

## Получение плёнок на основе нитридов металлов Ti, Sn, Ag методом магнетронного напыления

Симченко С.В., Бурцева В.П., Кайки М.Н.

Поиск новых материалов для электроники вызван заметным замедлением роста производительности систем с одновременным достижением предела в их миниатюризации. Сверхтонкие пленки, толщиной в один атом отличаются от других видов электронных материалов крайней компактностью. В многослойных структурах их можно накопить в больших количествах, при этом сохранить общий вес и объем устройства крайне небольшими.

На сегодняшний день злободневным является создание плёночных диэлектриков толщиной в один атом. Такой диэлектрик намного компактнее обычного «объёмного» диэлектрика (состоящего из многих слоёв атомов). Изменение ориентации диполей в диэлектрике под действием внешнего электрического поля лежит в основе разработки запоминающих устройств. В настоящее время создано запоминающее устройство (Nature Nanotechnology) из поваренной соли (NaCl) и нитрида меди (CuN). Авторы работы покрыли медный провод слоем Cu<sub>2</sub>N, на который осадил одноатомный слой NaCl. Оба материала – диэлектрики. Известно, что в поляризации NaCl участвуют ионы, а в Cu<sub>2</sub>N – электроны. Электроны намного подвижнее ионов, что обеспечивает разные скорости поляризации в этих образцах. В данном случае солевую плёнку используют как средство записи информации. При этом ноль соответствует исходной, а единица – модифицированной внешним электрическим полем поляризации.

В настоящее время интерес ученых сконцентрирован и на прикладной задаче – внедрении исследованных ими материалов в производство оптоэлектронных устройств (ОЭУ). Для изготовления более точных и быстрых ОЭУ (в частности лазеров и биосенсоров для медицины) используют плазмонный резонанс, в процессе которого по поверхности металла распространяется электромагнитная волна, возникающая под действием света. Плазмонный резонанс можно получить и на благородных металлах,

но они не позволяют получить этот эффект в телекоммуникационном диапазоне длин волн. Тем не менее, подавляющее большинство цифровой техники функционирует именно в этом частотном диапазоне. Однако, широко используемые в области плазмоники, золото и серебро не позволяют добиться такого эффекта. Международный коллектив ученых из России, Швеции и США предложил заменить золото и серебро, которые используют в ОЭУ, на недорогой материал – нитрид титана, обладающий превосходными антикоррозийными и термостабильными свойствами. Он нетоксичен и достаточно легко, а главное, дешево синтезируется. А это крайне важно для его практического применения, в отличие от широко используемых золота и серебра (Applied Physics Letters). Исследования нитрида титана показали, что он создает плазмонный резонанс с добротностью в несколько тысяч раз большей чем золото. Это значит, что он лучше сохраняет энергию, и колебания волн в нем не затухают дольше. В сфере микроэлектроники из него получается отличный диффузионный барьер. Главная сфера применения нитрида титана – создание прочных, долговечных, изящных и очень износостойких покрытий. Внешний вид покрытий (TiN) почти неотличим от вида настоящего золота. Производители добиваются самых разных оттенков (цвет зависит от соотношения азота и металла в химическом соединении). Покрытие, укрепленное нитридом титана, остается эффективным и коррозионно-стойким в течение 50 лет.

Магнетронные распылительные системы (MPC) заняли прочные позиции в технологиях изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, а также в плазменной обработке материалов (плазменное напыление, наплавка, резка, полимеризация и т.д).

Несмотря на большой класс MPC, получение плёнок нитридов металлов (Ti, Sn, Ag) проводилось на базе усовершенствованного вакуумного универсального поста ВУП-5М (Рис.1) при температуре 300К и атмосферном давлении. Остаточное давление в вакуумной камере составило (5-10) Па.



Рис 1.

Для устранения излишнего нагрева стандартного магнетрона и изменения конфигурации его магнитного поля, а также повышения КПД и скорости напыления плёнок изготовлен оригинальный планетарный магнетрон с дисковым катодом на постоянных магнитах, имеющих нескомпенсированную магнитную систему. Фото планетарного магнетрона прилагается (Рис. 2). А также разработан оригинальный источник питания с максимальной мощностью 1,5 кВт, который осуществлял режим стабилизации напряжения и тока разряда.



Рис 2(а). Фото разобранного магнетрона



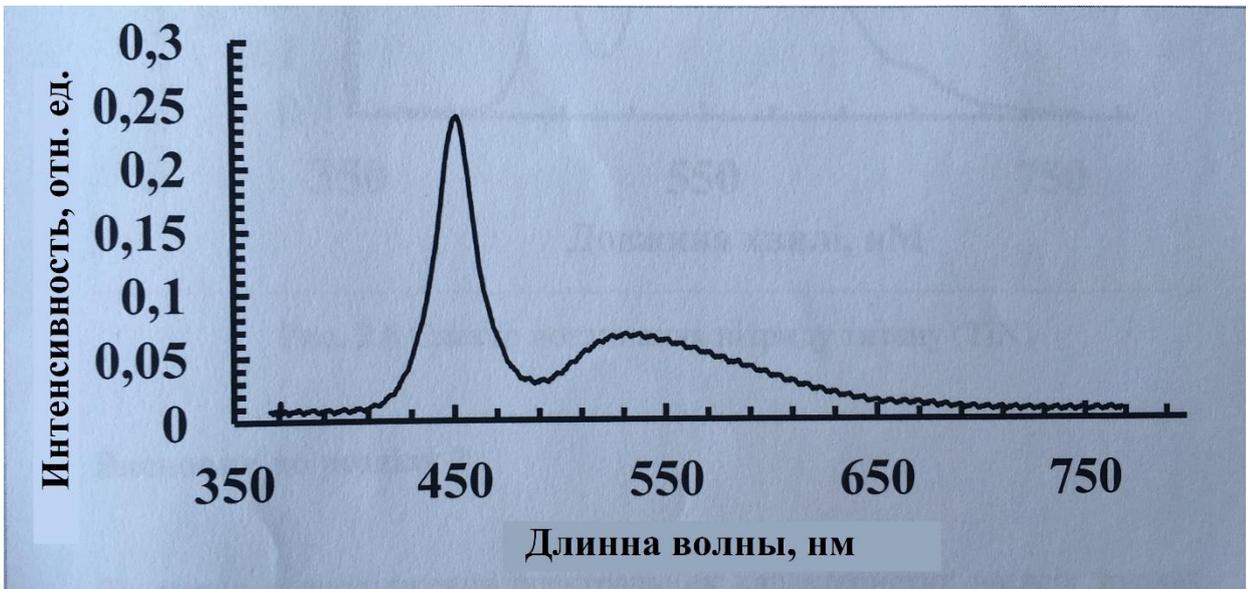
Рис 2(б) Фото магнетрона в сборе

Напыление плёнок проводилось в режиме постоянного тока. В качестве мишеней напыления использовались серебро, титан и олово. Напыление осуществлялось в атмосфере азота при давлении в камере (1-5) Па (Рис. 3).



Рис 3. Процесс напыления TiN и SnN

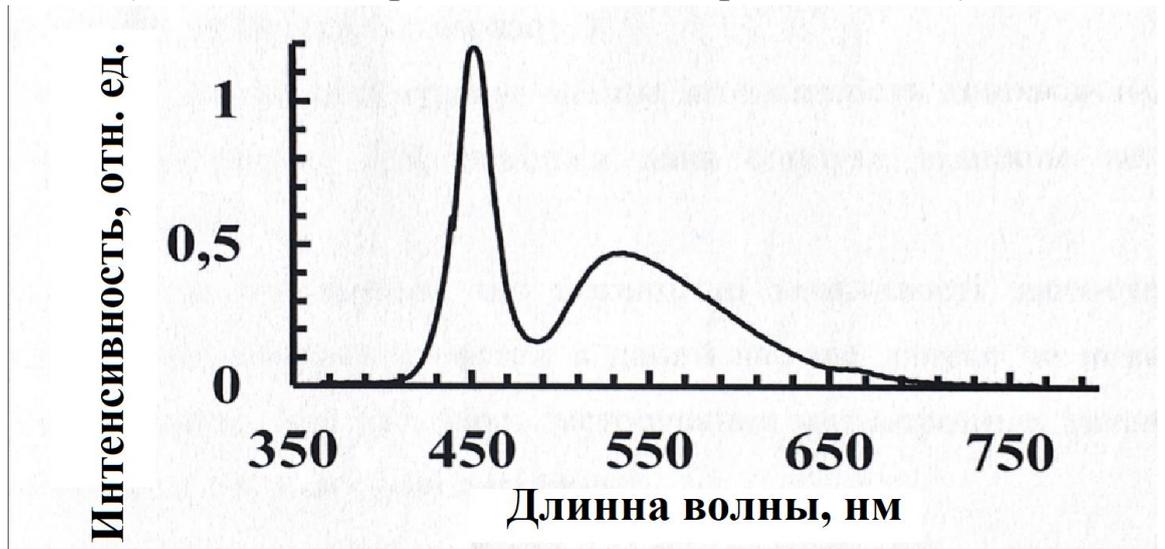
Исследовались оптические свойства в частности, спектры поглощения полученных образцов TiN, SnN, AgN (Рис. 4, 5, 6).



(Рис. 4). Спектр поглощения нитрида серебра (AgN)



(Рис. 5). Спектр поглощения нитрида титана (TiN)



(Рис. 6). Спектр поглощения нитрида олова (SnN)

Как видно из исследований спектров поглощения, на всех образцах наблюдаются два спектральных максимума интенсивности при 450 нм и 570 нм. Коротковолновый максимум (450 нм) связан с колебанием атома азота в исследуемых соединениях (TiN, SnN, AgN). Спектральный максимум (570 нм) обусловлен колебательным движением всей молекулы (металл + атом азота), что подтверждено значительной интенсивностью длинноволнового спектрального максимума TiN (данное соединение легче соединений AgN, SnN).