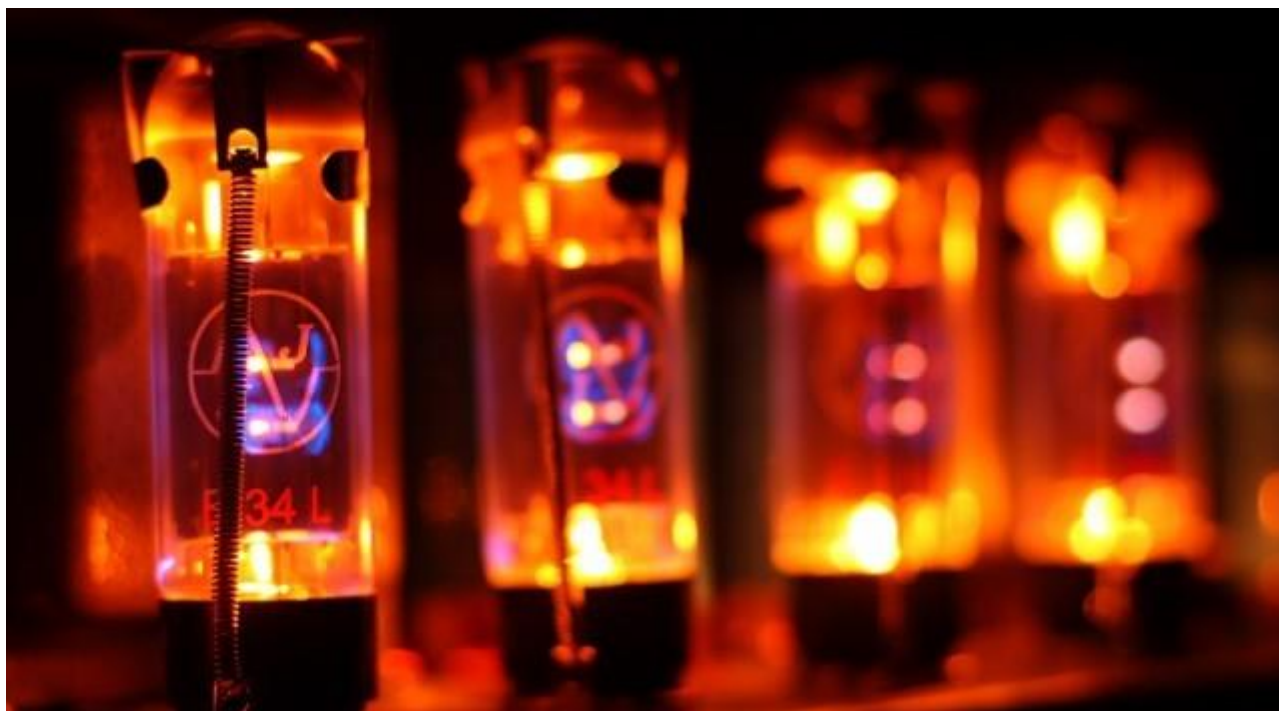


Современные наноразмерные электронные лампы могут стать альтернативой кремниевым транзисторам



Сейчас существуют определенные трудности дальнейшего масштабирования технологии полупроводников, а также связанная с этим проблема повышения производительности процессора без увеличения тактовой частоты.

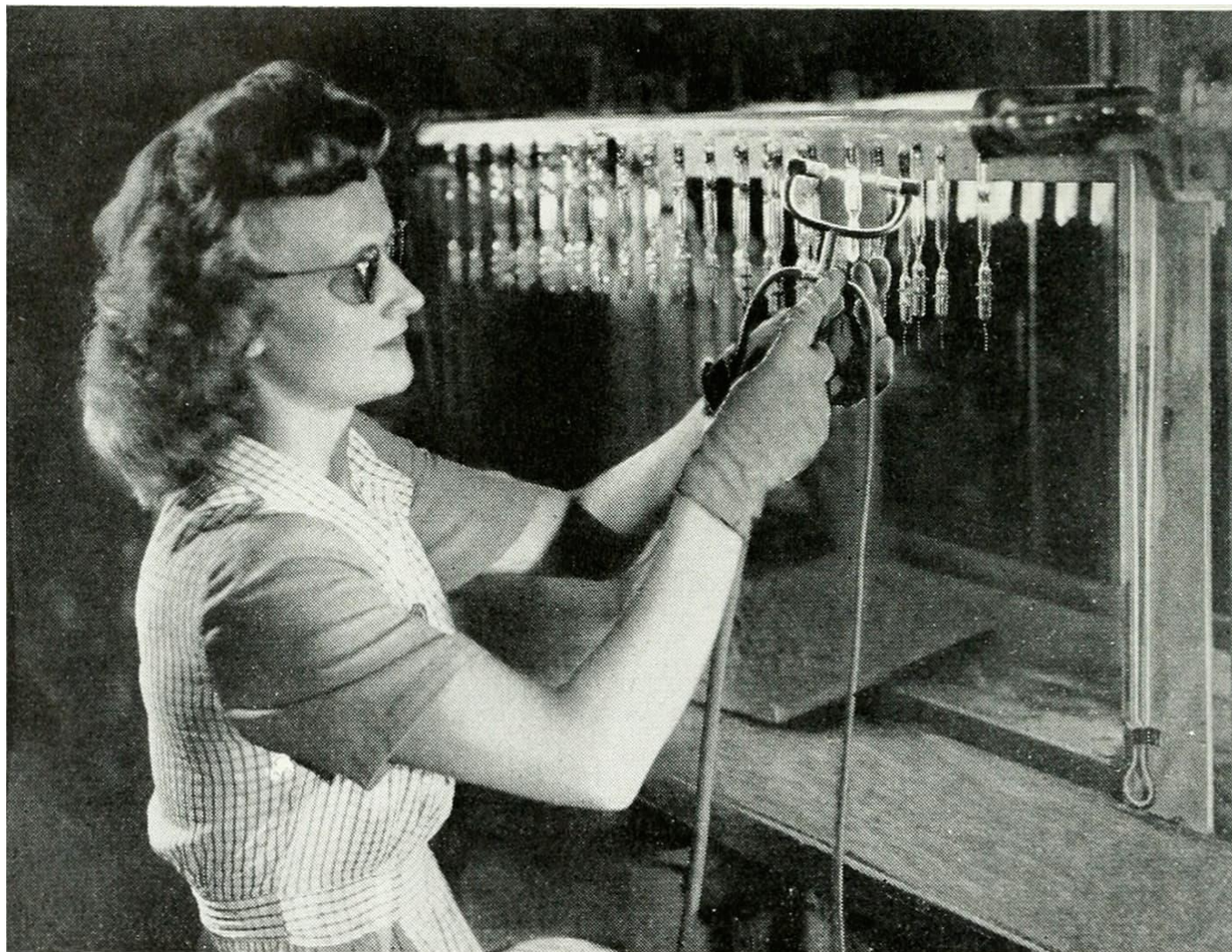
Исследователи из Калифорнийского технологического института считают, что они смогут решить существующую проблему, вернувшись к очень старой технологии. Электронные лампы, по словам исследователя Акселя Шерера, могут стать ключом к повышению производительности транзисторов и снижению потребляемой мощности.

Проект, над которым работают Шерер и его группа, не имеет ничего общего с классическими электронными лампами — по словам команды, они примерно в 1000 раз меньше, чем клетки крови человека, около 6-8 нм. Основной проблемой современных кремниевых процессоров является значительное выделение тепла. Электронная технология же, разрабатываемая исследователями Калифорнийского технологического института, выделяет энергии значительно меньше, чем их кремниевый аналог, что позволит решить проблему перегрева и туннельного эффекта.

В отличие от кремния, который может быть как проводником, так и изолятором, в зависимости от того, как он химически изменен, лампы Шерера могут быть сделаны из целого ряда металлов, таких как вольфрам, молибден, золото и платина.

Электронные лампы являются одним из вариантов среди целого ряда идей. Другие перспективные подходы включают в себя экзотические материалы, например, углеродные нанотрубки и даже микроскопические механические переключатели.

Шерер не пытается изобрести транзистор или полностью заменить кремний. Boeing финансирует эти исследования из-за его потенциального применения в космической и авиационной технике, так как кремний, очевидно, будет стандартом еще многие годы. У вакуумной технологии есть еще много проблем, которые предстоит решить. Когда удастся наладить выпуск десятков тысяч процессоров на электронно-ламповой основе в месяц? Сколько стоит заменить оборудование на производстве и построить экосистему? Может ли оно быть организовано достаточно быстро, чтобы сохранить текущие темпы, и как технология будет интегрироваться в существующие производственные линии?



Работа с электронными лампами. Фото 1922 года, Systems Technical Journal Bell

Миниатюрные электронные лампы могли бы превратиться в основную движущую силу повышения производительности вычислительных систем, но стоимость и производственные проблемы — огромное препятствие на пути технологии, которая позиционирует себя конкурентом кремния. Ни углеродные нанотрубки, ни графен не сделали этого, несмотря на свой огромный начальный потенциал.

Тема использования принципа работы вакуумных электронных ламп в современных чипах всплывает уже не в первый раз. Лампы лучше полупроводников переносят электромагнитные импульсы и радиацию, поэтому их до сих пор используют в военной

технике, которая должна выдерживать близкие взрывы ядерных бомб. Так, радиолампы нового поколения разрабатывает американское оборонное агентство DARPA.

В НАСА исследуют возможности так называемых "вакуум-канальных транзисторов". Крошечные размеры электронных «наноламп» в чем-то даже облегчают их создание — в отличие от обычной радиолампы, не нужно прилагать никаких дополнительных усилий для создания вакуума внутри прибора. Расстояние между катодом и анодом намного меньше длины свободного пробега электрона при атмосферном давлении.

Ученые считают, что вакуумные приборы наноразмеров будет легче заставить работать в терагерцовом диапазоне, чем традиционные полупроводники. Хотя и твердотельные транзисторы уже удается заставить работать на частоте выше терагерца. Так, прототип корпорации Northrop Grumman, сделанный в рамках программы DARPA Terahertz Electronics в 2014 году преодолел этот рубеж. В нем использовались транзисторы из фосфида индия.

<http://www.darpa.mil/program/thz-electronics>

<http://www.extremetech.com/computing/229680-could-modern-nanoscale-vacuum-tubes-replace-transistors>

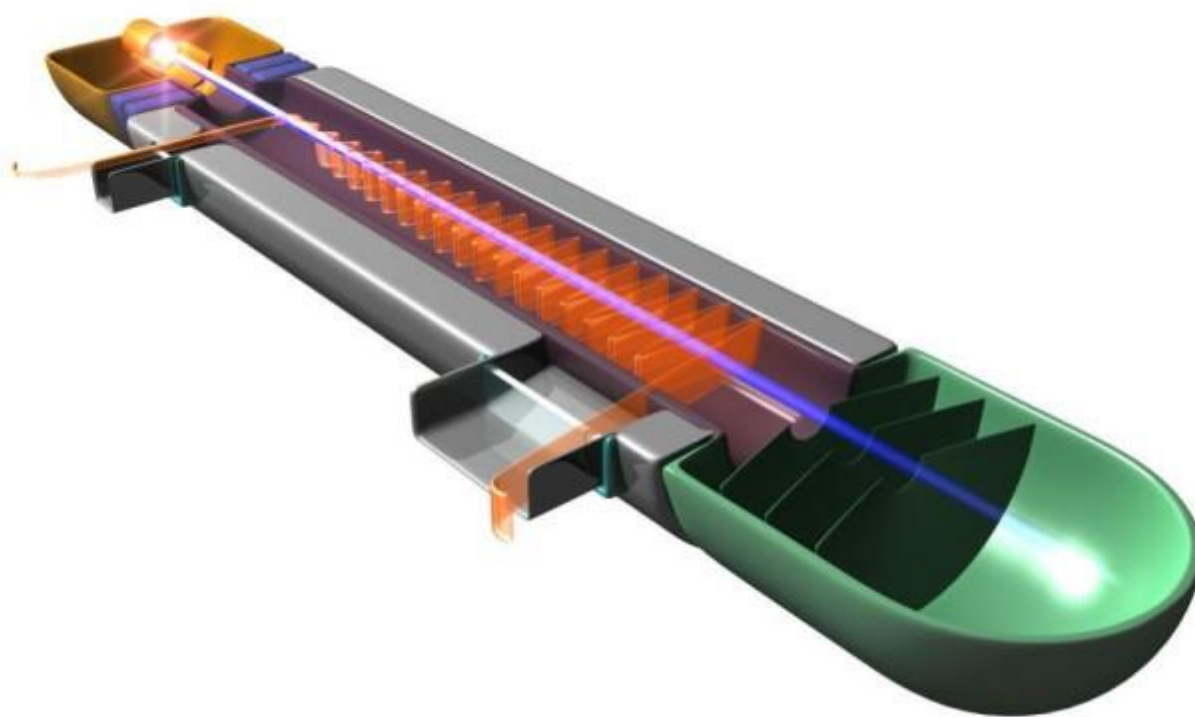
DARPA разрабатывает радиолампы нового поколения



Старые добрые радиолампы широко применялись в электронных устройствах прошлых лет, но с появлением твёрдотельной электроники ушли на второй план. Агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США (DARPA) считает, что электронные лампы ещё не исчерпали свой потенциал. Более того, у них есть уникальные преимущества перед кремниевыми транзисторами.

DARPA объявило о запуске программы Innovative Vacuum Electronic Science and Technology (INVEST) по разработке более эффективной и высокоточной технологии электронных ламп.

Как кремниевые транзисторы становятся всё меньше по размеру, так и радиолампы нового поколения будут более миниатюрными, чем их древние предки.



Для достижения заданной цели нужно преодолеть некоторые технические проблемы, поэтому и открыта программа INVEST. Специалистам предлагают найти способ, чтобы электронные лампы работали на более высоких частотах (более 75 ГГц) и с волнами меньшей длины. Это сделает их более точными и универсальными, не особо отразившись на стоимости. DARPA предполагает в будущем ключевые электронные компоненты печатать на 3D-принтере.

Хотя современная электроника по большинству характеристик превосходит радиолампы, а тех есть уникальные преимущества. Поскольку они работают в миллиметровом диапазоне длин волн, их сигнал труднее заглушить и они значительно более устойчивы к таким поражающим факторам, как электромагнитный импульс. Неудивительно, что в американской армии сейчас используется более 200 000 приборов на радиолампах в критически важных устройствах связи и радарх. Такие приборы есть и в российской армии. Вероятно, даже в больших количествах.

Кроме военного дела, радиолампы нового поколения найдут и гражданское применение: они улучшат качество оборудования для связи, а также научных электронных приборов, которые используются в физике и других областях науки.

В общем, электронные лампы совсем не умерли, просто ненадолго вышли из сферы повсеместного использования. Но обязательно вернуться.

Комментарии

Интересно услышать от кого-нибудь знающего, как у полупроводников обстоят дела с миллиметровым диапазоном. Всё же делают оборудование для передачи данных на частотах в десятки гигагерц для различных операторов связи и т. д. Или всё это оборудование ламповое? Даже если так, это лишь аргумент за использование ламп в передатчиках, но не в основной электроники. Особенно для гражданских, которым не критична работоспособность устройств в условиях ядерной войны. Для военных это аргумент, однако может оказаться дешевле банально запихнуть обычный компьютер в свинцовую коробку со стенками достаточной толщины. Ибо по остальным критериям лампы жёстко сливают полупроводникам. Устойчивость к механическим воздействиям (это в том числе всякие перегрузки, которые могут возникнуть при взрыве, и т. д.) — ниже, размеры — больше (а это значит, что создать ламповый аналог даже какого-нибудь Core i3 не реально банально из-за ограничений на скорость света — сигнал не будет успевать доходить от одного блока к другому на гигагерцевых частотах работы, тут даже вопрос не в занимаемом месте и даже миниатюризация не решит проблемы, потому что Intel уменьшает техпроцесс отнюдь не только для снижения энергопотребления, а лампы размером 20 нм всё равно сделать не смогут), энергопотребление больше. В аналоговой электронике точность должна быть меньше («тёплые ламповые искажения» могут быть приятны аудиофилам, но никак не при обработке данных со всяких датчиков и т. п.). В общем, очень нишевый продукт. Как и раньше.

Вы немного не правы. Лампы таких размеров уже делают. Это обычный транзистор, только вместо полупроводникового перехода — пустота (можно сказать вакуум, так как зазор между обкладками мал — там помещается мало молекул воздуха). Над этими лампами уже давно работают.

Вакуумные электронные лампы для нашей микроэлектроники — это не новое, а давно забытое старое. Они использовались до 1960-х годов, после чего их вытеснили транзисторы. В данный момент возможности транзисторов достигли своих пределов, поэтому ученым пришлось в голову вернуть в микроэлектронику лампы, усовершенствовав их до более высокой скоростью, чем у транзисторов, и наноразмерами.

Кроме всего прочего, бесспорным преимуществом радиоламп по сравнению с транзисторами всегда была устойчивость к помехам и радиации.

1905 год — именно тогда была запатентована первая электронная лампа. Диоды — это простейшие лампы с несложной конструкцией. Это лампа накаливания, самая обычная, внутри которой вакуум, а над нитью два электрода. Термоэлектронная эмиссия позволяет превратить небольшой ток, приложенный к одному электроду, в сильный ток на втором электроде. Эта особенность радиоламп позволяет им до сих пор пользоваться спросом в качестве усилителей для профессиональной аппаратуры.

В 1950-х годах появились транзисторы. Они отвоевали место ламп, за счет того что были легче, меньше по размерам и дешевле. Однако по сравнению с лампами, они сильнее подвержены воздействию радиации. Вот почему использование их в космических аппаратах всегда было рискованным. Кроме того, электроны в твердых телах, как раз таких, как полупроводники транзисторов, всегда движутся медленнее, чем в вакууме.

В американском научно-исследовательском центре Эймса ученые пытались создать нечто среднее между транзисторами и старыми вакуумными электронными лампами. В итоге они получили нанорадиолампы.

Способ производства нанорадиоламп, как и транзисторов, основан на методе фотолитографического травления. Выполняется травление поверхности допированного фосфором кремния, а в итоге создаются три электрода: исток, сток и затвор, как в триоде, к которым и принадлежит такая нанолампа. Расстояние от истока до стока – всего 150 нм. С помощью электрического поля, которое прилагается перпендикулярно стоку и истоку, исток испускает электроны, а затвор управляет их перетоком через полость нанолампы.

Руководитель исследования Мейя Мейяппан сообщил, что созданные командой ученых под его руководством новые нанорадиолампы работают с частотой 0,47 ТГц. А это на порядок больше скорости работы лучших кремниевых транзисторов.

Это уже далеко не первая попытка создания вакуумных нанорадиоламп. Все более ранние попытки не увенчались успехом, из-за того что создать вакуум в таких маленьких устройствах – очень непростая задача. В последних исследованиях ученые отказались от идеи создания «чистого» вакуума, потому что в пространстве 150 нм у электронов практически нет шансов столкнуться с атомами присутствующих в лампе газов.

Одновременно с этим появилась и небольшая проблема. Для включения нанорадиолампы необходимо напряжение 10 В, в то время как для современных транзисторов достаточно 1 В. Из-за этого нет возможности массово использовать нанолампы в современных микросхемах, пока не будет изобретен соответствующий вольтаж. Хотя для военных и космических целей уже сегодня эти лампы могут быть вполне подходящими.

О механическом выпрямителе для автомобильных амортизаторов читайте в следующей статье. <http://www.concernargo.ru/tech/369-vakuumnye-radiolampy-vozrozhdayutsya-zanovo-tolko.html>

Сегодня электронные лампы используются лишь в электронике, от которой требуется повышенная выживаемость, особенно в условиях воздействия радиации, — то есть, в военной и космической технике. Можно встретить их и в аналоговых звуковых системах высочайшего класса, но это уже скорее пережиток прошлого. Словом, обычный человек об электронных лампах давно забыл — но новые технологии заставляют о них вспомнить.

В принципе, электронные лампы во многом напоминают обычные лампочки накаливания. Они представляют собой стеклянные емкости (вакуумные или наполненные газом) с

расположенным внутри проводящим (и нагревающимся) электродом. В данном случае, это катод, а анод находится на «макушке» лампы. Кроме того, катод окружает тонкая металлическая сетка. В результате происходит следующее. Нагреваясь, катод начинает испускать поток электронов, которые устремляются к положительному аноду. Скорость движения этого потока можно контролировать, меняя заряд металлической сетки. Например, если изначально поток очень слаб, его можно заметно ускорить, тем самым усилив сигнал — так действует ламповый усилитель.

Легко понять, почему транзисторы столь быстро вытеснили лампы из компьютерной техники: каждая лампа требует изрядно энергии не только для нагрева катода, но и для отвода лишнего тепла. Компьютер, состоящий из десятков тысяч ламп, будет потреблять столько, что для него может потребоваться небольшая электростанция! И это не считая стоимости производства и громоздкости конструкции. Полупроводниковые транзисторы и лучше, и дешевле ламп, они на порядки компактнее, ими легче манипулировать... Они дали нам современную электронику.

Но все-таки, транзисторы не во всем лучше ламп: отдельный транзистор работает медленнее отдельно взятой лампы, хотя бы потому что электроны в твердом теле движутся медленнее, чем в газе или вакууме. Из-за деградации кремниевой структуры они легко разрушаются под действием радиации. Словом, есть и у ламп свои преимущества, из-за которых военные и космические конструкторы вовсю продолжают их использовать.

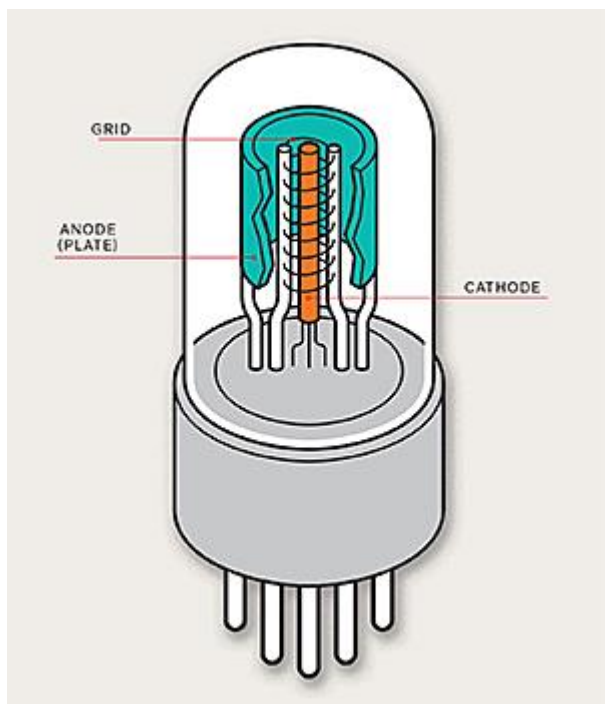
Новое устройство, предложенное группой американских ученых во главе с Мейя Мейяппаном (Меууа Меууарпан), демонстрирует преимущества и транзисторов, и ламп. Оно компактно и просто в производстве — и при этом устойчиво к радиации. «Нано-электронная лампа» получается вырезанием крохотной полости в кремнии, допированном фосфором. По границам ее помещаются три электрода (они выполняют роли катода, анода и сетки в электронной лампе).

По оценке авторов, частота работы такого устройства может достигать 0,46 ТГц, вдесятеро превышая возможности самых быстрых современных транзисторов. При этом размеры полости настолько малы, что необходимость искусственно поддерживать в ней вакуум отпадает: электроны, путешествующие через нее, и так имеют крайне мало шансов столкнуться с атомами. Это намного упрощает всю конструкцию.

Стоит сказать, что пока что эта «нано-электронная лампа» — лишь концепт, а не полноценно работающее устройство, хотя бы потому, что рабочие характеристики его не дотягивают до транзисторных. Однако потенциал новой технологии может оказаться весьма велик — если не для меломанов, то хотя бы для военных и для космонавтики.

<http://www.popmech.ru/technologies/12736-nanolampy-inogda-oni-vozvrashchayutsya/#full>

Вакуумный транзистор сможет преодолеть рубеж 1 ТГц



Во второй половине 20 века кремниевые транзисторы (MOSFET) полностью заменили радиолампы в электронных устройствах. Это вполне естественно, учитывая многочисленные преимущества полупроводников: миниатюрность, дешевизна, эффективность, прочность, надёжность, и самое главное — эффективный техпроцесс химического вытравливания транзисторов в интегральных схемах. Технология позволила создавать чипы с миллиардами транзисторов. С годами они становились всё меньше, расстояние между истоком и стоком сокращалось, за счёт чего росла производительность электроники (закон Мура).

Несмотря на перечисленные недостатки, электронные лампы обладают определёнными преимуществами перед транзисторами: сам по себе вакуум — это лучшая среда для передачи электрона, чем твёрдое тело, где возникают помехи из-за столкновения электронов с атомами материала, шумы и искажения. К тому же, радиолампы более устойчивы к радиационным повреждениям.

Если в обычных транзисторах использовать вакуум, то удалось бы совместить преимущества обеих технологий. Теоретически, вакуумный транзистор может работать на терагерцовых частотах, на порядок быстрее существующих кремниевых аналогов. Сотрудники исследовательского центра NASA Ames давно экспериментируют в этом направлении. Им удалось добиться довольно многообещающих результатов, пишет IEEE Spectrum.

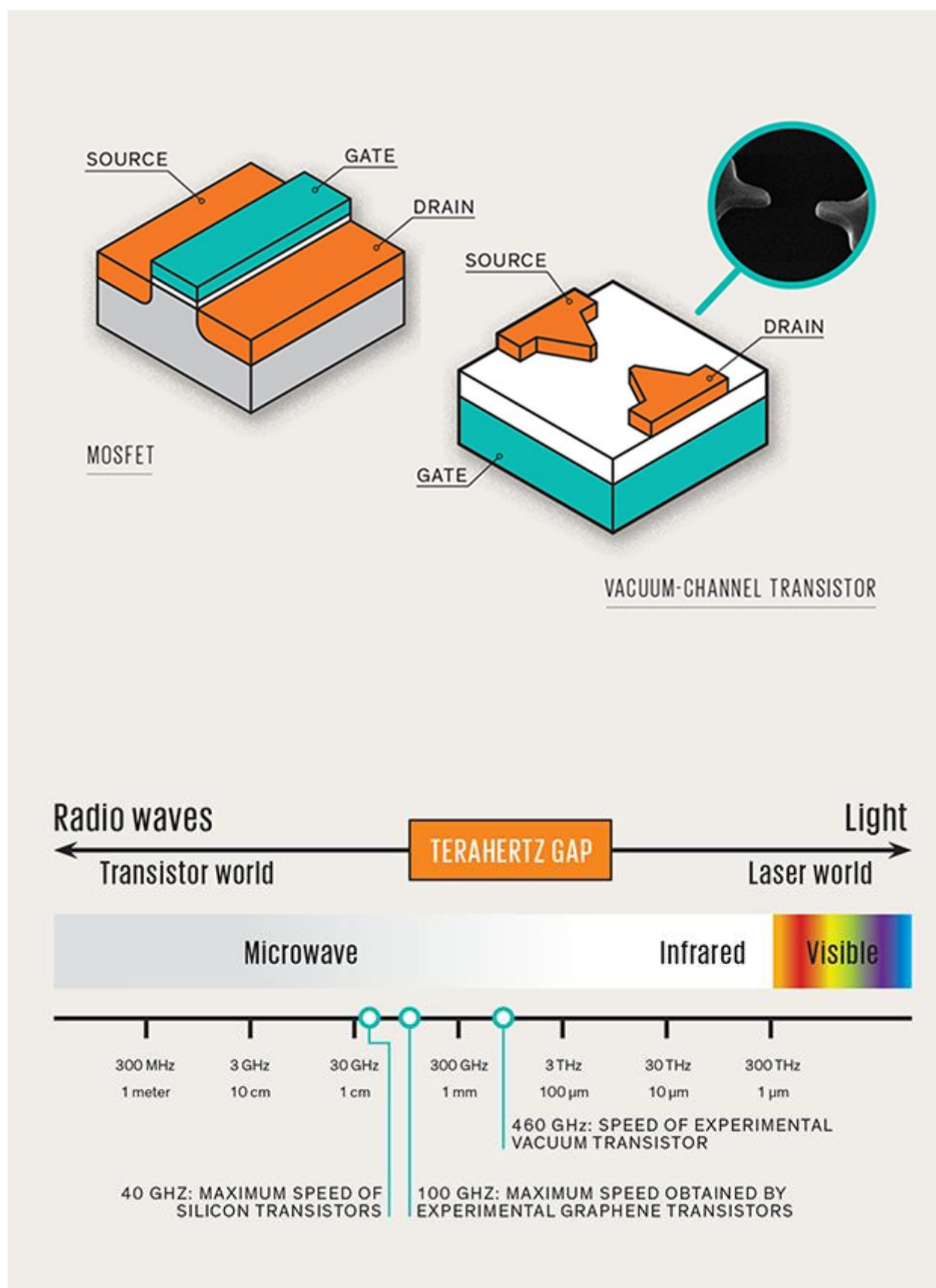
Кремниевые микросхемы подошли к физическим пределам миниатюризации, и сейчас рассматривается несколько направлений дальнейшего развития технологии: углеродные нанотрубки, графен, нанопровода и проч. Вакуум-канальный транзистор (vacuum-channel transistor) дополняет этот список.

В радиолампе электронная нить, похожая на нить в лампе накаливания, нагревает катод до такой степени, что тот испускает электроны. Такая конструкция — причина высокого энергопотребления и низкой надёжности радиоламп, которые часто выгорают. Но в вакуум-канальном транзисторе отсутствует нить накаливания, и катод не нужно нагревать.

Если устройство сделать миниатюрного размера, то становится возможна автоэлектронная эмиссия под действием внешнего электрического поля без предварительного возбуждения электронов.

Проблему с наличием чистого вакуума под давлением инженеры NASA Ames решили, сократив расстояние между катодом и анодом настолько, что оно становится меньше, чем длина свободного пробега электрона, прежде чем он столкнётся с молекулой газа. При нормальном атмосферном давлении длина свободного пробега электрона составляет около

200 нм. А если использовать гелий, то она увеличивается до 1 мкм. При достаточно низком напряжении у электронов не хватит энергии, чтобы ионизировать гелий, так что деградации катода не происходит.



В прототипе вакуумного транзистора NASA Ames для управления транзистором используется стандартный затвор из диоксида кремния, как в MOSFET.

«Хотя наша работа пока находится на ранней стадии, мы считаем, что сделанные нами улучшения в конструкции вакуум-канальных транзисторов могут когда-нибудь оказать значительное влияние на электронную промышленность, особенно в приложениях, где важна производительность, — пишут исследователи. — Наш первый прототип работает на частоте 460 гигагерц, это примерно в 10 раз выше, чем лучший кремниевый транзистор».

Инженеры считают, что именно вакуумный транзистор первым сможет преодолеть рубеж 1 терагерц.

Правда, придётся решить несколько проблем, в том числе с энергопотреблением.

Вакуумный транзистор NASA Ames работает от напряжения 10 вольт. Нужно ещё и найти способ размещения множества вакуумных транзисторов на одной микросхеме.

<http://hightolow.ru/transistor4.php>

<https://www.youtube.com/watch?v=Wl-Ilj5MjEo>