

## НАНЕСЕНИЕ ПЛЕНОК ТАНТАЛАТА-НИОБАТА СТРОНЦИЯ-ВИСМУТА В OFF-AXIS КОНФИГУРАЦИИ

Голосов А. Д., Аюпов В. А., Шамшуров П. Ю.

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

Завадский С. М. – к.т.н., доцент

Метод магнетронного нанесения тонких пленок на подложки в вакууме давно и прочно заняло свое место в получении функциональных покрытий, как в микроэлектронике, так и в других отраслях промышленности [1]. В настоящее время эта технология лидирует среди всех других вакуумных методов получения тонкопленочных структур. В микроэлектронике метод стал использоваться не только для формирования слоев металлизации, но и для получения функциональных компонентных пленок оксидов и нитридов, и многокомпонентных тонких пленок (сегнетоэлектриков, магниторезистивных тонких пленок и т.д.) [2]. Однако главной проблемой метода является сложность нанесения многокомпонентных тонких пленок, которая определяется проблемами стехиометрии пленки, что связано с многокомпонентностью распыляемых материалов, термализацией распыленных атомов и неравновесными условиями процесса их конденсации.

Главной причиной нарушения состав наносимых пленок является ионная бомбардировка растущей пленки. В случае ВЧ разряда область плотной плазмы распространяется к подложке, что вызывает более интенсивную бомбардировку растущей пленки заряженными частицами. К числу бомбардирующих пленку частиц относятся электроны, ускоренные в поле мишени; ионы, ускоренные в поле плавающего потенциала подложки; отраженные от мишени и нейтрализованные первичные ионы; нейтральные частицы, возникающие в результате обменных процессов. Бомбардировка растущей пленки нарушает стехиометрию в области близкой к оси магнетрона и напротив зоны распыления. Особенно этот эффект проявляется при нанесении многокомпонентных тонких пленок (сверхпроводников, прозрачных проводящих оксидов и сегнетоэлектриков и т.д.). Для снижения уровня ионной бомбардировки растущей пленки предложена off-axis конфигурация нанесения тонких пленок (рисунок 1), при которой магнетронная распылительная система располагается под углом к оси вращающейся подложки. В данной конфигурации нанесение пленок производится за счет бокового потока распыленных нейтральных частиц. При этом направленный перпендикулярно мишени поток заряженных частиц практически не попадает на растущую пленку. Такая конфигурация позволяет значительно снизить воздействие потока заряженных частиц на растущую пленку и уменьшить неравномерность распределения компонентного состава пленки танталата-ниобата стронция-висмута SBTN.

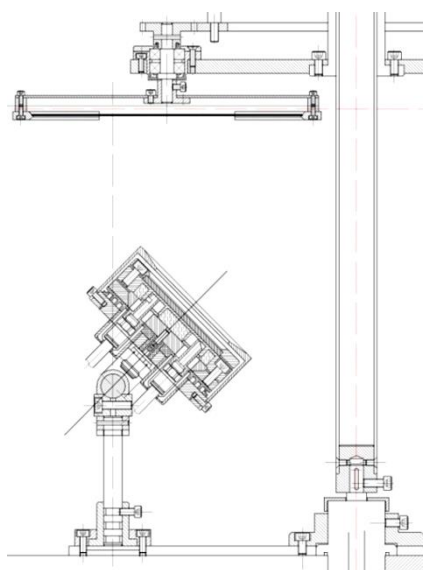


Рисунок 1 – Off-axis конфигурация нанесения тонких пленок SBTN

Проведены исследования профилей распределения толщины пленок SBTN, нанесенных при традиционной конфигурации процесса (подложка размещается на оси магнетрона параллельно мишени) и off-axis конфигурации процесса. Пленки наносились методом ВЧ магнетронного

распыления SBTN мишени  $\varnothing 80$  мм магнетроном MARS.080. В процессе нанесения расход рабочих газов составлял  $Q_{Ar} = 25$  мл/мин,  $Q_{O_2} = 15$  мл/мин, мощность падающей и отраженной волны составляли, соответственно,  $P_F = 153$  Вт,  $P_R = 4,8$  Вт. Пленка наносилась на подложку  $\varnothing 150$  мм. Время нанесения составляло 180 мин. При нанесении в традиционной конфигурации процесса (расстояние мишень – подложка 100 мм) неравномерность толщины нанесенной пленки составила порядка  $\pm 30\%$  (рисунок 1). Установлено, что профиль распределения толщины имел неомогенный характер. В центре зоны распыления скорость нанесения значительно превышала скорость нанесения, характерную для распыления на постоянном токе. Это является следствием формирования потока заряженных ионов распыленных атомов, имеющих направленное движение под действием электрического поля.

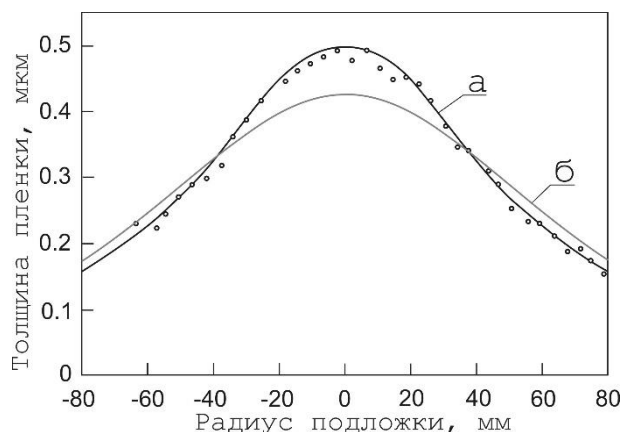


Рисунок 1. Распределение толщины нанесенной пленки при распылении SBTN мишени магнетроном MARS.080 а – результаты экспериментальных исследований, б – рассчитанный профиль распределения толщины при использовании косинусного закона распыления

Также получены профили распределения скорости нанесения при off-axis конфигурации процесса (рисунок 2). В данной конфигурации ось подложки заходит за центр мишени примерно на 20 мм. Установлено, что в off-axis конфигурации средняя скорость нанесения составила 0.7 нм/мин. Неравномерность толщины пленки на подложке  $\varnothing 150$  мм составила  $\pm 26\%$ . При этом на профиле распределения толщины отсутствовал горб, что свидетельствует об отсутствии влияния потока заряженных ионов распыленных атомов. Таким образом, применение off-axis конфигурации позволило увеличить равномерность толщины пленки и значительно снизить влияние ионной бомбардировки на рост пленок SBTN.

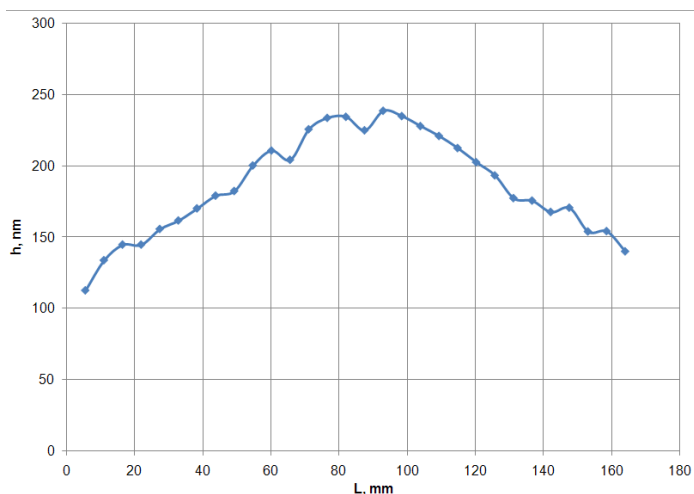


Рисунок 2 – Распределение толщины пленки SBTN при off-axis конфигурации процесса

**Список использованных источников:**

1. Materials surface processing by directed energy techniques / Edited by Y. Pauleau. – Elsevier Ltd, 2006. – 722 p.
2. Kelly, P. J. Magnetron sputtering: a recent developments and applications / P. J. Kelly, R. D. Arnell // Vacuum. – 2000. – Vol. 56. – P. 159–172.