

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

А. А. ЗАЙЦЕВ и ШЕ-МИДОН

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПОДВИЖНЫЕ СТРАТЫ

В работе было исследовано влияние продольного магнитного поля на усиление и дисперсию подвижных страт. Эксперименты выполнялись в положительном столбе разряда в гелии, создаваемого в трубке длиной 70 см и внутренним радиусом 0,4 см при давлении 0,8 мм рт. ст. Нижняя граница (по току) области существования страт при этих условиях составляет 240 ма. Это давало возможность изучать как естественные (возникающие самопроизвольно), так и искусственно возбуждаемые подвижные страты вблизи границы неустойчивости однородного состояния положительного столба.

Методика измерений описана в работе [1]. В настоящей работе искусственное возбуждение страт осуществлялось применением гармонического сигнала малой величины, подаваемого с генератора переменного напряжения на элемент сопротивления цепи питания разрядной трубки [2]. Величина магнитного поля ограничивалась сверху возникновением винтовой неустойчивости положительного столба при больших полях [2, 3].

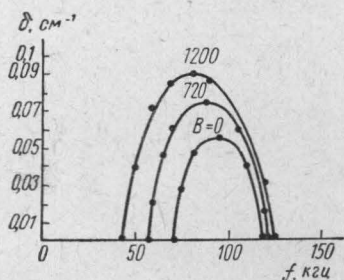


Рис. 1

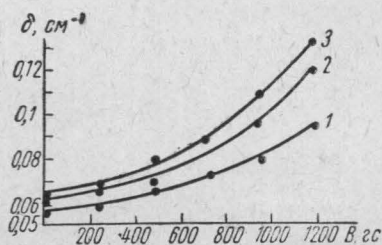


Рис. 2

Усиление подвижных страт. Яркость подвижных страт усиливается от катода по направлению к аноду. Существует область линейного усиления, где ход изменения амплитуды яркости можно представить в виде

$$A_x = Ae^{\sigma x}, \quad (1)$$

где σ — параметр усиления. В случае искусственных подвижных страт экспоненциальный рост амплитуды наблюдается практически по всей длине положительного столба. В случае же естественных страт область линейного усиления охватывает ограниченную область столба, начиная от его головы, а дальше с приближением к аноду величина σ быстро уменьшается, так что амплитуда достигает постоянного значения.

На рис. 1 представлены результаты измерения зависимости δ от частоты f для искусственных подвижных страт при разрядном токе 200 ма (цифры у кривых указывают величину магнитного поля B). В присутствии поля B , как и при $B=0$, усиление имеет резонансный характер. Для достаточно больших и достаточно малых частот усиления нет. Где-то в промежутке при «резонансной» частоте имеет место максимальное усиление. На рис. 2 показано влияние магнитного поля на усиление страт в области резонанса. Кривая 1 соответствует искусственным стратам при разрядном токе 200 ма, кривые 2 и 3 — естественным стратам при токах 250 и 270 ма. Из рисунков видно, что действие магнитного поля вызывает смещение резонансной частоты в сторону меньших значений, возрастание усиления на этой частоте и расширение частотной области усиления страт.

Дисперсия подвижных страт. Подвижные страты представляют волну ионизации, распространяющуюся через плазму положительного столба. Дисперсия подвижных страт (связь между их длиной l и частотой f) такова, что производная $\frac{dl}{df}$ положи-

тельна. В магнитном поле величина $\frac{dl}{df}$ возрастает. Пользуясь понятием групповой скорости ($v_{гр}$) для волновых процессов с дисперсией, можно написать

$$v_{гр} = -l^2 \frac{df}{dl}. \quad (2)$$

По измеренным значениям $\frac{df}{dl}$ и длине страт при резонансной частоте ($l_{рез}$) с помощью соотношения (2) вычислялась $v_{гр}$. Соответствующие результаты, полученные при 200 ма, приведены в табл. 1.

Таблица 1

$B, \text{ гс}$	0	720	1200
$l_{рез}, \text{ см}$	2,53	3,1	3,4
$\frac{dl}{df} \cdot 10^5 \text{ см} \cdot \text{сек}$	0,75	1,45	2,73
$l_{рез}^2 \frac{df}{dl} \cdot 10^{-5} \text{ см} \cdot \text{сек}^{-1}$	8,5	6,6	2,2

Ход изменения $v_{гр}$ совпадает с ходом изменения скорости волны расслоения столба в магнитном поле (1). В этом можно видеть подтверждение того, что процесс расслоения распространяется от катода к аноду со скоростью, определяемой соотношением (2) [5].

Падение напряжения на длине страты. Из данных по длине страты l и продольному градиенту потенциала в столбе (E) были получены значения падения напряжения на длине страты $U_e = El$. В табл. 2 приведены полученные данные при разрядном токе 200 ма.

Таблица 2

$B, \text{ гс}$	0	400	800	1290
$l, \text{ см}$	2,53	2,68	3,1	3,4
$E, \text{ в/см}$	9,5	8,7	7,7	7,2
$Ul, \text{ в}$	24,0	23,3	23,9	23,8

Отсюда видно, что U_e не обнаруживает заметного изменения в магнитном поле. Аналогичные результаты получаются также в других газах [1].

Образование страт представляет собой результат развития неустойчивости однородного состояния положительного столба. В другой группе опытов, выполненных нами ранее, было установлено, что в инертных газах (Ne, Ar, Kr) подвижные страты существуют при уменьшении давления вплоть до давления около 10 мм. При наиболее низких давлениях длина их достигает 14–16-кратного радиуса трубки.

Линейная теория неоднородного столба [6] дает следующие выражения для длины и частоты страт, справедливые для случая резонанса:

$$\frac{l_{\text{рез}}}{R} = \sqrt{\frac{4\pi^2 U_e^2}{ER^2} \left(a\tau \frac{b_p}{U_i^*} \right)^{1/2}}, \quad (3)$$

$$Rf_{\text{рез}} = \frac{RU_i^* l_{\text{рез}} E}{4\pi^2 \tau a U_e^2}. \quad (4)$$

В этих формулах b_p означает подвижность положительных ионов, U_e — электронную температуру в эв, $U_i^* = U_i + 0,5U_e$, где U_i — потенциал ионизации молекул, τ — диффузионное время жизни зарядов, константа $a = \frac{3}{2}$. В табл. 3 величины l и f , вычисленные по формулам (3) и (4), сравниваются с измеренными величинами для нескольких значений R_p .

Таблица 3

R_p , см рт. ст.	2	1	0,7	0,5	0,3
$l_{\text{рез}}/R$ (выч.)	2,14	2,54	2,76	3,14	3,5
$l_{\text{рез}}/R$ (эксп.)	5,0	5,6	6,0	6,4	7,2
$Rf_{\text{рез}} \cdot 10^{-3}$ (выч.), см · сек ⁻¹	32	58	80	107	184
$Rf_{\text{рез}} \cdot 10^{-3}$ (эксп.), см · сек ⁻¹	13	20	28	39	70

Трудно ожидать точного соответствия линейной теории с экспериментом. Однако теория обеспечивает результаты, согласующиеся с экспериментом качественно. Из табл. 3 видно, что вычисленные значения длины и частоты возрастают с уменьшением R_p в соответствии с наблюдениями.

Влияние продольного магнитного поля на параметры страт связано с замедлением ухода носителей зарядов к стенкам трубки под действием поля. Причиной изменения длины l и частоты f может быть возрастание времени жизни носителей зарядов с ростом поля, которое происходит согласно формуле $\tau_R = \tau_0(1 + b_e/b_p \omega_e^2 \tau_e^2)$, где τ_0 — время жизни в отсутствии поля, ω_e и τ_e — циклотронная частота и частота соударений электронов и уменьшение электронной температуры U_e и продольного градиента потенциала E .

Связь между U_e и E дается соотношением [7]

$$E\lambda_e = \sqrt{\kappa} T_e, \quad (5)$$

где κ — доля энергии, теряемой электроном при соударении с нейтральной частицей, которая определяется как $\kappa = \kappa_{\text{упр}} + \kappa_{\text{неупр}}$. В гелии зависимость коэффициента неупругих потерь от U_e можно считать квадратичной [3] и представить в виде $\kappa_{\text{неупр}} = \beta U_e^2$. При U_e 4 эв ($R_p < 1$) величина $\kappa_{\text{упр}}$ мала по сравнению с $\kappa_{\text{неупр}}$, так что приближенно можно положить $\kappa \approx \beta U_e^2$. При таких условиях, как показывают формулы (3) и (4), основную роль в изменении l и f играет непосредственно увеличение средней продолжительности жизни носителей при наложении магнитного поля. Изменения происходят в том же направлении, что и по теории, т. е. значение l возрастает, а f умень-

шается, когда магнитное поле растет. Рост производной $\frac{dl}{df}$ с ростом магнитного поля качественно хорошо описывается формулой (4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев А. А., Васильева М. Я. «Радиотехника и электроника», 7, 558, 1962.
2. Зайцев А. А. «Вестн. Моск. ун-та», сер. мат., мех., астрон., физ., химии, № 10, 41, 1951; ДАН СССР, 79, 779, 1951 и 84, 1952.
3. Lehner V. Nuovo Cimento Suppl., 13., No. 1, 59, 1959.
4. Ахмедов А., Зайцев А. А. ЖТФ, 33, 177, 1963.
5. Wojaszek K. Ann. Phys., 2, 68, 1958.
6. Wojaszek K. Plasmaphysik, No. 1, 1962.
7. Энгель А. Ионизованные газы. М., Физматгиз, 1959.

Поступила в редакцию
18. 6 1965 г.

Кафедра
электроники

УДК 538.632

А. В. ЧЕРЕМУШКИНА, Ю. Н. АРХИПОВ

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА ХОЛЛА И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С ПРИСАДКАМИ Cr И Gd

В теоретических работах, посвященных исследованию эффекта Холла в ферромагнитных металлах, рассматривается механизм рассеяния электронов проводимости на примесях [1], фононах [2] или одновременно на примесях и фононах [3]. При этом

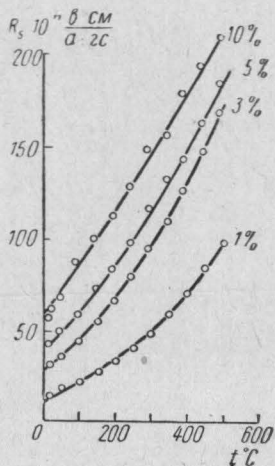


Рис. 1. Зависимость ферромагнитной постоянной Холла R_s от температуры для сплавов Fe—Cr различного состава

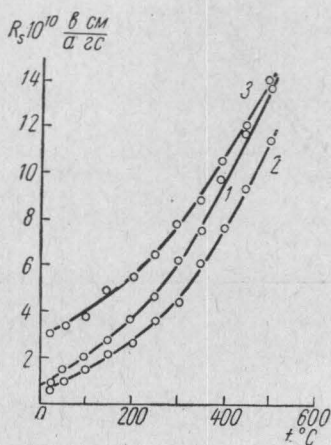


Рис. 2. Зависимость ферромагнитной постоянной Холла R_s от температуры для сплавов Fe—Gd различного состава: 1—1%, 2—3% и 3—5%