

©1995 г.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ, ОБРАЗОВАННЫХ В АРСЕНИДЕ ГАЛЛИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫМИ ПРОТОНАМИ, ДЕЙТОНАМИ И ЯДРАМИ ^3He

В.А.Дидик, В.В.Козловский, Р.Ш.Малкович, Е.А.Скоряткина

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе Российской академии наук,
194021, Санкт-Петербург, Россия
(Получена 22 марта 1995 г. Принята к печати 27 марта 1995 г.)

Исследовано распределение трансмутационных радиоактивных изотопов, образованных в арсениде галлия при облучении ядрами водорода (протонами и дейтонами) с энергией 10 МэВ и ядрами ^3He с энергией 20 МэВ.

Концентрация изотопов достигает значений $10^{13}-10^{14} \text{ см}^{-3}$, а глубина профиля изменяется от ~ 100 мкм для ядер ^3He до ~ 400 мкм для протонов. Для данного вида облучения глубина профиля изотопа коррелирует с величиной порога реакции, приводящий к образованию этого изотопа.

Профили трансмутационных изотопов использованы для определения энергетической зависимости сечения σ ядерных реакций, приводящих к образованию этих изотопов. Полученные результаты находятся в согласии с данными, имеющимися в литературе.

В предыдущих работах [1-4] нами было исследовано распределение трансмутационных радиоактивных изотопов, образованных в арсениде галлия при облучении высокоэнергетичными альфа-частицами. В настоящей работе исследовано распределение трансмутационных радиоактивных изотопов, образованных в арсениде галлия при облучении другими заряженными частицами — ионами водорода (протонами и дейтонами) и ядрами ^3He .

Облучение проводилось на циклотроне МГЦ-20. Использовались плоскопараллельные образцы, которые размещались на латунном водоохлаждаемом держателе. Энергия протонов и дейтонов 10 МэВ, поток частиц $3 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; энергия ядер ^3He 20 МэВ, поток $6 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Время облучения 15-60 мин. Профили определялись путем механического снятия слоев толщиной от 2 до 10 мкм и путем измерения их гамма-активности калиброванным гамма-спектрометром с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором.

Исследовались профили радиоактивных изотопов, образованных по реакциям $^{69}\text{Ga}(p, n)^{69}\text{Ge}$ (порог реакции $E_{\text{th}} = 2.2$ МэВ), $^{75}\text{As}(p, n)^{75}\text{Se}$

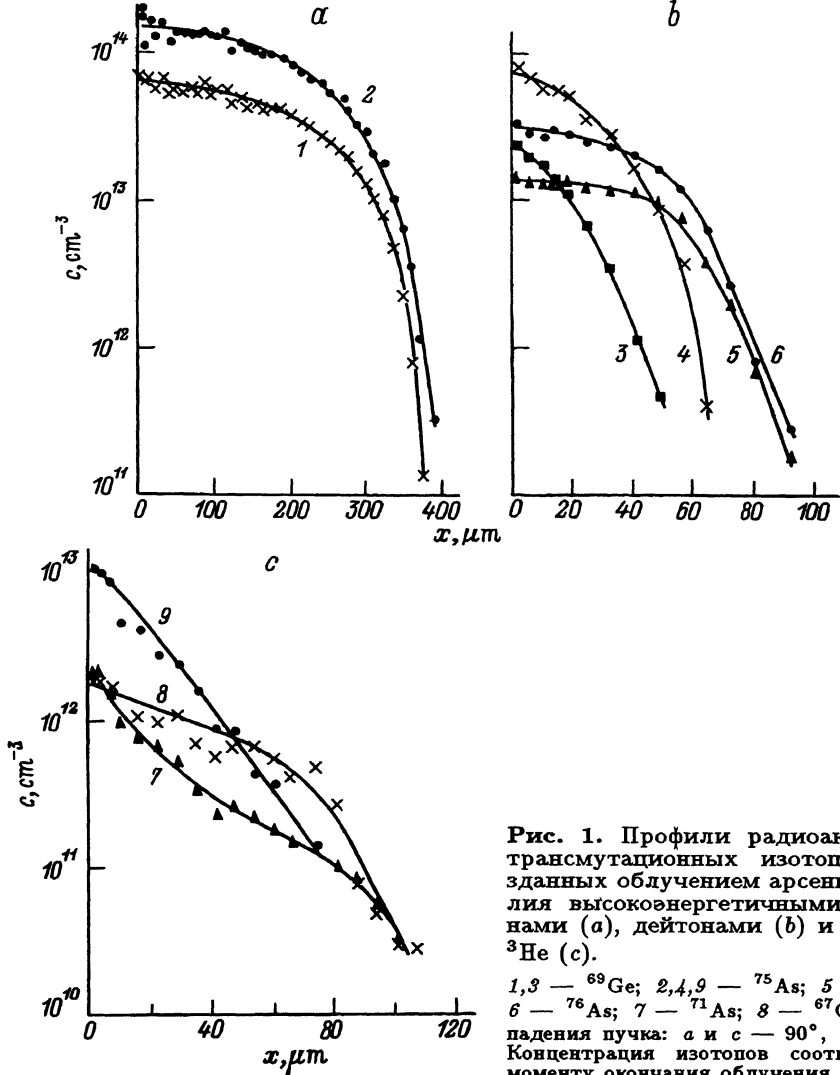


Рис. 1. Профили радиоактивных трансмутационных изотопов, созданных облучением арсенида галлия высокоэнергетичными протонами (а), дейтонами (б) и ядрами ^3He (с).

1, 3 — ^{69}Ge ; 2, 4, 9 — ^{75}As ; 5 — ^{72}Ga ; 6 — ^{76}As ; 7 — ^{71}As ; 8 — ^{67}Ga . Угол падения пучка: а и с — 90° , б — 30° . Концентрация изотопов соответствует моменту окончания облучения.

($E_{\text{th}} = 1.6$ МэВ) при облучении протонами, $^{69}\text{Ga}(d, 2n)^{69}\text{Ge}$ ($E_{\text{th}} = 5.4$ МэВ), $^{71}\text{Ga}(d, n)^{72}\text{Ga}$ ($E_{\text{th}} = 4.4$ МэВ), $^{75}\text{As}(d, 2n)^{75}\text{Se}$ ($E_{\text{th}} = 4$ МэВ), $^{75}\text{As}(d, p)^{76}\text{As}$ ($E_{\text{th}} = 5.2$ МэВ) при облучении дейтонами и $^{69}\text{Ga}(^3\text{He}, n\alpha)^{67}\text{Ga}$ ($E_{\text{th}} = 2.1$ МэВ), $^{69}\text{Ga}(^3\text{He}, n)^{71}\text{As}$ ($E_{\text{th}} = 5.7$ МэВ), $^{75}\text{As}(^3\text{He}, p2n)^{75}\text{Se}$ ($E_{\text{th}} = 4$ МэВ) при облучении ядрами ^3He [5].

Как видно из рис. 1, концентрация изотопов достигает значений $10^{13} - 10^{14} \text{ см}^{-3}$, а глубина профиля изменяется от 100 мкм для ядер ^3He до 400 мкм для протонов. При этом для данного вида облучения глубина профиля изотопа коррелирует с величиной порога реакции, приводящей к образованию этого изотопа. Все профили являются монотонно спадающими кривыми. Большая глубина профиля при протонном облучении связана с большей длиной пробега протонов по сравнению с дейтонами и ядрами ^3He .

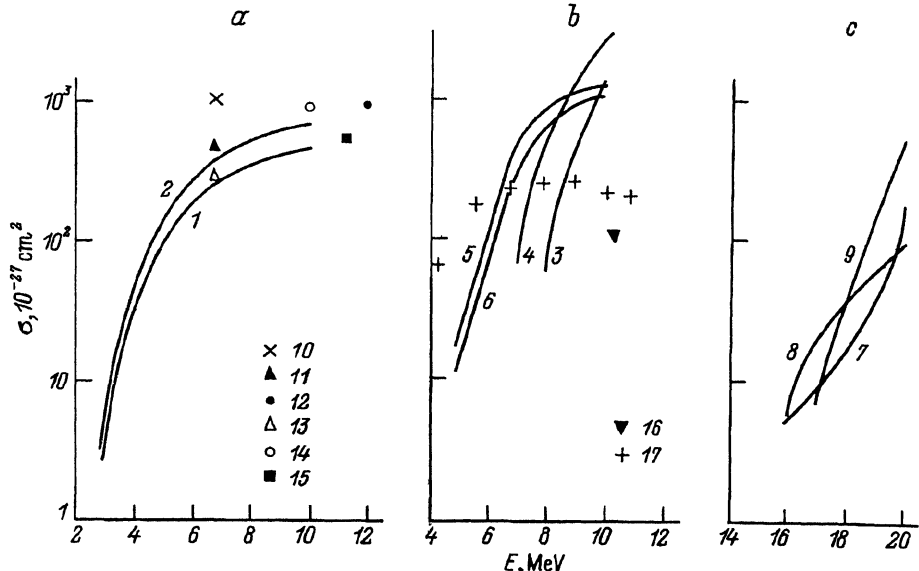


Рис. 2. Энергетическая зависимость сечения реакций

$^{69}\text{Ga}(p, n)^{69}\text{Ge}$ (1, 10–12), $^{75}\text{As}(p, n)^{75}\text{Se}$ (2, 13–15), $^{69}\text{Ga}(d, 2n)^{69}\text{Ge}$ (3), $^{75}\text{As}(d, 2n)^{75}\text{Se}$ (4, 16), $^{71}\text{Ga}(d, p)^{72}\text{Ga}$ (5), $^{75}\text{As}(d, p)^{76}\text{As}$ (6, 17), $^{69}\text{Ga}(^3\text{He}, n)^{71}\text{As}$ (7), $^{69}\text{Ga}(^3\text{He}, n\alpha)^{67}\text{Ga}$ (8), $^{75}\text{As}(^3\text{He}, p2n)^{75}\text{Se}$ (9) при облучении протонами (a), дейтонами (b) и ядрами ^3He (c). При определении сечения ядерных реакций, вызванных облучением дейтонами, учитывался угол падения пучка ($\theta = 30^\circ$). 10 — [6], 11 и 13 — [7], 12 — [8], 14 — [9], 15 — [10], 16 — [11], 17 — [12].

Полученные профили были использованы нами для определения энергетической зависимости сечения σ ядерных реакций, приводящих к образованию трансмутационных изотопов. Методика определения такой зависимости описана в работах [2, 4]. Как видно из рис. 2, полученные нами результаты находятся в согласии с данными, имеющимися в литературе [6–12].

Список литературы

- [1] В.А. Дидик, В.В. Козловский, Р.Ш. Малкович, Е.А. Скорятин, Б.А. Шустров. Письма ЖТФ, 15, Вып. 12. 19 (1989).
- [2] В.А. Дидик, В.В. Козловский, Р.Ш. Малкович, Е.А. Скорятин. ФТП. 27, 269 (1993).
- [3] В.А. Дидик, В.В. Козловский, Р.Ш. Малкович, Е.А. Скорятин. ФТП, 27, 347 (1993).
- [4] В.А. Дидик, Р.Ш. Малкович, Е.А. Скорятин, В.В. Козловский. Атом. энергия, 77, 81 (1994).
- [5] C. Maples, G.W. Goth, J. Cerny. Nucl. Data, A2, 429 (1967).
- [6] R.M. Humes, C.F. Dell, Jr., W.D. Plouche, H.J. Hausman. Phys. Rev., 130, 1522 (1963).
- [7] J.P. Blaser, F. Boehm, P. Marmier, P. Scherrer. Helv. Phys. Acta, 24, 441 (1951).
- [8] H.G. Blosser, T.H. Handley. Phys. Rev., 100, 1340 (1955).
- [9] J.C. Brodovitch, J.J. Hogan, K.I. Burns. J. Inorg. Nucl. Chem., 38, 1581 (1976).
- [10] J. Delaunay-Olkonsky, P. Strohal, N. Cindro. Nucl. Phys., 47, 266 (1963).
- [11] H.F. Rohm, H. Munzel. J. Inorg. Nucl. Chem., 34, 1773 (1972).
- [12] L.H. Bowen, J.W. Irvine. Phys. Rev., 127, 1698 (1962).

Редактор В.В. Чалдышев

Distribution of isotopes formed in GaAs under irradiation by high-energy protons, deuterons and ^3He nuclei

V.A.Didik, V.V.Kozlovski, R.Sh.Malkovich, E.A.Skoryatina

A.F.Ioffe Physicotechnical Institute, Russian Academy of Sciences, 194021 St.Petersburg, Russia
