



HARVARD UNIVERSITY

DEPARTMENT OF PHYSICS

Denis Sukachev
Department of Physics
Harvard University
17 Oxford Street
Cambridge, MA 02138
sukachev@gmail.com

Отзыв на автореферат диссертации

Комаровских Андрея Юрьевича

«Исследования структуры и электронного состояния парамагнитных центров в алмазе, связанных с вхождением фосфора, кислорода, кремния и германия», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности:

02.00.04 – «Физическая химия».

Диссертационная работа Комаровских Андрея Юрьевича «Исследования структуры и электронного состояния парамагнитных центров в алмазе, связанных с вхождением фосфора, кислорода, кремния и германия» посвящена исследованию парамагнитных свойств дефектов в искусственных алмазах, выращенных при высоких давлениях и температуры.

Актуальность работы определяется уникальными свойствами искусственных алмазов, которые используются как в промышленности, так и в фундаментальных физических исследованиях. В квантовой оптике продолжается поиск дефектных центров, которые излучают в видимом или ближнем ИК диапазоне, обладают высокой симметрией и имеют большое время спиновой когерентности при комнатной температуре. На сегодняшний день, такой центр окраски не найден. Кристалл алмаза, благодаря широкой запрещенной зоне, может содержать большое число различных оптически детектируемых дефектов.

В работе исследовано влияние различных катализаторов на процесс роста кристалла алмаза. Понимание происходящих при этом процессов позволит в будущем увеличить объем промышленного производства высококачественных алмазов.

Используемые катализаторы приводят к внедрению в решетку алмазов различных дефектов, которые могут быть идентифицированы на основе их спектральных и парамагнитных свойств. В автореферате говорится про ряд таких дефектов. На мой взгляд, наибольшего внимания заслуживают кремний-вакансия (SiV) и германий-вакансия (GeV).

Обнаружение ЭПР сигнала от GeV говорит о большом времени спиновой когерентности при комнатной температуре. К сожалению, оптический сигнал, коррелирующий с ЭПР сигналом обнаружен не был.

Сравнивая экспериментально измеренные спектры электронно-парамагнитных резонансов (ЭПР) SiV и GeV с теоретическими расчетами, автор показал, что эти дефекты обладают симметрией инверсии. В других работах было установлено, что инверсия симметрии существенно уменьшает неоднородное уширение и спектральную диффузию в алмазных нанопотонных устройствах на основе SiV, позволяя реализовать почти-детерминистическое взаимодействие одиночного дефекта с одиночным фотоном. Что является необходимым условием использования многих протоколов квантовой информатики.

Из недостатков работы можно отметить следующие:

1. Встречаются грамматические и орфографические ошибки. Также, мне сомнительно употребление термина «порошкообразный спектр» (автор иногда использует более логичный термин «спектр порошкообразного образца»). Употребляются жаргонные выражения, например, «облучение рентгеном».

2. Утверждается, что облучение центра SiB рентгеновским излучением не привело к изменению сигнала ЭПР. На основании этого делается вывод о нейтральном электрическом заряде это центра. Насколько мне стало ясно из автореферата, облучением приводит к переносу электрона от SiB к близлежащему атому азота. Но нигде не объясняется, почему не происходит процесс $\text{SiB}^0 + \gamma + \text{N} \rightarrow \text{SiB}^+ + \text{N}^{-1}$

3. В последнем защищаемом положении («примесь германия входит в алмазную кристаллическую решётку с образованием нейтрального дефекта со структурой – атом германия в двойной полувакансии. Данный центр имеет электронное состояние со спином $S=1$ и характеризуется симметрией дефекта D_{3d} ») утверждается, что дефект GeV образуется в *нейтральном* электронном состоянии. Однако,

а) зарядовое состояние дефекта определяется, в том числе, положением уровня Ферми внутри запрещенной зоны алмаза, которое зависит от концентрации легирующих примесей. Таким образом, утверждение про заряд дефекта без уточнения степени чистоты алмаза (например, концентрации азота) не несет в себе большого смысла

б) экспериментально установлено, что GeV может находиться в отрицательно заряженном электронном состоянии (спектр фотолюминесценции, измеренный в [Sci Rep. 2015; 5: 14789](#), соответствует отрицательно заряженному состоянию).

Тем не менее, указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов. Работа базируется на достаточном экспериментальном материале и проведена на высоком научном уровне. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Заключение

Судя по автореферату, диссертация Комаровских А.Ю. представляет собой законченную работу, выполненную на высоком уровне, отвечающую требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 02.00.04 – «Физическая химия».

Кандидат физико-математических наук
Физический факультет Гарвардского университета



Сукачев Д.Д.

25. 11. 2016 года