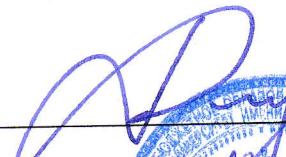


«Утверждаю»

Проректор Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный
университет имени М.В.Ломоносова»


А.А. Федянин

«2021 г.

Отзыв

ведущей организации ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М.В.Ломоносова» на диссертационную работу_ Липского
Виктора АНАТОЛЬЕВИЧа

на тему «ПОЛУЧЕНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОЧИСТОГО
ИЗОТОПНО ОБОГАЩЕННОГО ГЕРМАНИЯ», предоставленную на
соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности:
02.00.01 – неорганическая химия

Благодаря небольшой ширине запрещенной зоны, низкой
хроматической дисперсии и высокому показателю преломления ($n=4$),
германий используется в электронной технике для создания
высокоэффективных солнечных фотоэлементов, детекторов ионизирующих
излучений, ИК-датчиков и волоконных световодов. Большое значение для
создания электронных приборов имеют оптические свойства:
коэффициенты поглощения, отражения, рассеяния и ослабления, спектр
пропускания германия в области колебаний кристаллической решетки и в
области межзонных электронных переходов, показатель преломления. Эти
свойства германия связаны с колебаниями фононов, и, следовательно, будут
 зависеть от массы изотопа, его содержания (изотопической однородности
атомов в кристалле) и степени его химической чистоты.

В рецензируемой диссертационной работе определены условия получения и
оптические свойства высокочистого изотопно обогащенного
кристаллического германия. Это определяет значимость и актуальность

результатов для развития неорганической химии и материаловедения полупроводников.

С использованием современных методов синтеза и взаимно дополняющих методов диагностики в работе получены следующие основные результаты.

1) Впервые синтезированы изотопно обогащенные гидриды германия со степенью обогащения $^{72}\text{GeH}_4$ (99,953%), $^{73}\text{GeH}_4$ (99,8960%), $^{74}\text{GeH}_4$ (99,9355%) и химической чистотой 5-6 N.

2) С использованием гидридов германия получены поликристаллы высокочистого изотопно обогащенного германия - ^{72}Ge (99,9844%), ^{73}Ge (99,8995%), ^{74}Ge (99,9365%).

3). Методом Чохральского в кристаллографическом направлении (100) из

полученных поликристаллов выращены монокристаллы германия. Они имеют n-тип проводимости, удельное электросопротивление в диапазоне 42-54 Ом·см. Содержание примесей 66 химических элементов в полученных монокристаллах находится ниже пределов обнаружения (10^{-4} – 10^{-6} % мас.), концентрация электроактивных примесей B, Al и P $< 2,3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Концентрация некомпенсированных носителей заряда при температуре жидкого азота (77К) составляет $n \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$, средняя плотность дислокаций $(0,5-1) \cdot 10^4 \text{ см}^{-2}$

4). Впервые с точностью от $2 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ в области от 1,94 мкм до 20 мкм при комнатной температуре измерен показатель преломления для монокристаллов высокочистого изотопно обогащенного германия. С увеличением массы изотопа германия значение показателя преломления уменьшается во всем диапазоне измерений. Разница в значениях показателя преломления между изотопами ^{72}Ge и ^{76}Ge находится на уровне $(6-11) \cdot 10^{-4}$.

5) Впервые для изотопов германия ^{72}Ge , ^{73}Ge , ^{74}Ge , ^{76}Ge с соответствующим изотопным обогащением при комнатной температуре в области 1,739–40 мкм (5750 см^{-1} – 250 см^{-1} определены изотопные сдвиги групповых колебаний фононов

6) Исследованы спектры комбинационного рассеяния света при комнатной температуре. Для изотопов германия ^{72}Ge , ^{73}Ge , ^{74}Ge , и ^{76}Ge с соответствующим обогащением получена зависимость положения пиков полосы оптического

фонона LTO (Γ) КРС от атомной массы.

УКАЗАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АРГУМЕНТИРОВАНЫ, ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИХ ПОЛУЧЕНА ВПЕРВЫЕ. Диссертация написана автором самостоятельно, Она обладает внутренним единством, содержит указанные новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку.

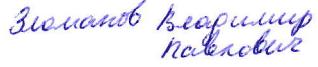
Замечания по работе.

1. Следовало бы более четко определить понятия «Состав» и «Высокочистый»\ Для этого можно сравнить, например, концентрацию собственных носителей с той, которая требуется для работы ИК детекторов и т.д.
2. Полезно было бы пояснить, как требования к нужным оптическим свойствам обеспечиваются условиями синтеза.
3. Полезно было бы пояснить, как с помощью нейтронного трансмутационного легирования (НТЛ) можно добиться однородного распределения и высоких уровней легирования донорных и/или акцепторных примесей, а также управлять степенью компенсации примесей.
4. Недостаточно четко прописаны условия выращивания монокристаллов.

Диссертация _ Липского Виктора Анатольевича является научно-квалификационной работой, в которой на примере германия содержится решение научной задачи определения условий синтеза полупроводников с заданными составом, структурой и свойствами, что имеет важное значение для развития неорганической химии и материаловедения полупроводников. Диссертация В.А.Липского соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

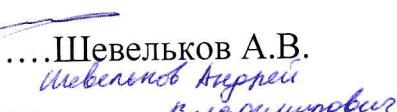
Отзыв подготовил доктор химических наук, специальность 02.00.01-
неорганическая химия профессор  В.П.Зломанов.
Электронная почта:zlomanov1@mail.ru


Зломанов Вадимир
Павлович

Телефон 8-495-939-20-86

Отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры _неорганической химии Химического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, протокол заседания № 12 от 26 04 2021 г.

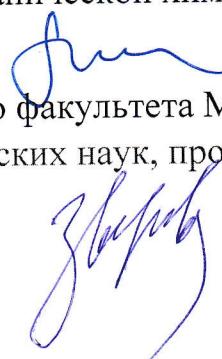
Заведующий кафедрой неорганической химии Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

доктор химических наук, профессор  Шевельков А.В.
Почтовый адрес: 119991. Москва, ГСП-2, Ленинские горы 
д.1, корп.3,Химический факультет, кафедра неорганической химии

Телефон: 8-495-939-20-74

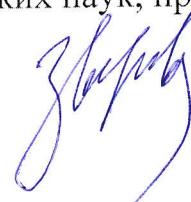
Электронная почта: root@inorg.chem.msu.ru

Ученый секретарь кафедры неорганической химии
кандидат химических наук



М.Н.Маркелова


Заместитель . декана Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
по научной работе доктор химических наук, профессор



М.Э. Зверева
