

## ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК НИТРИДА УГЛЕРОДА

Филимонов Н. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Телеш Е. В. – ст. преподаватель

Проведено исследование влияния состава рабочего газа и температуры подложки на спектральные и трибологические характеристики пленок нитрида углерода при синтезе прямым осаждением из ионных пучков метана и азота. Нагрев подложки приводил к снижению пропускания и коэффициента трения.

В 1989 году был предсказан сверхтвердый материал  $\beta$ - $C_3N_4$  схожий по структуре с  $Si_3N_4$ . С тех пор было осуществлено много исследований по формированию покрытий из нитрида углерода методами магнетронного распыления, ВЧ реактивного распыления, ионно-лучевого распыления и др.[1]. Полученные покрытия были аморфными и содержали низкое количество азота, что не обеспечило необходимых параметров по твердости, прозрачности, износостойкости. Покрытия из нитрида углерода могут использоваться для таких областей применения, как износостойкие и противокоррозионные покрытия, в качестве диэлектрических слоев в микроэлектронных устройствах, как оптические покрытия, а также в составе различных композиционных материалов для улучшения свойств, например, металлических, стеклянных и полимерных изделий [2]. Поскольку нитрид углерода является тепло- и химически очень стабильным веществом, он найдет применение во многих областях, как, например, в покрытиях устройств для химических процессов, для усиления ползучести и улучшения характеристик стойкости и/или характеристик твердости различных металлов для различных целей, и т. д. [3].

Все существующие методы получения пленок нитрида углерода можно разделить на две группы. К первой группе относятся способы, основанные на активации химических реакций газов, содержащих азот, с парами соединений, содержащих углерод. Однако эти способы требуют сравнительно высоких температур подложки и специального оборудования. Ко второй группе относятся способы реактивного и физического нанесения пленок в вакууме. Преимуществами вакуумных методов нанесения являются возможность низкотемпературного нанесения и высокая производительность, обусловленная высоким уровнем развития вакуумной напылительной техники.

В данной работе использовался метод прямого осаждения из ионных пучков смеси метана и азота с использованием торцевого холлового ускорителя. Покрытия наносились на неподвижные подложки из кремния КДБ-10, кварца и оптического стекла К-8. Покрытия получали при следующих режимах: остаточный вакуум –  $3,6 \cdot 10^{-3}$  Па, рабочее давление –  $1,06 \cdot 10^{-2}$  Па, напряжение на аноде – 60–80 В; ток разряда – 2 А; ток эмиттера электронов – 13 А, температура подложки – 323–573 К. Нанесение пленок осуществлялось в модернизированной установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017. Толщина покрытий определялась с помощью микроскопа-интерферометра МИИ-4. Толщина пленок составляла 230–370 нм, скорость нанесения – 0,54–1,33 нм/с. На рисунке 1 представлены спектры пропускания и поглощения пленок CN, полученных при давлении азота  $6 \cdot 10^{-2}$  Па (1) и  $3 \cdot 10^{-2}$  Па (2). Температура подложки составляла 323 К.

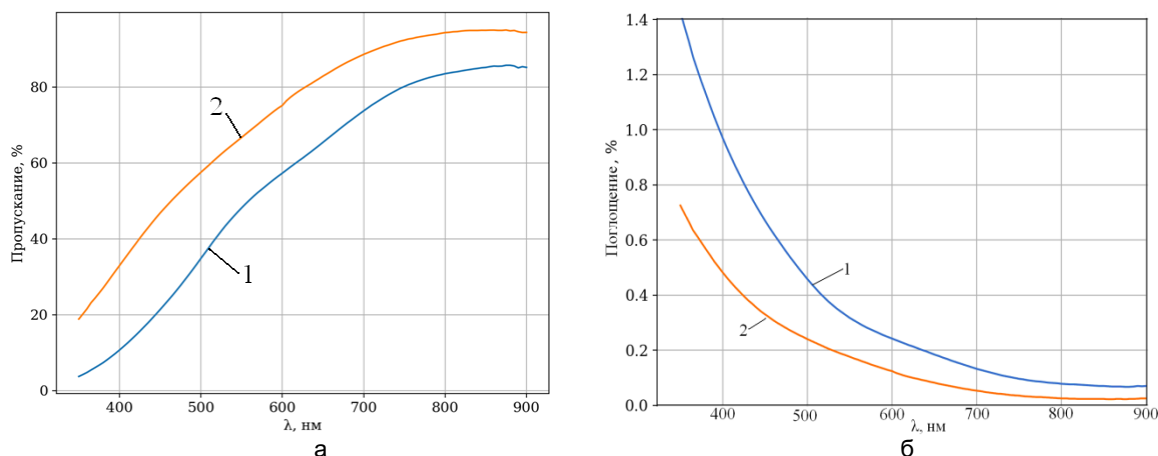


Рисунок 1– Спектральные зависимости пропускания (а) и поглощения (б) пленок CN

На рисунке 2 представлены спектральные зависимости пропускания и поглощения пленок нитрида углерода, полученных при разных температурах подложки. Установлено, что нагрев свыше 373 К приводит к снижению пропускания.

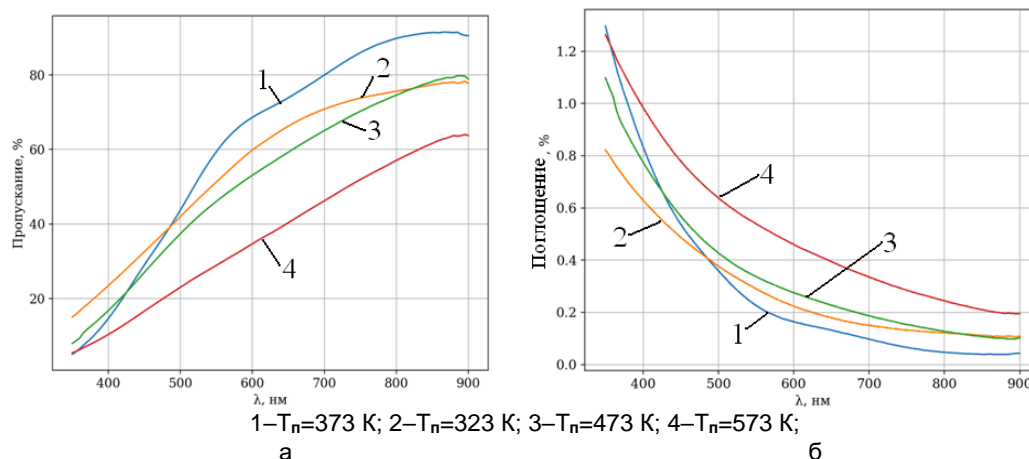


Рисунок 2– Спектральные зависимости пропускания (а) и поглощения (б) пленок CN, полученных при разных температурах подложки

На рисунке 3 представлены ИК спектры пропускания пленок CN, полученных при разных температурах подложки. На спектре имелись три характерные полосы поглощения SiO<sub>2</sub> и четко выраженная полоса поглощения кремниевой подложки с частотой ~ 607 см<sup>-1</sup>. Область поглощения на 700 см<sup>-1</sup> соответствует связанному вне плоскости графитоподобному углероду. Широкая область с меньшим номером волны и максимумом поглощения на 1370 см<sup>-1</sup> представляет собой более разориентированную sp<sup>2</sup>-связанную структуру нитрида углерода.

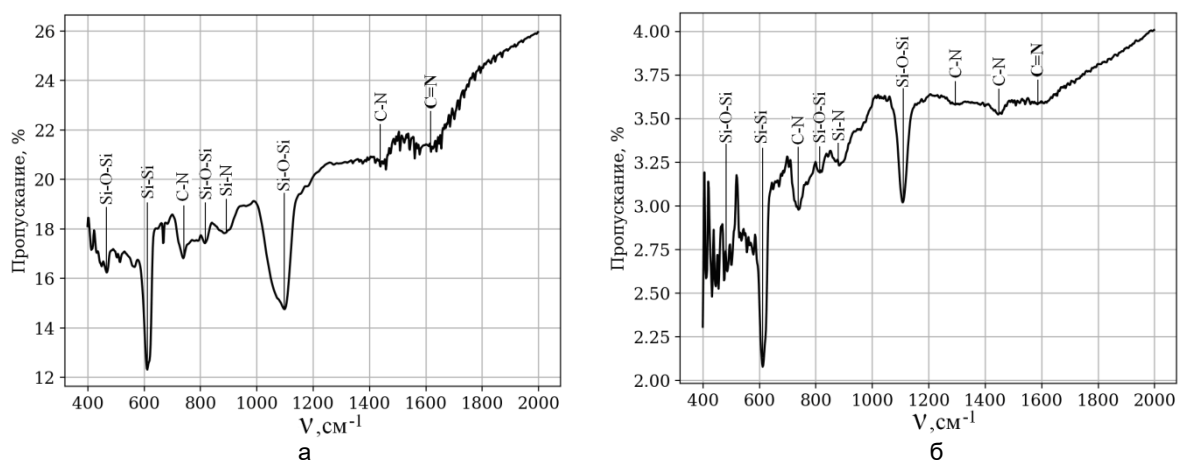


Рисунок 3 – ИК спектры пропускания пленок CN, полученных при T<sub>п</sub>=323 К (а) и при T<sub>п</sub>=573 К (б)

Полученные пленки исследовались на микротвердость по шкале Кнуппа с использованием твердомера фирмы Leica. Установлено, что микротвердость находилась в пределах 1540-1968 НК.

Трибологические характеристики измерялись с использованием микротвердомера МТ– 4. В качестве индентора применяли шарик из стали ШХ15 диаметром 4мм. Нагрузка в условиях сухого трения составляла 0,5Н. Установлено, что коэффициент трения находился в пределах 0,28-0,35 и уменьшался с ростом температуры подложки.

#### Список использованных источников:

1. Li, D. Ionized magnetron sputter deposition of amorphous carbon nitride thin films/ D. Li, S. Lopez, Y.W. Chung, M.S. Wong et al. // Journal of Vacuum Science & Technology.– 1995.– V.13.– №4.– .60–67.
2. Cohen, M.L. Structural, electronic and optical properties of carbon nitride/ Material Science Engineering A.–1995.–V.209.– P. 1–4.
3. Khurshudov, A.G. Tribological properties of carbon nitride overcoat for thin-film magnetic rigid disks/ A.G. Khurshudov, K. Kato// Surface and Coatings Technology.–1996.–V.9. P. 537–542.