

Большие успехи в технологии изготовления кристаллических полупроводников были достигнуты за последние 10 лет. Это главным образом связано с развитием техники гетероэпитаксии, благодаря которой появился целый класс новых быстродействующих электронных и оптических приборов на основе GaAs. Последние достижения новых методов гетероэпитаксии таких, как металлоорганическое химическое газофазное осаждение, эпитаксия молекулярных пучков, отражены в статьях третьего раздела сборника.

Оптика представлена в книге не только как метод измерения. В ряде статей обсуждаются возможности управления работой электронных схем лазерным излучением, а разделы 4 и 5 полностью посвящены соответственно полупроводниковым лазерам с синхронизацией мод и электрооптическим переключателям и фотоприемникам, работающим в пикосекундной области. Это объясняется той важной ролью, которую они играют в системах волоконно-оптической связи.

В последний, шестой, раздел книги включены статьи, относящиеся к области криогенной электроники, где были получены интересные результаты в скоростной обработке сигналов.

О. П. Заскалько

541.182.644(049)

АЭРОГЕЛИ

Aerogels/Ed. J. Fricke. —Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer-Verlag, 1986.—205 p. — (Springer Proceedings in Physics. V. 6).

Золи — отдельные частицы, находящиеся в жидкой или газовой фазе, гели — системы связанных зольей. Под аэрогелями понимаются легкие структуры, образуемые из отдельных частиц. Реальность существования таких структур была понята в последние годы, и данная книга является сборником трудов 1-го Международного симпозиума по аэрогелям, состоявшегося в сентябре 1985 г. в ФРГ.

Интерес к аэрогелям проявляется в двух отношениях. Во-первых, это — своеобразные физические объекты со специфическими свойствами. Основная часть статей книги посвящена свойствам аэрогелей. Во-вторых, особые свойства аэрогелей позволяют найти целый ряд возможностей использования их для прикладных целей. Заметная часть статей в книге посвящена прикладным аспектам проблемы.

Рассматриваемые аэрогели по своему химическому составу представляют собой SiO_2 с некоторым количеством молекул воды. Молекулы двуокиси кремния могут быть заменены в аэрогеле другими окислами — Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , MoO_2 , Fe_3O_4 , TiO_2 , Li_2O , V_2O_3 и т. д. Однако силикагель — аэрогель, имеющий в основе двуокись кремния, — составляет основную часть исследований. Размер частиц в аэрогеле изменяется примерно от 3 до 60 нм в зависимости от условий его получения. Сам аэрогель имеет структуру фрактального кластера (см.: УФН, 1986, т. 149, с. 177), т. е. частицы соединяются в нем по случайному закону, и плотность вещества в таком кластере тем ниже, чем большие размеры он имеет. Образование аэрогеля производится в жидкой фазе, а затем жидкая фаза испаряется. В качестве жидкости кроме воды используются метиловый и этиловый спирты, углекислый газ, ксенон и другие наполнители. Они подбираются таким образом, чтобы испарение жидкости, находящейся в порах аэрогеля, происходило при не очень высоких температурах и не разрушило структуру аэрогеля.

Несмотря на идейную простоту получения аэрогеля, освоение и удешевление технологии его производства сыграет важную роль в последующих исследованиях аэрогелей. Современная техника позволяет получать аэро-

гели в больших количествах. В качестве примера укажем производство 1700 л аэрогеля кремния, осуществленное несколько лет назад для черенковского детектора TASSO на ускорителе DESY (Гамбург). Стоимость аэрогеля в рамках современной технологии относительно высока.

Особенность аэрогеля как фрактального кластера связана с его высокой пористостью. В реальных образцах аэрогеля кремния объем пор занимает до 99 % объема образца, так что внутренняя поверхность образца составляет до 1000 м²/г. Поэтому аэрогели могут быть использованы для хранения окислителей, ракетного топлива и различных химических соединений. При этом они обладают высокой емкостью. Например, 40 г антисимметричного диметилгидразина могут храниться в 1 г аэрогеля кремния.

Высокая удельная поверхность аэрогелей обещает их широкое применение в качестве катализаторов. Некоторые примеры такого типа найдены.

Важное свойство аэрогеля кремния связано с его прозрачностью. По мере уменьшения плотности аэрогеля коэффициент рефракции света в нем n уменьшается и реально находится в пределах между 1,007 и 1,24. Материалы, которые удобно использовать в детекторах частиц высокой энергии, обладают коэффициентами рефракции, не попадающими в эту область. Поэтому аэрогели кремния используются в черепковских детекторах для регистрации быстрых частиц — пионов, каонов, протонов.

В силу низкой плотности вещества в аэрогелях, которая реально составляет десятки и сотни грамм на литр, аэрогели обладают низкой теплопроводностью. Теплопроводность реальных аэрогелей сравнима с теплопроводностью газов. Поэтому разрабатываются методы использования аэрогелей кремния в качестве изоляторов в разных приборах, находящихся в атмосфере, а также в качестве изоляционных материалов в строительстве. При этом высокая прозрачность аэрогеля кремния дает возможность использовать его как изоляционный материал между окнами.

Аэрогели в силу своей структуры обладают своеобразными акустическими свойствами. Низкая скорость распространения звука в аэрогелях (до 100 м/с) позволяет использовать его в разных случаях: для изготовления звуконепроходимых перегородок, линий звуковой задержки, разных акустических систем, в том числе систем с выделенным направлением распространения звука. Ясно, что масштаб этих и ранее приведенных приложений аэрогелей в большой степени определяется их доступностью и стоимостью.

Перечисленные проблемы, связанные со свойствами и применениями аэрогелей, составляют содержание рецензируемой книги.

Книга состоит из 5 частей: 1) Введение. 2) Производство и общие аспекты. 3) Хранение энергии и тепловые свойства. 4) Структура аэрогелей. 5) Применение. Она включает в себя 25 работ, которые по объему больше, а по содержанию несколько шире привычных оригинальных сообщений на конференциях.

Аэрогель — физический объект с необычными свойствами. Он может представить интерес для специалистов физики твердого тела, физики атмосферы, физики и химии поверхности, синергетики, для которых существенны физические и химические свойства этого объекта. Для специалистов энергетике, теплофизике, физике высоких энергий, химического синтеза аэрогели интересны в чисто прикладном плане. При этом существенно, что ученые находятся на начальной стадии исследования аэрогелей, когда стало ясно, что этот объект образуется в природе и лабораторных условиях, но исследования его свойств и возможных применений далеко не исчерпаны. Тем важнее своевременно понять, какое место может занять данный объект в науке и технике. Хорошее представление об этом может дать рецензируемая книга.

Б. М. Смирнов