Эволюция температуры в микроволновом разряде в порошках молибден-бор

Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, Л.В. Колик, Е.М. Кончеков, А.А. Летунов, Д.В. Малахов, А.Е. Петров, И.Г. Рябикина\*, К.А. Сарксян, Н.Н. Скворцова, А.С. Соколов\*, В.Д. Степахин, Н.К. Харчев

ИОФ РАН, Москва, Россия, nina@fpl.gpi.ru
\*МГТУ МИРЭА, Москва, Россия, mukudori@mail.ru

В течение последнего десятилетия изучались свойства микроволнового разряда, возникающего в смеси порошков металла и диэлектрика или полупроводника в СВЧ разряде, инициируемом излучением гиротрона.[1]. Разряд возникает при падении микроволнового пучка на смесь порошков, помещенную между двумя радиопрозрачными кварцевыми пластинами в воздухе. В этом случае в объеме смеси возникает плазма с высокой плотностью заряженных частиц (~1017см– 3), которая эффективно поглощает СВЧ излучение. В работе [2] описана эволюция температуры в разряде, который инициировался микроволновым излучением в смеси Ti-B в воздухе. Эксперименты по изучению свойств микроволновых разрядов в порошках Ti-B были продолжены в специально созданном плазмохимическом реакторе с открытой границей порошка с использованием гиротрона с частотой 75 ГГц, длительность импульса до 10 мс, мощностью до 550 кВт [3]. В результате были синтезированы частицы микро и нано размеров диборида титана и нитрида бора [4].

В представленном докладе описывается эволюция температуры микроволнового разряда в порошках Mo-B и Mo-BN в реакторе с открытой поверхностью в атмосфере азота и воздуха. Использовались порошки аморфного бора и нитрида бора с размером частиц 1-5 мкм и порошок молибдена с размером частиц 30-40 мкм. Разряд создавался импульсами гиротрона длительностью 4 мс и мощностью до 350 кВт. Для оптических измерений температуры использовалось как свечение линий атомов и ионов основных веществ, так и свечение линий примесей (железа, титана, кислорода и др.), присутствующих в малых количествах. В эксперименте были зарегистрированы две фазы развития микроволнового разряда. В первой фазе после пробоя развивается искровой плазменный разряд, в котором в оптических спектрах на фоне сплошного континуума определялись линии как атомов (MoI, NI, TiI, FeI, и др.), так и ионов (MoII, NII, TiII, и др.). Температуры плазмы, газа и поверхности порошка в этой фазе разряда находились в диапазоне 2000-6000K . Во второй фазе инициировались и протекали экзотермические химические реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Реакции синтеза развивались как на основных веществах, так и на примесях. В оптическом спектре на фоне теплового континуума наблюдались широкие молекулярные полосы, атомные линии на этой стадии плохо определялись. Длительность высокотемпературного синтеза доходила до 40-50 мс, в течение которых происходило медленное снижение температуры от~4000 K до ~1000 K. Такие микроволновые разряды могут использоваться в плазмохимических технологиях синтеза новых наноматериалов.

Литература

1. Батанов Г.М., Бережецкая Н.К., Коссый И.А., Магунов А.Н., Силаков В.П., ЖТФ, 2001, Т. 71. Вып. 7. С. 119…123.
2. Батанов Г.М., Бережецкая Н.К., Копьев В.А., Коссый И.А., Магунов А.Н., Химическая Физика. 2013. Т. 32. № 4. С. 52…59.
3. Batanov G. M., Berezhetskaya N. K., Borzosekov V. D., et al, PLASMA PHYSICS REPORTS, 2013,Vol. 39 No. 10, P 843-848
4. Batanov G. M., Berezhetskaya N. K., Borzosekov V. D., et al, Journal of

Nanoelectronics and Optoelectronics,2013,Vol. 8,P. 58–66