

## Электроника будущего: ученые создают устройства, которые растягиваются как кожа и обучаются как мозг



Дата публикации: 07.06.2026

На протяжении десятилетий развитие электроники шло по пути увеличения производительности, уменьшения размеров компонентов и повышения вычислительной мощности. Однако существует фундаментальная проблема, которую даже самые современные микросхемы пока не смогли полностью решить. Человеческое тело представляет собой мягкую, гибкую и постоянно изменяющуюся среду, тогда как большинство электронных устройств остаются жесткими и механически несовместимыми с живыми тканями. Именно поэтому инженеры по всему миру работают над созданием принципиально нового поколения электроники, которая сможет не только взаимодействовать с организмом, но и буквально вести себя как его естественная часть.

Одним из самых перспективных направлений стала мягкая нейроморфная электроника — технология, объединяющая достижения материаловедения, нейробиологии, искусственного интеллекта и биомедицинской инженерии. Такие устройства способны растягиваться, изгибаться и деформироваться

подобно человеческой коже, одновременно выполняя вычисления по принципам, напоминающим работу нервной системы.

Интерес к подобным технологиям обусловлен стремительным развитием носимой электроники и медицинских имплантов. Современные датчики здоровья, кардиомониторы, нейроинтерфейсы и протезы становятся все более сложными, однако их эффективность ограничивается тем, что традиционная электроника плохо адаптируется к постоянным движениям тела. При контакте с кожей, мышцами, суставами или внутренними органами жесткие устройства могут вызывать раздражение тканей, ухудшать качество сигнала и со временем терять работоспособность.

Новый подход предполагает противоположную стратегию. Вместо того чтобы заставлять организм приспосабливаться к технологиям, ученые создают устройства, которые адаптируются к организму. Такие системы изготавливаются из мягких полимеров, эластичных проводящих материалов и специальных ионных гелей, способных сохранять электрические свойства даже при сильном растяжении.

Особенность новой электроники заключается не только в механической гибкости. Исследователи стремятся воспроизвести принципы работы человеческого мозга на уровне самого оборудования. Именно поэтому такие устройства называют нейроморфными. В отличие от традиционных вычислительных систем, где память и обработка данных разделены, нейроморфные элементы способны одновременно хранить информацию и выполнять вычисления, подобно биологическим нейронам и синапсам.

В человеческом мозге обучение происходит благодаря изменению силы связей между нервными клетками. Этот процесс называется синаптической пластичностью. Именно он позволяет человеку запоминать информацию, приобретать навыки и адаптироваться к новым условиям. Новые электронные компоненты способны имитировать подобное поведение. Их электрические характеристики постепенно изменяются под воздействием сигналов, что позволяет устройствам буквально обучаться на собственном опыте.

Для реализации таких функций используются материалы со смешанной ионно-электронной проводимостью. В обычных микросхемах информацию переносят исключительно электроны. В живых организмах ключевую роль играют ионы натрия, калия, кальция и других элементов. Новые материалы объединяют оба механизма передачи сигнала, благодаря чему их работа становится значительно ближе к естественным процессам нервной системы.

Особенно впечатляют механические характеристики подобных устройств.

Некоторые экспериментальные образцы способны растягиваться более чем на 140 процентов от первоначальной длины без потери функциональности. Это превышает показатели естественной растяжимости человеческой кожи и позволяет использовать такие системы даже в областях тела с высокой подвижностью.

Не менее важным преимуществом является чрезвычайно низкое энергопотребление. Многие современные нейроморфные элементы работают при напряжении менее 0,5 вольта. Это значительно снижает нагрев устройства и уменьшает риск повреждения окружающих тканей. Для медицинских имплантов такой параметр имеет критическое значение, поскольку длительное воздействие тепла может вызывать воспалительные процессы и снижать эффективность лечения.

Потенциальные области применения новой технологии чрезвычайно разнообразны. Одним из наиболее перспективных направлений считается создание электронной кожи. Такие покрытия смогут воспринимать прикосновения, давление, температуру и другие внешние воздействия практически так же, как это делает человеческая кожа. При этом обработка информации будет происходить непосредственно внутри материала без необходимости постоянно передавать данные на внешний компьютер.

В будущем подобные системы могут использоваться в робототехнике. Мягкие роботы, оснащенные нейроморфной электронной кожей, смогут гораздо лучше взаимодействовать с окружающей средой, распознавать прикосновения и адаптироваться к меняющимся условиям. Это особенно важно для медицинских роботов, реабилитационных устройств и технологий ухода за пациентами.

Еще одним важным направлением является развитие носимого искусственного интеллекта. Сегодня большинство умных устройств зависят от облачных вычислений и постоянного подключения к внешним серверам. Нейроморфные системы способны обрабатывать информацию непосредственно на месте, существенно снижая задержки, энергопотребление и требования к передаче данных.

Большой интерес вызывает возможность интеграции подобных устройств с нервной системой человека. В перспективе мягкие нейроморфные интерфейсы могут использоваться для восстановления утраченных функций после травм спинного мозга, управления бионическими протезами и создания новых поколений нейроимплантов. Благодаря своей гибкости они способны значительно лучше взаимодействовать с нервной тканью по сравнению с традиционными электродами.

Несмотря на впечатляющие успехи, технология пока находится на этапе активного развития. Одной из главных проблем остается долговременное хранение информации. Многие современные нейроморфные элементы способны эффективно обучаться, но сохраняют данные лишь ограниченное время. Для решения этой задачи инженеры разрабатывают специальные гибридные архитектуры, сочетающие мягкие эластичные участки с миниатюрными жесткими элементами памяти.

Перспективным решением считаются так называемые островно-мостовые конструкции. В таких системах наиболее чувствительные электронные компоненты размещаются на небольших жестких участках, а между ними располагаются растягиваемые соединения. Подобная архитектура позволяет одновременно сохранять высокую вычислительную мощность и механическую гибкость.

Не менее важной задачей остается поиск новых материалов, которые будут одновременно безопасными для организма, химически стабильными и пригодными для массового производства. Для медицинских применений особенно важно, чтобы устройства сохраняли работоспособность в течение многих лет без токсического воздействия на окружающие ткани.

Специалисты считают, что именно сочетание искусственного интеллекта, нейроморфных вычислений и мягкой электроники может стать основой следующей технологической революции. Если современные компьютеры создавались по принципам классической электроники, то устройства будущего будут гораздо ближе к живым организмам. Они смогут обучаться, адаптироваться к окружающей среде и взаимодействовать с человеком на принципиально новом уровне.

Фактически ученые постепенно стирают границу между биологией и электроникой. То, что еще недавно казалось научной фантастикой, превращается в реальную инженерную задачу. Уже в ближайшие десятилетия растягиваемые электронные системы, работающие по принципам человеческого мозга, могут стать неотъемлемой частью медицины, робототехники и повседневной жизни, открывая новую эпоху интеграции человека и технологий.

**Ссылка:** «Растягиваемая нейроморфная электроника для будущего интегрированного с человеком интеллекта» DOI: [10.1088/2631-7990/ae5004](https://doi.org/10.1088/2631-7990/ae5004).