

МОРФОЛОГИЯ И ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТОНКИХ ПЛЁНОК ГЕРМАНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Г.Д. Ивлев¹, С.Л. Прокопьев¹, Е.И. Гацкевич², И.А. Файзрахманов³

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

³Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского

КазНЦ РАН, Казань, Россия

E-mail: ivlev-1947@mail.ru

Изучение эффектов наносекундной импульсной лазерной обработки (ИЛО) тонкоплёночного германия [1, 2] вызывает интерес в плане формирования напряжённых и сильно легированных слоёв Ge в технологии микро- и оптоэлектронных приборных структур.

Цель данной работы - исследование эффектов ИЛО тонких (0,25 мкм) аморфных плёнок Ge:Sb на сапфире (Al_2O_3) методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и тестирования лазерно-индуцированной проводимости плёнок (ЛП), возбуждаемой наносекундным излучением.

Исследуемый образец с примесью сурьмы в плёнке a-Ge (0,5 ат. %), приготовленный методом ионно-лучевого напыления, облучался наносекундными (75 нс) импульсами рубинового лазера (РЛ) в экспериментальных условиях [1, 2] при диаметре лазерного пятна 4 мм. Определены плотности энергии облучения W , соответствующие порогу плавления a-Ge и порогу абляции плёнки. Они составляют $\sim 0,1$ Дж/см² и 1,2–1,3 Дж/см². Величина W для изучения ex situ эффектов ИЛО указанными выше методами задавалась равной от 0,25 до 1,1 Дж/см².

Данные РЭМ (рис. 1) свидетельствуют о существенном изменении морфологии плёнки при ИЛО вследствие происходящих фазовых превращений, следствием которых является кристаллизация Ge и электри-

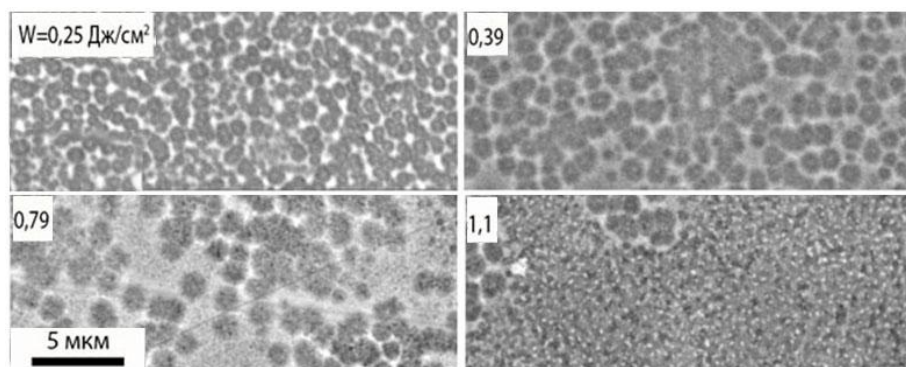


Рис. 1. РЭМ-изображение фрагментов поверхности зон ИЛО
(Растровый электронный микроскоп LEO-1455 VP,
Signal A = QBSD)

ческая активация примеси Sb [2]. В процессе кристаллизации формируется ячеистая структура, которая трансформируется по мере увеличения W . Наблюдается образование как ячеистой, так и крупнозернистой структуры кристаллической фазы, что наиболее выражено при $W = 1,1 \text{ Дж/см}^2$. Сформированная в этом режиме ИЛО кристаллическая плёнка Ge:Sb обладает наибольшим откликом ЛП.

Для тестирования ЛП на исходную плёнку и зоны ИЛО были попарно нанесены полосковые контакты, разделённые миллиметровым промежутком. Сигнал ЛП снимался с нагрузочного резистора $R_n = 50 \text{ Ом}$, включённого последовательно с тестируемой межконтактной областью плёнки при облучении её импульсом излучения РЛ с плотностью энергии $W_{\text{ЛП}} \ll W$. Отклик ЛП представляет собой импульсный сигнал наносекундной длительности с максимумом $I_{\text{ЛП}}$ (импульс тока ЛП).

На рисунке 2 приведены полученные зависимости величины $I_{\text{ЛП}}$ от режима ИЛО плёнки при фиксированном значении $W_{\text{ЛП}}$ и от энергии возбуждения кристаллизованной плёнки Ge, обладающей наибольшим откликом ЛП.

Анализ полученных данных позволил заключить, что наблюдаемый эффект динамического возрастания проводимости плёнок обусловлен преимущественно выделением тепла при поглощении возбуждающего излучения, а не внутренним фотоэффектом.

Авторы выражают благодарность С.В. Гусаковой за предоставленные данные РЭМ. Работа выполнена при поддержке БРФФИ по проекту № Ф16Р-069 и частично по гранту РФФИ № 16-52-000-21.

1. Новиков Г.А., Баталов Р.И., Баязитов Р.М. и др. // Журнал технической физики. 2015. Т. 85. № 3. С. 89–95.
2. Batalov R.I., Bayazitov R.M., Faizrakhmanov I.A. et al. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2016. Vol. 49. P. 395102 (7 pp).

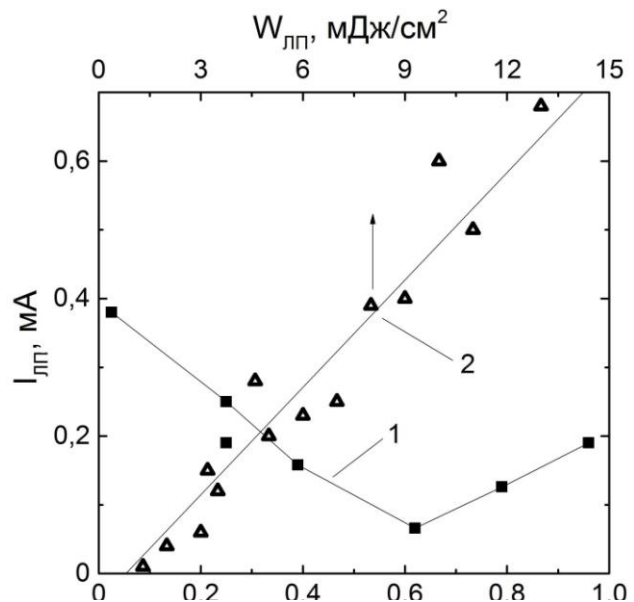


Рис. 2. Максимум ЛП ($I_{\text{ЛП}}$) исходной ($W = 0$) и облучённых (1, $W_{\text{ЛП}} = 25 \text{ мДж/см}^2$) плёнок Ge и зависимость $I_{\text{ЛП}}$ ($W_{\text{ЛП}}$), относящаяся к плёнке, облучённой при $W = 1,1 \text{ Дж/см}^2$