

- [3] Котелянский И.М., Крикунов А.И., Пузанов В.А., Синельникова В.В. // Электронная техника, сер. 6: Материалы. 1984. В. 5 (190). С. 46-49.
- [4] Анисимкин В.И., Котелянский И.М. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. В. 3. С. 179-183.
- [5] Шермергор Т.Д., Стрельцова Н.Н. Пленочные пьезоэлектрики. М.: Радио и связь. 1986. 136 с.
- [6] Kino G.S., Wagers R.S. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 4. P. 1480-1488.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
13 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 6
06.2; 12

26 марта 1989 г.

ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР С МТДП КОНТАКТАМИ И ПОДЗАТВОРНЫМ ДИЭЛЕКТРИКОМ НА ОСНОВЕ ЛЭНГМЮРОВСКИХ ПЛЕНОК

В.С. Банников, Н.К. Матвеева,
И.В. Мягков, В.Р. Новак,
В.В. Ракитин, А.В. Серебренников

Применение моно- и мультислойных лэнгмюровских (МЛ) пленок в качестве диэлектрических слоев в структурах типа МДМ (металл-диэлектрик-металл) и МДП (металл-диэлектрик-полупроводник), в частности в МДП транзисторах, представляет интерес для создания новых типов тонкопленочных приборов и устройств [1-3]. Первый планарный МДП транзистор с МЛ пленкой - подзатворным диэлектриком изготовлен с диффузионными р-п-переходами стока и истока [4]. В работе [5] исследован МДП транзистор со стоком и истоком в виде структуры металл - туннельно-прозрачный диэлектрик (ТД) - полупроводник (МТДП транзистор) вместо традиционных р-п-переходов и показано, что для обеспечения высокого качества МТДП контакта необходима низкая плотность поверхностных состояний на границе раздела ТД - полупроводник ($N_{SS} < 10^{10} \text{эВ}^{-1} \text{х} \cdot \text{см}^{-2}$) и малая толщина ТД (1-2 нм). Именно такую толщину имеют монослойные лэнгмюровские пленки. Ранее монослойные лэнгмюровские пленки использовались в качестве туннельно-тонких слоев в МДМ структурах [6], где плотность туннельного тока составляла около 140 А/см^2 . Однако на состояние границ раздела в МДМ структурах не накладываются высокие требования, поэтому представляет интерес изучение возможности использования монослойных лэнгмюровских пленок в качестве ТД в МТДП контактах.

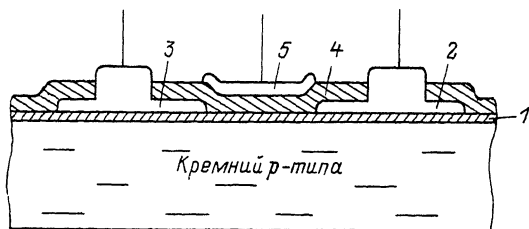


Рис. 1. Конструкция МТДП транзистора. 1 — туннельно-прозрачный диэлектрик — монослойная лэнгмюровская пленка толщиной 1 нм; 2, 3 — электроды стока и истока; 4 — подзатворный диэлектрик — мультислойная лэнгмюровская пленка толщиной 50 нм; 5 — электрод затвора.

В настоящей работе приведены результаты исследования МТДП транзистора с поверхностным каналом, имеющего следующие отличия от известных транзисторов: 1) сток и исток представляют собой МТДП контакты, в которых роль ТД выполняет монослойная лэнгмюровская пленка; 2) подзатворный диэлектрик представляет собой МЛ пленку. Поскольку перенос лэнгмюровских слоев на твердую подложку происходит при комнатной температуре, процессы формирования стока и истока, а также подзатворного диэлектрика данного транзистора являются низкотемпературными.

МТДП транзистор, конструкция которого приведена на рис. 1, имеет размеры стока и истока $20 \cdot 50 \text{ мкм}^2$ и длину канала 10 мкм и изготовлен на кремниевой пластине р-типа проводимости с ориентацией (100). Внешняя изоляция выполнена методом локального окисления (на рис. 1 отсутствует). МТДП сток и исток сформированы следующим образом: после удаления с подложки естественного окисла на нее наносили полимерный лэнгмюровский монослой производной α -цианакриловой кислоты, имеющий толщину $1 \pm 0.1 \text{ нм}$ и выполняющий функции ТД, напыляли слой алюминия толщиной 0.1 мкм и делали по нему фотолитографию. МЛ-пленка производной α -цианакриловой кислоты толщиной около 50 нм со вскрытыми в ней контактными окнами являлась подзатворным диэлектриком. Электрод затвора и внешнюю разводку формировали из напыленного слоя алюминия толщиной 0.5 мкм . При проведении фотолитографии как по металлическим слоям, так и по подзатворному диэлектрику использовали фоторезист на основе МЛ пленок.

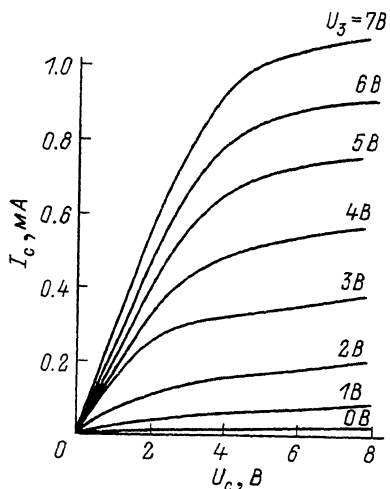
Работа выхода алюминия (4.2 эВ) близка к энергии электронного сродства кремния, а плотность поверхностных состояний, вычисленная из вольт-фарадных характеристик МДП конденсатора с МЛ диэлектриком, мала ($2-4 \cdot 10^{10} \text{ эВ}$), поэтому под электродами стока и истока создается индуцированный п-р-переход. Когда к стоку и затвору транзистора приложено положительное относительно истока напряжение, отток электронов из-под электрода истока в канал транзистора восполняется туннелированием электронов из электрода

Рис. 2. Статические выходные характеристики МТДП транзистора по схеме с общим истоком.

истока сквозь ТД. Следовательно, МТДП транзистор работает аналогично традиционному до тех пор, пока отсутствует туннельное ограничение инжекции носителей из истока. Типичные выходные характеристики рассматриваемого МТДП транзистора по схеме с общим истоком, приведенные на рис. 2, имеют сходство с характеристиками описанного ранее [5] МТДП транзистора, изготовленного по высокотемпературной технологии.

Некоторый рост тока стока в пологой области можно объяснить эффектом усиления в обратно смещенном МТДП стоке [7]. При напряжениях на затворе, превышающих пороговое не более чем на 2 В, ток стока квадратично зависит от напряжения на затворе. При повышении напряжения на затворе эта зависимость сначала ослабевает, а затем ток стока перестает зависеть от напряжения на затворе. В лучших образцах ток стока достигал 1.8 мА, что без учета эффекта вытеснения (ток инжекции истока обусловлен главным образом туннелированием из ближнего к каналу краю электрода истока) соответствует предельной плотности тока туннелирования 180 A/cm^2 . Из [8] известно, что плотность туннельного тока для однородной структуры описывается формулой $J_t = AT^2 D_e F_1(-\phi_{bn}/kT)$, где A - постоянная Ричардсона, k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура, D_e - туннельная прозрачность диэлектрика, $F_1(x)$ - интеграл Ферми первого порядка, ϕ_{bn} - разность между работой выхода металла и энергией электронного сродства полупроводника (аналогичен барьеру Шоттки). Для оценки туннельной прозрачности органического монослоя положим интеграл Ферми равным 1, т.к. при низкой плотности поверхностных состояний величина барьера мала, и получим величину средней по поверхности туннельной прозрачности $1.6 \cdot 10^{-5}$, что в приближении ВКБ для прямоугольного барьера соответствует высоте туннельного барьера 1.1 эВ, существенно меньшей, чем у SiO_2 (3.2 эВ). Можно ожидать, что в результате вариации параметров мономолекулярных лэнгмюровских пленок из других поверхностно-активных молекул будут получены МТДП контакты и соответственно транзисторы с лучшими характеристиками.

Отсутствие высокотемпературных процессов при изготовлении МТДП транзистора с органическими диэлектриками позволяет использовать его в качестве эффективного инструмента для исследования различных органических пленок и конструкций на их основе. Широкий



выбор для подзатворного диэлектрика лэнгмюровских пленок из органических материалов с различными функциональными свойствами, например чувствительных к внешним воздействиям (механическим, тепловым, химическим [9]) может оказаться полезными для создания на основе подобных транзисторов новых типов микроэлектронных приборов.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] R o b e r t s G.G., V i n c e t t P.S., B a r - l o w W.A. // Phys. Technol. 1981. V. 12. P.69-75.
- [2] R o b e r t s G.G. // Contemp. Phys. 1984. V. 25. N 2. P. 109-128.
- [3] V i n c e t t P.S., R o b e r t s G.G.// Thin Solid Films. 1980. V. 68. P. 135-171.
- [4] F u n g C.D., L a r k i n s G.L. // Thin Solid Films. 1985. V. 132. P. 33.
- [5] К р у т и к о в а Л.Е., Р а к и т и н В.В., С е р е б - р е н н и к о в А.В., Т а р а с е н к о В.В. // Электронная техника, сер. 3, Микроэлектроника. 1987. В. 3(123). С. 3-6.
- [6] L a r k i n s G.L., T h o m p s o n E.D., O r - t i E., B u r k h a l C.W., L a n d o J.B. // Thin Solid Films. 1983. V. 99. P. 277.
- [7] Z o l o m y I. // Solid State Electronics. 1985. V. 28. N 6. P. 537.
- [8] T a r r N.G., P u l f r e y D.L., C a m p o - r i e s e D.S. // IEEE Trans. on El. Dev. 1983. V. 30. N 12. P. 1760-1770.
- [9] Б л и н о в Л.М. // УФН. 1988. Т. 155. В. 3. С. 443.

Поступило в Редакцию
10 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 6
06.3; 07; 12

26 марта 1989 г.

ИМПУЛЬСНЫЙ ФОТООТКЛИК ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ

Л.А. А н г е л о в а, С.А. Ж е р н о в о й

Известно, что полевые транзисторы с барьером Шоттки (ПТШ), наряду с их традиционными применениями, могут быть использованы в качестве быстродействующих фотодетекторов [1, 2] и элементов оптически управляемых интегральных схем СВЧ диапазона [3, 4]. В предшествующих работах предполагалось, что в основе механизма