, pp: 22-29, (1995).
8. Tasoltan T. Basiev, Sergei B. Mirov and Vyacheslav V. Osido in "Room-Temperature color center lasers", *IEEE J. Quantum Electrons*, vol 24, No. 6, pp: 1052-1069, (1988).
9. K. Möllmann and W. Gellermann in "Passive Stabilization of Synchronously mode-locked NaCl color center laser by coherent photon seeding", *optics letters* vol. 19, No. 7, pp: 490-492, (1994).

## OPTICAL ABSORPTION AND LUMINESCENCE STUDY OF COLOR CENTERS PRODUCED BY $\gamma$ - IRRADIATED SODIUM CHLORIDE SINGLE CRYSTALS

*Z. Dorriz, N. Bannai*

*Laser research center, Solid-state physics Division*

*Atomic Energy Organization of Iran*

### *Abstract*

Color center research in alkali halide crystals is receiving a fresh impetus in view of their application as color center lasers and information storage media. Amongst the family of alkali halides having the rocksalt FCC structure, NaCl was the most favoured for experimental investigation in view of its nature and simply in coloration.

In this paper, we report useful information on the optical characteristics of irradiated NaCl crystals. NaCl single crystals were  $\gamma$ -irradiated for doses varying 5 and 14 KGy range at about 28°C. Studies of optical absorption and luminescence of the colored crystals have been done at 20, 77 and 300 K, using Cary 17 Dx and Modular photoluminescence setup with single beam spectrometer GCA(216-5), respectively.

The Crystal have been grown by Czochralski method in our laboratory. The absorption and luminescence spectrum are separated and show a large stokes shift without overlap which is suitable for laser applications.

In this type of crystal, the shape of the optical absorption and luminescence bands are pekarian, with half width of approximately  $\Delta\nu \sim 1000 \text{ cm}^{-1}$ . The result obtained shows that the half-width and the position of the F-band in the crystal are 0.287 eV and 2.796 eV at 77°K, and 0.478 eV and 2.674 eV at room temperature in the case of luminescence, the above parameter are 0.31 eV and 1.23 eV at 77° K, and 0.389 eV and 1.121 eV at room temperature.