

## **ФОТОЛИТОГРАФИЯ ДЛЯ ПЕРЕХОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФОТОНИКИ**

А. С. Вахрушев, А. Р. Рахматуллина, Р. С. Пономарев  
Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

В данной статье рассмотрена возможность проведения фотолитографии для изготовления стыковочного модуля ФИС в условиях малых предприятий, не оснащенных специализированным оборудованием и чистыми помещениями. Определен оптимальный способ и количество наносимого фоторезиста и температуру дубления. Установлено оптимальное время экспонирования фоторезиста. Выявлен оптимальный состав, концентрация травителя и время травления. Установлены факторы, препятствующие процессу создания переходных элементов фотоники методом фотолитографии. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что создание элементов пассивной стыковки возможно без специализированного оборудования и вне чистых помещений.

**Ключевые слова:** стыковочный модуль; фотолитография; пассивная стыковка

## **PHOTOLITHOGRAPHY FOR TRANSITION ELEMENTS OF PHOTONICS**

A. S. Vakhrushev, A. R. Rakhmatullina, R. S. Ponomaryev  
Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

In the given article the opportunity of carrying out photolithography for manufacturing of the FIS docking module in the conditions of small enterprises that are not equipped with specialized equipment and clean rooms is considered. The optimum method and the amount of the photoresist applied and the tanning temperature are determined. The optimum exposure time of the photoresist has been established. The optimum composition, concentration of etchant and time of etching are revealed. Factors that block the processes of photolithography are established. Based on the search results, it can be concluded that the creation of passive docking elements is possible without specialized equipment and outside cleanrooms.

**Keywords:** docking module; photolithography; passive docking

Для соединения волокна и других оптоэлектронных устройств часто используется активный метод стыковки. Стоимость оборудования для активной стыковки очень высока, и время выполнения операции очень большое, особенно касаясь стыковки волоконных массивов. Например, установка автоматической стыковки Fiberpro IFA 600 стоит 230 тыс \$. Таким образом, обычный процесс стыковки является дорогим и дает малый выход, имеет малую пропускную способность. Следовательно, прикладываются определенные усилия для разработки метода пассивной

стыковки, т.к. большое внимание уделяется пассивному методу, из-за низкой стоимости и более высокой скорости.

В последние годы пассивная стыковка с использованием недорогого клея и прецизионно вытравленных V-каналов в кремнии привлекает большое внимание вследствие уменьшенной стоимости производства и малых затрат времени.

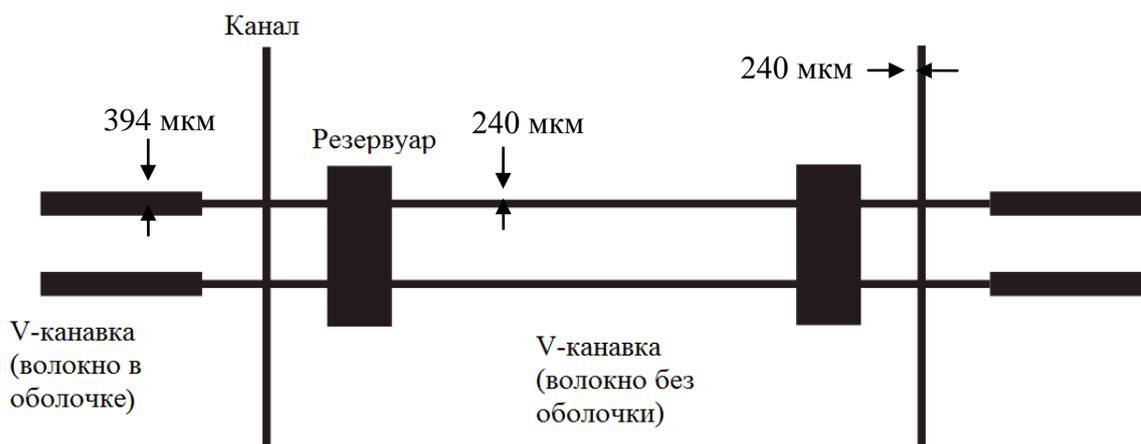
Обычно пассивная стыковка реализуется с использованием кремниевого оптического наконечника с V-канавками. Расположение волокон при пассивной стыковке определяется геометрией V-каналов.

На основе этого самовыравнивания была разработана конструкция оптического наконечника. "Резервуар" для клея располагается сразу после V-канавки [1].

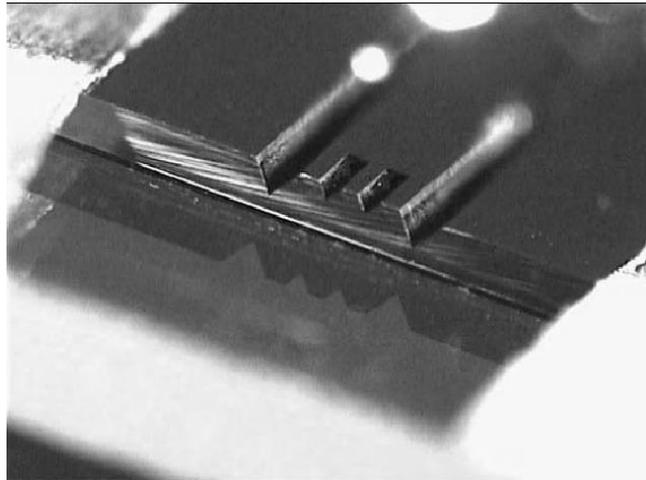
Суть этого резервуара в том, что он позволяет клею течь в зазор между волокном и V-канавкой [1]. Для обеспечения плавного течения с медленным движением клей должен иметь достаточно малую вязкость. Резервуар проектируется и травится совместно с V-канавкой, что приводит к сохранению стоимости изделия и отсутствию затрат времени на его создание.

Формируют V-канавки двух размеров. Они используются для удержания волокна в оболочке и самого волокна. Дополнительные канавки "резервуар" и "канал" формируются одновременно с основными. Размеры V-каналов зависят от размеров волокна в оболочке и сердцевины волокна.

На рис. 1 и 2 представлен дизайн детали для стыковки и реальные структуры после травления.

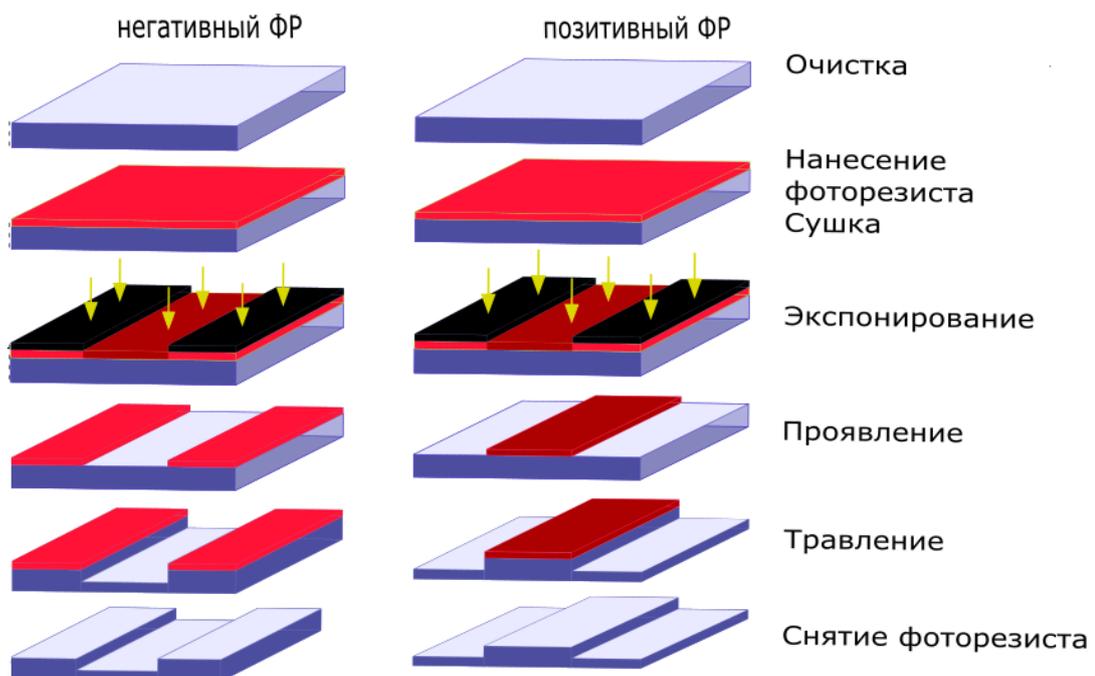


**Рис. 1.** Дизайн маски на кремниевой подложке для выравнивания оптического волокна, длина представленного модуля примерно 1,5 см и ширина 0,8 см [1]



**Рис. 2.** Показаны реальные структуры, полученные после травления, включая поперечное сечение [1]

Для получения структур использован метод фотолитографии, схема которого представлена на рис. 3.



**Рис. 3.** Этапы фотолитографии для позитивного и негативного фоторезиста, перерисовано по [2]

Фотолитография (ФЛ) – процесс создания на поверхности подложки защитного слоя из фоточувствительного материала, требуемой прочности, от агрессивных воздействий и последующей операции травления или осаждения, использующих этот защитный рельеф [2].

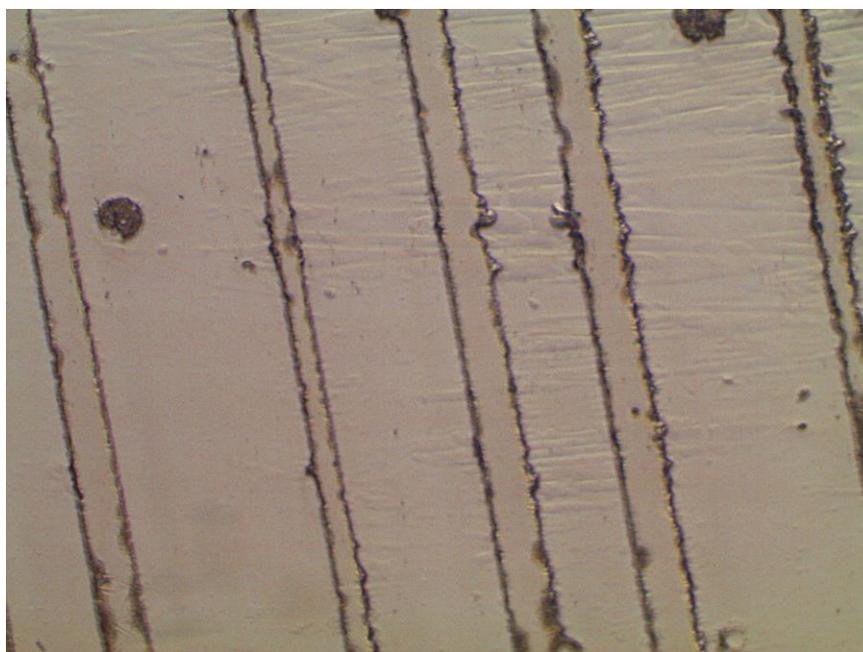
Основные этапы проведения эксперимента:

1. подготовка и очистка образца;
2. нанесение фоторезиста методом центрифугирования;
3. сушка в печи при 100 °С 1,5 мин;

4. экспонирование под лампой ДРЛ-125 7 мин;
5. проявление в растворе (УПФ-1Б + H<sub>2</sub>O);
6. дубление в печи при 100 °С 5 мин;
7. травление в буферном травителе (плавиковая кислота + фторид аммония + H<sub>2</sub>O дистиллированная в соотношении 1:3,6:5,4);
8. промывка и очистка образца, промыть в дистиллированной воде и очистить в растворе димексида 99%.

Все процедуры, описанные в пунктах 2, 4, 5, 6, 7, выполняются в тёмной комнате или в комнате, где синее и ультрафиолетовое излучение отфильтровано, чтобы не засвечивать фоторезист [2, 3].

На рис. 4 представлен результат окончательно отредактированной методики, с которой возможно последующее создание элемента пассивной стыковки.



**Рис. 4.** Образец № 15 после травления и очистки

Несмотря на достаточное количество факторов препятствующих процессу фотолитографии, можно сделать вывод, что в условиях малых предприятий без использования специализированного оборудования возможно создание переходных элементов фотоники.

### Список литературы

1. *Suhir E., Lee Y. C., Wong C. P.* Micro- and Opto-Electronic Materials and Structures: Physics, Mechanics, Design, Reliability, Packaging. Springer Science, Business Media, 2007. 735 p.
2. *Моро У.* Микролитография. В 2-х ч. Ч. 1. М., Мир, 1990. 605 с.
3. *Сычев С. А., Серолян Г. М., Позыгун И. С., Семочкин В. В.* Фотолитографический метод создания тонкопленочных ВТСП структур. Омск: Омск. гос. ун-т, 2004. 27 с.