

Рис. 4. Температурная зависимость окисления графита при различной концентрации O₂, полученная с помощью электронных микровесов.

приводит к расширению кинетической стадии и к возрастанию абсолютной величины скорости окисления.

Аналогичные результаты были получены при исследовании скорости окисления на электронных микровесах (рис. 4) при скорости газа 3 см/сек. Различие заключается лишь в том, что диффузионная область здесь начинается почти на 100° С позже, чем на предыдущих рисунках. Возможно, влияет то, что на кривой окисления фиксируется не только химическое окисление, но и эрозия графита. Кажущаяся энергия активации E , определенная по тангенсу угла наклона из рис. 2, 4, меняется от 0 до 30 ккал/моль. Характер изменения величины E хорошо согласуется с известными данными [3, 4].

Порядок реакции, определенный для температур 450—700° С из графиков $\lg v - \lg C$ (рис. 3), оказался переменным. При этом интервал концентраций O₂, соответствующий нулевому порядку реакции, уменьшается с ростом температуры.

Полученные экспериментальные результаты можно использовать для прогнозирования срока службы графитовой вкладки в соответствии с заданным режимом газовой продувки.

Поступило в Редакцию 14/VI 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Гончаров. «Атомная энергия», 3, 398 (1957).
2. В. А. Павленко. Газоанализаторы. М.—Л., «Машиностроение», 1965.
3. А. С. Предводителев и др. Горение углевода. М., Изд-во АН СССР, 1949.
4. Реакции углерода с газами. Под ред. Е. С. Головиной. М., Изд-во иностр. лит., 1963.

О применении неорганических электроизоляционных материалов в реакторах

Н. А. АСЕЕВ

УДК 621.039.553:621.315.6

Имеющиеся сведения о величине проводимости [1—3] и особенностях поведения [4, 5] неорганических изоляторов под облучением недостаточны для проектирования измерительных систем при внутриканальных экспериментах и для оценки точности различных датчиков, которыми оснащается реактор. В связи с этим было исследовано поведение некоторых неорганических диэлектриков в каналах реактора СМ-2.

Проводимость твердых диэлектриков измерялась с помощью схемы с охранным электродом на дисковых образцах диаметром 32—35 мм и толщиной 1—2,5 мм. Образцы закладывались в специальные измерительные ячейки. Проводимость стекловолокна измерялась на кабеле с толщиной изоляции 1,5 мм. В результате получены зависимости удельной проводимости (σ_V) керамики от интенсивности реакторного излучения, тем-

пературы при постоянной интенсивности излучений и интегральной дозы быстрых нейтронов (рис. 1—3), а также зависимость сопротивления изоляции стекловолокна от температуры при постоянной интенсивности излучений (рис. 4).

Удельная проводимость всех исследовавшихся диэлектриков с ростом интенсивности реакторного излучения увеличивается примерно по линейному закону [1, 3], причем имеется область, в которой проводимость зависит от температуры незначительно и полностью определяется ионизацией. Размер и расположение этой области по шкале температур зависят от энергии активации носителей при термической ионизации. С повышением температуры вклад ионизации снижается. Характер зависимости удельной проводимости керамики MgO и МГ-2 от интегральной дозы быстрых нейтронов

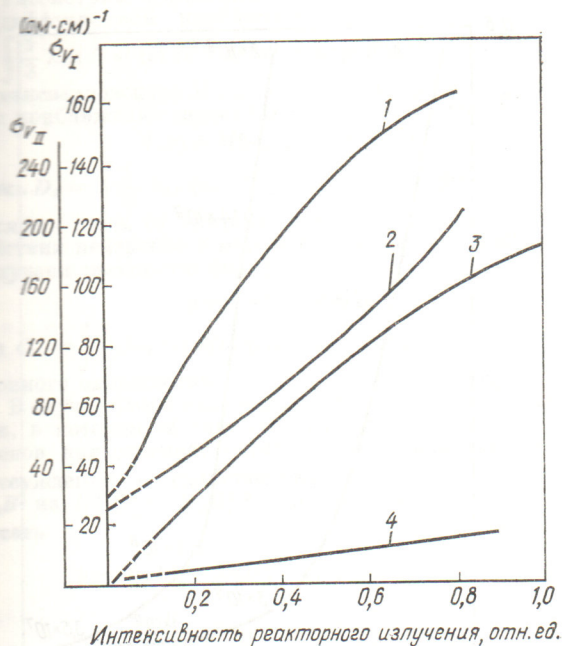


Рис. 1. Зависимости удельной проводимости керамик от интенсивности излучений:

1, 3, 4 — МГ-2, MgO, М-23 соответственно [$t_{обл} = 35 \div 85^\circ\text{C}$; 1 отн. ед. соответствует мощности дозы γ -излучения 10^5p/сек , потокам нейтронов $5,5 \cdot 10^{12} \text{нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ (быстрых), $4 \cdot 10^{13} \text{нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ (тепловых)]; 2 — Al_2O_3 [$t_{обл} = 40 \div 200^\circ\text{C}$; 1 отн. ед. соответствует мощности дозы γ -излучения $6,5 \cdot 10^5 \text{p/сек}$, потокам нейтронов $3,2 \cdot 10^{14} \text{нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ (быстрых), $3,2 \cdot 10^{14} \text{нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ (тепловых)]. Шкала ординат σ_{VI} — для кривых 1, 3, 4 ($\sigma_{VI} \times 10^{-14}$, $\sigma_{VI} \times 10^{-12}$, $\sigma_{VI} \times 10^{-12}$ соответственно); шкала ординат σ_{VII} — для кривой 2 ($\sigma_{VII} \times 10^{-12}$).

подтверждает влияние на проводимость нейтронного облучения [2].

Следует отметить еще одну особенность работы диэлектриков в реакторе, связанную с возникновением объемного заряда в результате вылета электронов при β -распаде [4, 5]. Условия компенсации объемного заряда зависят от электрофизических характеристик диэлектрика и окружающей среды. При облучении интенсивным потоком тепловых нейтронов в керамике, содержащей окислы активируемых металлов, возникает существенный объемный заряд. Ток компенсации этого заряда может протекать по элементам датчика и измерительной схемы, внося дополнительную погрешность в измерения. При измерениях проводимости диэлектриков наличие объемного заряда, создающего значительные потенциалы на электродах, приводит к тому, что величина проводимости зависит от полярности приложенного напряжения (см. рис. 3).

На рис. 5 приведены зависимости потенциала жил, изолированных фарфором М-23 и стабилизированным полиэтиленом, от температуры при постоянной интенсивности реакторного излучения. Эффект возникновения потенциала необходимо учитывать при применении измерительных схем с большим входным сопротивлением.

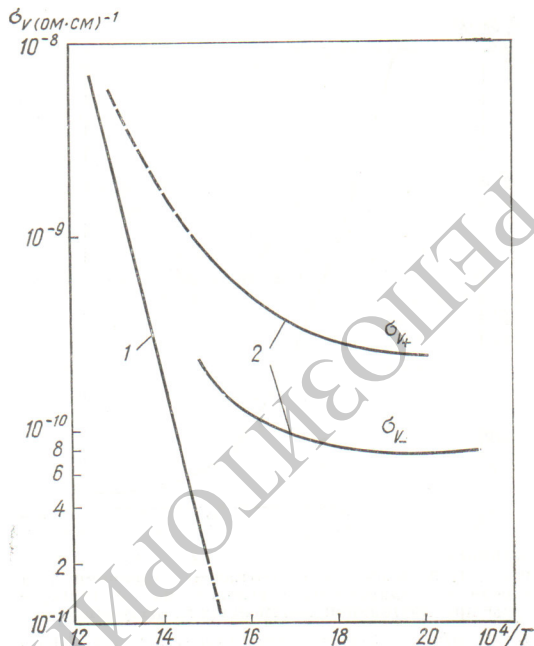


Рис. 2. Зависимость удельной проводимости Al_2O_3 от температуры:

1 — в лабораторных условиях; 2 — в реакторе при постоянной интенсивности излучения [$6,5 \cdot 10^5 \text{p/сек}$, $3,2 \cdot 10^{14} \text{нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ (быстрых), $3,2 \cdot 10^{14} \text{нейтр/см}^2 \cdot \text{сек}$ (тепловых)]. σ_{V+} — удельная проводимость при положительной полярности высоковольтного электрода, σ_{V-} — то же при отрицательной полярности.

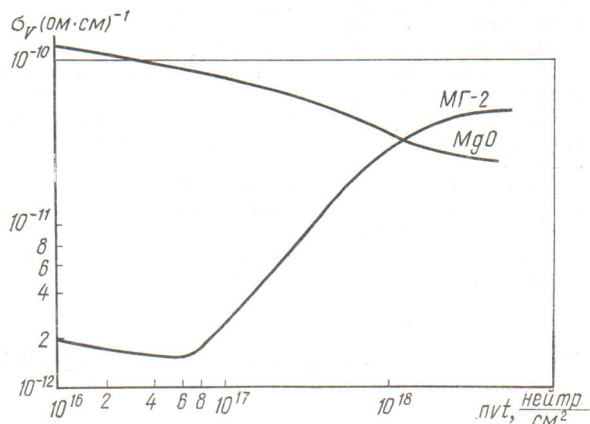


Рис. 3. Зависимость удельной проводимости от интегральной дозы nvt быстрых нейтронов ($t_{обл} = 100^\circ\text{C}$).

Результаты испытаний неорганических диэлектриков позволяют сделать следующие выводы.

1. Ионизационная удельная проводимость имеет довольно низкую величину даже при облучении реакторными потоками высокой интенсивности [мощность

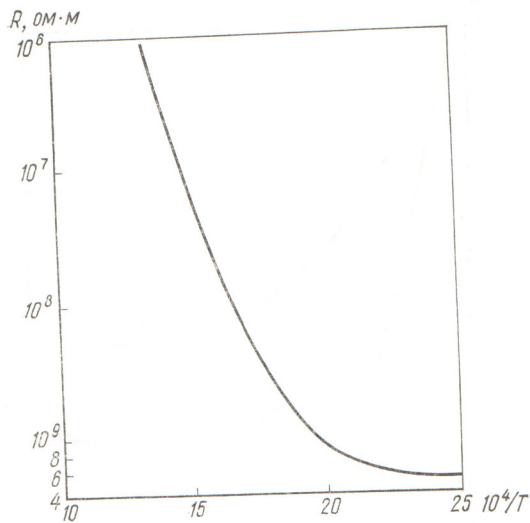


Рис. 4. Зависимость сопротивления изоляции 1 м кабеля с изоляцией из стекловолкна от температуры при постоянной интенсивности излучений: $3 \cdot 10^5$ р/сек, $3 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек, (быстрых), $2 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек (тепловых).

дозы γ -излучения $6,5 \cdot 10^5$ р/сек, потоки нейтронов $3,2 \cdot 10^{14}$ нейтр/см²·сек (быстрые), $3,2 \cdot 10^{14}$ нейтр/см²·сек (тепловые)]. Поэтому решающее значение для характеристик изоляции датчиков будут иметь негерметичные места соединений изоляторов и микротрещины в изоляционных слоях, полученных методами напыления. Проводимость газовых зазоров достигает величин $10^{-4} - 10^{-6}$ (ом·см)⁻¹.

2. С увеличением интегральной дозы проводимость диэлектриков изменяется, причем изменения могут быть разных знаков.

3. При высоких температурах проводимость диэлектриков определяется в основном термической ионизацией.

4. При выборе изоляционного материала необходимо учитывать возможное влияние эффектов, связанных с возникновением зарядов. В датчиках слабых токов следует избегать применения изоляторов и измерительных жил, содержащих активирующиеся изотопы.

Заметки о диффузии нейтронов в среде с каналами

И. И. ЛАЛЕТИН

Коэффициент диффузионного охлаждения при анизотропной диффузии. Баланс нейтронов в перемножающем блоке в отсутствие источников можно записать в виде

$$-\frac{d\bar{n}}{dt} = \Pi + Y,$$

где $\bar{n} = \frac{\int n(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) d\mathbf{r}d\mathbf{v}}{V}$, $n(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$ — поток нейтронов скорости v ; V — объем блока; Π — поглощение

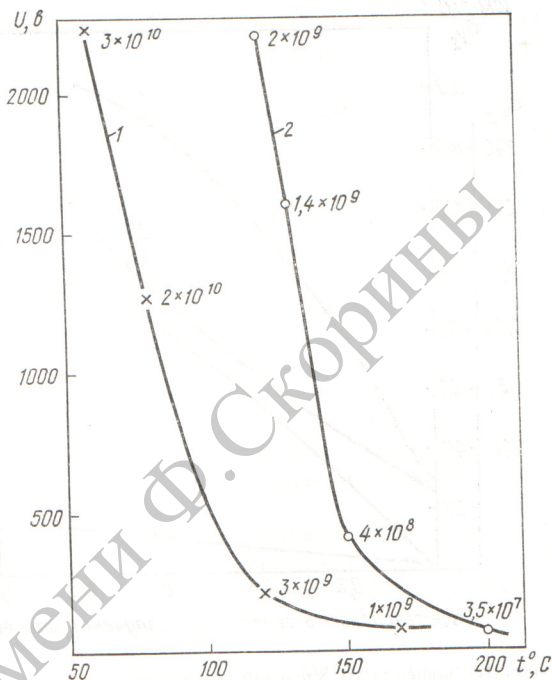


Рис. 5. Зависимости потенциала жилы от температуры:

1 — полиэтилен, интенсивности 10^6 р/сек, $5,5 \times 10^{12}$ нейтр/см²·сек (быстрых), $4 \cdot 10^{13}$ нейтр/см²·сек (тепловых); 2 — фарфор, интенсивности $5 \cdot 10^5$ р/сек, $2,5 \times 10^{14}$ нейтр/см²·сек (быстрых), $2,5 \cdot 10^{14}$ нейтр/см²·сек (тепловых). Цифры у точек соответствуют уровню изоляции в омах.

Автор выражает благодарность В. А. Цыканову, Б. В. Самсонову и Н. С. Костюкову за помощь в проведении экспериментов и обсуждение результатов.

Поступило в Редакцию 14/V 1971 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. М. Бул. «Физика твердого тела», 3, 2264 (1961).
2. Ю. К. Гуськов, В. Ф. Сачков. «Атомная энергия», 6, 204 (1959).
3. I. Сагу, М. Дэвис. Nucl. Sci. and Engng, 21, 30 (1965).
4. В. В. Громов. «Атомная энергия», 26, 250 (1969).
5. В. Г. Бару, Ф. Ф. Волькенштейн. «Изв. АН СССР. Серия химическая», № 11, 1936 (1964).

УДК 539.125.52

нейтронов в единице объема в единицу времени; Y — утечка нейтронов в единицу времени, отнесенная к единице объема. После установления основной гармоникой и разделения пространственных, энергетической и временной переменных $\Pi = (v\Sigma_a)_0 \bar{n}$, где Σ_a — макроскопическое сечение поглощения материала блока, имеем $Y = y\bar{n}$;

$$-\frac{d\bar{n}}{dt} = [(v\Sigma_a)_0 + y]\bar{n}, \quad n = n_0 e^{-\alpha_0 t}, \quad \alpha_0 = (v\Sigma_a)_0 + y.$$