

что спектральная ширина измеренных когерентных пиков с точностью до ошибки измерений совпадает с энергетическим разрешением используемого детектора. Данное обстоятельство означает, что естественная ширина спектральных пиков ПТИ существенно меньше величины энергетического разрешения, что подтверждает результаты развитой теории и подтверждает перспективность использования ПТИ для исследования структуры поликристаллов. Сравнение выхода рефлексов ПТИ поликристаллов с микронными и субмикронными размерами зёрен может быть выполнено на основе сравнения амплитуды пика с пиком характеристического излучения. Сравнение амплитуд рефлекса (220) показало уменьшение выхода примерно в два раза для поликристалла со средним размером зерна 300 нм по отношению к поликристаллу с микронными размерами зёрен.

Заключение. Измерение спектра ПТИ назад из безтекстурной поликристаллической фольги Ni показало наличие когерентных пиков, положение которых хорошо согласуется с расчётыми данными. Средний размер зерна изготовленной фольги составлял 300 нм. Надёжно зафиксированы рефлексы от кристаллографических плоскостей (111), (200) и (220). Рефлексы от остальных плоскостей сложно идентифицировать из-за наличия фона, имеющего форму близкую к форме исследуемых пиков ПТИ. Полученный результат демонстрирует перспективность развивающегося нового метода исследования атомной структуры поликристаллических сред в наномасштабной области размера зёрен, основанного на измерении спектра ПТИ в геометрии обратного рассеяния.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российской фонда фундаментальных исследований, грант № 12-02-31389-мол_а.

Список литературы

1. Амусья М.Я., Буймистров В.М., Зон Б.А., В.Н. Цытович и др., Поляризационное тормозное излучение частиц и атомов. – М.: Наука, 1987.
2. Король А.В., Лялин А.Г., Соловьев А.В. Поляризационное тормозное излучение. – СПб.: Изд. СПбГПУ, 2004.
3. Гришин В.К., Никитин Д.П. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2011. – № 4. – С. 90–93.
4. Гостищев Н.А., Насонов Н.Н., Жукова П.Н. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2008. – № 4. – С. 91–95.
5. Nasonov N. // Nucl. Instr. Meth. B. – 1998. – Vol. 145. – P. 19–24.
6. Жукова П.Н., Кубанкин А.С., Насонов Н.Н., Сергиенко В.И. // Заводская лаборатория, 2008. – № 10. – С. 32–38.
7. Астапенко В.А., Кубанкин А.С., Насонов Н.Н., Полянский В.В., Погиль Г.П., Сергиенко В.И., Хабло В.А. // Письма в ЖЭТФ. – 2006. – Т. 84. – Вып. 6 – С. 341–344.
8. Гостищев Н.А., Кубанкин А.С., Насонов Н.Н., Полянский В.В., Сергиенко В.И., Хабло В.А. // Письма в ЖТФ. – 2008. – Т. 34. – Вып. 17. – С. 98.
9. Алексеев В.И., Вохманина К.А., Елисеев А.Н., Жукова П.Н., Кубанкин А.С., Нажмудинов Р.М., Насонов Н.Н., Полянский В.В., Сергиенко В.И. // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38. – Вып. 6. – С. 83–89.
10. Astapenko V., Nasonov N., Zhukova P. // Journal of Physics B: Atomic, Molecular & Optical Physics. – 2007. – Vol. 40. – P. 1–10.

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, ПРИВОДЯЩЕМ К КОНТАКТНОМУ ПЛАВЛЕНИЮ

Ахкубекова С.Н., Найда А.А.

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, Нальчик,
e-mail: aminka07-07@mail.ru

Контактным плавлением (КП) называется образование жидкости в контакте двух и более веществ при температуре, меньшей, чем температура плавления

наиболее легкоплавкого из них [1]. Температура, при которой начинается плавление образцов, получила название температуры контактного плавления ($T_{\text{КП}}$). Она определяется только природой контактируемых веществ. КП возможно только в системах эвтектического типа (ЭТ), т.е. с точкой минимума на диаграмме состояния (ДС). Таким образом, КП и диаграмма состояния эвтектического типа тесно взаимосвязаны. Это означает, что КП может использоваться как метод получения сплавов эвтектического состава (ЭС).

Раскрытие начальной стадии КП в определенной степени способствует пониманию природы легкоплавкости эвтектик, т.к. любая жидкая зона, полученная между компонентами A и B при температуре $T_{\text{опыт}} \geq T_{\text{эвт}}$, как обязательное, содержит сплав эвтектического состава.

К настоящему времени, пока ещё нет однозначного ответа ни на природу и механизм КП, ни на легкоплавкость эвтектик. Поэтому новая идея, способствующая решению этой проблемы, представляет большой научный интерес у исследователей этого направления.

Точка зрения на состав и структуру эвтектических сплавов менялась по мере исследования данного вопроса. В работах Д.И.Менделеева, А.И. Горбова, Н.В. Гевелинга и других она сводилась к тому, что эвтектика есть химическое соединение [2].

Однако, в 1912 г. Н.А. Пушин и И.В. Гребенщиков показали, что «повышение давления изменяет положение эвтектической точки в системе из двух органических веществ». Именно это послужило причиной отказа от представления об эвтектике, как о химическом соединении [2].

Многочисленные рентгенофазовые и рентгеноструктурные исследования [3], проведенные в различных эвтектических сплавах согласуются с последним утверждением.

Позже появилась точка зрения об эвтектике как о механической смеси простых фаз, состав которых соответствует предельной растворимости компонента A в B (α -фаза) и B в A (β -фаза). Вопрос об их образовании из жидкости или твердой фазы остаётся открытым.

Дальнейшее развитие это направление нашло в теоретических работах Ю.М. Гуфана, А.А. Ахкубекова и А.Ю. Гуфана [4]. Суть работы сводится к тому, что жидкая фаза вблизи Тэвт, каким бы образом она не была получена, находится в гетерогенном состоянии и является равновесным. Отмечается, «... что пространственно неоднородное состояние может быть равновесным и даже «основным», т.е. самым стабильным при данных условиях, это широко известный из физико-химического анализа факт».

Выше отмечали, что в контакте разнородных кристаллов, при $T_{\text{эвт}}$ естественным образом, возникает жидкость ЭС, т.е. методом КП можно получать сплавы ЭС.

Теперь, кратко о КП. Существует следующие взгляды на природу КП: диффузионный [5], адсорбционно-полевой [6] и нуклеационный [7] и др. Во всех названных подходах не просматриваются ответы на вопросы: о причине возникновения очагов жидкой фазы, о скоротечность её возникновения, о её легкоплавкости.

Данное сообщение, являясь продолжением работы [8], ставит своей целью обсудить возможный вариант ответа на сформулированную выше проблему при $T_{\text{опыт}} \geq T_{\text{эвт}}$.

При решении поставленной выше задачи мы используем идею об особенности динамики решетки в тонком слое, заключающуюся «...в увеличении среднеквадратичного смещения атомов двух межфазных поверхностей, которые убывают обратно пропорционально расстоянию до поверхности» [9]; использовали проявление размерного эффекта взаимной диффузии и растворимости компонентов в малых объемах (в нашем случае это контакт шероховатостей нано-размерных протяжённостей, имеющихся на поверхности приводимых в контакт кристаллов) [10].

Использовали так же широко обсуждаемое в научной литературе явление размерного эффекта плавления [11, 12].

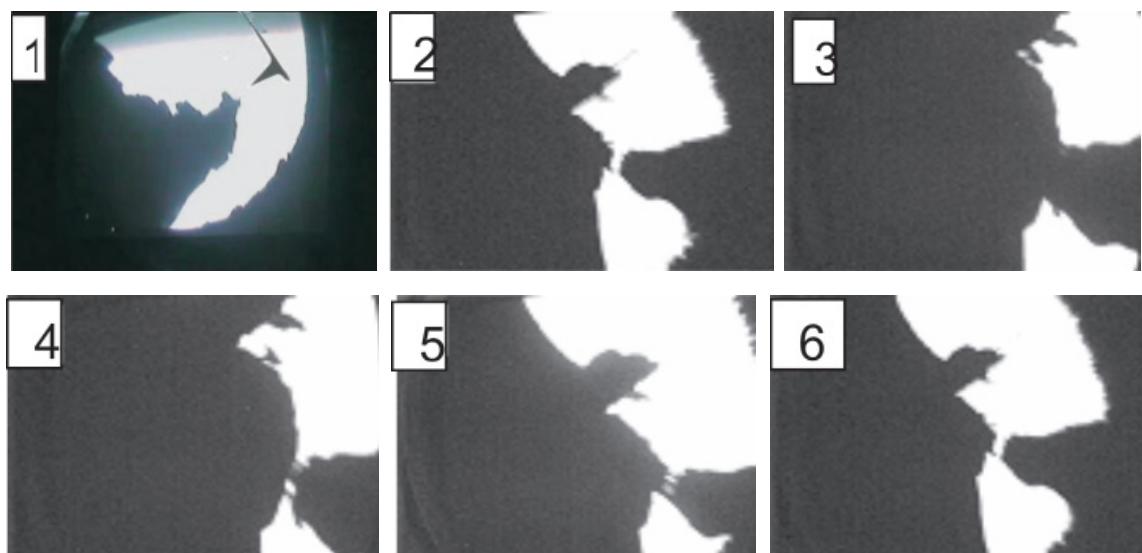
Предложенную точку зрения сопоставляли с результатами наблюдения визуализации начальной

стадии КП сотрудниками Кабардино-Балкарского госуниверситета (см. ниже). Методика, проведения которой, описана в работе [13].

Объектом исследования являлась эвтектическая система Bi-Sn, $T_{\text{эвт}}$ массивных образцов которой составляет 139°C. Чистота используемых металлов не менее 99,999%.

Результаты наблюдений приведены на рисунке.

На фото 1 представлено состояние поверхности образцов до контактирования (слева – олово, справа – висмут) Как видно из фото, поверхность образцов сильно развита; имеются выступы различной протяжённости, лежащие в широком интервале размеров (от 10 до – 100 и более нм.) Размеры выступов сравнивали с размерами кантileвера, острье, которого составляет 9-12 нм.



1-6 – этапы образования «нитей» в контакте микро (nano) объектов Sn и Bi, при температуре 70°C, $x6\cdot10^6$

Фото 2-6 демонстрируют начало формирования и рост жидкой зоны в контакте двух наноразмерных выступов: фото 2 – два выступа до контактирования; 3 – контакт осуществлён. Отметим, что жидкость появляется при 60-80°C (в то время как $T_{\text{эвт}} = 139^\circ\text{C}$). Методика позволяет разъединять образцы после контакта, что даёт возможность контролировать состояние зоны соединения: появилась жидкость или нет. Фото 4-6 демонстрируют этапы образования «нитей», вид которых доказывает, что они получены из жидкой фазы.

Таким образом, описанное выше приведённое наблюдение подтверждает, что причиной образования очагов жидкой фазы на начальной стадии КП является размерный эффект плавления низко- (nano) размерных объектов.

Предложенный нами подход и экспериментально наблюдаемый процесс КП на наноуровне дают возможность сделать предположение о низкоплавкости твердых эвтектик. Как было указано вначале, при кристаллизации сплава эвтектического состава из расплава образуются α - и β -фазы. В контакте между которыми, в свою очередь, образуются переходные слои более высокой дисперсности по сравнению с исходными α - и β -фазами. Образовавшиеся переходные слои в свою очередь диспергируют на ещё более тонкие слои и т.д., т.е. проявляется низкоразмерный эффект плавления во вновь образующихся слоях. Этот

процесс и предопределяет, на наш взгляд, низкоплавкость эвтектик.

Вывод. Предложена идея, позволяющая объяснить скоротечность появления жидких очагов в зоне контакта эвтектических систем и их низкоплавкость, в основу которой положены, во-первых, размерный эффект диффузии и растворимость компонентов в контакте микро- наноразмерных выступов, имеющихся на контактируемых поверхностях металлов, во-вторых, проявление размерного эффекта плавления объектов наноразмерных величин. Экспериментальные наблюдения, проведённые в системе Bi-Sn, согласуются с предлагаемой авторами точкой зрения.

Список литературы

1. Ахкубеков А.А., Оркасов Т.А., Созаев В.А. Контактное плавление металлов и наноструктур на их основе. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 147 с.
2. Залкин В.М. Природа эвтектических сплавов и эффект контактного плавления. – М.: Металлургия, 1987. – С. 1-157.
3. Аносов В.Я., Озерова М.И., Фиалков Ю.Я. Основы физико-химического анализа. – М.: Наука, 1976. – 504 с.
4. Панченко Е.М., Мусуков Р.А., Ахкубеков А.А., Зубхаджиев М.-А.А., Дукаева К.Ю. Структура и состояние жидкости вблизи эвтектической точки // Фазовые переходы, упорядоченные состояния и новые материалы.
5. Гетажеев К.А., Савинцев П.А. Оценка глубины диффузионной зоны в твердых фазах при контактном плавлении бинарных эвтектических систем в нестационарном режиме // Изв. вузов СССР. Физика. – 1972. – № 1. – С. 142-144.

6. Выродов И.П. О физической сущности контактного плавления и формирования межфазного слоя // Журн. физ.химии, Деп. – М., 1978. – № 1102-78. – 10.
7. Ефименко Л. П. Физико-химические закономерности синтеза материалов и покрытий на основе соединений 3d- 4d-переходных элементов: автореферат.
8. Ахкубеков А.А., Байсултанов М.М., Ахкубекова С.Н. Начальная стадия контактного плавления как низкоразмерный эффект // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Приложение. – 2005. – С. 56–64.
9. Сапожников В.Б., Гольдинер М.Г. // Поверхность. Физика, химия, механика. – 1984. – № 10. – С. 86–89.
10. Ширинян А.С. // Тонкие пленки в оптике и электронике: сб. докл. 15 Междунар. симп. – Харьков, 2003. – С. 97–105.
11. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: Физ-мат. лит., 2001.
12. Петров Ю.И. Физика малых частиц. – М.: Наука, 1982. – 359 с.
13. Ахкубеков А.А., Зубхаджиев М.-А.А., Тегаев Р.И., Карапурзов Б.С. // Физика наноразмерных систем: труды I Междунар. симп. – 2008. – С. 34.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЧЕРЕЗ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КАНАЛЫ

¹Вохмянина К.А., ¹Жукова П.Н., ¹Ирибара Э.Ф.,
¹Кубанкин А.С., ¹Ле Тхи Хоай, ¹Нажмудинов Р.М.,
¹Насонов Н.Н., ¹Олейник А.Н., ²Похил Г.П.

¹Лаборатория радиационной физики,
НИИУ «БелГУ», Белгород;
²НИИЯФ МГУ им. Д.В. Скobelцына, Москва,
e-mail: thuhoai_belgorod@yahoo.com

Теоретически и экспериментально исследуется активно изучаемый в настоящее время эффект бесконтактного прохождения (guiding) заряженных частиц через диэлектрические каналы [1-4]. Рассматривается guiding 10 кэВ электронов в плоских каналах, образованных стеклянными пластинками.

Общая схема экспериментов показана на рис. 1.

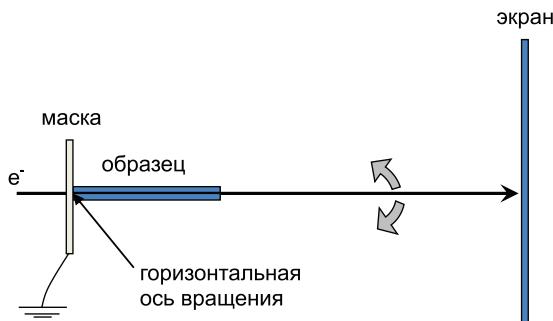


Рис. 1. Схема эксперимента

Образцы помещались в гониометр, позволяющий менять угол наклона образца по отношению к оси пучка электронов. Для того, чтобы иметь возможность работать с «ленточным» пучком (прямоугольного сечения, высота которого много меньше ширины пучка), использовалась металлическая маска, размер отверстия которой в среднем $0,5 \times 4$ мм. На расстоянии 32,5 см от оси вращения располагался стеклянный экран, покрытый сцинтиллятором. На экран была нанесена сетка $1,5 \times 1,5$ см.

Электроны ($E = 10$ кэВ, ток на маске 170 нА, сечение пучка около 2 мм в диаметре, расходимость $< 0,2$ град.) пропускались через пластиковую трубку диаметром 1,63 мм и длиной 5 см

(спектральное отношение около 30), укрепленную в гониометре. Трубку наклоняли относительно оси пучка на некоторый угол и следили за движением следа пучка на экране, покрытом сцинтиллятором. На рис. 2 приведен результат эксперимента.

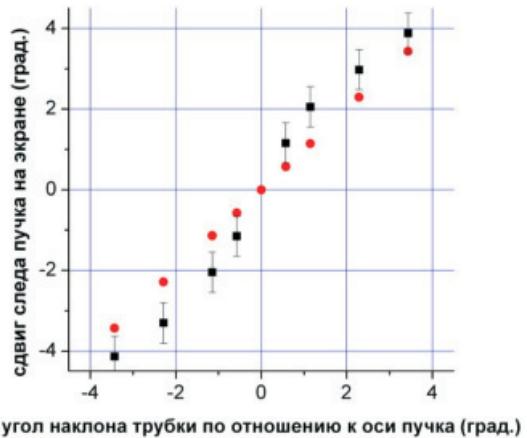


Рис. 2. Диэлектрическая трубка

Из графика видно, что трубка управляет пучком в диапазоне углов от -4 до 4 градусов, поворачивая пучок на угол несколько больше угла наклона. Причем максимальный угол наклона в данном случае определялся диапазоном наклона гониометра, а не исчезновением следа пучка на экране.

Плоский канал

Аналогичный эксперимент был поставлен для плоского канала, образованного двумя стеклянными пластинами длиной 5 см с расстоянием между пластинами 0,7 мм. Входной торец канала заземлялся. Канал поворачивался на углы приблизительно от -2 до $+2$ градуса относительно оси пучка. Результаты эксперимента приведены на рис. 3. График слегка асимметричен по отношению к горизонтальной оси, что можно объяснить небольшим расхождением в длинах пластинок (верхняя пластина несколько длиннее (в пределах 1 мм) нижней).

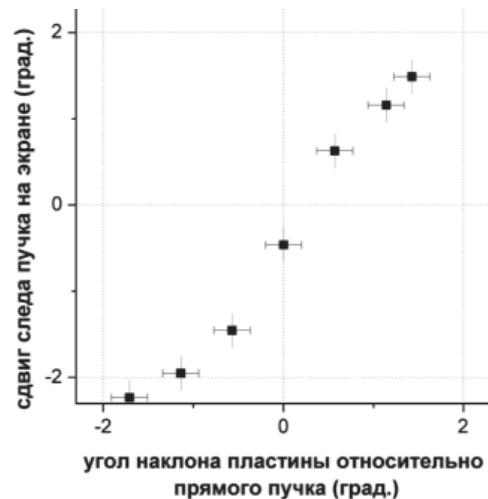


Рис. 3

Диэлектрические поверхности

Результаты приведенных экспериментов показали, что, как и в случае прохождения ионов через диэлектрические капилляры, на внутренних стенках канала образуется самосогласованное распределение заряда, позволяющее электронам проходить через канал без соударения с его стенками.

Экспериментальное исследование отражения пучка от одной пластины было предпринято с целью выяснения механизма бесконтактного прохождения.