

УДК 621.383

## Фотоприемники дальнего ИК-диапазона для обнаружения космических объектов

*В. И. Стафеев*

Государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Орион»,  
Москва, Россия

*Рассмотрено развитие работ в СССР по созданию многоэлементных фотоприемников дальнего (до 24 мкм) диапазона на основе легированного кремния для обнаружения космических объектов по их тепловому излучению.*

Развитие космической техники привело к необходимости развития противокосмической обороны. Активные методы обнаружения космических объектов (радиолокация и др.) легко поражаемы, поэтому необходимо было создание пассивных систем, которые возможно осуществлять по тепловому излучению.

В середине 60-х годов вышло Постановление по созданию систем обнаружения и поражения космических объектов. Главным конструктором был назначен Савин А.И (ЦКБ «Комета»), соисполнители: — НПО «Альтаир» в части тепловой головки самонаведения и НИИПФ в части фотоприемников. В НИИПФ главным конструктором разработки фотоприемника (ОКР «БСТ-1-2») был назначен начальник лаборатории Кауфман С. А.

Поверхность космических объектов, не освещаемая солнцем, имеет низкую температуру. Поэтому для их обнаружения по собственному тепловому излучению необходимы фотоприемники, обладающие фоточувствительностью в дальней инфракрасной области спектра. Исследования показали, что они должны обладать фоточувствительностью в области спектра до 20—30 мкм. Фоточувствительностью в дальней ИК-области спектра обладают полупроводники, легированные примесями с малой энергией ионизации, т. е. с так называемыми «мелкими» уровнями. В то время наиболее исследованными полупроводниками были германий и кремний.

В германии мелкие уровни имеют энергию  $\sim 0,01$  эВ, что соответствует фоточувствительности вплоть до  $\sim 100$  мкм. Такие фотоприемники требуют охлаждения до температуры жидкого гелия, что существенно осложняет их практическое использование, особенно в условиях космоса.

Мелкие примеси в кремнии имеют более глубокие уровни — порядка 0,04 эВ. Такой кремний будет обладать фоточувствительностью до 20—25 мкм, что достаточно для детектирования космических объектов. Для их использования необходимо охлаждение только до температуры жидкого водорода, что существенно упрощает их использование.

Проведенные Кауфманом С. А. и Лихтман Н. П. исследования показали, что наиболее подходящей примесью является бор. Он имеет высокую эффективность поглощения света и высокую растворимость в кремнии.

Фотоприемник должен представлять собой длинную линейку с расположенными с каждой стороны линейки в средней части дополнительными элементами для обеспечения необходимой центровки головки. Такого типа фотоприемники в НИИПФ ранее не разрабатывались. Систем охлаждения фотоприемников до температуры жидкого водорода также не существовало. Точно также не существовало методик и оборудования для измерения фотоэлектрических параметров и, тем более, для механо-климатических испытаний.

Таким образом, перед НИИПФ была поставлена сложнейшая научно-технологическая и конструкторская проблема практически без необходимого задела. В относительно короткие сроки необходимо было разработать, изготовить, провести испытания и поставить для использования в реальной космической аппаратуре качественно новый сложнейший фотоприемник, способный обнаруживать на больших расстояниях «холодные» космические объекты. Необходимо было не только разработать технологию фоточувствительных элементов и методики их измерений и испытаний, но и разработать и организовать производство нового полупроводникового материала — легированного бором кремния, конструкцию фотоприемника, обеспечивающую охлаждение фоточувствительных элементов до температуры жидкого водорода в условиях космоса, контрольно-измерительное и испытательное оборудование.

Естественно, лаборатория Кауфмана не могла справиться с таким большим и разнородным объемом работ. Сроки разработок и поставки фотоприемников систематически срывались.

В марте 1970 г. лаборатория Кауфмана С. А. и конструкторская лаборатория Зиновьева В. С. были переведены в отдел № 2, в котором находилась и гелиевая станция. Такая концентрация усилий позволила ускорить исследования и разработки. Начальником отдела был назначен Стафеев В. И.

Разработка и изготовление кремния, легированного бором, были поручены Подольскому химико-металлургическому заводу совместно с ГИРЕДМЕТ, которые успешно с этой работой справились. Специальный измерительный стенд технологического отбора фоторезисторов и измерений фотоэлектрических характеристик был организован на гелиевой станции отдела. Для обеспечения испытаний фотоприемников на Загорском оптико-механическом заводе была создана гелиевая станция с необходимыми испытательными стендами.

Однако срывы сроков поставок фотоприемников существенно усложнили внешнюю ситуацию, которую удачно использовали разработчики аппаратуры, у которых положение также не было блестящим. Нужен был «козел отпущения», на которого можно было бы свалить вину за срыв установленных Правительством сроков летных испытаний, и он нашелся в лице НИИПФ. Поэтому руководство ГУ МОП (Виноградов) вынуждено было потребовать наказать главного конструктора. Кауфман С. А. был снят с

должности начальника лаборатории и освобожден от обязанностей главного конструктора ОКР.

Главным конструктором был назначен начальник отдела Стафеев В. И. На него же было возложено временное исполнение обязанностей начальника лаборатории.

Принятые меры позволили уже в 1971 г. изготовить и передать НПО «Альтаир» первый образец фотоприемника.

На Байконуре к этому времени также был создан участок для предполетных проверок криогенной части головки, Однако, мне не пришлось там проводить какие-либо ремонтно-наладочные работы фотоприемника.

В 1972 г. на Байконуре проведен первый летный эксперимент, закончившийся, к сожалению, неудачей. Головка самонаведения в условиях окружающей ее холодной среды деформировалась, и изображение наблюдаемого объекта не попадало на фоточувствительные элементы.

НПО «Альтаир» вынужден был существенно переработать головку и создать измерительный стенд, обеспечивающий возможность ее проверки в реальных окружающих условиях. На это ушло около года. В последующих летных экспериментах таких неприятностей не было. Претензий к фотоприемнику не было.

В четвертом летном эксперименте головка на требуемом расстоянии «увидела» цель, однако, ошибка в управляющей программе не позволила ее поразить.

Проблемы в завершении разработки начались после подписания в 1975 г. дополнительного протокола к договору ОСВ-1, вступившего в действие 24 мая 1976 г. Было признано, что разрабатываемая система подпадает под действие этого протокола, и все работы были прекращены.

После прекращения ОКР «БСТ-1-2» в институте начали проявляться тенденции полностью прекратить работы по примесным низкофоновым фотоприемникам. Практически была ликвидирована вся измерительная база в институте. Был, естественно, ликвидирован испытательный стенд в Загорске. К счастью лабораторию и ее тематику удалось сохранить.

Через пару лет руководство Министерства спохватилось, поняв перспективность низкофоновых фотоприемников, включила в план института НИР «Окружность». После провозглашения в США так называемой «стратегической оборонной инициативы» (СОИ) направление низкофоновых фотоприемников превратилось в ведущее направление института. Главным конструктором ОКР стал генеральный директор Хряпов В. Т. Работы по фотоприемникам были сосредоточены в отделе Таубкина И. И. Ответственность за воссоздание и модернизацию измерительного комплекса возложено на директора НИИЭИО Филачева А. М. К работе были подключены многие подразделения НПО «Орион».

Коротко остановимся на истории лаборатории. Как выше отмечалось, после отстранения Кауфмана С. А. временно исполнение обязанностей на-

чальника лаборатории было возложено на начальника отдела Стафеева В. И. После нескольких месяцев подбора кандидата по рекомендации Курбатова Л. Н. начальником лаборатории был назначен Шахиджанов С. С. Однако, он не смог сработаться с коллективом лаборатории и вскоре был освобожден. После него начальником лаборатории избрали Власова А. Н., который внес заметный вклад в разработки и исследования низкофоновых примесных фотоприемников. Однако, он преждевременно скончался в возрасте всего 40 лет в январе 1981 г. Следующим начальником лаборатории был избран Пономаренко В. П. Он принял активное участие в последующих работах по направлению ОКР «БСТ-1-2» («Окружность» и др.). В сентябре 1983 г. вследствие известных действий директора Лебедева В. С. Пономаренко В. П. оставил эту лабораторию и совместно со Стафеевым В. И. и Бовиной Л. А. перешел на новую тематику — разработка матричных фотоприемников на основе КРТ. Лаборатория переведена в отдел Таубкина И. И., ее начальником назначен Кочеров В. Ф.

## **The long IR-range photodetectors for space plants**

*V. I. Stafeev*

The ORION R&P Association, Moscow, Russia

*The evolution in former USSR of multielement long and far infrared (up to 24 mm) photodetectors based on doped silicon for heated space objects detection is discussed.*