

СТОХАСТИЧЕСКАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ТОКА В CdCr_2Se_4

Н. А. Дрокин, Ш. М. Ганиев

Во многих полупроводниках разогрев носителей тока сильным электрическим полем приводит к возникновению электрических неустойчивостей, проявляющихся обычно в виде периодических осцилляций тока. Недавно обнаружены более сложные нелинейные явления, когда периодические осцилляции переходят в хаотические колебания, характеризую-

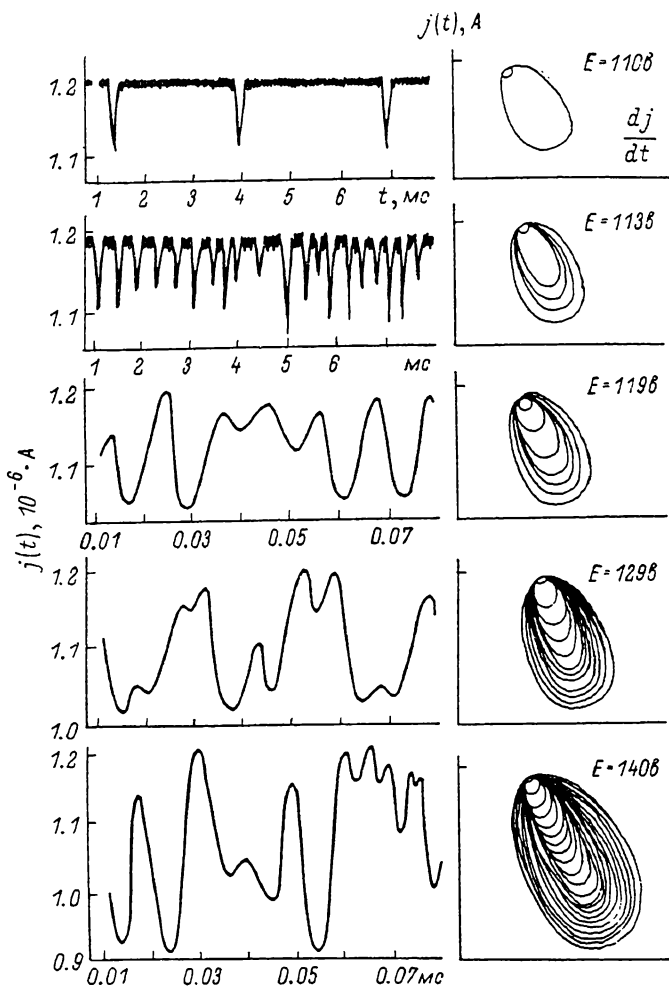


Рис. 1. Осциллограммы временного поведения тока и проекции фазовых траекторий на плоскости $j(t)$, dj/dt при напряжениях 110, 113, 119, 129, 140 В. $T=200$ К.

щиеся появлением в фазовом пространстве странного аттрактора. Переход к хаосу наблюдался в n -Ge(Ni) [1], в n -GaAs [2], CdS [3], n -InSb [4] и некоторых других полупроводниках, в которых созданы условия, позволяющие отнести их к сильно неравновесным и нелинейным системам.

К существенно нелинейным системам можно отнести и такой класс материалов, как магнитные полупроводники типа CdCr_2Se_4 , из-за наличия сильного внутреннего взаимодействия между магнитной и электрической подсистемами. Экспериментально нелинейный характер поведения фототока и возбуждение периодических осцилляций как в магнитной, так и

в электрической подсистемах обнаружен в монокристаллах CdCr_2Se_4 [5] при 77 К в ферромагнитной фазе.

В данной работе сообщается о возбуждении стохастических автоколебаний тока в CdCr_2Se_4 в парамагнитной фазе. Исследовались температурные, вольт-амперные и временные характеристики поведения темнового тока в зависимости от напряжения, приложенного к образцу. Измерения проводились на специально подготовленных образцах, в которые в процессе их синтеза вводились легирующие примеси In, и проводилась их термообработка в парах кадмия при 350 °С с целью создания проводимости n -типа. Сопротивление образцов при комнатной температуре 10^4 — 10^5 Ом·см. Для исключения влияния механической или химической обработки поверхности использовались поверхности скола монокристаллов (110). Контакты изготавливались методом точечной микросварки серебряного провода, который обеспечивал их омический характер поведения и незна-

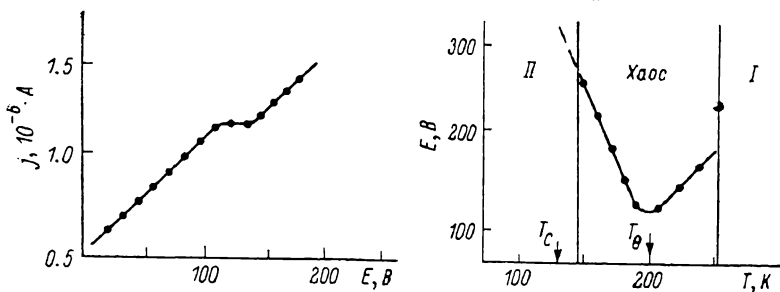


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика тока при 200 К и температурная зависимость критического поля (E) возникновения электрической неустойчивости в $n\text{-CdCr}_2\text{Se}_4(\text{In})$.

чительные собственные шумы при небольших напряжениях (1—100 В). Расстояние между контактами 0.5—1 мм. Образцы помещались в криостат, через который продувались пары жидкого азота. Нагрузочным резистором в электрической цепи служило сопротивление 10^5 Ом.

Было обнаружено, что при понижении температуры до 250 К в электрических полях $E_{кр}$ (100—150 В) возникали автоколебания тока (рис. 1), период которых изменялся с ростом электрического поля и наблюдалась эволюция развития хаотических осцилляций в довольно узком диапазоне полей от 100 до 119 В. С дальнейшим ростом электрического поля амплитуда хаоса достигала максимальных значений при 190 В, а затем уменьшалась. На этом же рисунке приведены проекции фазовых портретов на плоскости $j(t)$, dj/dt , которые отражают развитие стохастического характера токовой неустойчивости. На рис. 2 приведена вольт-амперная характеристика, из которой видно, что развитие хаоса совпадает с началом отрицательного участка темновой проводимости. При больших напряжениях вольт-амперная характеристика становится снова линейной, а интенсивность хаотических колебаний уменьшается вплоть до полного их исчезновения. Глубина осцилляций составляла величину 10 % от темнового тока. На этом же рисунке приведена зависимость критического поля возникновения осцилляций от температуры и вертикальными линиями отмечена область существования хаоса. Возбуждение периодических осцилляций и развитие хаоса начинается при $T \sim 250$ К и при приближении к $T \sim 150$ К переход от гармонических осцилляций к хаосу становится более размытым, а при подходе к температуре Кюри $T_0 = 130$ К наблюдаются лишь периодические колебания вплоть до $E = 600$ В. Минимальные критические поля и наибольшая интенсивность хаотических колебаний регистрируется вблизи парамагнитной температуры Кюри $T_0 \sim 200$ К.

В полупроводниковых системах стохастические явления развиваются в условиях, когда кинетика носителей определяется размерностью фазового пространства, причем размерность должна быть не ниже трех.

Например, в n -Ge(Ni) такая размерность реализуется для фотоэлектронов, рекомбинация которых определяется центрами захватов трех типов. При этом можно написать полностью детерминированные уравнения динамики, решение которых позволяет понять природу хаоса. Для магнитных полупроводников CdCr_2Se_4 природа возникновения хаоса пока не ясна. Для его возбуждения не требуется светового облучения, а необходимым условием является лишь наличие n -типа проводимости. По-видимому, в этих материалах немаловажную роль играет магнитная подсистема, так как хаос развивается в условиях появления ближнего магнитного порядка вблизи парамагнитной температуры Кюри.

В данной работе сообщается об обнаружении стохастических явлений в электрической подсистеме, однако, как следует из работы [6], стохастические явления существуют и в магнитной подсистеме, которые были обнаружены при исследовании характера поведения второй гармоники намагниченности вблизи температуры Кюри в условиях динамического возбуждения переменным магнитным полем.

Л и т е р а т у р а

- [1] Бумялене С. Б., Пожела Ю. К., Тамашявичюс А. В. ФТП, 1986, т. 20, № 7, с. 1327—1329.
- [2] Bagdiev E. G., Shikhsaidov M. Sh. Phys. St. Sol. (a), 1982, vol. 73, N 1, p. 287—292.
- [3] Голык Л. Л., Паксеев В. Е., Елинсон М. И., Якушин В. К. ФТП, 1986, т. 20, № 11, с. 2084—2091.
- [4] Seiler D. G., Littler C. L., Justice R. J., Milonni P. W. Phys. Lett., 1985, vol. 108A, N 9, p. 462—464.
- [5] Саланский Н. М., Дрокин Н. А., Чернов В. К., Борисов А. Н. ЖЭТФ, 1976, т. 70, № 4, с. 1317—1323.
- [6] Лузянин И. Д., Хавронин В. П. ЖЭТФ, 1987, т. 92, № 5, с. 1798—1801.

Институт физики им. Л. В. Киренского
СО АН СССР
Красноярск

Поступило в Редакцию
10 июля 1987 г.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ МАГНЕТИЗМ В ТЕРБИЕВОМ ОРТОФЕРРИТЕ

Е. А. Балыкина, Е. А. Ганьшина, Г. С. Кринчик

Существование на поверхности магнитных кристаллов переходного макроскопического слоя, магнитное состояние которого отличается от объемного, впервые обнаружено в слабых ферромагнетиках. При исследовании магнитооптических эффектов отражения на небазисных гранях гематита обнаружено, что приповерхностный слой ведет себя как одноосный слабый ферромагнетик, тогда как гематит является кристаллом с анизотропией типа «легкая плоскость» [1]. Можно предположить, что в слабых ферромагнетиках ортоферритах в области спин-переориентационных переходов, где первая константа анизотропии мала, конкуренция объемной и поверхностной анизотропии приведет к смещению точек фазового перехода на поверхности. Так, в ErFeO_3 на грани (010) обнаружено сильное смещение температуры начала переориентации $G_x F_x \rightarrow G_z F_z$ в высокотемпературную область до $T=140$ К [2]. Соответствующая температура спин-переориентационного перехода для объема кристалла составляла 100 К. Это означает, что с позиций феноменологической теории