

ЭФФЕКТ ФОТОСТИМУЛИРОВАННОЙ ГЕНЕРАЦИИ КОЛЕБАНИЙ ТОКА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЕ

О.Д.Кнаб, В.Д.Фролов

В работе описаны основные характерные особенности эффекта фотостимулированных автоколебаний, обнаруженного авторами в кремниевых структурах с p - n -переходом и запирающими контактами. К таким особенностям относятся: возбуждение колебаний светом и управление их частотой с помощью светового потока, срыв генерации при больших мощностях светового потока, память и координатная чувствительность.

Нами был обнаружен эффект генерации колебаний тока, управляемый постоянным световым потоком в широком интервале частот. Объектом исследования служили эпитаксиальные кремниевые структуры с p - n -переходом, образованным в результате наращивания на сильно легированную подложку p -типа проводимости тонкой, порядка 10 мкм, слабо легированной пленки n -типа. На поверхности пленки формировались $Au - Ni$ контакты диаметром от нескольких сотен мкм до нескольких мм. Расстояние между контактами варьировалось в пределах 10 мм. В процессе экспериментов подложка оставалась изолированной. Подсветка p - n -перехода осуществлялась со стороны n -области с помощью GaAs ИК светодиода с длиной волны излучения $\lambda = 0,9$ мкм. Размеры кристаллов лежали в пределах $0,5 - 12$ см². Переменный сигнал снимался с контактов, на которые подавалось постоянное смещение V либо с другой пары аналогичных контактов, сформированных также на поверхности n -области структуры.

На рис.1 изображено семейство ВАХ описанной выше структуры, полученных при разных уровнях подсветки. По оси абсцисс отложена разность потенциалов на структуре, по оси ординат – потребляемый ток. Мощности ИК излучения соответствуют той части светового потока, которая попадала на образец.

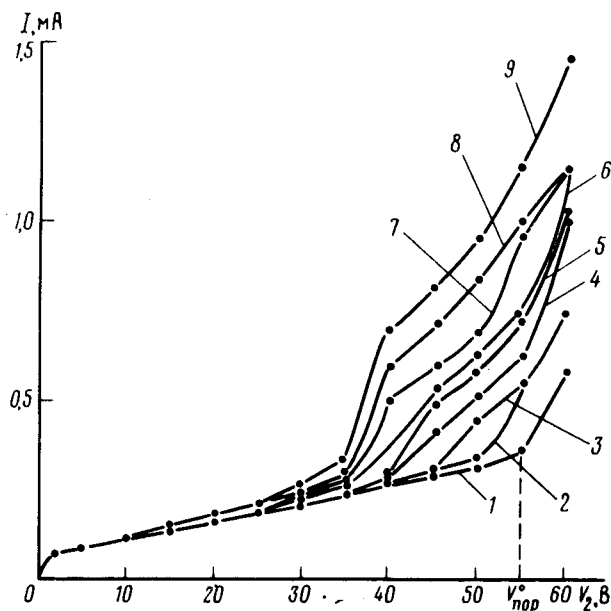


Рис.1. Вольт-амперные характеристики структуры при разных уровнях подсветки: 1 – $P = 0$, 2 – $P = 80$ мкВт, 3 – $P = 180$ мкВт, 4 – $P = 340$ мкВт, 5 – $P = 500$ мкВт, 6 – $P = 620$ мкВт, 7 – $P = 860$ мкВт, 8 – $P = 1180$ мкВт, 9 – $P = 1610$ мкВт

В отсутствии освещения при разности потенциалов V на контактах, превышающей некоторую пороговую величину $V_{пор}^0$ наблюдается резкое возрастание тока I через структуру (рис.1, кривая 1). В рассматриваемом случае $V_{пор}^0 = 55$ В. Включение подсветки приводит к заметному изменению ВАХ, а именно, к смещению восходящей части кривых в сто-

рону меньших значений разности потенциалов, причем смещение тем больше, чем выше уровень подсветки (рис.1, кривая 2 – 9).

В области резкого возрастания тока, т.е. при $V \geq V_{\text{пор}}^0$ в структуре возникали колебания типа релаксационных, амплитуда которых возрастала линейно с увеличением разности потенциалов и достигала величин порядка нескольких десятков вольт (например, $A = 37$ В при $V = 60$ В).

Частота автоколебаний зависела от разности потенциалов на структуре, уровня подсветки и для различных образцов изменялась в широком диапазоне – от сотен герц до единиц мегагерц. В качестве примера на рис.2 приведена полученная нами на одном из образцов зависимость частоты автоколебаний от разности потенциалов с подсветкой и без нее. Как видно из рисунка, освещение образца заметно увеличивает частоту колебаний при всех значениях разности потенциалов.

Одна из характерных особенностей эффекта состоит в том, что включением подсветки можно вызвать генерацию автоколебаний в структуре в том случае, когда $V < V_{\text{пор}}^0$. При этом для каждого уровня подсветки имеется своя пороговая разность потенциалов $V_{\text{пор}}^{\text{св}}$, при которой появляются автоколебания. В области $V_{\text{пор}}^{\text{св}} < V < V_{\text{пор}}^0$ частота автоколебаний с возрастанием мощности светового потока изменяется практически линейно, а их амплитуда остается при этом постоянной в широком интервале частот.

Высокий уровень подсветки приводит к срыву генерации и одновременному скачку тока через структуру. Перевод структуры из проводящего состояния в режим генерации требовал значительного снижения интенсивности светового потока, что выражалось в появлении гистерезиса для зависимости тока от интенсивности падающего на структуру света.

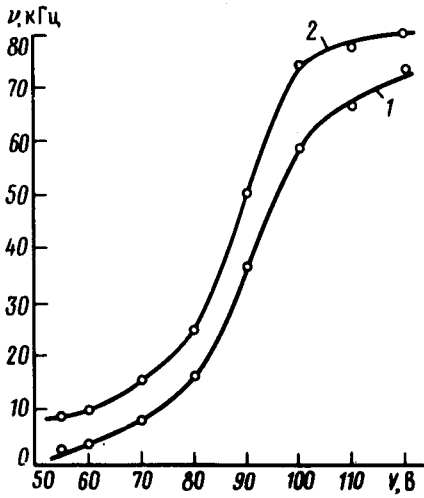


Рис. 2

Рис.2. Зависимость частоты автоколебаний от разности потенциалов на структуре без подсветки (кривая 1) и с подсветкой (кривая 2)

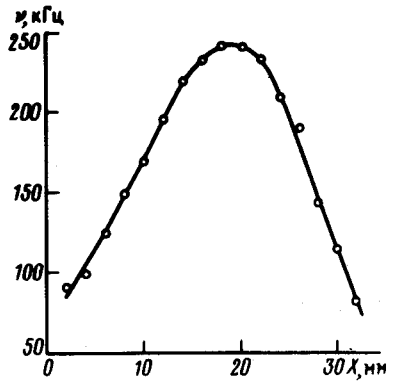


Рис. 3

Рис.3. Координатная чувствительность частоты фотостимулированных автоколебаний

Нами была обнаружена координатная чувствительность частоты фотостимулированных автоколебаний тока. Исследование последней проводилось на кремниевых структурах диаметром 40 мм. Контакты к *n*-области формировались в центре структур. Сканирование по поверхности таких структур световым пятном диаметром 2 мм приводило к изменению частоты автоколебаний, которая достигала максимального значения при освещении контактной области и минимального – при освещении края пластины. Амплитуда колебаний оставалась постоянной. В качестве примера на рис.3 приведена зависимость частоты автоколебаний от положения светового пятна относительно края структуры. В данном случае сканирование привело к изменению частоты в пределах $70 \div 250$ кГц.

Мы не располагаем достаточным количеством экспериментальных данных для того, чтобы представить в законченном виде механизм описанного выше явления. Однако, проведенные нами исследования позволяют предположить, что в процессе генерации автоколебаний обратная связь в структуре осуществляется через n -слой. Последнее обстоятельство подтверждается тем фактом, что эффект пропадал, если n -область материала между контактами была разделена канавкой, глубина которой превышала глубину залегания p - n -перехода. По-видимому, существенную роль в механизме генерации играет смычка обедненной области под одним из контактов с p -слоем и модуляция ширины n -слоя объемным зарядом обратно смещенного p - n -перехода.

Авторы выражают признательность за полезное обсуждение результатов Афанасьеву В.А., Бонч-Бруевичу В.Л., Буймистрову В.М., Епифанову Г.И., Георгияни А.Н., Шотову А.П.

Поступила в редакцию

12 июля 1983 г.