

Магнитное поле проявляется лишь в первом приближении  $\epsilon_1$ , тогда как в случае поля, направленного вдоль границы  $Ox$ ,  $\epsilon_0$  уже включает магнитное поле [4]. Результаты (8) и (9) физически можно истолковать следующим образом. При неограниченной протяженности слоев проводящей жидкости возникающие малые возмущения почти не увеличивают плотности магнитной энергии, так как не искривляют магнитных силовых линий, однако уменьшают потенциальную энергию плазмы в гравитационном поле Земли. В результате граница плазмы оказывается неустойчивой.

В заключение выражаю благодарность канд. физ.-мат. наук Б. А. Тверскому за полезную дискуссию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chandrasekhar S. Hydrodynamic and hydromagnetic stability. Oxford, Clarendon press., 1961, g. IX.
2. Talwar S. P. Zeits. Astrophys., 47, 161, 1959.
3. Kruskal M. Schwarzschild M. Proc. Roy. Soc., A223, 348, 1954.
4. Николаев Ю. М. «Приклад. мех. и технич. физ.», № 6, 1965.
5. Камке. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям, ч. I, § 23 (2). М.—Л., ГИТТЛ, 1963.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика, М.—Л., Физматгиз, 1963.

Поступила в редакцию  
1. 4 1965 г.

НИИЯФ

539.293.5 : 538.56

А. Ю. АНУПЫЛЬД, Т. Н. ЯСТРЕБЦЕВА

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ГЕРМАНИЯ С ТОЧЕЧНЫМИ КОНТАКТАМИ

С целью исследования колебательных свойств образцов германия с точечными контактами при прохождении через контакт постоянного тока был проведен ряд экспериментов по изучению резонансных свойств указанных образцов. Как было установлено ранее [1, 2, 3, 4, 5], области собственных колебаний соответствуют некоторым областям значений постоянного тока, проходящего через образец. Имеются граничные значения токов, выше и ниже которых колебания не возбуждаются. Таким образом, естественно предположить, что вблизи границ областей колебаний система находится в потенциально-автоколебательном состоянии и обладает резонансными свойствами.

Для установления резонансных свойств образцов через образец пропускался постоянный ток, величина которого могла изменяться, и ток от генератора синусоидальных сигналов, частота и амплитуда которого также могли изменяться. Были исследованы различные режимы, а именно при наличии собственных колебаний и при их отсутствии. Исследовались образцы германия  $n$ - и  $p$ -типа с различным удельным сопротивлением. Для точечного контакта использовалась вольфрамовая игла.

Предварительное исследование воздействия внешней силы на систему в режиме автоколебаний показало, что система ведет себя аналогично добротной автоколебательной системе, находящейся под внешним воздействием. Наблюдаются очень узкие области синхронизации на первой, второй и третьей гармониках собственных колебаний. Области эти расширяются при увеличении амплитуды внешней силы. Результаты этих исследований будут опубликованы отдельно.

В настоящем сообщении приводятся результаты опытов, проведенных в режимах, когда колебания отсутствовали. Типичная зависимость напряжения на образцах германия  $n$ - и  $p$ -типа от частоты синусоидального тока при постоянных токе смещения и амплитуде внешней силы показана на рис. 1. В тех случаях, когда рабочая точка находится на участке обратной ветви вольт-амперной характеристики германия  $n$ -типа или на прямой ветви характеристики германия  $p$ -типа, при некоторых частотах внешней силы наблюдаются острые максимумы напряжения или соответственно уменьшение проводимости образца. В случае, когда рабочая точка находится на обратной ветви характеристики германия  $p$ -типа, наблюдаются минимумы напряжения или увеличение проводимости образца для некоторых частот внешней силы. Здесь следует отметить, что, как сообщалось в работе [5], колебания в этих же образцах наблюдались только на участках с отрицательной крутизной на обратной ветви характеристики

германия  $n$ -типа и на прямой ветви характеристики германия  $p$ -типа, т. е. на ветвях, где наблюдаются резонансные максимумы напряжения. Характерно, что для одного и того же контакта в  $p$ -германии максимумы и минимумы наблюдались на одних и тех же частотах.

В зависимости от положения контакта изменялось расположение максимумов и минимумов, некоторые максимумы исчезали, появлялись максимумы на других частотах, изменялась их относительная величина. Но, как правило, в исследованных образцах германия  $n$ - и  $p$ -типа всегда наблюдались максимумы (минимумы) на частотах около 150 Кгц и 300 Кгц, изменялась лишь их величина. При этом собственные колебания, наблюдавшиеся в образцах, в большинстве случаев имели частоту, близкую к 300 Кгц. Таким образом, имеется, по-видимому, определенная связь между резонансными частотами и частотами собственных колебаний.

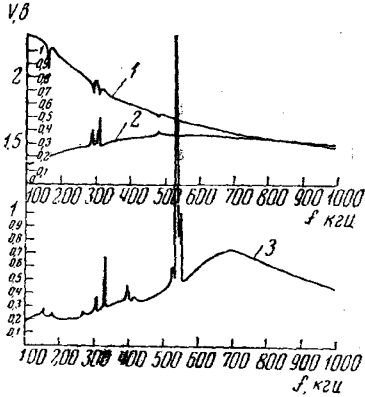


Рис. 1. Зависимость напряжения на образцах германия  $n$ - и  $p$ -типа германия с точечными контактами от частоты внешнего воздействия. 1 — германий  $p$ -типа (4,7 ом·см), режим  $I = 10$  ма,  $v = -37$  в; 2 — тот же образец, режим  $I = 8$  ма,  $v = +22$  в; 3 — германий  $n$ -типа (39 ом·см), режим  $I = 21$  ма,  $v = -27$  в. Амплитуда синусоидального тока 0,54 ма

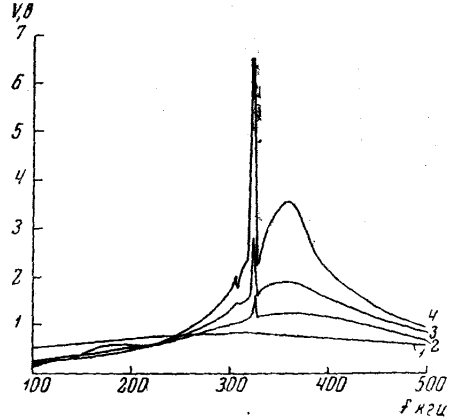
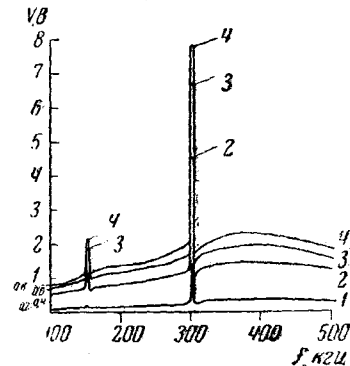


Рис. 2. Зависимость напряжения на образце германия  $n$ -типа (39 ом·см) от частоты внешнего воздействия при различных режимах. 1 —  $I = 10$  ма,  $v = -50$  в; 2 —  $I = 12$  ма,  $v = -45,2$  в; 3 —  $I = 13$  ма,  $v = -41,4$  в; 4 —  $I = 14,5$  ма,  $v = -37,3$  в. Амплитуда синусоидального тока 0,49 ма

Рис. 3. Зависимость напряжения на образце германия  $n$ -типа (39 ом·см) от частоты внешнего воздействия при различных амплитудах синусоидального тока. 1 —  $I = 0,24$  ма, 2 —  $I = 0,54$  ма, 3 —  $I = 0,77$  ма, 4 —  $I = 1,1$  ма. Режим  $I = 17$  ма,  $v = -35$  в



Исследование зависимости резонансных свойств образца германия  $n$ -типа с точечным контактом от величины постоянного тока, протекающего через образец, показало, что при приближении величины постоянного тока к току, при котором возникают колебания, резонансные свойства системы усиливаются, что видно из рис. 2. При этом наряду с острыми максимумами наблюдается максимум размытый, на котором располагаются острые максимумы. Резонансные частоты, соответствующие острым и тупым максимумам, и величины амплитуд напряжения на образце в момент резонанса зависят от величины постоянного тока, протекающего через образец.

При увеличении амплитуды внешнего воздействия резонансные амплитуды также увеличиваются, что видно из рис. 3.

Наблюдалось изменение формы вынужденных колебаний в образце при изменении частоты внешней силы. Вдали от резонансных частот форма колебаний была близка к гармонической. При приближении к резонансу форма колебаний искажалась. При резонансе вблизи 150 Кгц наблюдались колебания, соответствующие сумме колебаний с частотами, близкими к 150 Кгц и 300 Кгц. По-видимому, в момент резонанса кроме колебаний с частотой вынуждающей силы (150 Кгц) возникают колебания с частотой, близкой к 300 Кгц. При частоте внешней силы 300 Кгц колебания в образце оставались синусоидальными. Форма колебаний вблизи резонансов искажалась также и за счет нелинейности характеристики, особенно влияющей на форму колебаний при больших амплитудах колебаний.

Проводилось качественное наблюдение изменения разности фаз между током и напряжением на образце при изменении частоты внешнего воздействия. Вблизи частот внешней силы, равных 150 Кгц и 300 Кгц разность фаз резко изменялась.

Травление образцов влияло на положение максимумов и минимумов. Например, после травления образцов германия *n*-типа в перекиси водорода иногда наблюдалось полное исчезновение острых максимумов, иногда — исчезновение максимумов на одних частотах и уменьшение максимумов на других. После травления в перекиси водорода образцов германия *p*-типа продолжали наблюдаться максимумы на прямой ветви и минимумы на обратной, но частоты их оказались несколько смещенными. Иногда наблюдалось появление новых максимумов. Травление не влияло на размытый максимум.

Обнаруженные резонансные свойства образцов германия с точечными контактами представляют интерес как с точки зрения физических процессов, происходящих в области контакта, так и с точки зрения возможных практических применений этих свойств. Особый интерес представляет наличие острых резонансов в сочетании с отрицательным сопротивлением образца. Дальнейшее изучение описанных явлений может дать дополнительные сведения о физических свойствах и природе процессов, происходящих в образцах полупроводника *n*- и *p*-типа с точечными контактами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Cardona M., Ruppel W. J. Appl. Phys., 31, 1826, 1960.
2. Kikuchi M., J. Phys. Soc. Jap., 17, 240, 1962.
3. Муравский Б. С. «Физика твердого тела», 4, 2485, 1960.
4. Kikuchi M. Jap. J. Appl. Phys., 2, 31, 1963.
5. Андронов Ю. П., Анупыльд А. Ю., Губанков В. Н., Ястребцев А. Т. Н. «Вести. Моск. ун-та», сер. физ., астроф., № 4, 83, 1964.

Поступила в редакцию  
3. 4 1965 г.

Кафедра  
физики колебаний

539.124.6

И. М. ТЕРНОВ, Р. А. РЗАЕВ

### ОСОБЕННОСТИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЗИТРОНОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В настоящей работе исследуются поляризационные свойства излучения, испускаемого позитронами с ориентированным спином при их движении в однородном магнитном поле. Для решения этой задачи следует воспользоваться волновыми функциями позитрона, удовлетворяющими уравнению Дирака

$$\left\{ i\hbar \frac{\partial}{\partial t} - c\vec{\alpha} \left( \vec{p} - \frac{e_0}{c} A \right) - \rho_3 m_0 c^2 \right\} \psi^{\pi} = 0. \quad (1)$$

Для разделения решений уравнения Дирака по спиновым состояниям мы подчиняли волновую функцию требованию быть собственной функцией оператора тензора поляризации [1]