ФЛУКТУАЦИИ ЗаРЯДА НА ЗАРОДЫШАХ КОНДЕНСИРУЮЩЕЙСЯ ПЫЛИ: модели и приложения

Змиевская Г.И., Аверина Т.А.1,2

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия [zmig@mail.ru](mailto:zmig@mail.ru),  
1Институт Вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,  
 Новосибирск, Россия, [ata@osmf.sscc.ru](mailto:ata@osmf.sscc.ru),  
2Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия, [t.averina@g.ngs.ru](mailto:t.averina@g.ngs.ru)

Компьютерное моделирование образования кластеров и их наноструктур актуально в производстве нанопорошков алмазоподобного материала (карбида кремния, SiC) плазменными и лазерными методами, когда заряженные капли расплава конденсируются из пара в сильно неравновесных плазмоподобных средах на начальном этапе фазового перехода, когда формируются начальные размеры и заряды капель, развивается флуктуационная неустойчивость зародышеобразования, а также наблюдается капиллярно-неустойчивый рост капель и при достижении предела зарядки капли разрушаются. В [2] была построена математическая стохастическая кинетическая модель фрагментации конденсированных капель расплава (пылевых частиц), были получены первые результаты [3]: бимодальность функции распределения капель по размерам, возникающие из-за фазового перехода, в течение первых 10 мс в среде с параметрами плазмотрона, в котором получают порошки SiC; показана роль неустойчивостей в плазмоподобной среде с учетом заряда на каплях. Созданы алгоритмы, которые могут быть использованы для изучения конденсации паров в объеме плазмы разряда и осаждения кластеров на подложку или в объеме. Математические проблемы решения стохастических уравнений Ито-Стратиновича для образования вакансионных пор в кристаллической решетке материалов были опубликованы ранее [1], а также существует стохастическая модель кристаллизации расплавов и других явлений взаимодействия плазмы с поверхностью в устройствах, установками то есть  в условиях «открытой системы», которыми являются технологическими параметрами синтеза материалов (композитов или тонких пленок) или условиями изменения свойств материалов.

В большинстве известных расчетов зарядов на пылевых частицах нет точных значений ряда параметров, а комплексное самосогласованное плазменно-пылевое взаимодействие заменяется аппроксимацией «ограниченных орбит» и с использованием равновесных ионных и электронных токов на пыль, средний размер которой не меняется и т. д. Флуктуации заряда, возникающие в процессе начального нелинейного этапа фазового перехода для расплавленных капель карбида кремния, с учетом зависимости зарядов пыли от их размеров, полученных в объектно-ориентированном кинетическом коде пылевой плазмы [4] позволяет сравнить влияние флуктуации заряда на синтез наночастиц в разряде ( около катодного пятна из  создаваемого вакуумной дугой пара материала катода), с другими  плазменными и лазерными методами получения наноразмерных аморфных металлических или кремниевых порошков или частиц карбида кремния, используемых в композитных материалах. Работа частично поддержана грантом РФФИ 15-01-05052 и Программой ОМН РАН, No3 (3.6).

Литература.

1. Zmievskaya G.I., Averina T.A., Bondareva A.L Appl. Numer. Math. 2015. V. 93. P. 15–29.–<https://doi.org/10.1016/j.apnum.2014.05.006>
2. Змиевская Г.И., Аверина Т.А. [XLIV Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLV/Zven_XLV.html), 2016
3. Averina T.A., Zmievskaya G.I. IOP Conf..Series: Mater. Science and Eng. 2016. V. 158. № 1 <http://iopscience.iop.org/1757-899X/158/1/012010>
4. Сигов Ю.С. Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы. Избр. тр. / Сост. Змиевская Г.И., Левченко В.Д./ М.: Физматлит, НАУКА,2001.288 c.