

DMS предоставляет полную функциональность для оптимизации городских распределительных сетей.

Программное обеспечение обеспечивает диспетчеров, инженеров инструментом визуализации данных по ведению режима работы сети.

DMS имеет инструменты для поддержки соотношения вольт/var, которые позволяют оптимизировать напряжение на основе реагирования на спрос потребителей.

DMS поддерживает краткосрочные, среднесрочные и долгосрочное планирование, а также позволяет обеспечить обучение диспетчеров, которые работают в распределительной сети.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Vargas, A.; Samper, M.E. Real-time monitoring and economic dispatch of smart distribution grids: High performance algorithms for DMS applications. IEEE Trans. Smart Grid 2012, 3, p.866–877.

Научный руководитель: Ю.П. Кубарьков, д.т.н., профессор СамГТУ.

УПРАВЛЯЕМЫЙ СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ В ГИПЕРСКОРОСТНОЙ СТРУЕ УГЛЕРОДНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ПЛАЗМЫ

Д.С. Никитин
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП

Карбид кремния (SiC) является единственным соединением в системе углерод-азот. Он вызывает интерес у исследователей уже более века с момента первого успешного искусственного синтеза в графитовой электропечи американским изобретателем Э. Ачесоном благодаря наличию у керамики на его основе целого спектра уникальных свойств: сверхтвердость, высокая теплопроводность, низкий коэффициент теплового расширения, высокая ширина запрещенной зоны, стойкость к окислительной среде и радиационному излучению [1]. Сегодня наиболее активно происходит исследование полупроводниковых характеристик карбида кремния с целью создания на его основе устройств силовой, высокочастотной и высокотемпературной электроники [2]. Высокое внимание уделяется созданию и развитию спо-

собою синтеза наноразмерного карбида кремния в различных его формах, а также исследованию и применению его свойств [3], что обусловлено возможностью получения разнообразной конструкционной и функциональной керамики с высоким уровнем физико-химических и физико-механических характеристик.

В работе [4] показана возможность прямого плазмодинамического синтеза и получения нанодисперсного порошка карбида кремния кубической сингонии. В основе технологии лежит проведение синтеза в гиперскоростной струе углерод-кремниевой электроразрядной плазмы, воздействующей на медную преграду. В настоящей работе анализируются возможные пути управления фазовым и гранулометрическим составом синтезируемого продукта.

Гиперскоростная струя плазмы генерируется импульсной силовой установкой – коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) с графитовым ускорительным каналом и центральным электродом [5]. Электропитание ускорителя осуществляется от емкостного накопителя энергии (ЕНЭ) с емкостью конденсаторов $C=6$ мФ. Накапливаемая энергия W_c изменялась за счет изменения зарядного напряжения $U_{зар}$ от 2,0 кВ до 3,5 кВ.

В качестве прекурсоров синтеза использовались нанодисперсный углерод и микронный порошок кристаллического кремния, смесь которых массой 1,0 г в соотношении, близком к стехиометрическому, закладывалась в канал формирования плазменной структуры. Проведено четыре эксперимента при разном напряжении ЕНЭ, средние значения энергетических параметров которых приведены в таблице 1.

Плазменные выстрелы производились в герметичный объем цилиндрической камеры-реактора, заполненной аргоном при нормальном давлении и комнатной температуре. Плазменная струя воздействовала на нормально установленную медную преграду на расстоянии 23 мм от среза ускорительного канала. Порошкообразный продукт синтеза серого цвета собирался со стенки камеры-реактора после полного осаждения взвешенных частиц.

Табл. 1. Основные параметры экспериментов

| Номер экспериментов | Энергетические параметры | | | | | |
|---------------------|--------------------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|
| | $U_{зар}$, кВ | I_m , кА | U_m , кВ | P_m , кВт | W_c , кДж | W , кДж |
| 1 | 2,0 | 65 | 1,0 | 65 | 12,0 | 10,5 |
| 2 | 2,5 | 76 | 1,1 | 76 | 18,8 | 13,0 |
| 3 | 3,0 | 98 | 1,3 | 123 | 27,0 | 19,0 |
| 4 | 3,5 | 111 | 1,8 | 204 | 36,8 | 29,7 |

Синтезированные в экспериментах порошкообразные продукты исследовались без предварительной подготовки следующими метода-

ми: рентгеновской дифрактометрии (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 (CuK α -излучение).

Данные XRD-исследований представлены дифрактограммами на рисунке 1 и результатами структурно-фазового анализа, приведенными в таблице 2. Анализ проведен с использованием программ Powder Cell 2.4 и базы структурных данных PDF 4+. Характер XRD-картин и совокупность когерентных рефлексов различной интенсивности показывают практическое отсутствие в продукте синтеза рентгеноаморфной составляющей и свидетельствуют о присутствии нескольких кристаллических фаз, одних во всех четырех случаях.

Компьютерные расчеты показали, что во всех случаях продукт плазгодинамического синтеза состоит из четырех кристаллических фаз, кристаллографические параметры которых наиболее точно соответствуют следующим структурным моделям: кубический карбид кремния β -SiC, пространственная группа (space group) SPGR – F-43m {216}; кубический кремния cSi, SPGR – F-43/d-32/m {227}; графит gC, SPGR – P6-3mc {186}; углеродные луковичные структуры C-Onions, SPGR – P6-3mc {186}.

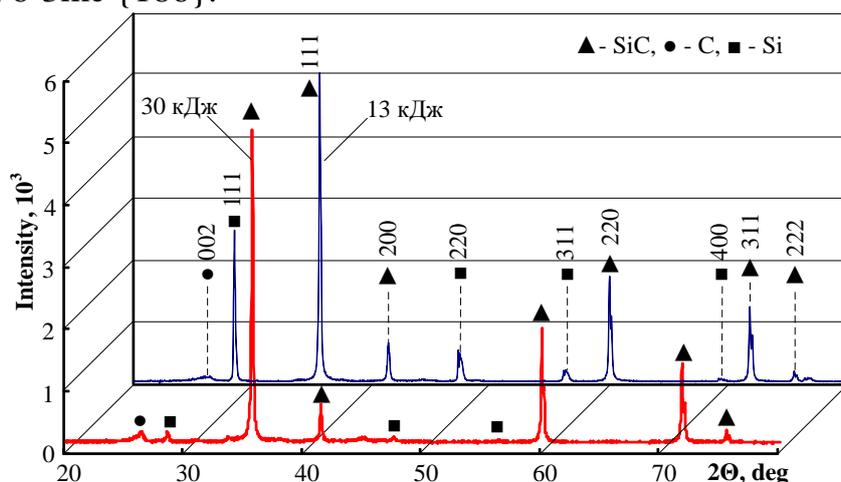


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы продуктов синтеза

Табл. 2. Данные рентгеновской дифрактометрии

| Фаза W, кДж | | SiC | Si | C |
|----------------|---------------|------|------|------|
| 1. 10,5 кДж | Содержание, % | 60,0 | 24,0 | 16,0 |
| | ОКР, нм | 35 | 20 | 10 |
| 2. 13,0 кДж | Содержание, % | 73,0 | 21,0 | 6,0 |
| | ОКР, нм | 70 | 80 | 20 |
| 3. 19,0 кДж | Содержание, % | 80,0 | 13,0 | 7,0 |
| | ОКР, нм | 75 | 65 | 35 |
| 4. 29,7 кДж | Содержание, % | 90,0 | 2,5 | 7,5 |
| | ОКР, нм | 90 | 40 | 20 |

Согласно расчетным данным (таблица 2), наибольшее массовое содержание в продукте имеет фаза кубического карбида кремния. Причем с увеличением подводимой к ускорителю энергии W происходит существенное повышение содержания SiC за счет снижения содержания кристаллического кремния, т.е. более эффективное карбидообразование. Однако при этом содержание углеродных фаз в продукте не уменьшается в диапазоне W от 13,5 кДж до 29,7 кДж. Это объясняется закономерным увеличением количества углерода, эродированного с поверхностей графитового центрального электрода и ускорительного канала при увеличении тока, мощности и подводимой энергии ускоряемого сильноточного разряда (таблица 1). Кроме того, оценочные расчеты показывают устойчивую тенденцию роста средних размеров областей когерентного рассеяния (ОКР), что говорит о увеличении размеров кристаллитов продукта синтеза.

Повышение энергетики процесса обеспечивает увеличение P, t параметров плазмы в ускорительном канале, более полную ионизацию прекурсоров и участие их в плазмохимическом образовании карбида кремния. В то же время повышаются P, t -параметры и в индуцированном у медной преграды скачке уплотнения, где скорость массопереноса становится дозвуковой, замедляется теплоотвод от массы жидкофазного продукта синтеза, повышается длительность этапа кристаллизации и роста кристаллитов распыляемого материала.

На основании представленных данных можно заключить, что плазмодинамический метод обеспечивает реализацию прямого синтеза и получения ультрадисперсного кубического карбида кремния $\beta\text{-SiC}$. Экспериментально установлено увеличение среднего размера кристаллитов и содержания карбида кремния с ростом подводимой к ускорителю энергии в условиях воздействия гиперзвуковой струи на медную преграду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Abderrazak H., Hmida E.S. Silicon Carbide: Synthesis and Properties, in: Prop. Appl. Silicon Carbide. – London: InTech, 2011. – P. 361-389.
2. Levinshtein M.E., Rumyantsev S.L., Shur M.S. Properties of Advanced Semiconductor Materials GaN, AlN, SiC, BN, SiC, SiGe. – New York: John Wiley & Sons, Inc, 2001. – 216 p.
3. Wu R., Zhou K., Yue C.Y., Wei J., Pan Y. Recent progress in synthesis, properties and potential applications of SiC nanomaterials. – Prog. Mater. Sci. – 2015. – V. 72. – P. 1-60.

4. Sivkov A.A., Nikitin D.S., Pak A.Y., Rakhmatullin I.A. Direct plasmadynamic synthesis of ultradisperse silicon carbide. – Tech. Phys. Lett. – 2013. – V.39. – P. 105-107.
5. Пат. 2431947 РФ. H05H 11/00, F41B 6/00. Коаксиальный ускоритель / Сивков А.А., Пак А.Я. Заявлено 30.04.2010; Опубл. 20.10.2011.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., с.н.с., профессор, каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТА УМНОГО ДОМА

С.В. Бабурин, Ю.П. Еронин, С.Д. Щипунов
Сибирский федеральный университет

В работе представлены результаты разработки студенческого проекта по созданию элемента "умного дома", целью которого являлось создание устройства для мониторинга и контроля работы отдельных бытовых электроприборов.

Технология «Умный дом» – это интеллектуальная система управления домом, обеспечивающая автоматическую и согласованную работу всех систем жизнеобеспечения и безопасности. Такая система самостоятельно распознает изменения в помещении и реагирует на них соответствующим образом. Основной особенностью такой технологии является объединение отдельных подсистем и устройств в единый комплекс, управляемый при помощи автоматики – различных контроллеров и серверов.

Программное обеспечение контроллеров или сервера позволяет контролировать климат (поддерживать установленный уровень температуры и влажности в том или ином помещении), водоснабжение (контроль состояния труб или давления в них), управлять освещением в здании, устанавливать параметры безопасности (постановка и снятие с охраны по определенному сценарию реакции систем) и развлекаться, при этом не прилагая особых усилий. В помещениях устанавливается контрольное оборудование, передающее информацию на главный модуль или контроллер, который изменяет «параметры» дома в зависимости от внешних условий и заданных параметров.

Для лучшего ресурсосбережения и повышения комфорта не обязательно устанавливать дорогие системы, которые будут контролировать весь дом. Порой достаточно иметь возможность контролировать работу всего нескольких устройств в доме: например удалённо вклю-