

- [1] T s u R. // Appl. Phys. Lett. 1973. V. 22. P. 562.
- [2] C h a n g L.L., E s a k i L., T s u R. // Appl. Phys. Lett. 1974. V. 24. P. 593.
- [3] S o l l n e r T.C.L.Y., G o o d h u e W.D., T a n n e w a l d P.E., P a r k e r C.D., P e c k D.D. // Appl. Phys. Lett. 1983. V. 43. P. 588.

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
9 августа 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

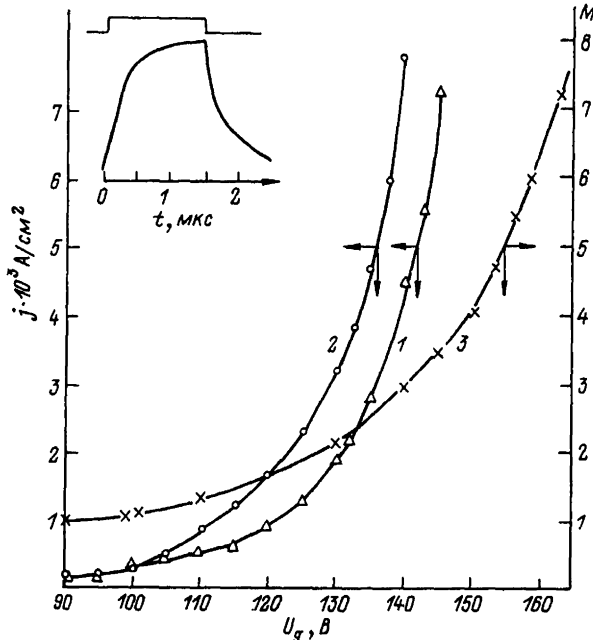
06.2

© 1990

СТАЦИОНАРНОЕ ЛАВИННОЕ УМНОЖЕНИЕ ФОТОТОКА
В СТРУКТУРАХ МЕТАЛЛ - ПРОВОДЯЩИЙ ДИЭЛЕКТРИК-
ПОЛУПРОВОДНИК

А.Я. В у л ь, А.Т. Д и д е й к и н,
А.И. К о с а р е в

Задача создания фотоприемного элемента для матричного фотодетектора с внутренним усилением фототока остается по-прежнему актуальной. Лавинный механизм усиления фототока является наиболее привлекательным, поскольку позволяет сочетать высокую пороговую чувствительность с высоким быстродействием [1]. Однако до настоящего времени задача создания многоэлементного матричного фотодетектора на основе лавинных фотодиодов (ЛФД) не решена. Многочисленные попытки привели лишь к созданию линейных приборов на основе ЛФД с числом элементов не более 25 [2]. Это связано с тем, что использование лавинного пробоя в р-п переходе для детектирования фотосигнала требует высокой точности стабилизации по величине приложенного напряжения, температуре, приводит к неприемлемому разбросу величин чувствительности отдельных элементов фотодетектора. Средством разрешения этих проблем может быть использование внутренней отрицательной обратной связи при накоплении заряда неосновных носителей в области умножения и стабилизации за счет этого напряженности поля и коэффициента умножения. Подобные условия могут быть реализованы в структурах металл-диэлектрик-полупроводник при приложении к ним им-



Вольт-амперные характеристики и коэффициент усиления лавинных МДП структур. 1 - ВАХ в темноте, 2 - ВАХ при освещении, 3 - коэффициент усиления. На вставке: осциллограмма импульса фотответа; сверху - форма импульса освещения.

пульсного смещения с амплитудой, достаточной для создания в ОПЗ поля, соответствующего началу лавинного умножения [3]. К сожалению, импульсный режим питания подобного фотодетектора определяет узкий временной интервал фоточувствительности и существенно ограничивает возможности его применения.

Особый интерес поэтому представляет возможность реализации в МДП структуре стационарного лавинного умножения [4] за счет использования слоя диэлектрика конечной проводимости. При приложении к МДП структуре с таким диэлектриком обедняющего напряжения неосновные носители заряда накапливаются вблизи границы диэлектрик-полупроводник. Это приводит к перераспределению напряжения в структуре между ОПЗ и диэлектриком и росту тока через диэлектрик до равенства его с током генерации - устанавливается режим стационарного неравновесного обеднения [5]. Накопление носителей вблизи диэлектрика при возникновении лавинного умножения реализует обратную связь, стабилизирующую коэффициент усиления как по площади, так и по напряжению смещения. Важнейшим условием реализации такого режима является соответствующий выбор материала и толщины проводящего слоя диэлектрика, в качестве которого может быть использован и широкозонный полупроводник.

Для реализации режима накопления проводимости слоя должна быть достаточно слабой, кроме того, диэлектрический слой не должен деградировать под действием горячих электронов лавины. Как показали первые эксперименты [6], одним из материалов, удовлетворяющих указанным требованиям, является карбид кремния SiC . Заметим, что в соответствии с предсказаниями теории [4] в [6] наблюдалось замедление роста тока при напряжении, большем расчетного напряжения лавинного пробоя, обусловленное отрицательной обратной связью.

В [6] МДП структуры были получены на основе кремния р-типа ($\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$), а слой SiC был изготовлен методом ионно-плазменного распыления.

В данном сообщении приводятся результаты исследования стационарного лавинного умножения в структурах, в которых слой карбида кремния выращивался методом плазмо-химического осаждения. В качестве подложек использовался кремний р-типа проводимости. Прозрачный металлический электрод изготовлялся из титана.

Величина плотности темнового тока до начала лавинного умножения составляла $10^{-4} \text{ А}\cdot\text{см}^{-2}$.

На рис. 1 приведены вольт-амперные характеристики (ВАХ) исследованных структур, измеренные в темноте и при освещении. Видно, что заметное возрастание темнового и светового токов наблюдается при напряжениях вблизи расчетного напряжения лавинного пробоя для резкого кремниевого р-п перехода [7], однако с ростом приложенного напряжения ток нарастает значительно медленнее, чем в обыкновенных р-п переходах [7]. Это свидетельствует о реализации предсказанного механизма обратной связи. В пользу такого механизма говорит и медленный рост коэффициента усиления фототока M , определенного как отношение амплитуды импульса фототока к соответствующей амплитуде при напряжении смещения меньшей величины, соответствующей началу лавинного умножения. Малая максимальная величина измеренного коэффициента усиления $M = 8$ указывает на неоптимальность параметров слоя SiC .

На лавинный характер процесса усиления указывает кинетика фотоответа. Длительность переднего фронта импульса фототока исследованных структур при освещении их прямоугольным импульсом света ($\lambda = 0.93 \text{ мкм}$, $\tau_p = 100 \text{ нс}$) составляет 400 нс при площади структуры 0.07 см^2 . Замедленная часть переднего фронта очевидно связана с диффузией фотоносителей, образовавшихся за границей металлического электрода.

Таким образом, получены фоточувствительные МДП структуры со стационарным лавинным усилением фототока.

Авторы благодарны Ю.С. Зинчику, С.К. Бойцову и А.Я. Виноградову за помощь при изготовлении структур, Ю.В. Шмарцеву за внимание к работе.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Техника оптической связи. Фотоприемники / Пер. с англ. под ред. Трищенко М.А. М.: Мир, 1988. 526 с.

- [2] Webb P.F., McIntyre R.J. // IEEE Trans. on Electr. Dev. 1984. ED-21. N 9. P. 1206.
- [3] Кравченко А.Б., Плотников А.Ф., Шубин В.Э. // Квантовая электроника. 1987. Т. 5. В. 11. С. 2482-2484.
- [4] Вуль А.Я., Дидейкин А.Т., Саченко А.В., Шкретий А.И. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 19. С. 1729-1732.
- [5] Вуль А.Я., Саченко А.В. // ФТП. 1986. Т. 17. В. 8. С. 1361-1376.
- [6] Гасанов А.Г., Гэловиц В.М., Садыгов З.Я., Юсипов Н.Ю. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 8. С. 706-709.
- [7] Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир, 1984. Т. 1. 455 с.

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

Поступило в Редакцию
4 августа 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 21

12 ноября 1990 г.

01

© 1990

СИСТЕМА УРОВНЕЙ ЛАНДАУ ЛЕГКИХ ДЫРОК В ГЕРМАНИИ В СКРЕЩЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

Ю.Л. Иванов, Ю.Б. Васильев,
В.А. Рейнгольд

В работе [1] при спектральном анализе усиления-поглощения в системе легких дырок германия в условиях приложения сильных скрещенных электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей показано, что инверсия в распределении дырок по уровням Ландау возникает в пределах только одной пары. Благодаря неэквидистантному расположению нижних уровней Ландау легких дырок германия [2] усиление и поглощение оказываются разнесенными по частоте, что обуславливает возможность возникновения генерации. Из данных работы [1] следует также, что пара уровней с инверсной заселенностью имеет наибольшую энергию циклотронных переходов (при данном H) среди остальных пар, переходы между которыми вызывают поглощение. Вместе с тем известно, что циклотронная генерация в германии характеризуется двумя областями существования в плоскости E -, H -координат. Генерация в этих областях различается частотны-