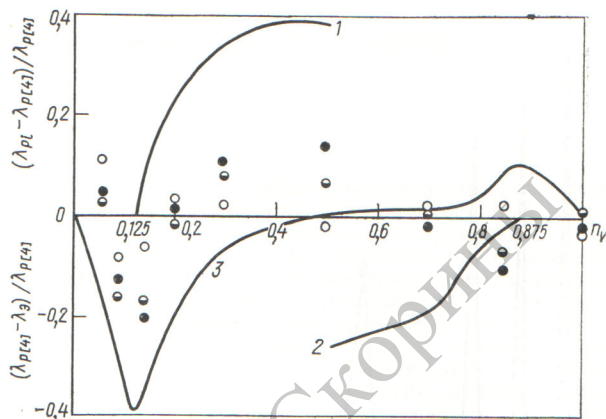


Теплопроводность λ (Вт/м·К) и температуропроводность a (10^6 м²/с) исследованных материалов

T, К	50%Al ₂ O ₃ + +50% Mo		30%Al ₂ O ₃ + +70% Mo		15%Al ₂ O ₃ + +85% Mo	
	λ	a	λ	a	λ	a
473	—	—	—	—	97,4	33,6
500	53,6	16,4	72,1	23,8	—	—
573	—	—	—	—	92,0	30,0
600	44,8	13,4	64,9	20,8	—	—
673	—	—	—	—	87,2	27,3
700	39,2	11,5	59,0	18,5	—	—
773	—	—	—	—	84,3	25,3
800	36,0	10,4	54,8	16,8	—	—
873	—	—	—	—	81,5	23,8
900	32,9	9,4	51,3	15,4	—	—
973	—	—	—	—	78,9	22,5
1000	30,2	8,6	48,8	14,5	—	—
1073	—	—	—	—	76,5	21,3
1100	27,7	7,8	46,9	13,8	—	—
1173	—	—	—	—	74,2	20,2
1200	25,7	7,2	45,6	13,3	—	—
1273	—	—	—	—	73,2	19,6
1300	24,1	6,7	44,9	13,0	—	—
1373	—	—	—	—	72,1	19,1
1400	23,7	6,6	44,2	12,7	—	—
1473	—	—	—	—	71,8	18,9
1500	—	—	43,8	12,6	—	—

перпендикулярен грани кубического включения) [2] или взаимопроницающей [3] структур. В работе [4] сделана попытка описать перенос тепла с учетом возможной перестройки структуры в широком интервале изменения объемных содержаний компонентов. Перестройка от матричной структуры к взаимопроницающей характеризуется появлением и ростом мостиков между изолированными кубическими включениями.

На рисунке в координатах $\frac{\lambda_{p[4]} - \lambda_{\text{э}}}{\lambda_{p[4]}}$ — n_v приведены результаты сопоставления опытных значений коэффициентов теплопроводности с расчетными данными [4]. Сравнение проводилось по девяти керметам [1, 5, 6] при температурах 600; 900 и 1200 К. Объемное содержание молибдена изменялось от 6 до 100%. Подлежащие сравнению опытные данные приведены к нулевой пористости с помощью расчетной зависимости для матричной структуры. Коэффициенты теплопроводности компонентов взяты из работ [7, 8]. Среднеквадратическое отклонение опытных данных от рас-



Сравнение экспериментальных и расчетных данных по теплопроводности системы Al₂O₃—Mo ($\lambda_{\text{э}}$ — экспериментальное значение; λ_{pi} — расчетное значение, где i равно 1 [2]; 2 [3];

4 [4]; n_v — объемное содержание молибдена) для T, равных соответственно 600 (—○—); 900 (—◐—); 1200 (—●—) К: 1 — по работе [2], матрица Al₂O₃; 2 — по работе [2], матрица Mo; 3 — по работе [3]

четных $\pm 9\%$. Приведены также графики отклонения данных, рассчитанных по работам [2] (кривые 1, 2) и [3], (кривая 3) от данных, рассчитанных по работе [4], при температуре 900 К в координатах $\frac{\lambda_{pi} - \lambda_{p[4]}}{\lambda_{p[4]}}$ — n_v .

Авторы благодарят Е. Н. Ильина за помощь в проведении экспериментов.

Поступило в Редакцию 4/XI 1974 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Осипова В. А., Кляр Х. А. В сб.: Тепло- и массоперенос. Т. 7, Минск, 1972, с. 146.
- Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. М., «Мир», 1968.
- Дульнев Г. Н. «Инженерно-физический журнал», 1965, т. IX, № 3, с. 399.
- Осипова В. А., Кляр Х. А., Никольская О. Н. В сб.: Тепло- и массоперенос. Т. 7, Минск, 1972, с. 151.
- Осипова В. А., Пак М. И. «Атомная энергия», 1969, т. 26, вып. 1, с. 72.
- Осипова В. А., Кляр Х. А. «Атомная энергия», 1972, т. 32, вып. 2, с. 162.
- Мармер Э. Н. и др. Высокотемпературные материалы. М., «Металлургия», 1967.
- Thermophysical Properties of High Temperature Solid Materials. Ed. Y. Touloukian. N.Y.— London, 1967

УДК 539.121.72/75:518.3

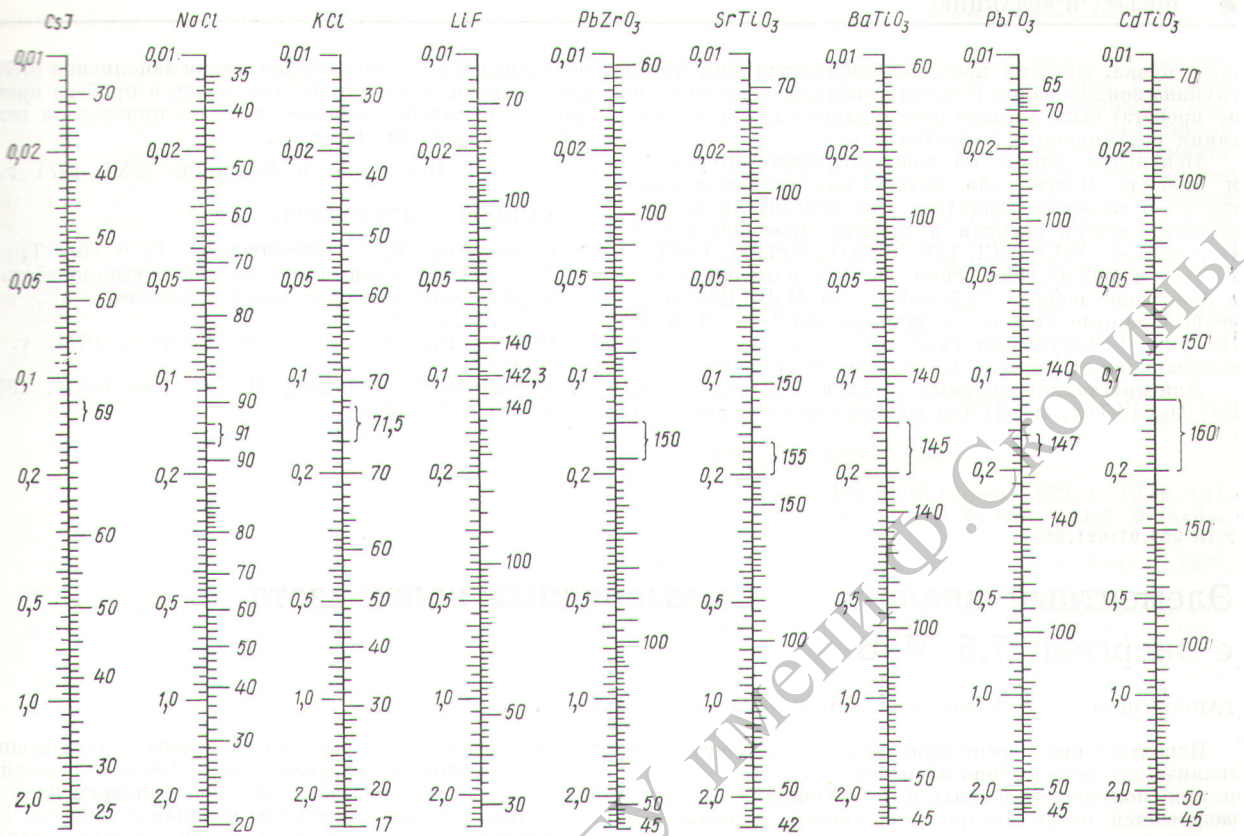
Ионизационные потери энергии и пробеги протонов

в ионных кристаллах

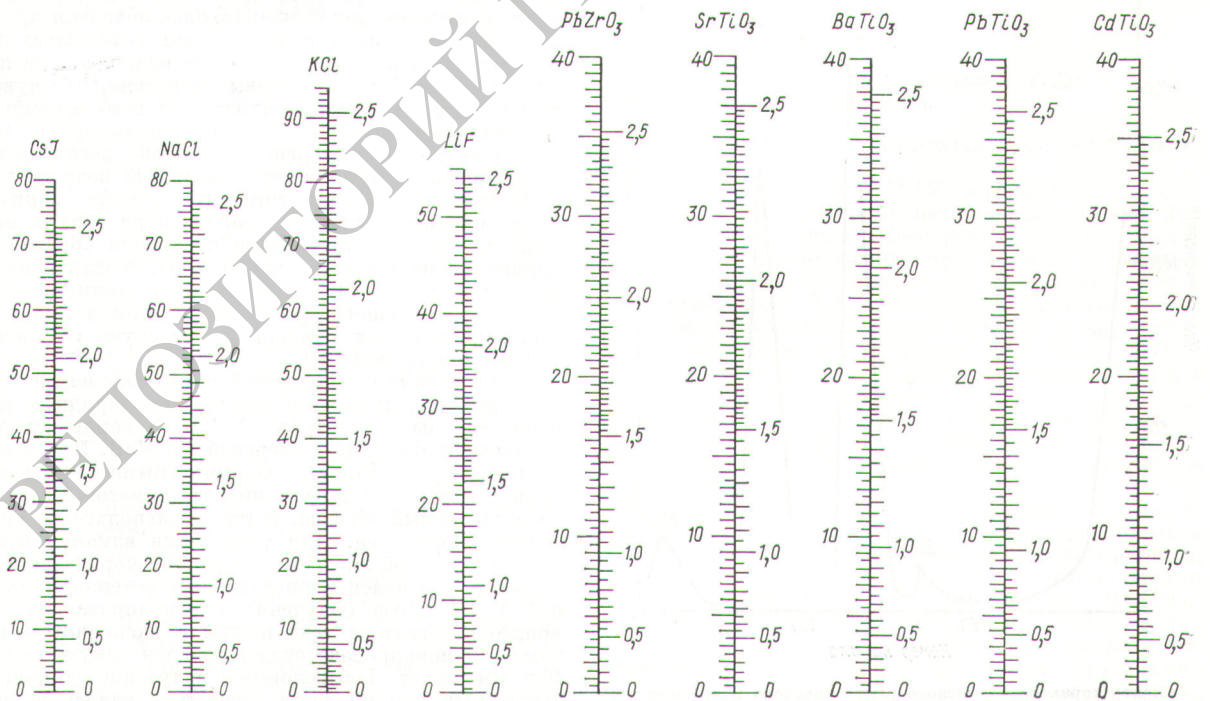
ПОТЕТЮНКО Г. Н., ШИПАТОВ Э. Т.

Для измерения глубинных распределений радиационных дефектов в ионных кристаллах применяется метод энергетического анализа обратно рассеянных

протонов [1, 2]. Переход от энергетической шкалы к шкале глубин осуществляется по известным тормозным способностям кристаллов для частиц анализирую-



Р и с. 1. Ионизационные потери энергии протонов в кристаллах CsI, NaCl, KCl, LiF, PbZrO₃, SrTiO₃, BaTiO₃, PbTiO₃ и CdTiO₃. (числа слева от шкалы — E , МэВ; справа — dE/dx , кэВ/мм)



Р и с. 2. Пробеги протонов в кристаллах CsI, NaCl, KCl, LiF, PbZrO₃, SrTiO₃, BaTiO₃, PbTiO₃ и CdTiO₃ (числа слева от шкалы — R , мм; справа — E , МэВ)

щего пучка. Энергия протонов выбирается так, чтобы глубина зондирования (равная приблизительно половине пробега) была больше максимальной глубины залегания радиационных дефектов.

Используя данные об ионизационных потерях [3] и правило Брэгга для нахождения ионизационных потерь в сложных веществах, мы подсчитали ионизационные потери энергии и пробеги протонов в кристаллах CsI, NaCl, KCl, LiF, PbZrO₃, SrTiO₃, BaTiO₃, PbTiO₃ и CdTiO₃ (без учета эффекта каналирования) в диапазоне энергий 12,5 кэВ — 2,5 МэВ. Все полученные данные сведены в номограммы (рис. 1 и 2). На рис. 1 фигурными скобками показаны значения ионизационных потерь в максимуме кривой dE/dx . Для кристаллов сложных окислов (PbZrO₃, SrTiO₃, BaTiO₃, PbTiO₃ и CdTiO₃) со структурой перовскита,

обладающей высоким коэффициентом заполнения (0,74), ионизационные потери энергии выше, а пробеги протонов соответственно меньше, чем для кристаллов галогенидов щелочных металлов.

Поступило в Редакцию 6/XI 1974 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликаускас В. С., Шипатов Э. Т. В сб.: Труды V Всесоюзного совещания по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами. М., изд. МГУ, 1974, с. 430.
2. Helborg R., Skod G. «Phys. Scripta», 1974, v. 9, p. 121.
3. Northcliffe L., Schilling R. «Nuclear Data», 1970, v. A7, N 3—4.

УДК 539.07:621.384

Элементный анализ на многозарядных ионах азота с энергией 7,5 МэВ

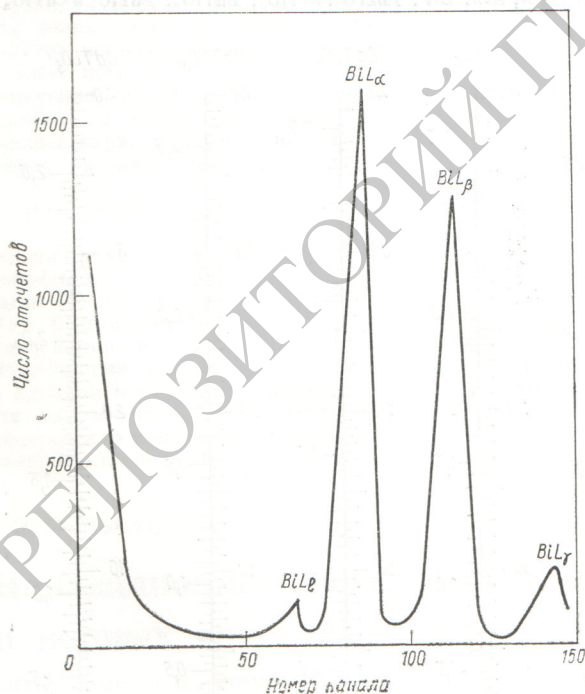
ГАВРИЛОВ Ф. Ф., ПУЗАНОВ А. А., СМИРНОВ В. Я., УШАКОВ Ю. А.

Использование рентгеновского флюоресцентного анализа для определения элементного состава геологических, полупроводниковых и биологических образцов развивается очень быстро. Это связано с созданием

рентгеновских спектрометров на основе полупроводниковых детекторов с разрешением до 100 эВ, позволяющих проводить анализ образцов одновременно на несколько десятков элементов, начиная с углерода [1].

Благодаря высокому сечению образования характеристического рентгеновского излучения атомов и малому уровню непрерывного фона тормозного рентгеновского излучения при бомбардировке образцов протонами и многозарядными ионами, пучки ускоренных ионов находят все более широкое применение в элементном анализе. В работе [2] впервые показано, что чувствительность элементного анализа при возбуждении атомов протонами достигает 10^{-12} г. Использование многозарядных ионов с энергией несколько десятков мегаэлектронвольт увеличивает указанную величину чувствительности за счет того, что сечение ионизации пропорционально квадрату заряда ядра иона, а интенсивность фона от тормозного излучения обратно пропорциональна квадрату массы иона. Увеличение чувствительности до 10^{-15} г может быть достигнуто с помощью селективного возбуждения атомов при совпадении порядковых номеров анализируемого элемента и ускоряемого иона [3].

Определение возможностей метода элементного анализа при использовании пучка многозарядных ионов проведено на циклотроне У-120, ускорившем двухзарядные ионы азота с энергией 7,5 МэВ. Пучок ионов азота фокусировался квадрупольными линзами и, пройдя через ряд графитовых коллиматоров, попадал на исследуемый образец, который располагался внутри цилиндра Фарадея. Для устранения влияния вторичной электронной эмиссии на внешний корпус цилиндра Фарадея подавался отрицательный потенциал величиной 1 кВ. Доза облучения контролировалась с помощью интегратора тока пучка. В экспериментальной камере и ионопроводе поддерживался вакуум порядка 10^{-6} мм рт. ст. Рентгеновское излучение атомов, возбуждаемых ионами азота, регистрировалось полупроводниковым Si(Li)-детектором, расположенным в ва-



Спектр характеристического рентгеновского излучения атома вимута, возбуждаемого ионами азота ($d = 20$ мкг/см²; $E = 7,5$ МэВ)