

# ГАННА ЭФФЕКТ

Авторы: А. Ф. Волков

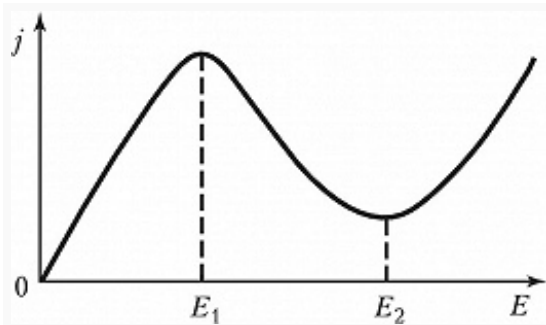


Рис. 1. N-образная вольт-амперная характеристика:  $E$  – напряжённость электрического поля, создаваемого приложенной разностью потенциалов;  $j$  – плотность тока.

ГАННА ЭФФЕКТ, генерация высокочастотных колебаний электрич. тока в полупроводнике с N-образной вольт-амперной характеристикой (рис. 1). Обнаружен амер. физиком Дж. Ганном в 1963 в кристалле GaAs с электронной проводимостью. Генерация возникает, если постоянное напряжение  $U$ , приложенное к образцу длиной  $l$ , таково, что электрич. поле напряжённостью  $E = U/l$  соответствует падающему участку вольт-амперной характеристики ( $E_1 - E_2$ ), на котором дифференциальное сопротивление отрицательно (плотность тока

$j$  падает с ростом

$E$ ). Колебания тока имеют вид периодич. последовательности импульсов, их частота обратно пропорциональна

$l$ .

Г. э. наблюдается гл. обр. в многодолинных полупроводниках, зона проводимости которых состоит из одной нижней и нескольких верхних долин (см. [Зонная теория](#)).

Подвижность электронов в верхних долинах значительно меньше, чем в нижней. В сильных электрич. полях происходит разогрев электронов (см. [Горячие электроны](#)), и часть электронов переходит из нижней долины в верхние. Вследствие этого ср.

подвижность электронов, а следовательно, и электрич. проводимость уменьшаются, что приводит к уменьшению плотности тока

$j$  с ростом

$E$  в полях

$$E > E_1.$$

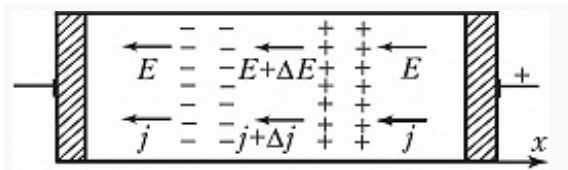


Рис. 2. Развитие электрического домена. Электроны движутся слева направо, против поля.

Г. э. обусловлен периодич. появлением, перемещением и исчезновением в образце области сильного электрич. поля (электрич. домена, или домена Ганна), которое возникает вследствие неустойчивости однородного распределения электрич. поля при объёмном отрицательном дифференциальном

сопротивлении. Действительно, если в полупроводнике случайно возникает неоднородное распределение концентрации электронов в виде дипольного слоя, то между заряженными областями создаётся дополнит. поле

$\Delta E$  (рис. 2), которое добавляется к внешнему, и поле внутри дипольного слоя становится больше, чем вне его. Если дифференциальное сопротивление положительно (ток растёт с ростом поля), то и ток внутри слоя больше, чем вне его. Поэтому, напр., из области с повышенной плотностью электронов они вытекают в большем количестве, чем втекают в неё, в результате чего неоднородность рассасывается. При отрицательном дифференциальном сопротивлении  $j$  меньше там, где

$E$  больше, т. е. внутри слоя; неоднородность не рассасывается, а, наоборот, нарастает. Растёт и падение напряжения на дипольном слое, а вне его – падает (т. к. полное напряжение на образце задано). В результате образуется электрич. домен.

Вне домена

$E$ , благодаря чему новые домены не образуются. Устойчивое состояние образца – состояние с одним доменом.

Т. к. домен образован электронами проводимости, он движется в направлении их дрейфа со скоростью

$v$ , близкой к дрейфовой скорости носителей вне домена. Обычно домен возникает вблизи катода и, дойдя до анода, исчезает. По мере его исчезновения падение напряжения на домене уменьшается, а на остальной части образца соответственно растёт. Одновременно возрастает ток в образце, т. к. увеличивается поле вне домена.

По мере приближения поля к

$E_1$  ток

$j$  приближается к

$j_{\text{макс}}$ . Когда вне домена поле

$E > E_1$ , вблизи катода начинает формироваться новый домен, ток уменьшается, и процесс повторяется. Частота колебаний тока в длинных образцах

$f = v/l$ .

Г. э. наблюдается в электронных полупроводниках GaAs, InP, CdTe, ZnS, InSb и др., а также в Ge с дырочной проводимостью. Г. э. используется для создания генераторов и СВЧ-усилителей.

## Литература

Лит.: Левинштейн М. Е., Пожела Ю. К., Шур М. С. Эффект Ганна. М., 1975.