

О ВОЗМОЖНОСТИ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ (ОДП), СВЯЗАННОЙ С УСИЛЕНИЕМ ЗВУКА В ПОЛУПРОВОДНИКЕ ПРИ НАЛИЧИИ ЛОВУШЕК

Ю.В.Гуляев

В настоящей заметке будет показано, что возрастание порогового поля в коэффициенте усиления звука, связанное с прилипанием электронов, может повлечь за собой возникновение падающего участка на вольт-амперной характеристике полупроводника в режиме звуковой неустойчивости.

Выражение для коэффициента усиления ультразвука в полупроводнике, содержащем ловушки, в случае $q l \ll 1$ (q – волновое число звуковой волны, l – длина свободного пробега электрона) может быть представлено в виде [1]:

$$\alpha = \alpha_0 \left(1 - \frac{\mu E}{s} r \right), \quad (1)$$

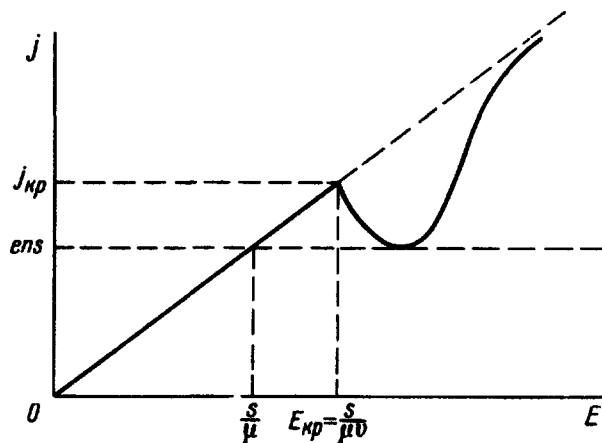
где $\alpha_0 > 0$ – некая знакостоянная величина, μ – подвижность электронов, s – скорость звука, E – внешнее электрическое поле, а $0 \leq r \leq 1$ – фактор прилипания, зависящий от частоты звука и среднего времени жизни электронов.

Таким образом, значение порогового поля в коэффициенте усиления звука, $E_{кр} = s / \mu r$, оказывается в $1/r$ раз* больше того, которое было бы в отсутствие прилипания. Физически это связано с тем, что усиление звука при $q l \ll 1$ обусловлено образованием и сверхзвуковым движением сгустков объемного заряда. Однако хорошо известно (см. [2]), что скорость движения этих сгустков в электрическом поле определяется дрейфовой подвижностью μ_α , которая при наличии прилипания может быть существенно меньше подвижности μ , определяющей скорость дрейфа в однородном потоке электронов (в нашем случае $\mu_\alpha = \mu r$).

Так как мы рассматриваем усиление звука малой амплитуды, то при $E = E_{кр}$ лишь малая доля всех электронов собрана в сгустки, и поэтому средняя дрейфовая подвижность большинства свободных электронов есть μ . Отсюда следует, что ток в критической точке $i_{кр} = en \mu E_{кр} = en s / r$, в $1/r$ раз превышает тот ток, который протекал бы в образце, если бы все электроны дрейфовали со скоростью звука.

При $E > E_{кр}$ звуковая волна (это могут быть и собственные звуковые флуктуации в образце) будет усиливаться до тех пор, пока не установится стационарная амплитуда, определяемая нелинейными эффектами и значением поля E , [3,4], (мы считаем образец достаточно длинным). При этом (см. [4]), при достаточно большой надкритичности амплитуда стационарной волны становится настолько большой, что почти все электроны оказываются захваченными волной и, следовательно, дрейфуют со скоростью, близкой к скорости звука. Таким образом, при $E > E_{кр}$ ток падает по сравнению со своим критическим значением, стремясь к величине $en s$, т.е. на вольт-амперной характеристике имеется участок с ОДП. Этому падению способствует еще и то, что все бо́льшая

часть всех электронов проводимости собирается в сгустки и их средняя подвижность уменьшается, стремясь к μ_a . При дальнейшем увеличении поля E амплитуда стационарной волны падает [4], и вольт-амперная характеристика снова должна выйти на омический участок.



Таким образом, мы получаем вольтамперную характеристику типа изображенной на рисунке.

Нам представляется, что указанный механизм ОДП может быть ответственным за возникновение доменной неустойчивости в кристаллах CdS в режиме усиления звука (см. [5,6]), ибо в этих кристаллах всегда содержится большое количество ловушек.

Автор благодарен В.Л.Бонч-Бруевичу, С.Г.Калашникову, В.В.Проклову за обсуждение работы.

Институт радиоэлектроники и электроники
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
25 марта 1967 г.

Литература

- [1] T.Ishiguro, I.Uchida, T.Suzuki. IEEE Int. Conv. Record, 12, 93, 1964.
- [2] Р.Смит. Полупроводники. ИЛ,М., 1962.
- [3] В.Л.Гуревич, Б.Д.Лайхман. ЖЭТФ, 46, 598, 1964.
- [4] П.Е.Зильберман. ФТТ, 9, 309, 1967.
- [5] С.Г.Калашников, А.И.Морозов, В.П.Кириллов. ФТТ, 6, 3161, 1964.
- [6] W.H.Naydl, C.F.Quate. Phys. Lett., 20, 463, 1966.

* Здесь мы пренебрегли решеточным поглощением звука, которое также приводит к увеличению порогового поля $E_{кр}$.