

## Теоретический изучение явления микроплазм в р-п переход кремниевым структуры

Абдреймов А.А., Турдымуратов А. С., Хожамуратова Ж.Р.  
Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

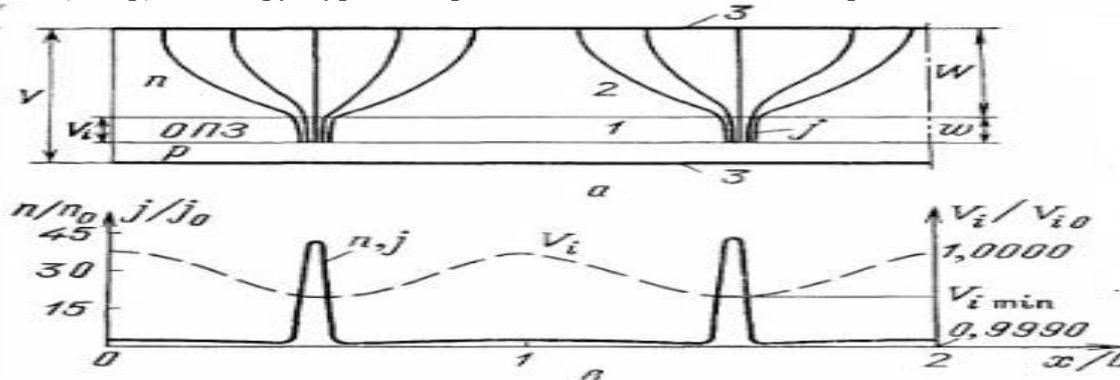
При лавинном пробое р—п переходов, как правило, наблюдаются микроплазмы в виде светящихся точек размерами - мкм. Показано, что микроплазмы в виде тонких светящихся нитей можно возбуждать в произвольном месте структуры локализованным импульсом света. В отсутствие импульса света микроплазмы возникают в месте расположения неоднородностей, играющих роль зародышей: микроплазм. Наблюдаемая сложная картина эволюции микроплазм объяснена на основе общих свойств пичковых автосолиитонов. В этом работе мы теоретически исследуем эволюции микроплазм объяснена на основе общих свойств пичковых автосолиитонов. К наиболее ярким явлениям нелинейной физики относится спонтанное или вынужденное образование пространственно неоднородных состояний в неравновесных системах. [1-14]

Распределение плотности лавинного тока  $j = e \cdot n \cdot v_d$  по площади обратносмещенных р-п и р-і-п структурах описывается уравнениями типа

$$\tau_n \frac{\partial \cdot n}{\partial \cdot t} = l^2 \Delta_{\perp} n + n \cdot v_i (n \cdot V_i) \cdot \tau_n - n + G \cdot \tau_n \quad (1)$$

$$\tau_v \frac{\partial \cdot V_i}{\partial \cdot t} = L^2 \Delta_{\perp} \cdot V_i - j \cdot \rho + V - V_i \quad (2)$$

Первое из них есть уравнение баланса электронов, усредненное по толщине области пространственного заряда (ОПЗ) р-п перехода (рис-1) в нем  $\tau_n = \frac{\omega}{g_d}$  - время пролета электронов через ОПЗ, толщина которой равна -  $\omega$ .  $g_d$  - дрейфовая скорость электронов.  $l = \sqrt{D_e \cdot \tau_n}$   $D_e$  - коэффициент диффузии электронов;  $G$  — скорость тепловой генерации носителей в ОПЗ. Уравнение (2) описывает распределение падения напряжения  $V_i$  на ОПЗ р-п перехода (рис-1), связанное с растеканием тока по квазинейтральной области структуры. В нем  $\tau_v = C \cdot \rho$ ;  $V$  - полное падение напряжения на структуре;  $C$  - удельная емкость р-п перехода;  $\rho = \frac{W}{\sigma}$ ;  $\sigma, W$  - проводимость и толщина области n-(или р) типа структуры, которая имеет большее значение  $p$ ;  $L \approx W$ .



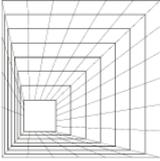


Рис-1. К пояснению образования микроплазмы при расщеплении однородного лавинного пробоя р-п переходов. Структура р-п перехода (тонкими сплошными линиями схематически показаны линии тока в пределах двух периодов пикового нити микроплазм; 1-активный слой –ОПЗ р-п перехода.2-резистивный слой ,3-металлические контакты).[15].

В таких структурах процесс падение напряжения на ОПЗ связан с растеканием тока в квазинейтральных р- или n- областях, представляющих собой распределенные резистивные слой (рис-1), а процесс средняя концентрация электронов в ОПЗ (n) представляющих собой распределенные слои (рис.1), а процесс средняя концентрация электронов в ОПЗ (n) протекает в ОПЗ р-п связан с возрастающей зависимостью  $v_i$  от n.[15]. Положительная обратная связь по средняя концентрация электронов в ОПЗ (n) связана с процессом самопроизводства электронов, который определяется возрастающей зависимостью средней по ОПЗ скорости ударной ионизации  $v_i$  от n. Демпфирующая роль падение напряжения на ОПЗ определяется тем, что при  $V=\text{const}$  однородное увеличение n, т. е. плотности тока  $j$ , сопровождается соответствующим уменьшением величины  $V_i$  изза увеличения падения напряжения на квазинейтральных областях структуры. Это в свою очередь, за счет сильно возрастающей зависимости скорости ионизации носителей  $v_i$  от  $V_i$  приводит к резкому уменьшению концентрации носителей в ОПЗ.

В эксперименте образование пиковых микроплазм наблюдается в виде смены однородного по площади свечения р-п перехода (рис-2 г) на резко контрастное в виде светящихся на темном фоне точек (рис. 2 д), [15] или нитей [16]. Картина спонтанного возникновения и эволюции таких точек или нитей полностью согласуется с изложенной.



(рис-2 а,б, в, д) а-вид локализованных в стенках страт критических флуктуаций средняя концентрация электронов в ОПЗ (n) $\delta n(x,y)$ , б- Образование микроплазм в трехмерном появлению на стенках страт ячеистой структуры. Образование пиковых микроплазм наблюдается в виде смены однородного по площади свечения р-п перехода (рис-2 в) на резко контрастное в виде светящихся на темном фоне точек (рис. 2 д)[15].

Таким образом, предложенная методика определения диаметра микроплазм позволяет достаточно надежно определить этот ключевой параметр по данным дифференциальной характеристики (напряжению пробоя и дифференциальному сопротивлению микроплазмы) и, соответственно, параметры токовых шнуров, что играет большую роль в диагностики надежности полупроводниковых диодов, работающих в режиме лавинного пробоя.

Приведенные в данном обзоре результаты проанализировать картину лавинного ток и появлению микроплазм при изменении не только уровня возбуждения системы, но и других ее параметров. В реальных системах, т. е. в эксперименте, картина лавинного ток и появлению микроплазм определяется их неоднородностью. Малые локальные неоднородности играют роль зародышей для скачкообразного возникновения автосолиитонов, дальнейшая которых и определяет процесс лавинный характер.



Результаты численных исследований свидетельствуют и о том, что микроплазма может возникать спонтанно при наличии в ОПЗ локальной неоднородности. При этом, естественно, чем больше амплитуда неоднородности (значение электрического поля в локальной области), тем при меньшей плотности лавинного тока происходит спонтанное образование микроплазмы. Устанавливаемое распределение плотности и значение коэффициента умножения носителей в микроплазме практически не зависят от параметров малой локальной неоднородности, т. е. оказываются такими же, как и в случае вынужденного возбуждения микроплазмы импульсом света в идеально однородных структурах. Другими словами, малая неоднородность выступает лишь как затравка для самопроизвольного формирования микроплазм.

### Литература

1. Николис Г., Пригожий И. Самоорганизация в неравновесных системах.- М.: Мир, 1979.
2. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах.- М.: Мир, 1979.
3. Хакен Г. Синергетика: Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах.- М.: Мир, 1985.
4. а) Васильев В. А., Романовский Ю. М., Яхно В. Г.//УФН. 1979. Т. 128. С. 625.  
б) Васильев В. А., Романовский Ю. М., Яхно В. Г. Автоволновые процессы.- М.: Наука, 1987.
5. Гапонов О., Грехов А. В., Рабинович М. И.//Нелинейные волны: Структуры и бифуркации.- М.: Наука, 1987.- С. 7.
6. Жаботинский А. М. Концентрационные колебания.- М.: Наука, 1974.
7. Белинцев Б. Н.//УФН. 1983. Т. 141. С. 55.
8. Sivashinsky G. I.//Ann. Rev. Fluid. Mech. 1983. V. 15. P. 179.
9. Колебания и бегущие волны в химических системах.- М.: Мир, 1988.
10. Ланда П. С. Автоколебания в распределенных системах.- М.: Наука, 1983.
11. Мержанов А. Г., Риманов Э. Н.//УФН. 1987. Т. 151. С. 554.
12. Волков А. В., Коган. Ш. М.//УФН. 1968. Т. 96. С. 633.
13. Осипов В. В., Холодное В. А. // Микроэлектроника. 1973. Т. 2. С. 529.
14. Кернер Б. С., Осипов В. В.//УФН. 1989. Т. 157. С. 201.
15. Кернер Б. С., Литвин Д. П., Санкин В. И.//Ibidem. 1987. Т. 13. С. 819.
16. Ващенко В. А., Кернер Б. С., Осипов В. В., Синкевич В. Ф.//ФТП. 1990. Т. 24. № 10.