ОПТИЧЕСК
РАЗРЯДА

Золотухин А.А.,
Московский государ
физический

АЯ СПЕКТРОСКО В CH_4:H_2 ГАЗОВО

Устинов А.О., Волков А.П., Обра
ственный университет им. М.
факультет E-mail: zolotukh@po

ПИЯ ПЛАЗМЫ
Й СМЕСИ

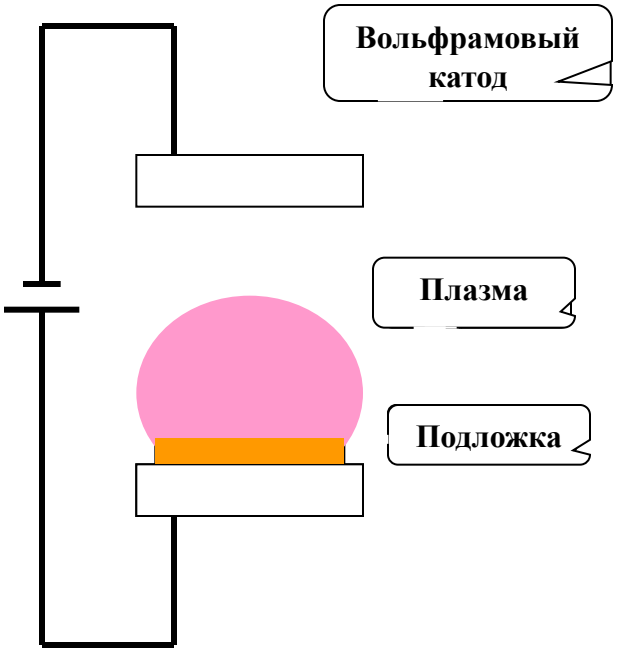
зцов А.Н.
В. Ломоносова
lly.phys.msu.ru

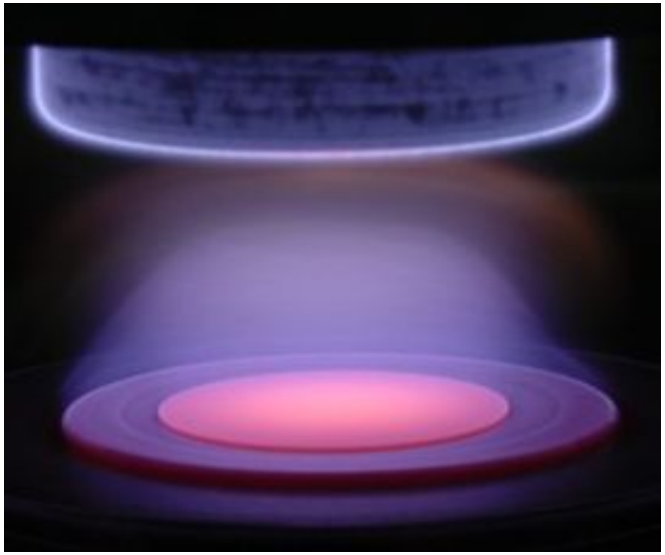
Введение

Газофазное химическое осаждение (ГФХО) является одним из наиболее эффективных методов получения различных углеродных материалов. Фазовый состав, структурные особенности и другие свойства ГФХО пленок определяются условиями активации газовой смеси. В данной работе представлены результаты in-situ исследования процесса ГФХО углеродных материалов методом оптической эмиссионной спектроскопии (ОЭС).

ОЭС плазмы газового разряда регистрировались при варьировании основных параметров ГФХО процесса, включая давление и состав газовой смеси. Состав, структурные характеристики полученных углеродных пленок изучались методами спектроскопии комбинационного рассеяния света и электронной микроскопии. Полученные данные были проанализированы с целью выявления корреляций между параметрами процесса ГФХО, ОЭС плазмы и характеристиками углеродных пленок, а также для определения механизмов формирования пленочных углеродных материалов различного фазового состава.

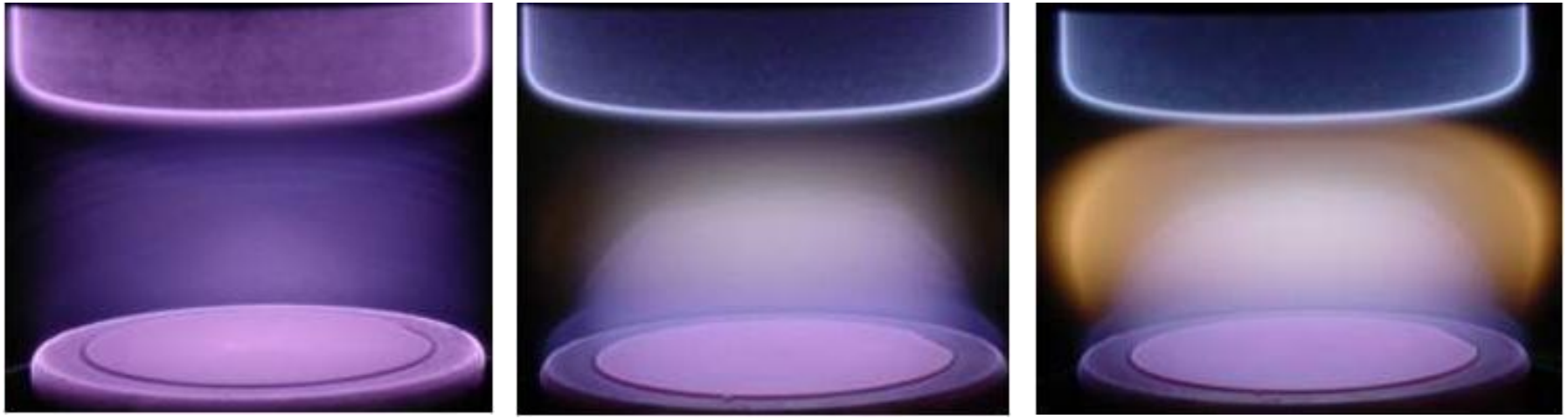
Схема процесса ГФХО





Тип материала углеродной пленки	Температура подложки в процессе роста	Концентрация метана, %	Давление газа, Торр
алмаз	850-900	0.5-2	60-90
нано-алмаз	900-1000	2-5	60-100
графитоподобный	1000-1100	5-10	60-100
сажа	1100-1250	свыше 15	50-100

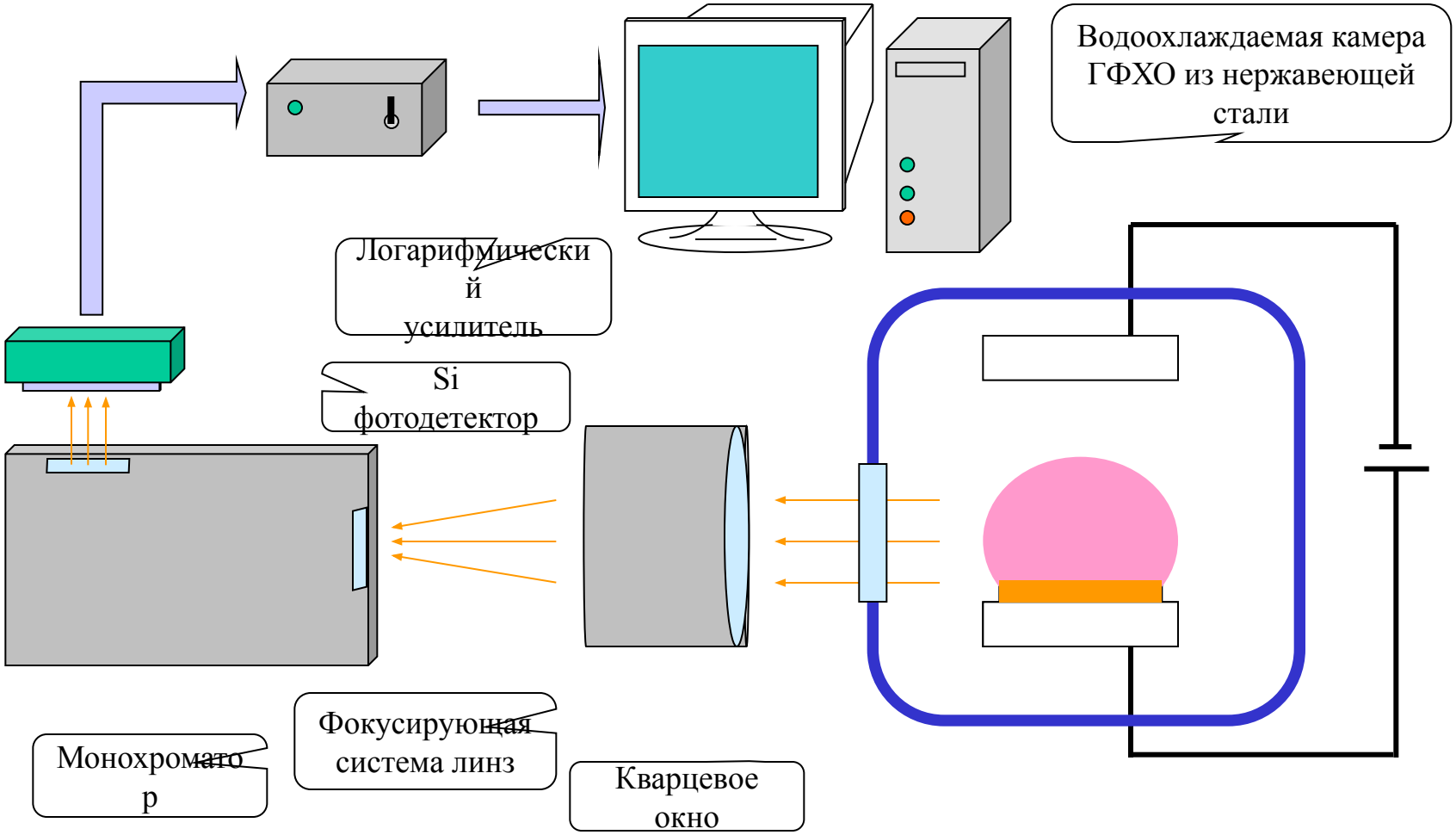
Газовый разряд в смеси CH_4:H_2



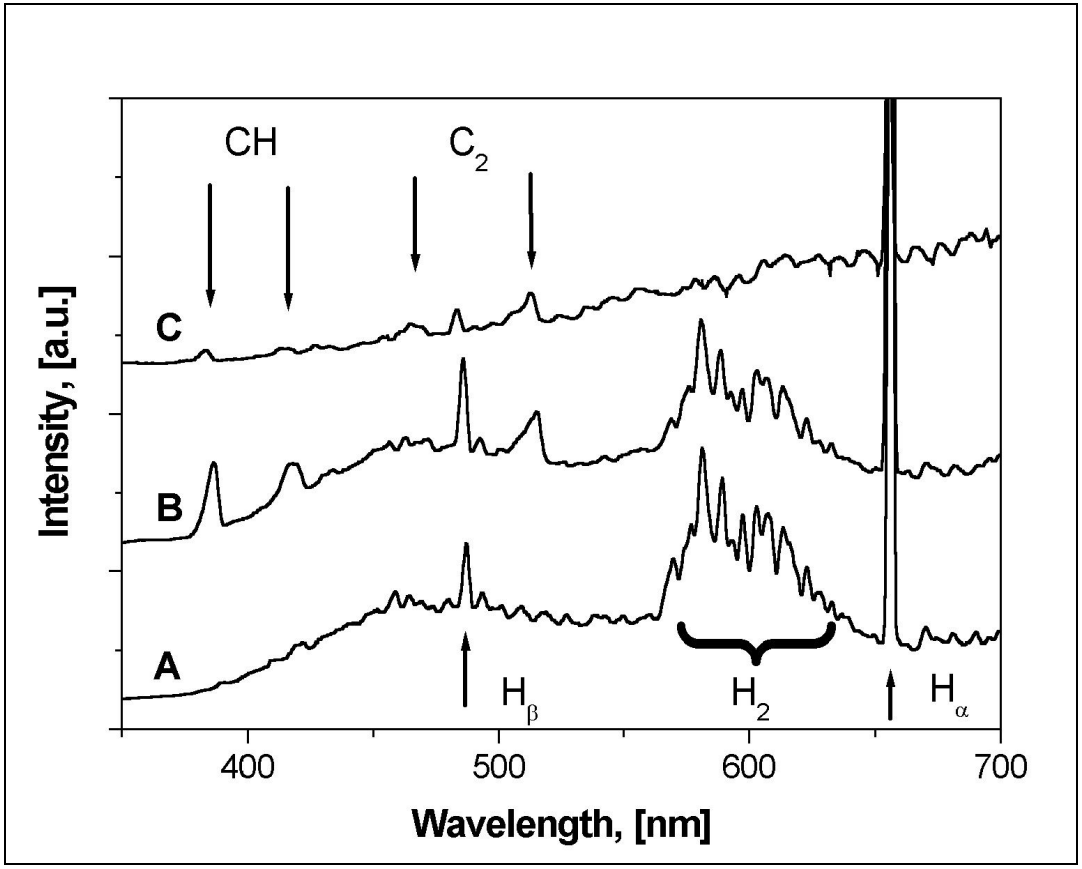
a ***b*** ***c***

Характерный вид положительного столба в процессе ГФХО для чистого водорода (a) и водородо-метановой смеси при 8 % (b) и 25 % (c) CH_4. Давление газа 80 Торр. В качестве подложки использовалась Si пластина диаметром 50 мм, помещенная на анод установки. Напряжение разряда 650 В (a), 750 В (b), 850 В (c). Ток разряда 7 А (a), 6 А (b), 5 А (c).

Установка для регистрации ОЭС.



ОЭС плазмы в смеси CH_4:H_2

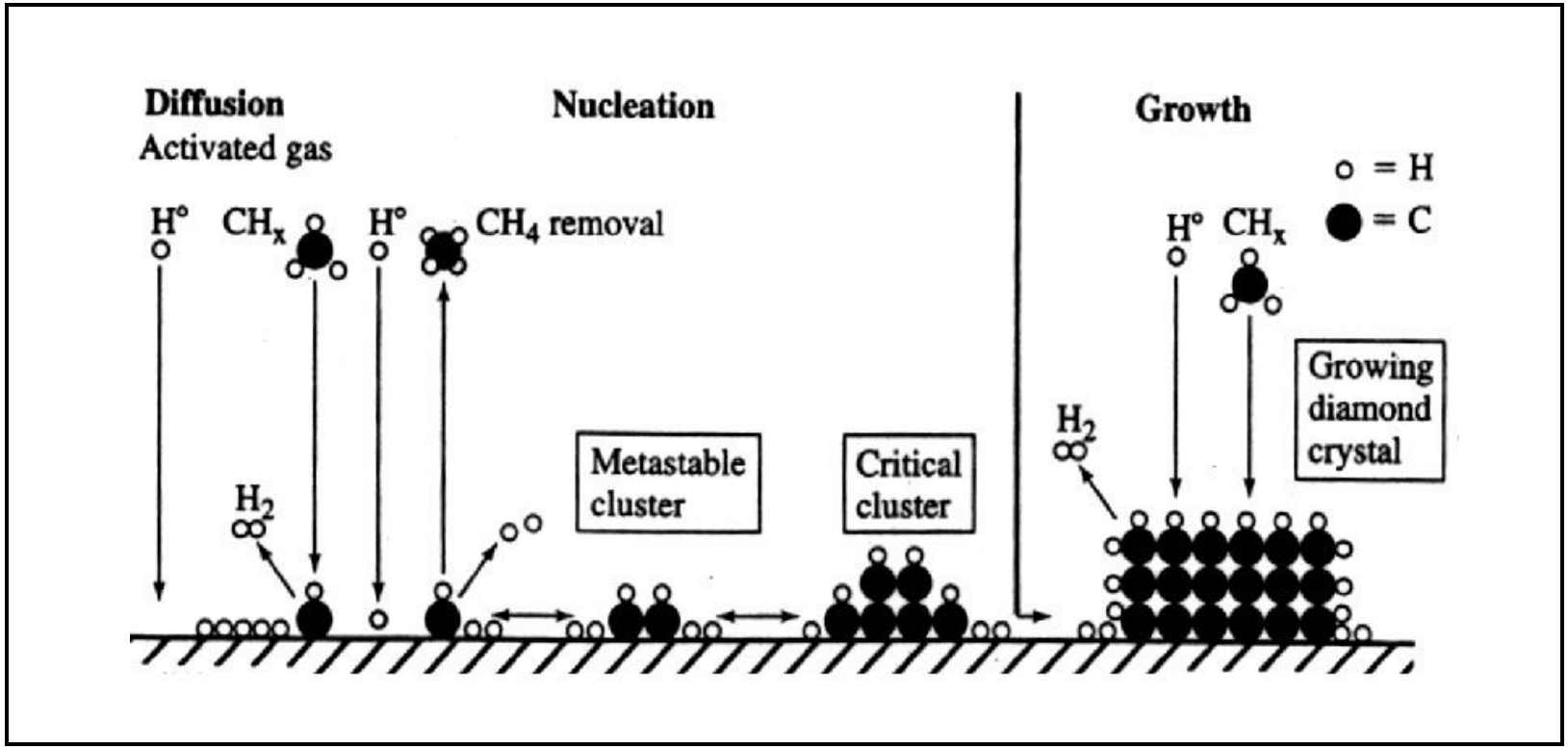


Типичные ОЭС для чистого водорода (A), и для водородо-метановой смеси при 8 % (B) и 25 % (C) CH_4. Давление газа 80 Торр, напряжение разряда 650 В (A), 750 В (B), 850 В (C). Ток разряда 7 А (A), 6 А (B), 5 А (C).

Механизм осаждения алмазмых пленок

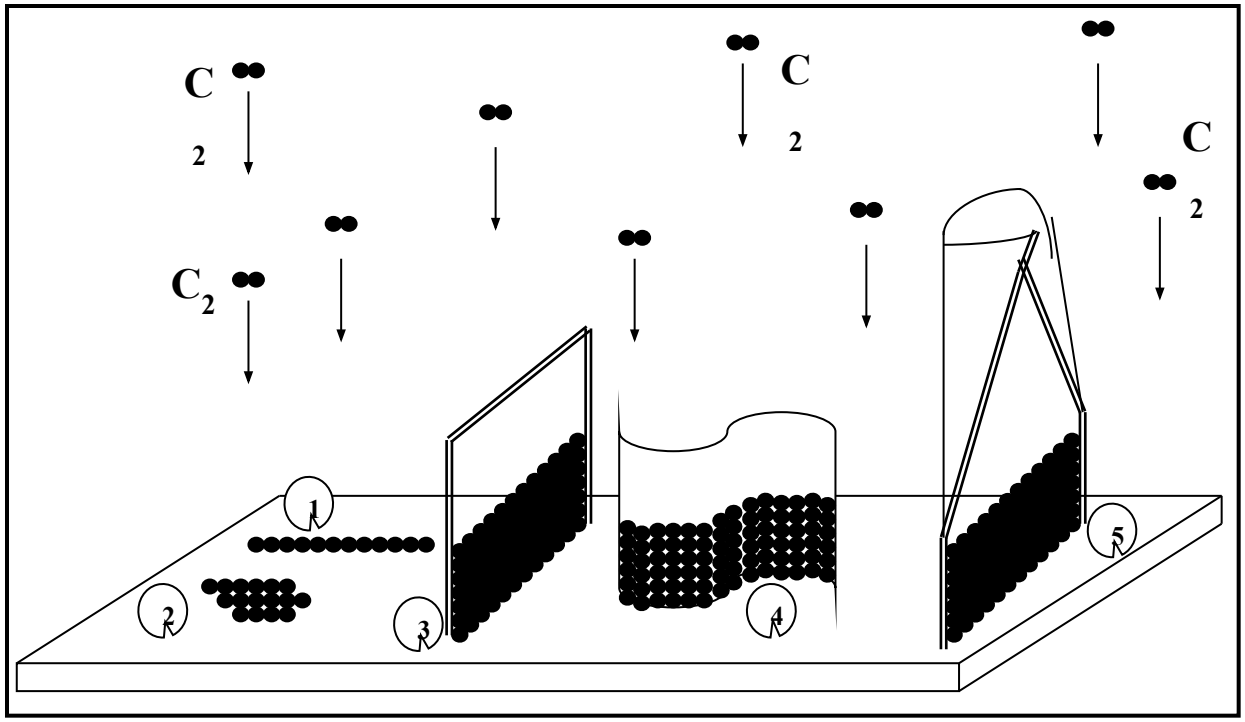
- Нуклеация и рост алмазных пленок

[***Bradley A. Fox*** chapter Diamond Films, **THIN FILM TECHNOLOGY HANDBOOK**]



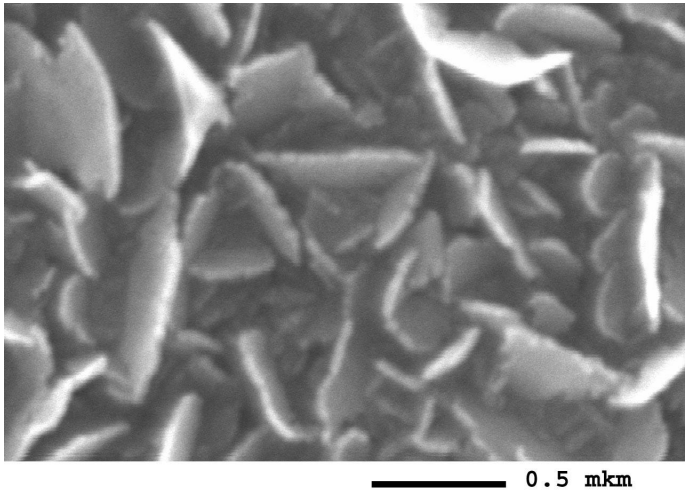
Осаждение графитоподобных пленок

- Предлагаемый механизм образования нанокристаллического графита и нанотрубок в процессе ГФХО

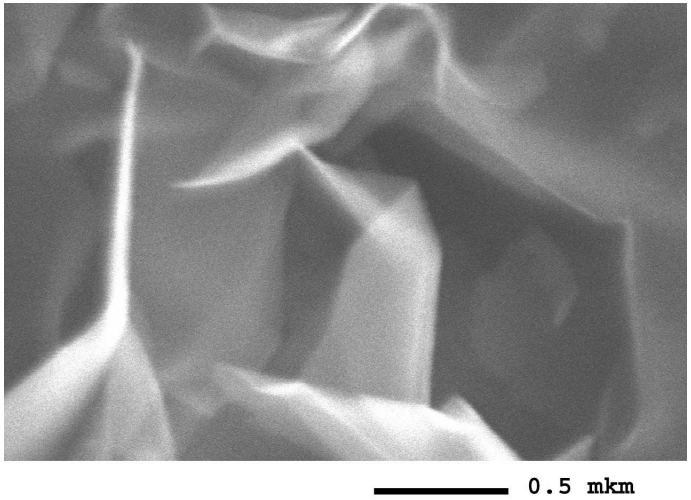


Осаждаясь, димеры C_2 образуют на поверхности преимущественно атомные цепочки (1), а не кластеры (2) благодаря ориентации свободных связей. Происходит образование небольших кристаллитов графита (3) и (4). Формирование нанотрубки может быть инициировано изгибанием графитного листа в начальной стадии (4) или же при достижении некоторой критической высоты.

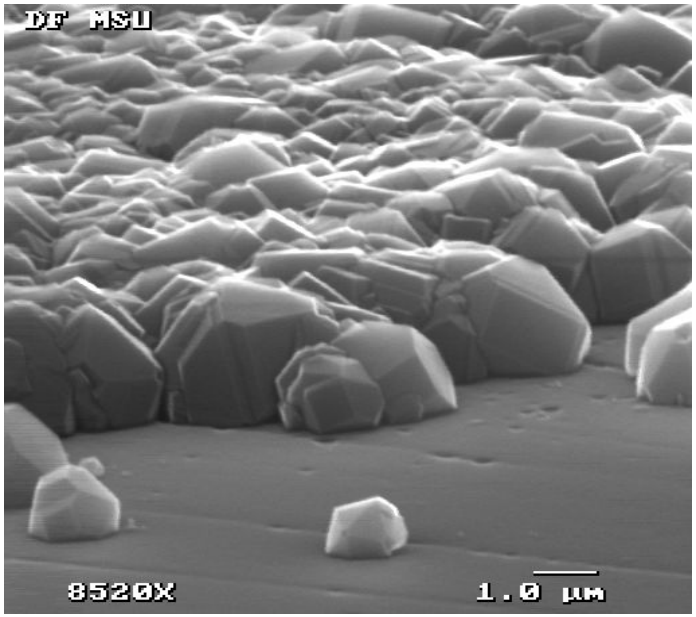
Морфология поверхности углеродных пленок



A



B



C

РЭМ изображения углеродной наноструктурированной пленки (A), (B) и поликристаллической алмазной пленки (C), полученных осаждением из газовой фазы.

Выводы

- В плазме разряда наряду с рекомбинационными линиями атомарного и молекулярного водорода были зарегистрированы линии, соответствующие CH и C_2.
- Интенсивность линий, соответствующих димерам C_2 существенно возрастает с увеличением концентрации метана.При концентрациях метана выше 15 % наблюдается интенсивное желто-оранжевое свечение периферийных областей плазмы. Спектральные характеристики этого свечения соответствуют нагретому до высокой температуры материалу, что позволяет предположить конденсацию углерода непосредственно в газовой фазе.
- Наличие углеродных димеров в газовой фазе определяет механизм образования углеродных пленок на подложке. При высокой концентрации димеров C_2 происходит преимущественный рост графитоподобной фазы, при низких концентрациях образуется поликристаллическая алмазная пленка.

Благодарность

Работа была выполнена при поддержке гранта INTAS No 01-254.