

Особенности электрических свойств в тонких металлических пленках

МНТ-09

Андрейцев И.А.

Введение

Тонкие пленки- это слой материала, толщина которого находится в диапазоне от долей нанометра до не сколько микрон.

Тонкие плёнки могут быть твёрдыми или жидкими (реже — газообразными). Состав, структура и свойства тонких плёнок могут отличаться от таковых для объемной фазы, из которой образовалась тонкая плёнка. К твёрдым тонким пленкам относятся оксидные плёнки на поверхности металлов и искусственные плёночные покрытия, формируемые на различных материалах с целью создания приборов микроэлектроники, предотвращения коррозии, улучшения внешнего вида и т. п.

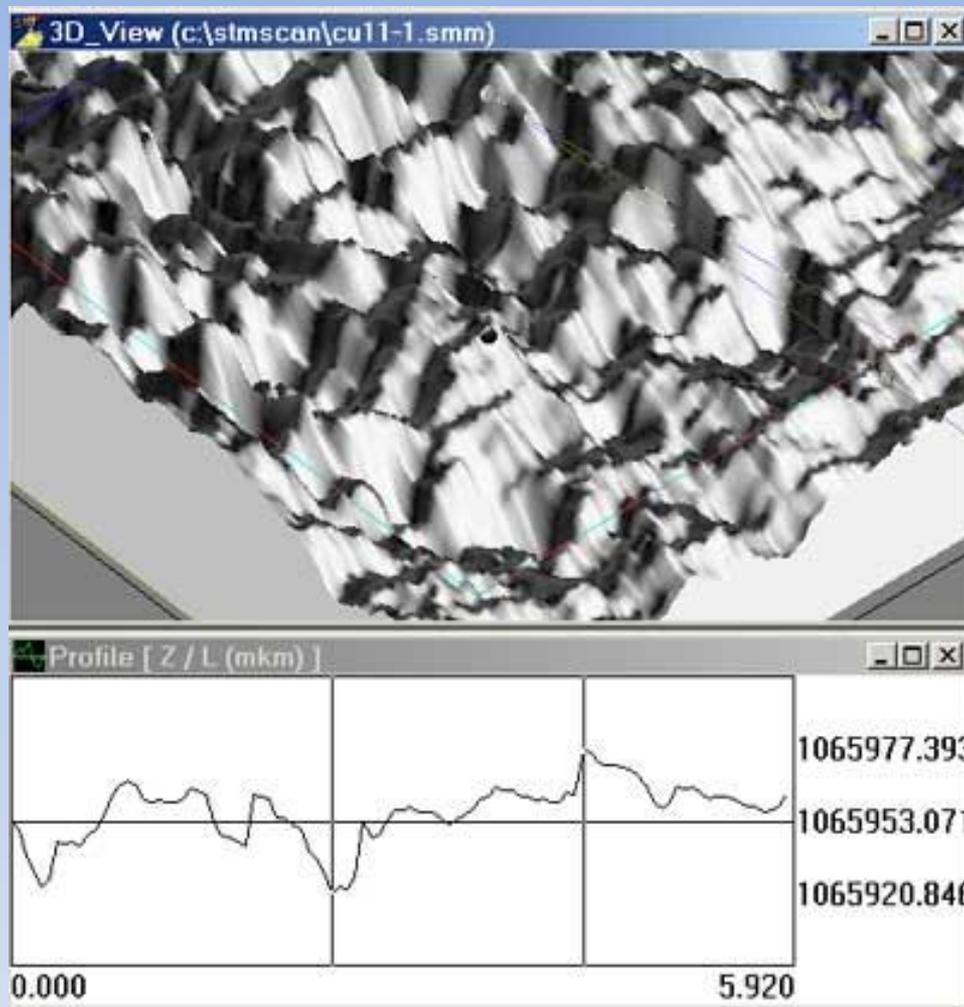
Применение и использование тонких пленок

- На базе использования плёнок возникли такие направления в технике как тонкоплёночная электроника, специальные разделы оптики.
- Тонкие пленки широко применяются в качестве упрочняющих, светоотражающих, проводящих и диэлектрических покрытий.
- Металлические плёнки широко используются в микроэлектронике в качестве межсоединений, контактных площадок, обкладок конденсаторов, магнитных и резистивных элементов интегральных схем.

Пример: Медная пленка

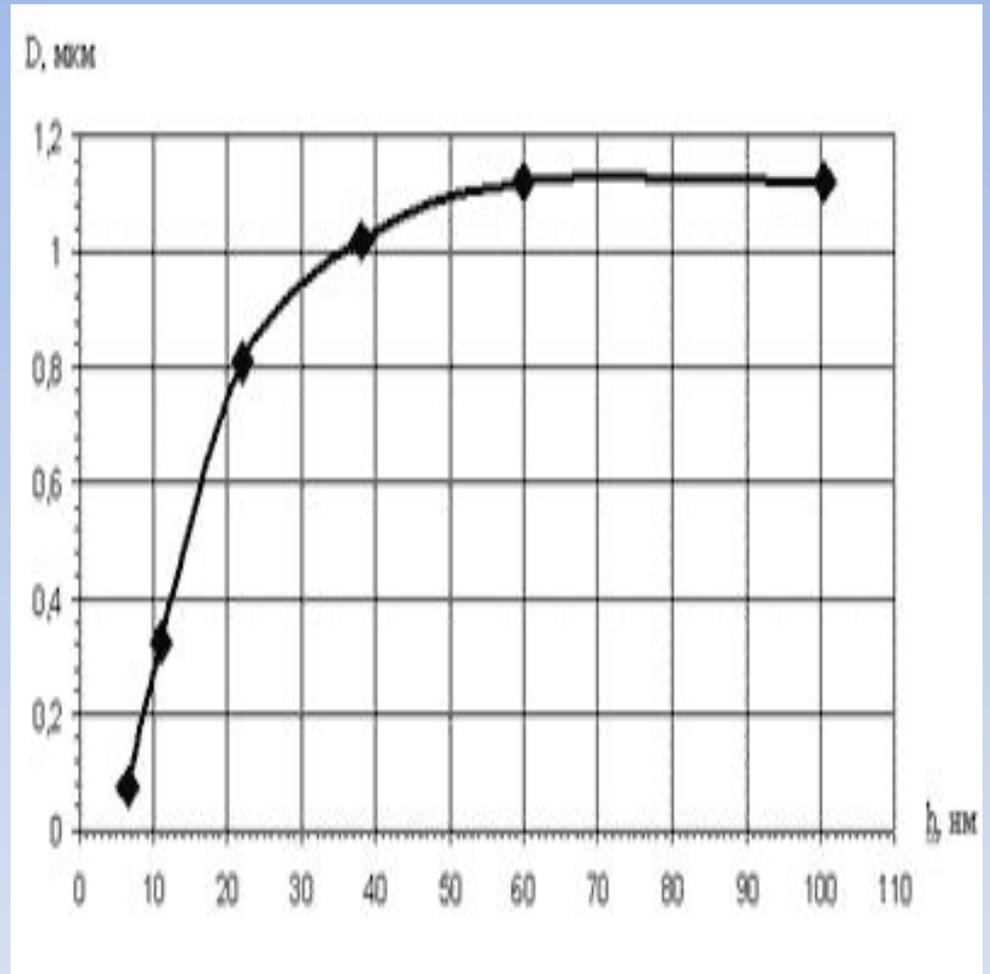
Изучение рельефа осуществлялось с помощью туннельного микроскопа, который помимо трехмерного изображения поверхности позволяет получить профилограмму в любом произвольном сечении.

Профилограммы позволяют количественно оценить характер рельефа поверхности. С использованием профилограмм был рассчитан средний размер кристаллитов в поверхностном слое пленки. Условно за размер кристаллита была принята его ширина по средней линии профилограммы, т.е. в поперечном (параллельно поверхности плёнки) сечении.



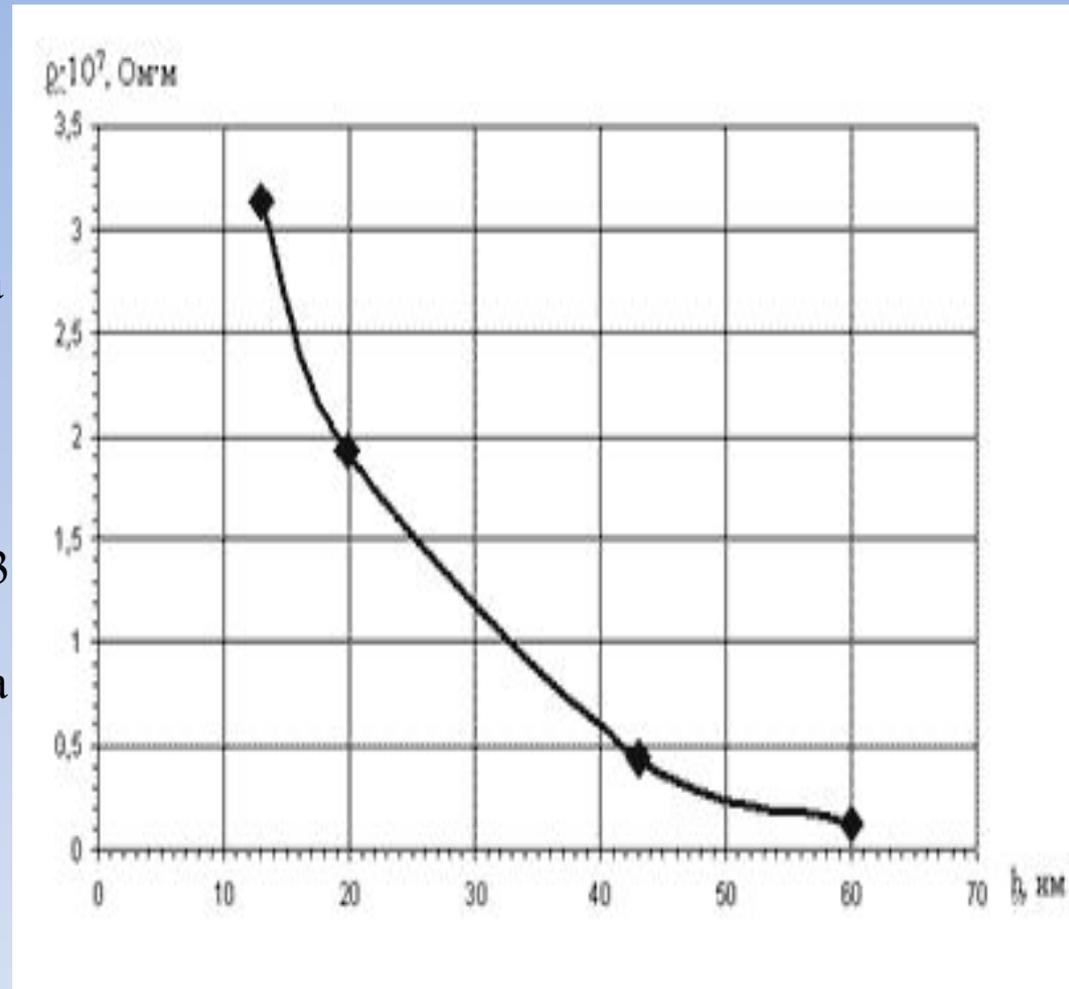
Зависимость среднего размера кристалла(D) от толщины пленки(h)

Увеличение размера кристаллитов наблюдается с ростом толщины пленки до 60 нм. Далее размер кристаллитов остается практически постоянным



Зависимость удельного электрического сопротивления от толщины медной пленки

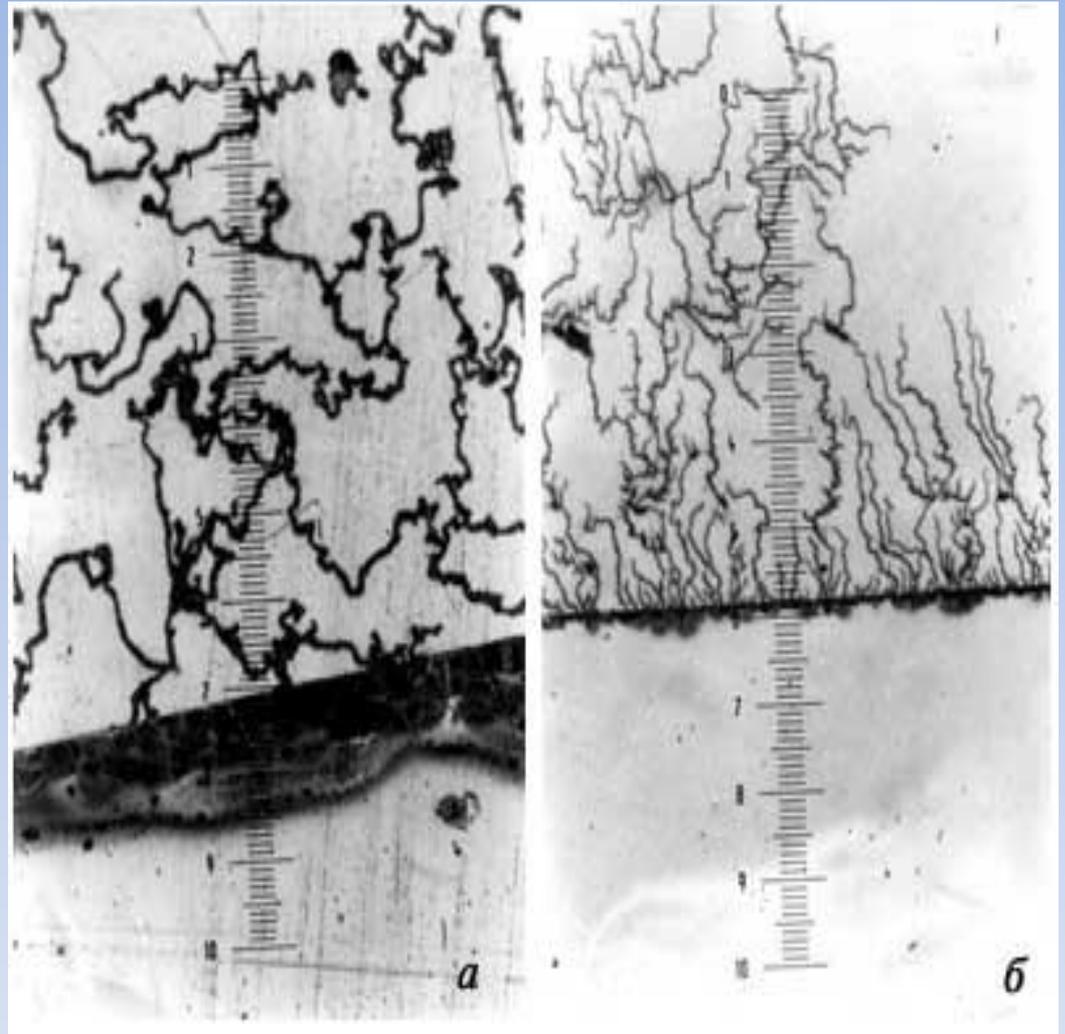
При толщинах пленки менее 60 нм ее с полным основанием можно относить к разряду "тонких" пленок, т.к. константа материала - удельное электрическое сопротивление оказывается зависимым от толщины пленки. С ее уменьшением резко возрастает электрическое сопротивление. При толщине пленки 13 нм удельное электрическое сопротивление становится более чем на порядок выше в сравнении с "толстой" пленкой. Высокое электрическое сопротивление "тонких" пленок обуславливается дополнительным рассеянием электронов на границах пленок, если толщина их соизмерима с длиной свободного пробега электронов проводимости.



Испытания на электрический пробой

Характер разрушения пленок наблюдался с использованием оптического микроскопа. Установлено, что "тонкие" пленки разрушаются по механизму электрического пробоя диэлектрика. В этой же связи интересно отметить, что "тонкие" плёнки подобно диэлектрикам являются оптически прозрачными. При электрическом разрушении "тонких" плёнок наблюдаются тепловой пробой (1) и поверхностный пробой (2).

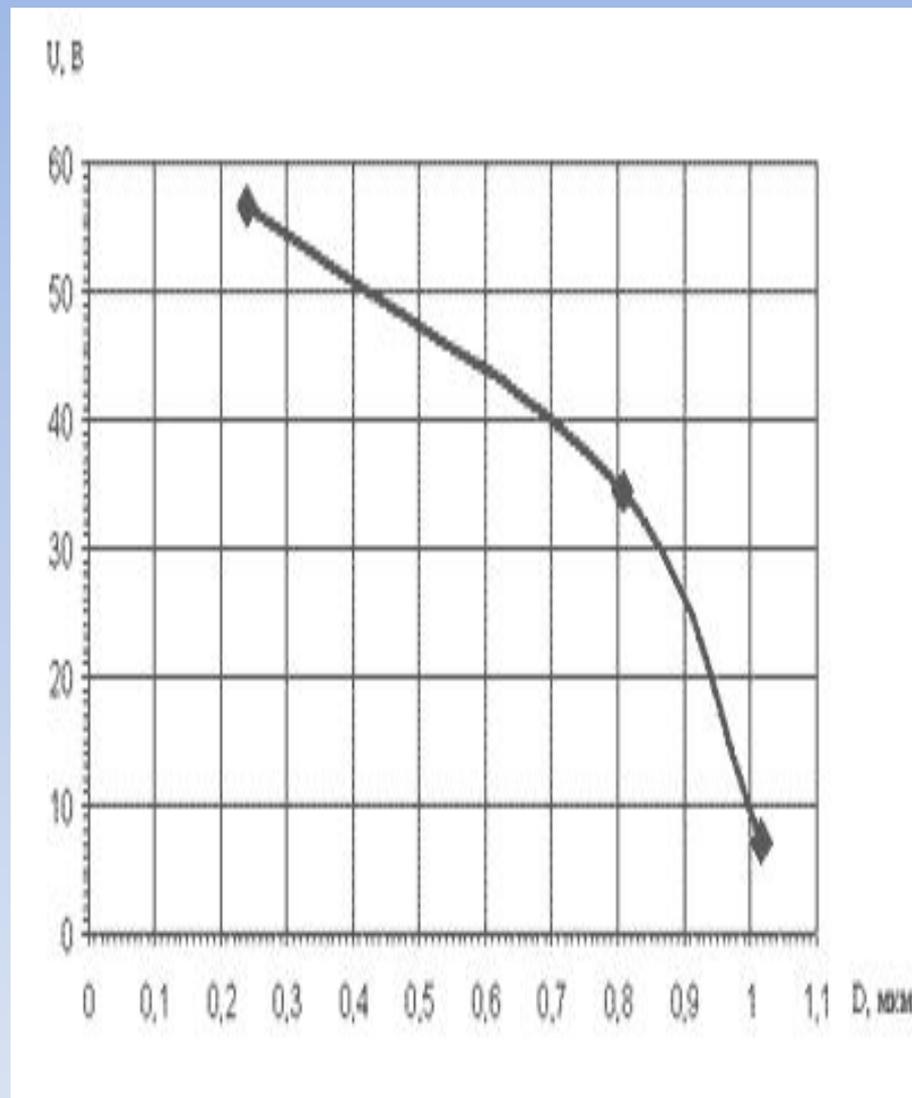
а - толщина плёнки 13 нм,
б - толщина плёнки 43 нм.



Напряжение поверхностного пробоя зависит от структуры пленки

Чем меньше средний размер кристаллитов и соответственно толщина пленки, тем выше ее электрическое сопротивление, тем ближе она по характеристикам пробоя приближается к диэлектрикам, т. е. чтобы произошел пробой, необходимо приложить большее напряжение.

У "толстых" пленок (60 нм и выше) поверхностный пробой отсутствует



Выводы

1. Установлено, что размер кристаллитов "тонких" плёнок, в отличие от "толстых" зависит от их толщины.
2. "Тонкие" плёнки меди, алюминия и никеля, имеющие нанометровые размеры толщин, существенно отличаются по величине удельного электрического сопротивления от обычных массивных материалов. Удельное электрическое сопротивление "тонких" плёнок зависит от масштабного фактора - толщины плёнок и с её уменьшением может превышать удельное электрическое сопротивление металлов на порядок и выше.
3. В ряде случаев "тонкие" плёнки ведут себя аналогично диэлектрикам. Подобно последним, они являются оптически прозрачными и разрушаются под воздействием электрического тока путём поверхностного и теплового пробоев.
4. Напряжение поверхностного пробоя и характер разрушений "тонких" металлических плёнок зависят от удельного электрического сопротивления материала и размера кристаллитов поверхностного слоя пленки. Чем меньше размер кристаллитов и выше удельное электрическое сопротивление, тем напряжение пробоя больше.