

УДК 539.3

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ CaF_2

© А.И. Тюрин, В.В. Шиндяпин, А.М. Купряшкин

Ключевые слова: наноструктурированная керамика; твердость; упругость; фторид; оптическая керамика.

В работе рассматриваются физико-механические свойства керамик на основе CaF_2 . Исследовано поведение твердости и модуля Юнга в микро- и нанобъеме.

Керамика известна человеку с глубокой древности и, возможно, была первым созданным человеком материалом. Самая ранняя керамика использовалась и 10 тыс. лет назад в эпоху мезолита как примитивная посуда и используется сегодня как теплоизоляционная оболочка современных космических аппаратов. В настоящее время керамика применяется как строительный, художественный и конструкционный материал, который широко используется в различных практических целях. В XX столетии новые керамические материалы были созданы для использования в полупроводниковой индустрии и других областях. С развитием нанотехнологии в производстве керамики начинают применяться современные достижения таких наук, как физика, химия и биология.

В последнее время одной из наиболее перспективных наноструктурированных керамик является фторидная нанокерамика на основе CaF_2 , которая используется в различных областях техники и медицины. Наноструктурированные керамики на основе CaF_2 находят широкое применение в оптических компонентах мощных лазеров благодаря своей спектральной характеристике, низкому коэффициенту поглощения и показателю преломления [1]. Из-за невысокого показателя преломления изделия из таких керамик могут использоваться без просветляющих покрытий. При нормальных условиях эксплуатации (влажности и температуре) полированные поверхности CaF_2 остаются стабильными в течение нескольких лет. Это позволяет использовать этот материал для производства деталей ультрафиолетовой и инфракрасной микроскопии, оптических окон, линз и призм в ультрафиолетовой и инфракрасной спектроскопии, и использовать его в квантовой и силовой оптике, спектрофотометрии и т. д. [2].

Поэтому разработка и получение нанокерамических материалов на основе фторидов для современных фотонных устройств, обладающих высокой лучевой и механической прочностью, а также повышенной оптической однородностью, обуславливает необходимость исследований оптической фторидной наноструктурированной керамики. Для этого необходимо изучение лучевых и механических свойств материала. Поэтому целью работы являлось исследование механической

прочности фторидных наноструктурированных лазерных керамик в зависимости от легирующей примеси и ее концентрации.

В ходе выполнения работ была рассмотрена микроструктура образцов фторидной керамики. Было определено, что средний размер зерен номинально чистой керамики на основе CaF_2 составляет 200 мкм, а размер зерен керамики с примесью итербия – 80 мкм. Также было выявлено, что внесенная примесь не распределена равномерно по всей поверхности исследуемого образца, а встречается как отдельные включения.

Проводимые далее исследования физико-механических свойств материала в нано-, микро- и макро-размерной области, таких как твердость, модуль упругости, выявили ряд областей, в которых твердость остается постоянной, а также размернозависимую область; были определены их примерные границы. Размернозависимая область располагается в интервале от 80 до 700 нм, при этом значение величины твердости снижается. Что же касается области меньших глубин (<80 нм), то здесь можно наблюдать незначительное увеличение твердости, хотя утверждать это нельзя по причине больших значений погрешности измерений. При этом область от 700 нм и до 2 мкм можно с уверенностью назвать размернонезависимой, т. к. в этой области значение твердости остается постоянным для всех исследуемых образцов (рис. 1).

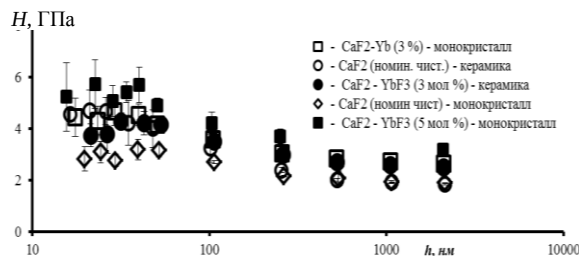


Рис. 1. Зависимость твердости H от глубины отпечатка h для исследуемых монокристаллов и наноструктурированной керамики на основе CaF_2

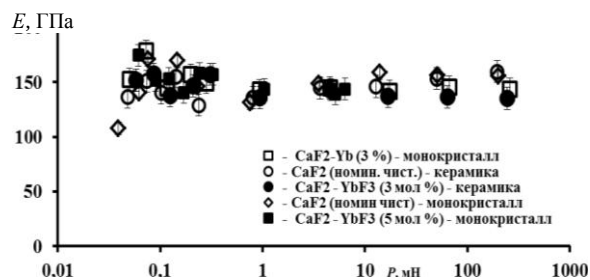


Рис. 2. Зависимость модуля Юнга от величины прикладываемой нагрузки P для ряда исследованных материалов

Надо обратить также внимание на модуль упругости. Модуль упругости остается постоянным на всем интервале исследуемых нагрузок, при этом он остается одинаковым для всех исследуемых материалов и равен примерно 150 ГПа (рис. 2). Это говорит о том, что внесение 3 молярных процентов иттербия не достаточно, чтобы повлиять на величину и характер упругости материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grass R.N., Stark W.J. // Chem. Commun. 2005. P. 1767-1769.
2. Федоров П.П., Осико В.В., Басиев Т.Т., Орловский Ю.В., Дукельский К.В., Миронов И.А., Демиденко В.А., Смирнов А.Н. Оптическая фторидная нанокерамика // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 5-6.

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы; госконтракт № 14.740.12.0862.

Поступила в редакцию 1 сентября 2011 г.

Tyurin A.I., Shindyapin V.V., Kupryashkin A.M. PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMICS BASED ON NANOSTRUCTURED CaF₂

The article deals with the physical and mechanical properties of ceramics based on CaF₂. The behavior of the hardness and Young's modulus of micro- and nanovolumes.

Key words: nano-structured ceramics; hardness; elasticity; Fluoride; optical ceramics.