

цилиндрической формы. Исследование показывает, однако, что устойчивой может быть только последняя конфигурация. Облгсть, заштрихованная на рис. 16.14, изображает сечение шнура плоскостью чертежа.

§ 10. Движущиеся и статические домены

В технологически однородном образце тепловые флуктуации могут привести к образованию домена в любой точке. В силу однородности образца следует ожидать, что, раз возникнув, домен сможет перемещаться по образцу, пока не исчезнет на одном из электродов.

Движение доменов наблюдалось в ряде материалов: в n -GaAs, в n -Ge, легированном золотом или медью, в полуизолирующем арсениде галлия, в сульфиде кадмия n -типа, в p -GaSb и др. Это явление можно обнаружить, измеряя распределение потенциала в образце: напряжение между двумя точками, между которыми находится домен, должно быть повышено по сравнению с тем, что наблюдается в остальной части образца.

Скорость домена оказывается различной — в зависимости от механизма, ответственного за возникновение отрицательной дифференциальной проводимости однородного образца.

Здесь выделяются два предельных случая, о которых говорят, соответственно, как о дрейфовой и рекомбинационной нелинейности. В первом основную роль играет зависимость подвижности от поля — например, в силу механизма Ридли—Уоткинса—Хилсума. При этом захват и генерация носителей заряда не играют существенной роли; при достаточно большой скорости движения домена они вообще не успевают происходить. Скорость домена в этом случае есть дрейфовая скорость основных носителей заряда в слабом поле (соответствующем незаштрихованным областям на рис. 16.13). Она действительно оказывается большой в указанном только что смысле.

При рекомбинационной нелинейности основную роль играют процессы захвата и генерации носителей заряда. В зависимости от напряженности поля соотношение между концентрациями свободных и связанных носителей оказывается различным, и перемещение домена связано с перераспределением электронов между зоной и уровнями захвата. Этот процесс ограничивает скорость домена, которая оказывается значительно меньше дрейфовой. Так, в n -Ge, легированном золотом, скорость домена при водородных температурах может составлять от 10^{-5} см/с до 10^{-2} см/с.

Движение доменов сопровождается колебаниями тока в цепи нагрузки. Действительно, пока домен движется вдоль технологически однородного образца, сила тока не изменяется; но, дойдя до соответствующего электрода, домен исчезает, что ведет к временному повышению силы тока. При последующем возникновении домена на другом электроде сила тока в цепи вновь падает (рис. 16.15).

Время пролета домена по образцу равно $t_0 = L/v_0$, где L и v_0 — длина образца в направлении тока и скорость домена. При не слишком малой длине образца это время значительно превышает времена исчезновения и образования домена. При этом период колебаний тока в цепи нагрузки будет с хорошим приближением равен t_0 . Соответственно для частоты этих колебаний ω мы получаем

$$\omega = 2\pi \frac{v_0}{L}. \quad (10.1)$$

Это соотношение между ω и L хорошо оправдывается на опыте.

В арсениде галлия n -типа частота колебаний (10.1) составляет примерно $10^9 \div 10^{10}$ Гц и выше, в зависимости от длины образца. Возникновение рассматриваемых колебаний в n -GaAs и подобных

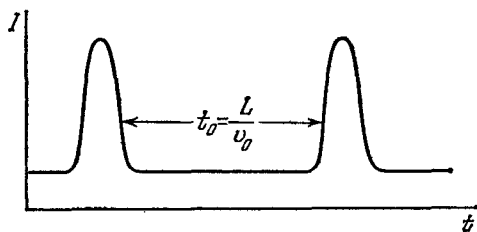


Рис. 16.15. Сила тока I в цепи нагрузки как функция времени t при движении доменов по образцу (схематически).

ему материалам называется *эффектом Ганна*. Он используется в полупроводниковой электронике для создания генераторов и усилителей СВЧ, элементов ЭВМ и ряда других приборов.

Электрические домены могут возникать не только в результате тепловых флуктуаций, но и благодаря флуктуациям напряженности поля, связанным со случайными статическими неоднородностями распределения примеси. Последние играют роль затравок, инициирующих возникновение макроскопически неоднородного состояния. При этом домены могут оказаться локализованными вблизи затравок. Такие домены называют статическими. Образование их не влечет за собой колебаний тока в цепи нагрузки. Оно, однако, приводит к насыщению тока: все изменение напряжения на образце падает на домене, размеры которого соответственно изменяются.

С дальнейшим повышением напряжения на образце статический домен может «оторваться» от затравки и превратиться в движущийся.

Помимо случайных неоднородностей указанного выше типа, роль затравки могут играть также электроды. Возникновение домена — статического или движущегося — связано здесь с контактным полем, которое в условиях нагрева действует так же, как и флуктуационное. Домен образуется у катода или анода, в зависимости от типа контакта и от знака носителей заряда.