

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО  
(СГУ)»**

Кафедра физики полупроводников

**Методика синтеза полупроводниковых квантовых точек антимонида  
индия**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА  
студента 4 курса 412 группы  
направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»  
факультета нано- и биомедицинских технологий

Похазникова Ильи Алексеевича

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, ученая степень, ученое звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

В.Ф. Кабанов

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, ученая степень, ученое звание

\_\_\_\_\_

подпись, дата

А.И. Михайлов

инициалы, фамилия

Саратов 2020

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время, исследование и развитие полупроводниковых структур на квантово-размерных эффектах являются очень перспективными, поскольку создание и усовершенствование полупроводниковых наноэлектронных и оптоэлектронных приборов ведет к улучшению многих показателей, таких как быстродействие, качество изготовления, цена и характеристики самого прибора. Наночастицы (или при некоторых условиях – квантовые точки) являются одними из наиболее интересных квантово-размерных структур для целей применения в оптоэлектронике и наноэлектронике. Большой интерес в исследовании, по некоторому ряду причин, проявляется к группе наночастиц  $A^{III}B^V$ . Материалы из этой группы обладают индивидуальными особенностями энергетического спектра и достаточно малой эффективной массой электрона, что обеспечивает достаточно большую длину волны де Бройля (десятки нанометров при температуре 300 К). Благодаря этим особенностям, квантово-размерные эффекты могут проявляться даже в больших размерных структурах.

Электронные и оптические свойства полупроводниковых наночастиц и их содержащих полупроводниковых макрообъектов (в частности, электронный спектр, длина волны излучения и поглощения, коэффициент экстинкции) зависят от их размеров, поэтому получение наночастиц заданного размера является довольно важной задачей.

В связи с этим **целью данной работы** было описание, обоснование и применение методики получения полупроводниковых наночастиц антимонида индия (InSb) заданных размеров, основанной на методе «снизу вверх».

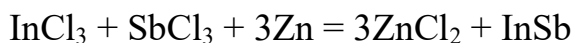
Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) Изучение материалов по теме «физика и химия поверхностей»;
- 2) Изучение материалов по теме «квантовые точки»;
- 3) Изучение метода получения наночастиц методом «снизу вверх»;
- 4) Экспериментальное получение наночастиц соответствующего размера.

**Описание методики получения наночастиц InSb.** Навеска сухого безводного хлорида сурьмы (III) и безводного хлорида индия (III) в

стехиометрических соотношениях помещается в 150 мл полиэтиленгликоля (ПЭГ 400).

При постоянном перемешивании аккуратно добавляется порошок цинка до образования суспензии серого цвета.



Полученная суспензия перемешивается 2 часа, после чего оставляют на сутки в маточном растворе.

Образовавшийся осадок переносится на фильтр и отмывается от избытков ПЭГ дистиллированной водой.

Процесс продолжается до образования антимонида индия (вещество серебристо-серого цвета). В маточном растворе выдерживается 24 часа при температуре 25 °С.

После чего осадок подвергается центрифугированию и промыванию несколько раз дистиллированной водой. Сушка осуществляется в печи при температуре 120 °С в течение часа.

**Оценка размеров полученных частиц.** Полученные по описанной ранее методике частицы были исследованы методами гранулометрического анализа и сканирующей электронной микроскопии.

Гранулометрический анализ проводился на оборудовании «Zetasizer Nano ZS (Malvern)». Для исследований методами СЭМ использовался сканирующий электронный микроскоп MIRA 2 LMU.

Приготовление к измерению. Была подготовлена стеклянная кювета и дистиллированная вода для растворения наночастиц. Частицы растворялись в соотношении 1/100 в дистиллированной воде и подвергались измерению. Количество измерений – 3 штуки. Результаты представлены на рисунках 1-3. Данные зависимости являются усреднениями, построенными на основе серий из 3 измерений для каждого образца.

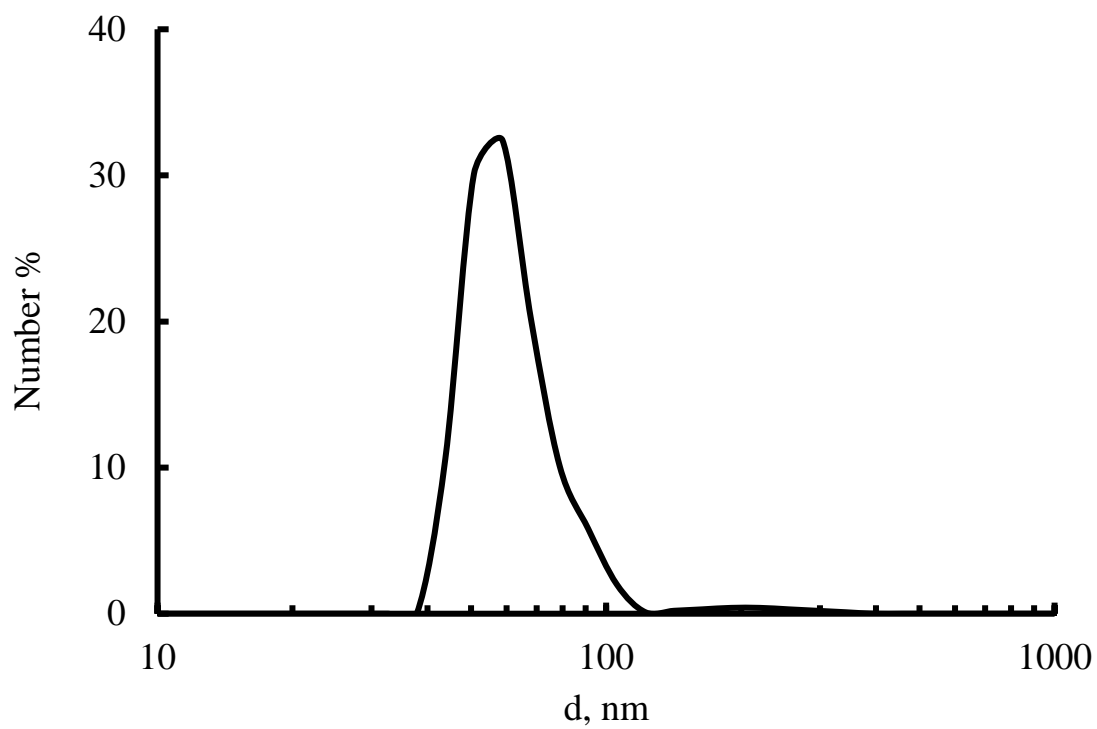


Рисунок 1 – Гранулометрический анализ образца 1

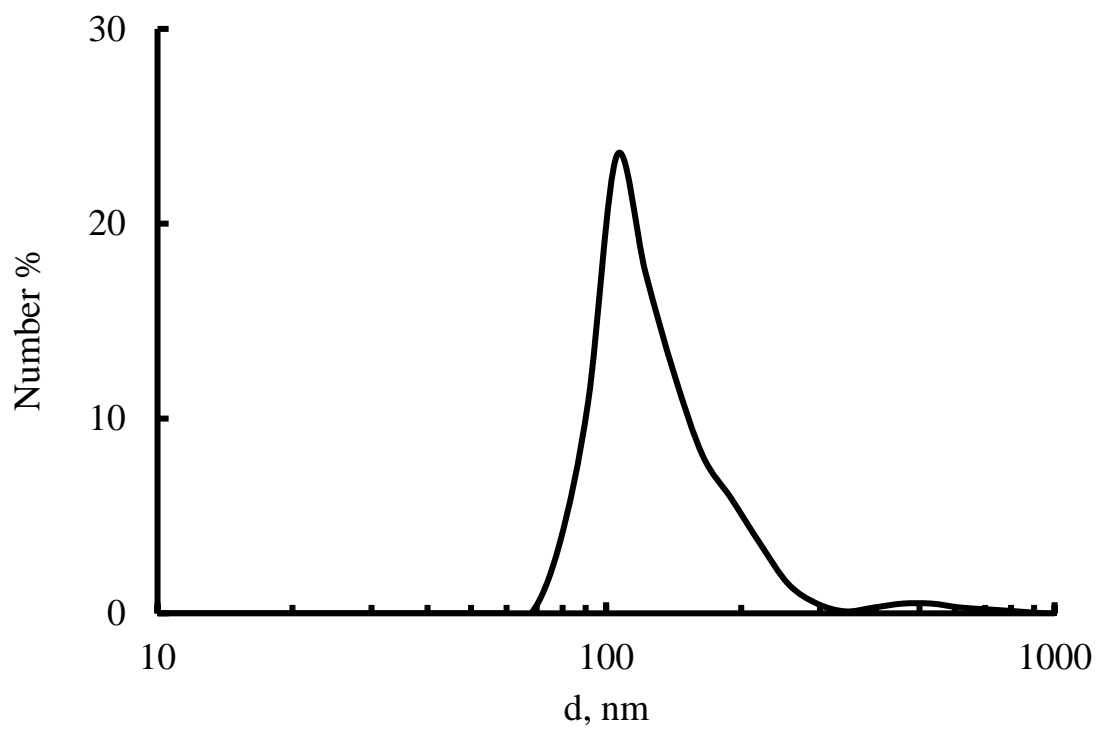


Рисунок 2 – Гранулометрический анализ образца 2

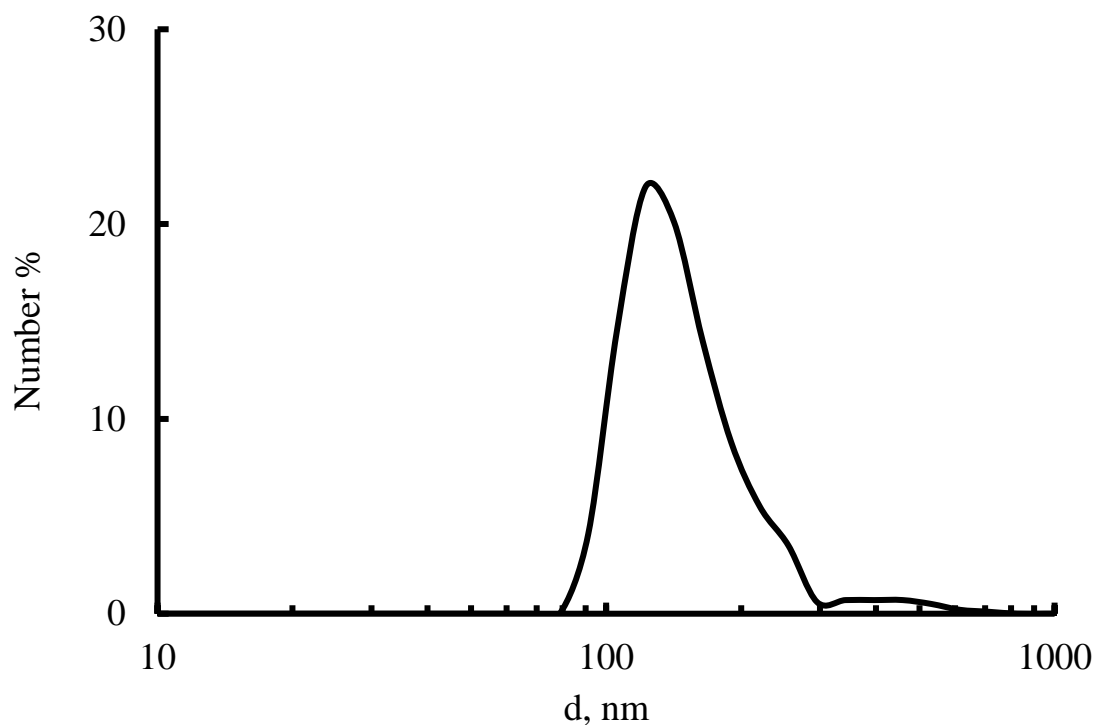


Рисунок 3 – Гранулометрический анализ образца 3

Как видно из рисунков, исследуемые частицы обладали достаточно сильной дисперсностью размеров и их пиковые значения составили 58 нм, 102 нм и 105 нм.

Результаты оценки полученных образцов с помощью СЭМ представлены на рисунках 4-6.

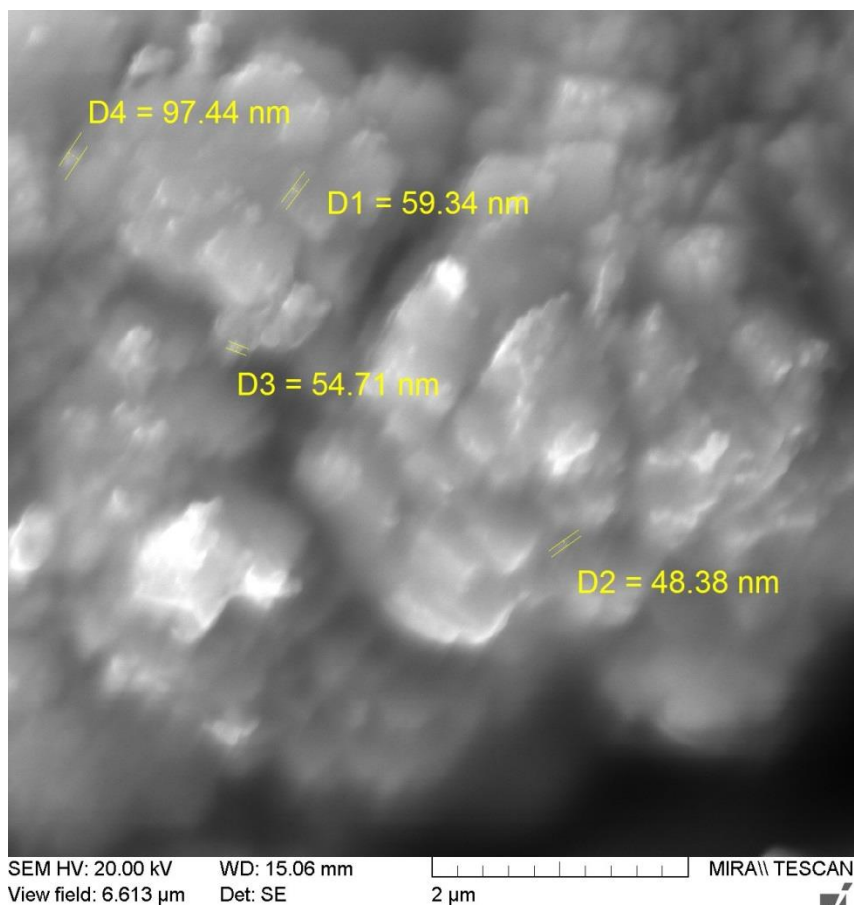


Рисунок 4 – Результаты исследования на СЭМ полученных частиц образца 1

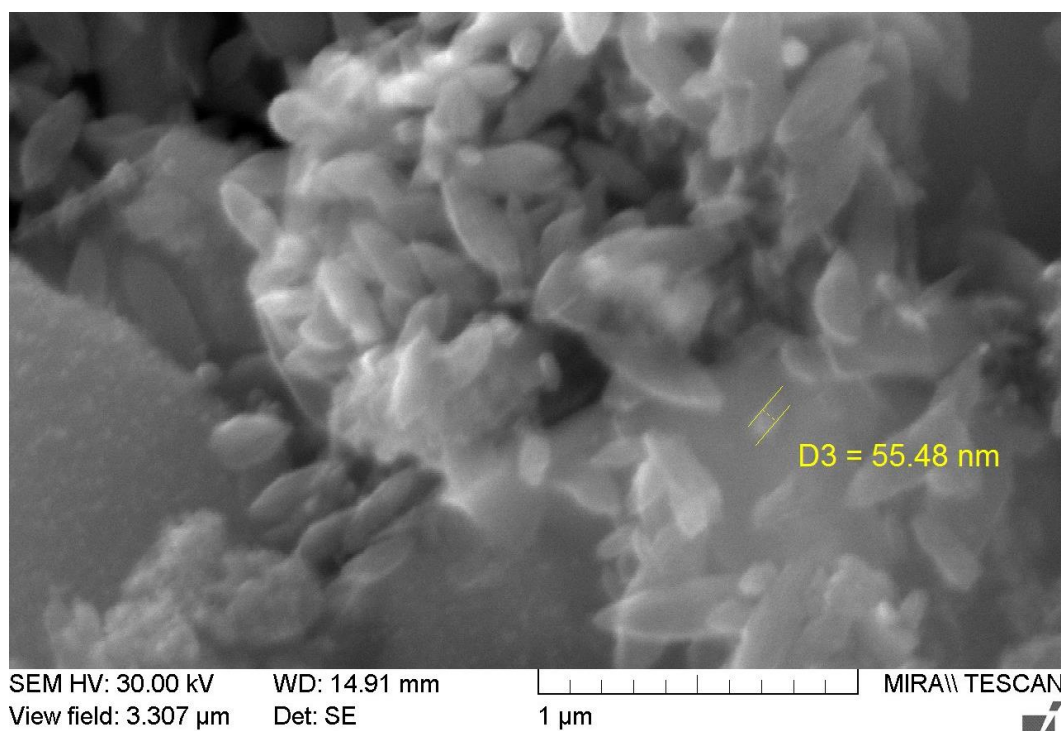


Рисунок 5 – Результаты исследования на СЭМ полученных частиц образца 2

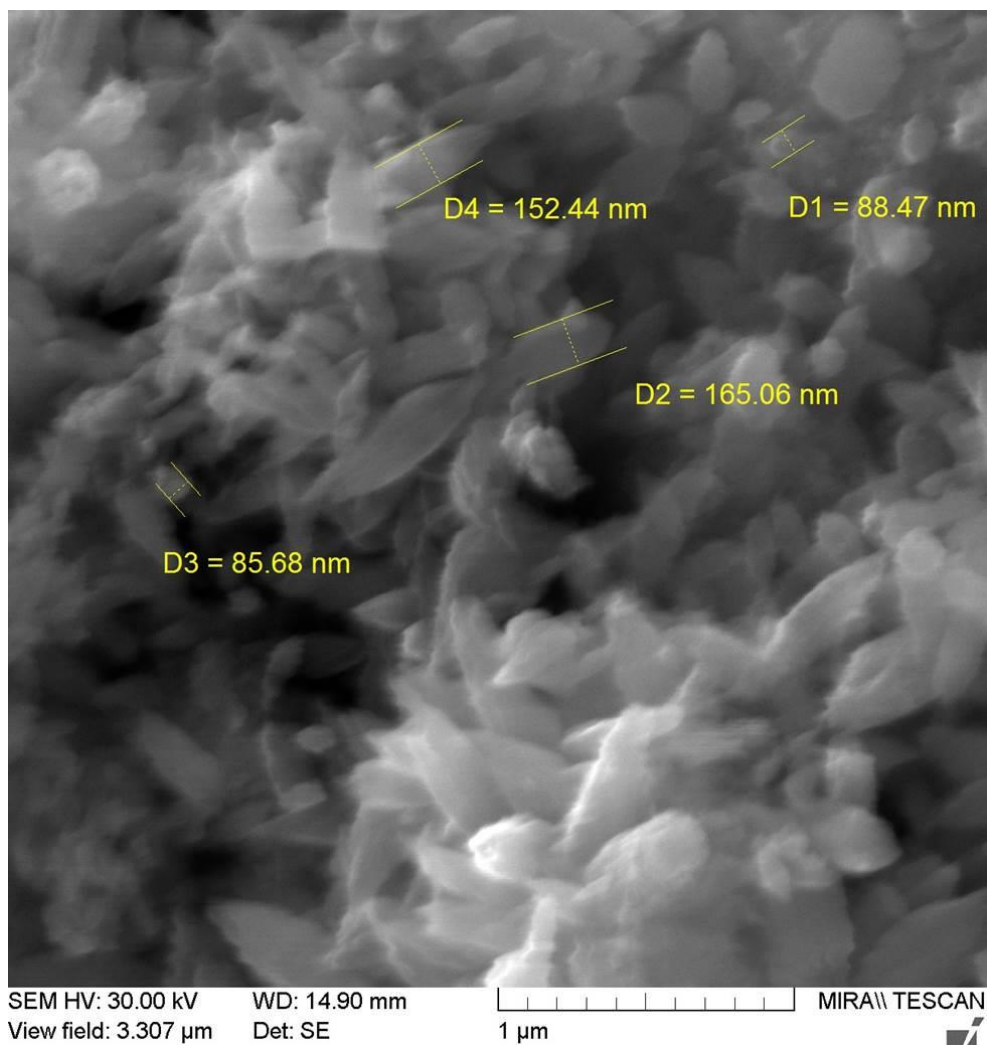


Рисунок 6 – Результаты исследования на СЭМ полученных частиц образца 3

Из всех полученных выше результатов видно, что частицы обладают высокой дисперсностью размеров и склонны к слипанию. Добиться поставленных изначально размеров пока что не удалось, однако данная методика будет совершенствоваться в дальнейшем для достижения оставленных результатов.

Далее для изготовленных частиц был проведен химический элементный анализ для выявления их состава. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты химического элементного анализа

Спектр	В стат.	С	О	Zn	In	Sb	Итог
1	Да	3.00	24.88	11.94	52.88	7.30	100.00
2	Да		31.20	11.09	51.92	5.79	100.00
3	Да	2.34	22.55	11.16	60.05	3.89	100.00
Макс.		3	31.20	11.94	60.05	7.30	
Мин.			22.55	11.09	51.92	3.89	

Как видно из таблицы 1, в результате реакции восстановления были получены преимущественно наночастиц In и Zn, чистого соединения In с Sb не получилось.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Была предложена методика синтеза квантовых точек антимолида индия (InSb) с целью получения данных квантовых точек с характерными размерами в диапазоне 10-30 нм.

В результате апробации данной методики были получены 3-и раствора КТ при различных временах синтеза.

Исследования полученных наночастиц показали, что они обладают высокой дисперсностью размеров и склонны к агрегации КТ. Добиться поставленных изначально размеров на данном этапе исследования не удалось.

Химический элементный состав выявил, что в результате реакции восстановления были получены преимущественно наночастиц In и Zn.

Данная методика будет совершенствоваться в дальнейшем для получения более удовлетворительных результатов, путем вариации восстановителя и стабилизатора и изменения соотношения исходных компонентов реакции для получения более удовлетворительного соотношения In и Sb в полученных наночастицах.