

Влияние энергетических режимов лазерного излучения на модифицирование поверхности кремниевых пластин

Ю.И. Бохан*, В.С. Каменков**,

В.И. Семашко***, Н.К. Толочко****

**Учреждение образования «Витебский государственный
университет им. П.М. Машерова»*

*** РУП «Спектравтоматкомплекс», г. Витебск*

**** НПРУП «КБТЭМ-СО», г. Минск*

***** Учреждение образования «Белорусский государственный
аграрно-технический университет»*

Под воздействием лазерного излучения на поверхности твердых тел происходят структурные и морфологические перестройки, исследование закономерностей которых представляет значительный научный и практический интерес в связи с созданием материалов с заданными свойствами [1–2]. Одним из перспективных видов лазерных технологий обработки материалов, применяемых в производстве изделий электронной техники, является лазерное геттерирование кремниевых полупроводниковых пластин, приводящее к повышению структурного совершенства поверхности на обратной (рабочей) стороне обрабатываемой пластины [3–5]. Однако физические закономерности процессов лазерного геттерирования исследованы недостаточно. Настоящая статья посвящена экспериментальному изучению особенностей структурного модифицирования поверхности кремниевых полупроводниковых пластин при различных энергетических режимах лазерной обработки.

Материал и методы. Эксперименты проводились с использованием автоматизированной установки, схема которой представлена на рис. 1. Излучение лазера 1, содержащего затвор 2, с помощью отражающего зеркала 3 и объектива 4 передается на поверхность пластины 5. Компьютер 6 через блок управления 7 задает перемещение двухкоординатного стола 8 с пластиной по заданным координатам.

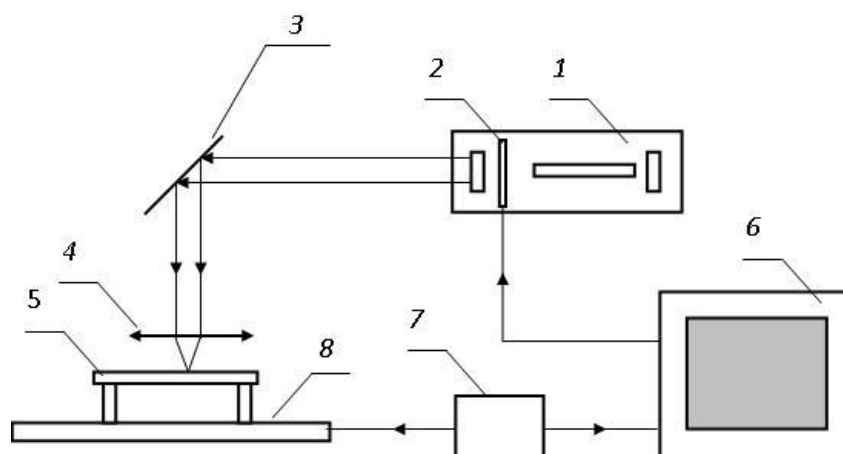


Рис. 1. Установка для исследования взаимодействия лазерного излучения с кремниевыми пластинами.

Для обработки пластин применялся АИГ-лазер с непрерывным излучением типа ЛТН-102, имеющий длину волны излучения $\lambda=1,06$ мкм. Были предварительно исследованы следующие пределы изменения основных параметров лазерной обработки:

плотность мощности: $4 \cdot 10^4 - 15 \cdot 10^5$ Вт/см²;

плотность энергии в пятне излучения: 6–30 Дж/см²;

размер пятна излучения: от 0,1–1,0 мм;

время воздействия на материал: 1–30 мс.

При проведении исследований процессов лазерного геттерирования важно организовать оперативный контроль состояния поверхности пластин после лазерного облучения, который в ходе экспериментов осуществлялся с использованием комплекса компьютерной микроскопии типа «Контраст-2005 ИМС», адаптированного под задачи лазерного геттерирования. Технические характеристики комплекса рассмотрены ранее [6]. Важнейшими составными частями его являются оптико-механический модуль со спектральными осветителями и блоком питания; система считывания и ввода изображения; программно-вычислительное устройство на базе Pentium IV. В ходе исследований были получены типовые образцы изображений поверхности пластин, соответствующие определенному уровню поглощенной мощности лазерного излучения, и выполнен анализ характерных для них структурных изменений.

Методика контроля, а также требования к совершенству структуры кремниевых пластин определяются согласно ГОСТу 19658-81. При этом о совершенстве структуры рабочего поверхностного слоя пластины судят по плотности структурных дефектов, которая не должна превышать 10 см⁻². Согласно существующим технологическим нормам эффективность созданного геттерного слоя определяется его «емкостью», нижний порог которой имеет значение плотности дефектов, равное $2,6 \times 10^5$ см⁻². В ходе экспериментов осуществлялось предварительное определение характера зависимости степени создаваемой дефектности пластин, т.е. «емкости геттера» от энергетических параметров процесса геттерирования (мощности лазерного излучения), что позволяет провести отбор наиболее приемлемых параметров для дальнейшей оптимизации условий реализации процесса. Оценка «емкости» геттерного слоя производилась по каждой из пластин после их обработки, включающей высокотемпературный отжиг и последующее травление. При этом устанавливался характер распределения создаваемых дефектов по площади пластины и по их видам (дислокации, дефекты упаковки, микродефекты). Оценка производилась по обратной стороне каждой пластины в областях их лазерной обработки, указанных на рис. 2.

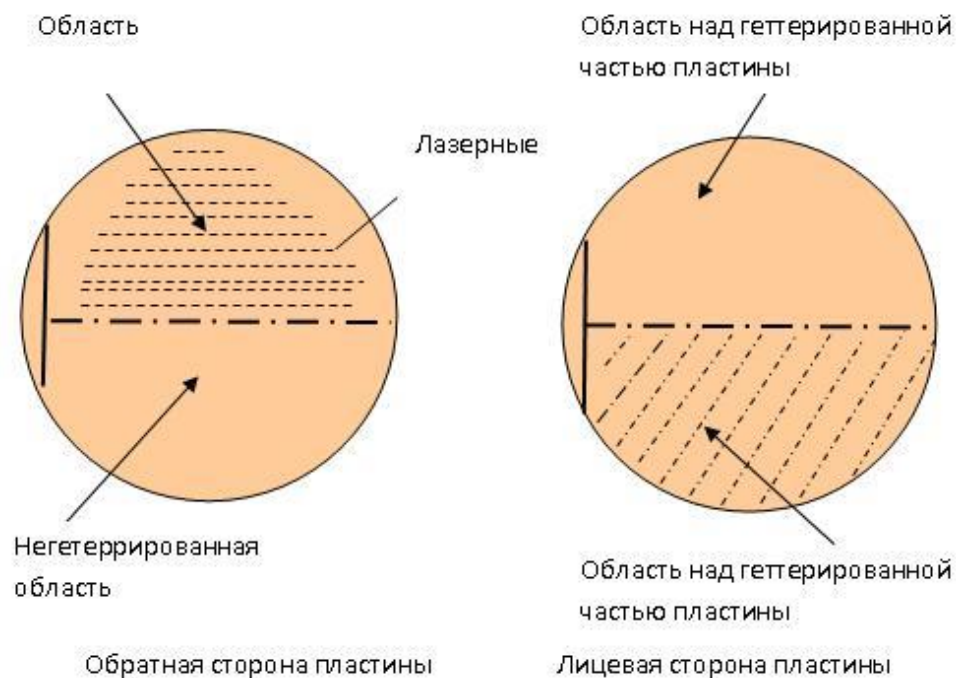


Рис. 2. Названия областей, используемые при экспериментальной обработке кремниевых пластин.

Результаты и их обсуждение. Согласно существующим технологическим требованиям нижнему порогу «емкости» геттерного слоя соответствует значение удельной плотности дефектов $2,6 \times 10^5 \text{ см}^{-2}$. Распределение получаемой дефектности геттерного слоя по дислокациям, полученным на основе обработки и исследования 42 шт. кремниевых пластин, представлено на рис. 3. Это распределение показывает практические возможности реализации управляемого процесса создания геттерного слоя на обратной стороне кремниевых пластин с заданной «емкостью» геттера в пределах от $1,0 \times 10^3 \text{ см}^{-2}$ до $1,0 \times 10^6 \text{ см}^{-2}$.

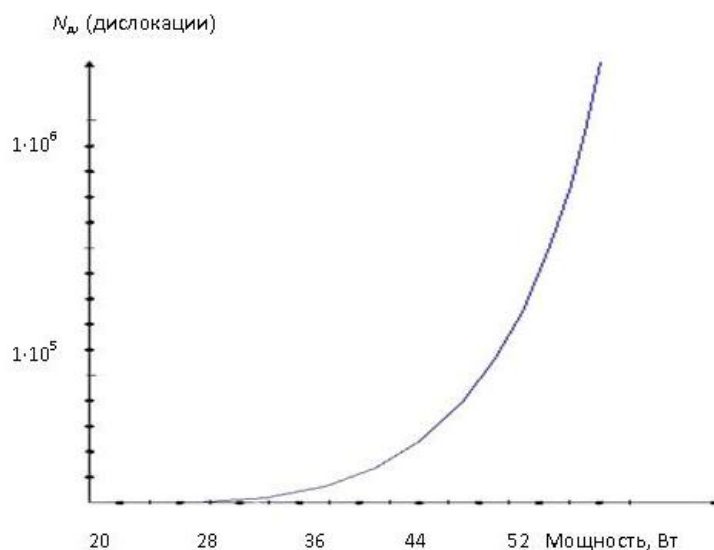


Рис. 3. Изменение степени дефектности поверхности кремниевой пластины ориентации «100» для различных уровней энергии обработки.

На рис. 4 и 5 представлена поверхность обратной стороны кремниевой пластины, обработанной лазерным лучом заданной мощности (рис. 4), и поверхность этой же пластины после отжига и травления (рис. 5), с относительной плотностью созданных дефектов структуры более $1 \times 10^6 \text{ см}^{-2}$.

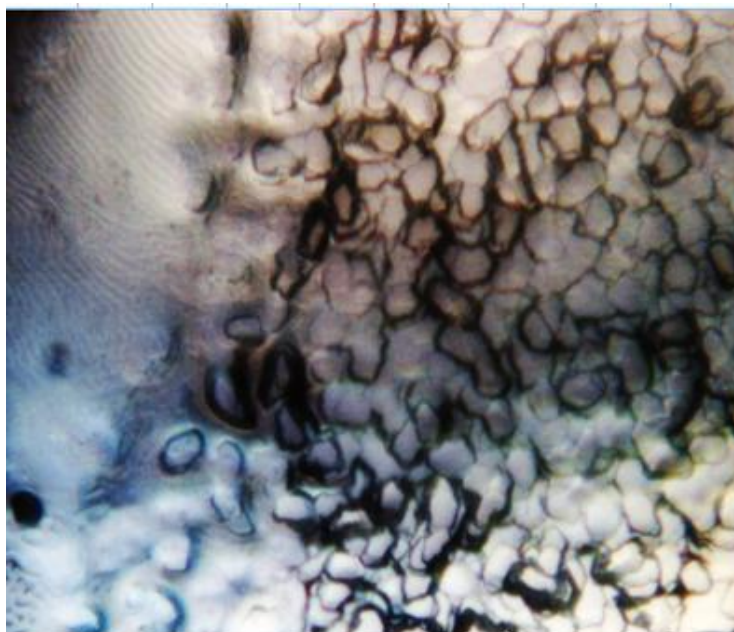


Рис. 4. Поверхность кремниевой пластины, модифицированная непрерывным лазерным излучением мощностью ~38 Вт. Кристаллографическая ориентация кремниевой пластины «100». Увеличение – $1200\times$.

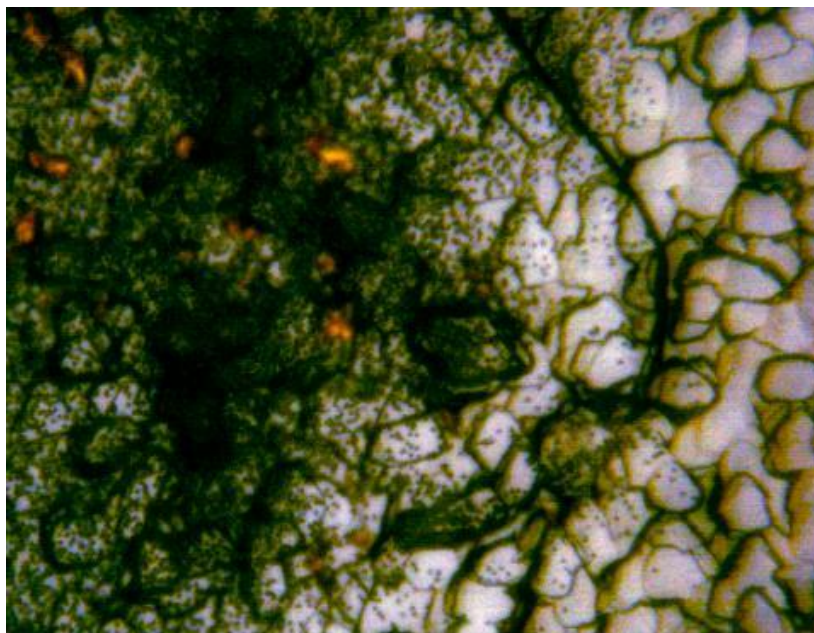


Рис. 5. Поверхность обработанной пластины (рис. 4) после отжига и травления. Увеличение – 1200^x.

На рис. 6 и 7 представлена поверхность обратной стороны кремниевой пластины, обработанной лазерным лучом меньшей на 30% мощности (рис. 6), и поверхность этой же пластины после отжига и травления (рис. 7), с относительной плотностью созданных дефектов структуры около $6 \times 10^5 \text{ см}^{-2}$.

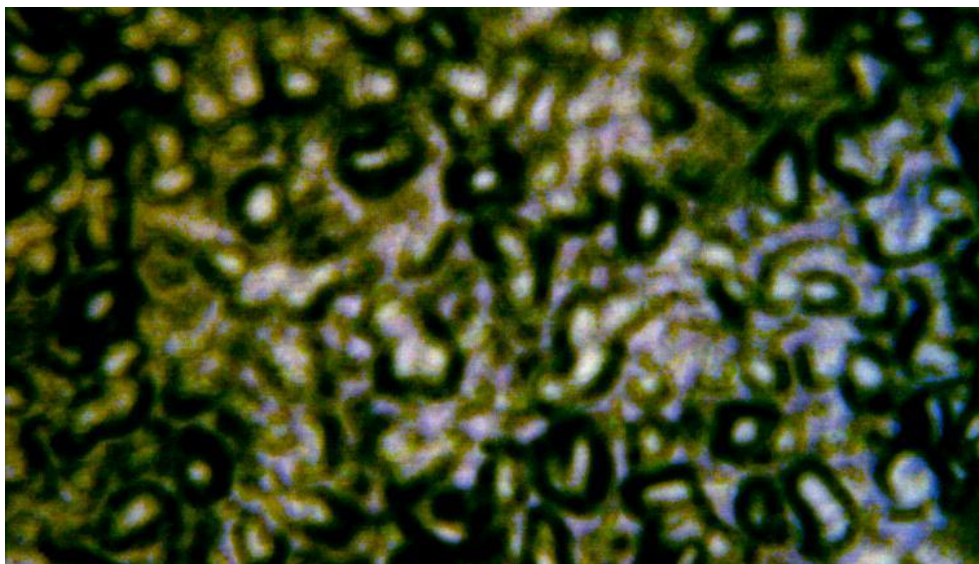


Рис. 6. Поверхность кремниевой пластины, модифицированная непрерывным лазерным излучением мощностью ~33 Вт. Кристаллографическая ориентация кремниевой пластины «100». Увеличение – 1200^x.

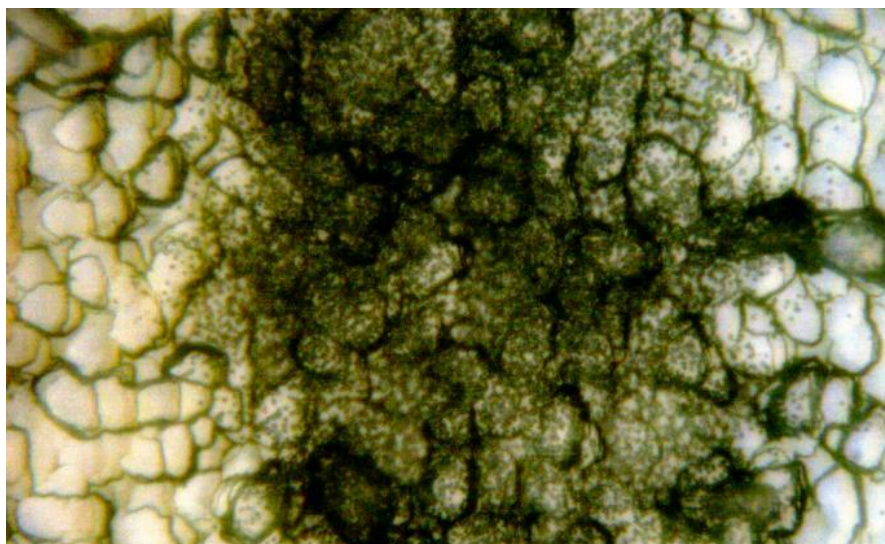


Рис. 7. Поверхность обработанной пластины (рис. 6) после отжига и травления. Увеличение – 1200^x.

Заключение. Предварительный анализ экспериментальных результатов позволяет выделить следующие моменты, определяющие свойства и особенности лазерного геттерирования кремниевых пластин:

1. Главным фактором при создании геттерного слоя заданной «емкости» является уровень энергии лазерного пучка, воздействующего на пластину.

2. Возможности существующих лазерных установок позволяют практически реализовать управляемый процесс создания геттерного слоя на обратной стороне кремниевых пластин с «емкостью» геттерного слоя от $1,0 \times 10^3 \text{ см}^{-2}$ до $1,0 \times 10^6 \text{ см}^{-2}$.

3. Наличие в числе дефектов геттерного слоя дислокаций позволяет прогнозировать устойчивость емкости создаваемого геттерного слоя к многократным высокотемпературным циклам, имеющим место в технологии изготовления современных интегральных схем.

4. Необходимо проведение дальнейших экспериментальных работ по исследованию воздействия многократных высокотемпературных циклов на устойчивость емкости создаваемого геттерного слоя, а также по исследованию допустимых пределов изменения основных параметров лазерного геттерирования для обеспечения заданных параметров повторяемости этого процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Достанко, А.П.** Технология и техника прецизионного лазерного модифицирования твердотельных структур / А.П. Достанко [и др.]; под общ. ред. А.П. Достанко, Н.К. Толочко. – Минск: Технопринт, 2002. – 375 с.
2. **Достанко, А.П.** Интенсификация процессов формирования твердотельных структур концентрированными потоками энергии / А.П. Достанко [и др.]; под общ. ред. А.П. Достанко, Н.К. Толочко. – Минск: Бестпринт, 2005. – 682 с.
3. **Лабунов, В.А.** Современные методы геттерирования в полупроводниковой электронике / В.А. Лабунов [и др.] // Зарубежная электронная техника. – 1983. – № 11(270). – С. 3–66.

4. **Оболенский, С.В.** Сравнение процессов дальнего действующего геттерирования при ионном и лазерном облучении транзисторных структур / С.В. Оболенский // Матер. XXXI Межд. конф. «Физика взаимодействия заряженных частиц с кристаллами», Москва, 26–28 мая 2001. – М.: МГУ, 2001. – С. 152.
5. **Вечер, Д.В.** Установка лазерного геттерирования кремниевых пластин / Д.В. Вечер [и др.] // Труды БГУИР. – 2007. – № 1(17). – С. 109–114.
6. **Хлопков, Ю.В.** Спектральный телевизионный комплекс для научно-технических исследований изделий микроэлектроники с программной обработкой видеоизображения / Ю.В. Хлопков [и др.] // Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: сб. материалов IV Междунар. науч.-техн. конф., 25–26 мая 2006 г. – Новополюцк: ПГУ, 2006. – Т. 2. – С. 131–134.

S U M M A R Y

There presented results of researches of a surface wafer gettering the plates subjected to certain level of influence of laser radiation and is made the analysis characteristic for them structural changes in this work. The «capacity» estimation gettering a layer was made on each of plates after their processing including high-temperature annealing and the subsequent etching. The character of distribution of created defects on the area of a plate and by their kinds (to a disposition, defects of packing, microdefects) is established.

Поступила в редакцию 16.04.2010

