

УДК 621.793.2:539.234

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ TiBN РЕАКТИВНЫМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ СОСТАВНОЙ МИШЕНИ

Телеш Е.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Республика Беларусь

Для получения пленочных структур с различными свойствами и для различных целей используется большое многообразие материалов. Покрытия из TiBN обладают уникальным сочетанием экстремальных термомеханических свойств, радиационной стойкости, электрофизических параметров в сочетании с высокой твердостью и прочностью, технологической и коммерческой значимостью [1]. Широко известны примеры эффективного использования TiBN в качестве материалов атомной, химической индустрии, для получения конструкционной керамики, при производстве абразивов, защитных покрытий, износостойких материалов. Эти соединения также примечательны тем, что обладают целым набором свойств, которые необходимы при получении пленочных структур: тугоплавкость, химическая инертность и стойкость, высокие электро- и теплопроводность, износостойкость, пластичность [2].

Формирование покрытий из TiBN осуществляли на модернизированной установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017. В качестве ионного источника использовался двухлучевой плазменный ускоритель с анодным слоем. Вакуумный объем откачивался диффузионным насосом, что обеспечило получение остаточного вакуума  $(2-3) \cdot 10^{-3}$  Па. Покрытия из TiBN наносились на подложки из окисленного кремния, кремния с использованием метода реактивного ионно-лучевого распыления составной мишени Ti/BN в среде аргона и азота. В качестве основного материала мишеней использовались листы титана марки BT1-0 ГОСТ 19807-91. Размер листа составлял 45 x 45 x 1 мм. В качестве второго материала использовались пластины пиролитического нитрида бора марки ВП ТУ 6-02-669-83 толщиной 1,5 мм. Массовая доля бора составляла 43–44 %, азота – 56–57 %. Для монтажа пластин нитрида бора на поверхность мишени из титана использовалось ультразвуковое лужение и пайка припоем Sn-10 % Zn. Внешний вид полученных мишеней показан на рисунке 1.

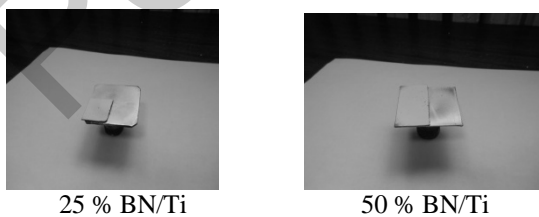


Рисунок 1 – Внешний вид составных мишеней

Исследованы процессы взаимодействия ионов аргона и азота с составными мишенями.

Установлено, что при распылении мишени 25 % BN/Ti ионами аргона скорость нанесения составляла 0,20 нм/с, а при распылении мишени 50 % BN/Ti – 0,22 нм/с. При распылении мишеней ионами аргона и азота происходило снижение скорости нанесения до 0,12 нм/с (25 % BN/Ti) и 0,17 нм/с (50 % BN/Ti) при парциальном давлении азота  $2,66 \cdot 10^{-2}$  Па (рисунок 2).

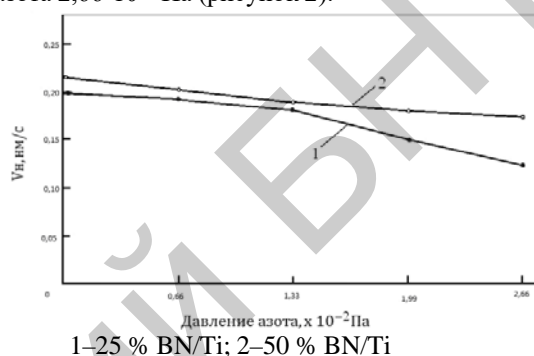


Рисунок 2 – Влияние парциального давления азота на скорость нанесения покрытий из TiBN

Уменьшение скорости нанесения при росте содержания азота в рабочем газе можно объяснить меньшим коэффициентом распыления по сравнению с аргоном.

Установлено, что с ростом парциального давления азота в рабочем газе происходит увеличение удельного объемного сопротивления. Это можно объяснить тем, что при повышении давления азота повышается соотношение BN/Ti в покрытии, что приводит к росту удельного сопротивления (рисунок 3).

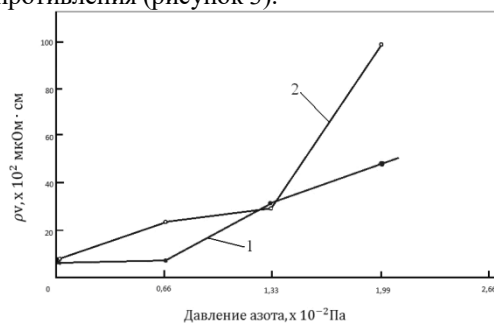


Рисунок 3 – Влияние парциального давления азота на удельное объемное сопротивление покрытий из TiBN

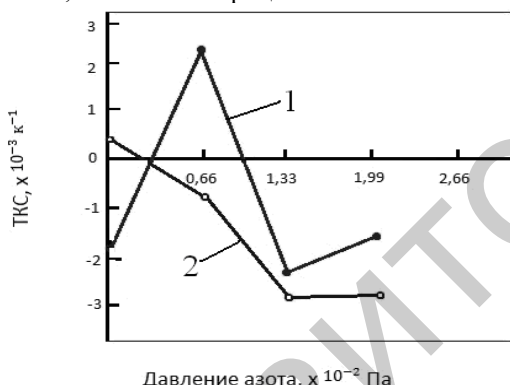
Распыление мишени 50 % BN/Ti привело к более высокому уровню  $\rho_v$  – при давлении азота  $2,66 \cdot 10^{-2}$  Па его не удалось измерить с использованием измерителя ИУС-3. Покрытия, нанесенные при высоких парциальных давлениях

азота меняли также свою окраску – со светло-серой металлической на радужную.

Температура подложки варьировалась от 313 до 673 К, давление азота составляло  $1,33 \cdot 10^{-2}$  Па. Исходя из графика, приведённого на рисунке 4,  $\rho_v$  покрытий из TiBN значительно зависит от температуры подложки. Это можно объяснить некоторым ростом зерна, уплотнением структуры покрытия, десорбцией аргона и активных газов из пленки. Установлено, что покрытия, полученные распылением составной мишени 50 % BN/Ti, показали меньшее сопротивление.

На рисунке 4 представлена зависимость ТКС пленок TiBN от парциального давления азота. Покрытия наносились при и температуре подложки – 313 К.

Для покрытий, полученных распылением составной мишени 25 % BN/Ti, ТКС имеет знакопеременные значения. Увеличение давления выше  $0,66 \cdot 10^{-2}$  Па приводит к снижению уровня ТКС и переход в отрицательную область. Это можно связать с ростом диэлектрической фазы BN, наличие которой способствует механизму токопереноса путем туннелирования электронов через диэлектрический барьер. Для покрытий, полученных распылением составной мишени 50 % BN/Ti, ТКС имеет отрицательные значения.



1–25 % BN/Ti; 2–50 % BN/Ti

Рисунок 4 – Зависимость ТКС пленок TiBN от парциального давления азота

УДК 621.382.002

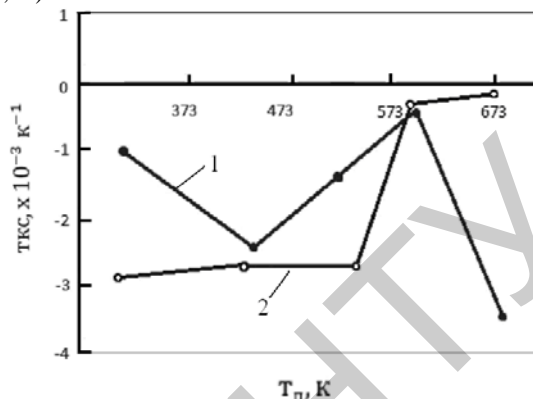
### ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК SiOF РЕАКТИВНЫМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ КВАРЦЕВОЙ МИШЕНИ

Телеш Е.В., Гуревич О.В., Юшкевич С.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь

Развитие микроэлектроники требует применения для межуровневой изоляции диэлектрических слоёв с низким значением диэлектрической проницаемости. Это необходимо для уменьшения потребляемой мощности и увеличения быстродействия в сверхбольших интегральных схемах с раз-

На рисунке 5 представлена зависимость ТКС пленок TiBN от температуры подложки. Парциальное давление азота составляло  $(1,0-1,33) \cdot 10^{-2}$  Па.



1–25 % BN/Ti; 2–50 % BN/Ti

Рисунок 5 – Зависимость ТКС пленок TiBN от температуры подложки

При увеличении температуры подложки ТКС пленок уменьшается и достигает минимума  $\sim 0,3 \cdot 10^{-3}$  К $^{-1}$  при  $T_{п} \sim 600$  К.

Следует отметить, что ТКС у TiBN имеют отрицательный знак и относительно небольшую величину, что делает эти материалы весьма перспективными для производства стабильных тонкопленочных резисторов.

#### Литература

- Garcia-Gonzalez, L. Structure and mechanical properties of TiBN coatings fabricated by dc reactive sputtering technique / L. Garcia-Gonzalez, J. Hernandez-Torres, P.J. Garcia-Ramirez, J. Martinez-Castillo, A. Saucedo, A.L. Herrera-May, F.J. Espinoza-Beltran // Journal of Materials Processing Technology.–2007.– V. 186. – PP. 362–366.
- Mollart, T.P. Nanostructured titaniumboronitride coatings of very high hardness / T.P. Mollart, M. Baker, J. Haupt, A. Steiner, P. Hammer, W. Gissler. // Surface and coatings technology. – 1995. – V.74–75. – P. 491–496.

мерами элементов менее 0,25 мкм [1]. Традиционные диэлектрики, например SiO<sub>2</sub>, имеют  $\epsilon=3,9$  и выше, что не удовлетворяет современным требованиям. Для снижения диэлектрической проницаемости плёнок диоксида кремния применяют насыщение их фтором [2]. В данной работе фторированные плёнки диоксида кремния формировались