

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЮВЕНИЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖКИ ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ВАКУУМЕ**

Л.Л. Колесник, Ю.В. Панфилов, Г.М. Сокол, А. Тымина., И.А. Родионов, А.С. Бабурин

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

ОТКАЧКА, КРИОГЕННАЯ ТЕМПЕРАТУРА, ПОВЕРХНОСТЬ, СОБРИЦИЯ

## **PROVIDING A JUVENILE SUBSTRATE SURFACE AT CRYOGENIC TEMPERATURES IN A VACUUM**

Kolesnik L.L., Panfilov Yu.V., Sokol G.M., Tymina A., Rodionov I.A., Baburin A.S.

### **KEYWORDS**

PUMPING, CRYOGENIC TEMPERATURE, SURFACE, SOBORIZATION

При минимальных размерах элементов современных интегральных микросхем 7 – 18 нм критичными с точки зрения выхода годных приборов становятся не только мелкодисперсные частицы, а и, так называемые, молекулярные загрязнения [1], к которым относятся пары конструкционных и смазочных материалов, адсорбированные остаточные газы и т.п. Для работы сверхпроводниковых приборов необходим сверхвысокий вакуум и ювенильная чистота поверхности, т.к., во-первых, молекулы остаточных газов переносят большое количество тепла, что может привести к потере сверхпроводимости, а во-вторых, адсорбированные молекулы могут привести к нарушению работы приборов путем изменения сопротивления, емкости, магнитных или оптических характеристик прибора.

Противоречивые результаты расчетов режимов откачки вакуумных камер, охлаждаемых до криогенных температур, подтверждают необходимость проведения экспериментальных исследований для создания инженерной методики расчета газообмена в вакуумных камерах при низких температурах. Изотермы адсорбции в сверхвысоком вакууме при криогенных температурах исследовались в CERN при создании большого андронного коллайдера [2], в состав которого входят сверхпроводниковые магниты, стабильная работа которых нарушается при попадании на них молекул остаточного газа.

Принято решение о разработке стенда для исследования возможности обеспечения ювенильно чистой поверхности подложки при криогенных температурах в сверхвысоком вакууме. В структуру стенда необходимо включить сверхвысоковакуумную откачку на базе спирального и турбомолекулярного насосов и криогенную систему на базе криостата, обеспечивающего охлаждение исследуемых образцов и аналитическую систему для определения состава остаточных газов в объеме и на внутренних поверхностях стенда.

Компоновочные варианты стенда рассматривались с учетом результатов моделирования траекторий движения молекул газа, для чего была разработана программа, базирующаяся на методе статистических испытания Монте-Карло.

Для получения ювенильной поверхности подложки после достижения требуемых давления и температуры предусмотрена её очистка от адсорбированных молекул с помощью излучения УФ светодиодов. Уменьшение вероятности повторного попадания молекул остаточных газов на подложку в непосредственной близости от неё расположены нераспыляемые титановые газопоглотители.

В стенде предусмотрено размещение приборов контроля уровня заполнения поверхности подложки сорбированными молекулами остаточных газов до и после

---

проведения процессов откачки, охлаждения, воздействия УФ излучения, выполненных в виде тонкопленочного меандра и тонкопленочной гребенки.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Севрюкова Е.А. Теория ростового процесса молекулярных загрязнений и научные основы контроля чистоты поверхностей изделий индустрии высоких технологий / Автореферат дисс. д.т.н., М., МИЭТ (ТУ), 2016. – 40 с.
2. E. Wallen. Adsorption isotherms of H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, and CO<sub>2</sub> on copper plated stainless steel at 4.2 K / Journal of Vacuum Science & Technology A 14, 2916 (1996); doi: 10.1116/1.580245

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Ю.В. Панфилов – доктор технических наук, профессор (ORCID: 0000-0001-6861-2028), заведующий кафедрой «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; e-mail: panfilov@bmstu.ru

Л.Л. Колесник – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; генеральный директор ООО «Электровакуумные технологии», г. Москва; e-mail: kolesnik@bmstu.ru; l.kolesnik@m-i.ru

Г.М. Сокол – студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; техник НОЦ «Функциональные Микро / Наносистемы», г. Москва; e-mail: sgm20t312@student.bmstu.ru

А.А. Тымина – студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва; техник НОЦ «Функциональные Микро / Наносистемы», г. Москва; e-mail: ta20t458@student.bmstu.ru