теплофизические процессы при переработке частиц кварца в поликристаллический кремний в дисперсных газоплазменных водородосодержащих потоках

Ю.М. Гришин, Н.П. Козлов, А.С. Скрябин

ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

В работе представлены результаты теоретического исследования основных теплофизических процессов, протекающих при переработке частиц кварца в поликристаллический кремний плазмохимическим методом, некоторые экспериментальные результаты исследования которого представлены в [1, 2]. Указанный метод осуществляется в газоплазменном дисперсном аргоново-водородном потоке, генерируемом электродуговыми или индукционными плазмотронами. В указанном потоке в соответствии с уровнем его температуры происходят процессы пиролиза мелкодисперсных частиц кварца (с образованием атомов кремния и кислорода), газофазные химические реакции связывания в канале газохимического реактора (ГХР) кислорода атомами водорода (с формированием паров воды) и объёмная конденсация паров кремния с получением частиц поликристаллического кремния. Исследования проведены для тех теплофизических процессов, которые, как показал анализ, в большей степени могут ограничивать итоговую производительность метода: для процесса пиролиза кварцевых частиц и для химических реакций в ГХР.

Расчёты позволили выявить особенности нагрева, испарения и пиролиза мелкодисперсных частиц кварца в потоке плазмы индукционных высокочастотных плазмотронов. Показано, что индукционные плазмотроны с потребляемой мощностью 50…100 кВт позволяют полностью переработать частицы с размером 50…100 мкм. Установлено, что предельная величина относительного (по отношению к массовому расходу аргона) массового расхода испаряемого кварца *kG* для указанных плазмотронов составляет **.

Сформулирована модель кинетики газофазных химических реакций в системе, состоящей изначально из атомов Si, O, H и Ar. На основании теоретического анализа данной модели установлены общие условия эффективной реализации плазмохимического метода. Создана модель расчёта теплофизических параметров одномерного стационарного химически реагирующего потока в цилиндрическом канале ГХР с учётом объёмных источников теплоты. Показано, что неравновесность химических процессов и объёмное тепловыделение, интенсивность которого зависит от концентраций реагентов на входе ГХР (фактически, от *kG*), существенно влияют на динамику среднемассовой температуры потока и концентраций продуктов вдоль осевой координаты ГХР. Количественной характеристикой неравновесности процессов является число Дамкёлера , где время пребывания смеси в ГХР и - характерное время реакции образования паров воды. Установлено, что при и  относительная производительность метода по кремнию  (по отношению к массовому расходу паров кремния на входе ГХР) достигает максимальных значений и составляет  Полученные результаты легли в основу инженерной методики расчёта параметров соответствующих технологических плазменных установок.

Литература.

1. Гришин Ю.М., Козлов Н.П., Скрябин А.С., ТВТ, 2012. том 50. стр. 491.
2. Гришин Ю.М., Козлов Н.П., Скрябин А.С., Горный журнал, 2013. № 12. стр. 74.