ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

LII 1971 2

ФИЗИКА

УДК 537.311.33

Член-корреспондент АН Армянской ССР Г. М. Авакьянц, З. Н. Адамян, Р. С. Барсегян, С. К. Оганесян, С. А. Тарумян

Исследования S-диодов из кремния с примесью цинка и кадмия

(Представлено 13/I 1970)

Ряд работ ([1–5]) посвящен исследованию S-диодов, изготовленных на основе кремния, компенсированного кадмием (Zn 10^{-2}%). До сих пор точно не определены уровни кадмия в запрещенной зоне кремния; не ясно какая примесь превалирует в образовании глубоких центров цинка или кадмия.

Целью данной работы является сравнение результатов исследований, проведенных на диодах с примесью Cd (Zn 10^{-2}%) и с чистым Zn (содержание кадмия в цинке 10^{-5}%). Так как свойства диодов сильно зависят от концентрации мелких доноров и от концентрации введенных глубоких центров (акцепторов), то в отличии от работы Л. М. Капитоновой и др. [5] в качестве исходных материалов выбирались материалы с одинаковым удельным сопротивлением (32 и 40 *ом см*) для компенсации кремния кадмием и цинком. В процессе изготовления диодов использовались компенсированные материалы одного типа проводимости (р-тип) с примерно одинаковой концентрацией глубоких центров.

Технология легирования кремния кадмием подробно изложена в работах ([1–4]). Диффузия цинка в кремний в нашем случае проводилась в откаченных до 10^{-4} *мм* Hg кварцевых ампулах из газовой фазы при температурах 950°—1100°С в течение 3—4 часов.

Диоды с примесью цинка и кадмия изготовлялись в совершенно одинаковых условиях, одновременно.

На вольт-амперных характеристиках (ВАХ) диодов имелся участок отрицательного сопротивления (ОС). По сравнению с диодами с примесью кадмия, отношение напряжения срыва ($V_{ср}$) к остаточному ($V_{ост}$) у диодов с примесью цинка значительно больше (20 ÷ 30). Остаточное напряжение некоторых диодов с примесью цинка меньше одного вольта, что свидетельствует о полной раскомпенсации базы диода после срыва. ВАХ до участка срыва диодов легированных кадмием и цинком изменяется примерно по одинаковому закону $I \sim V^2$.

На рис. 1 *а, б* изображены зависимости $V_{ср}$ и $V_{ост}$ от температуры для обоих типов диодов. Видно, что в отличие от диодов с примесью

кадмия диоды с примесью цинка не имеют минимума в зависимости $V_{ср}(I)$, а напряжение срыва падает монотонно до полного исчезновения участка ОС.

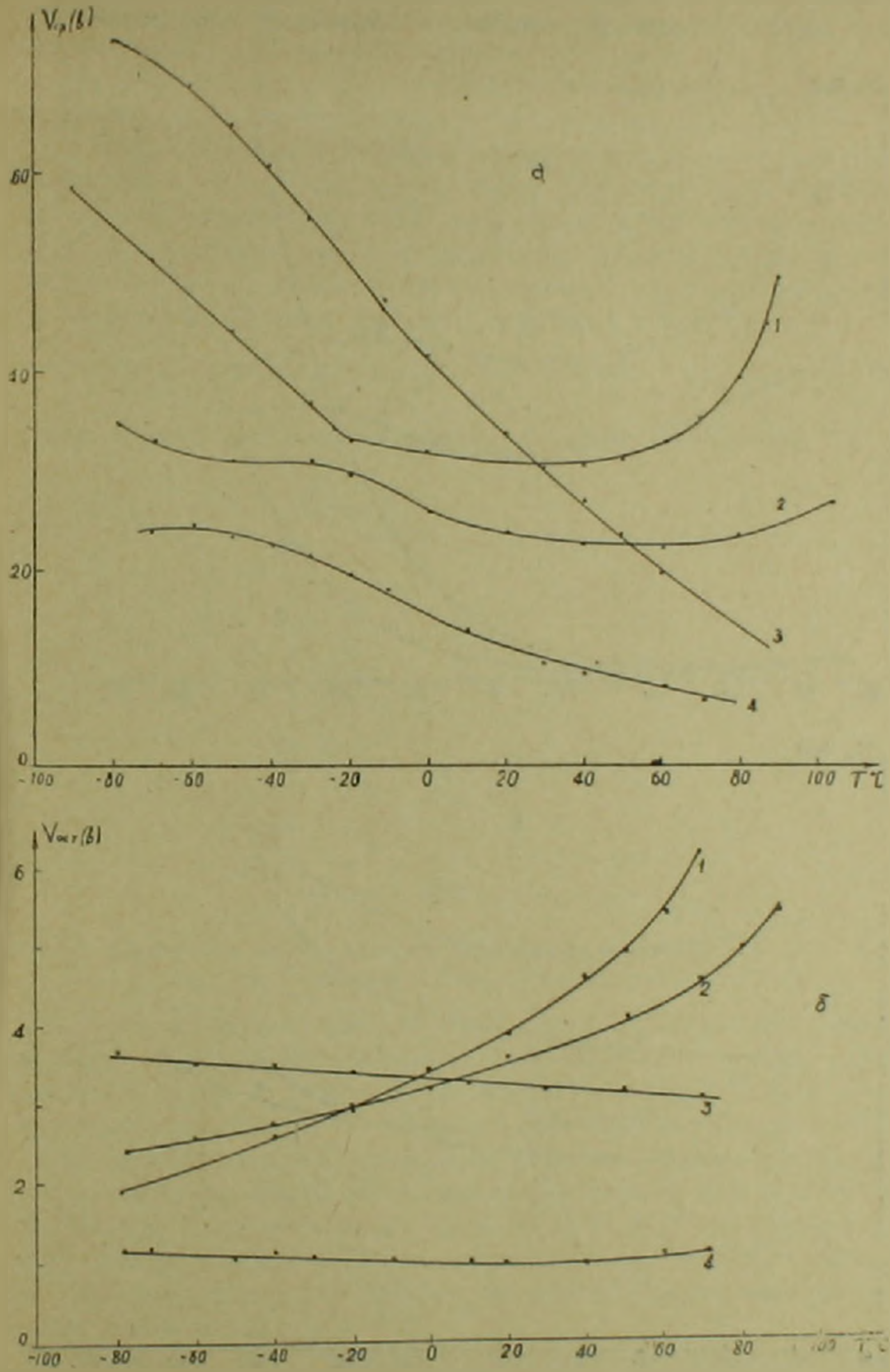

Рис. 1 *а*—зависимость $V_{ср}$ от температуры; *б*—зависимость $V_{ост}$ от температуры. *1,2*—диоды с примесью кадмия; *3,4*—диоды с примесью цинка

Также резко отличаются друг от друга зависимости $V_{ост}(t)$. С температурой $V_{ост}$ диодов с примесью кадмия монотонно растет, в то время как у диодов с примесью цинка — либо, наоборот, незначительно падает, либо наблюдается постоянство остаточного напряжения.

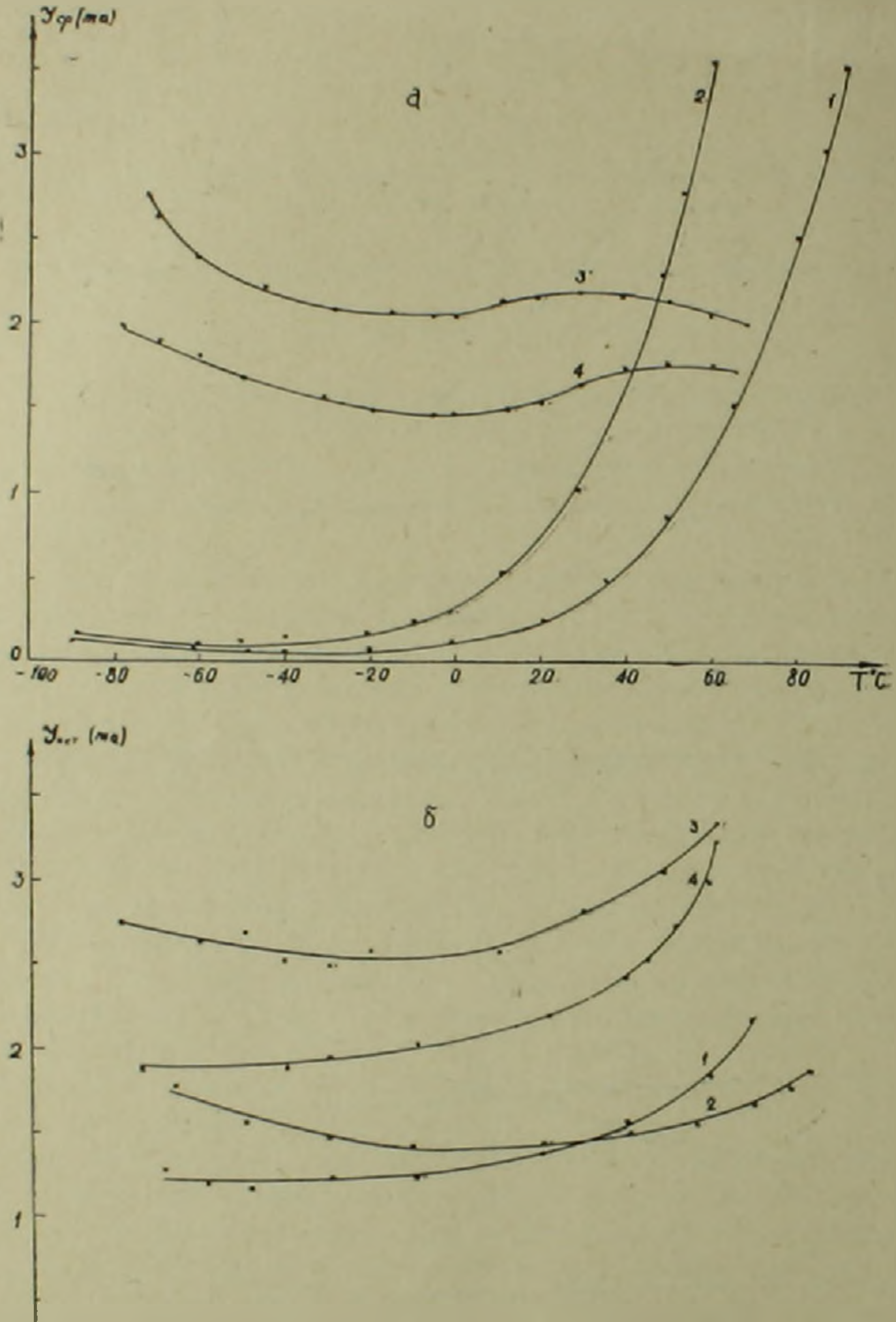

Рис 2. *а*—зависимость $J_{ср}$ от температуры; *б*—зависимость $J_{ост}$ от температуры. *1,2*—диоды с примесью кадмия; *3,4*—диоды с примесью цинка.

Токи срыва ($J_{ср}$) диодов с примесью кадмия резко растут, примерно на 1,5 порядка в интервале температур —80° ÷ +80°С. У диодов с примесью цинка такого роста не наблюдается— $J_{ср}$ меняется очень незначительно в ту или другую сторону (рис. 2,*а*).

Остаточные токи ($J_{ост}$) «цинковых» и «кадмиевых» диодов в зависимости от температуры ведут себя одинаково (рис. 2,*б*).

Оценивались также величины электрических полей в базе диодов. Выяснилось, что у одних типов диодов существует ярко выраженный максимум электрического поля, который находится примерно посередине базы и с ростом тока через диод этот максимум смещается по базе либо в сторону p^+-контакта, либо в сторону n^+-контакта в зависимости от качества инжекторов. Значения этих полей в максимуме у диодов с примесью цинка всегда выше $10^3 \frac{в}{см}$, в то время как у диодов с примесью кадмия значения электрических полей не превышают $10^2 \frac{в}{см}$.

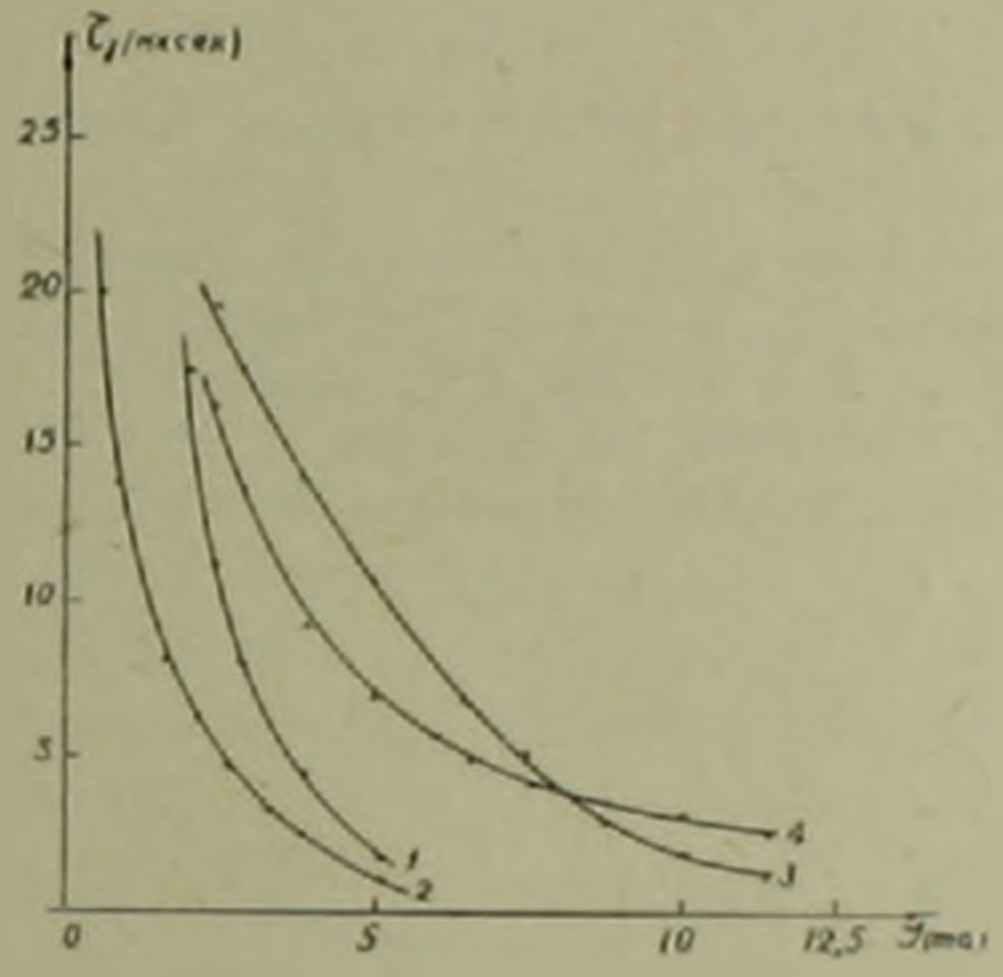

Рис. 3. Зависимость времени задержки от величины подаваемого на диод импульса. *1,2*—диоды с примесью кадмия; *3,4*—диоды с примесью цинка

Далее, по переходным характеристикам исследовались времена задержки ($t_з$) при переходе диодов из состояния с низкой проводимостью в состояние с высокой проводимостью. Из рис. 3 видно, что при каком-то определенном токе импульсе времена задержки диодов с примесью кадмия меньше, чем—диодов с примесью цинка. Диоды с примесью цинка оказались менее чувствительными по току к поперечному магнитному полю, чем диоды с примесью кадмия ([2]), в то время как по напряжению диоды с примесью цинка оказались более чувствительными. Продольное магнитное поле не оказывает заметного влияния на ВАХ обоих типов диодов.

В работах ([3, 4]) приводятся результаты исследований колебательных свойств диодов с примесью кадмия до участка срыва. В этом же участке ВАХ диодов с примесью цинка не наблюдались колебания релаксационного или шумового характера.

Из вышеизложенных фактов следует, что существует значительное отличие свойств диодов с примесью кадмия от диодов с примесью цинка и предположение, что в обоих случаях образуются глубокие центры цинка—вызывает сомнение.

Институт радиофизики и электроники
Академии наук Армянской ССР

ՀՈՒՀ ԳԱ թղթակից-անդամ Գ. Մ. ԱՎԱԿՅԱՆ, Զ. Ն. ԱԴԱՄՅԱՆ, Ռ. Ս. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ,
Ս. Վ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս. Ա. ԹԱԹՈՍՅԱՆ

Ցինկի և կադմիումի խառնուրդով սիլիցիումային S-դիոդների հետազոտությունները

Բերված են ցինկի և կադմիումի խառնուրդով սիլիցիումային S-դիոդների հետազոտման տվյալները։ Յույց է տրված կադմիումի խառնուրդով դիոդների հատկությունների էական տարբերությունը ցինկի խառնուրդով դիոդների հատկություններից։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Ю. А. Абрамян*, Автореферат кандидатской диссертации, Изд. ЕрГУ. [2] *Г. М. Авакьянц, З. Н. Адамян, Р. С. Барсегян, С. А. Тарумян*, ДАН Арм. ССР, т. 49, 1, 24 (1969). [3] *Г. М. Авакьянц, З. Н. Адамян, Р. С. Барсегян, С. А. Тарумян*, Изв. АН Арм. ССР. Физика, т. 5, 41 (1970). [4] *Г. М. Авакьянц, З. Н. Адамян, Р. С. Барсегян, С. А. Тарумян*, ФТП. 5, 4, 1971. [5] *Л. М. Капитонова, А. А. Лебедев, Н. А. Султанов*, ФТП, 4, 6, 1130, (1970)