Люминесцентные и магнитные характеристики алмазов, выращенных при высоком давлении с использованием никеля

Шахов Ф.М. [1] , *Осипов В.Ю.* [1] , *Попов В.В.* [1] , *Трофимук А.Д.* [1]

fed800@gmail.com
[1] ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

При высоком давлении 5 ГПа и температуре 1650 °C методом спонтанной кристаллизации из графита с никелем ($4s^2 3d^8$) синтезированы алмазные шлифпорошки с размером зерна 40–200 мкм марки АС6 по ГОСТ 9206-80. Для уменьшения концентрации азотных центров в алмазах (N_P1, N_A, N_C+) в исходную ростовую смесь графита с никелем был добавлен алюминий (9 вес%) [1]. В результате общая концентрация азотных центров снизилась с 200–450 ppm до 100–200 ppm [1]. Для создания 4*f*-люминесцентных центров в ростовую среду добавлялся оксид европия в количестве 5 вес%.

Показано, что в синтезированных порошках никель содержится в форме суперпарамагнитных наночастиц с размером 7–15 нм. При добавлении алюминия концентрация никеля в алмазах в форме таких частиц снижается с 1760 до 270 ppm [2]. Концентрация отрицательно-заряженного никеля в форме атомов замещения Ni_s^- со спином S = 3/2, с электронной конфигурацией $3d^7$ (W8 центр) снижается с 6.5 ppm до 2.2 ppm [3].

В синтезированном материале с большой концентрацией азота и никеля можно выделить до 5–6 групп частиц с различными эмиссионными центрами. При оптическом возбуждении на длинах волн 532 или 633 нм видны частицы со спектрами только от NiV^- центров (группа 1), с эмиссионными линиями 615, 621 нм от ионов Eu^{3+} и спектром эмиссии от NV^- центров (группа 2), с эмиссионными линиями 602, 618 nm от NiN_x центров и другими характерными линиями (группа 3), а также частицы с характерным уникальным паттерном из шести эмиссионных линий 700.0, 709.9, 721.2, 734.4, 749.9 и 762.2 нм от NiN_x центров и отдельной эмиссионной линией 794.7 нм от NE8 центров (группа 4), с паттерном из эмиссионной линии 746.9 (ZPL), линиями фононных повторений 774.9 и 805.1 nm (1.66 eV-система линий) и эмиссионными линиями 794.8 (ZPL), 812.5, 830.9 nm (фононные повторения 1.56 eV-системы линий) (группа 5) от NiN_x центров [4], и частицы с одиночной высокоинтенсивной линией 883 nm от Ni_s^+ или NiV^- (NE4) центров (группа 6). Упомянутый секстет спектральных линий содержит безфононную линию 721.1 нм и три линии фононных повторений с энергией фонона 32 мэВ. Широкие спектральные линии этой группы линий (ZPL 721.1 нм) свидетельствуют о том, что атомы, формирующие этот ранее неизученный оптический центр находятся в замещающих углерод позициях в кристалле с сильным электрон-фононным взаимодействием.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № FFUG-2024-0019.

Ссылки

1. F.M. Shakhov, V.Yu. Osipov, A.A. Krasilin, K. Iizuka, R. Oshima. J. Solid State Chem. 307 (2022) 122804.
2. F.M. Shakhov, R. Oshima, V.V. Popov. J. Phys. Chem. Solids. 185 (2024) 111770.
3. V.Yu. Osipov, F.M. Shakhov, N.M. Romanov, K. Takai. Mendeleev Commun. 32 (2022) 645–648.
4. I.E. Kaliya, V.Y. Osipov, F.M. Shakhov, K. Takai, K.V. Bogdanov, A.V. Baranov. Carbon. 219 (2024) 118839.