

ОСАЖДЕНИЕ В СВЧ ПЛАЗМЕ АМОРФНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК С ВКЛЮЧЕНИЯМИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ С МАЛЫМ РАДИУСОМ КРИВИЗНЫ

С. В. Редькин

*Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН.
Россия, 142432, Московская область, г. Черноголовка. E-mail: rsv@ipmt-hpm.ac.ru*

Данная работа является продолжением исследований по осаждению диэлектрических покрытий на металлические (вольфрам, молибден, нержавеющая сталь, титан и др.) поверхности с малым радиусом кривизны (иглы, зонды), которые возможно применять при разработке методик электронно-микроскопических исследований и контроля твердотельных электронных приборов с субмикронными и нано- размерами топологических элементов, физических исследований (диагностика плазмы), различных технологических применений (датчики окончания процессов в производстве микроэлектронных приборов), приборостроении (различные микросенсоры), медицине и медицинской промышленности (зонды, датчики температуры, специальный инструмент).

Введение в аморфное диэлектрическое покрытие кристаллической фазы позволяет использовать его как абразивное при обработке различных объектов с меньшей твердостью. Это и было продемонстрировано нами на примере создания специального медицинского инструмента для "чистки" сосудов (артерий) – гибкого вала с утолщением на одном из концов (рис. 1).



Рис. 1. Утолщение гибкого вала



Рис.2. Гибкий вал

Вал диаметром 0.8-1 мм.(рис. 2) свит из двух проволок диаметром 0.1 мм.. Утолщения имеют диаметр 2 – 6 мм.. Рабочими поверхностями являются внешние поверхности этих утолщений гибких валов. На них и наносилось абразивное диэлектрическое покрытие.

Все эксперименты проводились на разработанной нами установке, представленной на рисунке 3. Схема установки представлена на рисунке 4.

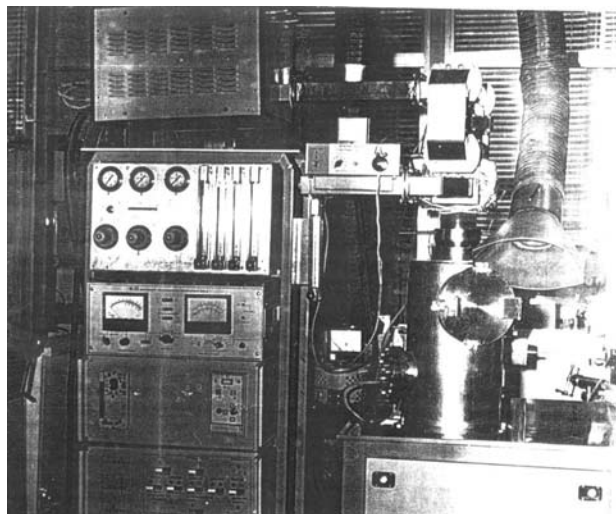


Рис.3. Общий вид экспериментальной установки

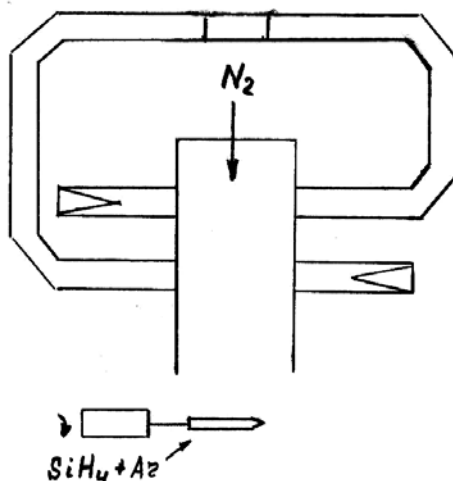


Рис. 4. Схема экспериментальной установки

В настоящей работе преимущественно осаждались слои нитрида кремния (Si_3N_4) и диоксида кремния (SiO_2). В качестве плазмообразующего газа использовался азот (N_2) и кислород (O_2), а в качестве кремнийсодержащего – 5% раствор моносилана (SiH_4) в аргоне (Ar). В качестве кристаллической фазы использовались фрагменты монокристаллов кварца (SiO_2).

Одним из элементов разработанной технологии нанесения покрытий с высокими плотностью и адгезией является равномерный прогрев образцов, который мы осуществляли с помощью ИК-излучения. Высокая равномерность по толщине наносимых покрытий ($0.1 \div 2.5$ мкм) достигается за счет вращения объектов обработки вокруг продольной оси. Особенностью установки и технологии является то, что поток ИК-излучения и плазменный поток направлены навстречу друг другу, а кремнийсодержащий газ направлен вдоль поверхности, на которую наносится покрытие, очень тонким потоком с малым расходом. Диапазон температур в котором диэлектрические покрытия имели высокие плотность и адгезию составлял $80 \div 200^\circ\text{C}$. Для фиксации (в начальный момент) на металлической поверхности кристаллической фазы на неё подавался положительный потенциал. На рисунке 5 показаны зафиксированные на металлической поверхности фрагменты кристаллов, которые в последующем заращиваются аморфной фазой Si_3N_4 или SiO_2 и окончательно диэлектрическое покрытие выглядит как показано на рисунке 6.

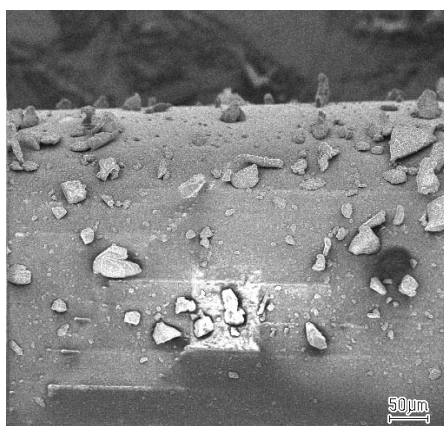


Рис.5. Зафиксированные фрагменты кристаллов на металлической поверхности

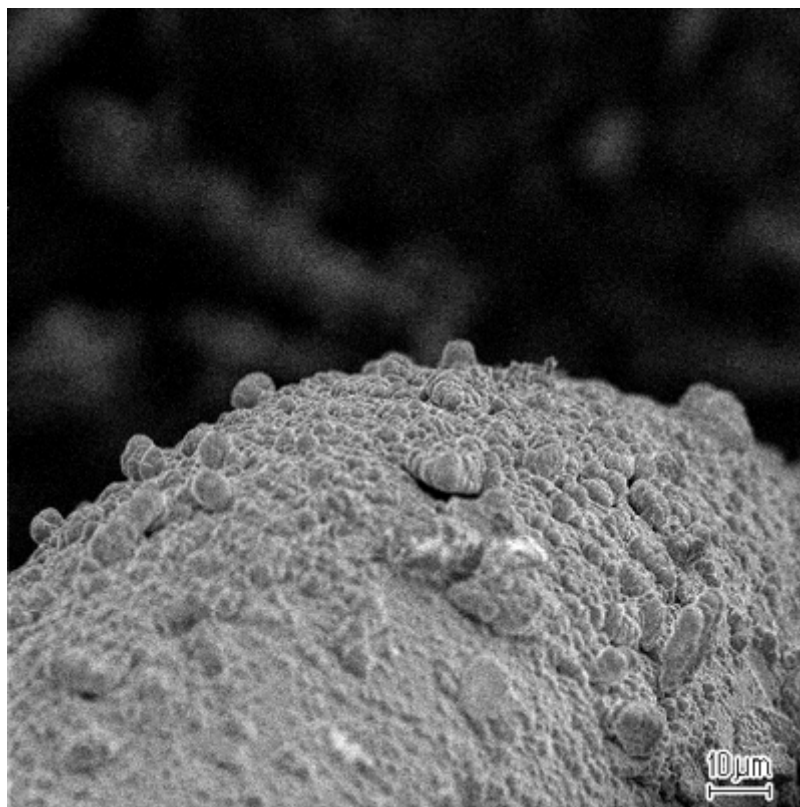


Рис. 6. Покрытие с включениями кристаллической фазы

На рисунке 7 представлен одиночный фрагмент монокристалла "закрепленный" в аморфной пленке Si_3N_4 , а на рисунке 8 показана рабочая поверхность утолщений гибкого вала после осаждения абразивного диэлектрического покрытия.

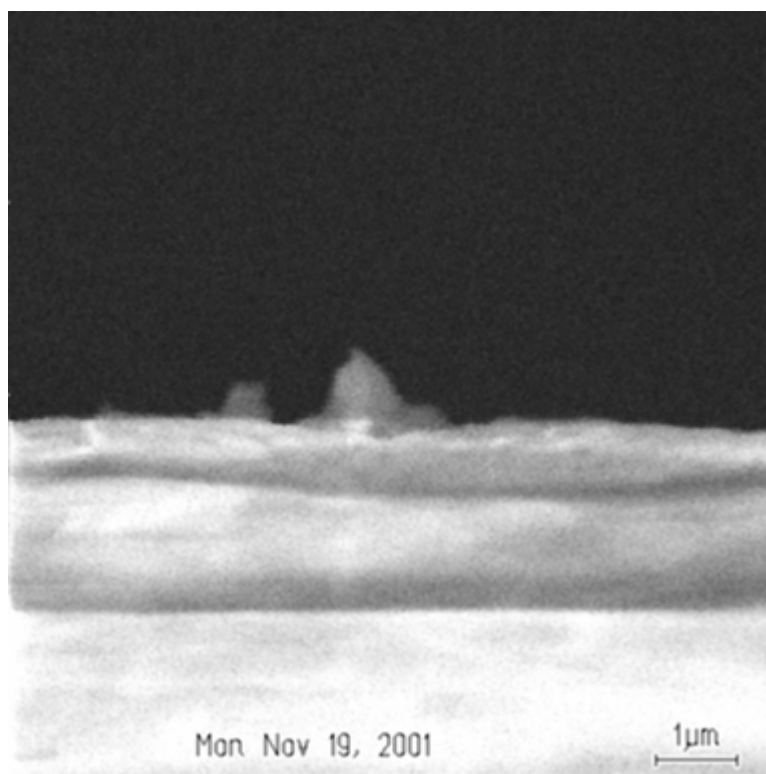


Рис. 7. Фрагмент монокристалла в аморфной пленке

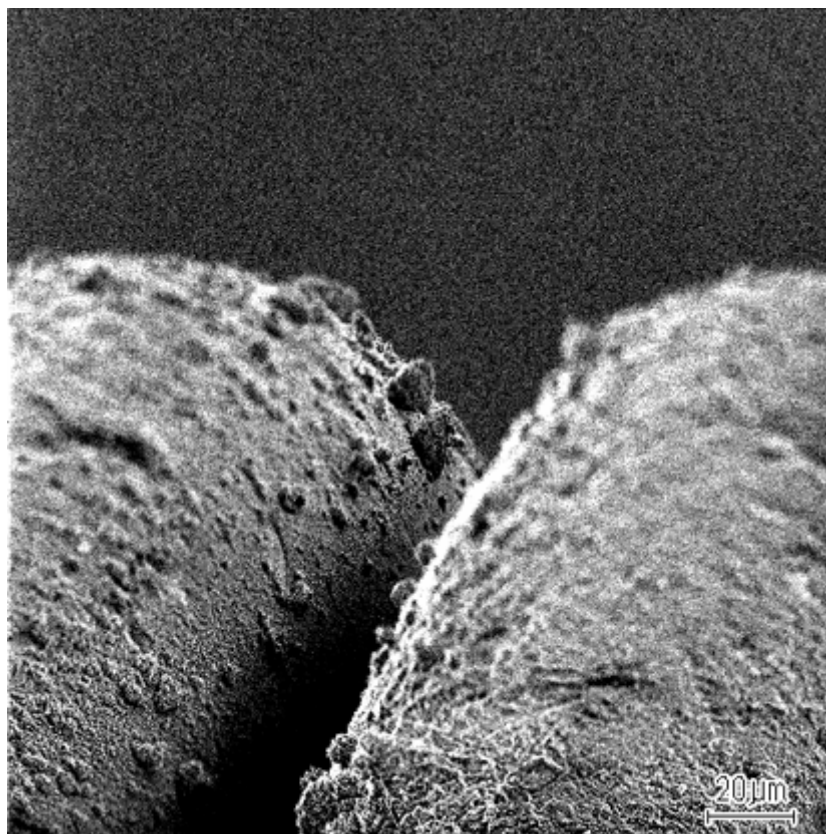


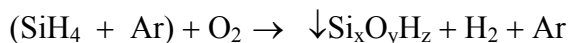
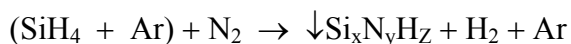
Рис. 8. Рабочая поверхность утолщений гибкого вала

Следует отметить, что на самом деле, мы проводили интегрированный технологический процесс, так как непосредственно процессу осаждения предшествовал процесс очистки поверхности в плазме аргона (Ar) и процесс обработки в плазме азота (N₂). Все процессы проводились без вскрытия рабочей камеры, только сменой газовых компонент и режимов плазменных обработок.

Экспериментально установлено, что в процессе осаждения пленок Si₃N₄ соотношение расходов технологических газов должно составлять не менее N₂/SiH₄ ≥ 10², а при осаждении пленок SiO₂ – соответственно O₂/SiH₄ ≥ 10².

Величина рабочего давления в процессе осаждения составляла P ~ 8 × 10⁻³ Торр.

Относительно протекающих химических реакций можно предположить, что они протекают по следующим схемам:



Эллипсометрия осаждаемых пленок показывает, что пленки близки к Si₃N₄ и SiO₂.