

Лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия металлических покрытий полупроводников

Ермалицкая К.Ф., *заведующий лабораторией*
Белорусский государственный университет, г. Минск

PVD (physical vapor deposition) – покрытия являются одним из наиболее распространенных способов улучшения характеристик (коррозионной стойкости, микротвердости, износостойкости, срока службы и др.) промышленных изделий. В большинстве случаев данные покрытия наносятся на объекты из металлов и сплавов, однако в последнее время напыление осуществляется и на неметаллическую основу. При этом из-за хрупкости самого образца существенно снижается количество методов, которые можно использовать для исследования покрытия. Исследования проводились на лазерном спектрометре LSS-1, источник испарения вещества и возбуждения эмиссионных спектров – Nd:YAG-лазер с длиной волны 1064 нм, длительностью импульсов – 15 нс, частотой следования импульсов – 10 Гц. Все измерения проводились в атмосфере воздуха при нормальном давлении. Исследования степени деструкции поверхности с помощью микроинтерферометра Линника МИИ-4 показали, что при воздействии лазерного импульса на поверхности образца образуется кратер диаметром 50 мкм и глубиной 3 мкм. Для уменьшения толщины испаряемого слоя был предложен метод расфокусировки лазерного излучения относительно поверхности образца, позволяющий снизить толщину слоя с 3 до 0,1 мкм. При этом расфокусированное лазерное излучение удовлетворяет основным требованиям к источнику возбуждения спектров для прямого послойного анализа покрытий: постоянная испаряемая толщина слоя; равномерность испарения со всей эффективной площади эрозионного пятна и превышение уровня аналитического сигнала над уровнем фона в несколько раз.

Объектом исследования являлась кремниевая пластина, на которую наносилось покрытие из титана методом конденсации с ионной бомбардировкой. Данная система подвергалась воздействию совмещенных и одиночных плазменных потоков, формируемых в вакуумно-дуговых разрядах. Ток дуги составлял 100 А, отрицательное опорное напряжение – 120 В, толщина покрытия – 1-2 микрон.

Пластина додатково оброблялася потоками азотної плазми (КПП), сформованими в магнітно-плазменному компресорі, з різним числом плазменних імпульсів (від 1 до 5). Длительність впливу складала ~ 100 мкс. Експерименти проводилися в режимі «остаточної атмосфери», при якому в попередньо откачану камеру вводили плазмоутворююче речовина – азот – до тиску 400 Па. Густина потужності потоку змінювалася в діапазоні $(1,5 \div 3,5) \cdot 10^5$ Вт/см², що було достатньо для розплавлення поверхневих шарів і легування сталі матеріалами покриття і плазмоутворюючим речовиною (азот) з можливістю утворення нітридних фаз, твердих розчинів і інтерметаллідів. В результаті була сформована багаторівнева структура, товщиною 10÷15 мкм.

Проведені експерименти показали, що вплив подвійних лазерних імпульсів, як сфокусованих на поверхні, так і розфокусованих не призводить до руйнування кремнієвої основи. Залежності інтенсивності спектральних ліній титану $\lambda=390,2$ нм і кремнію $\lambda=390,6$ нм від глибини залегання шару h в PVD-покрива кремнієвої пластини до і після обробки потоками азотної плазми приведені на малюнку 1. Обробка плазмою призводить до того, що атоми однорідного мікронного покриття дифундують вглиб основи, в результаті чого на поверхні зразка утворюється двохкомпонентна система, товщиною декілька мікрометрів.

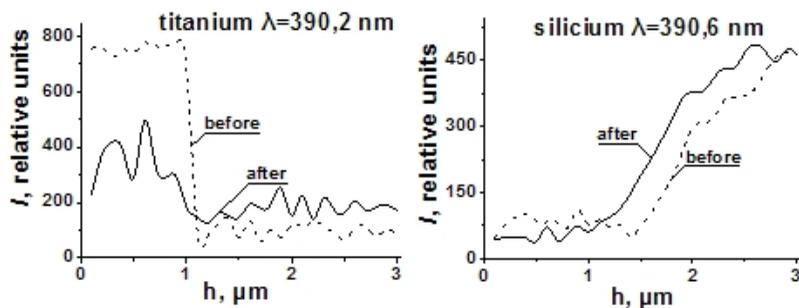


Рисунок 1 – Залежність інтенсивності спектральних ліній титану $\lambda=390,2$ нм і кремнію $\lambda=390,6$ нм від глибини залегання шару h в PVD-покрива кремнієвої пластини до і після обробки потоками азотної плазми.