

фильной ориентацией журнала, которая позволяет привлечь к нему специалистов различных направлений науки, объединенных интересом к единому объекту — фуллеренам. И хотя в настоящее время публикации в данном журнале пока не оказывают на развитие исследований в области фуллеренов того влияния, которое чувствуется со стороны ведущих физических и физико-химических изданий, перечисленных выше, можно говорить о заметной тенденции к росту этого влияния за сравнительно небольшой срок существования журнала.

В заключение отметим, что проблема фуллеренов достаточно глубока и обширна. Она и далее будет

развиваться и не исчерпает себя после решения определенных практических задач. Для ее успешного развития необходим периодический журнал, который бы объединял участников этой проблемы и способствовал обмену информацией между ними. В настоящее время эту задачу способен успешно выполнить журнал *Fullerene Science and Technology*. Пожелаем ему дальнейшего процветания.

А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов

Свойства алмазов и алмазных пленок

The Properties of Diamond and Diamond Films (Ed. G Davies) (London: Inst. of Electrical Engineers, 1994) 437 pp.

Около двух лет тому назад в УФН [1] была опубликована рецензия на книгу "Свойства природного и синтетического алмаза", изданную Дж. Филдом [2]. В 1994 г. известный своими исследованиями оптических явлений в алмазе Г. Дэвис издал новую книгу [3], содержание которой, как и труды нескольких конференций (см., например, [4]), свидетельствует о продолжающемся развитии исследований процессов роста алмаза и физических явлений в нем. По-прежнему, как и в годы до издания книги [2], особенно большие усилия технологов устремлены на усовершенствование методов роста алмазов в метастабильных условиях из газовой плазмы. Многие из оптимистических предсказаний прошлого десятилетия относительно падения стоимости алмазных пленок оправдались, но, к сожалению, это относится лишь к поликристаллическим пленкам, нашедшим ценные применения как покрытия, стойкие относительно механических повреждений и воздействия химически агрессивных сред, но пока практически не применяемые для активных элементов твердотельной электроники.

Книга Г. Дэвиса состоит из 12 глав и начинается с краткого предисловия сэра У. Митчелла, автора ставших классическими работ по оптике алмазов и идентификации сильно локализованных состояний в этом веществе. В каждой главе обычно не одна, а несколько коротких статей, очень лаконично написанных и содержащих подробные и прекрасно оформленные таблицы основных физических параметров алмазов. Каждая из статей заканчивается списком цитируемой литературы, включая ссылки на работы, опубликованные в 1993 г. В составе авторов, главным образом, специалисты из Великобритании, Голландии и Франции. Первая глава посвящена основным физическим параметрам объемных кристаллов алмазов естественного изотопного состава. С точки зрения рецензента, она, в основном, повторяет аналогичные разделы книги [2], как и 3-я глава, посвященная очень подробно изученным и разнообразным состояниям примеси азота в алмазах. Значительно больше новых данных во 2-й главе (свойства поверхности алмазов), где приведены данные о микроскопической структуре, явлении графитизации поверхности, механизмах трения и износа, а также о методиках полировки алмазов и явлении эрозии. Около половины разделов этой главы подготовил Дж. Филд — издатель книги [2].

Новые данные относительно роли примеси элементов Ni, Si, H и O в алмазе содержатся в 4-й главе. Особенно интересны данные, относящиеся к водороду и кремнию, подготовленные Г. Дэвисом. Содержание главы 5 (радиационные нарушения в алмазе) в определенной мере подводит итоги вопросам, уже достаточно подробно изученным и связанным с "точечными" дефектами, в первую очередь вакансиями и их комплексами с химическими примесями. Некоторое сожаление вызывает практическое отсутствие данных об особенностях воздействия на алмазы быстрых нейтронов (как известно, дозиметры на основе алмазов имеют максимальную устойчивость к воздействию проникающей радиации). Правда, в 6-й главе, посвященной проблемам легирования алмазов путем ионной имплантации (автор Р. Калиш), близким по существу дела вопросам уделено должное внимание. В настоящее время проблема легирования алмазов электрически активными примесями еще далека от разрешения, и ионная имплантация уже достаточно долго считается одним из перспективных направлений [5]. Седьмая глава содержит подробный анализ процессов люминесценции алмазов, включая вопросы миграции энергии возбуждения и характеристических времен затухания свечения. Привлекает внимание важный вопрос о возможности создания лазеров на основе алмазов.

Весьма экзотично, в хорошем смысле этого слова, содержание 8-й главы — "Изотопические эффекты в алмазах". Действительно, совсем недавно удалось вырастить изотопно чистые кристаллы алмаза, так как изотоп ^{13}C существует в достаточном для этой цели количестве. Замечательно, что при изучении теплопроводности столь редкостного кристалла были обнаружены давно предсказанные Р. Берманом аномалии.

Близко к практически важным проблемам содержание главы 9 (автор А.Т. Коллинз), где проанализировано современное состояние задачи легирования алмазов электрически активными примесями, в первую очередь бором. Один из важных выводов Коллинза, который был им высказан уже несколько лет назад, состоит в том, что алмаз как материал для активных элементов электроники найдет (или уже нашел) лишь достаточно узкие области применений; в частности, до настоящего времени не решен вопрос о введении в алмазы устойчивых донорных примесей с достаточно мелкими энергетическими уровнями. В то же время, после достижения

серьезных успехов в выращивании очень крупных монокристаллов заданных политипов карбида кремния (SiC) диаметром до 40 мм, становится все более ясным, что для высокотемпературных полупроводниковых приборов и оптоэлектроники SiC пока представляется более технологичным; в частности, введение в этот материал донорных центров с мелкими энергетическими уровнями освоено.

Десятая глава посвящена технологии поверхностей, методикам травления и создания устойчивых электрических контактов.

Большая по объему глава 11 (35 с.) содержит подробные сведения о росте алмазных пленок в метастабильных условиях, т.е. из газовой плазмы, содержащей продукты распада органических соединений: углерод и, как правило, атомарный водород. Помимо первоначальных типов такой методики, где использовались горячие металлические нити и СВЧ-разряд, было выяснено, что поликристаллические слои алмазов могут быть осаждены из плазмы в "факеле" пламени, т.е. в принципиально очень простых условиях. Показано также, что воздействием лазерного излучения удастся в определенной мере управлять процессом роста алмазных пленок. Отдельный раздел посвящен данным о теплопроводности пленок, получаемых данным способом. Это связано с вероятностью весьма широкого применения алмазных пленок для теплоотводов в твердотельной электронике и вычислительной технике.

Заключительная, 12-я глава содержит современные данные о методике выращивания алмазов при высоком давлении и высокой температуре (НРНТ). Эта глава подготовлена японскими специалистами Секине и Канда. Именно в Японии в настоящее время прилагают серьезные усилия к развитию метода НРНТ, который в отдельных случаях дает уникальные результаты для фундаментальных исследований, такие, как кристаллы алмаза, целиком состоящие из изотопа ^{13}C . В этой же главе содержатся новые данные о каталитической конверсии углерода в алмаз в присутствии металлов, в первую очередь никеля.

Рецензируемая книга будет чрезвычайно полезна для российских специалистов и ее издание (тиражом 50–100 экз.), несомненно, оправдано.

В.С. Вавилов

Список литературы

1. Вавилов В С *УФН* **163** (11) 99 (1993)
2. Ed. J Field *The Properties of Natural and Synthetic Diamond* (London, New York: Academic Press, 1992)
3. Ed. G Davies *The Properties of Diamond and Diamond Films* (London: Inst. of Electronical Engineers, 1994)
4. Abstracts of Int. Conf. "Diamond Films and NATO Workshop on Wide Band Materials" (Minsk: Byelorussia State University, 1994)
5. Вавилов В С *УФН* **164** 429 (1994)