

МИКРОСТРУКТУРА ТОНКИХ ПЛЕНОК ВИСМУТА

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

*Ст. Д.А. Шепилов
Рук. асп. А.С. Асеев*

Известно, что условия изготовления тонких пленок в значительной степени влияют на их электрофизические свойства. В первую очередь это обусловлено различными дефектами структуры, наличием преимущественного ориентирования плоскостей кристаллитов, то есть текстуры. Поскольку плотность дефектов, их тип и распределение меняются, меняется и характер рассеяния носителей заряда на таких дефектах. Поэтому представляется интересным выяснить, в какой степени на структуру и свойства влияют механизм кристаллизации в ходе конденсации, в каком диапазоне толщин проявляется «эффект толщины», насколько важны различные физико-технологические параметры процессов испарения и конденсации в вакууме. В данной работе сделан обзор публикаций по изучению структурного состояния пленок висмута.

На основании общих соображений и результатов экспериментальных исследований вакуумных конденсатов разнообразных материалов – металлов, сплавов, полупроводников и диэлектриков – на нейтральной подложке Палатником и Косевичем была высказана идея о существовании двух механизмов конденсации: пар \rightarrow кристалл (ПК) и пар \rightarrow жидкость (кристалл) (ПЖ(К)). Идея исходила прежде всего из того экспериментального факта, что, судя по форме зародышевых частиц, которая наблюдалась в оптическом или электронном микроскопе (ограниченные микрокристаллики, или микрокапельки), осаждаемая фаза конденсируется в одном из двух агрегатных состояний кристаллическом или жидком.

Формы роста частиц вакуумных конденсатов висмута различны в зависимости от температуры подложки $T_{пл}$, на которой и образуется пленка. При температурах $T_{п} > \frac{2}{3} T_{пл}$, частицы в большинстве случаев приобретали совершенно или почти сферическую форму. При $T_{п} > \frac{2}{3} T_{пл}$ висмут конденсируется в частицы с кристаллографической гранкой в виде объемных многогранников, образовавшихся путем кристаллизации жидких капель. При $T_{п} < \frac{2}{3} T_{пл}$ частицы висмута

плоские и стелятся по подложке. Внутри частиц выявляются границы зерен и дефекты кристаллического строения.

Рост пленок висмута при температуре подложки от комнатной и выше происходит с коалесценцией. Характерной особенностью кристаллизации висмута на слюде является совпадение кристаллографической ориентации зародышей пленки висмута и текстуры коалесценции висмута. Грабов с коллегами методом атомно-силовой микроскопии обнаружил, что на поверхности пленок висмута на подложках из слюды, полученных при температуре подложек T_p выше 50°C , выделяются два типа структурных неоднородностей: трехмерные выпуклые образования в виде бугорков и треугольная текстура фигур роста пленки. Характерные размеры бугорков зависели от режима получения пленки и от ее толщины и достигали высоты над поверхностью, примерно равной толщине пленки и в большинстве случаев принимали значения в интервале: высота – от 100 до 400 нм, диаметр основания – в диапазоне от 400 до 1500 нм. Статистический анализ показал, что при различных размерах форма бугорков сохранялась. Треугольная текстура представляла собой фигуры роста, отражающие кристаллическую структуру висмута, фигуры роста в большинстве случаев представляют собой плоские треугольники, выступающие на 2 – 20 нм и заполняющие всю поверхность пленки.

Несколько другую структуру имеет поверхность пленок висмута, полученных на слюде при температуре подложки, близкой к комнатной. На сканах АСМ пленки висмута толщиной 300 нм, полученной при температуре подложки 20°C без отжига, отчетливо видны кристаллиты, имеющие конфигурацию зародышей различной формы и ориентации, с размерами 200 – 500 нм.

При низких температурах подложки реализуется механизм послойного наращивания и пленка представляет собой совокупность неупорядоченных кристаллитов. Поэтому пленки висмута, полученные при температуре подложки, близкой к комнатной, и не подвергавшиеся отжигу, имеют мелкокристаллическую структуру при отсутствии корреляции в кристаллографической ориентации отдельных кристаллитов, а образований, похожих на бугорки, не наблюдается.

Таким образом, при создании пленочных материалов с заданными свойствами совершенно необходимо изучение основных закономерностей изменения свойств тонких пленок, поскольку условия изготовления тонких пленок в значительной степени влияют на их электрофизические свойства.