

2. Электропластический эффект при одновременном наложении электрического и магнитного поля в монокристаллах висмута / В.С. Савенко [и др.] // Вестн. БГУ. Сер. 1. – 1995. – № 2. – С. 27–30.

3. Электропластический эффект при одновременном наложении электрического и магнитных полей в области больших плотностей тока/ В.С. Савенко [и др.] // Вестник БГУ. Сер. 1. – 1996. – № 2. – С. 25.

В.С. САВЕНКО, ЧЭНЬ ЯНЦЗЫ, И.В. ХОМУТОВСКИЙ
УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

К ВОПРОСУ ЭЛЕКТРОН-ДИСЛОКАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧНОСТИ

Подавляющее большинство материалов пластической деформации реализуется путем эволюции совокупностей дислокаций при внешних энергетических воздействиях. Возникающий электропластический эффект при действии одиночными импульсами тока во время деформации кристаллов растяжением и сжатием проявляется в скачкообразных удлинениях образцов при прохождении импульса тока без какого-либо существенного теплового эффекта и тепловой дилатации образцов. Электропластический эффект обусловлен ускорением пластического течения металла потоком электронов проводимости, которые находятся в дрейфовом движении под влиянием электромагнитного поля или действием «электронного ветра» внутри деформируемого металла, то есть помимо джоулевого тепла, свободные электроны оказывают особое электропластическое воздействие на материал, находящийся под механическими напряжениями выше предела текучести [1–3].

Для объяснения перечисленных выше эффектов применяются различные модели, которые, на наш взгляд, не лишены недостатков. Большинство авторов объясняют электропластический эффект теорией «электронного ветра» [1], суть которой заключается в увлечении движущихся в процессе пластической деформации дислокаций, дрейфующими под действием электрического поля электронами проводимости. Этот эффект достигается за счет электростатического взаимодействия движущихся электронов и заряженных дислокаций причем лучший результат достигается в случае импульсного электрического поля, так как возникающие в данном случае плазмоны передают импульс стоящим на стопорах дислокациям. Оценка дрейфовой скорости электрона в цинке при плотности тока 10^3 А/мм² дает значения этой скорости 19 см/с, в то же время средней энергии Ферми отвечает скорость электронов порядка 10^7 – 10^8 см/с, из этого следует, что тепловые флуктуации электронного газа практически снимают воздействие дрейфового движения электронов на дислокации.

Одним из главных аргументов в пользу теории «электронного ветра» является эффект полярности ЭПЭ. С точки зрения этой теории при определенной полярности включения тока дислокации увлекаются дрейфующими электронами, а при обратном включении тормозятся. Показано, что электрический ток большой плотности интенсифицирует работу источников дислокаций для проверки этой модели проводится эксперимент по установлению обратного эффекта – увлечению электронов движущимися дислокациями. Полученная разность потенциалов составляла несколько десятков микровольт, что может быть обусловлено наличием градиентов температур во время механической обработки [3].

Согласно другой модели ЭПД, в образце при пропускании через него сильного электрического тока происходит сильный локальный разогрев в областях, содержащих дефекты кристаллической структуры материала (дислокационные скопления, микротрещины, границы зерен), до нескольких тысяч градусов при относительно небольшом интегральном нагреве. Возникает мозаичное поле температур, которое способствует релаксации локальных

напряжений и срыву дислокаций со стопоров. Однако эта модель имеет ограничения, так как невозможно применить (например, для ионных кристаллов в электрическом поле) для объяснения фотомеханического эффекта (ФМЭ) и полупроводниках, заключающегося в снижении микротвердости при освещении полупроводникового материала. Эти эффекты обсуждаются с точки зрения упругих моделей кристаллической решетки, воздействия электромагнитных полей на заряженные дислокации. Механизм взаимодействия «электронного ветра» с дислокациями моделируется струнами, которым передается импульс от дрейфующих электронов или от плазменных колебаний электронного газа. Однако упругая модель ограничена, с ее помощью трудно объяснить явление сверхпластичности при переходе в сверхпроводящее состояние и др. Для упругих моделей вообще характерным является рассмотрение дислокации как некоего линейного механического объекта, свойства которого не изменяются при различных внешних условиях.

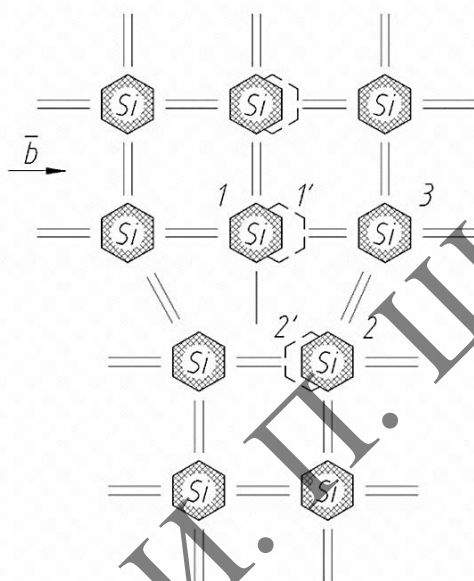


Рисунок 1 – Модель краевой дислокации для кремния

Дислокация является линейным дефектом лишь с точки зрения искажения электронной структуры материала, образующегося на краю лишней полуплоскости. Следует ожидать, что здесь возникают связанные электронные состояния, энергетический спектр которых и соответствующие им волновые функции отличаются от энергетического спектра и волновых функций внешних валентных электронов бездефектной кристаллической решетки.

С другой стороны, обращает на себя внимание тот факт, что металлы, обладающие большим числом «свободных» носителей электрического тока, обычно более пластичны. Сравним, например, пластичные металлы: медь, алюминий и хрупкие: сурьму и висмут. Ионные кристаллы являются обычно самыми хрупкими. Эти данные свидетельствуют о том, что прочностные свойства материалов зависят от электронной структуры кристалла и от изменений электронной подсистемы под влиянием внешних воздействий. Если рассмотреть «ионную», «ковалентную», «металлическую» связи с точки зрения распределения волновых функций внешних валентных электронов, то заметна четкая тенденция к делокализации волновых функций и увеличению степени их перекрытия. Ввиду этого, чем больше перекрытие волновых функций валентных электронов атомов, составляющих кристалл, и электронных состояний на дислокациях, тем пластичнее данный материал. Возбуждение электронной подсистемы кристалла приводит к перекрытию волновых функций в ядре дислокации и к увеличению ее подвижности. Введение в кристалл примеси, у которой волновые функции валентных электронов делокализованы, уменьшает скальвающие напряжения и, как следствие, облегчает процесс пластической деформации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Elastic strain of freely suspended single-wall carbon nanotubes / D.A. Walters [et al.] // Appl. Phys. Lett. – 1999. – V. 74, № 25. – P. 3803–3805.
- 2 Двойникование монокристаллов висмута, облученных ионами бора / В.С. Савенко [и др.] // Письма в ЖТФ. – 1998. – Т. 24, № 8. – С. 1–9.
3. Влияние импульсов электрического тока на двойникование монокристаллов висмута, облученных ионами углерода / В.С. Савенко [и др.] // Физика металлов и металловедение. – 1998. – Т. 85, № 5. – С. 96–105.

М.А. СЕРДЮКОВА, А.Н СЕРДЮКОВ
УО ГГУ им. Ф. Скорины (г. Гомель, Беларусь)

ПРОБЛЕМА ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЭНЕРГИИ ПОЛЯ ТЯГОТЕНИЯ

В различных разделах современной теоретической физики, астрофизики, наблюдательной астрономии и космологии можно указать целый ряд нерешенных проблем, имеющих гравитационную природу, для которых общая теория относительности не может дать убедительного объяснения. Мы перечислим некоторые из них.

1. Более ста лет остается открытой проблема расходимости энергии покоя кулоновского поля и инертной массы точечной заряженной ястицы, регуляризацию которой, ввиду «перспективы» обращения массы в бесконечность, следует осуществлять в теории, объединяющей электромагнитное и гравитационное взаимодействия.

2. Со времен Галилея и Ньютона не найдено объяснения эмпирической «эквивалентности» инертной и гравитационной масс тел, первая из которых служит одновременно мерой инерции тела и мерой его энергии покоя, в то время как вторая играет роль гравитационного заряда.

3. Нет объяснения избыточному «убеганию» Луны (≈ 2 см/год).

4. Не выяснена причина избыточного, неприливного замедления суточного вращения Земли, вызывавшего наблюдаемый вековой дрейф долготы солнечных затмений (30° за последние полторы тысячи лет).

5. Нет убедительного объяснения вековому ускорению темпов распада радиоактивных изотопов, установленному по времени послесвечения сверхновых, взрывы которых состоялись в космологически удаленные времена.

6. Остается открытой природа квазаров и внегалактических гамма-всплесков.

7. Не выдерживает критики объяснение цикличности излучения нейтронных звезд (пульсаров) за счет их вращения. Нет разумного объяснения недавно обнаруженному низкочастотному уширению профиля каждого отдельного импульса.

8. Не нашла убедительного объяснения так называемая аномалия «Пионеров», обнаруженная более четверти века.

Наконец, вызывает протест мифотворчество в науке о Вселенной. В новейшей космологии это мифы о нулевой энергии Вселенной, рождении Вселенной из ничего, о Большом взрыве, об инфляционном (почти мгновенном) расширении Вселенной, а в последующем – ее ускоряющемся расширении.

Попытки раскрыть истинную природу перечисленных явлений так или иначе упираются, с одной стороны, в неразрешимую в общей теории относительности проблему гравитации – отсутствие в ней формального определения энергии поля тяготения и нелепый миф о ее «нелокализуемости». С другой стороны, альтернативные не метрические векторная и тензорная теории тяготения, где такое определение возможно, не обеспечивают поло-