

---

# Осаждение тонких пленок халькогенидных стеклообразных полупроводников

**Чеснаков Александр Михайлович**

Бакалавр МИЭТ, Россия, г. Москва

E-mail: [sanch2312993@yandex.ru](mailto:sanch2312993@yandex.ru)

Научный руководитель: Научный руководитель:

**Шерченков Алексей Анатольевич.**

доктор технических наук, профессор кафедры МФЭ МИЭТ,

Россия, г. Москва.

**Аннотация:** В статье рассматривается энергонезависимая память основанная на фазовых переходах. Изложена технология осаждения тонких плёнок перспективных материалов для устройств фазовой памяти - халькогенидных стеклообразных полупроводников, в частности  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST225).

**Ключевые слова:** энергонезависимая память, фазовая память, халькогенидное стекло, синтез, осаждение,  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , GST225.

Интенсивное развитие энергонезависимой памяти для записи и хранения информации определяется самим развитием цивилизации. Среди устройств энергонезависимой памяти одно из ведущих мест занимает память на фазовых переходах первого рода: локальной кристаллизации аморфного материала либо аморфизации рабочих областей запоминающего устройства [1].

Сейчас мир вплотную подошел к стадии производства коммерческой продукции. Однако всё ещё необходимо совершенствовать материалы, их технологию получения и осаждения тонких плёнок для устройств фазовой памяти (ФП).

Тонкие плёнки халькогенидных стеклообразных полупроводников, предназначенные для устройств ФП, получают методами вакуумного напыления [2]. Технология вакуумного нанесения аморфных пленок наиболее универсальна и может быть использована в массовом производстве [2].

Структура и свойства пленок, получаемых этим путём определяются: химическим составом, состоянием исходного испаряемого вещества, максимальной температурой испарения, температурой и свойствами подложки, остаточным давлением газовой среды, в которой осуществляется процесс испарения и конденсации, толщиной пленки [2].

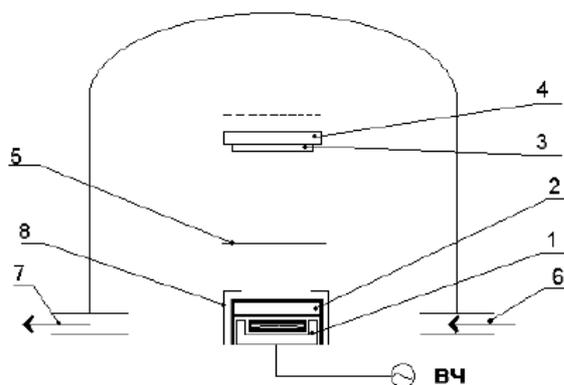
Перевод материала в газовую фазу в процессе нанесения тонкой плёнки в вакууме может осуществляться рядом способов, которые делят на две группы. К первой группе относятся процессы, в которых энергия сообщается атому или молекуле путем взаимодействия через каскад столкновений высокоэнергетических частиц с поверхностью. К этим методам относятся катодное, магнетронное распыление и др. Ко второй группе относятся процессы, в которых генерация осуществляется термическим путем.

По способу передачи энергии, необходимой для процесса испарения вещества, выделяют следующие способы: резистивно-термический, электронно-лучевой, лазерный, электродуговой, другие.

Наиболее распространённым методом получения аморфных тонких пленок материалов системы Ge-Sb-Te является высокочастотное магнетронное распыление. Метод отличается высокой воспроизводимостью осаждаемых тонких пленок по составу и свойствам, что особенно важно на этапе промышленного производства PCM-устройств [2,3,4].

Осаждение осуществляется в специальных вакуумных приборах. Например, используемый в [2] вакуумный универсальный пост ВУП-4К.

Установка состоит из двух стоек: вакуумной и электрической. В вакуумной стойке размещена вакуумная система, система напуска газов, распределительный щиток, электропитание для подогрева подложек, пульт управления. Электрическая стойка состоит из источника ВЧ-напряжения, блоков питания и управления. В подколпачном устройстве смонтирована магнетронная распылительная система, схематическое изображение которой приведено на рисунке 1.



1 – магнетронное устройство; 2 – мишень; 3 – подложка; 4 – подложкодержатель; 5 – заслонка; 6 – система напуска; 7 – система откачки; 8 – анод-экран свв.

Рисунок 1 - Схема установки ВЧ магнетронного распыления[2].

Мишени для формирования пленок изготавливаются на основе порошков из этого же материала (рисунок 2).

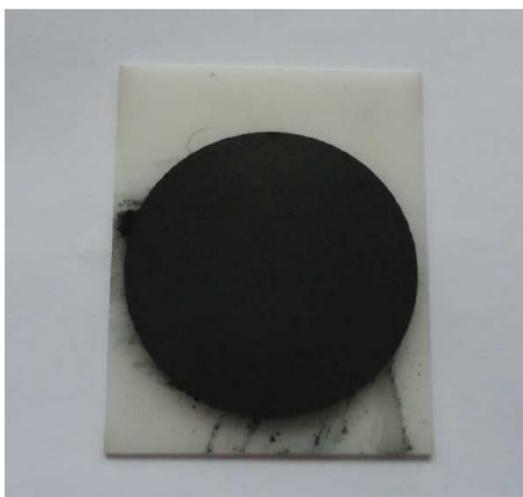


Рисунок 2 – Распыляемая мишень из порошка  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  [2].

Параметры процессов магнетронного распыления и изготовления мишени, проведённых в работе [2]:

Порошок для изготовления мишени имеет средний размер зерна  $\sim 5$  мкм. Холодная опрессовка

---

мишени осуществлялась при давлении  $\approx 2 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ ). Мишень спекалась на воздухе при температуре  $350 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  в атмосфере аргона в течение 1 часа. Мишени представляли собой диск диаметром 70 мм и толщиной  $3 \pm 0,5 \text{ мм}$  ВЧ магнетронное осаждение  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  пленок проводилось в следующих условиях: давление при распылении -  $8 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ ; рабочий газ – Ar; частота ВЧ-напряжения - 13,56 МГц; напряжение при распылении -  $300 \pm 20 \text{ В}$ ; ток при распылении -  $200 \pm 50 \text{ мА}$ ; температура подложки не превышала  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Скорость осаждения составляла примерно  $0,1 \text{ мкм/час}$ .

Стоит оговорить, что магнетронное распыление является менее оперативным и более дорогостоящим процессом по сравнению с вакуумно-термическим испарением. Дороговизна процесса в первую очередь связана с необходимостью изготовления мишени под каждый исследуемый состав [2].

Таким образом рассмотрены основные методы напыления тонких пленок ХСП, показано, что наиболее распространённым методом является высокочастотное магнетронное распыление. Метод отличается высокой воспроизводимостью осаждаемых тонких пленок по составу и свойствам, что особенно важно на этапе промышленного производства.

#### Литература

1. А.И. Попов, Условия устойчивого переключения в ячейках памяти на фазовых переходах /А.И. Попов, С.М. Сальников, Ю.В. Ануфриев // Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия /// Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук, Москва, Россия .Физика и техника полупроводников, 2015, том 49, вып. 4
2. Лазаренко, П.И. Технология получения и электрофизические свойства тонких пленок материалов системы Ge-Sb-Te, предназначенных для устройств фазовой памяти/Лазаренко, П.И. //-2014.-с. 52-58.
3. Feng Rao. Programming voltage reduction in phase change memory cells with tungsten trioxide bottom heating layer/electrode / Feng Rao, Zhitang Song, Yuefeng Gong [et al.] // Nanotechnology. – 2008. – Vol. 19. – P. 445706.
4. Wang K. Synthesis and characterization of phase change memory cells /Wang Ke, Han Xiao Dong, Zhang Ze [et al.] // Science in China Series E: Technological Sciences. – 2009. – Vol. 52 (9). – P. 2724–2726.