

УДК 004.91

Сенсоры для регистрации космических излучений

Андреев Дмитрий Владимирович^(*)

dmitrii_andreev@bmstu.ru

Шахнов Вадим Анатольевич

shakhnov@iu4.bmstu.ru

Кузичкин Олег Рудольфович

kyzichkin@bmstu.ru

Корнев Сергей Александрович

kornevsa@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разработан сенсор радиационных излучений, представляющий собой 48-выводной металлокерамический корпус, внутри которого размещены кремниевые кристаллы с набором МДП-конденсаторов и с RADFET транзисторами. Для получения большей чувствительности металлокерамический корпус использовался без верхней крышки. Разработанные полупроводниковые кристаллы позволяют эксплуатировать МДП сенсоры в широком диапазоне электрических полей, прикладываемых к подзатворному диэлектрику, что значительно повышает их дозовую чувствительность.

Ключевые слова: МДП сенсор, радиационное излучение, сильные электрические поля, дозовая чувствительность, поглощенная доза

Введение. Космические аппараты в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различного вида радиационных излучений [1–4]. Для повышения сроков активного существования космических аппаратов необходимо использование эффективных малогабаритных сенсоров радиационных излучений, которые можно размещать рядом с радиационно-чувствительной элементной базой (микропроцессоры, микроконтроллеры, программируемые логические интегральные схемы, запоминающие устройства и т. д.). Следовательно, разработка МДП сенсоров, обладающих высокой дозовой чувствительностью и способных работать в широком диапазоне поглощенной дозы, является важной задачей для дальнейшего развития космонавтики [1–3].

Материалы и методы; результаты. Разработан сенсор радиационных излучений, представляющий собой 48-выводной металлокерамический корпус для интегральных микросхем, внутри которого размещены кремниевый кристалл с набором МДП-конденсаторов различной площади и два кристалла с RADFET транзисторами. Выводные площадки кристаллов с помощью алюминиевой проволоки разваривались на соответствующие выводы металлокерамического корпуса. Для получения большей чувствительности металлокерамический корпус использовался без верхней крышки. Оба вида кристаллов изготавливались промышленным способом по технологии интегральных микросхем серии CD4000 или 74НС. В качестве исходных полупроводниковых пластин использовался кремний n-типа, легированный фосфором, с удельным сопротивлением 4.5 Ом·см и кристаллографической ориентацией поверхности <100>. Сток-истоковые области р-канального МДП-транзистора формировались ионной имплантацией бора с последующей термической разгонкой при-

меси при температуре 1000 °С. Подзатворный диэлектрик представлял собой пленку SiO₂ толщиной 50–100 нм, сформированную термическим окислением кремния при температуре 1000 °С в атмосфере сухого кислорода с добавлением 3 % газообразного HCl. С использованием магнетронного напыления и последующей фотолитографии формировались алюминиевые затворы. После формирования затворов проводился термический отжиг полупроводниковых пластин в среде азота при температуре 450 °С.

Разработанный сенсор радиационных излучений был апробирован при контроле гамма излучения, альфа частиц и протонов. Получены экспериментальные данные, подтверждающие расширение функциональных возможностей МОП сенсоров радиационных излучений при их работе в широком диапазоне электрических полей, прикладываемых к подзатворному диэлектрику [4]. Разработанный сенсор позволяет контролировать поглощенную дозу в диапазоне от 100 рад до 200 крад.

Заключение. Разработан сенсор радиационных излучений, представляющий собой 48-выводной металлокерамический корпус для интегральных микросхем, внутри которого размещены кремниевый кристалл с набором МДП-конденсаторов различной площади и два кристалла с RADFET транзисторами. Получены экспериментальные данные, подтверждающие расширение функциональных возможностей МОП сенсоров радиационных излучений при их работе в широком диапазоне электрических полей, прикладываемых к подзатворному диэлектрику.

Отдельные результаты получены в рамках Госзадания № FSFN-2024-0086.

Список источников

- [1] Анашин В.С. Обеспечение высоких сроков активного существования космических аппаратов за счет контроля воздействия ионизирующих излучений космического пространства на радиоэлектронную аппаратуру. *Двойные технологии*, 2009, № 2, с. 31–35.
- [2] Андреев Д.В., Курносенко А.Е., Макачук В.В. и др. *Технологические процессы изготовления электронной компонентной базы приборостроения*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 1, 467 с.
- [3] Андреев В.В., Жалнин В.П., Столяров А.А. *Физические основы микро- и наноэлектроники*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, т. 3, 292 с.
- [4] Andreev D.V., Bondarenko G.G., Andreev V.V., Stolyarov A.A. Use of High-Field Electron Injection into Dielectrics to Enhance Functional Capabilities of Radiation MOS Sensors. *Sensors*, 2020, vol. 20, iss. 8, pp. 2382(1–11).