

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

Кафедра материаловедения, технологии
и управления качеством

**ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕМНИЕВЫХ ПЛЁНОК,
ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕР-СТИМУЛИРОВАННОЙ
МЕТАЛЛ-ИНДУЦИРОВАННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 4091 группы
направления 22.03.01 «Материаловедения и технологии материалов»,
профиль «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»
института физики

Волковойновой Ларисы Дмитриевны

Научный руководитель,
доцент, к.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

А.А. Сердобинцев

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,
д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Саратов 2022

Введение. Кристаллизация, аморфного кремния является актуальной задачей, которая позволит повысить эффективность солнечных элементов. Самые простые для создания солнечные элементы получаются на основе аморфного кремния, однако они обладают достаточно низкой эффективностью, что связано с их неупорядоченной структурой. При использовании поликристаллического кремния эффективность таких фотоэлементов значительно повышается из-за повышения упорядоченности структуры.

Целью выпускной квалификационной работы является создание покрытия, состоящего из кристаллизованного кремния по разработанной в СГУ комбинированной методики лазер-стимулированной металл-индуцированной кристаллизации, изучение влияния различных условий на степень кристаллизации пленок аморфного кремния, подбор оптимального режима кристаллизации.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Изучение методов магнетронного распыления и лазерной абляции;
- 2) Поиск и изучение научной литературы и статей по тематике кристаллизации аморфных кремниевых плёнок;
- 3) Изучение метода комбинационного рассеяния света (Рамановского);
- 4) Составление оценочного расчета на простой статической модели процессов, происходящих с образцами в процессе лазер-стимулированной металл-индуцированной кристаллизации;
- 5) Определение оптимального режима кристаллизации с помощью полученных результатов оценочного расчета;
- 6) Верификация оценочного расчета путем сравнения результатов расчета с полученными значениями параметров кристаллизации;
- 7) Проведение экспериментов по кристаллизации кремниевых плёнок по вышеупомянутой методике в выбранном режиме;
- 8) Оценка влияния толщины слоя алюминия и наличия оксидов на процесс кристаллизации кремния с помощью метода комбинированного рассеяния света.

Дипломная работа занимает 55 страниц, имеет 44 рисунка и 17 таблиц.

Обзор составлен по 29 информационным источникам.

Во введение рассматривается актуальность работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой теоретический обзор используемых в работе методов кристаллизации кремния, создания покрытий, а также используемого метода исследования степени кристалличности кремния.

Во втором разделе работы производится оценочный расчет поглощенной алюминием и кремнием энергии, производится верификация результатов оценочного расчета, с помощью полученных ранее результатов по степени кристаллизации образцов, на основе которых и производился расчет. Во втором разделе также изучается зависимость степени кристаллизации аморфного кремния от толщины слоя алюминия и наличия оксида между слоями кремния и алюминия.

Основное содержание работы

В работе изучается влияние различных факторов на процесс кристаллизации пленок аморфного кремния. Кристаллизация производится по методу лазер-стимулированной металл-индуцированной кристаллизации. Принцип данного метода заключается в следующем: на подложку с помощью магнетронного напыления наносят сперва слой кремния, а затем слой алюминия; после этого полученный образец облучают лазером с длиной волны 1064 нм [1]. На данной длине волны поглощает только алюминий, поэтому нагревается именно алюминий, а от него нагревается кремний [2, 3]. Таким образом, будет происходить металл-индуцированная кристаллизация кремния.

В работе производятся вычисления для определения оптимального режима кристаллизации аморфного кремния по данной методике. Создание образца происходит при изменении энергии лазерного излучения ($1 \cdot 10^{-5}$ Дж, $2 \cdot 10^{-5}$ Дж, $3 \cdot 10^{-5}$ Дж), а также скорость движения лазерного луча (25-250 мм/с).

Для оценочного расчета применялись следующие упрощения:

1. В расчете не учитываются процессы теплопередачи (конечность во времени).
2. В расчете не учитывается распространение тепла по пленке.
3. Все процессы, описываемые расчетом, происходят мгновенно.
4. Вся энергия, оставшаяся после испарения алюминия, передается кремнию.

Расчеты показали, что оптимальным скоростным режимом будет 100-150 мм/с и энергия лазерного излучения $1 \cdot 10^{-5}$ Дж. Результаты расчетов подтверждаются результатами исследования с помощью рамановского рассеяния света, поскольку наилучшую кристаллизацию показали образцы, созданные при скорости 100-150 мм/с и энергии лазерного излучения $1 \cdot 10^{-5}$ Дж.

Изучение влияния толщины слоя алюминия и наличия оксида проводилось с помощью рамановского рассеяния света. Рассматривались три показателя характеризующие кристаллизацию: размер кристаллита, упорядоченность структуры и оставшееся количество кремния. Данное исследование и показало, что самыми лучшими показателями кристаллизации обладает образец с большей толщиной слоя алюминия и оксидом кремния между слоями кремния и алюминия. Кроме того, хорошие результаты по упорядоченности структуры и размеру кристаллитов показал образец без содержания оксидов между слоями.

Заключение. Была достигнута цель работы: создание покрытия, состоящего из кристаллизованного кремния по разработанной в СГУ комбинированной методики лазер-стимулированной металл-индуцированной кристаллизации, изучение влияния различных условий на степень кристаллизации пленок аморфного кремния, подбор оптимального режима кристаллизации.

В ходе выполнения практики были получены следующие результаты:

- 1) Изучение методов магнетронного распыления и лазерной абляции;
- 2) Поиск и изучение научной литературы и статей по тематике кристаллизации аморфных кремниевых плёнок;

- 3) Изучение метода комбинационного рассеяния света (Рамановского);
- 4) Составление оценочного расчета на простой статической модели процессов, происходящих с образцами в процессе лазер-металл-индуцированной кристаллизации;
- 5) Определение оптимального режима кристаллизации с помощью полученных результатов оценочного расчета;
- 6) Верификация оценочного расчета путем сравнения результатов расчета с полученными значениями параметров кристаллизации;
- 7) Проведение экспериментов по кристаллизации кремниевых плёнок по вышеупомянутой методике в выбранном режиме;
- 8) Оценка влияния толщины слоя алюминия и наличия оксидов на процесс кристаллизации кремния с помощью метода комбинированного рассеяния света.

Список использованных источников

- 1 Serdobintsev, A. A. Thin amorphous silicon films crystallization upon flexible substrates / A. A. Serdobintsev, V. A. Luzanov, I. O. Kozhevnikov, P. V. Ryabukho, D. M. Mitin, D. N. Bratashov, A. V. Starodubov, A. M. Pavlov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – № 1400. – P. 201-207.
- 2 Schinke, C. Uncertainty analysis for the coefficient of band-to-band absorption of crystalline silicon / C. Schinke, P. C. Peest, J. Schmidt, R. Brendel, K. Bothe, M. R. Vogt, I. Kröger, S. Winter, A. Schirmacher, S. Lim, H. T. Nguyen, D. MacDonald // AIP Advances. – 2015. – № 5. – P. 67168-67173.
- 3 Vogt, M. R. Development of physical models for the simulation of optical properties of solar cell modules / M. R. Vogt. – Hanover : Gottfried Wilhelm Leibniz University of Hanover, 2015. – 154 p.