

پلاریزاسیون دره ای گرافین با استفاده از مهندسی اپتیکی

فاطمه ، بوربور^۱

^۱دانشکده شهید بهشتی دانشگاه فرهنگیان، خیابان خزانة شمالی، تهران

چکیده

در سالهای اخیر بررسی درجات آزادی الکترونی کوانتومی از مباحث اصلی اساسی فیزیک ماده چگال می باشد. به دلیل جذابیت و کاربرد های جالب توجه اسپین بیشترین مطالعات انجام شده درباره دیگر درجات آزادی الکترون مثل درجه آزادی دره ای متمایل گردید که به ولیترونیک مشهور گردیده است. درجه آزادی دره ای یک منشا قوی برای پردازش اطلاعات کوانتومی می باشد، در صورتیکه به طور مؤثر کنترل گردد. در این مقاله ما درباره یک رهیافت اپتیکی از طریق تابش نور نسبتا شدید بریک ماده دوبعدی دیراک مثل گرافین بحث میکنیم. در این حالت فیزیک فلکوئتی سیستم می تواند در یک مدل ساده و البته کاربردی از طریق شکستن تقارن معکوس ساختارهای شبه گرافینی جریانهای پلاریزه نسبتا قوی را تولید کند. ما در اینجا ترابرد یک سیستم فلکوئتی را به روش محاسباتی بررسی میکنیم.

Valleytronics in Graphene via optical Engineered

Fateme, Boorboor¹

¹ Department of Physics, Farhangian University, Tehran

Abstract

In recent years quantum degrees of freedom is The main issue of fundamental condensed matter physics. Valley degrees of freedom is a strong resource for quantum information processing. In this paper we discuss an optical approach in two dimensional material. In this case the floquet physics of system by breaking the inversion symmetry of graphene like structure produces a strong valley polarized current. Here we investigate floquet system transmission with computational approach.

PACS No

پلاریزاسیون نسبتا بالایی را نتیجه میدهد به کار گرفته ایم. در این رهیافت نور نسبتا شدید بوده و بنابراین ساختار الکترونی سیستم میتواند با ویژه مقذارهایی از هامیلتونی فلوکوئت نشان داده شود. وابستگی زمانی میدان الکتریکی نور میتواند به طور مؤثر برای شکستن تقارن معکوس و حذف دره ها استفاده گردد.

در این روش ما یک سیستم مرکزی گرافینی متصل به لیدهای گرافینی را در نظر گرفته که یک نور زمینه ای به تمام سیستم تابیده و در عین حال به دو نیمه سیستم نور های پلاریزه چرخشی با فرکانس چهار برابر نور زمینه در جهات برعکس اما با شدت یکسان می تابد. این دو نور پلاریزه چرخشی یک کانال باز برای یک دره ایجاد میکند و بنابر این میتواند یک گپ را ببندد در حالی

مقدمه

از زمان ظهور گرافین به عنوان یک ماده الکترونی دوبعدی که میتوان آن را در لابراتوار تولید کرد^[۱] [۲] تا کنون زمینه های تحقیقاتی استفاده از درجه آزادی دره ای در درون ساختار الکترونی فضای مومنتم^[۳] و سیستمهای دیگر دیراکی به شکل جدی مطالعه شده اند. یک موضوع مهم در سیستمهای ولیترونیک ترابرد و آشکار سازی جریانهای دره ای می باشد. خیلی از تحقیقاتی که انجام شد برای کنترل این جریانها هم در ساختارهای با شاخص لبه ای معین^[۴] و یا ساختارهای داخلی معین^۵ [۵][۶] صورت گرفته است. در این کار ما یک روش کاملا متفاوت پلاریزاسیون دره ای با استفاده از کنترل نوری را که درصد

$$Z(t) = \sum_{n=1}^3 \exp(i[k^+e/cA(t)].a_n)$$

که a_n بردارهای مکان نزدیکترین همسایه های شبکه ای هر اتم و $A(t)$ پتانسیل برداری میدان الکتریکی میباشد.

$$A(t) = A_1(\cos\Omega, \sin\Omega t)$$

$$\Omega = 2\pi/T$$

در این سیستم وقتی k نور با مختصات شبکه وارون اتم تابیده شده منطبق میشود این تقارن شبکه ای با تقارن زمانی نوسان نور ترکیب شده و بنابراین داریم:

$$Z(K+-, t+T/3) = \exp(+2\pi/3)Z(K+-,t)$$

و در این حالت می بینیم که فرکانس تقارنی سیستم سه برابر فرکانس مسئله فلکوئت سیستم میشود. به همین دلیل حالت های مجزا می توانند همدیگر را قطع کنند که در چنین شرایطی این قطع کردنها در نقاط $k+$ و $k-$ به صورت همزمان اتفاق می افتد که این نتیجه تقارن معکوس شبکه ای $k- = -k+$ و شکل خاصی از تقارن معکوس زمانی (ویژه تابع هامیلتونی سیستم $k+$ در زمان t میتواند ویژه تابع سیستم $k-$ در زمان $-t$ می باشد).

نتایج عددی

برای بررسی این ایده ما نوار گرافینی آرمچیر با شرط مرزی دوره ای در عرض نوار را شبیه سازی کرده ایم. متغیرهای اپتیکی طوری انتخاب گردیده است که گپ های شبه انرژی فلکوئتی به اندازه کافی بزرگ تولید کند.

جریان از طریق لیدهای متصل به سیستم به سیستم القا می گردد. در این مدل هر نیمه از سیستم اطراف لید ها نور پلاریزه در جهت های معکوس با فرکانس Ω و با اختلاف فاز کنترل شده ϕ_L و $R\phi$ که در حالت پلاریزاسیون خاموش این اختلاف فاز π و در حالت پلاریزاسیون روشن صفر می باشد تابیده شده است.

پلاریزاسیون دره ای سیستم از طریق فرمول زیر محاسبه می گردد:

که دیگری را باز میکند و سیستم را به سمت یک پلاریزاسیون دره ای کاملاً کنترل شده هدایت میکند.

بحث و بررسی

در این سیستم قضیه فلکوئت $[V]^y$ تضمین میکند که تابع فلکوئت به این شکل باشد:

$$\psi_{\alpha}(t) = u_{\alpha}(t) e^{i\epsilon_{\alpha}(t)}$$

که در آن $u_{\alpha}(t+T) = u_{\alpha}(t)$ می باشد زیرا:

$$H(t+T) = H(t)$$

مقادیر ویژه فلکوئت همواره بین دو مقدار زیر محدود می باشد:

$$-\Omega/2 < \epsilon_{\alpha} < \Omega/2$$

در این مسئله سیستم به عنوان یک شبکه لانه زنبوری با فرض نظریه همبستگی قوی که الکترون به دور شبکه لانه زنبوری می چرخد در نظر گرفته میشود و اثرات پلاریزاسیون چرخشی نور به کار گرفته شده از طریق فازهای وابسته به زمان در عناصر هاپینگ به کار گرفته میشود.^[۸]

طیف انرژی شامل دو دره از حالتهاست نزدیک نقاط $K+$ و $K-$ در منطقه بریلوئن و توابع موج اسپینورهای دو مولفه ای هستند که دامنه های الکترون روی دو زیر شبکه از ساختار لانه زنبوری را نشان می دهند.

در نمایش فضایی، میدان الکتریکی وابسته به زمان نور که به صورت نرمال تابیده شده است هامیلتونی سیستم شکل زیر را دارد:

$$H_F(t) = H(t) - i\partial t$$

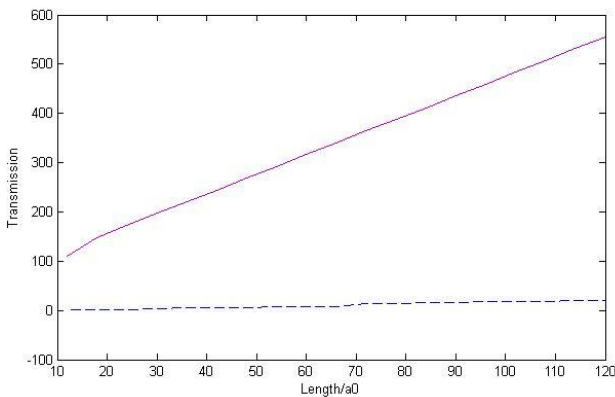
$$H_S(t) = H(t) + H_c$$

که در روابط بالا H_F هامیلتونی فلکوئت و H_C هامیلتونی اتصال سیستم با لیدهای راست و چپ می باشد و H_S هامیلتونی سیستم است. و $H(t)$ به صورت زیر تعریف میشود:

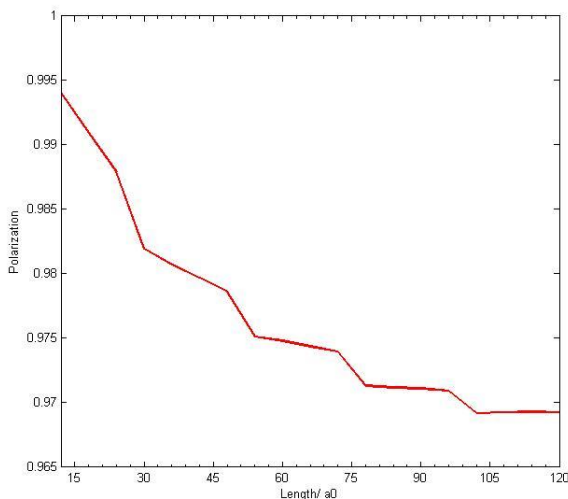
$$H(t) = -\gamma Z(t)$$

در نظر گرفتن عرض سیستم $w = 6\sqrt{3} a_0$ از اثرات لبه ای تقریباً میتوان صرف نظر کرد.

در شکل (۲) دیده میشود که پلاریزاسیون در این سیستم با همان خواصی که در شکل (۱) در نظر گرفته بودیم در طول های مختلف نمونه بدست آمده است. در این شکل دیده میشود با اینکه با افزایش طول سیستم پلاریزاسیون کاهش میابد اما مقدار آن به طور موثر در طول های بزرگتر مقدار قابل ملاحظه ای دارد و در حدود ۹۶٪ باقی میماند. این نتایج میتواند برای طراحی کارهای تجربی بکار گرفته شود.



شکل ۱: نمودار رسانش خاموش و روشن به ترتیب با اختلاف فاز 0 و π و با خطوط خط چین و ممتد. نسبت شدت دو نور به نسبت $A_4/A_1 = 0.1$ و متغیرها در محاسبات با نسبت $eA_1a_0/c = 1.0$ در نظر گرفته شده است که a_0 ثابت شبکه ای گرافین و A_4 و A_1 به ترتیب دامنه های نور فرودی می باشد.



شکل ۲: نمودار پلاریزاسیون دره ای رسانش $P_0 = 1 - \sigma_{off}/\sigma_{on}$ در یک نوار گرافینی بر حسب طول نوار (a_0) ثابت شبکه گرافین میباشد).

$$P_0 = 1 - \sigma_{off}/\sigma_{on}$$

که در رابطه بالا σ_{off} رسانش در حالت پلاریزاسیون خاموش و σ_{on} رسانش در حالت پلاریزاسیون روشن می باشد و در شکل (۱) نشان داده شده است.

$$\sigma = e^2/2\pi \Sigma [T_{LR} + T_{RL}]$$

که در رابطه بالا T_{LR} رسانش از لید چپ به راست و T_{RL} رسانش از لید راست به چپ می باشد که طبق فرمول زیر محاسبه می شود^[۹]

$$T = Tr [G^+(\omega)\xi^\alpha(\omega+k\omega)G(\omega)\xi^\alpha(\omega)]$$

$$\xi^\alpha(\omega) = 2\pi F^{\alpha+\rho^\alpha(\omega)}F^\alpha$$

در روابط بالا F اپراتور اتصال لید به سیستم ، α و α' علامت لید چپ و راست می باشد.

ما برای محاسبات عددیمان از متد گرین فانکشن تا مرتبه اول سری دایسون استفاده کرده ایم^{۱۰} که البته این سیستم تا مراتب بالاتر هم بررسی گردیده است^{۱۱} همچنین از متد گرین بازگشتی برای محاسبه چگالی حالتها استفاده کرده ایم^[۱۲].

با استفاده از محاسبات عددی روابط بالا نمودار هایی که برای ترابرد خاموش با اختلاف فاز π نورهای پلاریزه دو نیمه سیستم با ترابرد حالت روشن که این اختلاف فاز برابر صفر میباشد مقایسه کرده ایم. این مقایسه در شکل (۱) نشان داده شده است. در این شکل نسبت دامنه دو نور برابر $0/1$ و فرکانس نورها به صورت $1/47$ برابر انرژی هایپینگ بین اتمی سیستم می باشد. در این شکل دیده میشود که رسانش حالت روشن سیستم بسیار شدیدتر از رسانش در حالت خاموش می باشد. در این شکل متغیرها در محاسبات با نسبت $eA_1a_0/c = 1.0$ و نسبت شدت دو نور به نسبت $A_4/A_1 = 0.1$ در نظر گرفته شده است تا گپ بهتری بدست آید. طول سیستم نمونه از $12a_0$ در حدود $22/88$ آنگستروم تا $150 a_0$ در حدود $298/8$ آنگستروم بررسی شده و نتایج نشان میدهند که با افزایش طول رسانش سیستم افزایش می یابد البته با

نتیجه گیری

در این مقاله پس از شبیه سازی گرافین همراه با پتانسیل نوری خاص که بر دو نیمه سیستم تابیده میشود که در نرم افزار مطلب انجام شد ترابرد الکترونی سیستم در حالت خاموش با ترابرد الکترونی سیستم در حالت روشن بدست آمد و نشان داده شد که ترابرد روشن بسیار قویتر از حالت خاموش بدست می آید. نتایج نشان داد که در نمونه هایی به طول ۲۹۸ آنگستروم و عرض ۵۰/۷۹۶ آنگستروم میتوان به پلاریزاسیون دره ای با بازدهی ۹۵٪ دست یافت که میتوان از این نتایج در کارهای تجربی استفاده کرد.

مرجع ها

-
- [1] K.S. Novoselov et al., Science 306, 666 (2004).
 [2] A. H. Castro Neto, F. Guinea, N. M. R. Peres, K. S. Novoselov, and A. K. Geim, Rev. Mod. Phys. 81, 109 (2009).
 [3] A. Rycerz, J. Tworzydło, and C. Beenakker, Nature Phys. 3, 172 (2007)
 [4] A. Rycerz, J. Tworzydło, and C. Beenakker, Nature Phys. 3, 172 (2007).
 [5] Y. Song, F. Zhai, and Y. Guo, Appl. Phys. Lett. 103, 183111 (2013).
 [6] M. M. Grujic, M. Z. Tadic, and F. M. Peeters, Phys. Rev. Lett. 113, 046601 (2014).
 [7] M. Razavy, Quantum Theory of Tunneling (World Scientific, New Jersey, 2003).
 [8] T. Oka and H. Aoki, Phys. Rev. B 79, 081406(R) (2009).
 [9] S. Kohler, J. Lehmann, and P. Hänggi, Phys. Rep. 406, 379 (2005).
 [10] L. Arrachea, Phys. Rev. B 72, 125349 (2005).
 [11] Arijit Kundu, H.A. Fertig, and Babak Seradjeh, Phys. Rev. L. (2016).
 [12] T. C. Li and Shao-ping Lu, Phys. Rev. B 77, 085408 (2008).