

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МИКРОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ НАПЫЛЕНИЯ АЛМАЗОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК

Ю.А. Быковский, В.П. Козленков,
И.Н. Николаев, Е.В. Чарышкин

Углеродные пленки с алмазоподобными свойствами находят применение в технике преимущественно как просветляющие и защитные покрытия. Последние исследования в области микроэлектроники свидетельствуют о возможности их применения в МДП-структурах в качестве диэлектрических слоев [1].

В настоящее время одним из распространенных методов получения алмазоподобных пленок является осаждение из ионных пучков. Считается [2], что минимальная энергия ионов, необходимая для образования алмазоподобных пленок, составляет 10 эВ. Однако конденсаты, полученные в энергетическом интервале ионов 30–100 эВ, обычно представляют собой структурно неоднородную мелкодисперсную основу свключениями кристаллитов различных аллотропических модификаций углерода. Одной из причин указанных неоднородностей является, по-видимому, локальный перегрев растущей пленки за счет быстрых ионов. В связи с этим для формирования однородных алмазоподобных пленок представляет интерес использовать потоки частиц с энергиями, меньшими 10 эВ, но достаточными для образования „алмазной“ химической связи между атомами углерода. Для этой цели удобно использовать лазерное испарение вещества, при котором энергию испаренных атомов (ионов) можно регулировать заданием режима излучения лазера.

В данной работе осаждение углеродных пленок производилось методом частотного лазерного напыления [3]. Использовался лазер на алюмоиттриевом гранате с непрерывной накачкой и периодической модуляцией добротности; длительность импульса составляла 0.2 мкс [4]. При такой длительности лазерных импульсов интенсивное испарение углеродной мишени можно осуществить вблизи порога ионизации пара, что позволяет избежать образования высокоэнергетических частиц. Плотность потока энергии лазерного излучения на поверхности мишени составляла $3 \cdot 10^7$ Вт/см². Поскольку порог ионизации, определенный нами методом коллекторного измерения ионного тока, был равен $7 \cdot 10^7$ Вт/см², то испаренное вещество состояло в основном из нейтральных частиц. При данных плотностях потока максимум энергетического распределения частиц приходится на значение ~ 2 эВ [5].

Мишенью служили пластины графита с содержанием углерода 99.99%. Пленки толщиной 0.05–0.5 мкм осаждались на подложки NaCl и стекло.

Электронно-микроскопические исследования показали, что осажденные пленки имеют аморфную однородную структуру без каких-

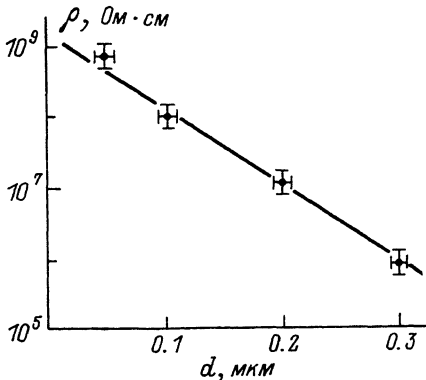


Рис. 1. Зависимость удельного электросопротивления алмазоподобных пленок от их толщины.

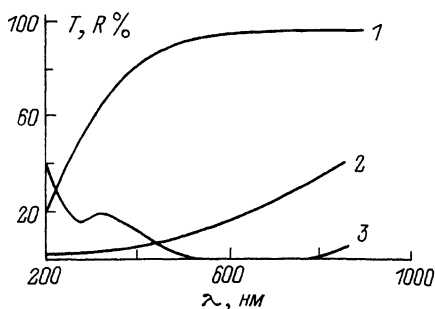


Рис. 2. Спектры пропускания (1, 2) и отражения (3) алмазоподобных пленок. 1, 3 - толщина 0.05 мкм, 2 - толщина 0.5 мкм.

либо кристаллических включений с размерами, большими 10 \AA . При комнатной температуре удельное сопротивление (ρ) образцов толщиной $d = 0.05 \text{ мкм}$ составляло $1 \cdot 10^9 \text{ Ом см}$. Увеличение толщины пленок приводит к уменьшению ρ ; при $d = 0.3 \text{ мкм}$ удельное сопротивление составляет $6 \cdot 10^6 \text{ Ом см}$ (рис. 1).

Оптические свойства пленок изучались на спектрофотометре «Hitachi - 330». В диапазоне длин волн $\lambda = 200\text{--}900 \text{ нм}$ были сняты кривые пропускания и отражения для пленок толщиной 0.05 и 0.5 мкм (рис. 2). Истинное пропускание определялось как отношение пропускания пленки с подложкой к пропусканию эталонной чистой подложки. Как видно из рис. 2, наблюдается монотонное увеличение пропускания с ростом длины волны. Область собственного поглощения для образцов с $d = 0.05 \text{ мкм}$ начинает проявляться при $\lambda = 500 \text{ нм}$, что характерно для природных окрашенных алмазов [6]. Фундаментальная граница поглощения, определенная по спаду пропускания в 2 раза, для образцов с $d = 0.05 \text{ мкм}$ составляет 260 нм.

Из спектров пропускания и отражения определялся показатель поглощения α . Наименьшее значение $\alpha = 1.4 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$ ($\lambda = 600 \text{ нм}$) было получено для пленок с $d = 0.05 \text{ мкм}$. Оптическая ширина запрещенной зоны, $E_{\text{опт}}$, определялась построением кривой $(\alpha \cdot E)^{1/2}$ в зависимости от энергии кванта и оказалась равной 2.3 эВ.

Представляет интерес сравнить свойства полученных нами алмазоподобных пленок со свойствами пленок, осажденных с помощью ионных пучков. По величине ρ лазерные пленки несколько уступают, а по величине $E_{\text{опт}}$, коэффициенту пропускания и однородности состава превосходят пленки, полученные осаждением из ионных пучков [7]. Последнее из перечисленных преимуществ является очень важным для разнообразных применений алмазоподобных пленок. Описанный в работе лазерный метод напыления алмазоподобных пленок, позволяющий понизить энергию осаждаемых частиц и тем

самым улучшить степень однородности состава пленок, в ряде случаев может быть предпочтительнее других методов напыления благодаря своей технологичности.

Л и т е р а т у р а

- [1] Oh J.E., Lomb J.D., Shyder G., Paul, William J.A., Liu D.C. - Solid State Electronics, 1986, v. 29, N 9, p. 933-940.
- [2] Чайковский Э.Ф., Пузиков В.М., Розенберг Г.Х., Семенов А.В., Костенко А.Б. - Поверхность, 1985, № 9, с. 98-103.
- [3] Rompre W., Scheibe H.-J., Richter A., Bauer H.-D., Bewilogua K., Weissmantell C. - Thin Solid Films, 1986, v. 144, p. 77-92.
- [4] Быковский Ю.А., Дудолов А.Г., Козленков В.П. - Письма в ЖТФ, 1985, т. 11, в. 21, с. 1307-1311.
- [5] Быковский Ю.А., Сильнов С.М., Сотниченко Е.А., Шестаков Б.А. - ЖЭТФ, 1987, т. 93, в. 28, с. 500-508.
- [6] Федосеев Д.В., Новиков Н.В., Вишневский А.С., Теремичка И.Г. Алмаз. К.: Научная думка, 1981. 75 с.
- [7] Иванова Н.Л., Голянов В.М., Долгий Д.И. ЖПС, 1984, т. 41, № 1, с. 134-138.

Московский инженерно-физический институт

Поступило в Редакцию
20 сентября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 24

26 декабря 1988 г.

О ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ КОНТРАСТА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ИХ НЕСТАЦИОНАРНОМ УСИЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ГОЛОГРАММАМИ

А.М. Березинская, А.М. Духовный

Возможность эффективного нестационарного взаимодействия между световыми пучками одинаковой частоты излучения в динамической голограмме (ДГ), записанной в нелинейной среде с локальным откликом, может приводить к существенному росту уровня шумов в преобразованном изображении и к снижению его контраста [1]. В этой связи представляет интерес выявление условий, при которых в процессе нестационарного усиления изображений не снижается или