

Каталитическая трансформация поверхности алмаза при температурном отжиге

Городецкий Д.В.¹, Седельникова О.В.¹, Баскакова К.И.¹, Лавров А.Н.¹, Гребёнкина М.А.¹, Федоренко А.Д.¹, Шляхова Е.В.¹, Пальянов Ю.Н.², Булушева Л.Г.¹, Окотруб А.В.¹

gordim2005@yandex.ru

¹ Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

² Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

Превращение алмаза в графит происходит при повышенных температурах, и, контролируя этот процесс, можно создавать гибридные системы из sp^2/sp^3 -связанного углерода. Использование таких гибридных материалов перспективно для создания полностью углеродной электроники. Мы проводили высокотемпературный отжиг моно и -поликристаллической алмазной пленки с тонким слоем железа нанометровой толщины на поверхности и наблюдали локальную конверсию алмаза в графен.

Исследования проводились на поли- и монокристаллических алмазах. Синтез поликристаллических алмазных пленок проводился методом плазмохимического осаждения из газовой фазы (PE CVD-метод) в микроволновом плазменном реакторе пониженного давления «Astex» (частота 2.45 ГГц, мощностью 3 кВт, давление 110 торр). В качестве основного плазмообразующего газа использовался водород (500 мл/мин), углеродный предшественник – пентан (15 мл/мин). Синтезы алмазных пленок проводился на пластинах полированного кремния. Для создания центров нуклеации алмазных кристаллитов перед проведением синтеза на подложки наносились тонкие слои детонационных наноалмазов (средний размер агломератов около 20 нм). Монокристаллические алмазы были получены высокотемпературным методом при высоком давлении на установке «БАРС». Размер грани (100) составлял порядка нескольких квадратных миллиметров. Тонкие слои железа наносилось на поверхность алмазов методами вакуумного термического напыления на установке HVA Carl Zeiss Jena и методом магнетронного напыления на установке «Вакуумные системы». Отжиг образцов проводился в высоковакуумной камере спектрометра при температуре 1150 °С в течение 15 мин для монокристалла и в атмосфере аргона при нормальном давлении при 800 °С в течение 1 часа для поликристаллической пленки.

Анализ экспериментальных данных показал, что железное покрытие обеспечивает рост углеродного слоя, состоящего из сросшихся графеноподобных участков толщиной около 3 нм на поверхности поликристаллической алмазной пленки. В этом случае слои графена ориентированы вдоль поверхности алмазной пленки, обеспечивая полуметаллическую проводимость с квантовыми поправками, вызванными нарушениями. В то же время никаких признаков присутствия железа в данных РФЭС и проводимости отожженной пленки, покрытой Fe, обнаружено не было, что означает, что при трансформации алмаза железо переместилось достаточно глубоко в объем. Также мы наблюдали образование тонких фрагментов sp^2 -углерода на чистой (100) поверхности монокристаллического алмаза и упорядоченных графитовых плоскостей на поверхности алмаза с железным покрытием. Железо катализирует превращение алмаза в графитовые слои размером ~10 нм, растущие вертикально относительно грани (100) алмаза. Исследование выявило возможность локального преобразования алмазных поверхностей в электрические контакты на основе sp^2 -углерода путем отжига для мощных и высокочастотных устройств.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-72-10097.