Комбинационное рассеяние циркулярно поляризованного света на оптических фононах Si

Талочкин А.Б.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-63

Применение циркулярно поляризованного (ЦП) света для возбуждения спектров комбинационного рассеяния (КР), как показано недавно [1, 2], открывает новую степень свободы метода КР - возможность наблюдения углового момента (УМ) фононов. Поскольку ЦП фотон имеет УМ, то в процессе КРС должен выполняться закон его сохранения. УМ возбуждающего фотона распределяется между рассеянным фотоном и фононом. Это позволяет регистрировать фононы, имеющие УМ. Данный метод применялся недавно в 2D материалах MoS₂, ReS₂ и др. [1, 2].

Интенсивность КР линейно поляризованного (ЛП) света определяется тензором $R_{\alpha\beta}$, который зависит от симметрии кристалла и наблюдаемого фонона. Он используется для КР ЦП светом в представлении Джонса [1, 2]. Этот подход в общем случае вызывает сомнение, поскольку тензор КР получен из классического анализа, в котором понятие УМ отсутствует. Наблюдение КР ЦП светом в простом и ясном случае (Si) позволит прояснить основные особенности этого метода.

В данной работе исследованы угловые зависимости интенсивности КР ЛП и ЦП света на оптических фононах Si. Измерения проводились при T=300K в геометрии обратного рассеяния от плоскостей (100), (111) и (110) Si. Спектры возбуждались линией Ar лазера с $\lambda=488$ нм. На рис.1 показаны зависимости, полученные для (100) и (111) ориентаций. Кривые, наблюдаемые для ЛП (рис.1), хорошо согласуются с результатами, полученными из тензора КР: $I_{(100)} \sim (\cos \varphi)^2$, $I_{(111)} \sim (\sin \varphi)^2 + (2/3)(\cos \varphi)^2$.

Рис.1. – Угловые зависимости интенсивности КР ЛП и ЦП света на оптических фононах Si, полученные при отражении от (100) и (111) плоскостей.

При возбуждении спектра ЦП светом наблюдаются изотропные зависимости (рис.1). Это соответствует тому, что рассеянный свет является ЦП. Можно видеть, что площадь кривых, полученных для ЛП и ЦП света совпадает (рис.1), что означает сохранение интегральной интенсивности КР в этих двух случаях. В результате, основные особенности КР ЦП света наследуются от ЛП и тензора КР. Так,

для (100) поверхности активны только LO фононы, имеющие нулевой УМ, и при рассеянии ЦП света спиральность фотона не меняется. Для (111) случая проявляются также TO фононы, имеющие УМ равный $\pm 2\hbar$ [3]. В этом случае спиральность фотона меняется на противоположную.

Угловая зависимость, полученная при КР ЦП света от поверхности (110), обнаруживает существенно анизотропную форму, которая совпадает с суммой двух кривых, измеренных с помощью ЛП света. Это означает распад возбуждающего ЦП света на две независимые ЛП компоненты, которые рассеиваются на фононах. В результате, в этой плоскости низкой симметрии проявляется дихроизм.

[1] S.Y. Chen et al, Nano Lett., **15**, 2526 (2015)

[2] S. Zhang et al, ACS Nano, **11**, 10366 (2017)

[3] L Zhang and Q. Niu, Phys.Rev.Lett., **115**, 115502(2015)