

3. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. – М.: Наука, 1975. – 464 с.
4. Пойа Д. Математическое открытие. – М.: Наука, 1970. – 452 с.
5. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 560с.
6. Рванова А.С. Использование идеи локальной аксиоматизации в дифференцированных заданиях по стереометрии //Математика и информатика: Наука и образование: Межвузовский сборник научных трудов: Ежегодник. – Омск: Изд-во ОмГПУ, 2004. Вып.4 – С. 83 – 89
7. Столяр А.А. Педагогика математики. Курс лекций. – Минск: Вышэйшая школа, 1974. – 384 с.
8. Тоцки Е. Методические основы дедуктивного обучения геометрии в средней школе (с учетом специфики Польши): Автореф. дис. ...доктора пед.наук. – М.: Изд-во МПГУ, 1993. – 33 с.
9. Фройденталь Г. Математика как педагогическая задача: Книга для учителя/Под ред. Н.Я. Виленкина; сокр. пер. с нем. А.Я. Халамайзера. Ч. II. – М.: Просвещение, 1983. – 192 с.

Работа представлена на научную конференцию с международным участием «Актуальные проблемы науки и образования», ВАРДЕРО (Куба), 20-30 марта 2006г. Поступила в редакцию 14.02.2006г.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗАТОРОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кировская И.А.

*Омский государственный технический университет,
Омск*

В настоящем сообщении излагаются результаты комплексной работы, включающей следующие основные разделы: получение твердых растворов замещения и пленок компонентов систем $\text{InSb} - \text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ ($\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}} - \text{ZnSe}, \text{CdSe}, \text{ZnTe}$); изучение их объемных и поверхностных физико-химических свойств (структуры, химического состава, кислотно-основных, адсорбционных, электрофизических, оптических) при различных внешних условиях и составах; выяснение возможностей прогнозирования и создания новых материалов - активных элементов сенсоров-датчиков.

Твердые растворы замещения были получены методом изотермической диффузии, пленки – термическим напылением в вакууме. Образование твердых растворов замещения в названных системах доказано на основе рентгенографических, лазерно-масс-спектрометрических (определение стехиометрического состава), ИК-спектроскопических (определение ширины запрещенной зоны) и электрофизических (измерение электропроводности) исследований.

Методом определения рН-изоэлектрического состояния, механохимии, кондуктометрического титрования, термодесорбции оценены кислотно-основные характеристики поверхности компонентов систем, экспонированных на воздухе и в атмосфере CO : сила различных по типу кислотных центров (Льюиса, Бренстеда), их концентрация.

На основе прямых (пьезокварцевого микровзвешивания) и косвенных (электрофизического, термодесорбционного) исследований адсорбции CO установлены природа активных центров, в роли которых преимущественно выступают координационно-ненасыщенные атомы, донорно-акцепторный механизм с их участием, закономерности, взаимосвязь адсорбционных и электронных процессов. Основой такой взаимосвязи является одинаковое происхождение адсорбционных центров и поверхностных состояний [1].

Выявлены сходство и различие в поведении поверхности бинарных полупроводников и их твердых растворов.

Получены и проанализированы диаграммы состояния «кислотно-основные свойства – состав», «адсорбционные свойства – состав», «электронные свойства – состав». В результате обнаружены корреляции между поверхностными свойствами, позволяющие прогнозировать и целенаправленно изменять поверхностные свойства новых, неизученных полупроводниковых систем [2]. Так, на основе корреляций между зависимостями «величина адсорбции – состав» и «кислотность поверхности – состав» можно по кислотно-основным характеристикам предсказать адсорбционные свойства, не проводя трудоемких измерений адсорбции. Аналогично корреляция между зависимостями «ширина запрещенной зоны – состав», «изменение поверхностной электропроводности – состав» позволяет говорить о наиболее вероятном поведении компонентов систем при контакте с той или иной газовой средой.

С помощью полученных диаграмм «свойство – состав» и корреляций между ними удалось выявить наиболее активные по отношению к CO адсорбенты, которые предложены в качестве первичных преобразователей сенсоров-датчиков угарного газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кировская И.А. Поверхностные явления. Омск: ОмГТУ, 2001. – 175 с.
2. Кировская И.А. Прогнозы поведения поверхности твердых растворов алмазоподобных полупроводников//ЖФХ, 1985. Т. 59, № 1. С. 194-196.

Работа представлена на научную конференцию с международным участием «Актуальные проблемы науки и образования», ВАРДЕРО (Куба), 20-30 марта 2006г. Поступила в редакцию 15.02.2006г.

ПОРИСТЫЕ ОГРАНИЧИТЕЛИ РАСХОДА ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ

Космынин А.В., Шаломов В.И.

*Комсомольский – на - Амуре государственный
технический университет,
Комсомольск-на-Амуре*

Из опыта проектирования и эксплуатации опор с внешним наддувом газа известно, что во избежание вибраций, необходимо стремиться к весьма малым диаметрам питающих отверстий (меньше 0,1 мм). Стремление к малым диаметрам питателей диктуется также необходимостью получения приемлемого рас-

хода газа через подшипник. Однако, при постоянном давлении наддува и толщине смазочного слоя вместе с уменьшением расхода газа при весьма малых диаметрах отверстий уменьшается и несущая способность подшипника. Поэтому приходится увеличивать число питающих отверстий. Это обстоятельство привело конструкторов и исследователей к идее применения в газостатических подшипниках пористых вкладышей.

Впервые пористые ограничители были предложены Робинсоном и Стерри с целью повышения несущей способности подшипников по сравнению с опорами, имеющими дроссельные питающие отверстия.

Привлекательность пористого питателя становится очевидной, так как его применение устраняет необходимость сверления отверстий малых диаметров. При этом пористый материал допускает определённый объём засорений твёрдыми частицами без серьёзного изменения сопротивления потоку смазки, что позволяет создавать подшипники достаточной жесткости.

При использовании пористых материалов, характер изменения давления газа в зазоре подшипников улучшается из-за увеличения площади наддува. Поэтому если вместо дискретного ограничения струи применить пористое ограничение, то при заданных геометрических размерах подшипника это приводит к росту несущей способности.

В настоящее время в качестве пористых вкладышей газовых подшипников с внешним наддувом применяют, главным образом, материалы, получаемые путем спекания металлических и неметаллических порошков. К таким материалам предъявляют ряд основных требований: хорошая обрабатываемость резанием, сохранение пористости после механической обработки, обеспечение требуемых геометрических размеров, хорошая самосмазываемость, отсутствие взаимодействия с химическими примесями, содержащимися в воздухе, обеспечение ламинарного режима течения газа в порах с целью экономичного расхода воздуха и во избежание пневматической неустойчивости.

Для изготовления пористых подшипников принципиально пригодны металлокерамические материалы и некоторые сорта керамики. Однако, при окончательной механической обработке внутреннего отверстия вкладыша, изготовленного из металлокерамики, его проницаемость уменьшается в три раза по сравнению с первоначальной.

В настоящее время нет еще достаточного опыта эксплуатации газовых подшипников с внешним наддувом из спеченных материалов. Это обусловлено отчасти отсутствием металлокерамических материалов, в наиболее полном объеме отвечающим требованиям газовой смазки.

Лучшими характеристиками, в частности, по проницаемости обладают керамические материалы. Здесь следует отметить керамические материалы на базе Al_2O_3 и непористый искусственный уголь. Опасность засорения пор в процессе механической обработки керамических материалов существенно уменьшается, если воспрепятствовать попаданию час-

тиц абразива в поры. Хорошие результаты получают при постоянном продувании воздухом подшипника во время окончательной доводочной операции. Потери проницаемости в этом случае не превышают 10%.

Материалы на основе MoS_2 имеют очень высокую твердость и обрабатываются алмазным инструментом. Эти материалы отличаются плохой самосмазываемостью. Искусственный графитированный уголь наоборот хорошо обрабатывается обычным инструментом, имеет достаточную самосмазываемость и с этой точки зрения наиболее пригоден в качестве материала для пористых подшипников. Углеродистые марки АГ-1500 и А0-1500 не претерпевают химических превращений до температур $480^\circ C$ при работе в окислительной среде, хорошо работают на влажном газе, но быстро разрушаются при попадании масла. Поэтому применение пористых углеродистых для изготовления вкладышей газовых подшипников требует почти 100% очистку воздуха. В противном случае их долговечность резко сокращается, и применение таких вкладышей становится бессмысленным.

Пористые материалы были предложены в качестве ограничителей для газостатических подшипников, как в виде втулок полной длины, так и в виде вкладышей в обычный подшипник. Первый тип привлек больше внимание, чем второй, по-видимому, вследствие трудностей изготовления вставок требуемой проницаемости и заданной геометрической формы.

Первые исследования были сконцентрированы на радиальных подшипниках скольжения, но постепенно проявился интерес и к упорным подшипникам. Теоретические исследования характеристик этих подшипников разработаны до такой степени, что с учетом или без учета вращения вала могут быть успешно использованы на практике. Так, Робинсон и Стерри [1] сообщают о результатах теоретических и экспериментальных исследований по разработке газостатических подшипников с пористыми вкладышами. Снек и Иен [2] нашли аналитическое решение для подшипников с пористыми втулками, используя уравнение Дарси для низкоскоростного потока. Снек и Элзуэл [3] сравнили теоретические расчеты с результатами экспериментального исследования и сделали вывод, что они хорошо согласуются. Снек и Иен [4] осуществили дальнейший анализ опор с целью учета эффекта вращения вала. Они делают вывод, что вращение не оказывает существенного влияния на способность подшипника к восприятию нагрузки, но массовый расход может уменьшиться при больших значениях эксцентриситета. Гарджюло и Джилмор [5] представили численное решение по определению характеристик упорного пористого подшипника и сделали вывод, что пористые подшипники нуждаются в испытаниях для дальнейшего их внедрения в производство.

Некоторые эксперименты с пористыми вкладышами из графита и керамики были выполнены в Саутгемптонском университете. Керамика, полученная из газодиффузионного элемента, обладала более однообразной проницаемостью, чем графит, но обе системы были чувствительны к самовозбуждающейся нестабильности.

Большинство исследователей использовало в качестве вкладышей подшипников спеченные материа-

лы, и все они сообщают о трудностях при производстве вкладышей равной проницаемости в сочетании с требуемой геометрической формой. Пластическая деформация и стирание поверхности подшипника при обработке резанием ведёт к непредсказуемым изменениям проницаемости. Применение спечённых материалов без обработки требует больших радиальных зазоров подшипника и как следствие высокоскоростных потоков газа.

Важной задачей в настоящее время является получение материала, имеющего предсказуемую проницаемость и хорошо поддающегося обработке резанием. Этот материал должен допускать определенную степень загрязнения поверхности посторонними частицами из подаваемого газа и в тоже время обеспечить подачу газа в подшипник через большое число дискретных отверстий очень малых диаметров.

Практически, лучшим решением проблемы является применение материала с низкой пористостью, пронизанного дискретными капиллярными отверстиями. О производстве такого материала в США в открытой печати встречались краткие сообщения, но вследствие исследований в частной фирме, подробностей не сообщалось.

В целом, можно отметить, что пористые материалы являются эффективным и экономичным средством изготовления ограничителей для газостатических подшипников. При этом необходим материал предсказуемой проницаемости в сочетании со способностью к обработке резанием и минимальной пористой поверхностью.

В какой – то мере решение указанных выше проблем нашло отражение в конструкциях газовых подшипников, разработанных в КнАГТУ для производства прецизионных внутришлифовальных шпиндельных узлов. Вкладыши подшипников имеют специально подготовленные пазы с установленными в них пористыми вставками, через которые газ подводится в воздушный зазор. В качестве материала вставок впервые использована модифицированная древесина березы – материал общедоступный и достаточно дешевый, по своей структуре отвечающего указанным требованиям.

Газопроницаемость древесины объясняется наличием сосудов и пор, которые имеются в любом древесном материале.

Внутренняя структура древесины достаточно изучена. Стамм [6] делает вывод, что древесина со своими волокнами и сосудами похожа на систему капилляров и трубок, через которую поток жидкости движется ламинарно под действием определенного давления. В такой системе, свободной от газожидкостного мениска, эффект турбулентности на концах капилляров незначительный.

В работе [7] приведены данные исследования, указывающие на важность определения действительного размера отверстий в мембране поры. Такие сведения при известном значении радиуса капилляров позволили бы использовать закон Хагена-Пуазейля для вычисления расхода жидкости через древесину. Эта задача была решена рядом исследователей косвенным путем, исходя из скорости потока пронизывающих газов [7]. Было установлено, что радиусы

этих пор лежат в пределах от $40 \cdot 10^{-7}$ до $100 \cdot 10^{-7}$ см. Уточненные значения размеров пор, полученные по фотографиям с помощью электронного микроскопа, показали, что размер отверстий между волокнами лежит в пределах от $20 \cdot 10^{-6}$ до $30 \cdot 10^{-6}$ см.

Древесина достаточно прочный и легкий материал, хорошо сопротивляющийся ударным и вибрационным нагрузкам. Она хорошо обрабатывается на станках, из нее можно получить детали и изделия любой формы, она является также немагнитным материалом и хорошо противостоит воздействию агрессивных газов и жидкостей. Кроме того, древесина, особенно твердых пород и в прессованном виде, очень хорошо противостоит износу. Так по данным Хухрянского П.И. [7] износостойкость прессованной древесины, особенно в абразивных средах, в 1,5...3 раза выше, чем у бронзы.

Как машиностроительный материал натуральная древесина, в том числе и твердых пород, имеет ряд недостатков. Один из них – способность древесины набухать от воздействия влаги и усыхать при удалении ее. Это вызывает нестабильность линейных и объемных размеров в деталях машин типа втулок, вкладышей и т.д., отсюда и ненадежная работа подшипниковых узлов с парами трения сталь-древесина.

Нестабильность размеров диаметральных зазоров долгое время была главным техническим и психологическим барьером, который мешал конструкторам, механикам и технологам широко применять древесные подшипниковые материалы в технике.

Существует, несколько методов решения данной проблемы. Одни из, них основаны на химическом воздействии на древесину, другие – на пропитке её различными составами, третьи – на тепловом воздействии.

Именно последним способом – наиболее технологичным, не требующим больших затрат времени, оборудования и материалов, происходила стабилизация размеров пористых вкладышей газовых опор внутришлифовальных шпинделей, опыт эксплуатации которых в производственных условиях показал на их высокую эффективность и надежность работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ROBINSON C.H., STERRY F. The static strength of pressure Fed Gas Journal Bearings AERE ED/R, Harwell, Berkshire, England, 1958, p. 9-11.
2. Снек Х.Дж., Иен К.Т. Пористые подшипники с газовой смазкой //Проблемы трения и смазки.- 1968. N4. С.161 – 168.
3. SNECK H. J., ELWELL R. C. The externally pressurized, porous wall, gas-lubricated journal bearing. Pt2. - Trans. ASME, vol. 8, N 4, p. 339-344
4. SNECK H. J., YEN K. T. The externally pressurized, porous wall, gas lubricated journal bearing. - Paper ASME, 1966, N 66-LC-25, 25 pp.; Trans ASLE, 1967, vol. 10, N 3, p. 339-347.
5. Гарджюло Е.П., Джилмор П.В. Численное решение задачи расчёта пористых газовых подшипников с внешним наддувом. Упорные подшипники //Проблемы трения и смазки.- 1968. №4. С.169-178.
6. Майко И.П. Получение стабилизированной прессованной древесины и её некоторые физико-

механические свойства.-В книге "Пластификация и модификация древесины." //Материалы Всесоюзного научно-технического совещания, (г. Рига, 26-28 ноября, 1968 г.) – Рига: "Зинатне", 1970.- С.34-37.

7. Хухрянский П.И. Прессованная древесина. М.: Лесная промышленность, 1964.- 293 с.

Работа представлена на Актуальные проблемы науки и образования, научная конференция с международным участием, ВАРАДЕРО (Куба), 20-30 марта 2006г. Поступила в редакцию 14.02.2006г.

ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В ОБЛАСТИ БАРЬЕРА ШОТТКИ ФОСФИДА ИНДИЯ

Пешев В.В., Соболева Э.Г.

*Юргинский технологический институт,
Томского политехнического университета,
Юрга*

В данной работе представлены результаты введения радиационных дефектов в InP-диодах с барьером Шоттки, облученных при нулевом и обратном напряжениях смещения. Образцы представляли собой слой n-InP, выращенные на сильнолегированных подложках методом газотранспортной эпитаксии, с концентрацией свободных носителей заряда $n = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. На n-слои осаждалась пленка титана. Облучение проводилось в γ -контуре реактора при интенсивности $d\Phi/dt = 1,7 \cdot 10^{12}$ квант/($\text{см}^2 \cdot \text{с}$). Температура образцов при облучении находилась в пределах 50-70 °С. Интегральный поток γ -квантов составлял $1,2 \cdot 10^{17}$ квант/ см^2 . Облучение проводилось также электронами с $E = 4$ МэВ на импульсном ускорителе при температуре $T = (65 \pm 5)$ °С. Плотность тока электронов в импульсе и длительность импульса составляли 5,2 мкА/ см^2 и 5 мкс соответственно. Интенсивность облучения выбрана такой, чтобы ОПЗ, заданная напряжением смещения, не сжималась во время импульса тока пучка электронов. Интегральный поток электронов составлял $\Phi = 2,4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Измерения концентрации глубоких центров проводились методом нестационарной емкостной спектроскопии. В результате измерений получено:

1. Определены скорости введения в терминологию [1] центров E10 ($E_c - 0,62$ эВ) при комнатной температуре в нейтральном объеме (НО) и области пространственного заряда (ОПЗ) фосфида индия n-типа при облучении γ -квантами и электронами. Обнаружено, что скорость введения этих центров при комнатной температуре в ОПЗ на порядок больше, чем в НО.

Показано, что зарядовое состояние дефектов оказывает влияние на скорость введения комплексных дефектов E10 на стадии образования пары Френкеля и что различие скоростей введения этих центров в ОПЗ и НО обусловлено различным временем существования в этих областях разноименных зарядовых состояний компонентов пар Френкеля, которые эти компоненты имеют непосредственно после образования пары. Кулоновское притяжение между близкорасположенными друг к другу компонентами пары в под-

решетке фосфора уменьшает барьер для их рекомбинации, что приводит к уменьшению скорости введения центров E10.

2. Обнаружено, что различие скоростей введения при комнатной температуре в НО и ОПЗ центров E10 уменьшается с увеличением средней энергии первично смещенных атомов.

Это обусловлено тем, что с увеличением средней энергии увеличивается среднее расстояние между генетически связанными компонентами пар и влияние кулоновского взаимодействия между ними уменьшается. Поэтому различие в НО и ОПЗ времен существования компонентов в исходных разноименных зарядовых состояниях при больших энергиях атомов отдачи в меньшей степени влияет на скорость введения центров.

3. Получены температурные зависимости скоростей введения центров E10 в НО и ОПЗ при облучении электронами в интервале температур 100-400 К. Обнаружено, что температурная зависимость скорости введения этих центров в ОПЗ имеет нетривиальный характер и существенно отличается от температурной зависимости скорости введения этих центров в НО.

Эти результаты обусловлены следующим. Кулоновское притяжение приводит к эффективной аннигиляции пар только при тех "температурах облучения", при которых время существования компонентов пары в разноименных (V_{-}, I_{+}) зарядовых состояниях больше, чем время, необходимое для их рекомбинации в этом зарядовом состоянии (здесь V и I - вакансии и междоузельный атом соответственно). Время существования состояния (V_{-}, I_{+}) в ОПЗ ограничено временем эмиссии электронов с уровня вакансии V_{-} , а в НО -это состояние является стационарным (I_{+} -мелкий донор). Скорость эмиссии зависит от температуры, что приводит к различным температурным зависимостям в НО и ОПЗ отношения времени существования пониженного барьера для рекомбинации компонентов к времени, необходимому для их рекомбинации в условиях пониженного барьера, и, следовательно, приводит к различным температурным зависимостям скоростей введения центров.

4. На основе предложенного в работе механизма влияния зарядового состояния на дефектообразование получены математические выражения, описывающие процессы образования центров E10 в ОПЗ и НО фосфида индия n-типа, и выполнены расчеты, дающие удовлетворительное совпадение с экспериментом.

Результаты 1-4 можно обобщить в следующем виде:

В фосфиде индия n-типа среднее расстояние между генетически связанными компонентами пар Френкеля и соотношение времени существования компонентов в исходных разноименных зарядовых состояниях и времени, необходимого для их рекомбинации в этом зарядовом состоянии, определяют скорость введения центров E10.

5. Установлено, что при облучении области пространственного заряда фосфида индия n-типа образуется бистабильный дефект, на котором локализовано пять электронов. Этот дефект, названный нами W – дефектом, не образуется в нейтральной области. W –