

нии атомной температуры в газовом разряде при низком давлении по доплеровскому уширению спектральных линий для исключения аппаратного контура интерферометра Фабри-Перо [3].

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта PZ-013-02, поддерживаемого совместно Американским фондом гражданских исследований и развития (АФГИР), Министерством образования РФ и правительством Республики Карелия.

ССЫЛКИ

[1] Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных обратных задач. – М.: Наука, 1979. – С. 15-18.

[2] Смирнов В. И. Курс высшей математики. – Т. 4. – М.: Наука, 1974. – С. 158.

[3] Luizova L. A., Soloviev A. V. Computer Training Program for Elimination of Instrument Distortions // Proc. SPIE. Vol. 4588. – Singapore, 2002. – Pp. 440-447.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (ФИЗИКА)

Суплес В.Г.

Кузбасская государственная педагогическая академия

Моделирование на ЭВМ атомных структур дефектов в кристаллах и их перестроек под воздействием механических напряжений, тепловых колебаний и быстрых частиц стало важным методом исследования в физике твердого тела и материаловедении. Эффективное применение машинного моделирования в физике конденсированного состояния зависит не только и даже не столько от быстродействия и объема памяти имеющихся ЭВМ, сколько от правильной постановки физической задачи. Для этого требуется достаточно глубокое знакомство с основами физики дефектов в кристаллах.

Основными характеристиками всяких дефектов, включая точечные, являются их энергия и атомная конфигурация. По типу атомной конфигурации среди точечных дефектов различают простейшие — вакансии, межузельный атом (или, кратко, внедрение) — и комплексы из небольшого числа простейших дефектов, размеры которых не превышают нескольких межатомных расстояний. Комплексы иногда называют кластерами. Точечные дефекты существенно влияют на многие физические свойства кристаллов, поэтому изучению их структуры и свойств уделяется большое внимание. Благодаря малым размерам точечных дефектов почти все экспериментальные методы их изучения косвенные. Исключение, как известно, составляют наблюдения в ионном проекторе (автоионном микроскопе), позволяющие исследовать конфигурации точечных дефектов в ряде металлов. Однако смещения атомов из равновесных положений вокруг дефекта внутри кристалла определить не удается, поскольку дефект становится доступным наблюдению, только когда он оказывается на поверхности кристалла, где решетка в сильном электрическом поле на острие проектора заметно деформирована. Умение "вычислять" входит

в обязательный репертуар научных работников. Не менее важно умение создавать и исследовать модели физических процессов для преподавателя физики. В данной работе предложен комплекс компьютерных лабораторных работ по физике твердого тела, который позволяет студентам исследовать влияние точечных дефектов на такие процессы, как диффузия в твердых телах, изменение структуры кристалла вблизи точечного дефекта или их комплексов и т.д. Данный комплекс преследует две цели: 1) научить студентов создавать компьютерные физические модели; 2) предоставить студентам возможность приобрести навыки исследовательской работы.

Знакомство с методами программирования осуществляется в ходе регулярно проводимых лабораторных занятий по специально разработанному курсу экспериментальной физики (программа курса включает в себя не только компьютерные лабораторные работы, но и работы с использованием обычных физических приборов и установок).

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ОКОЛО ОТПЕЧАТКА, ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ МИКРОИНДЕНТИРОВАНИИ

Тюрин А.И., Юнак М.А.

Тамбовский государственный университет, Тамбов

Микроиндентирование - один из распространенных методов неразрушающего анализа механических свойств твердых тел. Несмотря на большие достижения в области индентирования (новые методики, аппаратура и полученные качественно новые результаты), ряд вопросов, касающихся поведения материала при внедрении в него жесткого индентора, остается открытым. Один из таких вопросов заключается в том, куда преимущественно перемещается материал при действии высоких локальных напряжений — внутрь деформированного материала, или же материал вытесняется на поверхность вблизи зоны контакта. Исследование данного вопроса имеет большое значение для практики, а также для понимания микромеханизмов локальной деформации при высоких скоростях относительной деформации.

Имеющиеся в литературе данные относительно числовых значений доли материала, вытесненного из-под индентора, достаточно противоречивы и не учитывают скоростной зависимости деформации материала при индентировании.

Таким образом, цель работы заключалась в следовании поведения материала (уплотняется или разрушается) в зоне укола при различных скоростях относительной деформации, т.е. куда преимущественно перемещается материал из-под индентора: - в направлении внедрения или к свободной поверхности (образуя так называемые "навалы" около отпечатка).

В работе исследовалась зависимость доли материала, вытесненного из отпечатка в навал, от скорости относительной деформации, а также проводилось сравнение скоростных зависимостей доли материала

вытесненного в навал от типа исследованного материала.

В качестве исследуемых были выбраны материалы, у которых при индентировании “навалы” заведомо образуются (LiF и NaCl).

Отпечатки наносились алмазной пирамидой Берковича под действием треугольного, симметричного импульса нагрузки постоянной амплитуды и варьи-

руемой длительности фронта нагружения от 10 мс до 100 с. Это обеспечивало эквивалентные условия испытания в диапазоне скоростей относительной деформации от 10^{-2} до 10^2 с $^{-1}$. Измерение объема материала, вытесненного в “навал”, производилось с помощью микроинтерферометра по измерению искривления линий интерференционных полос (см., рис.1).

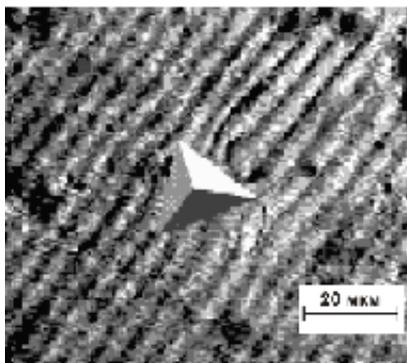


Рисунок 1. Интерференционная картина поверхности после индентирования LiF

Показано, что для кристаллов LiF в диапазоне от 10^{-2} до 10^{-1} с $^{-1}$ доля объема материала, вытесненного в навал, остается постоянной и составляет 35% от объема отпечатка, а в интервале от 10^{-1} до 10^2 с $^{-1}$ убывает от 35% до 10-11%. Для NaCl в диапазоне индентирования от 10^{-2} до 10^{-1} с $^{-1}$ доля объема материала, вытесненного в навал, составляет 28% от объема отпечатка, а в интервале от 20 до 10^2 с $^{-1}$ убывает до 22-23%.

Таким образом, в работе показано, что для исследуемых материалов, происходит преимущественное уплотнение материала под индентором; т.е. большая доля материала перемещается в объем образца, а не к его поверхности.

При этом доля материала, вытесненного в навал, зависит

от скорости относительной деформации и типа материала.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 01-02-16573) и МО РФ, грант в области естественных наук (шифр E02-3.4-263).

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ МИКРОИНДЕНТИРОВАНИИ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ГЕРМАНИЯ И КРЕМНИЯ

Тюрин А. И., Поверинова Г. В.

Тамбовский государственный университет

Г.Р.Державина, Тамбов

Вязко-хрупкий переход имеет большое значение для надежности работы различных конструкций, сооружений, приборов и т.д. Обычно с падением температуры и ростом скорости нагружения большинство материалов имеют склонность к охрупчиванию, что представляет большую опасность во время эксплуатации оборудования.

Для исследования вязко-хрупкого перехода в микрообъеме без разрушения всего исследуемого об-

разца обычно используется методика микроиндентирования. Когда о величине хрупкости судят по виду и размеру трещин появляющихся около отпечатка индентора. Это позволяет получить количественные значения вязкости разрушения (критического коэффициента интенсивности напряжений 1-го рода - K_{Ic}) различных высокопрочных и малопластичных материалов в условиях действия высоких локальных напряжений.

Цель данной работы была в установлении влияния скорости относительной деформации и величины нагрузки приложенной к индентору на коэффициент K_{Ic} .

Испытания были проведены на специально разработанном динамическом компьютеризированном нанотестере. Индентирование осуществляли пирамидой Берковича, в качестве объекта исследования были выбраны Si и Ge. Исследуемый интервал относительной деформации $\dot{\epsilon}$ составлял от 10^{-2} до 10^2 с $^{-1}$.

Показано, что например в Si при комнатной температуре и глубине 830 нм трещины зарождаются в интервале скоростей относительной деформации от 10^{-2} до 2 с $^{-1}$, а в интервале от 2 до 10^2 с $^{-1}$ - трещины отсутствуют. Такая же зависимость наблюдается в Ge при глубине отпечатка $h=840$ нм в диапазоне $\dot{\epsilon}$ от 10^{-2} до 0.5 с $^{-1}$ - образуются трещины, в интервале от 0.5 до 10^2 - отсутствуют.

Наличие трещинообразования позволяет определять ряд величин, характеризующих прочностные характеристики материала при динамическом индентировании: трещиностойкость K_{Ic} (критический коэффициент интенсивности напряжений 1-го рода), параметр Палмквиста α (соотношение суммарной длины трещин к нагрузке), микрохрупкость γ (отношение площади поврежденной зоны и отпечатка), поверхностную энергию разрушения W . При переходе от отпечатков с трещинами к отпечаткам без трещин K_{Ic} и W_p начинают достаточно резко возрастать, а α и γ - стремятся к своим наименьшим значениям.