Другой метод изучения колебаний поверхности основан на использовании стробоскопического эффекта. Для этого применяется источник света, модулированный с той же частотой, что и колебания поверхности (до $10^6$ *гц*). Получающиеся таким путём интерференционные полосы дают изображения мгновенного рельефа колеблющейся поверхности. Меняя фазовые соотношения между колебаниями поверхности и колебаниями интенсивности света, можно проследить изменение рельефа поверхности во времени.

Ряд таких мгновенных фотографий рельефа поверхности колеблющегося кристалла также приводится авторами. Видоизменяя расположение пластин интерферометра, в частности используя в качестве таковых обе поверхности кристалла, оказывается возможным изучать и объёмные волны в теле кристалла. Наконец, подобная методика может быть применена и для изучения механизма разрушения кристаллов в результате возрастания амплитуды их колебаний.

Реферируемая работа, так же как и остальные работы, развивающие этот метод, носит пока характер отрабатывания методики. Однако достигнутые результаты позволяют надеяться, что метод многолучевой интерферометрии окажется весьма полезным при изучении колебаний поверхностей.

*В. Юрьев*

---

# НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ *)

Выход люминесценции, т. е. отношение полной световой отдачи люминофора ко всему количеству подводимой энергии, зависит от температуры люминофора (причём выше некоторой температуры—для разных фосфоров различной—выход люминесценции с повышением температуры падает). Недавно появилось сообщение о применении этого эффекта для регистрации и фотографирования температурных полей (авторы называют этот метод «термографией»). Для этой цели нужны фосфоры особенно чувствительные к температурным влияниям — при повышении температуры на 1° С изменение яркости свечения должно быть не менее 5%. Автор реферируемой статьи пользовался главным образом фосфорами ZnCdS, активированными Ag и небольшим количеством Ni (порядка 10—40%). Содержание никеля определяет собой пределы температур, в которых можно применять данный фосфор. Исследования показали, что у таких люминофоров выход люминесценции сравнительно мал, так что термография с помощью люминофоров требует весьма мощных источников ультрафиолетовых лучей.

Разработаны два метода термографии — контактный и проекционный. В первом методе люминофор наносится в виде порошка на исследуемую поверхность, и эта поверхность равномерно освещается ультрафиолетовым светом. Распределение по исследуемой поверхности яркости видимого свечения люминесценции даёт наглядную картину распределения температуры. Если требуется количественный анализ, то полученное свечение фотографируют и, измеряя плотность почернения отдельных участков фотопластинки, находят распределение температуры. При обычных фотоматериалах разнице температур в 1° С соответствует различие в плотностях почернения около 0,08, которое легко обнаружить обычным фотометром. Рис. 1 показывает полученное таким образом распределение тем-

*) F. Urbach, Photographical Journal **90B**, 109 (1950).

пературы на тонком фосфоресцирующем экране, о который ударяется струя сжатого воздуха. В тёмных местах снимка температура выше (сжатие струи, трение), в светлых — она ниже (адиабатическое расширение). После фотографирования струи экран был отградуирован. Для этой цели он был приложен к телу с известной температурой и затем сфотографирован (при нескольких температурах). Плотности почернения негативов на этих снимках были измерены, и по ним построен график зависимости плотности почернения на фотоснимке экрана от температуры последнего. Зная подобную характеристику экрана, можно по снимку рис. 1 построить сетку изотерм (рис. 2). Для этой цели рядом с исследуемым негативом помещается ступенчатый оптический клин-пластинка с полосками различной, но заранее известной плотности почернения. Оба негатива — исследуемый и оптический клин — печатаются на одном листе высококонтрастной фотобумаги. Такого рода контактная печать производится несколько раз — с разными временами экспозиции. Очевидно, что контур изображения соответствует линии равной плотности почернения негатива, т. е. представляет собой изотерму. Остаётся определить, какой температуре соответствует каждая из таких изотерм. Это можно сделать с помощью описанного выше оптического клина. Замечая, какая наименее прозрачная полоска ещё заметна на фотобумаге при данной экспозиции, определяем, тем самым, плотность негатива вдоль контура изображения. Пользуясь графиком для плотности негатива как функции температуры, находим отсюда температуру вдоль контура. Полученная сетка изотерм показана на рис. 2, цифры на изотермах указывают температуру в градусах Цельсия.

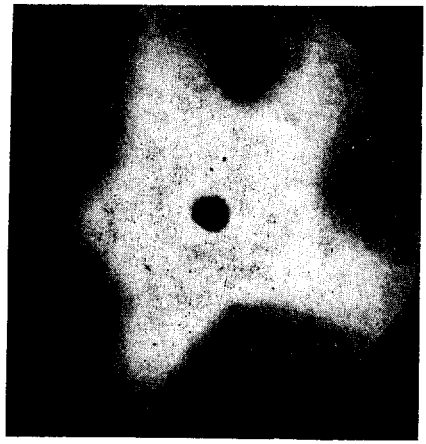

Рис. 1

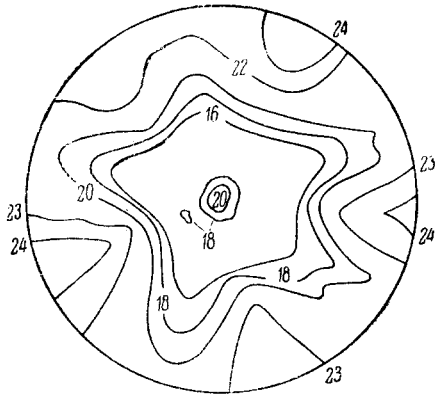


Рис. 2.

Можно не наносить фосфор на исследуемое тело, а накладывать специальную люминесцирующую ленту. Такие ленты предварительно калибруются при заданной интенсивности ультрафиолетового облучения. Чувствительность метода около 0,2° С.

В другом варианте термографии — проекционном методе—люминесцирующий экран помещается на некотором расстоянии от исследуемого тела

и нагревается тепловым излучением последнего. На рис. 3 показана схема одной из ранних установок подобного типа Фотографируется чайник с водой, нагреваемый до 100° С и так, что максимум интенсивности его излучения приходится на длины волн около 7 микрон. Изображение изучаемого тела фокусируется на экране с помощью зеркала Более нагретые части чайника излучают больше энергии, чем холодные Соответствующие места экрана нагреваются и потому кажутся тёмными; наоборот, более холодные части объекта кажутся на экране светлыми Изображение, образуемое на люминесцирующем экране, фотографируется обычным фотоаппаратом. Для защиты от рассеянного ультрафиолетового света перед объективом ставится фильтр, поглощающий ультрафиолет

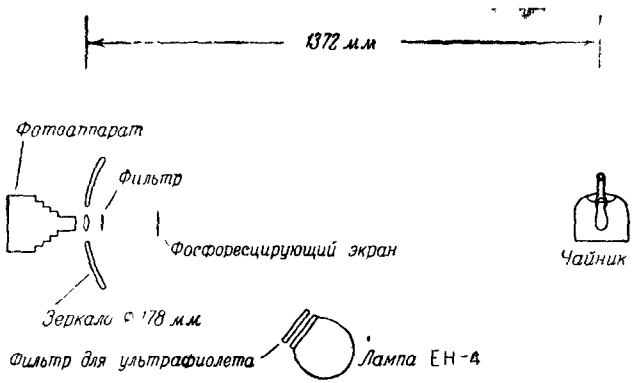


Рис. 3.

При термографии работают с высококонтрастной бумагой, и всякая неравномерность свечения экрана, вызванная не температурой, а иными факторами, сильно сказывается на качестве изображения. Поэтому пользуются специальным фильтром-«маской» — негативом снимка экрана, полученным в отсутствии нагретых предметов. Этот фильтр накладывают при печати на основной негатив Фотобумага фиксирует разность почернений фильтра и негатива, и потому неправильности экрана на готовом снимке незаметны. Один и тот же фильтр-«маска» служит для печати очень большого числа снимков. Таким методом получена фотография руки человека на рис. 4. Она снята с помощью излучения самой руки при комнатной температуре.

При разработке фосфоров для термографии встретилось существенное затруднение. Если фосфор высокочувствителен к температурным влияниям, то с повышением температуры его яркость быстро падает и он пригоден, таким образом, лишь для узкого интервала температур. Но тут приходит на помощь интересная особенность некоторых фосфоров. Максимум на кривой зависимости выхода люминесценции от температуры с ростом интенсивности возбуждения сдвигается в сторону более высоких температур. Меняя интенсивность возбуждающего ультрафиолетового света, можно изменять диапазон рабочих температур данного фосфора, заставив его реагировать с прежней максимальной чувствительностью на более высокие температуры. Метод термографии требует своего улучшения в двух направлениях: повышения чувствительности и получения более высокой разрешающей силы. Повысить чувствительность можно, уве-

личивая апертуру диафрагм, пользуясь широкими пучками. Но тогда изображение объекта на экране получается размытым и разрешающая сила падает. Другая причина размытости изображения уже не оптическая, а чисто температурная — теплопроводность экрана. Ограничивает разрешающую силу также и ещё одно обстоятельство, аналогичное шумам в электронике — разные размеры зёрен люминофора и неравномерность в распределении их по экрану; впрочем, метод фильтра-«маски» в некоторой степени это затруднение преодолевает.

Рис. 4.

По сравнению с термоэлектрическими методами измерения температуры и определения интенсивности инфракрасных лучей термографический метод обладает меньшей чувствительностью и к тому же бо́льшей инерцией. Инерция метода зависит от толщины и материала экрана. Для самых тонких из применявшихся экранов время образования изображения — порядка двух секунд. Существенное преимущество метода — возможность одновременно отобразить значительную площадь объекта, причём вся картина делается видимой сразу, без всякого рода сложных и дорогостоящих развёрток, как, например, в радиолокации (радиовидение). Представляется весьма существенным изучение спектральных характеристик метода для целей инфракрасной спектроскопии.

*М. Г.*

---

# ДИФФРАКЦИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ НА ЧАСТИЦАХ РАЗМЕРОМ 0,3 МИКРОНА

Специфические эффекты рассеяния рентгеновских лучей при малых углах (до 2°) подробно обсуждались в этом журнале [1]. Расчётом и экспериментом показано, что вблизи первичного луча имеет место распределение интенсивности рассеянного излучения, подобное тому, которое происходит при диффракции света от отверстия, если только рассеивающая система состоит из отдельных частиц размером от нескольких десятков до нескольких сотен ангстрем. За исключением одного случая [2], исследователи находили лишь размытие первичного луча, но не диффракционного кольца.

На рисунке показана полученная в недавно проделанной работе [3] картина рассеяния рентгеновских лучей при малых углах. На фотографии