СВЧ ПЛАЗМЕННЫЙ ФАКЕЛ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ В ТЕХНОЛОГИИ CVD СИНТЕЗА АЛМАЗА

Н.Р. Арутюнян1,2, А.А. Летунов1, Н.А. Лукина1, Н.С. Петровский3, К.Ф. Сергейчев1

1Институт общей физики им. А.М.Прохорова, Москва, Россия, [k-sergeichev@yandex.ru](mailto:k-sergeichev@yandex.ru),  
 [let@fpl.gpi.ru](mailto:let@fpl.gpi.ru)  
2Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия  
3Московский Государственный Технический университет им. Н.Э.Баумана

СВЧ плазменный факел при атмосферном давлении [1] – перспективный инструмент для СVD доращивания монокристаллов алмаза, получаемых методом HPHT. Самосжатая форма плазменного факела в газовой струе при атмосферном давлении имеет вид узкого шнура диаметром ~0,2 см, длиной ~3 см, с высокой плотностью поглощаемой СВЧ мощности ≤104 Вт/см3, подобно плазменной дуге постоянного тока. В отличие от дуги, СВЧ факел – безэлектродный разряд с емкостной связью с источником СВЧ энергии. Плазма факела не загрязнена продуктами распыления электродов. Встретившись с препятствием в виде доращиваемого кристалла или подложки с затравками, низкотемпературная плазма факела обтекает его, производя осаждение. В работе методом оптической эмиссионной спектроскопии изучались характеристики плазмы СВЧ-факела в смеси рабочих газов: Ar (плазмообразующий газ), H2 (атомарный водород служит для избирательного удаления неалмазных фаз углерода) и CH4 (носитель углерода) в соотношении 5:1:0,2, соответственно.

По эмиссионным спектрам атомов и по вращательному спектру димера углерода С2, в зоне роста алмаза, определялись температура и концентрация электронов плазмы факела и газовая температура. Для спектрального мониторинга процесса использовались широкодиапазонные спектрометры с разрешением от 10 до 0.3 нм. Электронная температура оцененная по линиям атома углерода ~0.7 эВ.

При измерении некоторых атомных линий и молекулярных полос использовался cпектрометр с разрешением 0,04 nm, относительное отверстие 1:5, фокусные расстояния зеркальных объективов 600 мм, дифракционная решетка 1200 штр/мм, работающий в I порядке. Полученные ширины линии H соответствуют величинам электронной плотности (1-3) ×1015 см-3. Температура газовой смеси в зоне роста алмазных слоев определялась по спектру излучения P22 ветви колебательной полосы 0-0 электронного перехода d3Пg – a3Пu [2,3] от канта полосы 0-0 – 516,52 нм, до канта полосы 1-1 – 512,95 нм. Температура, определенная по наклону Больцмановского графика в координатах :Ln(IJ’J”/SJ’J”); 1,44\*J’(J’+1)Bup , составила 3400 ± 300К.

Получены результаты как по осаждению алмазных поликристаллических микро- и нано пленок, так и по доращиванию алмазных монокристаллов.

Литература.

1. M. Leins, M. Walker, A. Schulz, U. Schumacher and U. Stroth Spectroscopic investigation of a microwavegenerated atmospheric pressure plasma torch Contrib. Plasma Phys. 52 (2012) 615–628.
2. X. Duten, A. Rousseau, A. Gicquel, P. Leprince, Rotational temperature measurements of excited and ground states of C2 (d3Πg - a3Πu) transition in a H2/CH4 915 MHz microwave pulsed plasma, J. Appl. Phys. 86 (1999) 5299–5301.
3. E.V. Bushuev, V.Yu. Yurov, A.P. Bolshakov, V.G. Ralchenko, A.A. Khomich, I.A. Antonova, E.E. Ashkinazi, V.A. Shershulin, V.P. Pashinin, V.I. Konov, [Express *in situ* measurement of epitaxial CVD diamond film growth kinetics](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925963516306112), Diamond & Related Materials 72 (2017) 61–70.