Ученые ИПМаш РАН нашли новый способ управлять жидкостью в микроканалах

13.04.2026



Международная группа ученых под руководством главного научного сотрудника ИПМАШ РАН Александра Захарова обнаружила, что направление нагрева микроканала с жидким кристаллом меняет скорость течения почти в пять раз. Результаты работы опубликованы в Crystals.

Микрофлюидика — одна из самых быстрорастущих областей современной науки. Умение управлять движением крошечных объемов жидкости в каналах толщиной в несколько микрометров открывает путь к созданию «лабораторий на чипе», высокочувствительных медицинских тест-систем и нового поколения оптических устройств. До недавнего времени основным инструментом управления жидкостью в таких масштабах было электрическое поле.

Международный коллектив ученых под руководством главного научного сотрудника лаборатории математического моделирования волновых процессов ИПМаш РАН Александра Захарова предложил и теоретически обосновал альтернативный метод — использование разницы температур между стенками микроканала.

В частности, технология использует жидкие кристаллы — уникальное состояние вещества, сочетающее текучесть жидкости с упорядоченной структурой твердого тела. Их вытянутые молекулы могут выстраиваться в определенном направлении подобно строю солдат, но при этом способны перестраиваться под внешним воздействием. Именно эта чувствительность

сделала жидкие кристаллы основой современных дисплеев.

Однако, как показали исследования их потенциал гораздо шире. Оказалось, что в микрообъемах жидкие кристаллы экстремально реагируют не только на электричество, но и на температурный градиент — разницу температур между верхней и нижней стенкой канала. Более того, эта реакция оказывается неожиданно сложной и во многом зависит от граничных условий, то есть от того, как именно молекулы «привязаны» к ограничивающим поверхностям.

«Мы построили компьютерную модель сжимаемого жидкого кристалла, заключенного в плоский микроканал, и изучили, как в нем возникает течение при нагреве сверху или снизу. Расчеты показали, что направление и сила гидродинамического потока кардинально зависят от того, какая стенка горячая, а какая холодная. Когда образец нагревался сверху, горизонтальная скорость течения достигала примерно 35 микрометров в секунду. Когда же тепловой поток направляли снизу вверх — при той же разнице температур — скорость падала почти в пять раз, до 6,6 микрометров в секунду», - сказал главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования волновых процессов ИПМаш РАН Александр Захаров.

Причем в обоих случаях в канале формировались не только горизонтальные, но и вертикальные течения, создавая сложную объемную картину движения. Это означает, что, просто меняя направление нагрева, можно управлять не только скоростью, но и самой структурой потока.

Разработка позволяет бороться с теми же вызовами, что и в микроэлектронике. Кремниевые транзисторы приблизились к физическому пределу миниатюризации, и дальнейший прогресс требует новых принципов. Аналогично, управление микрообъемами жидкостей с помощью электрических полей имеет свои ограничения, особенно при работе с биологическими образцами. Использование температурного градиента открывает путь к созданию более простых, дешевых и энергоэффективных микронасосов, смесителей и сенсоров.

Александр Захаров подчеркнул, что работа показывает не только полезные способы оценки времен релаксации, но и позволяет анализировать проблемы стабильности, эффективности и времени жизни будущих устройств.