

УДК 669.76:548.24

МАГНИТОПЛАСТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ДВОЙНИКОВАНИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВИСМУТА

О. М. Остриков

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,
246746 Гомель, Беларусь

Изучено влияние магнитного поля на двойникование монокристаллов висмута. Установлено, что магнитное поле 1 Тл способствует увеличению примерно в два раза длины и числа двойников, возникающих вблизи концентратора внешних напряжений.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению магнитоэластического эффекта [1–5]. Экспериментальные исследования ведутся преимущественно на ионных кристаллах. Вместе с тем возникла необходимость построения математических моделей явлений, наблюдаемых при деформировании кристаллов в магнитном поле. Этот вопрос в литературе освещен недостаточно полно, и, как отмечалось в [6], механизм влияния магнитного поля окончательно не установлен. Например, в [7] повышение пластичности кристаллов в магнитном поле рассматривается как результат динамического равновесия в системе дислокаций и стопоров. По мнению авторов работ [4, 8, 9], наиболее вероятной причиной, способной привести к пластификации кристаллов в магнитном поле, является влияние магнитного поля на частоту синглетно-триплетных переходов в радикальных парах, образованных радикалами, принадлежащими точечному дефекту и дислокации. В результате действия магнитного поля энергия связи дислокации с дефектом уменьшается.

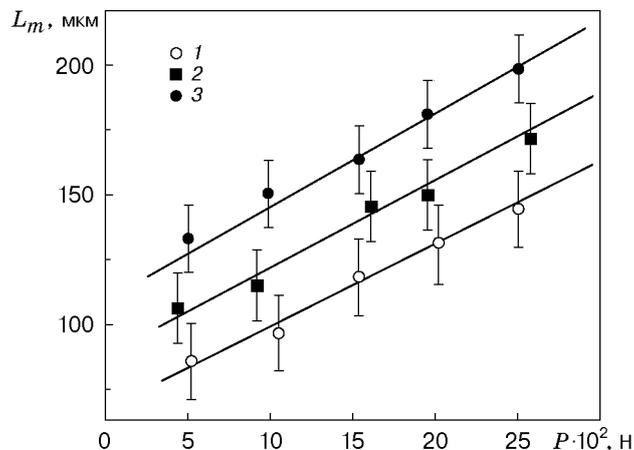
Представляет интерес изучение влияния магнитного поля на пластическую деформацию, обусловленную двойникованием, отличающуюся от скольжения развитием большого числа частичных дислокаций Шокли. Поэтому в случае двойникования влияние магнитного поля на междислокационное взаимодействие существенно.

Целью настоящей работы является исследование магнитоэластического эффекта при двойниковании кристаллов висмута.

Методика эксперимента. В качестве модельного материала, на котором удобно изучать двойникование, был выбран висмут, имеющий низкую температуру плавления, в связи с чем существенно упрощается процесс выращивания его монокристаллов, так как при этом не требуется специального оборудования. Монокристаллы висмута обладают ярко выраженной спайностью, поэтому поверхность скола вдоль плоскости спайности не требует дополнительной обработки для проведения микроскопических исследований.

В данной работе монокристаллы висмута выращивались методом Бриджмена из сырья с содержанием висмута 99,999%. Из выращенных монокристаллов размерами $5 \times 10 \times 50$ мм вдоль плоскости спайности (111) выкалывались образцы размерами $4 \times 5 \times 10$ мм. Определяемая методом избирательного травления исходная плотность базисных дислокаций полученных образцов составляет 10^5 см^{-2} , пирамидальных — 10^3 см^{-2} .

Деформирование образцов производилось с помощью прибора ПМТ-3. В качестве сосредоточенной нагрузки использовалась алмазная пирамидка Виккерса. Для исследования влияния магнитного поля на двойникование монокристаллов висмута поверхность (111)



Зависимость максимальной длины двойников L_m от нагрузки на индентор P :

1 — деформирование без магнитного поля; 2, 3 — при наличии магнитного поля 0,5 и 1 Тл соответственно

монокристаллических образцов висмута деформировалась при воздействии магнитного поля до 1 Тл. Направление магнитного поля было перпендикулярным действию нагрузки.

Геометрические параметры двойников измерялись с помощью окуляра-микрометра микроскопа прибора ПМТ-3. Контролировалось число двойников, возникающих в отпечатке индентора.

Результаты эксперимента и их обсуждение. На рисунке представлены результаты экспериментального исследования влияния магнитного поля на двойникование монокристаллов висмута. Из приведенных зависимостей максимальной длины двойников L_m от нагрузки P следует, что магнитное поле величиной до 1 Тл существенно влияет на процесс формирования механических двойников вблизи концентратора напряжений. При действии магнитного поля максимальная длина двойников, возникающих в отпечатке индентора, больше по сравнению со случаем деформирования кристаллов в отсутствие поля.

Можно предположить, что увеличение длины двойников связано со стимуляцией магнитным полем подвижности двойникоующих дислокаций. Это обусловлено тем, что магнитное поле, вероятно, активирует процесс расщепления полных дислокаций, участвующих в процессе пластической деформации, на частичные двойникоующие, что, в свою очередь, повышает плотность двойникоующих дислокаций на двойниковых границах, увеличивая силы отталкивания между указанными дислокациями. Результатом такого взаимодействия в магнитном поле двойникоующих дислокаций является увеличение длины двойников.

Предположение о том, что магнитное поле активирует процесс расщепления полных дислокаций на частичные двойникоующие, подтверждается результатами экспериментов, в которых наблюдалось увеличение в среднем в 2,3 раза числа двойников, возникающих в отпечатке индентора. Рост числа двойников связан с увеличением числа источников двойникоующих дислокаций. Так как источниками двойникоующих дислокаций преимущественно являются скопления полных дислокаций, расщепляющихся в процессе пластической деформации на двойникоующие, то воздействие магнитного поля на процесс расщепления дислокаций представляется вполне возможным.

Таким образом, в работе впервые изучено влияние магнитного поля до 1 Тл на двойникование монокристаллов висмута. Установлено, что магнитное поле способствует увеличению длины и числа двойников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин Ю. И., Моргунов Р. Б., Жуликов С. Е. Кинетические особенности движения дислокаций в ионных кристаллах, стимулированного импульсом магнитного поля // Изв. РАН. Сер. физ. 1997. Т. 61, № 5. С. 965–971.
2. Урусовская А. А., Альшиц В. И., Смирнов А. Е., Беккауер Н. Н. О влиянии магнитного поля на предел текучести и кинетику макропластичности кристаллов LiF // Письма в ЖЭТФ. 1997. Т. 65, № 5/6. С. 470–474.
3. Головин Ю. И., Моргунов Р. Б. Влияние постоянного магнитного поля на скорость пластического течения монокристаллов NaCl : Ca // Физика твердого тела. 1995. Т. 37, № 7. С. 2118–2121.
4. Альшиц В. И., Даринская Е. В., Петржик Е. А. “In situ” изучение магнитопластического эффекта в кристаллах NaCl методом непрерывного травления // Физика твердого тела. 1991. Т. 33, № 10. С. 3001–3010.
5. Альшиц В. И., Даринская Е. В., Перекалина Т. М., Урусовская А. А. О движении дислокаций в кристаллах NaCl под действием постоянного магнитного поля // Физика твердого тела. 1987. Т. 29, № 2. С. 467–471.
6. Головин Ю. И., Моргунов Р. Б., Иванов В. Е. Термодинамические и кинетические аспекты разупрочнения ионных кристаллов импульсным магнитным полем // Физика твердого тела. 1997. Т. 39, № 11. С. 2016–2018.
7. Головин Ю. И., Моргунов Р. Б. Влияние постоянного магнитного поля на скорость макропластического течения ионных кристаллов // Письма в ЖЭТФ. 1995. Т. 61, № 7. С. 583–586.
8. Головин Ю. И., Моргунов Р. Б., Жуликов С. Е. Влияние постоянного магнитного поля на преодоление дислокациями короткодействующих препятствий в монокристаллах LiF // Физика твердого тела. 1997. Т. 39, № 3. С. 495, 496.
9. Молоцкий М. И. Возможный механизм магнитопластического эффекта // Физика твердого тела. 1991. Т. 33, № 10. С. 3112–3114.

*Поступила в редакцию 27/1 2000 г.,
в окончательном варианте — 17/X 2000 г.*
