

с теорией выражением<sup>2</sup>

$$T_0 = \frac{3,6 \cdot 10^{13} I_n^2}{N_n (1+Z)}, \quad (2)$$

где  $Z$  — средний заряд ионов, а  $N_n$  — их полное число на единицу длины разряда. Процент преобразования вложенной в разряд энергии в ультрафиолетовое излучение в области от 2200 и до 2700 Å в оптимальных условиях (при  $I_n \approx I_{\min}$ ) составлял  $\eta \approx 4-5\%$ . Устойчивость такого разряда проверялась на длинных проволочках (больше 25 см); оказалось, что она определяется временем развития крупномасштабных силовых неустойчивостей и не превышает  $r_0/v_s$ , где  $r_0$  — радиус разряда. При  $I_n < I_{\min}$  разряд становится оптически прозрачным, а его излучение в случае взрыва проволочек из атомов различных элементов носит сложный линейчатый характер. В этих условиях достаточно высокие ( $\eta \approx 4\%$ ) излучательные характеристики обнаруживают разряд в парах лития<sup>3</sup>, обладающий хорошей селективностью излучения. Однако свечение в таком разряде испытывает локальные перегулярные изменения, связанные, по-видимому, с развитием перегревной неустойчивости.

Наряду с вакуумными разрядами исследовались сильноточные разряды в воздухе при атмосферном давлении. В стадии расширения разряд носит спокойный характер без наличия каких-либо неустойчивостей, а его динамика достаточно хорошо описывается автомодельной теорией<sup>4</sup>. В стадии удержания разряда он приобретает характер вакуумного и подвержен перетяжечной неустойчивости. На этой стадии поведение основных равновесных характеристик разряда хорошо описывается численными экспериментами<sup>5</sup>. Излучение разряда в атмосфере также близко к излучению черного тела, а к. п. д. преобразования вложенной в разряд энергии в энергию излучения такой же, как и в случае вакуумного разряда (4-5%).

При взрыве проволочки длиной 75 см в экспериментах достигнут абсолютный выход излучения в ультрафиолете (2200-2700 Å) 9 кдж за время порядка 60 мксек.

Таким образом, прямые сильноточные разряды обладают приблизительно таким же к. п. д. преобразования излучения в ультрафиолетовой области, как и обычные ксеноновые лампы, но обладают существенно более высокой яркостью, что при сходных геометрических размерах позволяет получить на порядок больший абсолютный выход излучения. Дальнейшее увеличение абсолютного выхода излучения и длительности устойчивого состояния разряда следует искать на пути создания коаксиальных разрядов с обратным током (обратные пинчи). Оценки показывают, что здесь на этом пути возможно увеличение абсолютного выхода излучения по сравнению с линейными пинчами на один-два порядка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Александров, А. А. Рухадзе, С. А. Тригер, Труды IX Международной конференции по явлениям в ионизованных газах, Бухарест, 1969.
2. Л. А. Арцимович, Управляемые термоядерные реакции, М., Физматгиз, 1961.
3. А. Д. Клементов, Г. В. Михайлов, Ф. А. Николаев, В. Б. Розанов, Ю. П. Свириденко, ТВТ 8, 736 (1970).
4. Н. Г. Басов, Б. П. Боровиц, В. С. Зуев, В. Б. Розанов, Ю. Ю. Стойлов, ЖТФ 40, 805, 516 (1970).
5. А. Ф. Александров, В. В. Зосимов, С. П. Курдюмов, Ю. Н. Попов, А. А. Рухадзе, И. Б. Тимофеев, ЖЭТФ 61, 1841 (1971).
6. М. Р. Бедилов, В. Н. Лихачев, Г. В. Михайлов, М. С. Рабинович, ЖЭТФ 48, 95 (1965).

**В. Н. Андреев, А. Г. Аронов, Ф. А. Чудновский. Фазовый переход в электрическом поле в  $V_2O_3$ .**

В ряде окислов переходных металлов, таких, например, как  $V_2O_3$ ,  $VO_2$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Ti_2O_3$  и др., при определенной (критической) температуре (для  $V_2O_3$   $T_c = 150^\circ K$ , для  $VO_2$   $T_c \approx 360^\circ K$ ) наблюдается резкое изменение сопротивления. Например, в  $VO_2$  оно изменяется в  $10^5$  раз, а наиболее резкое изменение сопротивления имеет место в  $V_2O_3$  и составляет  $10^7-10^8$  раз. Ниже критической температуры проводимость носит полупроводниковый (активационный) характер, выше — металлический (слабо уменьшается с температурой). Наличие температурного гистерезиса, изменение объема, тепловыделение свидетельствуют о том, что переход полупроводник — металл является фазовым переходом первого рода. В работе<sup>1</sup> было показано, что при приложении всестороннего давления, а также при легировании  $V_2O_3$  атомами Сг и Ti, замещающими в решетке V, меняется как температура перехода, так и его характер (рис. 1, б). Например, при содержании 10% Сг и при повышении температуры фазовый переход из антиферромагнитной полупроводниковой фазы в металлическую отсутствует, но имеется фазовый переход из антиферромагнитной полупроводниковой фазы в немагнитную полупроводниковую фазу.

Рядом авторов предпринимались также попытки сдвигать температуру перехода электрическим полем <sup>2</sup> ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Наблюдаемые эффекты были объяснены джоулем теплом, так как  $\text{VO}_2$  и  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в полупроводниковой фазе обладают низким, например по сравнению с  $\text{V}_2\text{O}_3$ , сопротивлением. Только на  $\text{V}_2\text{O}_3$  <sup>3</sup>, а затем в условиях эффекта поля на  $\text{VO}_2$  <sup>4</sup> было обнаружено влияние электрического поля на фазовый переход полупроводник — металлы.

В результате экспериментального исследования влияния электрического поля на фазовый переход в  $\text{V}_2\text{O}_3$ , которое производилось нами на монокристаллических

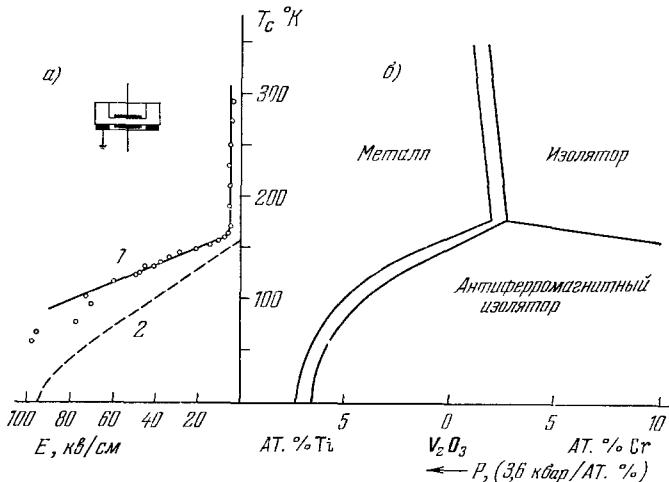


Рис. 1. а) Зависимость температуры перехода  $T_c$  от напряженности электрического поля  $E$  (1 —  $\text{V}_{1.8}\text{Cr}_{0.2}\text{O}_3$  — поликристаллы; 2 —  $\text{V}_2\text{O}_3$  — монокристаллы; вверху — форма образца с охранным кольцом, на котором снималась зависимость  $T_c (E)$ ). б) Зависимость температуры фазового перехода от степени легирования Cr и Ti и всестороннего давления  $P$ <sup>1</sup>.

образцах в импульсных электрических полях (длительность импульсов могла меняться от 1 мкsec до 2000 мкsec), было показано, что температура фазового перехода сильно зависит от электрического поля. При этом оказалось, что фазовая диаграмма  $T_c (E)$ ,

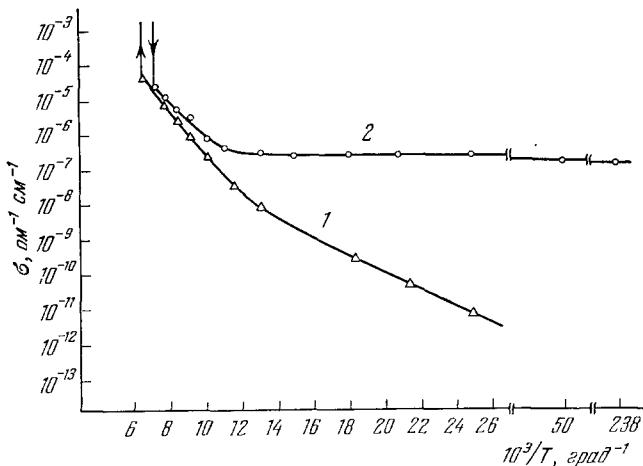


Рис. 2. Температурные зависимости электропроводности в нулевом  $\sigma_0$  (1) и в критическом  $\sigma_c$  (2) полях.

снятая на чистом  $\text{V}_2\text{O}_3$  и на  $\text{V}_{1.8}\text{Cr}_{0.2}\text{O}_3$  (рис. 1, а), очень похожа на фазовую диаграмму  $T_c (p)$  (рис. 1, б). Это однозначно показывает, что, с одной стороны, действие электрического поля эквивалентно давлению, с другой стороны — джоулем нагрев не играет

роли в наших экспериментах, так как, например, на образцах  $V_{1.8}Cr_{0.2}O_3$  скачок в температурном ходе сопротивления отсутствует.

Анализ экспериментальных фактов показывает также, что фазовый переход в  $V_2O_3$  не связан с возникновением неустойчивости в системе носителей тока. На рис. 2 представлены зависимости электропроводности от обратной температуры в нулевом поле и в критическом поле  $E = E_c(T)$ . Так как величина  $\sigma_c$  пропорциональна концентрации носителей тока в точке перехода  $n_c$ , то если фазовый переход связан с неустойчивостью в системе носителей тока, из-за связи  $T_c$  и  $n_c$  аномалии в температурной зависимости  $\sigma_c$  должны отражаться в зависимости  $T_c$  от  $n_c$ . Поэтому, например, наличие излома графика функции  $\sigma_c$  от  $1/T_c$  должно было привести к аномалии  $T_c(E)$  (при этих же температурах). Наблюдаемое различие энергий активации  $\sigma_0(1/T)$  и  $\sigma_c(1/T)$  также подтверждает сделанное выше утверждение о нетоковой природе неустойчивости.

Экспериментальные результаты могут быть качественно объяснены на основе модели, в которой неустойчивость возникает в системе нетоковых возбуждений. Последними могут быть, например, как фононы, так и экситоны Френкеля, привлечение которых из-за сильной электрон-фононной связи представляется естественным. Неустойчивость фононной системы в  $V_2O_3$ , по-видимому, маловероятна, так как: а) константы, характеризующие изменение энергии активации проводимости и температуры перехода, в электрическом поле практически совпадают, б) грубая оценка показывает, что константа «деформационного» потенциала порядка  $10 \text{ эв}$ , что указывает скорее на ее электронное происхождение, чем на фононное.

При приложении электрического поля наблюдается ряд интересных явлений, таких, как переключение, возникновение релаксационных колебаний с частотой до  $10^7 \text{ Гц}$ , эффекты, связанные с существованием нестабильных фаз (эффект «памяти»).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. D. B. McWhan, T. H. Rice, J. P. Remeika, Phys. Rev. Lett. **23**, 384 (1969).
2. R. C. Morris, J. E. Christopher, R. V. Coleman, Phys. Rev. **184**, 565 (1969); T. Burch, P. P. Craig, C. Hedrick, T. A. Kitchen, J. T. Budden, J. A. Cannon, M. Lipsicas, D. Mattis, Phys. Rev. Lett. **23**, 1444, (1969); R. G. Sore, A. W. Penn, J. Phys. **D1**, 161 (1968).
3. В. Н. Андреев, А. Г. Аронов, Ф. А. Чудновский, ФТТ **2**, 1557 (1970).
4. Б. С. Борисов, С. Г. Корецкая, В. Г. Макаров, А. В. Раков, С. Г. Соловьев, ФТТ **12**, 2209 (1970).