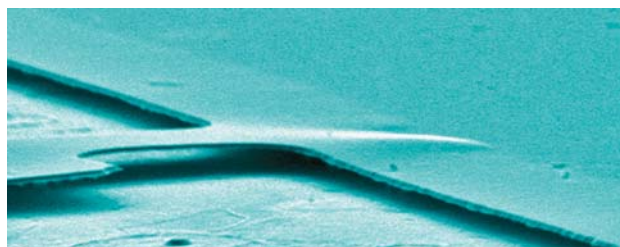


НАНОЭЛЕКТРОНИКУ ждет глобальное потепление



Первое место на международном конкурсе научных работ молодых ученых (секция «Нанoeлектроника»), который прошел в рамках московского форума «Rosnanotech 2008», занял студент 5-го курса физического факультета Новосибирского государственного университета Андрей Шевырин



Проводящая полупроводниковая мембрана толщиной 110 нм, «висящая» над подложкой на высоте 400 нм. Подвешивание достигается селективным вытравливанием «жертвенного» слоя под верхним рабочим. Методика создания таких мембран хорошо известна, но ранее не применялась для изготовления наноструктурных элементов. Сегодня на основе таких структур в ИФП СО РАН создаются так называемые «подвешенные» одноэлектронные транзисторы. *Электронная микроскопия. Фото Т. Гавриловой*

Выступление 21-летнего Андрея Шевырина, посвященное созданию одноэлектронного транзистора, работающего при температурах, приближенных к комнатной, оказалось лучшим на секции среди докладов многих других научных сотрудников и аспирантов.

В обычных полевых транзисторах, широко используемых в электронике, переключение из открытого состояния в закрытое сопровождается перемещением сотен электронов, на что затрачивается значительная энергия. А поскольку количество таких транзисторов

в современных интегральных микросхемах огромно, то актуальна задача сокращения энергетических затрат.

В стандартном одноэлектронном транзисторе для переключения достаточно переместить на *квантовую точку* всего один электрон (отсюда и название), поэтому перспективы его использования заманчивы. Но есть одно «но»: обычно такой транзистор может работать только при очень низких температурах (ниже температуры жидкого гелия 4,2 К).

Максимальная рабочая температура транзистора обратно пропорциональна емкости квантовой точки,

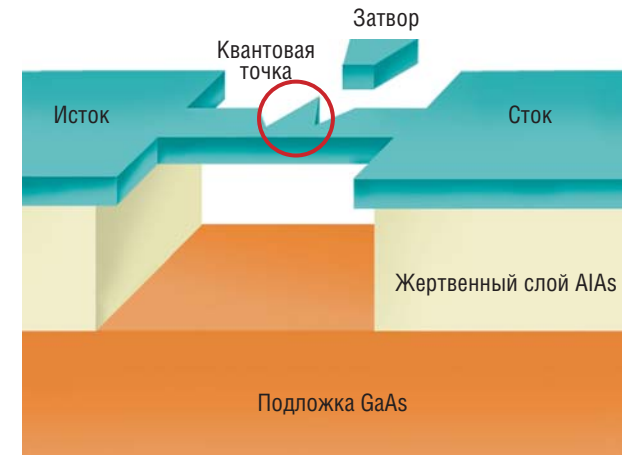
которая определяется ее размером: чем меньше точка, тем выше предельная рабочая температура. Чтобы транзистор мог работать при комнатной температуре (300 К), размер квантовой точки должен лежать в пределах 10 нм. Сделать электронный проводник такого размера с помощью современных технологий возможно, но при этом практически нереально обеспечить разветвленную геометрию транзистора для подведения к нему необходимого количества затворов, управляющих потенциалом квантовой точки и прозрачностью туннельных барьеров.

— Мы обратили внимание на то, что емкость квантовой точки определяется не только ее размерами, но и диэлектрической проницаемостью окружающего материала, — объясняет научный руководитель Андрея, д. ф.-м. н. Артур Погосов из лаборатории неравновесных полупроводниковых систем Института физики полупроводников СО РАН. — Так что, если «оторвать» транзистор от высокодиэлектричной подложки, можно ограничиться размером 100 нм вместо 10 нм.

— Это обнаружилось почти случайно, при исследовании совершенно другого явления в ходе экспериментов, проводимых совместно со старшим научным сотрудником нашего института Максимом Буданцевым, — рассказывает Андрей Шевырин. — Позже, при анализе экспериментальных результатов, нас удивило, что такой, казалось бы, очевидный факт никто не предсказал теоретически. Впрочем, так происходит нередко: сначала эффект обнаруживает себя экспериментально, а потом он подтверждается расчетами. Аналогичные эксперименты параллельно с нами проводила группа ученых из Германии под руководством профессора Коттхауза, но идея о том, что «отрывая» транзистор от подложки, можно повысить его рабочую температуру, к ним не пришла.

Максимальная рабочая температура такого «подвешенного» транзистора, которой исследователям удалось достичь на сегодня, 150 К при размере квантовой точки 200 нм. В планах — оторвать квантовую точку (увеличить зазор) от подложки так, чтобы транзистор заработал при комнатной температуре. Данный этап требует выработки инженерного решения, оптимизированного по температуре, размеру квантовой точки и степени ее отрыва от подложки. В случае успеха этот шаг серьезно приблизит технологию к возможности практического использования.

Самого же Андрея и его научного руководителя интересуют уже другие эффекты, которые может демонстрировать «освобожденный» от подложки нанотранзистор, в частности его механические колебания. На основе такого колеблющегося транзистора можно, например, создавать прецизионные источники тока. Подобные подвижные электрические наносистемы в мире еще только начинают изучать.



Одноэлектронный транзистор представляет собой «квантовую точку» (электронный проводник малых размеров), отделенную от проводящих областей истока и стока тонкими непроводящими промежутками (туннельными барьерами). Туннелирование электрона из истока в квантовую точку и затем в сток ограничивается так называемым «эффектом кулоновской блокады», происходящим от электростатического отталкивания электронов. Этот эффект играет роль «турникета», пропускающего электроны через квантовую точку строго по одному: пока предыдущий электрон не перешел из квантовой точки в сток, следующий не может протуннелировать в квантовую точку из истока — транзистор закрыт. Созданный в ИФП СО РАН «подвешенный» одноэлектронный транзистор отличается от обычного тем, что он оторван от подложки благодаря вытравливанию «жертвенного» слоя



Так выглядит новый одноэлектронный транзистор под электронным микроскопом. *Фото А. Плотнокова*