

- [5] Манаширов О.Я., Михитарьян В.Б., Савихина Т.И. // Сб. тр. ВНИИЛюминофоров. 1981. В. 22. С. 89-96.
- [6] Манаширов О.Я., Михитарьян В.Б., Савихина Т.И. // Сб. тр. ВНИИЛюминофоров. 1987. В. 33. С. 96-108.
- [7] Кронгауз В.Г. // Сб. тр. ВНИИЛюминофоров. 1975. В. 12. С. 5-11.
- [8] Fukujawa T., Takimijū S. // J. Luminescence. 1978. V. 16. P. 447-456.
- [9] Журих М.Ю., Михальченко Г.А., Толстой Д.Д. Радиолюминесценция ортофосфатов и ортоборатов редкоземельных элементов с изоэлектронными примесями. Рукопись деп. в ОНИИТЭХИМ, Черкассы, № 724-ХП-86. 10 с.

Поступило в Редакцию
26 апреля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 12

26 июня 1989 г.

05; 10

ЯВЛЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОЙ ДИФфуЗИИ И НОВАЛЕНТНОЙ ПРИМЕСИ В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

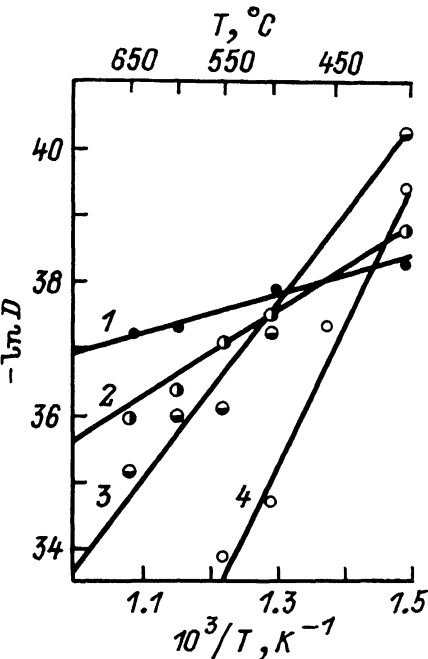
А.М. Пригулов, А.П. Суржиков,
Н.Ю. Шумилов, Ю.М. Анненков,
Л.Г. Косицын

В настоящее время достоверно установлено и достаточно изучено явление низкотемпературной радиационно-стимулированной диффузии в полупроводниках [1], металлах [2] и диэлектриках [3]. Попытки обнаружить радиационно-ускоренный массоперенос в твердых телах при температурах, значительно превышающих комнатную, оказались безуспешными.

Основная причина сложившейся ситуации, на наш взгляд, состоит в использовании экспериментаторами низкоинтенсивных радиационных потоков.

Мы считаем, что интенсификация высокотемпературной диффузии в твердых телах должна эффективно проявляться в условиях высоких мощностей поглощенной энергии излучения.

С целью проверки выдвинутого предположения проведено изучение диффузионных профилей ионов алюминия в монокристаллах бромида калия после проникающего высокоинтенсивного электронного облучения.



Зависимости коэффициентов диффузии (D) ионов алюминия в монокристалле бромида калия от температуры (T) термической обработки (1) и радиационно-термической на ускорителе ИЛУ-6 (2), ЭЛУ-4 (3) и ЭЛВ-6 (4).

Поскольку условие высокоинтенсивного электронного облучения может быть реализовано на непрерывном и импульсном пучках, то представляет интерес также выяснение влияния импульсности пучка электронов на эффективность явления высокотемпературной радиационно-стимулированной диффузии (ВРСД). Поэтому в работе использовался как ускоритель ЭЛВ-6, обеспечивающий непрерывный пучок, так и импульсные ускорители, отличающиеся длительностью импульса облучения (τ) и частотой следования импульсов облучения (f): ИЛУ-6 ($\tau_1 = 500$ мкс, $f_1 = 10$ Гц) и ЭЛУ-4 ($\tau_2 = 5$ мкс, $f_2 = 220$ Гц). Средняя мощность поглощенной энергии излучения во всех случаях составляла 10^4 Гр·с $^{-1}$.

Радиационные эффекты устанавливались сравнением диффузионных профилей в радиационно-термически обработанных образцах с данными, полученными при термическом отжиге образцов в печи сопротивления. Во всех экспериментах длительность диффузионного отжига равнялась 60 минутам, интервал температур отжига составлял 673–923 К.

Образцы подготавливались вакуумным напылением пленки алюминия толщиной ~ 4000 Å на свежесколотые поверхности кристаллов бромида калия, выращенных из соли марки „ОСЧ“.

Измерение диффузионных профилей производилось методом вторичной ионной масс-спектрографии. Обработка экспериментальных результатов производилась путем построения концентрационных профилей алюминия в координатах $\ln J_{Al}$, где J_{Al} — интенсивность сигнала от ионов Al^+ ; x — расстояние от напыленной поверхности кристалла. За нулевое значение x принималась точка выхода на насыщение сигнала от ионов K^+ . По тангенсу угла наклона полученных таким образом прямых вычисляли значения коэффициентов диффузии D .

Установлено, что зависимости коэффициентов диффузии от температуры (см. рисунок) подчиняются закону Аррениуса:

$$D_T = 1.2 \cdot 10^{-15} \exp\left(-\frac{0.23}{kT}\right) \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \text{ (термический отжиг),}$$

$$D_1 = 3.1 \cdot 10^{-13} \exp\left(-\frac{0.57}{kT}\right) \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \text{ (ИЛУ-6),}$$

$$D_2 = 6.3 \cdot 10^{-10} \exp\left(-\frac{1.08}{kT}\right) \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \text{ (ЭЛУ-4),}$$

$$D_3 = 2.1 \cdot 10^{-6} \exp\left(-\frac{1.47}{kT}\right) \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1} \text{ (ЭЛВ-6).}$$

Как следует из приведенных результатов, электронное облучение интенсифицирует высокотемпературный диффузионный массоперенос. Видно, что характер радиационного повышения коэффициента диффузии существенно зависит от типа используемого ускорителя.

Ориентируясь на область температур выше 470°C можно видеть, что эффективность диффузионных процессов возрастает в ряду $D_1 < D_2 < D_3$ (что соответствует ряду ускорителей ИЛУ-6, ЭЛУ-4, ЭЛВ-6). Единственным параметром используемых электронных пучков, монотонно изменяющимся в этом же ряду, является длительность паузы между последовательными импульсами радиации t_1 (100 мс) $>$ t_2 (4.5 мс) $>$ t_3 (0).

Учитывая аррениусовский характер температурных зависимостей коэффициентов диффузии (доминирование единого механизма переноса частиц в течение основного времени отжига), а также обратную зависимость между длительностью межимпульсной паузы t и эффективностью диффузии, представляется разумной связь ускоренного переноса ионов алюминия с радиационно-стимулированным переводом частиц в „активное“ состояние за время действия импульса облучения с частичной релаксацией этого состояния в межимпульсной паузе. Сокращение времени между поступлением импульсов радиации t поддерживает число „активных“ частиц на более высоком уровне.

Таким образом, показана реализация явления высокотемпературной радиационно-стимулированной диффузии иновалентной примеси в ионных кристаллах. Установлена взаимосвязь эффективности явления с периодом поступления импульсов облучения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В а в и л о в В.С., К и в А.Е., Н и я з о в а О.Р. Механизмы образования и миграции дефектов в полупроводниках. М.: Наука, 1981. 368 с.
- [2] Ш а л а е в А.М. Радиационно-стимулированная диффузия в металлах. М.: Атомиздат, 1972. 147 с.
- [3] Г о т л и б В.И., Т р о ф и м о в В.Н., Ш в а р ц К.К.// Изв. АН Латв. ССР. 1970. № 6. С. 121-122.

Поступило в Редакцию
13 апреля 1989 г.