

Расчеты и экспериментальная проверка показали, что применение МСО в масс-рефлекторах, в которых ионы имеют большой разброс начальных энергий (например, масс-рефлекторы с лазерной и искровой ионизацией), может обеспечить достижение более высокой разрешающей способности при сохранении габаритной длины камеры анализатора по сравнению с использованием двухзакорного отражателя

Литература

- [1] Тучкевич В. М. Вестник АН СССР, 1985, № 5, с. 59—62.
- [2] Мамырин Б. А. Вестник АН СССР, 1985. № 5, с. 62—69.
- [3] Паринов С. П., Ермаков Г. П., Сенков Н. Г. и др. Цветные металлы, 1985. № 5, с. 27—28.
- [4] Быковский Ю. А., Неволлин В. Н. Лазерная масс-спектрометрия. М.: Энергоатомиздат, 1985, с. 16—17.
- [5] Шмигк Д. В., Дубенский Б. М. ЖТФ, 1984, т. 54, № 5, с. 912—916.
- [6] Мамырин Б. А. Автореф. докт. дис. Л., 1966, с. 320.

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе
АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
25 марта 1987 г.

УДК 537.311.33

Журнал технической физики, т. 58, в. 8, 1988

ОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУР ПЯТЕН, КРАТЕРОВ И ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ GaP ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Т. Дмитрих, Н. Г. Чеченин

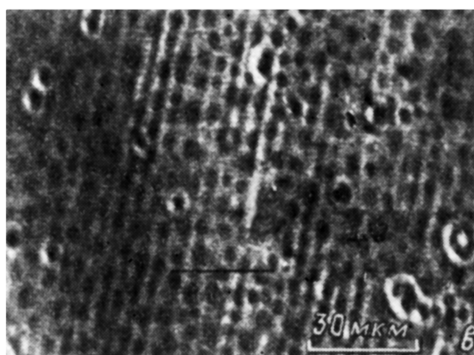
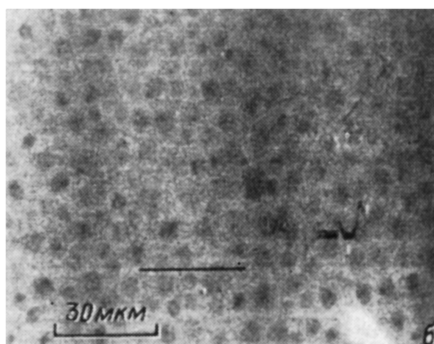
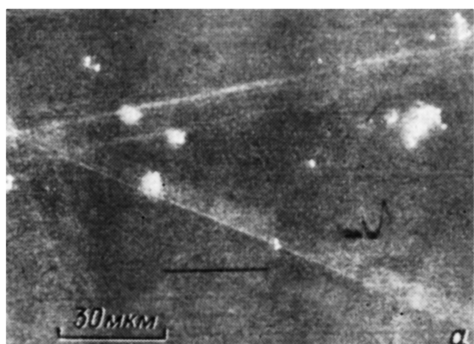
Исследование эффектов, возникающих при воздействии мощных лазерных импульсов (ЛИ) на полупроводниковые материалы, имеет большое значение в плане выявления основных механизмов такого воздействия и использования лазерного излучения для придания материалам необходимых электрофизических, радиационно-стойких, прочностных и других свойств. В исследованиях с помощью метода Резерфордского обратного рассеяния и каналирования [1-3] было показано, что воздействие лазерного импульса на GaP сопровождается образованием дефектного слоя и при достаточно большой энергии ЛИ W нарушением стехиометрического состава в приповерхностной области. В настоящей работе сообщается об обнаружении структур на поверхности облученной области, существенно дополняющих ранее наблюдавшуюся картину кратеров [4].

Монокристаллы GaP с ориентацией поверхности вдоль плоскости (111), легированные серой ($n \sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$), облучались на воздухе однократными импульсами XeCl лазера ($\lambda = 308 \text{ нм}$) с длительностью 20 нс и энергией $W = 0.1, 0.16, 0.26, 0.48$ и 0.76 Дж/см^2 при нормальном падении лазерного излучения на поверхность. Анализ поверхности GaP производился методом растровой электронной микроскопии на вторичных электронах на электронном микроскопе JSM-U3.

Некоторые результаты проведенных исследований представлены на рисунке. Сравнение необлученной (а) и облученных (б, в) областей показывает появление темных пятен на поверхности облученных областей. Следует выделить две основные особенности этой картины. Во-первых, мы обнаружили, что пятна появляются при всех использованных энергиях ЛИ, в том числе при $W = 0.1 \text{ Дж/см}^2$, что, по-видимому, существенно ниже пороговой энергии плавления $W_{пл}$ поверхностного слоя GaP. Точными данными о $W_{пл}$ для GaP при облучении ЛИ с параметрами, близкими к использованным нами, мы не располагаем. Однако расчеты по тепловой модели, удовлетворительно описывающей экспериментальные результаты по времени пребывания поверхностного слоя в расплавленном состоянии [5], дают $W_{пл} = 0.2 \div 0.3 \text{ Дж/см}^2$ [2]. Во-вторых, пятна расположены упорядоченно, а не разбросаны статистически. При достаточно больших $W > W_{пл}$ образуются кратеры (в), что подтверждают ранее сделанные наблюдения [4]. Однако помимо кратеров наблюдается структура типа линейных волн, гребни и долины которых представлены на рисунке в, соответственно светлыми и темными полосами.

Структуры пятен, кратеров и волн являются родственными по происхождению и образуются при различных значениях мощности ЛИ. На их родственность указывает то, что центры кратеров располагаются, как правило, в пределах пятен, а пятна и кратеры — вдоль долин волн.

Анализ показал, что с увеличением мощности импульса растут контрастность пятен, их плотность на поверхности, а максимальный диаметр пятен (≈ 6 мкм) практически не изменяется. Среднее расстояние между пятнами при $W=0.1$ Дж/см² составляет ≈ 8 мкм и умень-



Фотографии поверхности GaP, полученные в растровом электронном микроскопе в лучах вторичных электронов.

a — необлученная область; *б, в* — области, облученные энергией 0.16 и 0.76 Дж/см² соответственно.

шается до 5—6 мкм при $W=0.76$ Дж/см². Период линейных волн (см. рисунок, *в*) составляет 3—4 мкм.

Возникновение пятен и кратеров свидетельствует о том, что воздействие ЛИ неоднородно по поверхности и приводит, видимо, к локальному нагреву, стимулирующему процессы типа декомпозиции, испарения и структурных перестроек, определяющих контраст изображения в электронном микроскопе. Волнообразная структура поверхности возникает в условиях распада поверхности всего облучаемого участка и может отражать также гидродинамические процессы.

Авторы искренне признательны М. С. Джиджоеву, П. К. Кашкарову, В. И. Емельянову и К. Брейеру за помощь на различных этапах работы и полезное обсуждение полученных результатов.

Литература

- [1] Okigawa M., Nakayama T., Morita K., Itoh N. Appl. Phys. Lett., 1983, v. 43, N 11, p. 1054—1056.
- [2] Чеченин Н. Г., Бурдель К. К., Джиджоев М. С. и др. Изв. АН СССР. Сер. физ., 1986, т. 50, № 4, с. 812—815.
- [3] Бурдель К. К., Дитрих Т., Кашкаров П. К., Чеченин Н. Г. Тез. докл. XVI Всес. совещ. по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами. М., 1986, с. 165.
- [4] Добрынина Е. С., Петров В. И., Джиджоев М. С. и др. Изв. АН СССР. Сер. физ., 1986, т. 50, № 4, с. 816—819.
- [5] Loundess D. H. In: Pulsed laser processing of semiconductors. Ed. R. F. Wood, C. W. White, R. T. Young. Academic Press, 1984, p. 687.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
Научно-исследовательский институт ядерной физики

Поступило в Редакцию
27 марта 1987 г.