

Электронно-микроскопическое исследование окисных пленок циркониевых сплавов

МАРГУЛОВА Т. Х., МАЛОВА Т. И., ДМИТРИЕВ В. А., РЯБОВ В. М.

УДК 669.018.822

Для изучения процессов окисления сплавов циркония с 1 и 2,5% ниобия проведены электронно-микроскопические и электронно-графические исследования отделенных от подложки окисных пленок толщиной 800—2200 Å. Образцы окислялись в воде высокой чистоты и водном растворе трилона Б (комплексон) с концентрацией 0,5 г/кг при температуре 300° С.

Исследования показали, что пленки, полученные окислением сплавов циркония в чистой воде и в растворе комплексона, характеризуются зернистой структурой, повторяющей зерна сплавов. Зерно состоит из большого числа мелких кристаллитов (субзерен) размером порядка 100—200 Å. Зерна окисной пленки сплава циркония с 1% ниобия имеют правильные очертания, их средний поперечный размер составляет 5—10 мкм. Зерна окисной пленки, образующейся на сплаве циркония с 2,5% ниобия имеют неправильную форму размером 1—3 мкм, границы между ними нечеткие. Окисные пленки, полученные в растворе комплексона, по сравнению с пленками, полученными в чистой воде, более тонкие и однородные как по всей толщине, так и в пределах одного зерна.

В структуре окисных пленок на обоих сплавах циркония наблюдаются небольшие светлые участки диаметром 0,05—0,20 мкм. Эти участки имеют более тонкую окисную пленку, образовавшуюся на частицах, богатых ниобием. В сплаве циркония с 2,5% ниобия их больше, они мелкодисперсные и концентрируются по границам зерен и субзерен.

В результате электронно-графического анализа окисных пленок, полученных при окислении в чистой воде и в растворе комплексона, установлено, что слои в основном состоят из моноклинной окиси циркония с незначительным содержанием кубической (или тетрагональной) фазы, причем с увеличением времени окисления доля этой фазы уменьшается. Характер электрограмм указывает на эпитаксиальное соответствие структур пленки и сплава и отображает наличие текстуры.

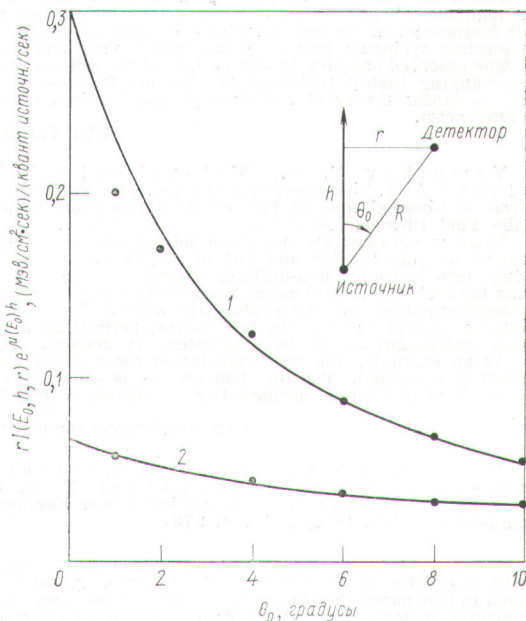
(№ 725/7457. Статья поступила в Редакцию 29/VI 1973 г., аннотация — 15/XI 1973 г. Полный текст 0,4 а. л., 4 рис., 1 табл., 3 библиографические ссылки.)

Влияние когерентного рассеяния гамма-излучения на пространственное распределение интенсивности точечного мононаправленного источника

КОЛЬЧУЖКИН А. М., КСЕНОФОНТОВ А. И., ПАНЧЕНКО А. М., ПОТАПОВ В. Н., УЧАЙКИН В. В. УДК 539.12.172

В теоретических исследованиях прохождения γ -квантов через вещество, как правило, не учитывают ни когерентное (рэлеевское) рассеяние, ни некогерентное рассеяние на связанных электронах. Однако в некоторых случаях роль этих эффектов может быть значительной. В частности, это относится к определению различных характеристик поля γ -излучения вблизи коллимированных пучков.

Роль когерентного рассеяния наиболее удобно проследить на примере точечного мононаправленного источника. Поскольку поле излучения такого источника в области малых углов θ_0 (рисунок) определяется в основном однократно рассеянными γ -квантами [1, 2], вклад когерентного рассеяния оценивали на основании однократной модели рассеяния. Для этого методом Монте-Карло рассчитывали пространственные распределения интенсивности излучения $I'(R, \theta_0)$ как от когерентного, так и от комптоновского рассеяния для источников с начальной энергией $E_0 = 0,1$ Мэв в алюминии и $E_0 = 0,1$ Мэв и $E_0 = 0,5$ Мэв в железе и свинце. Кроме того, для свинца получены распределения



Пространственное распределение интенсивности рассеянного излучения точечного мононаправленного источника в свинце при $\mu(E_0)R = 4$; $E_0 = 0,279$ Мэв (1 — с учетом когерентного рассеяния, 2 — без учета когерентного рассеяния):

— расчет по формуле; ● — метод Монте-Карло.

интенсивности некогерентного рассеяния на связанных электронах.

Проведенные расчеты показали, в частности, что в точках детектирования, расположенных под малыми ($\theta_0 \approx 1^\circ$) углами, когерентное рассеяние приводит к увеличению интенсивности на 60—70% в алюминии и практически полностью определяет интенсивность в свинце.

В работе получено аналитическое выражение, позволяющее рассчитывать пространственное распределение интенсивности в приближении однократного комптоновского и когерентного рассеяний. Сравнение рас-

четных данных с результатами, полученными методом Монте-Карло, показано на рисунке.
(№ 726/7503. Поступила в Редакцию 7/VIII 1973 г. Полный текст 0,5 а. л., 5 рис., 6 библиографических ссылок.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотухин В. Г. и др. В кн.: Тр. Симп. СЭВ «Проблемы защиты от проникающих излучений реакторных установок». Т. 4. Мелекес, Изд. НИИАР, 1969, с. 5.
2. Кольчужкин А. М., Учайкин В. В. «Изв. вузов. Физика», 1971, № 1, с. 107.

Abstracts of Articles in This Issue

Continued from page 289.

UDC 533.9.07

Akshanov B. S. Electron Heating Mechanism in Magnetic Traps During Helical Electron Beam-Plasma Interactions.—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 261.

Experimental results of investigating the mechanism of electron beam-plasma heating in magnetic mirror traps during interaction of an intense helical electron beam with plasma are presented. Two regimes have been studied experimentally: $\omega_{CI} > \omega_{Be}$ and $\omega_{CI} < \omega_{Be}$ (ω_{CI} is the electron-plasma frequency, ω_{Be} is the cyclotron frequency) for operation of the magnetic trap in a continuous as well as pulse regime. The heating mechanism has been investigated under highly turbulent plasma conditions, when plasma parameters reached the following values: electron temperature $T_e \sim 100$ keV, hot electron density $n_e \sim 1 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-3}$, overall density $n \sim 10^{12} - 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ and plasma lifetime $\tau \sim 0.1$ s.

Based on the investigation results, one can draw the conclusion that in the magnetic trap there occurs heating of beam as well as plasma electrons. Different types of oscillations are responsible for the electron heating in the two regimes: in the first regime—helical-type oscillations (or oscillations approaching their frequency), in the second regime—oscillations approximating the electron-cyclotron frequency and which vary stochastically.

The observed complexity and variety of the different processes accompanying highly turbulent heating are in close agreement with non-linear theory of turbulent plasma heating. (12 figures, 31 references).

UDC 621.039.517.5

Yamnikov V. S., Malanchenko L. L. and Solyani V. I. The Effect of a Change in Non-Uniform Energy Release in Thermal Reactor Fuel on the Temperature Distribution in the Fuel Element.—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 269.

There is obtained an analytical solution of the heat-transfer equation for the cladding and fuel of a cylindrical fuel element, taking into account non-uniform energy release distribution across the fuel due to plutonium accumulation in the outer layers. An approximation for the probability distribution of avoiding resonance absorption over the fuel radius, permitting the energy release redistribution to be calculated, is derived.

As an example, the heat calculation for a ВВЭР-1000 fuel element is presented. The fuel temperature is shown to decrease as a result of plutonium accumulation (4 figures, 5 references).

UDC 621.039.553.36; 620.193.47.7

Gerasimov V. V., Gromova A. I., Belous V. N., Gosteva V. A. and Feldgandler E. G. On the Use of Ferritic-Austenitic Steels in Nuclear Power Engineering.—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 273.

Corrosion behavior of ЭП-53, ЭП-54, ЭП-214 and ЭП-26 ferritic-austenitic steels during nuclear reactor operation is considered in this paper. The feasibility of using these steels in reactor engineering instead of X18H10T steel is shown. (1 figures, 7 tables, 17 references).

UDC 539.125.523.5

Medvedev Yu. A., Metelkin E. V. and Trukhanov G. Ya. The Moderation of Neutrons in the Presence of Inelastic Scattering.—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 277.

The authors have investigated analytically the retardation of neutrons taking into account inelastic scattering in a heavy ($M \gg 1$, where M is the mass number of the moderator nucleus), infinite, homogeneous medium from a stationary, uniformly distributed source. The obtained results are applicable for most materials used in reactor construction. (3 references).

UDC 539.185

Aleksandrova Z. A., Bolshov V. I., Kuznetsov V. F., Smirenkin G. N. and Tarasenko M. Z. Prompt Neutron Spectra for Spontaneous Fission of ^{252}Cf , ^{244}Cm and ^{240}Pu .—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 228.

The authors have determined prompt neutron spectra for spontaneous fission of ^{252}Cf , ^{244}Cm and ^{240}Pu in the neutron energy interval 1-14 MeV using a single-crystal scintillation spectrometer based on stilbene with time discrimination of gamma-quanta release. The results exhibit a Maxwellian-type distribution. For these three isotopes, the parameters of this distribution are determined and compared with data given in the literature. (1 figure, 2 tables, 18 references).

UDC 539.125.5.173

Anufriev V. A., Gavrilov V. D., Zamyatin Yu. S. and Ivanenko V. V. Effective Neutron Absorption Cross-Sections for Californium, Einsteinium and Fermium Nuclei in the Central Channel of a CM-2 Reactor.—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 286.

In the central channel of a CM-2 reactor, the effective neutron absorption cross-sections for ^{252}Cf , ^{253}Cf and ^{253}Es nuclei have been measured and estimates made for ^{254}Cf , ^{254}Es and ^{254}Fm nuclei. The methods used are described and factors affecting accuracy of results analyzed. It is noted that the experimental values of $\sigma_{n\gamma}^{252}\text{Cf} = (63 \pm 9) \text{ b}$, $\sigma_{nf}^{253}\text{Cf} = (5300 \pm 950) \text{ b}$ and $\sigma_{n\gamma}^{253}\text{Es} = (980 \pm 90) \text{ b}$ significantly exceed values for other reactors. (5 figures, 1 table, 10 references).

UDC 621.039.548.535

Ioltukhovskii A. G. Certain Aspects of Interaction Between Cladding Steels and Sodium Coolant.—*Atomnaya energiya*, 1974, v. 36, p. 291.

This review paper examines various aspects of the behavior of stainless chromium-nickel steel in contact with sodium in the temperature range 500-800°C—selective removal from the steel of components (Ni, Cr, Fe, Mn, C, N etc.) and the effect of testing conditions on this process, interaction between steels and sodium impurities (C, N, O) etc. In addition, the paper shows that a variation in the chemical composition of austenitic steel as a result of removal of components is accompanied by the appearance of α -ferrite in the steel structure, accelerated precipitation of the σ -phase along the grain boundaries, sodium penetration into a specimen etc., as well as by a sharp decrease of rupture strength in case of appreciable corrosion of steel or removal of carbon and nitrogen. In sodium with carbon or nitrogen impurities, steels are carburized or nitrided and their ductility is lowered. (7 figures, 56 references).