



II Международная научно-практическая конференция
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УФ ДИАПАЗОНА НА СЛОИСТОЙ СТРУКТУРЕ АЛМАЗ – АIN

А.С. Багдасарян , д-р технич. наук, профессор,
академик АН Республики Армения, bas@niir.ru

16-18 сентября 2020 г
Воронеж, Россия





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Введение

Алмаз и AlN относятся к широкозонным полупроводниковым материалам, стойким к воздействию ионизирующих излучений. Трудности получения n-типа проводимости алмаза решаются использованием слоистой структуры из алмаза, легированного бором (p-тип) и AlN, легированного Zn (n-тип). Легированные указанными примесями пленки алмаза и AlN получали дуговым разрядом и реактивным магнетронным распылением, соответственно, по ранее представленной методике [1, 2].

1. Беянин А.Ф., Борисов В.В., Багдасарян А.С. Наноструктурированные углеродные материалы в эмиссионной электронике // Российский технологический журнал. 2017. Т. 5. № 3. С. 22–40.
2. Беянин А.Ф., Багдасарян А.С., Налимов С.А., Павлюкова Е.Р. Наноструктурированные пьезоэлектрические пленки AlN, полученные реактивным ВЧ-магнетронным распылением // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 11. С. 9.



Методика эксперимента

Пленки AlN получали распылением мишени из Al диаметром 140 мм. Схема используемой в работе установки дана на **рис. 1**. Магнитное поле магнетрона создавали два кольцевых магнита из Sm-Co. Индукция магнитного поля на поверхности мишени толщиной 6 мм составляла ~0,1 Тл. В процессе синтеза пленок давление смеси аргона (Ar) и азота (N₂) в реакционной (вакуумной) камере поддерживали в пределах $P = 0,5\text{--}2$ Па. Лучшие структурные характеристики пленок достигались при концентрации азота CN₂ ≈ 60%. Подложки располагались на расстоянии $H = 40\text{--}120$ мм от мишени. Подложки не перемещались. Температура синтеза поддерживалась кварцевыми нагревателями в пределах $T = 400\text{--}800$ К. Мощность ВЧ разряда (частота 13,56 МГц) составляла от 0,3 до 2 кВт. Интенсивность осаждения AlN не превышала ~3 мкм/ч. Легирующую примесь (Zn) в выращиваемую пленку вводили за счет применения составной мишени.

Алмазные пленки выращивали дуговым разрядом смеси метана (CH₄) и водорода (H₂) (давление газа в вакуумной камере $P > 103$ Па; концентрация CH₄ в газовой смеси 1,5–4% (по объему)) на полированных поверхностях различных материалов (Si, W, сплавы и др.). Температура подложек составляла 870–1470 К. Легирующую примесь (B) в выращиваемую пленку вводили за счет размещения на подложкодержателе контейнера с твердым материалом – источником легирующей примеси. Схема установки на **рис. 2**.

Морфологию и текстурированность кристаллитов пленок изучали сканирующей (установка Carl Zeiss Leo 1430 VP) и трансмиссионной (JEM 200C) электронной микроскопией. Состав синтезированных веществ идентифицировали рентгеновской дифрактометрией (XRD-6000, Cu α -излучение) и спектрометрией комбинационного рассеяния света (КРС) (LabRAM HR800, линия 632,8 нм He-Ne лазера).

«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Рис. 1. Схема установки: 1 – магнетрон; 2 – подложки; 3 – мишень из Al; 4 – подложкодержатель; 5 – нагреватель

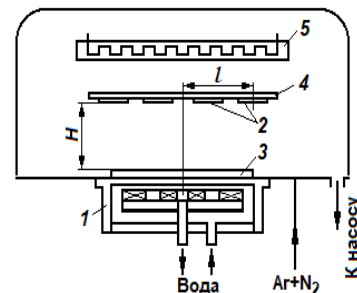
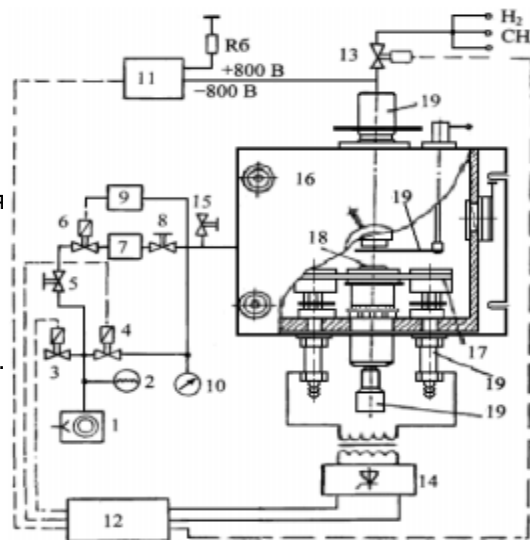


Рис. 2. Схема установки для выращивания алмазных пленок: 1 – насос механический, 2 – датчик давления, 3 – 6, 8, 13, 15 – клапаны, 7 – фильтр, 9 – блок стабилизации давления, 10 – мановакуумметр, 11 – блок питания, 12 – блок управления вакуумной системой, 14 – тиристорный блок управления нагревом подложки, 16 – камера вакуумная, 17 – нагреватель, 18 – подложка, 19 – электроды





Результаты и обсуждение

«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Пленки алмаза содержали алмазную фазу (до > 99 %) и рентгеноаморфный алмазоподобный углерод. Алмазные пленки состояли из вытянутых зерен с поперечным размером 3–10 мкм. Размер кристаллитов алмазных пленок, рассчитанный по рентгенограммам, составлял в зависимости от температуры роста 20–200 нм. Содержание кристаллической фазы в пленках AlN зависело от концентрации легирующей примеси и изменялось от 15% (< 2 ат.% Zn) до ~50–60% (нелегированный AlN). Размер и разориентация кристаллитов пленок AlN составляли 15–65 нм и 2–5°, соответственно.

На спектрах КРС алмазных пленок присутствует единственная полоса при сдвиге КРС $\Delta\nu = 1332$ см⁻¹ (рис. 3, кривая 1). Механические напряжения в пленках вызывают уширение основной и появление дополнительной полосы при $\Delta\nu \sim 1337$ см⁻¹ (рис. 3, кривая 2) Для рентгеноаморфных и легированных пленок AlN характерны размытые полосы при $\Delta\nu$ 239, 311 и 558 см⁻¹ (рис. 4, кривая 1). У пленок AlN с высокой концентрацией упорядоченных кристаллитов (текстура по <0001>), наблюдаются полосы при $\Delta\nu$ 247 см⁻¹ (мода E2), 611 см⁻¹ (A1) и 653 см⁻¹ (E2) (рис. 4, кривая 2). Уширение полос на спектрах КРС пленок AlN является результатом фононного рассеяния, вызванного точечными дефектами, границами фаз и механическими напряжениями. Применение отжига для улучшения упорядоченности кристаллической фазы пленок AlN неоднозначно, так как вызывает образование микротрещин и включений Zn по границам кристаллической фазы. Рентгеноаморфные пленки AlN, становятся нанокристаллическими после отжига при 1100–1300 К.

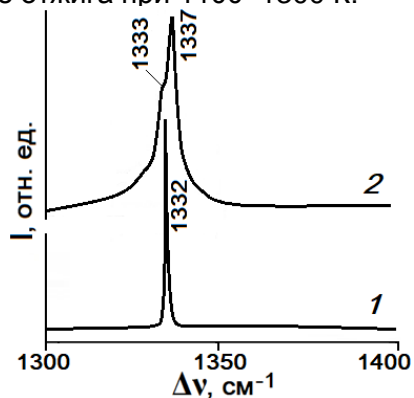


Рис. 3. Спектры КРС алмазных пленок.

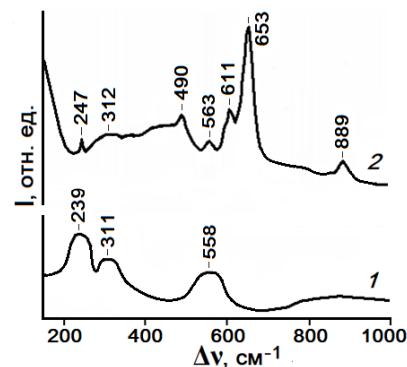
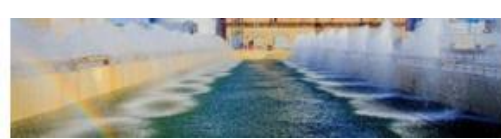


Рис. 4. Спектры КРС пленок AlN.



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

. На **рис. 5** показаны результаты измерений напряжения, возникающего на контактах слоистой структуры AlN–алмаз при воздействии УФ-облучения. Результаты даны для структур с пленками алмаза, выращенными при температурах 1250 К (**рис. 5, кривая 1**) и 1400 К (**рис. 5, кривая 2**).

В исследованных структурах пленки AlN содержат концентрацию Zn $\sim 0,16$ ат.%; концентрация бора в алмазных пленках – $\sim 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Концентрацию легирующих примесей в пленках определяли методом энергетической дисперсионной спектроскопии.

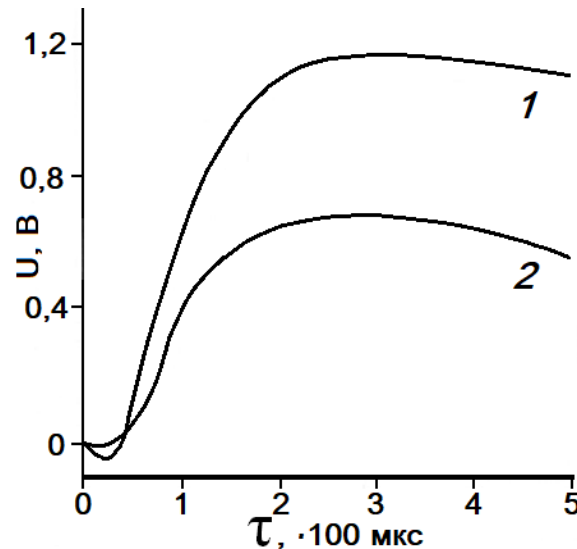


Рис. 5. Напряжение на контактах структуры AlN–алмаз при УФ-облучении .



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Выводы

При воздействии УФ-облучения на контактах (пленка Ti толщиной ~0,2 мкм) слоистой структуры AlN–алмаз, возникло напряжение, величина которого зависела от строения слоев.

Работа поддержана РФФИ (гранты 18-07-00282 А и 18-29-02076 мк).



Спасибо за внимание