

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Костюнина М.А., Абашева М.Ю., Митяева И.А.

научные руководители: к.т.н. Енютина Т.А., д.т.н. Патрушева Т.Н.

Инженерно – строительный институт

Сибирский федеральный университет

Солнечные батареи представляют собой твёрдые носители, покрытые специальными плёнками. В последние годы интенсивно развивается новое научное направление, связанное с получением и изучением наноматериалов, к которым можно отнести наносистемы на основе тонких неорганических пленок.

Широко востребованы пленки из диоксида циркония, которые обладают уникальными свойствами. Износоустойчивость, коррозионная стойкость и низкая теплопроводность ZrO_2 обеспечивает защитные свойства покрытий различных инструментов и деталей. В электронике компоненты из диоксида циркония хорошо зарекомендовали себя благодаря своим ферромагнитным и изолирующим свойствам. Кроме того, ZrO_2 обладает превосходными фрикционными характеристиками при скольжении по стали и применяется как покрытие для подшипников и пар скольжения. Коэффициент трения (0,13-0,15) и срок службы (более чем 5000 циклов скольжения) являются рекордными для пленок.

Среди многочисленных исследований керамических материалов на основе ZrO_2 сравнительно мало внимания уделяется изучению коэффициента теплопроводности тонких пленок, который является наиболее важной характеристикой материала для практически всех областей применения. Согласно литературным данным, коэффициент теплопроводности керамических образцов ZrO_2 составляет 1,95 Вт/(м·К) (100 °С), 2,10 Вт/(м·К) (600 °С) и 2,44 Вт/(м·К) (1600 °С). Для тонких пленок информация отсутствует.

Аналогично, практически нет информации о теплопроводности пленок сложнооксидных материалов на основе диоксида циркония. При допировании ZrO_2 оксидом никеля, коэффициент теплопроводности которого составляет 12,4 Вт/(м·К) (200 °С) и 4,1 Вт/(м·К) (1300 °С), следует ожидать изменения общей теплопроводности сложного оксида, тогда как для тонких пленок результат непредсказуем.

В данной работе были получены тонкие пленки ZrO_2 , $ZrNiO$, $ZrBaO$, $ZrMgO$ на стеклянных подложках экстракционно-пиролитическим методом и исследована зависимость коэффициента теплопроводности плёнок в широком диапазоне рабочих температур.

Измерения проводились на приборе ИТ-λ-400 в лаборатории кристаллографии ИФ СО РАН. Прибор предназначен для исследования температурной зависимости коэффициента теплопроводности твердых, механически обрабатываемых материалов в режиме монотонного нагрева.

Образцы из стёкол имели диаметр $15 \pm 0,3$ мм и высоту $2,4 \pm 0,3$ мм. Температурный диапазон измерений составлял $T = 120 \div 670$ К. Массу образца находили с помощью аналитических весов. Температура измерялась термопарами ХА.

В лаборатории кристаллографии института физики им. Л.В.Киренского СО АН РФ была разработана схема и программа, предусматривающая автоматическую фиксацию показаний термопар и представление результатов опытов в виде графиков зависимости $T = f(\tau)$, где τ – время, вычисление коэффициента теплопроводности и представление его в таблице. Программа разработана в среде объектно-программированного языка «Delphi».

Опытные данные показали хорошую воспроизводимость. Результаты исследований приведены в табл.1.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)

| T, K | ZrMgO | | ZrBa O | ZrO ₂ | ZrNiO | |
|---------|------------------------|-----|-----------|------------------|--------------------|--------------------|
| | Температура отжига, °C | | | | | |
| | 450 | 600 | 450 | 450 | 450 (300 nm) | 600 (600 nm) |
| 00 | - | - | 0,27 | 0,2 | 0,1 | - |
| 200 | 0,7 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| 300 | 0,9 | 0,7 | 0,75 | 0,70 | 0,7 | 0,7 |
| 400 | 1 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,8 |
| 500 | 1,4 | 1,1 | 1,2 | 1,25 | 1,1 | 1,1 |
| 600 | 1,7 | 1,5 | 1,7 | 2,0 | 1,4 | 1,4 |
| 700 | - | - | 3,6 | 4,5 | - | 4,0 |

Выводы:

1. Коэффициент теплопроводности для всех материалов увеличивается с ростом температуры и заметно зависит от материала нанопокртытия.
2. Для плёнок с ZrMgO повышение температуры отжига приводит к уменьшению коэффициента теплопроводности. Общий диапазон изменения: $\lambda = 0,4 - 1,7$ Вт/(м·К).
3. Для ZrBaO коэффициент теплопроводности изменяется в пределах: $\lambda = 0,27 - 3,6$ Вт/(м·К).
4. Для ZrO₂ $\lambda = 0,2 - 4,5$ Вт/(м·К).
5. Для ZrNiO коэффициент теплопроводности практически не зависит от температуры отжига и находится в диапазоне $\lambda = 0,1 - 1,4$ Вт/(м·К).