

ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АЛМАЗОВ РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРЫ

Е. Ивакин^а, И. Киселев^а, П. Шаев^б, В. Гуделис^б, К. Ярашюнас^б

^а Институт физики НАН Беларуси, 220072, Минск

^б Институт прикладных исследований, ВГУ, 10222 Вильнюс, Литва

Алмаз справедливо считают материалом 21 века в связи с его непревзойденным сочетанием физических параметров, химической и радиационной стойкостью, биологической инертностью и т.д. Стремительное развитие CVD – технологий существенно повысило интерес к этому материалу в связи с новыми возможностями применения алмаза в микроэлектронике, оптоэлектронике, сенсорике, оптике и лазерной физике.

В проекте, который выполняется силами двух коллективов из Института прикладных исследований Вильнюсского университета и Института физики НАН Беларуси, решается задача оптической диагностики CVD-алмаза по важнейшим с точки зрения применений параметрам – тепловым и электронным. С этой целью разработаны оригинальные методы измерений и специальная исследовательская аппаратура на базе современной лазерной техники и средств детектирования оптических сигналов. Методы характеризуются полной бесконтактностью, высоким временным разрешением и реализуются на разработанных участниками проекта комплексе ОПТОПИКОТЕСТ (Минск) и модуле HOLO-3 (Вильнюс).

Текущий проект является продолжением и развитием ранее выполненных совместных работ по этой тематике в рамках двухстороннего договора о научно-техническом сотрудничестве в период 2002-2005 г.г. , а также по проекту СБР.ЕАР.EV 982483 (2007 г.) в рамках программы НАТО по научно-техническому сотрудничеству.

Выполняемые в настоящее время работы направлены на выяснение физических факторов, влияющих на динамику свободных носителей заряда (СНЗ) и процессы теплопереноса в алмазах CVD (поликристаллы) и HPNT (синтетические монокристаллы) различной структуры и дефектного содержания.. Для возбуждения СНЗ впервые применено двухфотонное поглощение на длине волны 351 нм. Это позволило реализовать объемный характер накачки образцов и провести измерения времени рекомбинации и коэффициента диффузии в широком интервале концентраций СНЗ (10^{15} - $3 \cdot 10^{17}$ см⁻³) и температур (80-800K)

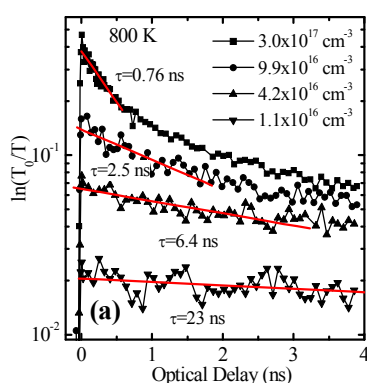


Рисунок 1

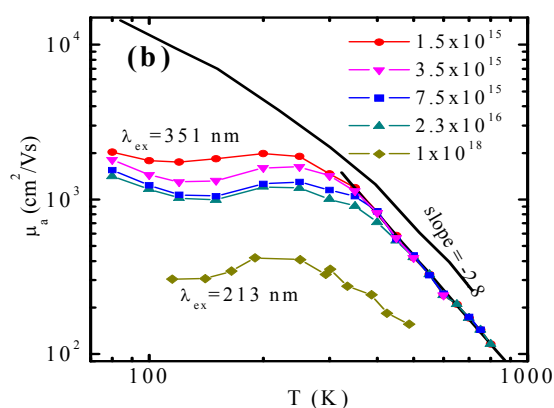


Рисунок 2

образцов. Время жизни СНЗ контролировалась также по наведенному поглощению, вызванному их генерацией. Совокупность кинетик пропускания в образце HPNT алмаза Па типа на длине волны 1053 нм при различных уровнях накачки и при T=800K представлена на рисунке 1. Цифрами указаны начальная концентрация и время жизни СНЗ. На рисунке 2 показан результат исследования динамических решеток СНЗ: температурные зависимости амбиполярной подвижности носителей при различных уровнях накачки.

Тепловые исследования выполнены также методом динамических решеток, но ввиду более медленных процессов зондирование проводилось пучком непрерывного He-Ne

лазера (длина волны 6328 нм). На рисунке 3 дана временная развертка затухания сигнала дифракции для CVD –алмаза при его возбуждении на длине волны 213 нм. Хорошо видна двухкомпонентная кинетика. Первый пикок вниз – электронная компонента, медленная составляющая – релаксация тепловой решетки, сформированной в результате безизлучательной рекомбинации СНЗ. Электронная компонента исследована, как описано выше, аппаратурой более высокого временного разрешения. Тепловая компонента с противоположным знаком наведенного показателя преломления позволяет определять тангенциальную теплопроводность.

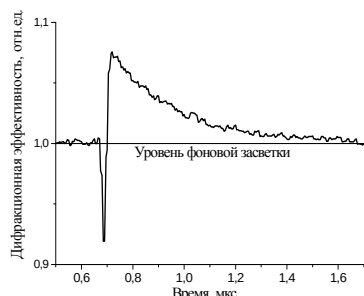


Рисунок 3

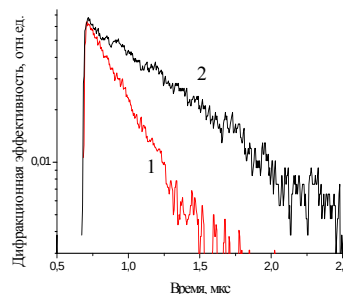


Рисунок 4

При исследовании теплопроводности с разрешением по глубине образца CVD –алмаза подтвердилась колончато-коническая структура кристаллитов, ориентированных нормально к поверхности. На рисунке 4 показаны две кинетики, полученные при возбуждении пластинки алмаза с ростовой (1) и подложечной (2) сторон на длине волны 213 нм. Расчеты показывают, что теплопроводность алмаза с ростовой стороны может быть в несколько раз выше, чем с подложечной, где диаметр кристаллитов меньше.

Получаемы в результате исследований новые данные о CVD-алмазах и сопоставление их с монокристаллами позволяет правильно оценить возможности применения данного материала в электронике и оптоэлектронике, например, в качестве детекторов жесткого излучения и эффективных теплоотводов. Кроме того, эти данные могут быть использованы для развития технологий выращивания материалов с требуемыми характеристиками.