

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Котура Младена на тему:

**«Низкотемпературная ядерная спин-решёточная релаксация в n-GaAs»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Диссертация М.Котура посвящена исследованию процессов низкотемпературной релаксации ядерного спина в GaAs n-типа, которые происходят при отсутствии оптического возбуждения в магнитном поле, величина которого меняется от умеренных значений вплоть до нулевого. Хотя изучению ядерной спин-решёточной релаксации посвящено уже достаточно большое количество работ, однако в таких условиях исследования до сих пор не проводились. В то же время эти условия – отсутствие оптического возбуждения и малое или нулевое магнитное поле являются наиболее близкими к ожидаемым реальным условиям прикладного использования спиновых систем для хранения и обработки информации, что и определяет актуальность и новизну диссертационной работы М.Котура.

Хорошо известно, что спиновые свойства твердотельных систем весьма сложны для изучения вследствие сверхтонкого взаимодействия между спинами носителей заряда и атомных ядер, приводящего к образованию нелинейной электронно-ядерной спиновой системы. В результате при исследованиях релаксации ядерных спинов требуется учет не только взаимодействия ядерных спинов между собой и с решёткой, но и со спиновой электронной подсистемой. Естественно ожидать, что процессы ядерной спиновой релаксации могут проходить по-разному, когда электроны локализованы на донорах или при увеличении концентрации последних становятся свободными. Кроме того, также известно, что на эти процессы может оказать существенное влияние квадрупольное взаимодействие между зарядами ядер и локальным электрическим полем. По сравнению с объемными материалами величина этого поля и, соответственно, роль квадрупольного взаимодействия в наноструктурах растет вследствие наличия в них напряжений. Поэтому проведение в диссертационной работе М.Котура исследований наноструктур и объёмных образцов n-GaAs, концентрации доноров в которых были как больше, так и меньше концентрации, соответствующей переходу «металл-изолятор», привело к получению целого массива результатов, согласующихся между собой и с разработанной теоретической моделью, что обеспечивает их безусловную достоверность.

Результаты диссертационной работы М.Котура были получены с использованием оригинального протокола синхронной модуляции величин интенсивности возбуждающего фотолюминесценцию света и прикладываемого магнитного поля, который обеспечил возможность исследовать процессы низкотемпературной релаксации ядерного спина в GaAs n-типа в отсутствие оптического возбуждения. Сделанные на основе этих

09/2-109 om 21.11.2017

результатов выводы об изменении механизма ядерной спиновой релаксации от ядерной спиновой диффузии к квадрупольной релаксации, когда внешнее магнитное поле становится меньше локального для диэлектрических образцов n-GaAs и об ограничении диапазона величин магнитного поля, где применима теория Корринги, для металлических образцов представляются полностью обоснованными.

К работе имеются и некоторые замечания, носящие преимущественно технический характер:

- 1) Нумерация глав в описании структуры диссертации на стр. 9 и 10 не соответствует их реальной нумерации.
- 2) В обзоре имеются ссылки на публикации, но только на те, откуда брались значения параметров теоретических моделей. Однако следовало бы и при описании самих теоретических моделей указать конкретные ссылки на использованные монографии или обзорные статьи.
- 3) Ни в подписи к Рис. 2.3, ни в тексте не указана длина волны, при которой измерялась поляризация фотолюминесценции.
- 4) На стр. 28 указано, что измерения делались в конфигурации, близкой к геометрии Фохта, но здесь же явно ошибочно указано, что магнитное поле прикладывалось под малым углом к оптической оси.
- 5) Показанный на рис. 2.4 (пункт 2.2) протокол синхронной модуляции величин интенсивности возбуждающего фотолюминесценцию света и прикладываемого магнитного поля весьма нетривиален. Все полученные далее результаты базируются на исследовании поведения спиновой поляризации, определяемого этим протоколом. Поэтому для лучшего разъяснения читателям диссертации её основного содержания следовало бы сделать описание связи между использованным протоколом эксперимента и определяемой им спиновой поляризацией более развернутым и включающим отсылки к теоретическим моделям, которые обсуждались в обзоре.

Несмотря на сделанные замечания диссертация Котура Младена на тему «Низкотемпературная ядерная спин-решёточная релаксация в n-GaAs» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения учёных степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Котур Младен заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Член диссертационного совета  
доктор физико-математических наук, доцент (снс),  
профессор кафедры физики твёрдого тела СПбГУ



Вербин Сергей Юрьевич  
24.11.2017