

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИТРОННОЙ АННИГИЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕФЕКТОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ.

Кузив И.В.¹

¹ Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия
i-kuziv@yandex.ru

В данной работе представлены результаты исследования дефектов в синтетических алмазных пластинах, облученных электронами. Анализ дефектов кристаллической решетки в образцах, а также определение типа и распространения дефектов по глубине выполнены с использованием позитронной аннигиляционной спектроскопии.

I. Эксперимент

Эксперимент проводился на двух синтетических алмазных пластинах (SAFU01 и SAFU02). Синтетические алмазные пластины были выращены по технологии НТНР с использованием метода температурного градиента. Затем с помощью лазера образцы были обработаны и имели размеры сторон 4x4 мм и высоту 1,5 мм. Состояние образцов перед облучением электронами проверяли методом инфракрасной спектроскопии, а также методом доплеровского уширения аннигиляционной линии. Один образец (SAFU02) был оставлен в качестве референсного необлученного образца. Образец SAFU01 был подвергнут облучению электронами с энергией 10 МэВ ($1,1 \times 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^2$), затем вновь облучен электронами с энергией 3 МэВ ($1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$). Наличие и концентрация дефектов в образце SAFU01 до и после каждой серии облучения изучалось при помощи метода доплеровского уширения аннигиляционной линии.

II. Методы

1 Доплеровское уширение аннигиляционной линии

Метод доплеровского уширения основан на использовании пучка медленных моноэнергетических позитронов с энергией позитронов в диапазоне до 35 кэВ, работающего в ОИЯИ, Дубна, Россия [3].



Рисунок 1. Ускоритель

III. Результаты

Изображение эталонного образца SAFU02, образца SAFU01 после облучения электронами (10 МэВ, $1 \times 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^2$) и образца SAFU01 после повторного облучения электронами (3 МэВ, $1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$) показаны на рисунке 2. Образец SAFU01 изменил свой цвет после облучения ($3 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$).

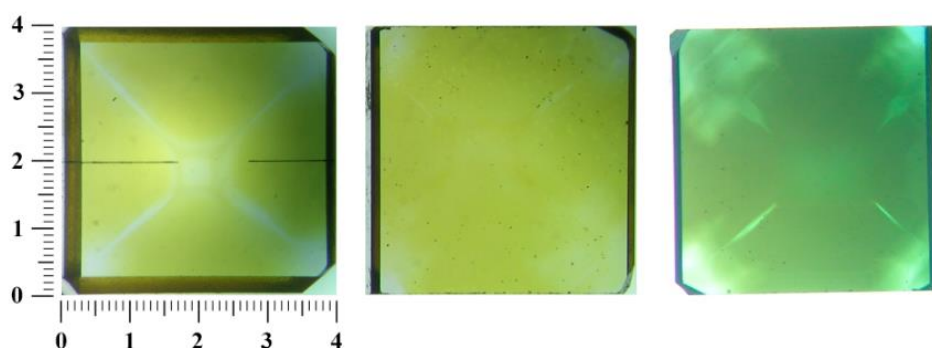


Рисунок 2. Изображение образцов (слева – эталонный образец SAFU02, посередине – образец SAFU01 после электронного облучения ($10 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^2$), справа – образец SAFU01 после электронного облучения ($3 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$)).

Результатом доплеровской спектроскопии было определение зависимости параметра S в образце от энергии позитронов. На рисунке 3 показано, что эталонный образец SAFU02 и образец SAFU01 после облучения электронами (10 МэВ, $1 \times 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^2$) не имеют существенной разницы в дефектах ($3 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$). Анализ графиков доплеровского уширения аннигиляционной линии после облучения электронами энергией 3 МэВ ($1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$) (рисунок 4).

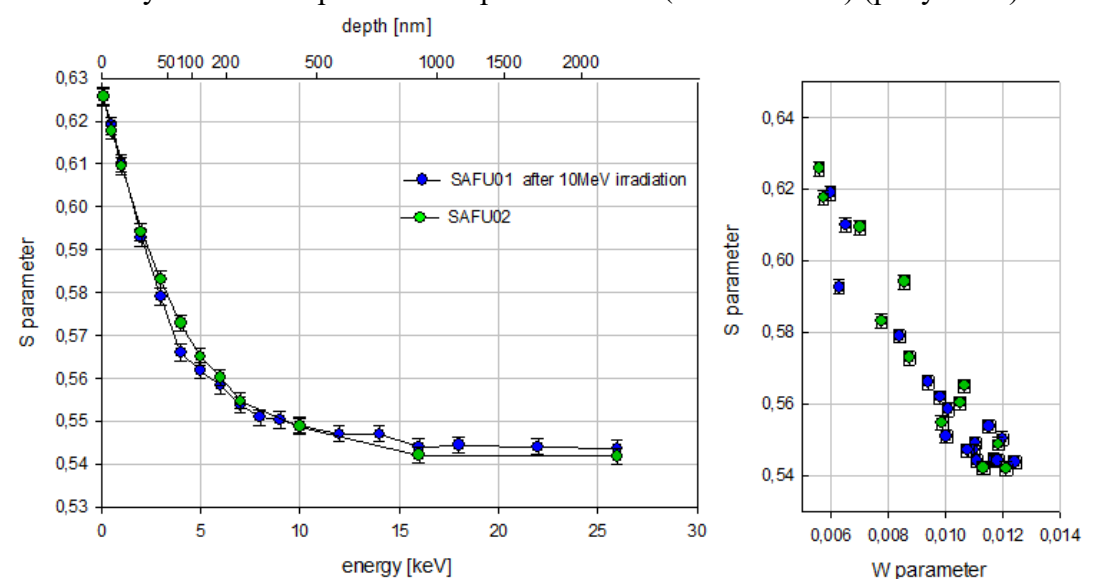


Рисунок 3. Результаты доплеровской спектроскопии после электронного облучения (10 МэВ, $1 \times 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^2$)

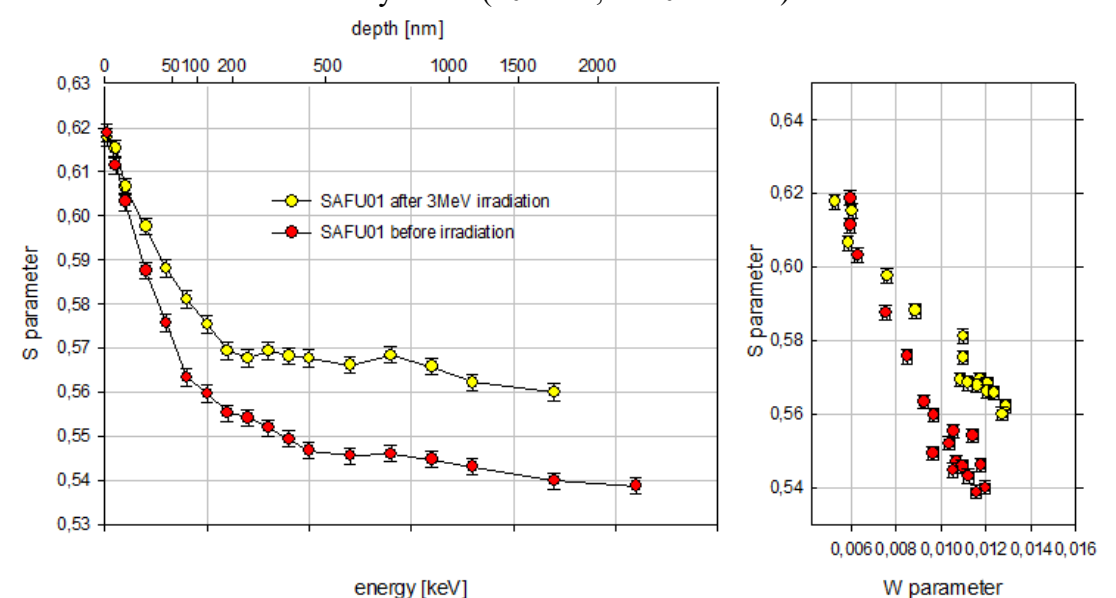


Рисунок 4. Результаты доплеровской спектроскопии после электронного облучения ($3 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$)

IV. Заключение

Облучение синтетических алмазных пластин электронами ($10 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{16} \text{ e}^-/\text{cm}^2$) практически не повлияло на образование вакансионных дефектов на глубинах до 2,4 мкм, в то время как облучение электронами ($3 \text{ МэВ}, 1 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$) вызывает образование вакансий в образце, о чем свидетельствует как инфракрасная спектроскопия, так и спектроскопия аннигиляции позитронов. Значительное образование вакансий сосредоточено на глубинах от 200 до 2400 нм. Позитронная аннигиляционная спектроскопия показала себя чувствительным методом обнаружения дефектов в образцах алмазных пластин, а также методом и может быть использована наряду с другими оптическими методами исследования, такими как инфракрасная спектроскопия.

V. Литература

1. P. Horodek, M. Eseev and A. Kobets, Nukleonika **60**, 721-724 (2015).