Антистоксова люминесценция InSe вблизи перехода E_1

Николаев С. Н.¹, Чернопицкий М. А.¹, Савин К. А.^{1,2}, Кривобок В. С.¹, Багаев В. С.¹

¹ Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, 119991, Москва, Ленинский пр., 53

² МГУ им. М.В.Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

DOI 10.34077/Semicond2019-58

В настоящее время наблюдается резкий рост интереса к исследованию слоистых полупроводников. В первую очередь это связано с драматическим изменением их свойств при переходе к атомарно тонким пленкам. Уже продемонстрирована как высокая эффективность фотолюминесценции (ФЛ), так и возможность создания различных электронных устройств (полевые транзисторы, фотодетекторы) на основе монослоев дихалькогенидов переходных металлов (ДХПМ).

Класс слоистых полупроводников не ограничивается ДХПМ, а также включает соединения A_3B_6 (GaSe, InSe, GaS) и A_4B_6 (GeSe, SnSe...). В данной работе исследовалась низкотемпературная (5 К) ФЛ InSe. На рисунке 1 приведены спектры ФЛ образца при возбуждении люминесценции лазером с длиной волны 405 нм и лазером с длиной волны 790 нм.

При возбуждении люминесценции лазером с длиной волны 790 нм (~1.57 эВ), в видимой области широкая линия пропадает, но остается пик вблизи энергии 2.54 эВ. Это значение достаточно сильно отличается от удвоенной энергии ИК-люминесценции InSe, что было характерно для 2Eg-люминесценции многочастичных состояний в SiGe-гетероструктурах (см., например [1, 2]). В то же время, в этой области расположен экситонный пик поглощения InSe, связанный с межзонным переходом E_1 с участием дырок на Se- p_{xy} -орбиталях [3]. Интенсивность видимой люминесценции InSe растет сверхлинейно и близка к степенной зависимости с показателем степени 1.5 (см. рис. 2). Отметим, что полоса ФЛ InSe вблизи 1.32 эВ претерпевает изменения с ростом температуры. Это является признаком появления многочастичных состояний.

Таким образом, исследована низкотемпературная фото люминесценция объемного InSe в ИК и видимой области света. При фотовозбуждении образца лазерным излучением с длиной волны 790 нм обнаружено антистоксово излучение InSe в области 2,54 эВ, которое близко по энергии к экситонной особенности вблизи межзонного перехода E_1 . Показана сверхлинейная зависимость интенсивности линии E_1' от плотности мощности лазерного возбуждения.

Работа выполнена при поддержке грантов РНФ № 18-72-00235 (подготовка образцов, их предварительная характеристика) и РФФИ а 18-02-01129 (низкотемпературная фотолюминесценция).

[1] В.С. Багаев и др., ЖЭТФ, **148**(6), 1198-1214 (2015).

[2] С.Н. Николаев и др., Письма в ЖЭТФ, **104**(3), 161-166 (2016).

[3] Kuroda, N.et.al., Solid State Commun., **33**, 687 (1980).

Рис. 1. – Спектры ФЛ InSe в ИК-области спектра при возбуждении лазерами с длиной волны 405 (синие кривые) и 790 нм (красные кривые) при температуре 5 К. На вставке приведены спектры в видимой области.

Рис. 2. Спектры видимой люминесценции InSe при различной плотности мощности возбуждения. На вставке показана зависимость интенсивности линии E_1' от интенсивности накачки. Цветными линиями для сравнения показаны степенные зависимости с показателем степени 1, 1.5 и 2.