

## Исследование центров окраски в CVD алмазе

*Горбачев А.М.<sup>1</sup>, Вихарев А.Л.<sup>1</sup>, Лобаев М.А.<sup>1</sup>, Радищев Д.Б.<sup>1</sup>, Дроздов М.Н.<sup>1</sup>, Богданов С.А.<sup>1</sup>, Исаев В.А.<sup>1</sup>*

*gorb@appl.sci-nnov.ru*

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук, Нижний Новгород, Россия

Центры окраски в алмазе представляют собой дефекты кристаллической решетки обычно в виде примесного атома и вакансии. Они создаются в алмазе при его легировании либо методом ионной имплантации, либо непосредственно в процессе роста алмаза из газовой фазы (CVD – chemical vapor deposition). Центры окраски в алмазе являются привлекательными в различных квантовых технологиях: коммуникации, вычисления, сенсоры. Поэтому исследование процессов формирования центров окраски в CVD алмазе является актуальной задачей.

В докладе представлены результаты исследования встраиваемости в монокристаллический алмаз азота для формирования NV центров и кремния, который образует SiV центры окраски, в процессе CVD роста. Рост алмаза осуществлялся на разработанном в ИПФ РАН CVD реакторе для роста легированного алмаза. Для исследования концентрации примесей в легированных слоях применялся метод ВИМС (вторично-ионная масс-спектрометрия). Исследования флуоресценции центров окраски проводились на установке микрорамановской спектроскопии и фотолюминесценции с непрерывным лазером на длине волны 514 нм.

Были получены зависимости концентрации азота и кремния в алмазе в зависимости от различных параметров процесса CVD роста: от метана и легирующей примеси, от температуры подложки, от давления смеси газов, от угла разориентации поверхности подложки. Знание этих зависимостей и особенности конструкции используемого реактора позволило CVD методом сформировать в алмазе тонкие, толщиной единицы нанометров, легированные слои (дельта-слои). С помощью такого метода возможно создание как достаточно плотных ансамблей центров окраски, так и при низком уровне легирования одиночных центров. При этом положение этих центров относительно поверхности подложки известно с нанометровой точностью.

Так же были исследованы различные способы управления центрами окраски в алмазе. Совместное легирование донорной (фосфор) или акцепторной (бор) примесями оказывает влияние на зарядовые состояния. Так же на них влияет протекание электрического тока, если центры окраски поместить в алмазный p-i-n диод [1,2]. С целью локализации центров окраски вдоль поверхности подложки были опробованы методы избирательного травления алмаза через маску и активации электронным пучком.

Таким образом, полученные результаты будут служить основой для создания NV и SiV центров окраски в алмазе с различными параметрами, необходимыми для разнообразных приложений.

Работа поддержана НЦМУ «Центр фотоники» при финансировании Министерством науки и высшего образования РФ, соглашение № 075-15-2020-316.

### Ссылки

1. M. A. Lobaev, D. B. Radishev, S. A. Bogdanov, A. L. Vikharev, A. M. Gorbachev, V. A. Isaev, S. A. Kraev, A. I. Okhapkin, E. A. Arhipova, M. N. Drozdov, V. I. Shashkin, Phys. Status Solidi RRL (2020), 14, 2000347.
2. M. A. Lobaev, D. B. Radishev, A. L. Vikharev, A. M. Gorbachev, S. A. Bogdanov, V. A. Isaev, S. A. Kraev, A. I. Okhapkin, E. A. Arhipova, E. V. Demidov, and M. N. Drozdov, Appl. Phys. Lett. (2023), 123, 251116.