

измерения 1000 В и основной погрешностью не более 0,012%. Измерение интенсивности излучения осуществлялось с помощью измерителя оптической мощности РМ100D с термокомпенсированным кремниевым датчиком S120C с погрешностью не более 3-5%.

В ходе исследования достигнута глубина модуляции 41% при напряжении 800 В. Исследование прямой и обратной ветви характеристики не выявило гистерезиса, наблюдаемого ранее [1, 2], что сообщает об отсутствии процессов переполяризации кристалла.

Список использованных источников

1 Паранин, В.Д. Исследование механизмов управления характеристиками дифракционной решетки, выполненной на поверхности электрооптического кристалла ниобата лития [Текст] / Журнал технической физики. - 2014. - Т.84. - Вып.11. - С.146-150.

2 Паранин, В.Д. Особенности формирования иглообразных доменов в поверхностном слое ниобата лития X-среза [Текст] / Журнал технической физики. - 2014. - Т.84. - Вып.12. - С.132-136.

УДК 681.128.63

## **ПРОБЛЕМЫ УНИФИКАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЗАПРАВКИ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ**

Р.С. Захаров, А.В. Паршина  
Самарский университет, г. Самара

В настоящее время в ракетно-космической отрасли России существует проблема, связанная с необходимостью унификации измерительного оборудования, используемого в системах контроля заправки баков компонентами топлива летательных аппаратов. На современных ракетах-носителях (РН) такие системы оборудуются датчиками уровня, устанавливаемыми в баках окислителя и горючего, а также блоками преобразования и передачи измерительной информации пользователю на наземную аппаратуру системы. Основная сложность заключается в том, что постепенная модернизация РН "Союз" привела к тому, что в настоящее время каждая РН оснащена своим комплектом измерительного и управляющего оборудования, что обуславливает возможность ее использования только на определенном космодроме.

В настоящее время пилотируемые запуски выполняются на РН 11А511У-ФГ, которые запускаются с двух стартовых комплексов (СК) "Гагаринский" и "Площадка 31", расположенных на космодроме "Байконур". Ракета-носитель "Союз-2" этапов 1а, 1б (далее 1А14) является самой распространенной РН семейства "Союз", её пуски могут осуществляться с "31-ой площадки" космодрома "Байконур", а также с космодрома "Плесецк".

Ракета-носитель легкого класса "Союз-2" этапа 1в может запускаться с единственного функционирующего стартового стола РН "Союз" космодрома "Плесецк". Запуск специально разработанной по заказу европейского космического агентства РН "Союз-СТ" этапов 1а, 1б может осуществляться исключительно из Гвианского космического центра (Гвиана, Южная Америка). В РН 14А14 и «Союз-СТ» этапов 1а, 1б используются емкостные датчики уровня заправки (ДУЗ), представляющие собой электрические конденсаторы с удлиненными электродами-обкладками, причем длина электродов соответствует диапазону измерения уровня жидкого компонента в конкретном блоке и баке (рисунок 1, а). Ракета-носитель "Союз-2" для космодрома "Восточный" этапов 1а, 1б, 1в (далее 372РН16) использует емкостные ДУЗ, выполненные в троированном исполнении (рисунок 1, б). В каждом из 3-х каналов используются две секции: основная (измерительная) и компенсационная, представляющие собой два расположенных друг над другом плоских конденсатора.

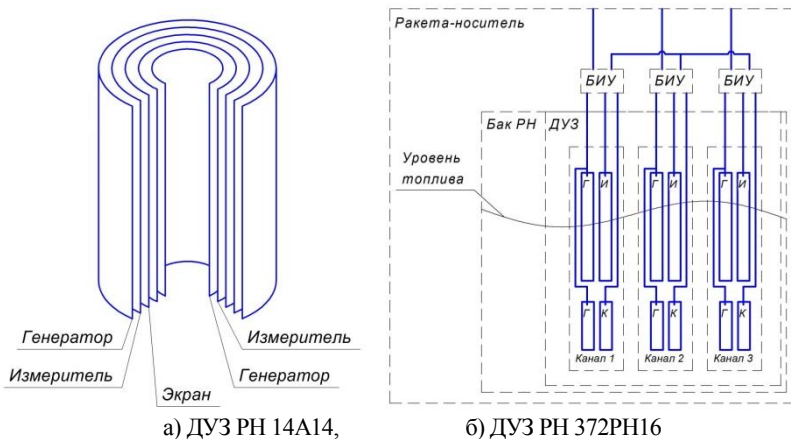


Рисунок 1

Принцип работы указанных датчиков заключается в том, что в процессе заправки компонентами топлива заполняется зазор между электродами ДУЗ и происходит изменение электрической емкости вследствие разницы диэлектрической проницаемости воздуха и компонентов топлива РН. При этом, измерительные элементы ДУЗ РН 372РН16 выполнены не из металла, а из стеклотекстолита, на который путем электролиза нанесен слой золота. Кроме того, они имеют пониженную емкость в силу меньшей площади обкладок конденсатора по сравнению с ДУЗ РН 14А14, что привело к необходимости размещения бортовых измерителей уровня (БИУ) на борту РН 372РН16 в непосредственной близости к датчику - в пределах 5 м. БИУ представляет собой АЦП, схема которого основана на принципе сигма-дельта преобразования емкости в цифровой код.

Проблема унификации оборудования систем измерения уровня заправки РН имеет два решения. Первое связано с разработкой новых ДУЗ, обладающих свойствами датчиков РН 14А14 и 372РН16 (емкость, количество каналов, наличие компенсационного элемента). Второе заключается в разработке устройств адаптации наземного и бортового оборудования систем заправки различных РН и СК. Решение обозначенной проблемы унификации позволит обеспечить возможность запуска каждой модификации РН с любого космодрома, а также повысить общий технический уровень РН.

Список использованных источников

Пат. 2414687 Российская Федерация, МПК П01А23/26. Система измерения уровня заправки [Текст] / Лазарев А.В., Королев Р.А., Загвоздкин А.Я.; - №2009127174; заявл. 16.07.2009; опубл. 20.03.2011.

УДК 533.915:621.794.4

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ТРАВЛЕНИЯ ЧАСТИЦАМИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

Н.М. Ондырбаев, В.А. Колпаков  
Самарский университет, г. Самара

Травление структур в диоксиде кремния находит широкое применение в областях микроэлектроники при формировании окон в маскирующих слоях интегральных схем и дифракционной оптики, например, при изготовлении узких, сверхточных канавок, что становится возможным только при использовании в технологическом процессе плазмохимических технологий, так как частицы атомных размеров, служащие технологическим инструментом в этом случае, легко управляются электромагнитными полями. Однако необходимо отметить, что плазмохимические технологии содержат следующие параметры управления техпроцессом: напряжение, ток, частота высокочастотного (ВЧ) возбуждения электрического разряда, мощность разряда, температура, при которой происходит процесс, давление в рабочей камере. Экспериментальное определение их оптимальных значений представляет очень сложную и дорогую операцию, поэтому в современном производстве широкое применение нашли физико-математические методы расчета параметров плазмохимических технологий, позволяющие достаточно точно определить их величину и взаимосвязь.

Целью работы и является создание модели, описывающей травление диоксида кремния в низкотемпературной плазме высоковольтного газового разряда (НПВГР), пригодной для расчета конкретных режимов травления и