

Шум $1/f$ в сильно легированном n -GaAs в условиях зона-зонной подсветки

© Н.В. Дьяконова, М.Е. Левинштейн, F. Pascal*, С.Л. Румянцев

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе Российской академии наук,
194021 Санкт-Петербург, Россия

* Centre d'Electronique et de Micro-optoelectronique de Montpellier, CNRS-Universite UMR 5507,
Place Bataillon, 34095 U.M. II, Montpellier

(Получена 21 ноября 1996 г. Принята к печати 1 декабря 1996 г.)

С помощью измерения низкочастотного шума в условиях сильного геометрического магнетосопротивления исследована природа шума $1/f$, проявляющегося в сильно легированном n -GaAs (концентрация электронов $n_0 \simeq 10^{17} \text{ см}^{-3}$) при зона-зонной подсветке. Показано, что такой шум имеет объемную природу и обусловлен флуктуациями числа носителей (а не подвижности). Впервые экспериментально показана возможность отличать поверхностный шум от объемного, используя измерения в условиях сильного геометрического магнетосопротивления.

1. Введение

Низкочастотный шум типа $1/f^\gamma$ в сильно легированном n -GaAs (концентрация электронов $n_0 > 10^{17} \text{ см}^{-3}$) исследовался в целом ряде работ (см., например, [1–7]). С практической точки зрения интерес к такого рода исследованиям обусловлен тем, что сильно легированный GaAs используется в качестве канала современных полевых транзисторов. С физической точки зрения исследования низкочастотного шума в сильно легированных полупроводниках позволяют проанализировать относительный вклад двух основных механизмов флуктуаций в твердых телах: флуктуаций числа носителей, доминирующих в слабо легированных полупроводниках (см. обзор [8]), и флуктуаций подвижности, доминирующих в металлах [9].

В работе [5] низкочастотный шум в n -GaAs с $n_0 \simeq 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ был исследован в широком диапазоне температур, $80 \div 560 \text{ К}$, и в условиях зона-зонной подсветки. Было показано, что при высокой температуре, $T > 500 \text{ К}$, зона-зонная подсветка не оказывает практически никакого влияния на низкочастотный шум во всем частотном диапазоне $20 \text{ Гц} \div 20 \text{ кГц}$.

В области низких температур, $80 < T < 150 \text{ К}$, чрезвычайно слабая подсветка, соответствующая $\delta\sigma/\sigma_0 < 10^{-3}$ (σ_0 — равновесная проводимость, $\delta\sigma$ — фотопроводимость) повышает уровень шума на $1 \div 2$ порядка. При дальнейшем увеличении интенсивности подсветки уровень шума продолжает расти в области высоких частот, а в области низких частот достигает максимума и затем понижается. При достаточно сильной подсветке (соответствующей тем не менее уровню $\delta\sigma/\sigma_0 \leq 0.1$) частотная зависимость шума в области низких температур ($T \simeq 80 \text{ К}$) практически совпадает с частотной зависимостью шума в области высоких температур ($T > 500 \text{ К}$).

В области промежуточных температур, $T \simeq 300 \text{ К}$, зона-зонная подсветка подавляет шум в области низких частот и повышает в области высоких. И снова, при достаточно сильной подсветке частотная зависимость

спектральной плотности шума $S(f)$ становится практически такой же, как и при $T > 500 \text{ К}$.

Механизм влияния зона-зонной подсветки на низкочастотный шум подробно проанализирован в обзоре [8] в рамках модели шума $1/f$ в полупроводниках, предложенной в работе [10]. В модели предполагается, что шум $1/f$ обусловлен флуктуациями заселенности уровней, формирующих хвост плотности состояний вблизи границы запрещенной зоны полупроводника. Модель, предложенная в [10], позволила объяснить целый ряд явлений, связанных с шумом $1/f$ в Si, GaAs и SiC [8]. Модель качественно объясняет влияние зона-зонной подсветки на низкочастотный шум: характер изменения шума при освещении, а также немонотонную зависимость шума от интенсивности подсветки. Однако, в соответствии с моделью [10], при достаточно сильной подсветке на низких частотах анализа спектральная плотность шума должна быть независимой от частоты, а при высоких частотах — падать обратно пропорционально квадрату частоты f . Между тем эксперимент показывает [5], что в условиях, когда исходный шум подавлен зона-зонной подсветкой, проявляется новый механизм шума. Этот новый механизм шума характеризуется тем, что коэффициент γ для него равен 1 (фликкер-шум), никакое дальнейшее повышение интенсивности подсветки не влияет на шумовой спектр, уровень шума очень слабо зависит от температуры в очень широком температурном интервале ($80 \div 550 \text{ К}$).

В настоящей работе с помощью измерения низкочастотных флуктуаций в условиях сильного геометрического магнетосопротивления исследована природа шума $1/f$, наблюдавшегося в сильно легированном GaAs в условиях зона-зонной подсветки.

2. Условия эксперимента

Идея исследования природы шума с помощью измерений в условиях сильного геометрического магнетосопротивления была предложена в работе [11] и использована

впоследствии в работах [12–14]. Сильное геометрическое магнетосопротивление возникает в поперечном току магнитном поле в условиях, когда холловская эдс отсутствует, т.е. в образцах с малым отношением длины L к ширине d ($L/d \ll 1$) [11,14] или в образцах, имеющих форму диска Карбино [12]. В таких условиях, как известно (см., например, [15]), подвижность (μ) в присутствии магнитного поля B связана с подвижностью (μ_0) при $B = 0$ соотношением

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + (\mu_0 B)^2}. \quad (1)$$

Если предположить, что шум обусловлен флуктуациями подвижности $\delta\mu_0$, то из выражения (1) легко установить связь между амплитудой флуктуаций подвижности в присутствии магнитного поля $\delta\mu$ и значением $\delta\mu_0$ [11]:

$$\left(\frac{\delta\mu}{\mu}\right)^2 = \left[\frac{1 - (\mu_0 B)^2}{1 + (\mu_0 B)^2}\right]^2 \left(\frac{\delta\mu_0}{\mu_0}\right)^2. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что при $\mu_0 B = 1$ флуктуации подвижности μ_0 вообще не вызывают флуктуаций μ . Таким образом, используя значения магнитного поля B , отвечающие условию $\mu_0 B \simeq 1$, можно отличить флуктуации сопротивления, обусловленные флуктуациями подвижности, от шума, вызванного флуктуациями числа носителей. Сильное уменьшение шума при $\mu_0 B \simeq 1$ свидетельствует в пользу флуктуаций подвижности. Отсутствие зависимости уровня шума от магнитного поля можно естественным образом объяснить исходя из предположения о флуктуации числа носителей, не зависящих от магнитного поля.

Кроме того, как отмечено в [11], измерения в условиях сильного геометрического магнетосопротивления позволяют отличить поверхностный шум от объемного. Действительно, поверхностный шум обычно описывается эквивалентной схемой, в которой "шумящее" поверхностное сопротивление R_S включено параллельно с идеальным (не шумящим) объемным сопротивлением R_V . При этом $R_S \gg R_V$. Величина R_S от магнитного поля не зависит. Величина R_V изменяется в поперечном магнитном поле в соответствии с известным соотношением (см., например, [16])

$$\frac{\Delta R_V}{R_V} = (\mu_0 B)^2. \quad (3)$$

Таким образом, в магнитном поле относительно большая доля тока проходит через шумящее поверхностное сопротивление R_S (объемное сопротивление R_V в меньшей степени шунтирует поверхностное). Легко показать исходя из такой эквивалентной схемы, что относительная спектральная плотность шума в магнитном поле (S_U^B/U^2) связана со спектральной плотностью шума в отсутствие магнитного поля (S_U/U^2) соотношением

$$\frac{S_U^B}{U^2} = \frac{S_U}{U^2} [1 + (\mu_0 B)^2]^2. \quad (4)$$

В эксперименте использовались эпитаксиальные образцы n-GaAs с концентрацией электронов $n_0 \simeq (1 \div 2) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Величина подвижности μ_0 при 300 К лежала в пределах $0.33 \leq \mu_0 \leq 0.5 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Максимальная индукция B составляла $B = 2 \text{ Тл}$. Таким образом, максимальная ожидаемая величина геометрического магнетосопротивления $\Delta R/R$ составляла $0.43 \leq \Delta R/R \leq 1.08$. Максимальное ожидаемое уменьшение шума в случае флуктуаций подвижности в соответствии с выражением (2) должно было бы составить 6.5 раз для образцов с минимальной подвижностью. При максимальной подвижности $\mu \geq 0.5 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ можно было бы ожидать полного подавления шума. Максимальное увеличение шума при флуктуациях числа носителей и поверхностном шуме в соответствии с выражением (4) могло составить от 3.1 до 6.7 дБ. Точность измерения шумов составляла $\pm 0.75 \text{ дБ}$.

Исследовались образцы трех типов. Образцы типа 1 были полностью аналогичны образцам, исследованным в работе [5]. Они представляли собой полевые транзисторы на основе GaAs с барьером Шоттки (MOSFET) с длиной затвора $L = 1 \text{ мкм}$ и шириной затвора $d \simeq 200 \text{ мкм}$, т.е. отношение L/d составляло $5 \cdot 10^{-3}$. Толщина канала $h_0 = 0.1 \div 0.2 \text{ мкм}$, концентрация электронов $n_0 \simeq (1 \div 3) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Структуры типов 2 и 3 представляли собой коммерческие полевые транзисторы. Структуры типа 2 — СВЧ полевые транзисторы на GaAs с барьером Шоттки фирмы NEC. Длина затвора $L \simeq 1 \text{ мкм}$, ширина затвора $d \simeq 100 \text{ мкм}$, $L/d \simeq 10^{-2}$. Керамический корпус транзистора прозрачен для света с длиной волны, соответствующей переходу зона-зона в GaAs (энергия $h\nu \simeq 1.4 \text{ эВ}$). Полевые транзисторы типа 3 имели длину затвора $L \simeq 1 \div 2 \text{ мкм}$, ширина затвора составляла $d = 55 \text{ мкм}$, $L/d \simeq 0.02 \div 0.04$.

3. Результаты эксперимента и обсуждение

Для всех исследованных структур зависимость $\Delta R/R$ от магнитного поля B измерялась при различных значениях тока сток–исток I_{DS} . Во всех случаях зависимость в координатах $\Delta R/R - B^2$ была линейной. Подвижность μ_0 , рассчитанная по формуле (3), несколько зависела от значения I_{DS} . При этом зависимость $\mu_0(I_{DS})$ была различной для различных образцов. При очень малых значениях I_{DS} в случае не вполне омических контактов значение μ_0 было относительно мало и повышалось с ростом плотности тока сток–исток. Так, для образцов типа 2 $\mu_0 \simeq 0.33 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ при токе сток–исток на 1 мм затвора $i_{DS} = 7.5 \text{ мА}$ и $\mu_0 \simeq 0.43 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ при $i_{DS} = 34 \text{ мА}$. При полном отсутствии барьерной нелинейности на истоковых и стоковых контактах величина подвижности μ_0 максимальна уже при очень малых токах I_{DS} . С ростом I_{DS} величина μ_0 слегка понижалась, отражая, по-видимому, переход к режиму

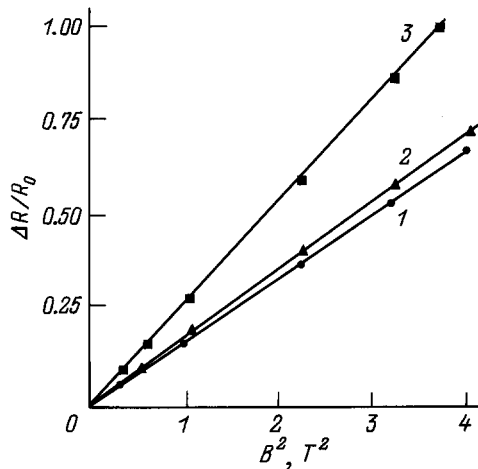


Рис. 1. Зависимость относительного изменения сопротивления образцов ($\Delta R/R_0$) от квадрата магнитной индукции. Номер кривой соответствует типу образца.

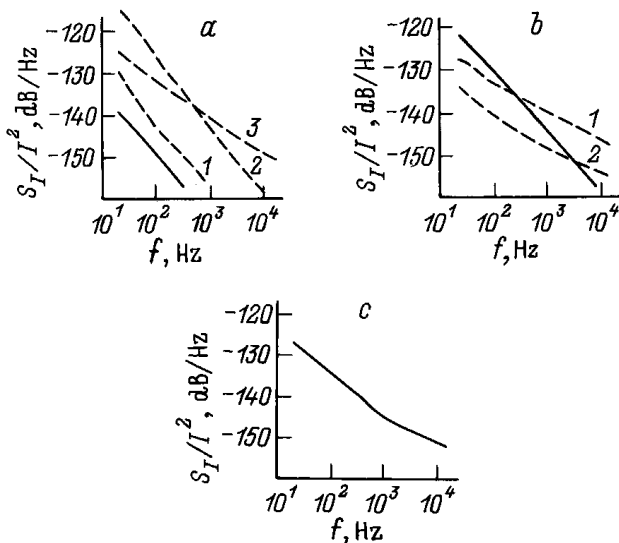


Рис. 2. Частотные зависимости спектральной плотности шума (S_I/I^2) для образцов типа 1 при трех различных температурах T и различных уровнях подсветки J/J_0 . Сплошные кривые — темновой шум, штриховые — шум в условиях зона-зонной подсветки. *a:* $T = 88$ К; $J/J_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ (1), 10^{-4} (2), 1 (3). *b:* $T = 293$ К; $J/J_0 = 5 \cdot 10^{-3}$ (1) и 1 (2). *c:* $T = 540$ К; $J_0 = 5 \cdot 10^{18}$ $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

насыщения даже при значениях I_{DS} , соответствующих видимому линейному участку зависимости $I_{DS}(U_{DS})$. Так, для образцов типа 1 $\mu_0 \approx 0.4 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ при $I_{DS} = 3 \text{ мА}$ и $\mu_0 \approx 0.35 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ при $I_{DS} = 25 \text{ мА}$.

На рис. 1 показаны зависимости $\Delta R/R$ от B^2 для образцов всех трех типов при значениях I_{DS} , приблизительно соответствующих максимальным значениям μ_0 . Значения μ_0 , рассчитанные из приведенных зависимостей в соответствии с выражением (3), составляют $\mu_0 \approx 0.41 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ для образцов типа 1, $\mu_0 \approx 0.43 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ для образцов типа 2 и $\mu_0 \approx 0.52 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ для образцов

типа 3. Значение $\mu_0 \approx 0.52 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ хорошо согласуется с теоретической оценкой холловской подвижности электронов в $n\text{-GaAs}$ с концентрацией электронов $n_0 \approx 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и низким уровнем компенсации [16]. Величина $\mu_0 \approx 0.4 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ в соответствии с оценками работы [16] свидетельствует об уровне компенсации, отвечающем условию $(N_D - N_A)/(N_D + N_A) \approx 0.5$.

Для всех образцов перед измерениями в магнитном поле снимались частотные и температурные зависимости относительной спектральной плотности шума S_I/I^2 .

Для образцов типа 1 наблюдавшиеся зависимости (рис. 2) полностью совпадают с результатами, описанными в кратком сообщении [5]. При высокой температуре $T = 540 \text{ К}$ зона-зонная подсветка не оказывает никакого влияния на шум. В соответствии с теорией [10] такая ситуация возникает вследствие того, что уже в темноте уровни, формирующие хвост плотности состояний, опустошены при высокой температуре за счет теплового выброса электронов в зону проводимости. Возникновение в результате зона-зонной подсветки дырки не приводят к изменению заселенности уровней в хвосте.

При $T = 88$ и 239 К (рис. 2, *a, b*) темновой шум имеет вид зависимости $S_I \sim 1/f^\gamma$, где $\gamma \approx 1.5$. Природа такого вида зависимости $S_I(f)$ обсуждалась в работе [17]. При достаточно сильной подсветке (рис. 2, *a*, кривая 3 и рис. 2, *b*, кривая 2) частотные зависимости относительной спектральной плотности флуктуаций близки к виду $S_I \sim 1/f$ (фликкер-шум). При максимальной подсветке зависимости $S_I(f)$ весьма близки для всех трех температур.

Влияние зона-зонной подсветки на спектральную плотность шума в образцах типа 2 носит качественно иной характер (рис. 3). Кривая 1 рис. 3 следует зависимости $S_I \sim 1/f^{1.5}$ в области частот $f \geq 150 \text{ Гц}$. В области более

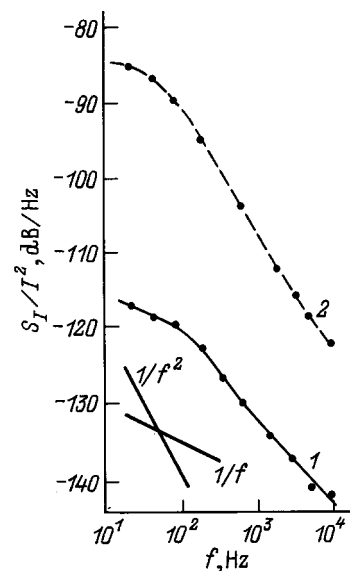


Рис. 3. Частотные зависимости спектральной плотности шума S_I/I^2 для образцов типа 2 в темноте (1) и в условиях зона-зонной подсветки с максимальной интенсивностью $J/J_0 = 1$ (2). $T = 300 \text{ К}$. Прямые — зависимости $1/f$ и $1/f^2$.

низких частот ход зависимости $S_I(f)$ близок к закону $S_I \sim 1/f$. При подсветке уровень шума монотонно растет во всей области частот. Как видно из рис. 3, освещение с интенсивностью $J/J_0 = 1$ увеличивает уровень шума на ~ 30 дБ (в ~ 1000 раз) в области низких частот ($f \approx 20$ Гц). В области высоких частот ($f \approx 10$ кГц) возрастание составляет ~ 20 дБ. Меняется и характер зависимости $S_I(f)$. В области частот $f \gtrsim 80$ Гц $S_I \sim 1/f^2$. В области более низких частот обнаруживается очевидная тенденция к насыщению. Таким образом, в условиях сильной подсветки зависимость $S_I(f)$ соответствует классическому лоренциану с характерным значением $\tau = 1/f_0 \approx 0.012$ с. При $n_0 = 2 \cdot 10^{17}$ см $^{-3}$ и тепловой скорости электронов в GaAs при 300 К $v_t \approx 4.5 \cdot 10^7$ см/с такое τ соответствует сечению захвата уровня для электрона $\sigma = (n_0 v_t \tau)^{-1} \approx 2 \cdot 10^{-21}$ см 2 .

Заметим, что сильное увеличение шума (~ 30 дБ) под влиянием подсветки наблюдалось в эпитаксиальных пленках n -GaAs с уровнем легирования $N_D - N_A \approx 10^{15}$ см $^{-3}$ в работе [18]. Вопрос о природе наблюдавшегося эффекта (поверхностный или объемный) не обсуждался.

Среди образцов типа 3 были обнаружены образцы с обоими типами поведения. В некоторых образцах зона-зонная подсветка при 300 К приводила к подавлению шума на низких частотах и преобразованию шумового спектра вида $1/f^{1.5}$ в спектр вида $1/f$ аналогично образцам типа 1. В других образцах влияние зона-зонной подсветки приводило к увеличению шума на всех частотах, аналогично образцам типа 2. Однако увеличение шума было не столь значительным (рис. 4).

Для всех образцов была измерена зависимость относительной спектральной плотности шума в магнитном поле в условиях сильного геометрического магнетосопротивления. Измерения проводились как в темноте, так и в условиях зона-зонной подсветки.

Типичная зависимость для образцов типа 1 показана на рис. 5, где экспериментальная зависимость I сравни-

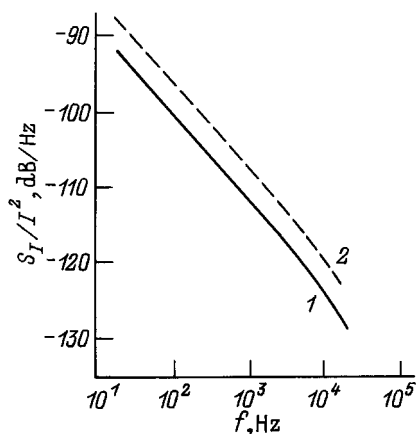


Рис. 4. Частотные зависимости спектральной плотности шума (S_I/I^2) для образцов типа 3 в темноте (1) и в условиях зона-зонной подсветки с максимальной интенсивностью $J/J_0 = 1$ (2). $T = 300$ К.

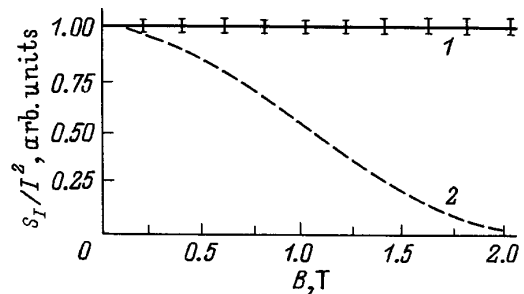


Рис. 5. Зависимость относительной спектральной плотности шума (S_I/I^2) от индукции магнитного поля B для образцов типа 1. 1 — экспериментальные данные, 2 — расчет по формуле (2) при $\mu_0 = 0.41$ м 2 /В · с.

вается с зависимостью 2, рассчитанной в соответствии с выражением (2) для значения $\mu_0 = 0.41$ м 2 /В · с. Эксперимент показывает, что ни в темноте, ни при подсветке относительная спектральная плотность шума не зависит от индукции магнитного поля при любой частоте анализа в исследованном диапазоне 20 Гц ÷ 20 кГц. Характер экспериментальной зависимости относительного шума от магнитной индукции со всей определенностью указывает на флуктуации числа носителей как на источник наблюдаемого низкочастотного шума. С другой стороны, не наблюдается никакого увеличения относительной спектральной плотности, что свидетельствует в пользу объемного характера наблюдаемого шума.

Таким образом, полученные результаты показывают, что в условиях сильной зона-зонной подсветки, когда известный механизм низкочастотного шума — флуктуации заполнения уровней хвоста плотности состояний — оказывается подавленным, экспериментально наблюдаемый фликкер-шум обусловлен флуктуациями числа носителей в объеме образца. Микроскопическая природа наблюдавшихся в таких условиях флуктуаций числа носителей не ясна.

Как отмечалось, для образцов типа 2 зона-зонная подсветка не только не подавляет шум, но, напротив, приводит к увеличению шума во всем диапазоне частот анализа.

Для образцов типа 2 в темноте магнитное поле $B = 2$ Тл увеличивало относительную спектральную плотность шума на величину $\Delta S_I \approx 1.5$ дБ на всех частотах анализа. Наблюдаемое увеличение заметно меньше, чем ожидаемое в магнитном поле в случае чисто поверхностной природы шума. Из выражения (4) легко установить, что при $\mu_0 = 0.43$ м 2 /В · с шум при $B = 2$ Тл должен был бы возрасти на $\Delta S_I \approx 4.8$ дБ.

Наблюдаемое расхождение может объясняться либо тем, что в темновой шум поверхностный и объемный шум вносят приблизительно равные вклады, либо тем, что условие $R_V \ll R_S$ в данных структурах не выполняется.

В условиях зона-зонной подсветки магнитное поле не влияет на относительную спектральную плотность шума в образцах типа 2. Таким образом, следует предположить, что очень сильное увеличение шума под

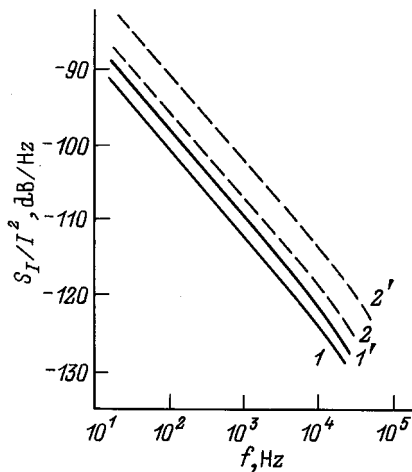


Рис. 6. Частотные зависимости спектральной плотности шума (S_I/I^2) для образцов типа 3 в темноте (сплошные кривые) и в условиях зона-зонной подсветки (штриховые). B, T : 1, 2 — 0; 1', 2' — 2. $T = 300$ К.

влиянием света обусловлено уменьшением заселенности объемных глубоких уровней. Совершенно очевидно, что мощность имевшегося в нашем распоряжении источника зона-зонного света была недостаточна для того, чтобы полностью опустошить уровни, ответственные за наблюдаемый низкочастотный шум. Дальнейшее увеличение интенсивности зона-зонной подсветки должно было бы привести к подавлению шума, и, возможно, к выявлению того же механизма фликкер-шума, который преобладает в образцах типа 1 при сильной подсветке.

В образцах типа 3 влияние магнитного поля на шум различно в зависимости от реакции шума на зона-зонную подсветку. В тех образцах, где наблюдалось подавление шума подсветкой (аналогично образцам типа 1), магнитное поле не оказывало никакого влияния на относительную спектральную плотность шума.

В тех образцах, где подсветка приводила к увеличению шума (рис. 4), наблюдалось значительное (до 5 дБ) увеличение относительной спектральной плотности шума в магнитном поле.

На рис. 6 показаны частотные зависимости спектральной плотности шума в темноте (сплошные линии) и в условиях зонной подсветки (штриховые) без магнитного поля (кривые 1 и 1') и в поперечном магнитном поле $B = 2$ Тл (кривые 1' и 2'). Видно, что и в темноте, и при подсветке магнитное поле вызывает возрастание шума на всех частотах анализа. Шум возрастает на ~ 2.5 дБ в темноте и на ~ 5 дБ в условиях зона-зонной подсветки. При $\mu_0 = 0.52 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ ожидаемое в магнитном поле $B = 2$ Тл увеличение шума в соответствии с формулой (4) должно было бы составить ~ 6.3 дБ. Исходя из результатов, показанных на рис. 6, можно заключить, что в темноте вклады в общий шум поверхностной и объемной компонент соизмеримы. В условиях зона-зонной подсветки поверхностная компонента шума становится преобладающей.

4. Заключение

Исследования в условиях сильного геометрического магнетосопротивления шума типа $1/f$, возникающего в условиях, когда обычно наблюдаемый низкочастотный шум подавлен зона-зонной подсветкой, показывают, что он имеет объемный характер и обусловлен флуктуациями числа носителей в образце. Природа этих флуктуаций в настоящее время не ясна.

В ряде образцов наблюдается не подавление, а увеличение шума в условиях зона-зонной подсветки.

Впервые наблюдалось очень значительное (до 30 дБ) увеличение низкочастотного шума в сильно легированном ($n_0 \simeq 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$) n -GaAs.

Наблюдающийся в условиях подсветки шум является объемным. По своей природе наблюдаемый эффект, по видимому, аналогичен эффекту увеличения шума в условиях подсветки, наблюдавшемуся ранее в работе [18] для слабо легированного ($n_0 \simeq 10^{15} \text{ см}^{-3}$) n -GaAs.

В некоторых образцах зона-зонная подсветка вызывает относительно небольшое (~ 5 дБ) увеличение шума, одинаковое на всех частотах анализа в диапазоне $20 \text{ Гц} \div 20 \text{ кГц}$. В таких образцах шум, наблюдавшийся в условиях подсветки, имеет чисто поверхностную природу.

Заметим, что, как ясно из приведенных результатов, измерения в магнитном поле в условиях зона-зонной подсветки позволяют достаточно надежно отличать поверхностный шум от объемного. Важно, что такой метод является неразрушающим и может быть применен для очень широкого класса полупроводниковых приборов, поскольку для большинства современных приборов условие $L/d \ll 1$ очень хорошо выполняется.

Авторы признательны И.А. Хребтову за помощь в работе.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант N 96-02-18563).

Список литературы

- [1] J. Graffeuil, J. Caminade. *Electron. Lett.*, **10**, 266 (1974).
- [2] С.Н. Suh, A. van der Ziel, R.P. Jindal. *Sol. St. Electron.*, **24**, 217 (1981).
- [3] J.R. Hellum, L.M. Rucker. *Sol. St. Electron.*, **28**, 549 (1985).
- [4] M. Pouysegur, J. Graffeuil, J.L. Cazoux. *IEEE Trans. Electron. Dev.*, **34**, 2178 (1987).
- [5] М.Е. Левинштейн, С.Л. Румянцев. *Письма ЖТФ*, **19**, 55 (1993).
- [6] M. Takano. *IEEE Trans. Electron. Dev.*, **40**, 2060 (1993).
- [7] M. Chertouk, A. Chovet. *IEEE Trans. Electron. Dev.*, **43**, 123 (1996).
- [8] Н.В. Дьяконова, М.Е. Левинштейн, С.Л. Румянцев. *ФТП*, **25**, 2065 (1991).
- [9] Sh. Kogan. *Electronics noise and fluctuations in solids* (Cambridge Univ. Press, 1996) p. 354.
- [10] Н.В. Дьяконова, М.Е. Левинштейн. *ФТП*, **23**, 283 (1989).
- [11] М.Е. Левинштейн, С.Л. Румянцев. *ФТП*, **17**, 1830 (1983).

- [12] M.H. Song, H.S. Min. J. Appl. Phys., **58**, 4221 (1985).
- [13] T.G.M. Kleinpenning, P.P.J. Huinen. *Abstracts of 9th Int. Conf. on Noise in Phys. Systems* (Montreal, Canada, 1987) p. 136.
- [14] M.H. Song, A.N. Burdas, A. van der Ziel, A.D. van Rheenen. J. Appl. Phys., **64**, 727 (1988).
- [15] T.R. Jervis. E.F. Jonson. Sol. St. Electron., **13**, 181 (1970).
- [16] D.L. Rode. In: *Semiconductors and Semimetals*, ed. by R.K. Willardson and A.C. Beer (Academic Press, N.Y., 1975).
- [17] N.V. Dyakonova, M.E. Levinshtein, J.W. Palmour, S.L. Romyantsev. *Semicond. Sci. Technol.*, **10**, 1126 (1995).
- [18] J. Copeland. *IEEE Trans. Electron. Dev.*, **18**, 50 (1971).

Редактор Л.В. Шаронова

A $1/f$ noise in a high-doped n -GaAs under band-to-band illumination

N.V. D'yakonova, M.E. Levinshtein, F. Paskal*,
S.L. Romyantsev

A.F. Ioffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St. Petersburg, Russia

* Centre d'Electronique et de Micro-optoelectronique
de Montpellier, CNRS-Universite UMR 5507,
34095 U.M. II, Montpellier Cedex, France

Abstract Using low frequency noise measurements under conditions of strong geometrical magnetoresistance, the nature of a new type $1/f$ noise has been investigated. This $1/f$ noise appears in a high-doped ($n_0 \sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) n -GaAs under band-to-band illumination. It has been shown that the $1/f$ noise under investigation has the bulk nature and appears as a result of fluctuations of the carrier number (not the mobility fluctuations). The possibility to discriminate between the bulk and the surface noise using the measurements under conditions of strong geometrical magnetoresistance was demonstrated for the first time.