

ДВОЙНОЕ ПОПЕРЕЧНОЕ СКОЛЬЖЕНИЕ В Bi_2Te_3

Э.М. ГОДЖАЕВ, С.Ш. КАХРАМАНОВ, С.И. МАМЕДОВА

*Азербайджанский Технический Университет, Баку
geldar-04@mail.ru*

Анализ работ по поперечному скольжению винтовых дислокаций показал, что размножение полос скольжения в слоях Bi_2Te_3 происходит в рамках механизма ДПС. Двойное поперечное скольжение является причиной формирования объемных дефектов и полос скольжения. Переход части дислокаций из одной плоскости (0001) Bi_2Te_3 в другую такую же параллельную плоскость приводит к ДПС, с полосами скольжения.

Ключевые слова: дислокации, скольжения, локализация, полосы сдвига, диполи.

PACS: 61.72.Bb, 61.72.Lk

Винтовые дислокации в соединениях Bi_2Te_3 и Sb_2Te_3 обладают способностью к поперечному скольжению. Размножение дислокаций и осаждение примесей на ямках дислокаций можно рассматривать в рамках поперечного скольжения винтовых дислокаций. Рассмотрим механизм двойного поперечного скольжения (ДПС) который является наиболее вероятным механизмом размножения при образовании полос Людерса во время малых деформаций кристаллов [1-2]. Обсуждение механизма образования других неоднородных дислокационных структур на более поздних стадиях деформации имеется в [3-7]. Сделанное в этих работах прямое сопоставление экспериментальных и теоретических результатов показывает, что уравнения эволюции локальных плотностей дислокаций, а также их аппроксимация могут служить в качестве базовых, модельных уравнений. Первые экспериментальные работы по поперечному скольжению были даны в [8-9]. О кристаллографии деформации скольжения основывались на рентгенографических исследованиях и микроскопическом изучении отполированных боковых поверхностей кристаллов [10].

Наша цель состояла в демонстрации влияния ДПС на развитие дислокационного ансамбля на начальных этапах деформации кристаллов Bi_2Te_3 .

Для расположения линий скольжения характерно сравнительно частое появление так называемых полос деформации, или полос сбросов, — довольно широких зон, приблизительно перпендикулярных линиям скольжения, в которых линии скольжения слегка искривлены. Помимо разветвления линий скольжения, часто называемого поперечным скольжением, иногда можно заметить так называемые полосы вторичного скольжения, в которых в зонах, примерно перпендикулярных первичным линиям скольжения, наблюдается большое количество коротких линий, принадлежащих к другой системе скольжения. Двойное поперечное скольжение является причиной формирования объемных дефектов и полос скольжения. Рассмотрим схему скольжения, включая поперечное скольжение, в котором винтовые дислокации имеют основную $-I$ и дополнительную $-II$ плоскость поперечного скольжения. Если в плоскости первичного скольжения появляется препятствие в виде примесей или дефект, то дислокация может изменить направление и продолжить скольжение по

плоскости II , выбросив парный перегиб в этой плоскости. Такой переход части дислокации из одной плоскости в другую для Bi_2Te_3 может быть поперечным скольжением. В слоистых кристаллах типа Bi_2Te_3 основной плоскостью скольжения является (0001). Плоскостью (II) поперечного скольжения, естественно, должна быть перпендикулярная к плоскости (0001) Bi_2Te_3 плоскость (1100). Первый перегиб, двигаясь в плоскости II , может совершить поперечное скольжение, перейдя в плоскость III , параллельную основной плоскости. Такие два последовательных акта поперечного скольжения могут формироваться в виде двойных поперечных скольжений (ДПС). Примером результата являются крестообразные локализованные нано островки (НО). Для теллурида висмута дислокация, вторично поменяв плоскость скольжения, перейдет в другой параллельный слой поверхности или на поверхность ближайшего квинтета кристаллической решетки. В принципе возможно множественное поперечное скольжение, когда дислокации многократно меняют плоскости квинтетов с наиболее благоприятными термодинамическими условиями скольжения и формированием на дислокациях, но.

Рассмотрение движения дислокации после ДПС показало, что отрезки дислокации в плоскостях I и III движутся под действием приложенного напряжения. На рис. показаны нано образования, осевшие на местах парного перегиба. Такие парные перегибы могут выходить в межслоевое пространство в плоскостях поперечного скольжения. Ранее такие места скопления на плоскости (0001) Bi_2Te_3 образовывали различные объемные дефекты [8-9]. Особо интересными из них были - НО и их скопления, АСМ - изображения таких структур представлены на рис.

Другим характерным элементом начальной стадии деформации кристаллов является возникновение и расширение в них полос скольжения. Особым случаем локализации деформации на начальном ее этапе являются полосы сброса, вызывающие разориентацию решетки между соседними объемами кристалла. На рис. приведены формы проявления следов полос скольжения после ДПС. Механизм размножения путей ДПС предложенный Келером [10], близко примыкает к механизму Франка-Рида. Рассмотрим винтовую

дислокацию, скользящую в плоскости, соответствующей наибольшему локальному приведенному напряжению сдвига, как показано на рис. Если дислокация наталкивается на препятствие, она имеет тенденцию к поперечному скольжению в плоскости, в которой действует меньшее приведенное напряжение сдвига. Как только совершивший поперечное скольжение сегмент покидает область действия препятствия, он стремится к вторичному поперечному скольжению в исходную плоскость скольжения.

Формирование в деформируемом теллуриде висмута различных пространственно модулированных дислокационных структур является проявлением общей закономерности, характерной для ансамблей частиц любой природы со сложным нелинейным законом взаимодействия частиц друг с другом и с частицами других ансамблей. Переход части

дислокаций из одной плоскости (0001) Bi_2Te_3 в другую такую же параллельную плоскость приводит к ДПС, с полосами скольжения. Взаимодействие таких открытых друг другу и внешнему воздействию систем приводит к формированию в них существенно-неравновесных, с термодинамической точки зрения, пространственных и временных структур. В данной модели развития пластической деформации вследствие действия механизма ДПС, если возмущение попадает в неустойчивую область, то происходит его рост, после чего в противоположных направлениях распространяются две полосы сдвига, каждая из которых описывается решением типа бегущей волны. Возможны два типа решений, зависящих от величины приложенного напряжения. При малых напряжениях пластическая деформация происходит во фронте полосы сдвига, за фронтом волны деформация остается постоянной.

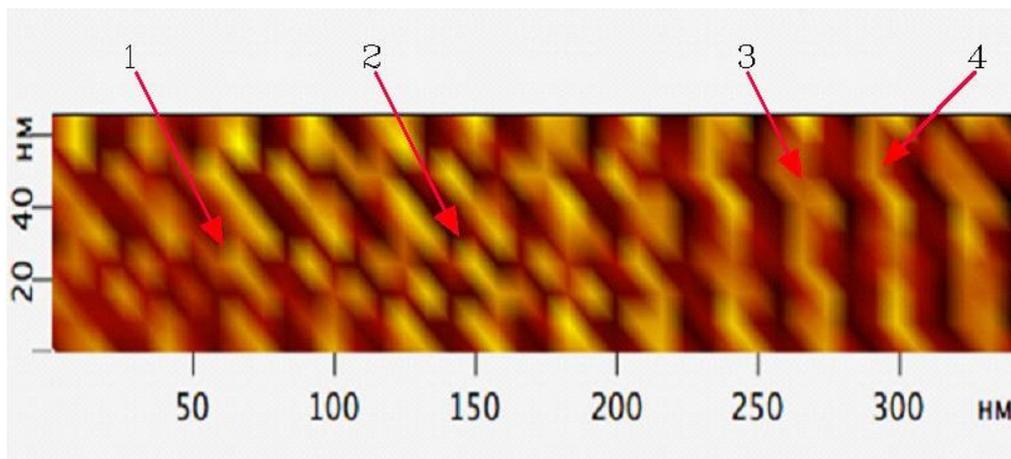


Рис. Формы фрагментов, проявляющихся при ДПС, отмечены стрелками.

- [1] С.П. Киселев Дислокационная структура полос сдвига в монокристаллах. // Ж. прикладная механика и техническая физика. 2006, Т. 47, № 6, с. 202-113
- [2] А. Цигенбайн, Й. Плессинг, Й. Нойхайзер // Физ. мезомеханика. 1998, Т.1, № 2, с. 5-20.
- [3] Б.И. Смирнов Дислокационная структура и упрочнение кристаллов. // Л.: Наука. Ленингр. отд-е, 1981, 323 с.
- [4] Г.А. Малыгин Процессы самоорганизации дислокаций и пластичность кристаллов. // Успехи физ. наук. 1999, Т. 169, № 9, с. 979-1010.
- [5] P. Hahner Theory of solitary plastic waves. 1. Luders bands in polycrystals // Appl. Phys. A. 1994, V. 58, p. 41-48
- [6] P. Hahner Theory of solitary plastic waves. 2. Luders bands in single glide-oriented crystals // Appl. Phys. A. 1994, V. 58, p. 49-58.
- [7] С.П. Киселев Внутренние напряжения в твердом теле с дислокациями // ПМТФ. 2004, Т. 45, № 4, с. 131-136
- [8] Ф.К. Алескеров, С.Ш. Кахраманов, К.Ш. Кахраманов, Е.М. Дерун, М.Г. Пишкин. Двумерные нанореакторы на основе халькогенидов висмута и сурьмы, // ж. Fizika. Том XII, № 4, 2006, с. 33-40
- [9] А.П. Алиева, С.Ш. Кахраманов, Ф.К. Алескеров, С.А. Набиева, К.Ш. Кахраманов. Проявление диссипативных структур в среде $Te^{(I)}-Te^{(II)}Bi_2Te_3$. // МНПК «Современные информационные и электронные технологии». 2015, с. 287-288
- [10] Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах. // Москва. 1962, 584 с.