Пересечение уровней и нулевой уровень Ландау в двойной квантовой яме HgTe

Ольшанецкий Е.Б.¹, Гусев Г.М.², Левин А.Д.², Райчев О.Е.³, Михайлов Н.Н.¹,
Дворецкий А.С.¹

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Instituto de Fisica da Universidade de Sao Paulo, 135960-170, Sao Paulo, SP, Brazil

³ Institute of semiconductor physics, NAS of Ukraine, Prospekt Nauki 41, 03028, Kyiv, Ukraine

DOI 10.34077/Semicond2019-499

Свойства однослойных и двухслойных дираковских систем, таких однослойный и двухслойный графен, привлекают большое внимание [1-3]. В частности, квазичастицы в однослойном графене являются безмассовыми дираковскими фермионами с линейным законом дисперсии и фазой Берри, равной π , в то время как в двухслойном графене квазичастицы являются киральными (chiral) фермионами с энергетическим спектром близком к параболическому и фазой Берри 2π . Важным свойством двухслойного графена является возможность управления его зонной структурой - приложение внешнего поперечного электрического поля приводит к появлению энергетической щели между зоной проводимости и валентной зоной. Транспортные измерения в магнитном поле позволяют увидеть разницу между однослойным и двухслойным графеном. Например, квантование Ландау в однослойном графене в отличие от двухслойного пропорционально квадратному корню как от номера уровня, так и от приложенного магнитного поля [4]. Тем не менее, зонная структура графена является довольно сложной. В частности, двухслойный графен имеет четырехкратно вырожденные уровни (спиновое и долинное вырождение), за исключением нулевого уровня, вырожденного восьмикратно. Характер спектра в магнитном поле зависит от того, какое из вырождений, спиновое или долинное, снимается раньше.

Недавно была обнаружена еще одна 2D система безмассовых квазичастиц, имеющая только один дираковский конус и реализующаяся в квантовой яме HgTe критической толщины [5-7]. Дираковские фермионы в КЯ HgTe имеют высокую подвижность и демонстрируют хорошо выраженный квантовый эффект Холла. В настоящей работе изучены транспортные свойства структуры, состоящей из двух КЯ HgTe критической толщины 6.3 нм, разделенных барьером 3 нм. Данная структура представляет собой дираковскую систему, схожую с двухслойным графеном, но без долинного вырождения последней [8,9]. Изучение двойной квантовой ямы HgTe дает возможность исследовать дисперсию уровней Ландау в двухслойной однодолинной системе дираковских фермионов. В работе выполнены транспортные измерения в туннельно связанной двойной 6.3 нм квантовой яме HgTe и проведено последующее сравнение полученных результатов с численной моделью уровней Ландау в данной системе. Наблюдаются множественные пересечения нулевого уровня с другими уровнями Ландау. Положение и последовательность этих пересечений согласуется с численной моделью, если предположить наличие встроенного электрического поля в структуре вследствие асимметричного расположения в ней атомов легирующей примеси.

[1]. A.H. Castro Neto, F. Guinea, N.M.R. Peres, K.S. Novoselov, A.K. Geim, *Rev. Mod. Phys.* **81**, 109 (2009).

[2]. N.M.R. Peres, *Rev. Mod. Phys.* **82**, 2673 (2010).

[3]. S. Das Sarma, Shaffique Adam, E.H. Hwang, E. Rossi, *Rev. Mod. Phys.* **83**, 407, (2012).

[4]. Y. Barlas, Kun Yang, A.H. MacDonald, *Nanotechnology* **23**, 052001 (2012).

[5]. B. Buttner, C.X. Liu, G. Tkachev et al, *Nat. Phys.* **7**, 418 (2011).

[6]. D.A. Kozlov et al, *JETP Lett.* **96**, 730 (2012).

[7]. G.M. Gusev et al, *Phys. Rev. B* **85**, 125309 (2012).

[8]. P. Michetti, J.C. Budich et al, *Phys. Rev. B* **85**, 125309 (2012).

[9]. S.S. Krishtopenko et al, *Nat. Sci. Rep.* **6**, 30755 (2016).