

545/1-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



C 349.1 + C 350

T-666

P14 - 10235

С.П.Третьякова, Т.И.Козлова, Г.Н.Акапьев

ПОЛУЧЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ  
С ПОМОЩЬЮ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ УГЛЕРОДА,  
КИСЛОРОДА И НЕОНА

1976

P14 - 10235

С.П.Третьякова, Т.И.Козлова, Г.Н.Акапьев

ПОЛУЧЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ  
С ПОМОЩЬЮ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ УГЛЕРОДА,  
КИСЛОРОДА И НЕОНА

*Направлено в АЭ*

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Третьякова С.П., Козлова Т.И., Акапьев Г.Н. P14 - 10235

Получение ядерных фильтров с помощью ускоренных ионов углерода, кислорода и неона

Показана возможность получения ядерных фильтров с помощью ускоренных ионов углерода, кислорода и неона. Определена продолжительность ультрафиолетового облучения, найден режим травления.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1976

Tretiakova S.P., Kozlova T.I., Akapiev G.N. P14 - 10235

A possibility of obtaining the nuclear filters with the help of accelerated C, O, and Ne ions is revealed. The duration of the ultraviolet irradiation is determined, and the etching mode is found.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research  
Dubna 1976

В предыдущих работах<sup>1,2/</sup> были представлены методы получения ядерных фильтров с помощью ионов ксенона и аргона, ускоренных на циклотроне У-300 ЛЯР ОИЯИ.

С целью расширения возможности производства ядерных фильтров с использованием установок, способных ускорять более легкие ионы, в данной работе исследовалась возможность получения фильтров с помощью ионов углерода, кислорода, неона. Для этого лавсановые пленки толщиной 6-8 мкм облучались ионами углерода ( $^{12}\text{C}$ ), кислорода ( $^{18}\text{O}$ ) и неона ( $^{20}\text{Ne}$ ) на циклотронах У-200 и У-300 ЛЯР с энергией 108, 140, 200 МэВ, соответственно.

На рис. 1 показаны расчетные кривые зависимости удельных потерь энергии в лавсане от энергии иона для всех трех его типов<sup>3,4/</sup>. Как известно, пороговая чувствительность лавсана находится в районе  $4,0 \text{ МэВ.см}^2/\text{мг}$  /рис. 1/<sup>1/</sup>. Это означает, что для получения травимого следа частицы энергия углерода не должна превышать 30 МэВ /пробег ~ 40 мкм/; для ионов кислорода не выше 80 МэВ /пробег ~ 75 мкм/, а для ионов неона - менее 170 МэВ /пробег ~ 170 мкм/.

Отсюда следует, что с использованием этих ионов можно увеличить производительность установки за счет увеличения толщины пластика /многослойное облучение/. В настоящих экспериментах число облучаемых слоев менялось от 10 до 30 /в зависимости от толщины слоя/, что обеспечивало изменение потерь энергии от 1,6 до  $17,3 \text{ МэВ.см}^2/\text{мг}$ .

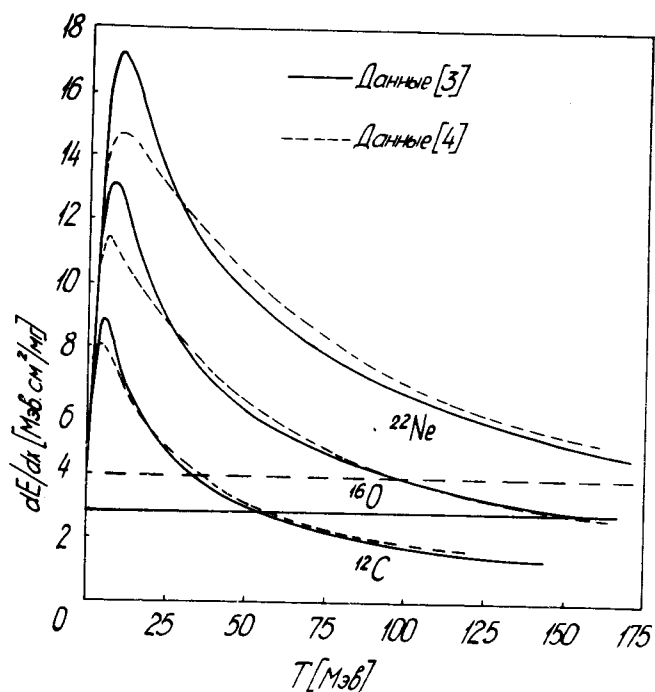


Рис. 1. Удельные ионизационные потери ионов углерода, кислорода и неона с кинетической энергией  $T$  в слое лавсана /по данным работ [3,4]/. Штриховая горизонтальная линия - порог чувствительности лавсана без облучения ультрафиолетовым светом, сплошная - при облучении ультрафиолетовым светом в течение 10 ч.

Трудность получения ядерных фильтров с помощью таких легких ионов заключалась в том, что при уменьшении удельных потерь сильно падает скорость травления вдоль следа. Подобная зависимость приведена на рис. 2 для поликарбоната /макрофоль/, по своим свойствам мало отличающегося от лавсана [5]. Это уменьшение очевидно, можно объяснить тем, что скорость травления полимера вдоль траектории частицы зависит от величины разрушенного канала и степени разрушения. При уменьшении потерь и то и другое уменьшается /см., напр, расчеты [6]/.

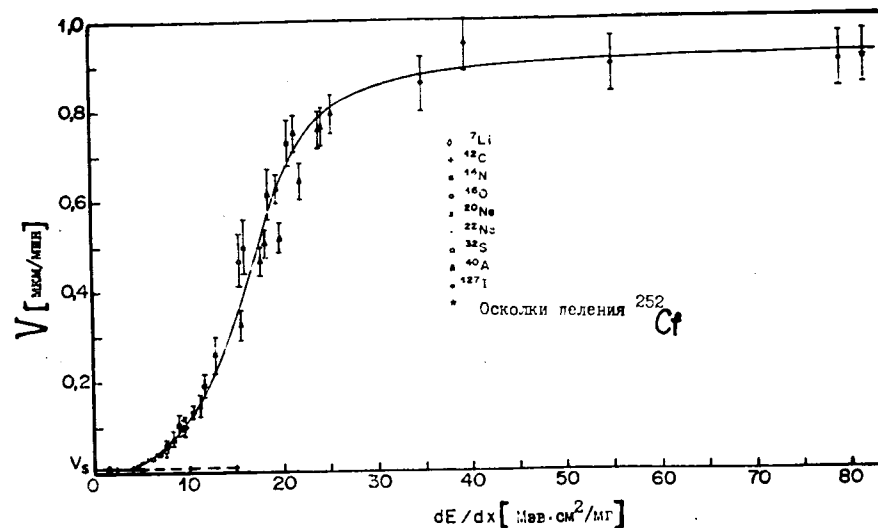


Рис. 2. Зависимость скорости травления поликарбоната от величины удельной ионизации, создаваемой частицей в пластике. Для травления использовался 5N -раствор NaOH при  $60^\circ\text{C}$ .

Для ускорения процесса травления облученные ионами пленки облучались ультрафиолетовым светом, а в травитель вводился этиловый спирт, который уменьшал поверхностное натяжение на границе лавсан - травитель и тем самым ускорял процессы обмена химической реакции.

Ультрафиолетовое облучение, при помощи которого производится дополнительная деструкция поврежденного ионом пластика, значительно увеличивает скорость травления [1,7]. На рис. 3 показано, как изменяется скорость травления поликарбоната вдоль траектории ионов с различными удельными потерями при облучении ультрафиолетом. Из рисунка видно, что облучение ультрафиолетовым светом не только увеличивает скорость травления, но и уменьшает порог регистрации, что очень важно, т.к. это позволяет использовать более широкую область энергий ионов.

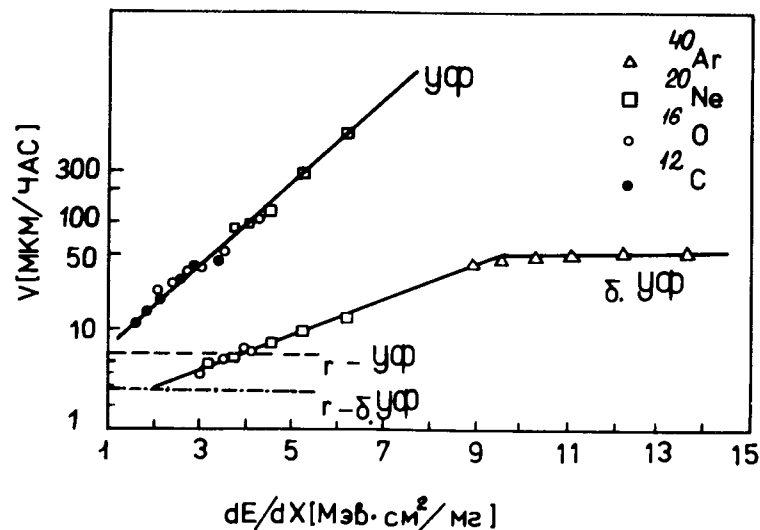


Рис. 3. Влияние облучения ультрафиолетовым светом на скорость травления поликарбоната, поврежденного ионами с различными ионизационными потерями. Верхняя кривая - скорость травления при 40- часовом облучении ультрафиолетом; нижняя - травление необлученной пленки. Пунктиром и штрих-пунктиром указаны соответствующие пороги регистрации. Травление производилось в 6N - растворе NaOH при 70° C.

Для изучения влияния продолжительности ультрафиолетового излучения на протравливание пор в ядерных фильтрах использовалась та же установка, что и в работе<sup>1/</sup>, за исключением того, что расстояние между лампами и пленками было уменьшено вдвое.

На рис. 4 и 5 представлены кривые изменения диаметров пор и изменение толщины пленки  $\Delta l$  в зависимости от продолжительности облучения пленки ультрафиолетовым светом.

Для сравнения на рис. 4 представлены также соответствующие кривые для ионов аргона и ксенона. Из этого рисунка видно, что если для ионов ксенона достаточно приблизительно часовое облучение ультрафиолетом,

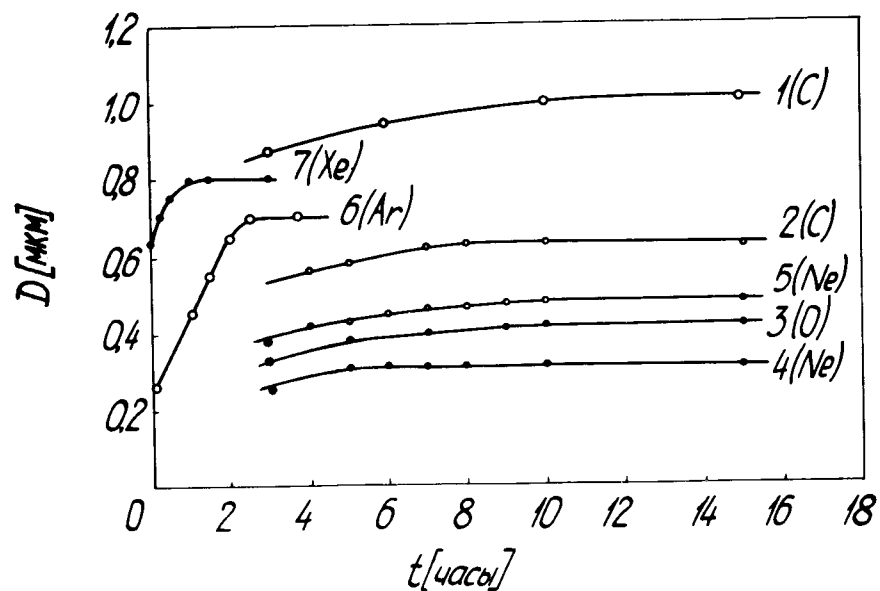


Рис. 4. Диаметр пор лавсанового фильтра в зависимости от времени облучения ультрафиолетовым светом. Кривые 1-8 относятся к различным ионам и различным режимам травления /  $dE/dx > 3,6 \text{ МэВ} \cdot \text{см}^2/\text{мг}$  /.

№ кривой	Тип иона	Толщ. пленки мкм	Состав травителя	Температ. травления °C	Продолжит. травления мин
1	$^{12}\text{C}$	6	9(5N NaOH): 1( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	57	45
2	$^{12}\text{C}$	"	"	60	20
3	$^{16}\text{O}$	10	"	50	60
4	$^{22}\text{Ne}$	8	9(4N NaOH): 1( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	50	30
5	$^{22}\text{Ne}$	"	"	50	50
6	$^{40}\text{Ar}$	"	6 N NaOH	50	50
7	$^{132}\text{Xe}$	"	6 N NaOH	43	20

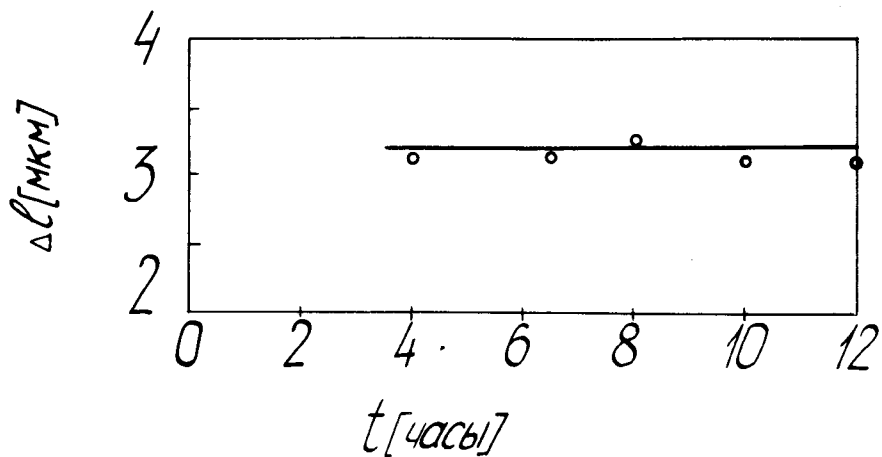


Рис. 5. Уменьшение толщины лавсановой пленки в результате часового травления ее в растворе 9 (5N NaOH):1(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) при 55°С. Продолжительность облучения ультрафиолетом t изменялась от 4 до 12 ч.

для ионов Ag - 2,5 ч, то для более легких ионов С, О, Ne экспозицию следует увеличить до 4-8 ч. Эта доза практически не зависит от величины диаметра D /в области D ≥ 0,1 мкм/.

Была изучена кинетика процесса травления при облучении пленок ионами углерода, кислорода и неона. На рис. 6 и 7 представлены кривые изменения диаметра и толщины пленки в зависимости от продолжительности травления при разном соотношении травителя и спирта в растворе, для случая облучения ионами неона. Наилучшее соотношение между скоростью травления пори самой пленки получается при использовании 4N-раствора NaOH и спирта в соотношении 9:1.

Для изготовления фильтров из пленок, облученных ионами кислорода и углерода, использовалась большая концентрация раствора щелочи и более высокая температура. Соответствующие данные для диаметров пор приведены на рис. 8 и 9. Толщина используемых пленок - 12 и 6 мкм, соответственно.

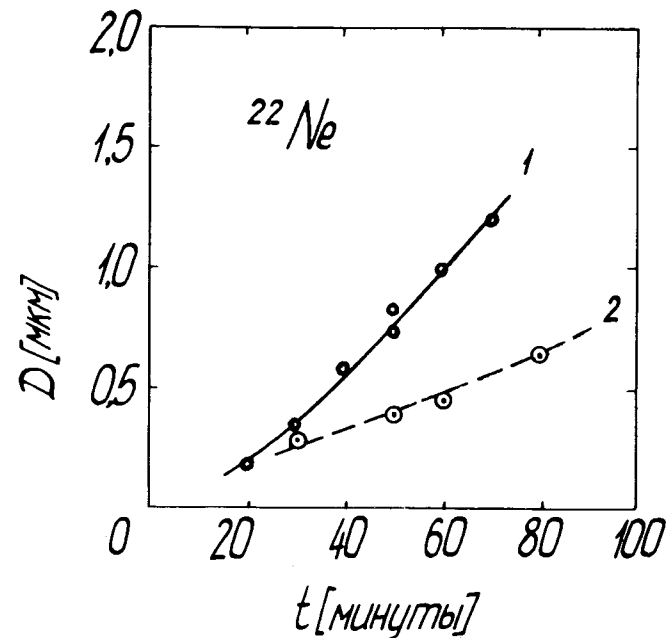


Рис. 6. Зависимость диаметра пор лавсанового фильтра, изготовленного с использованием ионов неона, от времени травления. Сплошной и пунктирной кривыми представлены данные соответственно для травителей  $\langle dE/dx \rangle > 3,6 \text{ МэВ.см}^2/\text{мг}/$ .

8(3N NaOH): 2(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH),

9(4N NaOH): 1(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

Во всех случаях температура травления - 50°С, время облучения ультрафиолетом - 8 ч.

Изучалось влияние ультрафиолетового света с длиной волны 3200-4000 Å на порог регистрации заряженных частиц лавсановой пленкой. С этой целью использовалась стопка тонких лавсановых пленок /6 мкм/ общей толщиной 270 мкм, облученная ионами углерода с энергией 108 МэВ. Удельные потери энергии углерода при прохождении через стопку меняются от 1,6 МэВ.см<sup>2</sup>/мг до 0, проходя через максимум 8,7 МэВ.см<sup>2</sup>/мг<sup>3</sup>. Все слои, облученные в течение 10 ч

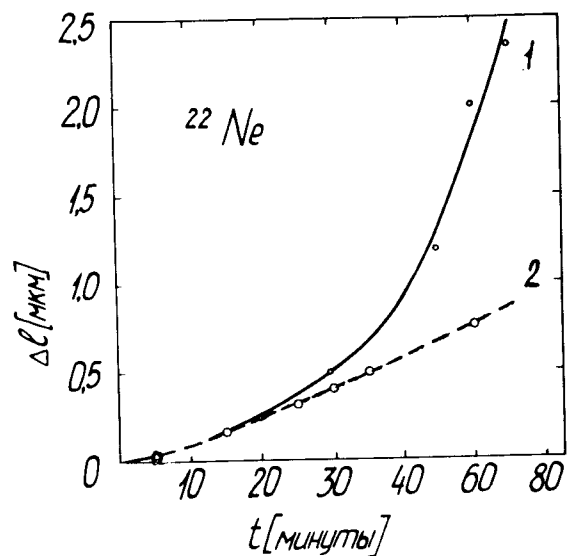


Рис. 7. Уменьшение толщины лавсановой пленки в зависимости от времени травления. Условия травления и все обозначения, как на рис. 6.

ультрафиолетовым светом, травились в спиртовом растворе щелочи /90 мл 5N NaOH+10 мл  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ / при температуре  $60^\circ\text{C}$  в течение 40 мин. При просмотре обработанных таким образом пленок на микроскопе МБМ-3 оказалось, что порог регистрации для лавсана находится в районе  $3 \text{ МэВ}\cdot\text{см}^2/\text{мг}$ . Повышение чувствительности лавсана показано на рис. 1 сплошной горизонтальной линией.

На основании представленных данных следует вывод о том, что с помощью ионов углерода, кислорода и неона можно изготавливать ядерные фильтры с диаметром пор  $D \geq 0,1 \text{ мкм}$ , если их удельные потери энергии превышают порог чувствительности. Возможность изготовления качественных фильтров с очень малыми порами  $D < 0,1 \text{ мкм}$  требует специального исследования.

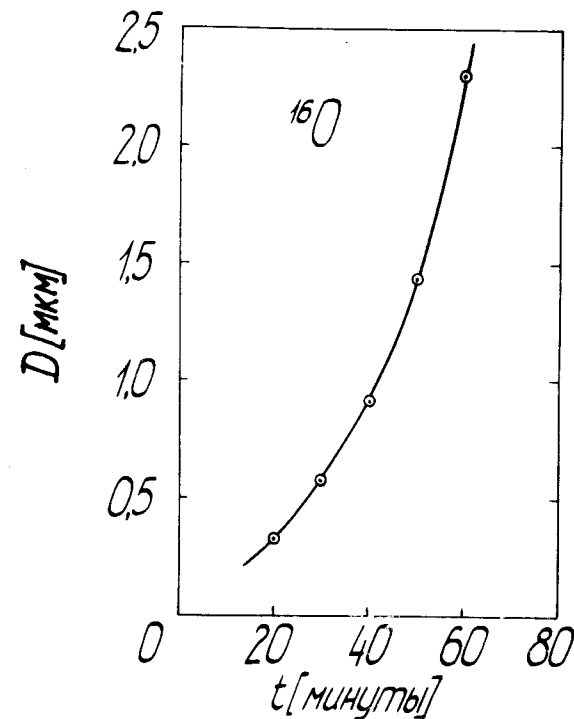


Рис. 8. Зависимость диаметра пор лавсанового фильтра, изготовленного с использованием ионов кислорода, от времени травления в растворе 9(5N NaOH): 1( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) при температуре  $55^\circ\text{C}$  и 5-часовом облучении ультрафиолетом / $dE/dx > 3,6 \text{ МэВ}\cdot\text{см}^2/\text{мг}$ /.

Авторы выражают признательность В.С.Киселевой, Н.И.Турыгиной и Т.Н.Соколовой за проведенные измерения, операторам ускорителей У-200 и У-300 - за обеспечение облучения ионами, В.А.Щеголеву - за внимание к работе.

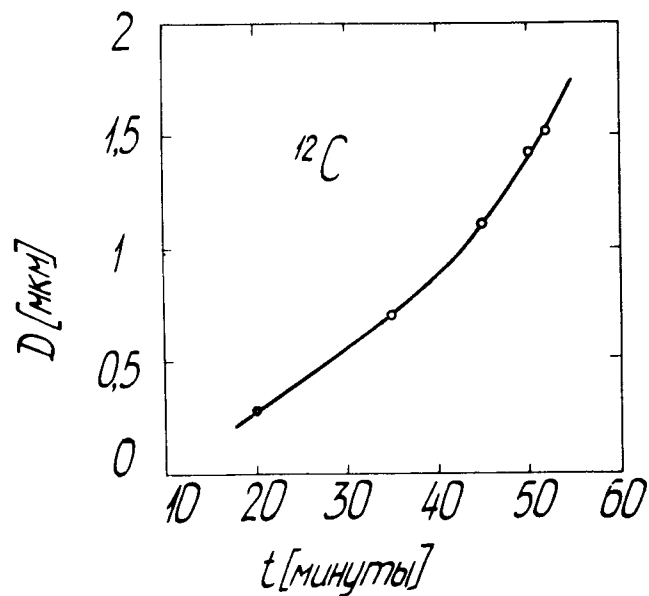


Рис. 9. Зависимость диаметра пор лавсанового фильтра, изготовленного с использованием ионов углерода, от времени травления в растворе 9(5N NaOH):1(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) при температуре 60°C и 8-часовом облучении ультрафиолетом /dE/dx > 4,0 МэВ.см<sup>2</sup>/мг/.

#### Литература

1. Г.Н.Акапьев, В.С.Барашенков, Л.И.Самойлова, С.П.Третьякова, В.А.Щеголев. ОИЯИ, Б1-14-8214, Дубна, 1974.
2. В.С.Барашенков, Л.И.Самойлова, С.П.Третьякова, В.А.Щеголев. ОИЯИ, 12-9526, Дубна, 1975.
3. R.P.Henke, E.V.Benton. VSNRDL-TR-1102, 1966.
4. L.C.Northcliffe, R.F.Schilling. Nuclear Data Tables, A7, No. 3-4, 1970.
5. J.Tripier, B.Remy, M.Debauvais, J.Ralarosy, R.Stien. Proc. 8th Internat. Conf. Nucl. Photogr. and Solid State Track Detectors, v. 1, p. 290, 1972.

6. J.Fain, M.Monnin, M.Montret. Proc. 8th Internat. Conf. Nucl. Photogr. and Solid State Track Detectors, v.1, p.34, 1972.
7. W.Engel, H.O.Schmitt, K.P.Bartholomä, R.Beanjean. Proc. 12th Internat. Conf. Cosmic Rays, Hobart, Tasmania, Australia, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 ноября 1976 года.