این مقاله طبق مجوز شماره ۹۳/۱۷/۸۰۵ مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری RICeST زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در آن مرکز نمایه و منتشر شده است.

گاف باند تمام سویه در نانوبلورهای فوتونی شامل نیمرسانای ژرمانیم

یاسین آسیابی، ربابه طالب زاده*

گروه فیزیک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
* Robab.talebzadeh@iaut.ac.ir

چکیده

در این مقاله ما خصوصیات اپتیکی نانوبلورهای فوتونی شامل لایه نیمرسانای ژرمانیم نوع n را مطالعه کردیم. مطالعات ما بر پایه روش ماتریس انتقال نشان داد که طیف تراگسیل این نانوساختارهای فوتونی در ناحیه مرئی و نیز مادون قرمز دارای گاف باندهایی هستند که تابع برخی پارامترها مانند چگالی آلاییدگی نیمرسانا و نیز زاویه پرتو تابشی می باشند اما گاف باند فوتونی تمام سویه در گستره ۱۳۵۳-۱۲۲۷ نانومتر را یافتیم. این گروه از نانوساختارهای مورد مطالعه در کاربردهای نیمرسانا در الکترونیک نوری مفید واقع می شوند.

واژه های کلیدی

نانوبلور فوتونی، نیمرسانای ژرمانیم و گاف باند تمام سویه.

مقدمه

مطالعه بر روی بلورهای فوتونی از سال ۱۸۷۷ شروع شده است به این صورت که بلورهای فوتونی یک بعدی به صورت توده های تناوبی جند لایه ای مانند آینه های براگ به تفصیل مورد مطالعه قرار گرفته اند. لرد ریلی نشان داد که چنین ساختارهایی دارای باند گاف فوتونی هستند. به این صورت که وقتی لایه هایی با ضرایب شکست مختلف در کنار هم قرار گیرند در یک جهت باند گافی بوجود می آورند که یک محدوده طیفی از بازتابندگی بالا برخوردار می شود که به عنوان باند ممنوعه شناخته می شود[۱].

سالهاست که نیمرساناها از این نظر که رسانای الکتریکی می باشند دارای اهمیت هستند اما امروزه با توجه به کاربردهای اپتیکی آنها به منظور ارتقای کیفیت بلورهای فوتونی دوباره مورد توجه اند[۲]. می دانیم که کنترل پذیر بودن یک سیستم تحت عامل خارجی، مشخصه مهم در طراحی یک سیستم به شمار می‌رود. همچنین از آن جا که بسیاری از خواص اپتیکی مواد نیمرسانا از جمله ضریب شکست این مواد به دمای اعمالی (دمای محیطی) بستگی دارد. بنابراین اعمال دمای محیطی مناسب و به تبع آن تنظیم میزان آلاییدگی مواد نیمرسانا، عامل مهمی به شمار می‌آید. همچنین تاثیر پذیری یک سیستم اپتیکی توسط یک عامل خارجی، مانند میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی، برای کنترل خصوصیات اپتیکی آن می‌توان در بسیاری از کاربردهای بلورهای فوتونی موثر واقع شود[۳-۲].

استفاده از مواد نیمه رسانا به عنوان یکی از اجزای بلورهای فوتونی اولین بار توسط هالوی و روموس در سال ۲۰۰۰ پیشنهاد شد. از آن تاریخ به بعد از به کارگیری نیم رساناها در بلورهای فوتونی گزارشات فراوانی رسیده است [۴]. در سال ۲۰۰۷ تانگ کای و همکارانش تاثیر دما را روی گاف باند اول و دوم بلور فوتونی یک بعدی بررسی کردند آنها به این نتیجه رسیدند که طول موج قطع و پهنای گاف باند، با دما به صورت خطی تغییر می کند[۵]. امروزه استفاده از مواد نیمرسانا در ساختارهای لایه ای بلور فوتونی هنوز هم مورد توجه پژوهشگران می باشد[۶-۴]. در این بررسی ما نیز خصوصیات اپتیکی نانو بلورهای فوتونی شامل لایه نیمرسانای ژرمانیم نوع n را مطالعه کردیم.

ساختار و فرمول بندی مساله

یک نانوبلور فوتونی با تناوب سه لایه مطابق شکل ۱ را در نظر گرفتیم که یکی از لایه های سلول واحد این ساختار، لایه نیمرسانای ژرمانیوم می باشد. ضریب شکست نیمرسانای ژرمانیم نوع **n** بصورت $\sqrt{\varepsilon_D}$ می باشد که طبق مدل پلاسما در مورد نیمرساناها گذردهی الکتریکی بصورت زیر می باشد [۱۰-۷].

$$\varepsilon_D(\omega)=\varepsilon_\infty\left(1-\frac{{\omega_{pe}}^2}{\omega^2-j\omega{\tau_e}^{-1}}-\frac{{\omega_{ph}}^2}{\omega^2-j\omega{\tau_h}^{-1}}\right) \quad (۱)$$

که ε_∞ ثابت دی الکتریک فرکانس بالا و فرکانس پلاسمایی الکترون وحفره عبارتست از:

$$\omega_{pe(h)}=\left(\frac{n_{e(h)}e^2}{M_{e(h)}\varepsilon_\infty\varepsilon_0}\right)^{1/2} \quad (۲)$$

که در آن $n_{e(h)}$ چگالی الکترون (حفره) آزاد

$$n_{e(h)}=\left({n_i}^2+\frac{{N_d}^2}{4}\right)^{1/2}\pm\frac{N_d}{2} \quad (۳)$$