

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Беляева Кирилла Геннадьевича «Плазмонные эффекты в композитных металл-полупроводниковых структурах на основе соединений A_2B_6 и A_3N », предоставленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

Диссертационная работа Беляева К.Г. посвящена исследованию эффекта экситон-плазмонного взаимодействия в композитных металл-полупроводниковых гетероструктурах. В работе проведено экспериментальное и теоретическое исследование возможности повышения эффективности излучения композитных структур на основе $InGaN/Au$, $AlGaN/Al$ и $CdSe/ZnSe/Au$ за счет экситон-плазмонного взаимодействия. Данный эффект заключается в увеличении скорости рекомбинации экситонов в полупроводниковых материалах вблизи металлических структур за счет взаимодействия с модами поверхностного плазмон-поляритона или поверхностного плазмона. Актуальность данного исследования заключается в возможности увеличения внутренней квантовой эффективности излучения полупроводниковых структур с достаточно большими собственными безызлучательными потерями: $InGaN$ с содержанием индия больше 20% и $AlGaN$ с содержанием алюминия больше 30%.

Следует отметить, что объект исследования является весьма сложным – наноклончатые слои $InGaN$ с хаотичными включениями золота неправильной формы и разбросом размеров, гетероструктуры $Zn(Cd)Se$ с квантовыми точками и наночастицами золота и т.п. Наиболее ценным научным результатом работы является обнаружение эффекта сильного локального увеличения интенсивности фотолуминесценции в композитных структурах на основе $InGaN$ за счет резонансного взаимодействия локализованных экситонов с поверхностными плазмонами в наночастицах золота. Эффект проявляется только при наличии слоя диэлектрика Si_3N_4 .

К недостаткам работы можно отнести следующее. Во-первых, экспериментальные значения фактора Парселла определяются как t / t^* , где t и t^* – времена затухания фотолуминесценции исходной структуры и композитной структуры с добавлением золота. Эти значения сравниваются с расчетом в рамках модели усиления точечного диполя вблизи металлической пленки. Однако в выводах сообщается, что причина ускорения кинетики фотолуминесценции – безызлучательная рекомбинация. Таким образом, проводить аналогии наблюдаемого эффекта с эффектом Парселла следовало бы очень осторожно и, как минимум, обсудить возможность такого сравнения.

Во-вторых, на наш взгляд недостаточно раскрыто, почему добавление слоя диэлектрика Si_3N_4 делает возможным увеличение интенсивности фотолуминесценции в композитных структурах на основе $InGaN$. Si_3N_4 широко используется для пассивации поверхностей, и именно это может объяснить наблюдаемый эффект, однако данный факт нигде не обсуждается.

В-третьих, из текста автореферата не понятно, почему факт увеличения усиления фотолюминесценции при росте температуры структуры интерпретирован как результат экситон-плазмонного взаимодействия и увеличения скорости излучательной рекомбинация. С температурой меняется ширина запрещенной зоны, и это может приводить к подстройке энергии осциллятора к резонансной энергии поверхностных плазмонов. Однако измеренные спектры микро-фотолюминесценции являются очень широкими, поэтому влияние подстройки не должно давать такого большого эффекта, какой наблюдался экспериментально.

В-четвертых, судя по всему, результаты главы 4 обобщены в пункте номер 3 заключения работы. Однако этот пункт сформулирован таким образом, что вообще не понятно, к каким материалам и структурам он относится.

В-пятых, в автореферате не четко сформулировано, какие конкретно структуры исследуются. В разделе, посвященном актуальности работы, упоминается пять типов наноструктур. Далее говорится, что в работе проведено «исследование плазмонных эффектов в вышеперечисленных типах композитных структур». Однако далее в тексте сообщаются результаты, полученные только на части перечисленных типов. Таким образом, отсутствие четкого введения затрудняет понимание сути исследования. Данные замечания, однако, относятся в большей степени к автореферату, в самой работе, вероятно, имеется раздел, посвященный описанию образцов.

В целом, исследование выполнено на высоком уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Беляев К.Г. заслуживает присуждения ученой степени к.ф.-м.н. по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Инженер ИФП СО РАН
к.ф.-м.н.

Е.В. Кожемякина

В.н.с. ИФП СО РАН
д.ф.-м.н.

К.С. Журавлев

Подпись К.С. Журавлева
Ученый секретарь ИФП СО РАН
к.ф.-м.н.



А.В. Каламейцев