

ОТЗЫВ

на автореферат Тарелкина Сергея Александровича «Исследование слоистых структур легированных бором монокристаллов алмаза для применения в полупроводниковой электронике», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников

Авторы отзыва

ФИО: Каминский Феликс Витольдович

Ученая степень: доктор геолого-минералогических наук

Год присуждения ученой степени и научная специальность, по которой присуждена ученая степень: 1983,

Ученое звание: профессор

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Должность: главный научный сотрудник

Контактная информация: kaminsky@geokhi.ru, +7 (499) 137-53-67

ФИО: Шиловреева Светлана Николаевна

Ученая степень: кандидат геолого-минералогических наук

Год присуждения ученой степени и научная специальность, по которой присуждена ученая степень: 1984 г., геохимия,

Ученое звание: доцент

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Должность: ведущий научный сотрудник

Контактная информация: shilobre@mail.ru, +7 (495) 939-70-04

Бор в природе находится в обогащенном состоянии в континентальной и океанической коре, также присутствует в некоторых алмазообразующих породах на глубинах мантии. Бор является основным компонентом, который окрашивает алмаз и придает ему полупроводниковые свойства.

Исследования оптических и электрических свойств, легированных синтетических, а также боросодержащих природных кристаллов алмазов ведутся давно, однако происхождение бора, геологические условия кристаллизации боросодержащего алмаза и его свойства до сих пор являются предметами дискуссий. Значительное количество измерений было проведено на природных монокристаллах с примесью бора акцепторного типа, которые весьма редки и дороги. Поэтому систематические исследования кристаллов для установления зависимостей между содержанием легирующей примеси бора и оптическими и электрическими свойствами алмазов очень важны.

Диссертация Тарелкина С.А. посвящена систематическому исследованию электрофизических свойств легированных бором монокристаллов алмаза, синтезированных методом температурного градиента при высоких давлениях и температурах. Использование искусственного алмаза позволяет синтезировать кристаллы

с добавкой бора из очень широкого диапазона концентраций: от 10 *ppb* (практически невозможно зафиксировать оптическими методами, см. Рис. 5 в автореферате) до >100 *ppm*.

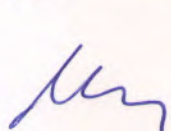
Разработанная автором аналитическая модель проводимости полупроводникового алмаза позволяет проводить численный регрессионный анализ полученных зависимостей сопротивления и коэффициента Холла от температуры с целью определения примесного состава кристаллов. При этом, как следует из автореферата (Рис. 7), определяется не только концентрация бора (на уровне единиц *ppb*) в положениях замещения (который и определяет оптическое поглощение и, следовательно, цвет кристаллов), но и степень компенсации (т.е. концентрацию) донорных центров (в том числе азота) на уровне менее 1 *ppb*. Построение подобной аналитической модели для природных алмазов позволило бы исследовать и определять бор в этих алмазах, и в дальнейшем моделировать поведение бора в оболочках Земли.

В качестве замечания к работе следует указать на то, что для подтверждения и расширения выводов диссертации желательно было бы применить локальный элементный анализ с использованием методов вторично ионной масс-спектрометрии (ВИМС). Кроме того, верификацию метода по определению концентраций электрически активных центров можно было бы провести на природных монокристаллах с примесью бора. Впрочем, эти замечания могут рассматриваться как пожелания к дальнейшим работам в данной области.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на двух российских и шести международных конференциях в виде устных и стендовых докладов. По тематике работы соискателем опубликовано 14 печатных работ в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах. Диссертант является также соавтором двух патентов, имеющих практическое значение. Поэтому научные выводы диссертации не вызывают сомнения. Общее количество научных работ соискателя превышает 60, что для исследователя-экспериментатора подтверждает его высокую активность и научный уровень.

Считаем, что диссертационная работа «Исследование слоистых структур легированных бором монокристаллов алмаза для применения в полупроводниковой электронике» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор диссертации Тарелкин Сергей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

 /Ф.В. Каминский/

 /С.Н. Шилобреева/

14 ноября 2019 г.



Каминского Филиппа Витальевича
Шилобреевой Светланы Николаевны
Зав. канцелярией ГЕОХИ РАН