

ПОЛУЧЕНИЕ МОНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ КАРБИДА И НИТРИДА КРЕМНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРА

Ш.Д. Курмашев¹, А.Н. Софронков¹, Т.Н. Бугаева²,
Т.И. Лавренова²

¹Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова,
ул. Ковальська, 1, 65029, г. Одесса, Украина

²Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, ул.
Дворянская, 2, 65082, г. Одесса, Украина

Высокая теплопроводность, высокая напряженность электрического пробоя и большая плотность электрического тока делают SiC перспективным материалом для высокоомощных устройств. Элементы из карбида кремния используются при производстве наноструктурной керамики, электронных компонентов.

Нитрид кремния (Si₃N₄) является керамикой, которая имеет высокую прочность в широком диапазоне температур, умеренную теплопроводность, низкий коэффициент теплового расширения, умеренно-высокий коэффициент упругости и необычайно высокую вязкость разрушения. Используется как изолятор и химический барьер при производстве интегральных микросхем. Практический интерес к пленкам нитрида кремния обусловлен возможностью их использования в качестве маскирующих слоев подзатворного диэлектрика в тонкопленочных транзисторах на базе аморфного и поликристаллического кремния и в электрических программируемых элементах памяти (flash память) в качестве запоминающей среды.

Стандартные технологии предусматривают получение порошков SiC и SiN_x измельчением, “мокрой” химией, реакциями в твердом состоянии. При этом порошки получают полидисперсными, агломерированными, содержат много включений. Технология характеризуется высокой стоимостью, высоким энергопотреблением.

В работе использовался технологический процесс получения порошков SiC и Si₃N₄ с применением CO₂-лазера. Порошки синтезировались методом лазерно-индуцированной диссоциации силана. Способом диссоциации молекул силана в данном случае (Si₃H₈) является нагрев струи силана непрерывным излучением CO₂-лазера (laser-induced chemical vapour deposition – LICVD). Такой нагрев возможен вследствие того, что наиболее сильные линии генерации CO₂-лазера, такие, например, как P(18) и P(20) с волновыми числами $\nu_{18}=945.98 \text{ см}^{-1}$ и $\nu_{20}=944.19 \text{ см}^{-1}$, попадают в контур поглощения

молекулы, соответствующего деформационным колебаниям, центрирующимся вблизи волнового числа $\nu_{\text{Si}_3\text{H}_4}=970 \text{ см}^{-1}$ [1].

Данная технология отличается тем, что используемые реагентные газы – силан и аммиак (для получения нитрида кремния) или этилен (для получения карбида кремния) пропускаются через луч CO_2 -лазера. При этом получается мелкодисперсный, содержащий сферические частицы одинакового размера (монодисперсный), высокочистый, неагломерированный порошок. Изготовленная на основе таких порошков керамика характеризуется минимальными полостями за счет монодисперсности и правильной формы частиц порошков.

Для проведения облучения использовался CO_2 -лазер ЛГ-18 с длиной волны излучения $\lambda=10.6 \text{ мкм}$. Для этого излучения силан, аммиак и этилен проявляют высокую поглощательную способность. Лазерный луч равномерно нагревает сверхнасыщенные газы со скоростью $10^6 \dots 10^8 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$ до температуры реакции образования SiC и SiN. Инфракрасное излучение обуславливает термическую реакцию, при которой образуются ядра SiC и Si_3N_4 , а насыщенность реагентов уменьшается. Когда заканчивается процесс поглощения реагентными газами, процесс образования SiC и Si_3N_4 прекращается т.к. продукты реакции (частицы SiC или Si_3N_4) и газы (водород и азот) – на длине волны $\lambda=10.6 \text{ мкм}$ поглощающей способностью не обладают. Быстрый нагрев сверхнасыщенных газов обеспечивает быстрое образование большого количества “зародышей” - ядер, рост которых происходит с одинаковой скоростью и прекращается одновременно, в результате чего полученные частицы имеют одинаковый размер и одинаковую (сферическую) наноразмерную форму.

Охлаждение частиц происходит со скоростью $10^5 \dots 10^6 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$, поэтому частицы не спекаются, образуя жесткие агломераты. Так как лазер настроен на частоту поглощения реагента, он не нагревает другие объекты, например, стенки реактора, поэтому в порошке отсутствуют инородные включения. Как известно, при использовании широкополосного излучения (в известных технологиях) только небольшая доля энергии поглощается реагентами. В данном случае вся световая энергия излучения лазера преобразуется в тепловую и полностью поглощается реагентами, вследствие чего общее потребление мощности снижается.

Литература

1. *Накамото К.* Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. – М.: Мир.– 1966 г. – 450 с.