

## УДК 621.794

### Технология герметизации микрофлюидных чипов

Дарья Михайловна Работяжева<sup>(1)</sup>

*Студент 4 курса<sup>(1)</sup>,*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Д.Д. Васильев,*

*кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Микрофлюидные чипы очень быстро получили широкое применение в местах оказания медицинской помощи благодаря таким преимуществам, как меньший объем пробы, быстрое обнаружение, высокая производительность, низкое загрязнение и простота интеграции. Одним из важных технологическим процессом в создании чипа является его герметизация, которая должна обеспечить герметичность канала при минимальных изменениях его профиля.

Наиболее изученными и отработанными из существующих методик по соединению основания и крышки являются методы термического связывания при высоких температурах (500—1050 °С), анодного связывания (при 70—500 °С и напряжении 50—1200 В) [1, 2], формированием промежуточных слоев [3], склеиванием полимерными композициями, в том числе и фотоотверждаемыми полимерами [4], методами оптического и глубокого оптического контакта и др.

Особенностью микрофлюидных аналитических методов являются малые количества исследуемых проб, а следовательно, относительно малые информационные сигналы. Поэтому в чипах используются термочувствительные элементы, электроды и покрытия, которые привели к развитию методов герметизации при низких температурах [5].

Герметизации стеклянных чипов базируются на воздействии высоких температур и давлений, а также на процессах химического связывания. Однако, если связывать стеклянное основание с полимерной крышкой, то диапазон температур может быть уменьшен на порядок.

В работе [6] при изготовлении микрофлюидных чипов подготовленную стеклянную подложку погружали в горячий раствор Piranha (представляющий собой смесь серной кислоты ( $H_2SO_4$ ) и перекиси водорода ( $H_2O_2$ )) в течение 30 минут для гидроксирования поверхности, затем промывали деионизированной водой и этанолом. Покрытие PDMS очищали в течение 5 минут в деионизированной воде и этаноле и высушивали азотом. Стеклянная подложка и крышка PDMS были собраны и помещены под 75 °С на 10 минут для усиления силы сцепления между ними. Авторами был продемонстрирован метод низкотемпературного связывания пластин после предварительной в условиях «обычных» лабораторий (для работы не требуются чистые комнаты и высокотемпературные печи).

Такие растворители, как гексан, толуол и этилацетат, вызывают наибольшую степень набухания (до 70% увеличение веса PDMS-образцов), остальные рассмотренные растворители вызывают лишь увеличение до 20% массы образцов. Поэтому наиболее перспективным направлением при подготовки подложек является плазменная активация, которая может заменить химическую подготовку.

Альтернативный способ герметизации микрофлюидного чипа — это склеивание, главным достоинством которого является нечувствительность к присутствию на

поверхности инородных частиц и возможность соединять пластины с разнообразными функциональными покрытиями. Широкий ассортимент фотоотверждаемых УФ излучением клеев, пригодных для соединения стекла с металлами и полимерами, и, следовательно, для герметизации микроструктур дает возможность развивать эти методы. Такой метод герметизации обладает особенностью, которая требует создания на поверхности защитной пластины тонкого слоя клея толщиной намного меньшей, чем глубина каналов.

Например, в работе [7] описывается способ соединения микрофлюидных чипов с помощью УФ отверждаемого клея путем введения его и перераспределения между поверхностями соединяемых пластин за счет капиллярных сил. Методы герметизации фотоотверждаемыми полимерами можно использовать в исследовательских лабораториях при изготовлении небольшой партии аналитических микрочипов [8].

Таблица 1. Виды герметизации микрофлюидных чипов

	Термическое связывание при высоких температурах	Термическое связывание при низких температурах	Склеивание
Воздействие на детекторную область	Да	Нет	Нет
Стоимость	Высокая	Низкая	Средняя
Специальное оборудование	Требуется	Не требуется	Требуется
Тип материалов	Все кроме полимеров	Любой вид + полимер	Любые
Тип производства	Любое	Любое	Мелкосерийное

В результате анализа научной литературы метод термического связывания при низких температурах с использованием различных видов оснований с полимерной крышкой является оптимальным способом герметизации микрофлюидного чипа.

#### Литература

1. Kutchoukov V.G., Laugere F., Van Der Vliet W. e.a. *Sens, and Actuators, A: Physical*, 2004, v. 114, № 2-3, p. 521—527.
2. Wei J., Nai S.M.L., Wong C.K., Lee L.C. *Thin Solid Films*, 2004, v. 462-463, p. 487—491.
3. Lee D.-J., Lee Y.-H., Jang J., Ju B.-K. *Sens, and Actuators, A: Physical*, 2001, v. 89, № 1-2, p. 43—48.
4. Schlautmann S, Besselink G.A.J., Prabhu G R, Schasfoort R.B.M. *J. Micromech. Microeng.*, 2003, v. 13, S81—S84.
5. Zhuang G., Jin Q., Liu J., Cong H. e.a. *Biomed. Microdevices*, 2006, v. 8, №3, p. 255—261.
6. Huajou Zhao, Shoonbo lee, lee Chen *Design and preparation of a centrifugal microfluidic chip integrated with SERS detection*, 2019
7. Lee L.J, Juang Y.J. *Electrophoresis*, 2008, v. 29, № 7, p. 1407—1414.
8. Евстапов А.А., Лукашенко Т.А., Тупик А.Н. *Научное приборостроение*, 2010, т. 20, № 1, с. 29- 38.