

05;07

## **Изучение микроструктуры алмазоподобных пленок на кремнии с использованием лазерного микропроектора**

© А.П. Савинцев, В.А. Созаев, Х.Т. Шидов

Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик

Поступило в Редакцию 20 апреля 2001 г.

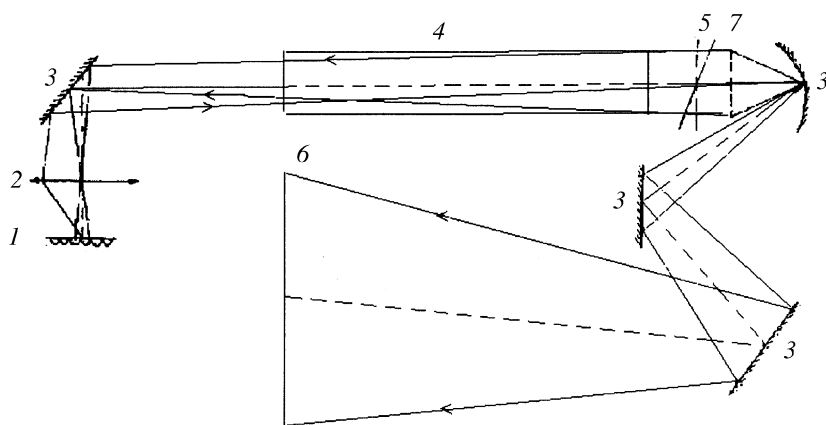
Для изучения микроструктуры алмазоподобных пленок на кремнии использовался лазерный микропроектор с усилителем яркости изображения.

В последнее время резко возрос интерес к проблеме получения алмазных пленок на кремнии и на алмазе, что связано с созданием большого класса высокотемпературных и радиационноустойчивых приборов и прежде всего мощных высокочастотных полупроводниковых диодов, транзисторов, оптоэлектронных приборов и т.д.

Несмотря на успехи, достигнутые в получении алмазных пленок, проблема нестабильности пленок [1], связанная как с фазовыми переходами алмаз→углерод, так и с большой разницей в постоянных решетки алмаза и кремния (0.367 nm у алмаза, 0.755 nm у кремния), до конца не решена.

Важное значение для совершенствования низкотемпературных методов осаждения алмазоподобных пленок имеет развитие новых методов контроля микроструктуры пленок.

В настоящей работе осаждение алмазоподобных пленок на кремниевую пластину, ориентированную плоскостью (111), проводилось с помощью высокочастотного генератора мощностью 1 kW из углеродсодержащей газовой смеси (3% метана в водороде). Образец кремния помещался на молибденовом подогреваемом столике, на который от универсального источника питания подавалось положительное напряжение. Над образцом размещался индуктор высокочастотного генератора. Температура образца измерялась с помощью хромель-копелевой термо-



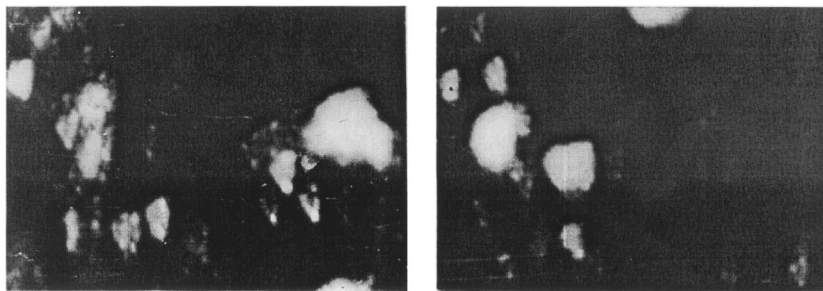
**Рис. 1.** Оптическая схема установки: 1 — объект, 2 — микрообъектив, 3 — зеркала, 4 — лазерный усилитель света, 5 — фильтр, 6 — экран, 7 — изображение.

пары и потенциометра КСП-4. Газ в реакционную камеру напускался с помощью игольчатых натекателей.

Изучение закономерностей влияния состава и давления газофазной среды, температуры подложки на форму и размеры зародышей алмазов в пленках проводилось на установке лазерного микропроектора с усилителем яркости изображения [2,3]. Для усиления яркости изображения был взят лазерный усилитель света.

Использование в оптических системах лазерного усилителя света является эффективным, если, например, задействовать в качестве лазерного усилителя света активный элемент на парах меди [4]. Привлечение лазерного усилителя света на парах меди оправдано в оптических методах передачи информации, в технологических комплексах обработки материалов для целей микроэлектроники [3] и в других случаях [4].

Хотя в лазерных микропроекторах с усилителем яркости изображения существуют большие световые потоки, но использование лазерного усилителя света и подбор соответствующего хода лазерных лучей позволяют варьировать и уменьшать облучение объектов до уровней, шадящих поверхность вещества. Поэтому работа с лазерным микропроектором для ряда объектов порой оказывается чрезвычайно эффектив-



**Рис. 2.** Фотографии алмазоподобных пленок на кремнии, полученные с экрана лазерного микропроектора (увеличение  $300\times$ ).

ной, особенно с привлечением дополнительных методик (метод темного и светлого поля, метод фазового контраста, поляризационные методы и т.д.). При наблюдении картинок возможен вывод информации в реальном масштабе времени на экран или другие внешние считывающие устройства.

В нашей схеме (рис. 1) использовался микроскоп "JENA-MIKROSKOPE-250-CF" со стандартным набором планохроматических объективов: 3.2/0.10; 10/0.25; 20/40; 40/65; кроме того, применялся микрообъектив 5.5/0.16. В нашем случае входной и выходной зрачок системы совпадают с оправой объектива, а задний люк совпадает с задним торцом активного элемента.

Наблюдение и фотографирование производились с экрана. Масштаб изображения доходил до 10 000. Схема уверенно разрешала дифракционную решетку 1200 lines/mm.

В качестве лазерного усилителя света использовался активный элемент на парах меди с трубкой ГЛ-202 с длиной разрядного канала 102 см и диаметром 12 mm, генерирующий на длинах волн 510.6 и 578.2 nm [5]. Импульсы света активного элемента на парах меди длительностью 20 ns следовали с частотой 8.5–11.5 kHz.

Был проведен поиск оптимального режима работы трубки ГЛ-202 в схеме лазерного микропроектора [6]. Выяснилось, что наиболее благоприятен для наблюдения картинок режим, когда мощность, снимаемая с выпрямителя, составляет 2.5 kW, при этом максимум энергосъема достигается на частоте 8.5 kHz.

4\* Письма в ЖТФ, 2001, том 27, вып. 19

В зависимости от конкретного случая выбирались те или иные дополнительные методики. Наблюдение и фотографирование производились с экрана.

Для выделения зеленой линии генерации 510.6 nm использовался светофильтр, который имеет единственную область пропускания с максимумом на длине волны 490 nm и полушириной 100 nm.

Описанным методом осуществлялось изучение микроstructures алмазоподобных пленок на кремнии. На рис. 2 представлены фотографии с экрана, на которых отчетливо видны треугольные зародыши алмазов в алмазоподобной пленке, осажденной в течение 1.5 h на кремниевую подложку, нагретую до 100°C.

Данная методика изучения микроstructures пленок имеет, например, такие преимущества перед растровой электронной микроскопией:

1. Отсутствуют эффекты заряжения пленки, наблюдаемые в растровой электронной микроскопии, поэтому на снимках отсутствует "вуаль".
2. Тонкие алмазоподобные пленки не разрушаются, как в растровой электронной микроскопии при изучении микроstructures.
3. Не требуется наличия высокого вакуума.

## Список литературы

- [1] Концевой Ю.А. // *Материаловедение*. 1997. № 1. С. 49–56.
- [2] Savintsev A.P., Temrokov A.I. // *Ext. Abst. Int. Conf. On Applied Optics-96*. St. Petersburg, Russia, 1996. P. 239.
- [3] Земсков К.И., Казарян М.А. // *ПТЭ*. 1978. № 6. С. 207.
- [4] Петраш Г.Г. // *Вестник АН СССР*. 1987. № 2. С. 66–75.
- [5] Беляев В.П., Зубов В.В., Лесной М.А. и др. // *Электронная промышленность*. 1981. В. 5–6. С. 82–83.
- [6] Савинцев А.П. // *Тез. докл. Всес. совещ. "Инверсная населенность и генерация на переходах в атомах и молекулах"*. Томск, 1986. Ч. 1. С. 131–132.