

УДК 621.315.592

DOI: 10.17223/00213411/64/8/122

В.И. ВОЕВОДИН¹, Н.Н. ЮДИН^{1,2}, С.Ю. САРКИСОВ¹**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ОТЖИГОВ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ ZnGeP_2 В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ***

Исследовано влияние температурных отжигов на диэлектрические свойства кристаллов ZnGeP_2 в терагерцовом диапазоне частот с применением импульсной терагерцовой спектроскопии во временной области. Обнаружен эффект «трансформации» положительного двулучепреломляющего кристалла ZnGeP_2 в отрицательный при переходе из ИК в терагерцовый диапазон частот. Выявлено уменьшение коэффициентов поглощения и показателей преломления в диапазоне частот 0.25–2.5 ТГц кристаллов после их отжига при температурах 575–700 °С в течение 300–400 ч.

Ключевые слова: терагерцовая спектроскопия во временной области, ZnGeP_2 , термический отжиг, показатель преломления.

Кристаллы ZnGeP_2 со структурой халькопирита выращиваются и применяются в нелинейной оптике уже 50 лет [1–3]. Известно, что они обладают высокой нелинейной восприимчивостью $d_{14} \approx d_{36} = 75$ пм/В, теплопроводностью 0.35 Вт/(см·К), диапазоном максимальной прозрачности 3–8 мкм (при $\alpha < 0.05$ см⁻¹ для лучших образцов), положительным двулучепреломлением в ИК-диапазоне $n_e - n_o \approx 0.04$, высокой лучевой прочностью (для лучших образцов до 2–3 Дж/см² для импульсов длительностью 30 нс на длине волны 2.05 мкм) [4, 5]. К настоящему времени развитие методов синтеза [4–6] и кристаллизации вертикальным методом Бриджмена [4, 6] и горизонтальным методом направленного охлаждения [5] привело к возможности получать слитки ZnGeP_2 диаметром до 50 мм и длиной до 140–200 мм. Тем не менее решение ряда проблем, связанных с получением более совершенных кристаллов с повышенной лучевой прочностью и меньшим уровнем поглощения в диапазоне длин волн 0.62–3 мкм и в терагерцовом диапазоне, остается актуальным. Выращенные по современной технологии кристаллы обладают аномальным поглощением в области 0.62–3 мкм с максимумом поглощения в районе длины волны $\lambda = 1$ мкм. Данное поглощение связывают с наличием точечных дефектов в ростовом материале [7]. В качестве таких дефектов могут выступать однократно ионизованные вакансии цинка [4, 5, 7].

Применение термических отжигов уменьшает уровень поглощения до 0.15 см⁻¹, а путем облучения высокоэнергетическими электронами 3.8–4.1 МэВ с дозами $1.4\text{--}2.5 \cdot 10^{17}$ см⁻² коэффициент поглощения понижают до 0.02 см⁻¹ [4]. Облучение высокоэнергетическими электронами приводит к формированию радиационных дефектов и закреплению уровня Ферми вблизи уровня локальной электронейтральности, что способствует перезарядке акцепторных уровней и снижению их оптической активности [7]. Авторы работы [4] предполагают, что облучение приводит к движению междоузельных атомов и образованию комплексов Френкеля с акцепторными дефектами. Отмечается также, что слитки ZnGeP_2 больших размеров содержат меньше вакансий цинка вследствие технологических особенностей получения, связанных с тем, что меньше летучих компонентов, в частности цинка, оседает на стенках ампул в процессе синтеза и кристаллизации [4, 5]. Для предотвращения разложения материала синтез, а также термические отжижки часто проводят с добавлением в ампулу порошков ZnP_2 , Р или ZnGeP_2 [8, 9]. Установлено, что оптический пробой чаще возникает на поверхности [4, 5, 10]. Значение лучевой прочности сильно зависит от качества выращиваемых кристаллов и технологии полировки.

В настоящее время кристаллы ZnGeP_2 в основном применяются для генерации гармоник СО- и СО₂-лазеров и в параметрических генераторах света с накачкой на длинах волн 2.05–2.94 мкм и генерацией излучения в области 3–10 мкм. Для таких приложений необходимы кристаллы с высокой лучевой прочностью, большой рабочей апертурой и низким уровнем поглощения в диапазоне длин волн 2–10 мкм. Еще одним применением кристаллов ZnGeP_2 является генерация терагерцового излучения [11]. Для этого требуются кристаллы с низким поглощением в данном спектраль-

* Результаты получены в рамках выполнения госзадания Минобрнауки России, проект № 0721-2020-0038.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>