

17  
И Н С Т И Т У Т  
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН СССР

ПРЕПРИНТ И Я Ф 77 - 24

А.Н.Климин, М.Н.Короткевич, В.И.Кузнецов,

М.А.Шеромов, В.Г.Цукерман

ДЕЙСТВИЕ СИНХРОТРОННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Новосибирск

1977



ДЕЙСТВИЕ СИНХРОТРОННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКЛООБРАЗ-  
НЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

А.Н.Климин, М.Н.Короткевич, В.И.Кузнецов, М.А.Ше-  
ромов, В.Г.Цукерман

Известно, что под действием внешнего возбуждения (свет, электронный пучок, рентгеновские лучи) в халькогенидных стеклообразных полупроводниках (ХСП) происходят фотоструктурные превращения, сопровождающиеся изменением оптических параметров материала [1]. Индуцированные структурные превращения обеспечивают также возможность применения селективных растворителей для получения рельефа на поверхности предварительно облученных образцов [2].

В настоящей работе представлены первые результаты исследования воздействия рентгеновского синхротронного излучения (СИ) на оптические свойства ХСП с целью их использования для записи оптической информации с высоким разрешением и рентгеновской литографии.

Материалом для исследования служили двухкомпонентная система  $As-S$  и трехкомпонентная  $As-S-X$ , где в качестве  $X$  использовался ряд тяжелых элементов в количестве до 5 ат.%. Выбор материала был обусловлен стремлением увеличить эффективное поглощение рентгеновского излучения и удобством регистрации записанного изображения в оптическом диапазоне. Образцы толщиной от 2 до 15 мкм наносились вакуумным распылением исходного стекла на лавсановые пленки. Облучение производилось на накопителе



ВЭШ-3 ИЯФ СО АН СССР на энергии электронного пучка 2 ГэВ и среднем токе 30 мА. Суммарная интенсивность СИ составляла  $\sim 2,0 \cdot 10^{15}$  квант/сек·мм<sup>2</sup>, что соответствует мощности излучения  $\sim 500$  мВт/мм<sup>2</sup>. Спектральный диапазон СИ лежал в области от 0,5 до 6 Å с  $\lambda_{\text{max}} = 1,8$  Å. Длинноволновая часть спектра ограничивалась бериллиевой фольгой толщиной 300 мкм на выходе вакуумированного канала СИ.

После облучения проводилось измерение изменения показателя преломления ( $\Delta n$ ) и коэффициента поглощения ( $K$ ) пленок в области края собственного поглощения. Значения  $\Delta n$  и  $K$  для пленок  $As_2S_3$  толщиной 12 мкм в зависимости от дозы СИ приведены на рис.1. Этот же рисунок демонстрирует возможность селективного травления пленки при облучении. Из рисунка видно, что характер изменения оптических свойств материала и способность его к растворению различны. Так, при дозах  $> 1.500$  мА·сек скорость растворения практически не меняется, в то время как положение края поглощения и показатель преломления продолжают изменяться и достигают насыщения при дозе  $\sim 3.000$  мА·сек. Дальнейшее увеличение коэффициента поглощения связано с появлением и ростом центров рассеяния, достигающих размеров 1-2 мкм. На рис.2 представлены микрофотографии участков пленки, подвергнутых различной дозе облучения. Появление таких центров при определенных дозах в значительной степени ограничивает разрешение материала, и определяет динамический диапазон на котором принципиально возможна работа с рентгеновским излучением без потери разрешения. При этом, как видно из рис.1, для получения максимального рельефа при селективном растворении достаточно дозы, не приво-

дящей к ухудшению разрешающей способности материала.

В экспериментах по селективному растворению нами использовались как неорганические (растворы щелочей), так и органические растворители диэтиламин (ДЭА) и 33% водный раствор диметилamina (ДМА). Травление в растворах щелочей, например  $NaOH$ , сопровождается помутнением пленок, что обусловлено образованием кристаллов окиси мышьяка на поверхности [3]. При растворении в ДЭА и ДМА этого можно избежать, сохраняя оптическое качество поверхности. Зависимость толщины свеженанесенных необлученных пленок сульфида мышьяка от времени растворения в ДЭА, ДМА и растворе щелочи приведены на рис.3. Скорости растворения пленок составляют 40, 150 и 1500 Å/сек соответственно, при облучении скорость растворения в ДЭА и растворе щелочи уменьшалась, а в ДМА увеличивалась, что свидетельствует о возможности негативного и позитивного травления на одном материале резиста (рис.4). При сравнительно небольшой скорости растворения наиболее контрастным травителем оказался ДЭА, для которого облученные участки пленки практически не травятся. Более агрессивный негативный травитель ДМА также имеет хорошую контрастность ( $\sim 0,1$ ), определяемую отношением скоростей травления необлученного и облученного участков пленки. Раствор щелочи обладает наименьшим контрастом ( $\sim 2$ ) и, как отмечалось выше, ухудшает качество поверхности.

В заключение, можно рекомендовать с целью увеличения чувствительности регистрирующих свойств ХСП, применяемых в качестве носителя оптической информации, использовать возможности селективного травления. При этом дозиметрический диапазон

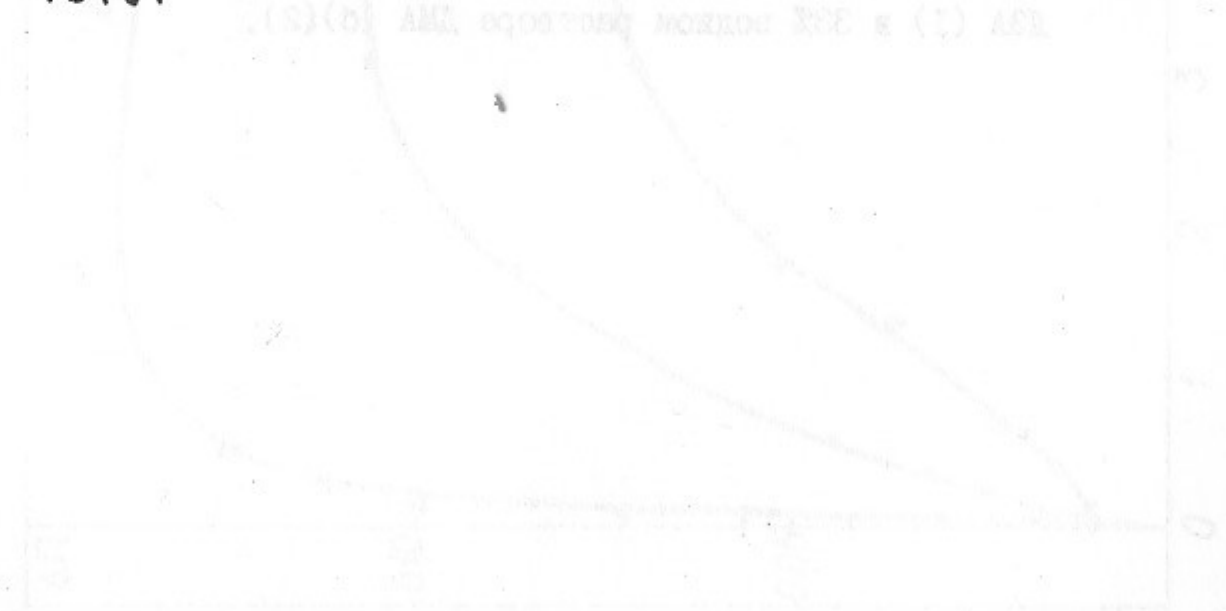
определяется появлением рассеивающих центров, приводящих к ухудшению разрешения материала. В то же время возможность высококонтрастного позитивного и негативного процесса селективного растворения, в сочетании с достоинствами рентгеновских источников накопителей [4], позволяет сделать вывод о перспективности ХСП как материала для рентгеновской литографии.

Авторы выражают свою благодарность Г.Н.Кулипанову за помощь в выполнении данной работы и полезные обсуждения.

*М.И. Мороз*  
*В.С. Смирнов*  
*1976*

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Г.Цукерман, *Abstracts of International Conference „Amorphous Semiconductors 76“*, 20-25 September, 1976, Balatonfüred Hungary, p.10.
2. В.М.Любин. Труды VI Международной конференции по аморфным и жидким полупроводникам, 1975 "Структура и свойства некристаллических полупроводников"; Л., "Наука", 1976, стр.415-425.
3. A.Matsuda, S.Gizima, *J. of the vac. soc. of Japan*, v.18, №7, 227-230, 1975.
4. E.Spiller, D.E.Eastman, R.Feder, W.D.Großman, W.Gudat and J.Topalian, *DESY S.R. 76/11*, 1976.



*Рис. 1*

Подписи к рисункам

Рис.1. Изменение показателя преломления ( $\Delta n$ ), коэффициента поглощения (K) и разности глубин травления ( $\Delta H$ ) в ДЭА на облученном и необлученном участках пленки в зависимости от дозы СИ.

Рис.2. Микрофотографии поверхности пленки сульфида мышьяка после облучения СИ с дозой 2.000 мА.сек (а) и 7.000 мА.сек (б).

Рис.3. Кинетика растворения необлученных пленок сульфида мышьяка в различных типах растворителей.

Рис.4. Дозиметрические кривые растворения пленки  $As_2S_3$  в ДЭА (1) и 33% водном растворе ДМА (б)(2).

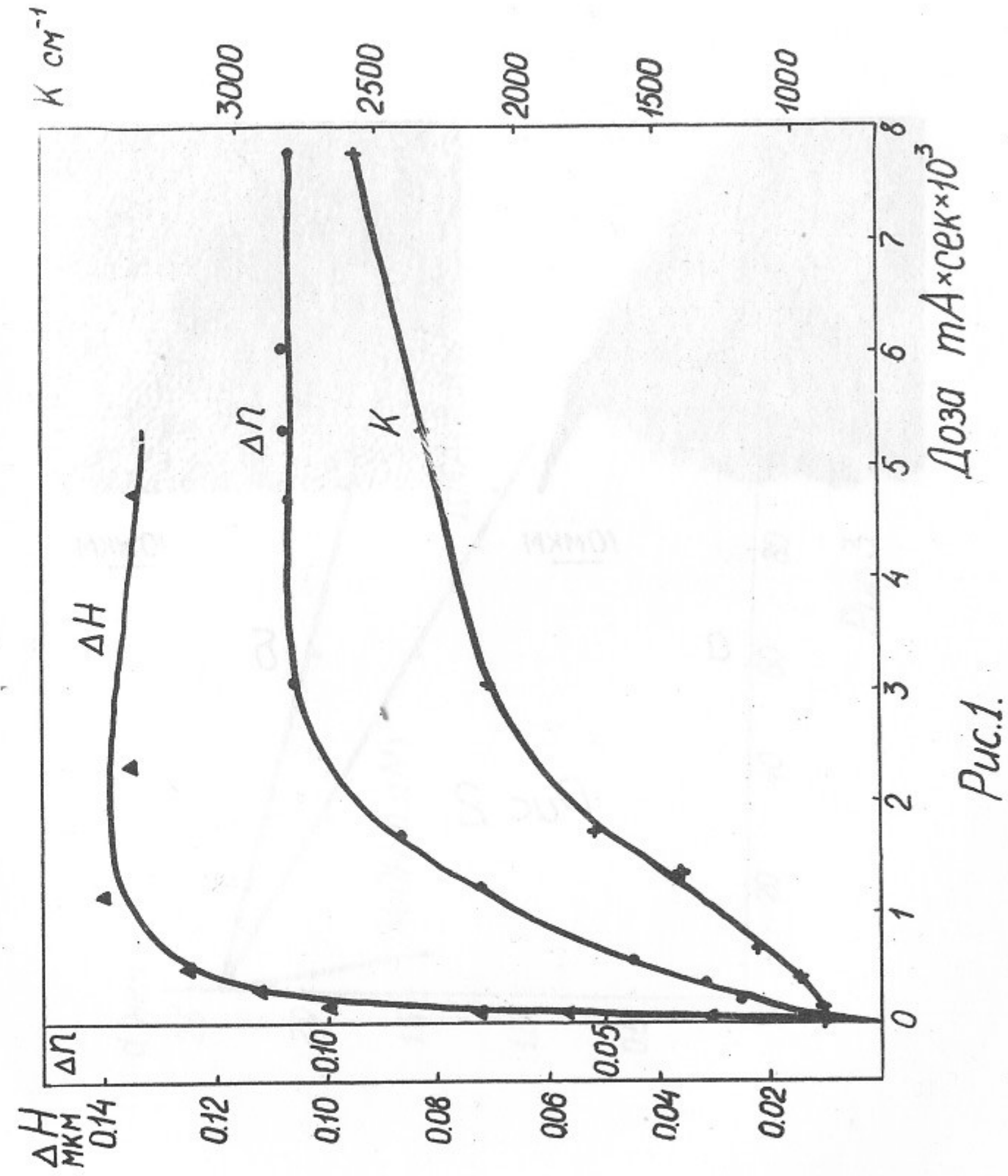
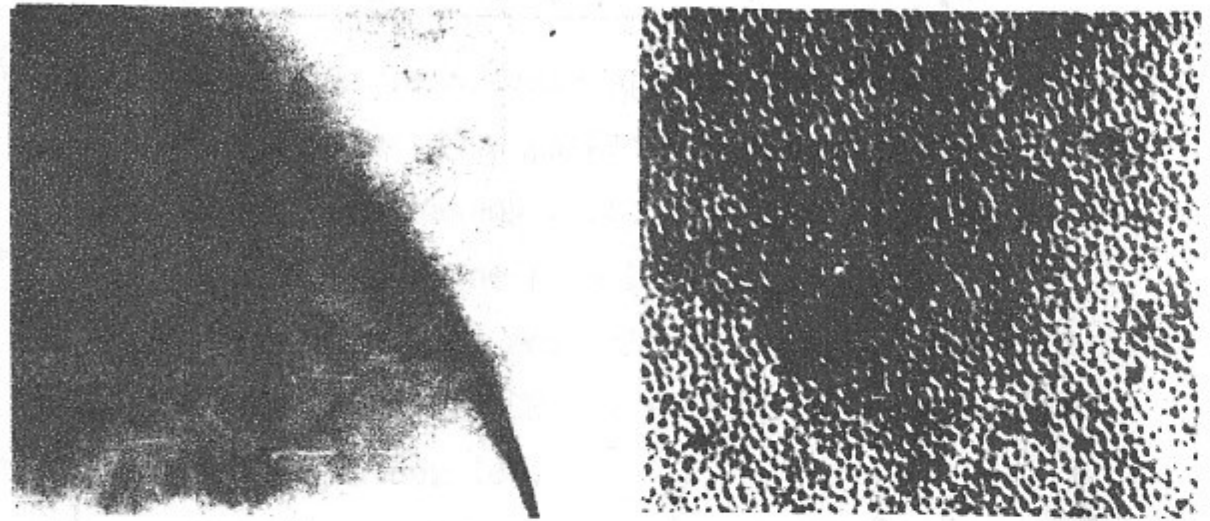


Рис.1.





a

δ

10 μm

10 μm

Рис. 2

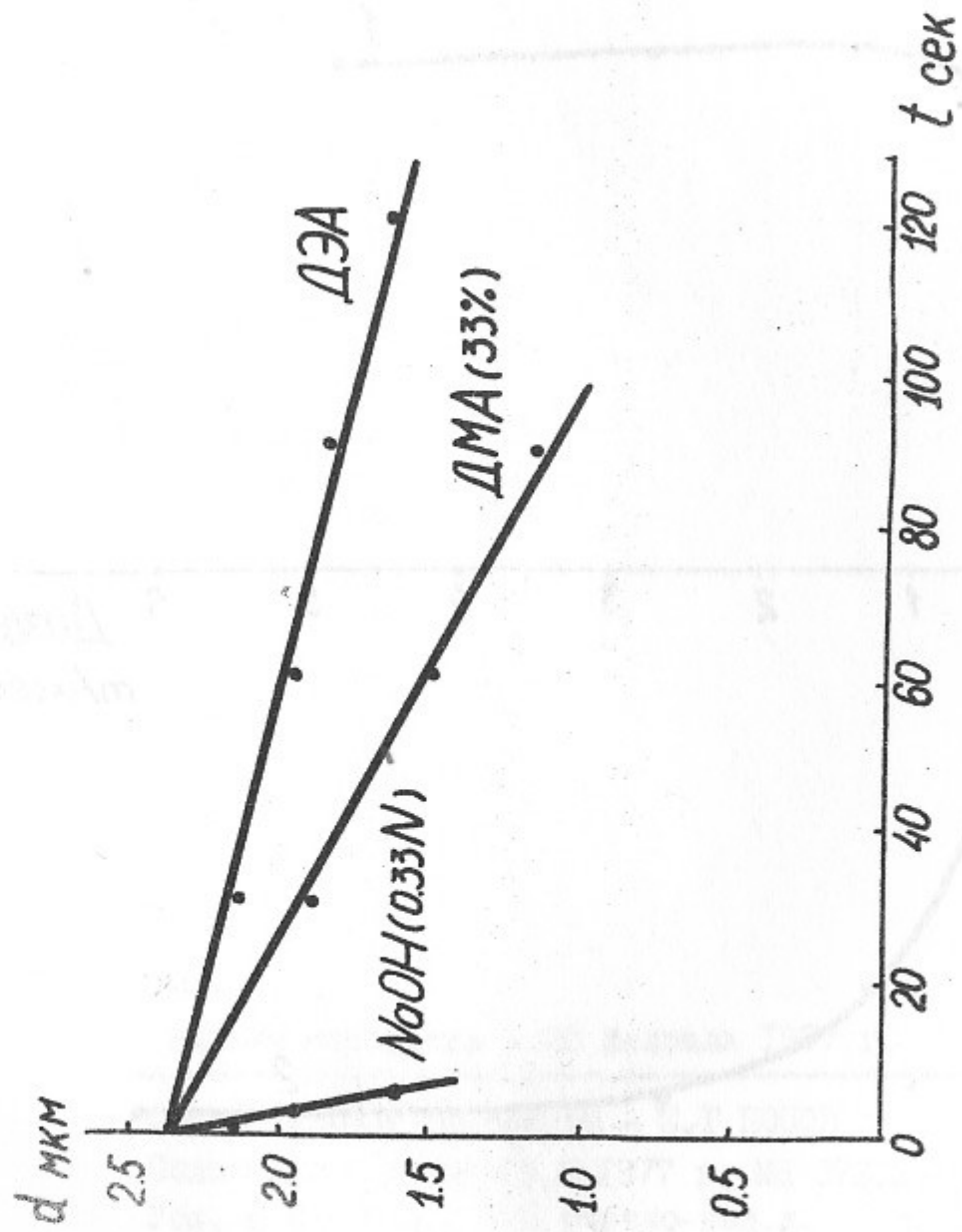


Рис. 3

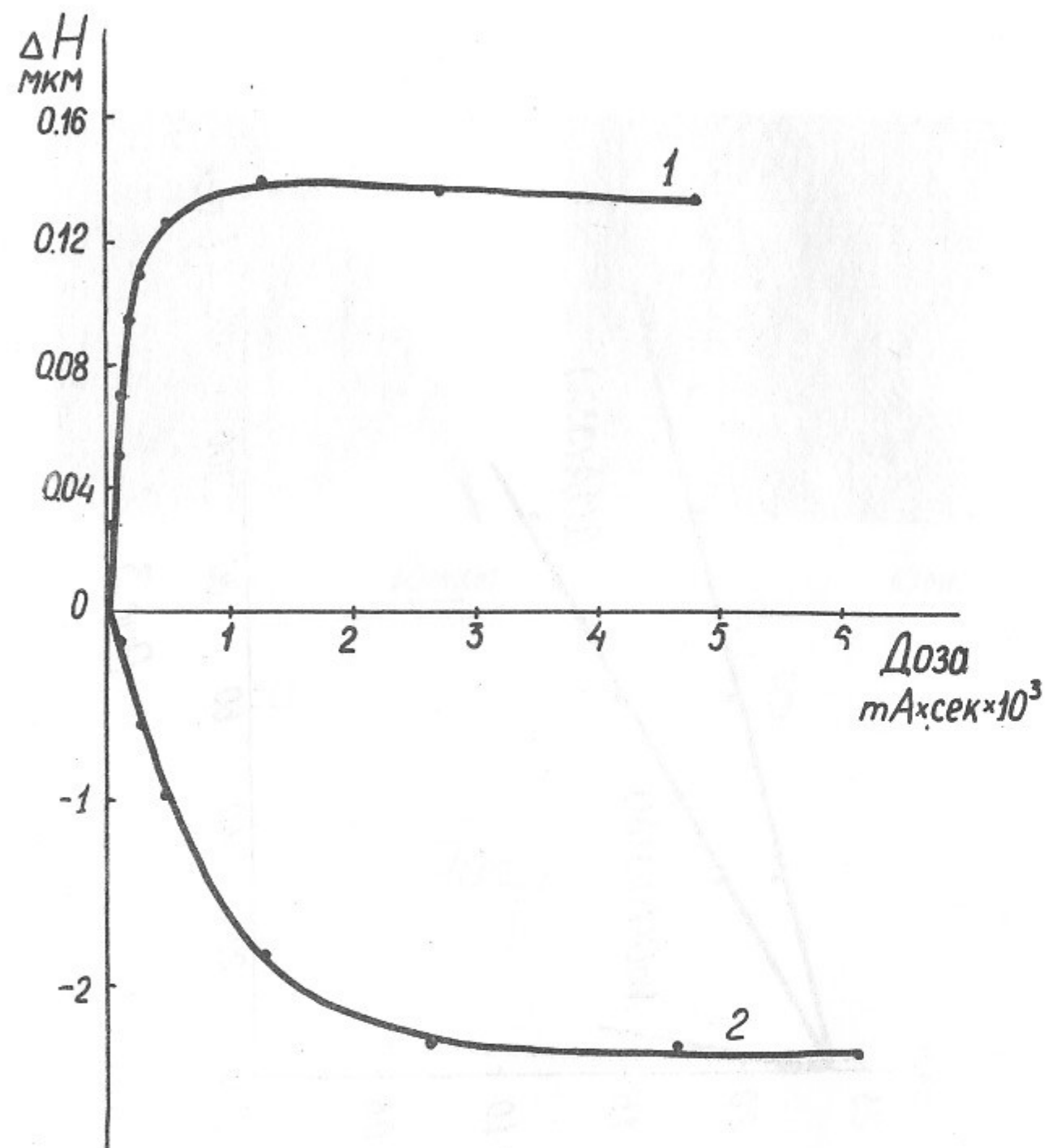


Рис. 4

Работа поступила - 22 февраля 1977 г.

Ответственный за выпуск - С.Г. ПОПОВ  
 Подписано к печати 3.11-1977 г. МН 07212  
 Усл. 0,6 печ.л., 0,5 учетно-изд.л.  
 Тираж 200 экз. Бесплатно  
 Заказ № 24.

Отпечатано на ротапринте ИЯФ СО АН СССР