

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕАКТИВНОГО ИОННОГО И  
ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ  
АЛМАЗНЫХ ПОКРЫТИЙ**

В.В. Охотников, С.А. Линник, А.В. Гайдайчук

Научный руководитель: к.т.н. С.А. Линник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: vvohotnikov@yandex.ru

**THE RESEARCH OF REACTIVE ION AND PLASMA-CHEMICAL ETCHING EFFECT ON A  
DIAMOND COATINGS SURFACE MORPHOLOGY**

V.V. Okhotnikov, S.A. Linnik, A.V. Gaidaichuk

Scientific Supervisor: Ph.D. S.A. Linnik

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: vvohotnikov@yandex.ru

***Abstract.** The effect of treatment by reactive ion etching in an argon atmosphere, and hydrogen plasma etching in a glow discharge plasma on the surface of the diamond films deposited by CVD method was investigated. Based on the results of the research, changes in the surface morphology of the coatings and phase composition was analyzed, the processes occurring in the processing was researched.*

В последние 10 лет всё более активно развиваются исследования в области использования и применения алмазных покрытий. Этот материал отличается от других наличием большого количества уникальных параметров, необходимых для различных сфер применения, начиная от упрочняющих покрытий, оптических элементов и заканчивая полупроводниковой электроникой [1]. Так алмазные покрытия обладают высочайшей теплопроводностью среди всех известных твёрдых тел, они износоустойчивы, инертны к химическому и радиационному воздействию, а также обладают широкой полосой пропускания оптического излучения от глубокого ультрафиолета до дальнего инфракрасного. Для широкого использования потенциала CVD алмазных пленок, необходимо предварительно провести ряд процессов по обработке их поверхности. В связи со столбчатой структурой роста, при увеличении толщины – морфология таких пленок становится более развитой и хаотичной, что негативно влияет на их применимость в оптике и электронике [1]. Для нивелирования этого эффекта используют различные способы обработки поверхности, такие как: полировка, лазерная абляция и бомбардировка заряженными частицами [2]. При этом, ионное травление считается наиболее перспективной для обработки поверхности алмазных покрытий в виду того, что она позволяет независимо от кривизны образца достаточно эффективно изменять морфологию его поверхности, при этом внося наименее деструктивный вклад в структуру поверхности. Наибольший интерес для изучения представляют процессы реактивного ионного травления и травление в плазме тлеющего разряда. Реактивное ионное травление протекает за счёт физического разрушения поверхности направленными разогнанными инертными частицами аргона

или азота [3]. Травление в плазме тлеющего разряда основано на воздействии разогнанных частиц на плёнку, с одновременным протеканием физического и химического разрушения поверхности [4]. Целью проводимого исследования являются анализ влияния таких методик обработки на поверхность алмазных плёнок.

В ходе работы исследовалась группа образцов из твердого сплава ВК-8 (на основе WC-Co) с алмазным покрытием, осаждёнными с идентичными параметрами в плазме тлеющего разряда [5, 6], параметры осаждения указаны в таблице 1.

Таблица 1

Параметры процессов

Технология	Давление (Торр)	Газ	Мощность (Вт)	Температура подложки (С°)
Осаждение в плазме тлеющего разряда	40	H <sub>2</sub> :CH <sub>4</sub> 9:1	6500	900±25
Травление ионным пучком	10 <sup>-3</sup>	Ar	300	25-50
Травление в плазме тлеющего разряда	40	H <sub>2</sub>	5500	800±25

Для изменения морфологии поверхности использовались методы травления ионными пучками в атмосфере аргона. Вторым методом травления использовалось водородное травление в плазме тлеющего разряда.

Исследование морфологии полученных образцов проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM-515 Philips), оптического микроскопа (CARL ZEISS Axio Imager A2M) и атомно-силового микроскопа (NTEGRA PRIMA NT-MDT). Как видно из рисунка 1а - изначально, плёнка представляла собой множество кристаллитов различной формы и размеров с хаотично расположенными гранями. После обработки ионным травлением образуется ориентированная поверхность, как показано на рисунке 1б. Так как травление проводилось под углом - видна получаемая структура в срезе, также видны оставшиеся треки от ионов и их профиль. Отмечается высокая эффективность травления и устойчивость плёнки – множество кристаллов образует группы с единой поверхностью без разрушения и отслаивания. Рисунок 1с отражает воздействие на плёнку травления в плазме водорода. Поверхность стала более развитой и потеряла кристалличность, появилось множество углублений и вытравленных участков.

Спектр, приведённый на рисунке 2с характерен для монокристаллического алмаза. Ширина линии, характеризующей sp<sup>3</sup>-углерод (1333 см<sup>-1</sup>) не превышает 50 см<sup>-1</sup>, что указывает на отсутствие аморфного sp<sup>3</sup>-углерода. При этом, на спектре, отображающем результаты ионного травления, наблюдается линия паразитного включения, характерного для трансполиацетилена (trans-PA (1450 см<sup>-1</sup>) [7]. Присутствие данной фазы объясняется аморфизацией поверхности под действием ионной бомбардировки, а также проявлению межзёренных фаз. На образцах, подвергшихся травлению в водородной плазме, такой пик отсутствует в виду того, что скорость травления водородом таких включений гораздо выше, чем чистого алмаза. Таким образом, осаждаемые пленки состоят из высококачественного алмаза, сравнимым с чистым монокристаллическим алмазом.

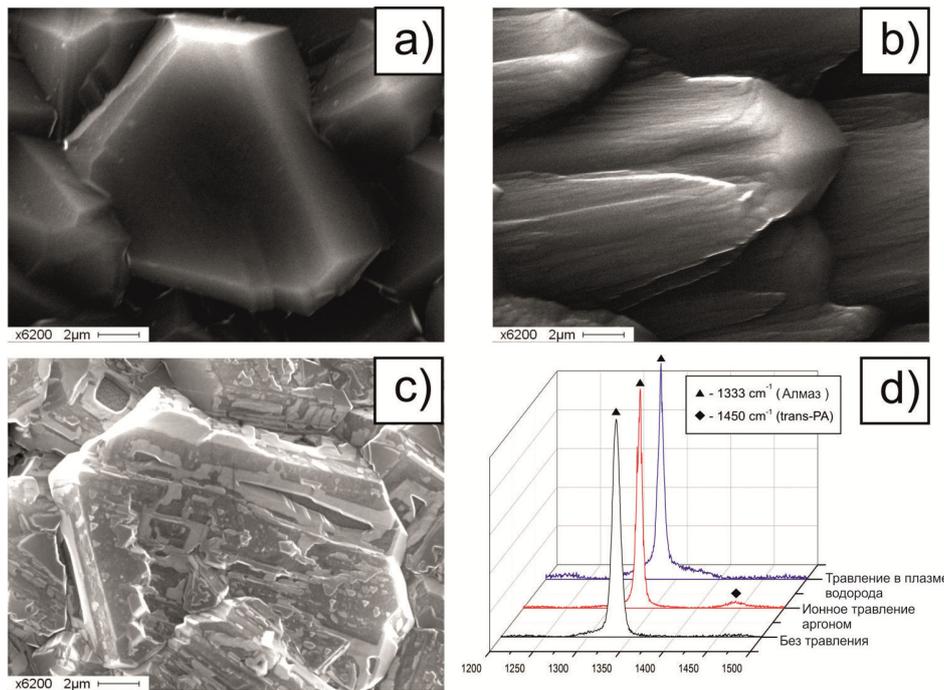


Рис. 1. Морфология поверхности а) нетравленный образец б) травление ионными пучками в) травление в плазме водорода г) рамановские спектры поверхностей алмазных плёнок

В ходе данной работы были получены высококачественные алмазные покрытия, и проанализированы изменения их морфологии в процессе обработки различными типами травления. Ионное травление в атмосфере аргона показало высокую эффективность и равномерность создаваемых ориентированных в пространстве поверхностей без потери свойств плёнки. Обработка в плазме тлеющего разряда в атмосфере водорода, напротив создаёт более развитую и неравномерную поверхность, разрушая кристаллы в наименее устойчивых местах, при этом вытравливая всевозможные неалмазные включения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Asmussen J., Reinhard D. K. Diamond Films Handbook: Marcel Dekker, Inc. New York. Basel, 2002.
2. Komlenok M. S., Kononenko V. V., Ralchenko V. G., Pimenov S. M., Konov V. I. Laser Induced Nanoablation of Diamond Materials // Physics Procedia – 2011 – Т. 12. – С. 37–45.
3. Leech P. W., Reeves G. K., Holland A. Reactive ion etching of diamond in CF<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and Ar-based mixtures // Journal of Materials Science July – 2001 – Т. 36. – № 12. – С. 3453-3459.
4. Villalpando I., John P., Porro S., Wilson J. I. B. Hydrogen plasma etching of diamond films deposited on graphite // Diamond and Related Materials – 2011 – Т. 20. № 5–6. – С. 711–716.
5. Linnik S.A., Gaydaychuk A.V. Synthesis of multilayer polycrystalline diamond films using bias-induced secondary nucleation // Materials Letters – 2015 – Т. 139. – С. 389-392.
6. Matsumoto S, Sato Y, Tsutsumi M, Setaka N. Growth of Diamond Particles from Methane–Hydrogen Gas // Journal of Materials Science – 1982 – Т. 17. – С. 3106-3112
7. Linnik S.A., Gaydaychuk A.V., Baryshnikov E.Y. Deposition of polycrystalline diamond films with a controlled grain size by periodic secondary nucleation // Materials Today: Proceedings – 2016 – in press.