

УДК 535.36; 535.37; 584.4; 537.26

Е.М. Шишенок, доц., канд. физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск)

В.Г. Лугин, доц., канд. физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА

Алмаз – натуральный (НА) и синтетический (СА), сверхтвердый материал и широкозонный ($E_g=5,5$ эВ) полупроводник. Алмаз обладает наибольшими теплопроводностью (теоретическая ~ 2000 Вт/мК), твердостью и механической прочностью из всех существующих материалов, уступая по радиационной, химической и термической стойкости только кубическому нитриду бора (сBN). Свойства алмаза широко исследуются, и СА – с момента его получения в технике высоких давлений в 1953 г. – по настоящее время. В последние десятилетия исследования материала направлены на его использование в электронике.

Алмаз уже нашел применение как функциональный материал в датчиках температуры, детекторах излучений (УФ-, рентгеновское, нейтронное, α -, γ -, синхротронное, высокоэнергетичные ионы), микроволновых усилителях и передатчиках (Diamond Microwave Devices Ltd., UK) и т.п. Разного рода алмазные детекторы являются коммерчески доступными. СА для их изготовления считается даже более предпочтительным, поскольку стабильность его свойств может быть обеспечена стабильностью режимов синтеза (CVD, HPHT). Компания Element Six Ltd. (UK) в 2008 г. дала старт созданию следующего поколения алмазных электронных устройств на основе монокристаллов СА, включая сверхтонкие и наноразмерные.

Практическое применение в электронных устройствах, требующих экстремально высоких характеристик, алмазу, помимо его высокой теплопроводности, обеспечивают высокая подвижность носителей ($\mu_e \sim 1800$ см²/В·с – поликристаллический CVD, $\mu_e \sim 4500$ см²/В·с – монокристаллический CVD) и высокая энергия смещения атомов (~ 80 эВ). Особую важность в последнее время приобретают исследования NV-центра в алмазе (точечного оптически активного дефекта с БФЛ при $\sim 1,945$ нм), как основы для создания квантового компьютера.

Характеристики реально синтезируемых образцов СА ниже теоретических по причине различного состояния его дефектно-примесной структуры. Она к настоящему времени исследовалась методами спектроскопии (КЛ, ФЛ, ЭПР, ИК, КР). Было выявлено множество оптически-активных точечных дефектов в НА и значительно меньше в СА, в частности, в люминесценции – в основном со спек-

трами «мессбауэровского типа». Последние, ввиду большой ширины запрещенной зоны cBN, оказались характерными и для этого материала.

Легирование СА примесями бóльших размеров, чем собственные атомы (а это все легирующие примеси и атомы катализаторов синтеза), например, с целью придания ему полупроводниковых свойств, должно влиять как на прогнозируемые функциональные характеристики СА, так и на его структурные свойства и прочность. Ожидалось, таким образом, что рентгенодифрактометрические (РД) спектры СА должны быть чувствительны к его примесному составу, аналогично выявленному нами ранее эффекту для cBN [1, 2].

В работе исследованы РД-спектры порошков синтетического алмаза с различным содержанием примесей (Ni, Mn и др.) и механической прочностью в сравнении с РД - спектром порошка натурального алмаза, содержащего только примесный азот. Выявлено наличие искажений кристаллической решетки СА в виде порошков, изменение которых от неупорядоченных к упорядоченным коррелирует с возрастанием прочности порошков, определенной по ГОСТ 9206-80. Измерения РД-спектров порошков СА производили с использованием дифрактометра D8 Advance Bruker AXS на $Cu_{K\alpha}$ -излучении со скоростью регистрации 0,01°/мин. Для измерений порошки СА размещались в стандартные кюветы со стандартной насыпной плотностью. Примесный состав порошков оценивался методом рентгенофлуоресцентного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1 Structural studies of rare earth activated micropowders of cubic boron nitride/ E.M.Shishonok, J.W.Steeds, A.V.Pysk et. al // Powder Metallurgy and Metal Ceramics (Germany) – Vol.50, No.11.– 2012 – P. 754-767;

2 Оценка типа и величины искажений кристаллической решетки кубического нитрида бора, активированного редкоземельными элементами (Eu, Gd, Nd) / Е. М. Шишонок, В. Г. Лугин // Труды БГТУ, физ. –мат. науки и информатика. – 2013. – № 6. – С.60 – 62.