

ТРАНСФОРМАЦИЯ СПЕКТРОВ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗА ПОГЛОТИТЕЛЯМИ РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

В. А. ВОРОБЬЕВ, Г. П. СОКОЛОВ

(Представлена научным семинаром лаборатории диэлектриков и полупроводников)

Предложено разделить возможные методы радиационной дефектоскопии на методы, основанные на амплитудной модуляции потока излучения, научной основой которых является изменение коэффициента ослабления и методы, основанные на частотной модуляции потока излучения при прохождении через поглотитель, содержащий включение [1]. Научной основой методов, основанных на частотной модуляции, является относительное изменение спектрального состава излучения при отражении его от дефекта или прохождении через него по сравнению с изменением спектрального состава излучения, прошедшего сечение объекта, не содержащее дефекта.

В связи с указанной классификацией проводится систематическое исследование спектров излучения при прохождении через однородные и неоднородные тела.

При прохождении электромагнитного излучения с непрерывным спектром через поглотитель, вследствие дисперсии и возникновения потоков вторичного излучения, изменяется спектральный состав излучения. Фильтрация тормозного излучения при прохождении его через поглотитель должна учитываться в радиационной физике, радиационной дефектоскопии и радиационной терапии, так как поглощение излучения средой, вследствие зависимости коэффициентов ослабления от энергии излучения [2], будет различным для спектров разного состава [3, 5].

Изменение спектрального состава в зависимости от какого-нибудь параметра поглотителя при прохождении излучения через вещество называем трансформацией спектра излучения в зависимости от данного параметра.

При прохождении узкого пучка тормозного излучения [2] изменение спектрального состава обуславливается относительно большим поглощением квантов с меньшей энергией [3], вследствие чего происходит относительное обогащение потока квантами с большей энергией [4, 5].

Имеющиеся в литературе данные о изменении спектрального состава тормозного излучения относятся к металлам: алюминию, меди [5] и воде [6, 7] и ограничиваются исследованием формы спектра в зависимости от толщины поглотителя. Представляет интерес исследовать

закономерности трансформации спектров тормозного излучения в зависимости от химического состава и толщины поглотителей.

Исследование трансформации спектра электромагнитного излучения при его прохождении через поглотитель может быть выполнено теоретически на основе законов взаимодействия излучения с веществом для энергий, составляющих данный спектр [3, 4]. Трансформация спектров может быть также исследована экспериментально путем снятия спектров с помощью спектрометров [11, 3].

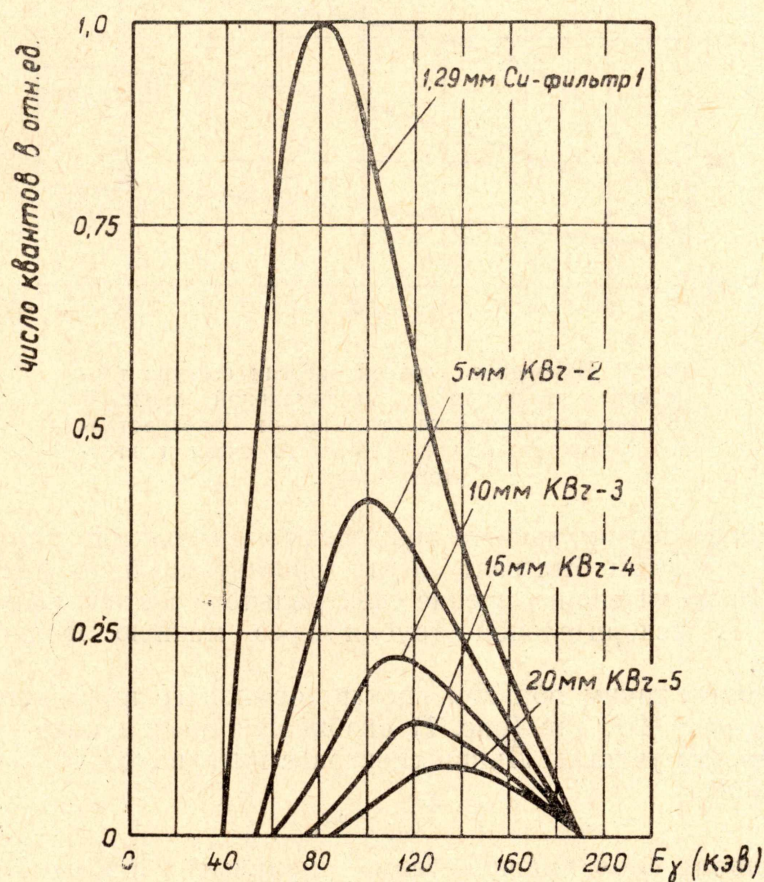


Рис. 1. Трансформация спектра тормозного излучения с максимальной энергией 180 кэВ, отфильтрованного медной угольной толщиной 1,29 мм в зависимости от толщины монокристалла бромистого калия.

В данной работе нами были применены оба метода исследования трансформации спектров.

В качестве материалов для исследования выбраны монокристаллы щелочно-галогидных солей: хлористый калий, бромистый калий и иодистый калий. Выбор щелочно-галогидных кристаллов объясняется следующими причинами:

1. Из щелочно-галогидных кристаллов могут быть изготовлены однородные образцы высокой чистоты и с известной анизотропией.
2. Простые кристаллические решетки щелочно-галогидных кристаллов удобны для анализа, теоретических исследований и простой трактовки результатов.
3. Физические свойства этих соединений изучены подробно [8]. Характер изменения физических свойств кристаллов под действием излучения исследован [9] и может быть учтен с необходимой точностью.

4. При переходе от одного состава к другому могут быть созданы условия, когда заменяется только одна из компонент в соединении, что дает возможность исследовать зависимость трансформации спектра от химического состава.

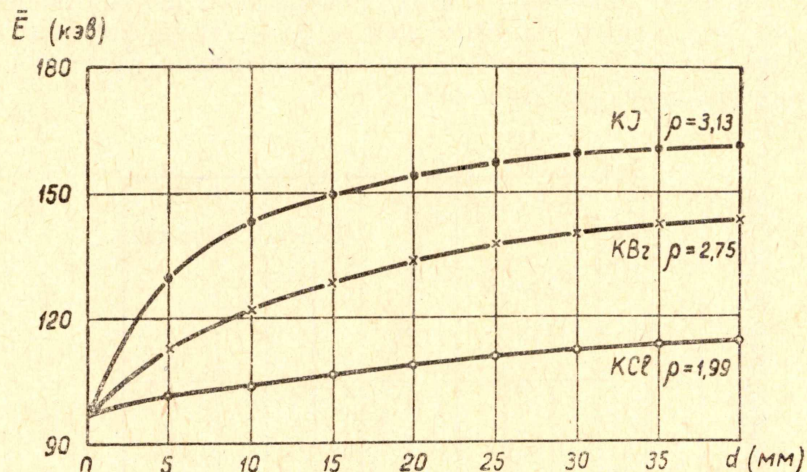


Рис. 2. Изменение средней энергии спектра тормозного излучения с максимальной энергией 180 кэв в зависимости от толщины монокристаллов хлористого калия, бромистого калия и иодистого калия.

При теоретическом расчете трансформации спектра тормозного излучения за исходный был взят спектр, рассчитанный по формуле Крамерса [10]. Было учтено изменение спектрального состава излучения при выходе его из ускорительной трубки через медную фольгу толщиной 1,29 мм.

Полученный таким образом спектр тормозного излучения с максимальной энергией 200 кэв (рис. 1) разбивался на двадцать участков по 10 кэв в каждом участке. Линии спектра с интервалом 10 кэв ослаблялись по закону

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}, \quad (1)$$

где x — толщина слоя монокристалла, например, бромистого калия.

Таковыми расчетами были получены спектры тормозного излучения после прохождения слоя толщиной 5, 10, 15 и 20 мм. На рис. 1 по оси абсцисс отложена энергия квантов тормозного излучения в килоэлектроновольтах, по оси ординат — число квантов каждой энергии в относительных единицах, рассчитанных по формуле (1).

Экспериментальное исследование трансформации спектра при прохождении тормозного излучения через вещество проводилось с помощью сцинтилляционного спектрометра фотопоглощения [11, 12].

Для характеристики трансформации спектра нами было предложено использовать среднюю энергию спектра $\bar{E}_x$, определяемую по формуле:

$$\bar{E}_x = \frac{\int_0^{E_{\max}} N(E, x) E dE}{\int_0^{E_{\max}} N(E, x) dE}, \quad (2)$$

где $N(E, x)$ — число квантов с энергией E в спектре после прохождения через поглотитель толщиной x .

Средняя энергия представляет собой частное от деления величины интегральной энергии на выходе из поглотителя на число вышедших квантов.

Результаты вычислений представлены на рис. 2, где по оси абсцисс отложена толщина поглотителя в мм, по оси ординат — средняя энергия на один квант в спектре после прохождения поглотителя данной толщины.

На рис. 3 по оси абсцисс отложена толщина поглотителя в мм, по оси ординат — энергия в максимуме спектра.

Из рис. 2 и 3 видно, что фильтрация потока тормозного излучения в узком пучке с увеличением толщины поглотителя идет в сторону обогащения потока квантами относительно большей энергии, как и наблюдалось для алюминия [5].

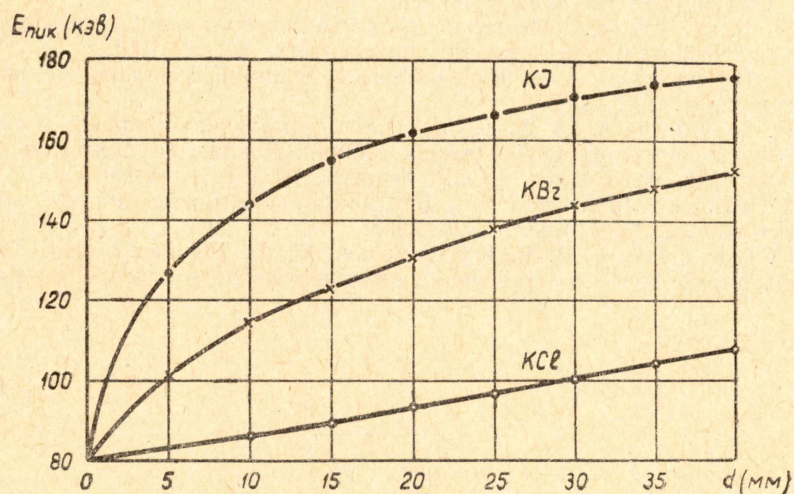


Рис. 3. Смещение пика в спектре тормозного излучения с максимальной энергией 180 кэВ в зависимости от толщины монокристаллов хлористого калия, бромистого калия и иодистого калия.

Нами показано, что с увеличением толщины фильтрующего слоя растет средняя энергия и положение максимума спектра проходящего излучения сдвигается в сторону больших энергий. Наибольшая скорость роста средней энергии с увеличением толщины кристалла иодистого калия, у которого эффективный атомный номер больше, чем у хлористого калия и бромистого калия.

С увеличением толщины поглотителя уменьшается массовый коэффициент ослабления узкого пучка тормозного излучения в данных соединениях как измеренный экспериментально, так и рассчитанный для средней энергии по снятым экспериментально спектрам.

Скорость спада коэффициентов ослабления тормозного излучения с максимальной энергией от 10 кэВ до 30 МэВ, измеренных нами с толщиной поглотителя, наибольшая для иодистого калия. С ростом эффективного атомного номера вещества поглотителя увеличивается фильтрация излучения от мягкой компоненты. Скорость изменения средней энергии, коэффициента ослабления и смещения положения максимума спектра с толщиной поглотителя при увеличении толщины убывает, и кривые (рис. 2 и 3) стремятся к насыщению. Крутизна кривой и толщина поглотителя, начиная с которой коэффициент ослабления и средняя энергия, которой он соответствует, сохраняются неизменными, определяется энергией излучения, химическим составом поглотителя и площадью поперечного сечения пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Воробьев. Доклад на научном семинаре проблемной лаборатории ЭДиП, ТПИ, 25/IX 1963 г.
 2. О. И. Лейпунский, Б. В. Новожилов, В. Н. Сахаров. Распространение гамма-квантов в веществе. Гос. изд. физико-математической литературы, М., 1960.
 3. О. В. Богданкевич, Ф. Л. Николаев. Работа с пучком тормозного излучения, Атомиздат, М., 1964.
 4. А. В. Бибергаль, У. Я. Маргулис, Е. И. Воробьев. Защита от рентгеновских и гамма-лучей. Медгиз, 1955.
 5. Ф. Н. Хараджа. Общий курс рентгенотехники, Госэнергоиздат, 393, 1956.
 6. Геттингер. Спектры первичного и вторичного излучения. Экспериментальные исследования с применением сцинтилляционного спектрометра (перевод с английского), 1960.
 7. D. V. Cormack. Spectral distributions in a medium irradiated with X-or gamma-rays. Raport. IX Congress Radiology published. 1960.
 8. А. А. Воробьев. Физические свойства ионных кристаллических диэлектриков, книга 1—2, Издательство Томского университета, Томск, 1961.
 9. Б. В. Будылин, А. А. Воробьев. Действие излучения на ионные структуры, Госатомиздат, М., 1962.
 10. В. И. Горбунов, В. Б. Кузнецов. Выбор оптимальной толщины усиливающей фольги в рентгенографии больших толщин. Доклад на международной конференции по контролю материалов, ЧССР, Жилина, 1964 (в печати).
 11. N. Starfelt. Improved Na j Scintillation spectrometer for the study of continuous X-rays spectra. Nucl. Instr. 3, 25, 1958.
 12. В. И. Горбунов, В. Б. Кузнецов, Ю. Б. Янкилевич. Сцинтилляционный спектрометр для исследования рентгеновского излучения, Известия ТПИ (в печати).
-