

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Н. Л. ТЕРЕНТЬЕВ, В. Т. ШКАТОВ

(Представлена семинаром лаборатории РАС НИИ ФТТ)

Метод термического высвечивания (ТВ), или термолюминесценции (ТЛ), в настоящее время получил широкое распространение, так как он позволяет при помощи сравнительно простых средств изучать самые разнообразные явления, связанные с локализацией электронов на уровнях захвата. Обычно метод ТВ применяется для изучения электронно-дырочных процессов в твердых телах параллельно с оптическими методами. Но в ряде случаев оптические методы не могут быть применены (при исследовании порошков и непрозрачных веществ). В таких случаях применение метода ТВ особенно важно.

Механизм термолюминесценции состоит в освобождении электронов с уровней захвата и в переводе их в зону проводимости за счет подводящей извне тепловой энергии. Обычно применяют нагревание образца с постоянной скоростью [1], [2].

Погрешность определяемых из кривых ТВ параметров зависит от точности установки линейной скорости нагрева. Кроме того, нагревательное устройство должно позволять от опыта к опыту изменять скорость нагрева в широких пределах.

При разработке установки для изучения кривых ТВ мы вынуждены были отказаться от описанных в литературе методов регулирования температуры либо из-за невысокой точности, либо из-за их дороговизны.

Созданная нами установка состоит из двух систем:

- 1) нагревательной системы,
- 2) фоторегистрирующей системы.

Блок-схема установки представлена на рис. 1. В качестве приемника светового излучения выбран фотоэлектронный умножитель ФЭУ-27, имеющий широкую область спектральной чувствительности (3000—4000 Å) и малый темповый ток ( $10^{-8}$  а) [3]. Электрический сигнал с выхода ФЭУ через катодный повторитель поступает на самопишущий многоточечный потенциометр, который одновременно записывает температуру образца и кривую термовысвечивания. Чувствительность фоторегистрирующего устройства оказалась  $\sim 10^{-9}$  а и вполне достаточной для исследования термолюминесценции чистых щелочно-галогенидных кристаллов.

## Терморегулятор

Терморегулятор обеспечивает нагрев по линейному закону в диапазоне температур от 300 до 550°K и позволяет варьировать скорость нагрева в диапазоне 1 ÷ 20°С/мин. В принципе он может быть применен для линейного нагрева и от температуры жидкого газа.

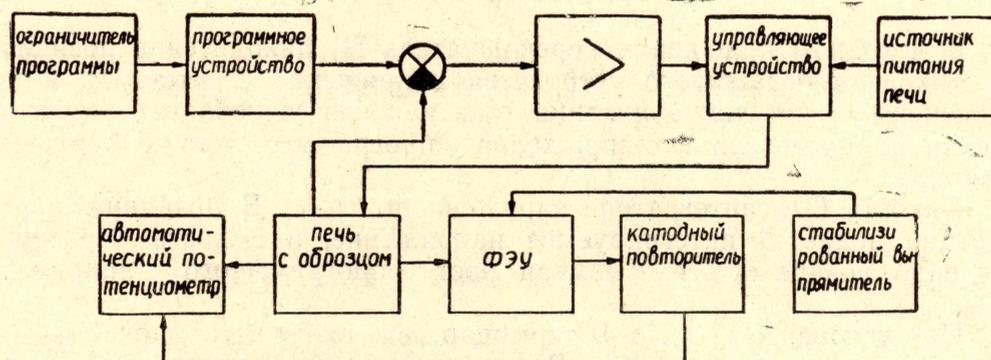


Рис. 1. Блок-схема установки термолюминесценции

Скорость нагрева при необходимости может быть изменена в процессе нагрева. Кроме того, схема позволяет в нужный момент перейти от линейного нагрева к стабилизации температуры на заданном уровне, а затем к последующему продолжению нагрева с той же скоростью. Время стабилизации и число остановок схемными возможностями не ограничены. Точность следования температуры заданному закону не хуже  $\pm 1,5\%$ .

Регулятор представляет собой электронную схему авторегулирования с программным управлением и содержит следующие основные элементы (рис. 1).

1. Программное устройство выполнено на основе электронного интегратора напряжения [4]. Оно выдает на схему сравнения линейно-возрастающее напряжение со скоростью, зависящей от величины интегрируемого напряжения, которое легко может быть изменено.

Следует отметить, что необходимость получения больших (1—2 часа) длительностей нагрева заставляет применять емкость  $C_1$  в интеграторе хорошего качества. В описываемой установке получена программа с нелинейностью в 1,5% при использовании масляно-бумажного конденсатора  $C_1 = 120 \text{ мкф}$  и  $U_{\text{раб.}} = 3 \text{ кВ}$ , хотя напряжение в схеме не превышает 200 в.

2. Схема сравнения вырабатывает сигнал рассогласования между напряжением программы и напряжением двух термопар, включенных последовательно. Одна из термопар имеет тепловой контакт с нагревателем печи, другая — с ее массой. Электрически же они изолированы.

Такое включение обеспечивает хорошую реакцию схемы на температуру печи и дает высокое качество регулирования.

3. Усилитель сигнала рассогласования, имеющий высокую чувствительность (10 ÷ 20 мкв), заставляет фазочувствительное управляющее устройство уверенно срабатывать даже от столь малого уровня. В данной установке используется стандартный усилитель от автоматического потенциометра.

4. Фазочувствительное устройство собрано на лампе 6П6С, в анодной цепи которой стоит регулирующее реле МКУ-48.

Особое внимание уделено конструкции печи. Нагреватель должен максимально плотно прилегать к латунной или медной основе печи, которая в свою очередь выполнена из соображений минимума температурных градиентов в кристалле.

### Работа регулятора

В исходном положении переключатель  $\Pi_1$  находится в позиции 1. На выходе программного устройства напряжение отсутствует, и печь отключена от источника питания (так как она включается только при некотором превышении напряжения программы над напряжением термопар).

Емкость  $C$  в интеграторе заряжена до  $U_{нач.}$ . В позиции 2 на интегратор подается интегрируемое напряжение, и емкость  $C$  начинает медленно дозаряжаться, вызывая рост программного напряжения ( $U_{прогр.}$ ).

При условии  $U_{прогр.} > U$  термопар печь включается, при  $U_{прогр.} < U$  термопар — отключается. В результате температура печи вынуждена следовать линейному закону.

Переход к стабилизации температуры осуществляется перемещением верхнего предела интегрирования на заданный уровень. Это достигается простым изменением анодного напряжения интегратора с помощью  $R_{12}$ . При достижении  $U_a$  установочного значения лампа интегратора запирается по аноду и чувствительный индикатор этого состояния ( $T_1$  и поляризованное реле РП-4) переключает вход интегратора с интегрируемого напряжения на напряжение фиксации. Если через некоторое время несколько увеличить  $U_a$  интегратора, снова появится анодный ток и реле РП-4 сделает обратное переключение. Нагрев будет продолжаться с той же скоростью, что и до остановки.

Установка проработала надежно в течение 11 месяцев.

### ЛИТЕРАТУРА

1. М. Л. Кац. Люминесценция и электронно-дырочные процессы в фотохимически окрашенных кристаллах щелочногалогенидных соединений. Изд. Саратовского университета, 1960.
2. Ч. Б. Луцки. Исследование центров захвата в щелочногалогенидных кристаллах. Тарту, 1955.
3. Н. А. Соболева, А. Г. Берковский, Н. О. Чечик, Р. Е. Елисеев. Фотоэлектронные приборы. «Наука», М., 1965.
4. Маркус Дж. Применение электронной автоматики. ИЛ., 1962.