



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



اثر محل لایه ی نقص بر جابجایی گوس - هانچن در بلورهای فوتونیک یک بعدی در حضور متاماده

عبدالرحمن نامدار و هدایت پورآسیاب

دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده - در این مقاله اثر محل لایه نقص بر جابجایی گوس-هانچن را در یک بلور فوتونی یک بعدی در حضور متاماده مطالعه می‌کنیم. نشان می‌دهیم که جابجایی فوق بسته به تحریک امواج سطحی پیشرو و یا پسرو مثبت و یا منفی خواهد بود. همچنین مشاهده می‌کنیم که به ازای محل‌های مختلف لایه نقص بیشینه جابجایی گوس-هانچن در زوایای تابش متفاوت باریکه گوسی رخ می‌دهد. به طوری که این زوایای تابش در مورد امواج پیشرو (پسرو) با دور شدن لایه نقص از سطح بلور از مقادیر بزرگ (کم) کاهش (افزایش) یافته و به مقدار نظیر بدون نقص میل می‌کند.

کلید واژه - بلور فوتونیک، جابجایی گوس-هانچن، متاماده

The effect of position of the Defect layer on the Goos – Hanchen Shift in the 1D Photonic Crystals in the Presence of Metamaterial

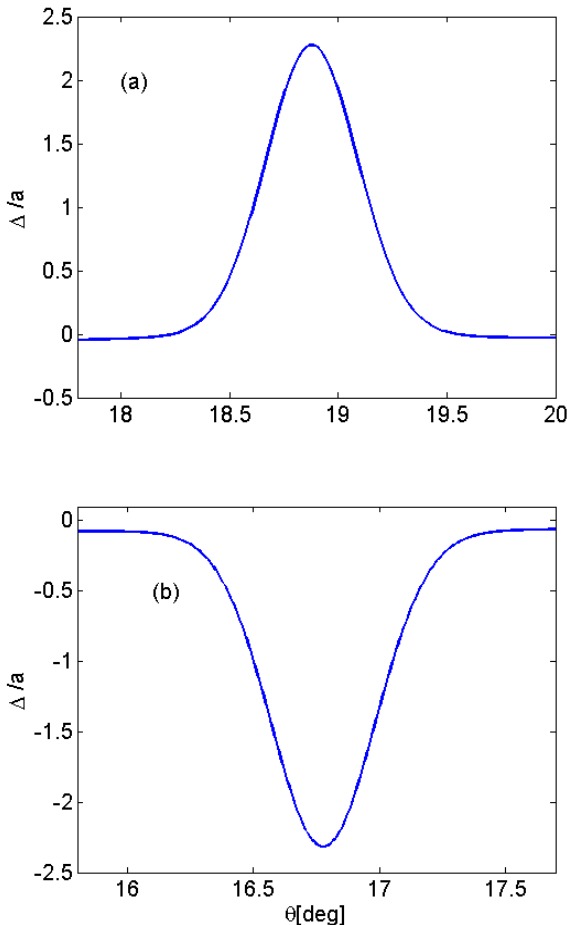
A. namdar and H. Pourasiab

Faculty of Physics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract- In this paper we study the effect of position of the defect layer on the Goos-Hanchen shift in the one-dimensional photonic crystal in the presence of metamaterial. We show that the Goos-Hanchen shift will be positive or negative depending on the excitation of the forward or backward surface waves. Also, we observe that the maximum Goos-Hanchen shift for different position of defect layer will take place in different incident angles of Gaussian beam. So that these angles in the case of forward (backward) waves decrease (increase) from high(low) values toward the angle corresponding to without defect layer case by removing the defect layer from surface of crystal .

Keywords: Photonic Crystal, Goos-Hanchen Shift, Metamaterial.

گوس-هانچن منفی می شود (شکل ب). ملاحظه می شود که اندازه جابجایی گوس-هانچن در مورد امواج پیشرو در حوالی زاویه فرودی حدود ۱۸/۸ درجه و در مورد امواج پسرو در حوالی ۱۶/۸ بیشینه می شود.



شکل ۲: جابجایی گوس-هانچن بر حسب زاویه فرود با تحریک امواج سطحی پیشرو (a)، $L=3\text{cm}$ و امواج سطحی پسرو (b)، $L=5.7\text{cm}$. در شکل ۳ میدان الکتریکی بازتابی را برای نقاط ماکزیمم شکل ۲ بر حسب x/a رسم نمودیم. که در آن x راستای موازی سطح بلور می باشد. مشاهده می شود ساختار باریکه بازتابی نظیر جابجایی های مثبت و منفی متفاوت بوده و باریکه بازتابیده دارای ساختار دو قله ای است. قله اول مربوط به بازتاب آینه ای است و قله دوم نسبت به نقطه فرودی باریکه جابجا شده است و به علت برانگیختگی امواج سطحی ظاهر می شود.

$$k_{x0} = k_0 \sin(\varphi) \quad (5)$$

که φ زاویه ی فرودی باریکه، نسبت به خط عمود بر فصل مشترک دو لایه تعریف می شود. و $k_0 = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ عدد موج مربوط به محیط ورودی است. طبق تعریف جابجایی گوس-هانچن به صورت زیر است [۵]:

$$\Delta = \frac{1}{a} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} |E_r(x)|^2 dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} |E_i(x)|^2 dx} \quad (6)$$

که در آن باریکه بازتابی عبارت است از:

$$E_r(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} R \overline{E_i(k_x)} e^{ik_x x} dk_x \quad (7)$$

و R و $\overline{E_i(k_x)}$ به ترتیب ضریب بازتاب و تبدیل فوریه ی باریکه ی فرودی هستند. ماتریس انتقال کل برای ساختار لایه ای شامل لایه نقص عبارت است از حاصلضرب ماتریس های انتقال لایه های قبل از نقص و لایه نقص و لایه های بعد از نقص. لذا ضریب بازتاب برای کل ساختار به صورت: $R = -\frac{M_{12}}{M_{11}}$ است که M_{11} و M_{12} عناصر ماتریس انتقال کل هستند.

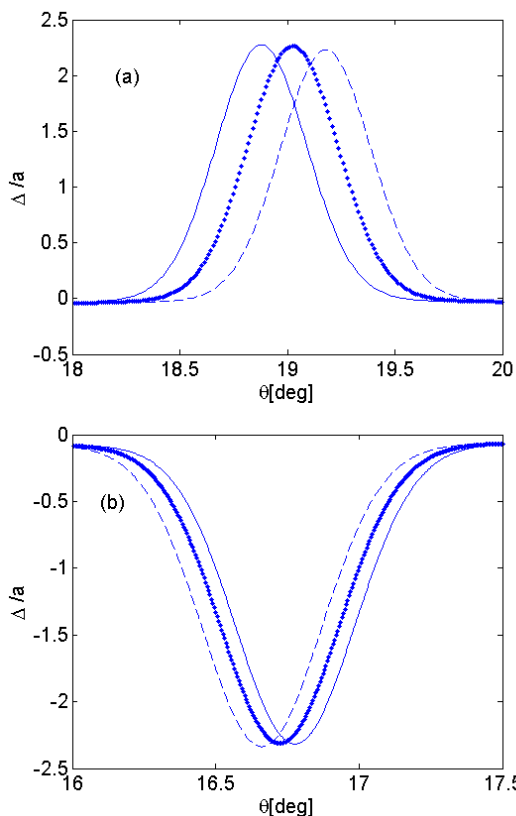
۳- نتایج عددی و بحث

انرژی پرتو فرودی با تحریک امواج سطحی پیشرو در راستای سطح، رو به جلو (در جهت انتشار پرتو) انتقال می یابد و باعث جابجایی گوس-هانچن مثبت می شود و با تحریک امواج سطحی پسرو در راستای سطح، رو به عقب (در خلاف جهت انتشار پرتو) انتقال می یابد و باعث جابجایی گوس-هانچن منفی می شود [۵]. در محاسبات عددی پارامترهای زیر را در نظر گرفتیم:

$$n_L = -1, n_1 = 2, d_1 = 1\text{cm}, d_2 = 1.65\text{cm}, n_0 = 3.5, \frac{\omega}{c} = 0.845\text{cm}^{-1}, d_t = 0.01d_1, n_2 = 1.5, N = 20$$

در شکل ۲ وقتی امواج سطحی پیشرو را برانگیخته می کنیم جابجایی گوس-هانچن مثبت می شود (شکل الف). و وقتی امواج سطحی پسرو را برانگیخته می کنیم جابجایی

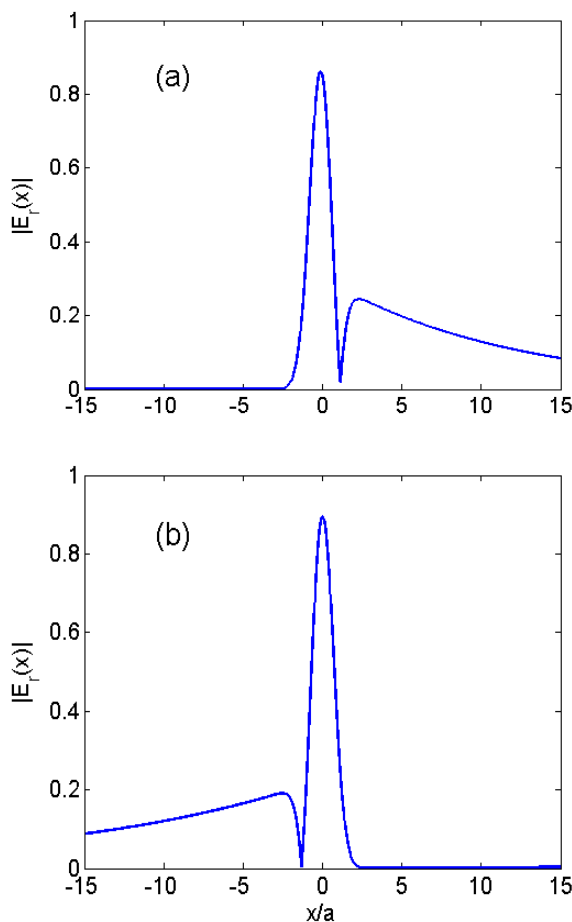
دور شدن لایه نقص زوایای نظیر جابجایی بیشینه از مقادیر کم افزایش یافته و در فواصل دور به موقعیت بدون نقص باز می گردد.



شکل ۴: جابه جایی گوس-هانچن بر حسب زاویه فرودی برای امواج سطحی پیشرو (الف) و پسرو (ب) در تناوب های پنجم (خط چین) و ششم (نقطه چین)

مراجع

- [1] V. G. Veselago, The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of epsilon and mu, Sov. Phys. Usp. **10**, 509 (1968)
- [2] A. Namdar, Optic Communication, Tamm states in one-dimensional photonic crystals containing left-handed metamaterials, **278**, 194, 198 (2004).
- [3] J. Martorell, D. W. L. Sprung, G.V..Morozov, Surface TE waves 1D photonic crystals, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **8** (2006). 630-638.
- [4] F. Goos and H. Hanchen, "Ein neuer und fundamentaler Versuch zur Totalreflexion" Ann, phys. (Leipzig). **1**, 333(1947).
- [5] A. Namdar, I. V. Shadrivov and Y. S. Kivshar, Excitation of backward Tamm states at an interface between periodic photonic crystal and a left-handed metamaterials, Phys. Rev. A, **75**, 053812(2007).



شکل ۳: میدان الکتریکی بازتابی بر حسب x/a برای امواج سطحی پیشرو (a) و امواج سطحی پسرو (b)

در شکل ۴ اثر محل لایه ی نقص به جابجایی گوس-هانچن را، به ازای ضخامت لایه نقص ثابت 0.5 سانتی متری مطالعه نمودیم. ابتدا لایه نقص را در لایه اول تناوب پنجم (منحنی خط چین) و سپس در لایه اول تناوب ششم (منحنی نقطه چین) قرار دادیم و مشاهده کردیم که به ازای محل های مختلف لایه نقص، بیشینه جابجایی گوس-هانچن مثبت (شکل الف) و منفی (شکل ب)، در زوایای تابش متفاوت باریکه گوسی رخ می دهد.

۴- نتیجه گیری

نشان دادیم که جابجایی گوس-هانچن در حضور لایه نقص، بسته به تحریک امواج سطحی پیشرو و یا پسرو مثبت و یا منفی خواهد بود. و همچنین نتیجه گرفتیم که در مورد امواج سطحی پیشرو با فاصله گرفتن لایه نقص از سطح بلور زوایای فرود نظیر جابجایی گوس-هانچن بیشینه کاهش یافته و به مقدار وضعیت بدون نقص باز می گردد. این پدیده در مورد امواج سطحی پسرو متفاوت بوده و با