

Ц73  
А-828

Арлыт Р.

+



Арлыт, Р. и др.

Б 4-13-4875.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б 4-13-4875

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

БЧ-13-4875

Р.Арльт, А.И.Калинин

ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ  
В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР  $77^{\circ}\text{K} + 290^{\circ}\text{K}$

с.ф. 2696

Ручкой поступило  
29 декабря 69

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Дубна, 1969 год

Как известно / / / , лучшие шумовые свойства полевых транзисторов наблюдаются при оптимальной температуре, которую обычно определяют экспериментальным путем. В данной работе измерялись основные характеристики (крутизна, ток стока, шум) некоторых американских и советских полевых транзисторов в диапазоне температур  $77^{\circ}\text{K} + 290^{\circ}\text{K}$ .

Транзисторы охлаждались в вакуумной камере, причем корпус транзистора крепился непосредственно к металлическому штоку, другой конец которого опускался в азот. Температура измерялась термопарой, укрепленной на штоке<sup>е</sup> непосредственной близости от корпуса транзистора.

Для измерения шумовых характеристик полевые транзисторы включались в первый каскад зарядочувствительного предусилителя, вынесенный в камеру-криостат. Схема предусилителя приведена на рис.1. Для поддержания напряжения на стоке  $E_{нс} = 10\text{В}$  при разных токах стока  $I_c$  питание полевого транзистора подавалось через транзистор МП-103. Уровень шума измерялся шумовым вольтметром, включенным на выходе основного усилителя. Предварительная калибровка вольтметра осуществлялась при помощи  $Si(Li)$  детектора и анализатора.

При включении предусилителя без детектора, параллельно емкости обратной связи  $C = 0,5$  пф, ставилось сопротивление  $R = 1$  Ом.

На рис.2 показаны типичные зависимости крутизны  $S$  и тока стока  $I$  от температуры.

Почти во всех американских транзисторах 2N3819 (измерялось 30 штук) при охлаждении до  $T = 87^{\circ}\text{K} + 80^{\circ}\text{K}$  крутизна монотонно возрастает.

(спускались)

Некоторые из этих транзисторов непосредственно в жидкий азот, и при этом они также показали высокую крутизну. При дальнейшем охлаждении до температуры жидкого гелия ток транзисторов падал до нуля и затем при нагревании снова восстанавливался. Такая устойчивость к глубокому охлаждению наблюдалась только у транзисторов 2N3819, которые имеют пластмассовый корпус.

Некоторые американские транзисторы 2N3823 и советские транзисторы в металлическом корпусе выходили из строя при охлаждении до  $T = 77^{\circ}\text{K}$

Советские транзисторы ( $T_2$ ) имеют максимум  $S$  и  $I$  при температуре  $T \approx 127^{\circ}\text{K}$ .

Зависимости шума полевых транзисторов от температуры, полученные при включении их в предусилитель, приведены на рис.3. Минимальный уровень шума советских транзисторов составляет  $\frac{1}{2} \Delta_{Ge} \approx 0,72$  экв.

Большинство полевых транзисторов 2N3819 имеют минимальный шум при температуре, близкой к температуре жидкого азота, что позволяет при охлаждении крепить эти полевые транзисторы непосредственно на металлическом <sup>без</sup>шток изолирующей прокладке.

Как видно из рис.2 и 3, характер изменения шумов определяется поведением крутизны при изменении температуры. Наблюдалось только два "нетипичных" случая, когда при увеличении крутизны шум не уменьшался. Такие транзисторы имеют повышенный уровень шума и более высокую оптимальную температуру (см.рис.4).

Шумовые характеристики для трех транзисторов 2N3823 показаны на рис.5.

При работе с полупроводниковым детектором смещение полевого транзистора осуществлялось непосредственно через полупроводниковый детектор. При таком включении возникают определенные трудности с выбором полупроводникового детектора.

Если ток детектора достаточно мал, то при включении напряжения детектора  $E_{dem}$  установится смещение полевого транзистора, близкое к нулю. Это смещение определяется точкой пересечения зависимости тока затвора от смещения  $I_3(E_{цз})$  и вольтамперной характеристики детектора  $I_{dem}(E_{dem})$ . На рис.6 эта точка пересечения соответствует напряжению смещения  $E_2$ .

Если, однако, ток детектора больше тока затвора, например  $I'_{dem}(E_{dem})$ , то установится большое отрицательное смещение  $E_3$ , которое закроет транзистор и более того, может вывести его из строя. Для работы с такими детекторами необходимо вход транзистора шунтировать сопротивлением  $R$ , так чтобы суммарный ток сопротивления и затвора пересекался с  $I'_{dem}$  при смещении  $E_4$ , близком к нулю. При этом,  $R$  вводит дополнительный шум. Величину  $R$  можно значительно увеличить и получить тоже смещение  $E_4$ , если последовательно с  $R$  включить источник  $+E$ , или включить  $R$  параллельно емкости обратной связи (рис.1) и на выходе эмиттерного повторителя (на ГТЗ13) создать положительный потенциал.

Если полупроводниковый детектор перевернуть, и на детектор подавать положительное напряжение  $+E_{dem}$ , то при любом  $I_{dem}$ , смещение полевого транзистора будет близко к нулю, но по знаку положительное, что увеличивает шум. Практически при включении детектора следует сначала охладить и транзистор и детектор, не подавая напряжение на детектор, т.к. заранее неизвестно соотношение токов детектора и затвора. При этом установится смещение  $E_1$  (при включении с  $-E_{dem}$ ). Затем постепенно увеличивая  $E_{dem}$  необходимо следить за режимом транзистора и если транзистор закрывается, значит  $I_{dem} > I_3$ .

В нашем случае использовался  $Si(Li)$  детектор, изготовленный в Центральном физическом институте, в г.Россендорфе (ГДР), с  $\varnothing$  6 мм и толщиной чувствительного слоя 1 мм.

Суммарная емкость детектора вместе с оправой 10 пф. Ток детектора не измерялся.

На рис.7 приведен рентгеновский спектр  $^{137}Cs$  и  $^{153}Gd$ , полученный с этим детектором и с полевым транзистором 2 3823. Разрешение составляет  $\frac{1}{2} \Delta Si = 1,4$  кэв. Аналогичный спектр, полученный с советским транзистором, показан на рис. 8. Здесь разрешение несколько хуже, т.е. оптимальная температура транзистора не подбиралась.

В заключение авторы выражают благодарность Х.Ульриху за любезно предоставленный полупроводниковый детектор.

#### Литература:

1. E. Elad. ISPRA Nuclear Electronics Symposium. 1969, p.21.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Принципиальная схема предусилителя.

Рис. 2. Зависимость крутизны  $S$ , тока стока  $I$  ( $E_{и.з.} = 0$  в,  $E_{ис} = 10$  в) от температуры.

Рис. 3. Зависимость шума полевых транзисторов от температуры.  
 $\frac{1}{2} \Delta Ge$  - ширина на половине высоты.

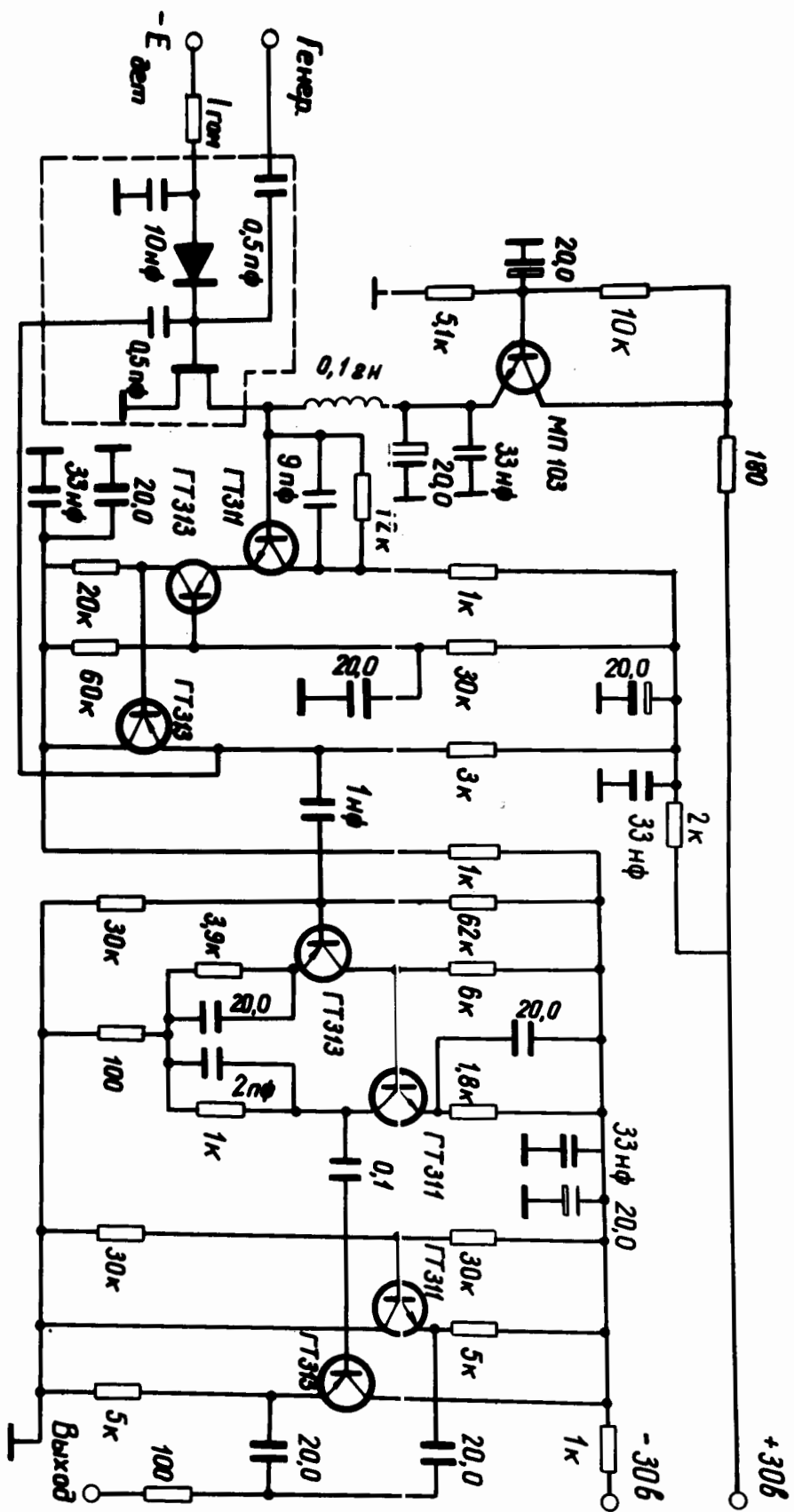
Рис. 4. Характеристики двух "нетипичных" полевых транзисторов 2N3819.

Рис. 5. Шумовые характеристики 2N3823.

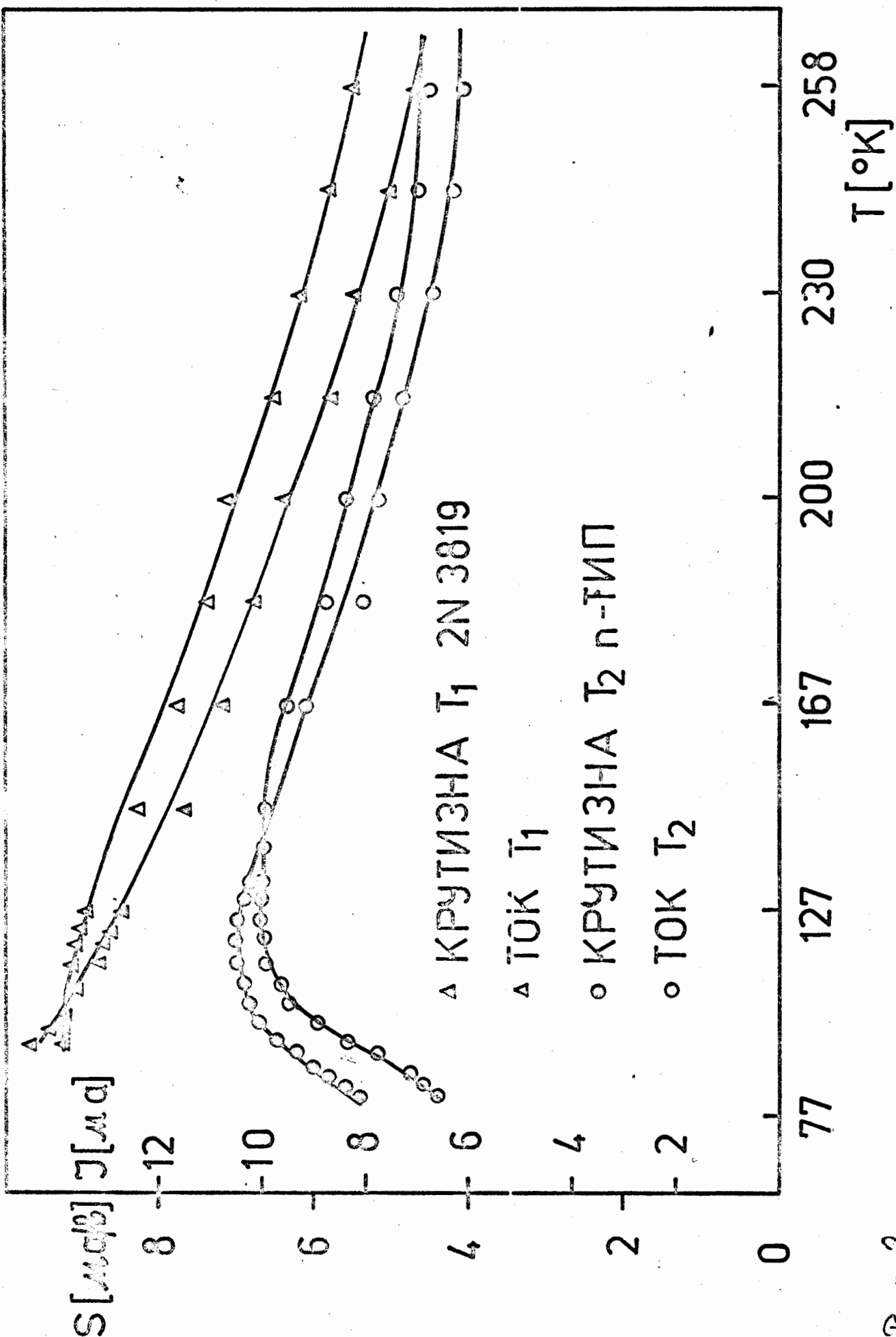
Рис. 6. Графическое определение смещения полевого транзистора при непосредственной связи затвора с полупроводниковым детектором.

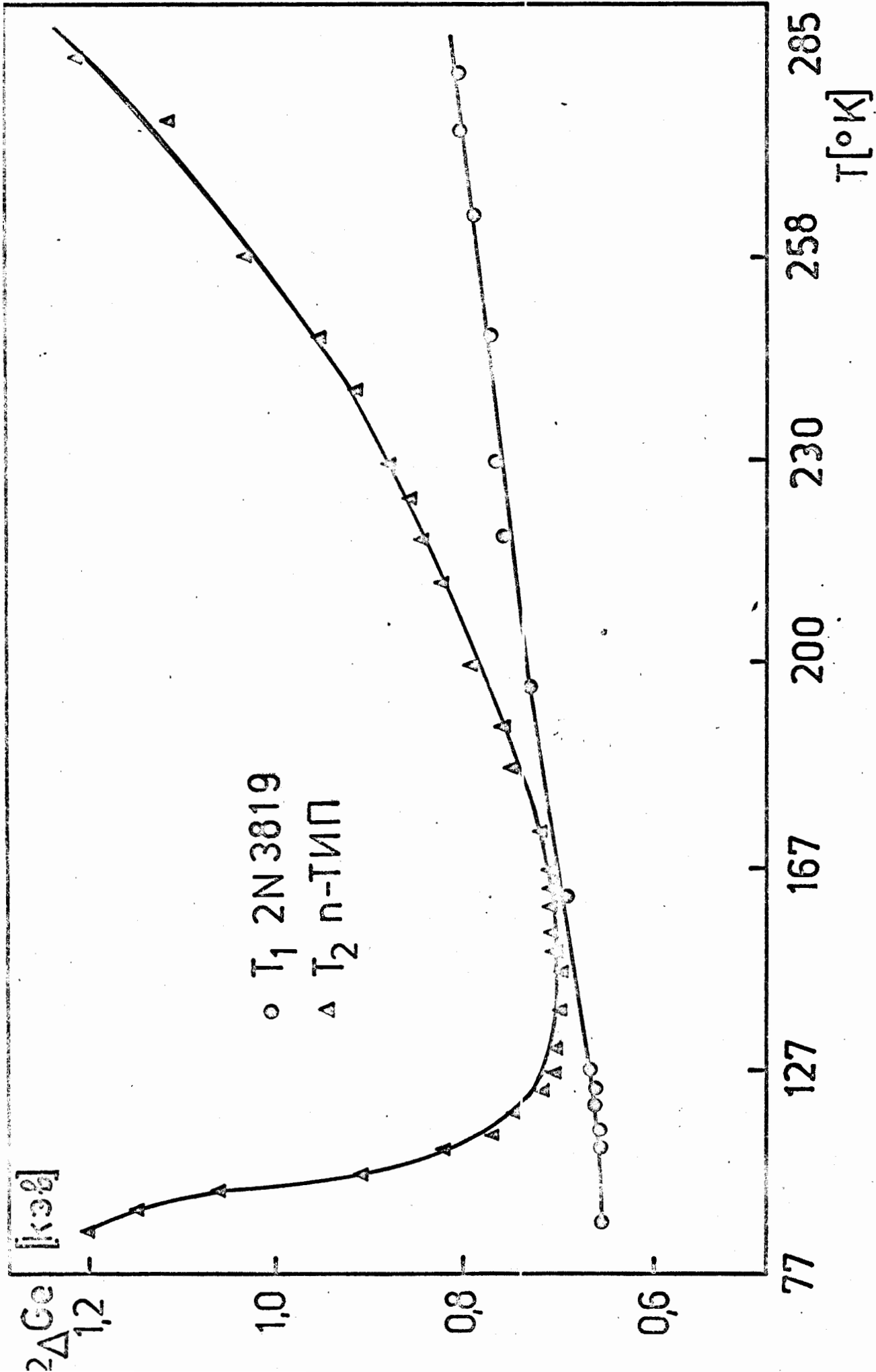
Рис. 7. Рентгеновский спектр  $^{137}Cs$  и  $^{153}Gd$ , полученный при охлаждении с 2N3823.

Рис. 8. Рентгеновский спектр  $^{137}Cs$  и  $^{153}Gd$ , полученный с советским полевым транзистором.









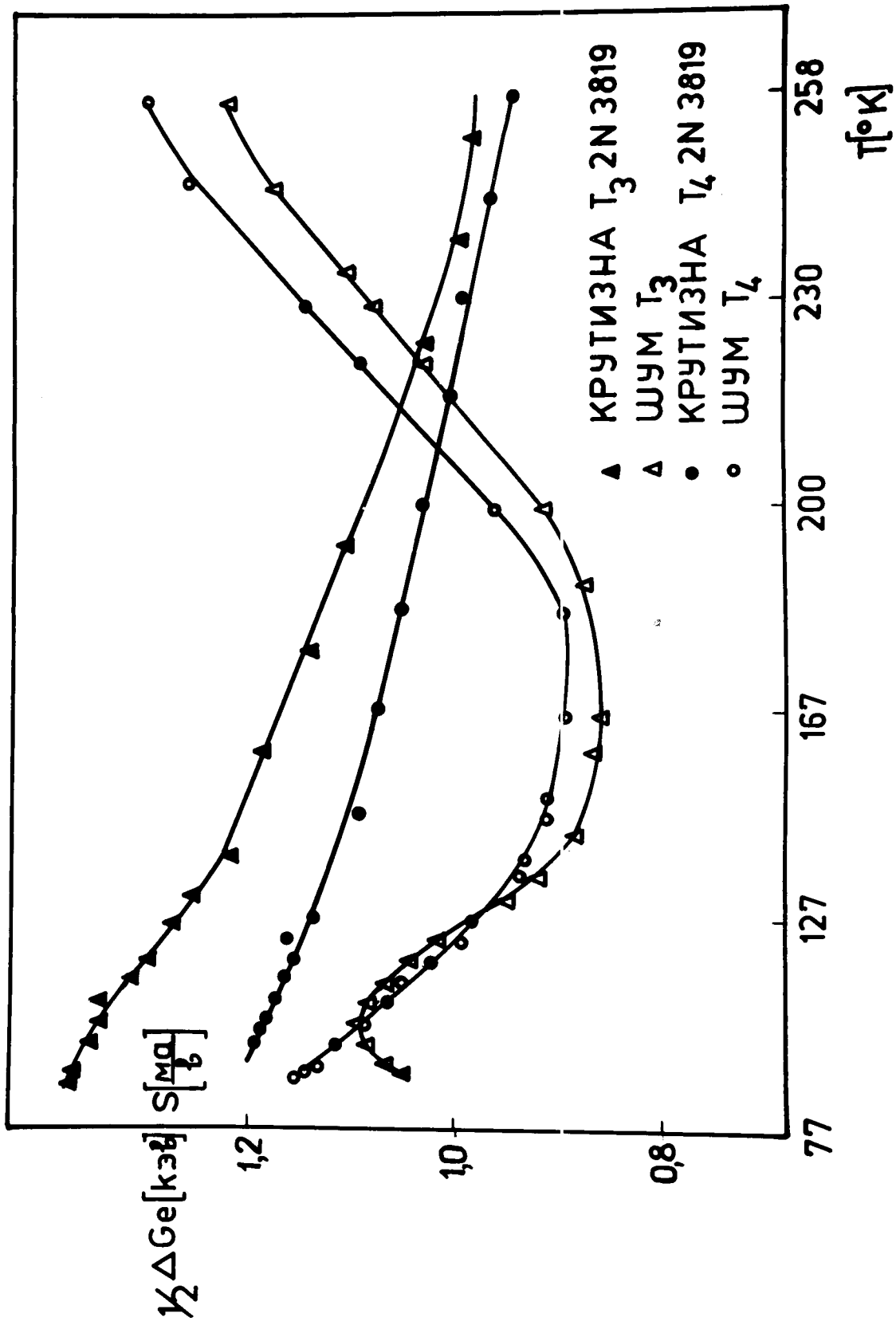
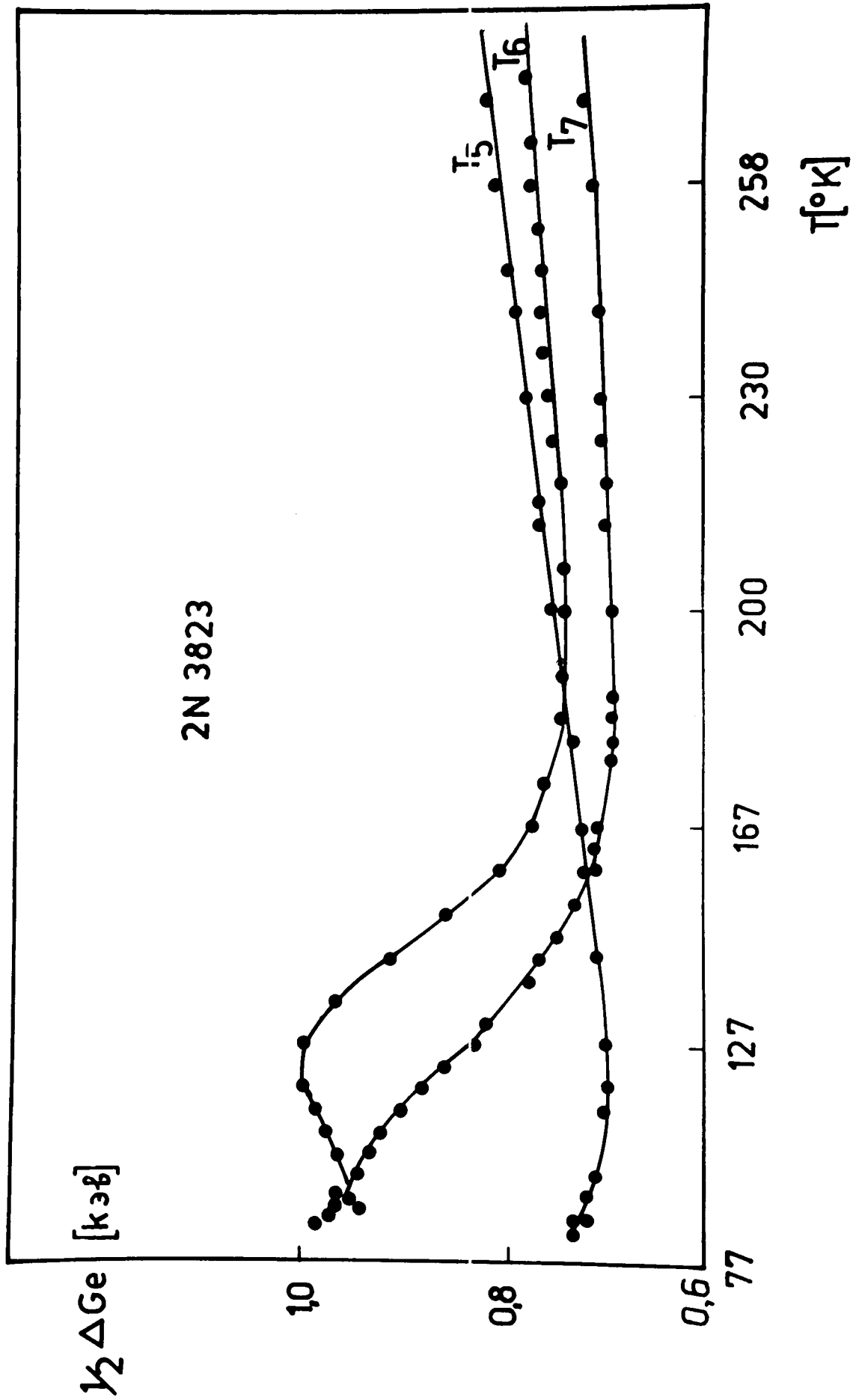


Рис 4



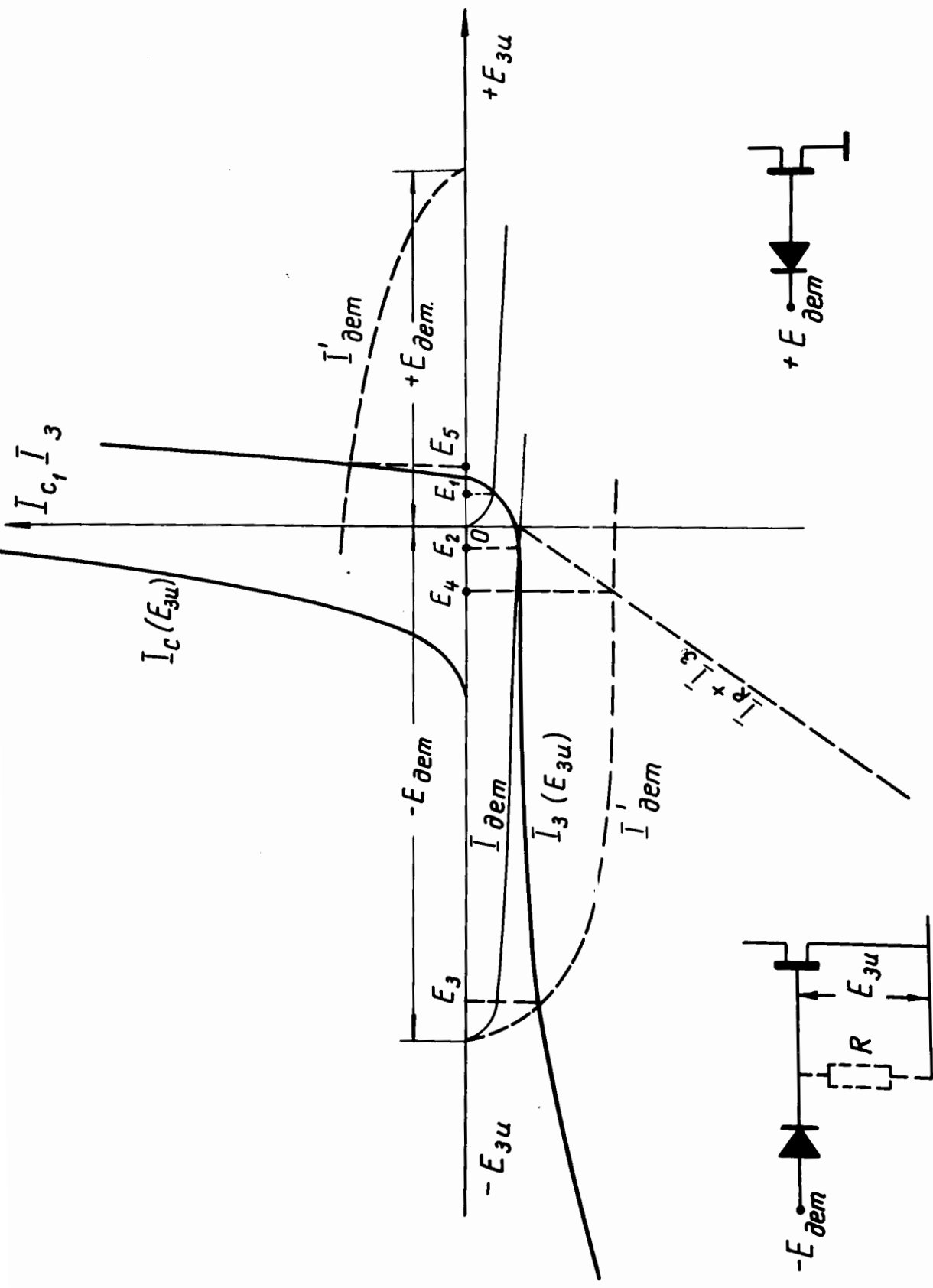


Рис 6

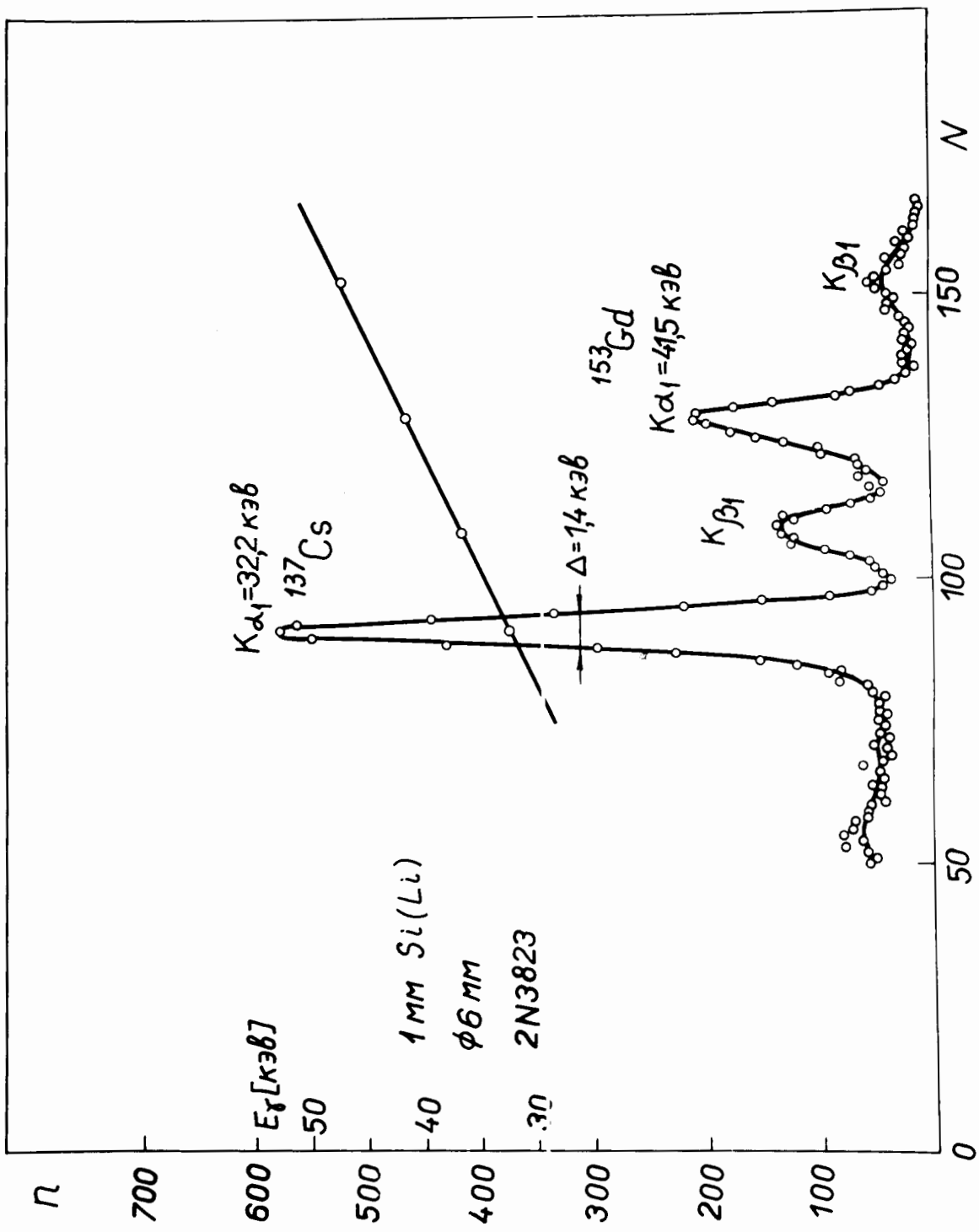


Рис 7

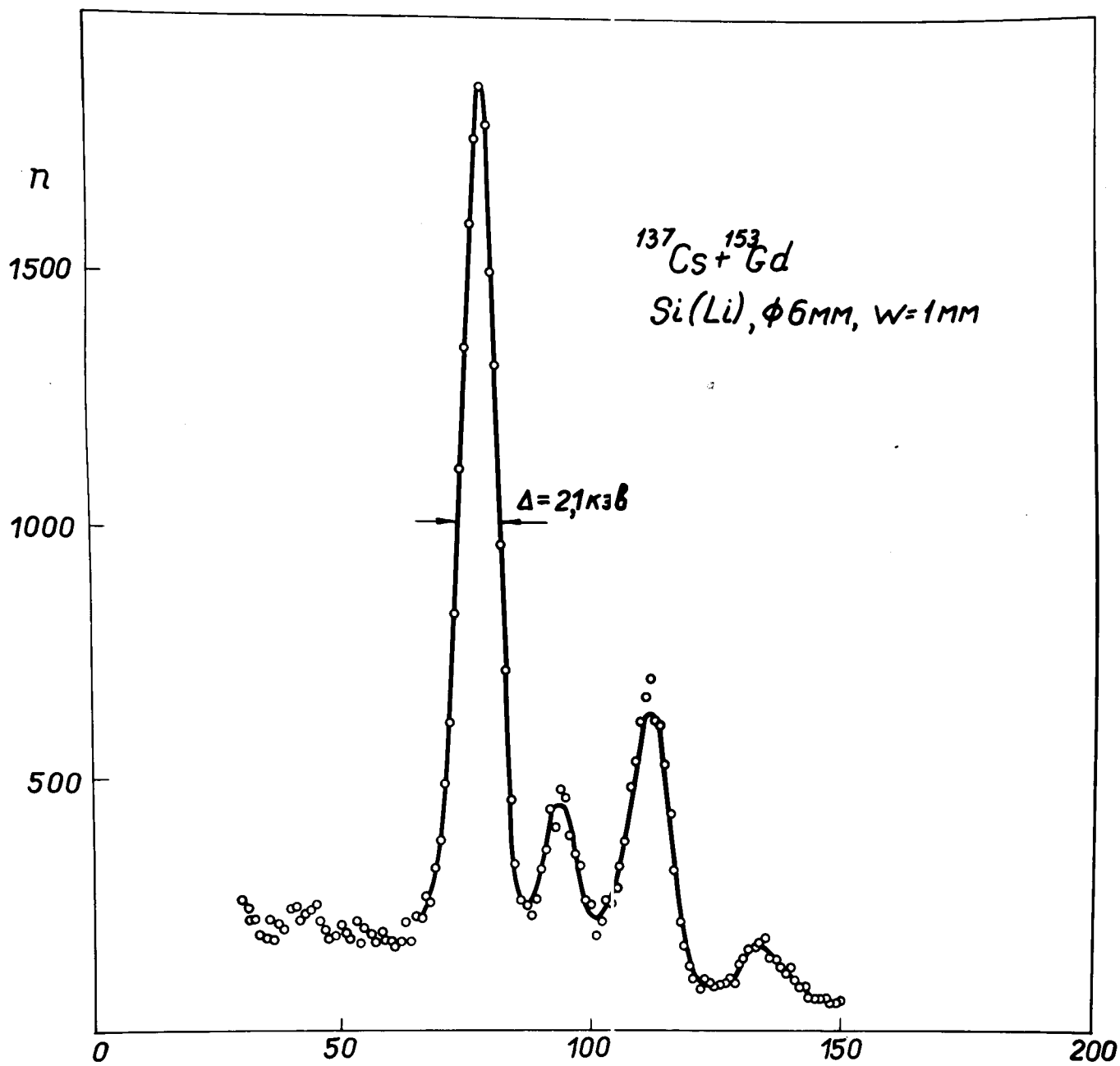


Рис 8