

10.6. Люминесценция

Под этим понятием в физике обычно понимают процесс излучения веществами энергии в виде света; эту энергию они предварительно должны получить извне.

По характеру излучения люминесценция подразделяется на флуоресценцию (испускание света при возбуждении атомов или молекул) и на фосфоресценцию (послесвечение).

По характеру возбуждения люминесценция подразделяется на несколько видов; важнейшие из них:

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ. Обычно вызывается действием видимого или ультрафиолетового излучения. Ввиду того, что между возбуждением молекулы и ее люминесцентным высвечиванием проходит конечное время, возможно провести процесс тушения люминесценции.

КАОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение под действием электронного луча; несмотря на широкое применение, точный механизм генерирования свечения пока неизвестен.

ИОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение под действием ударов ионов. Для ионолюминесценции характерны процессы на поверхности; тяжелые ионы внутрь вещества не проникают. Почти все люминофоры под действием ионной бомбардировки быстро стареют.

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение под действием электрического поля. Свечение большинства электролюминофоров лежит в голубой или зеленой части спектра, использование селенита цинка дает люминофоры с желтым, золотистыми или белым свечением. Интенсивность свечения зависит от частоты поля.

ТРЕБОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение, возникающее при трении или ударе двух тел (например, сахар при раскалывания иногда светится). Теория, как и всех прочих трибоэффектов, точно не разработана.

ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение, на возбуждение которого расходуется часть энергии, выделяющейся при химических реакциях. Имеет некоторое отношение к биолюминесценции, которая в настоящее время замечена у 50 видов животных и двух растений.

КАНДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение некоторых веществ в пламени. Обусловлено, как правило, образованием возбужденных молекул при соединении атомов и радикалов (или ионов и радикалов) и последующем переходе молекулы в нормальное состояние с излучением кванта света. Кандолюминесценцию не следует отождествлять со свечением тел, нагретых пламенем.

РАДИОТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – свечение, возникающее при нагревании тел и резко усиливавшееся в случае предварительного облучения этих тел электронами или гамма-квантами.

Явление люминесценции применяется в настоящее время, в различных системах индикации. Например, методы люминесцентной дефектоскопии основаны на обнаружении дефектов при наблюдении люминесценции нанесенной на поверхность флуоресцирующей жидкости; люминесценция вызывается, как правило, облучением ультрафиолетовыми лучами (см. Карякин А.В. Люминесцентная дефектоскопия. -М.: 1959). Методами химического люминесцентного анализа возможно

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

определять содержание и свойства химических компонент смеси. Для усиления эффекта и в дефектоскопии, и в химическом анализе применяют адсорбирующие добавки, используя явление избирательной адсорбции. См. Сборник статей «Люминесцентный анализ». -М., 1961.

В люминесцентных приборах применяются люминофоры, в качестве которых выступают обычно кристаллофосфоры или некоторые органические вещества.\

По способу возбуждения люминесценции люминофоры делятся на электролюминофоры (электрическое поле), фотолюминофоры (свет), радиолуминофоры (ядерные излучения), катодолуминофоры (электронный луч) и т.д. Часто бывает, что одно и то же вещество способно люминесцировать при действии самых различных факторов.

Несмотря на то, что явление люминесценции известно давно, исследование его продолжается и в плане чисто технических поисков (новые люминофоры), так и при разработке новых методов издания строения вещества. Изучение радиотермолюминесценции органических материалов позволило создать новые методы изучения деформационных свойств полимеров, анализа химических смесей, изучения структурных изменений полимеров. В ИФХ АН СССР установлено, например, очень интересное и перспективное явление усиления радиотермолюминесценции при фазовых переходах в органических материалах.

А.с. 188129:

Флуоресцентный способ определения молекулярного веса полимеров, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и упрощения анализа,

молекулярный вес определяют по изменению интегральной интенсивности одной из полос спектра собственной люминесценции полимера.

А.с. 275497:

Способ изучения структурных превращений полимерных материалов по интенсивности и характеру люминесценции,

отличающийся тем, что, с целью упрощения и повышения точности, оценивают интенсивность и характер механолюминесценции, возбуждаемой при механических деформациях и разрушении полимерных материалов.

Хемилюминесценция использована фирмой «Ретингтон Армо» для создания искусственного источника света, действующего без генераторов, батарей и проводов. Свечение возникает под воздействием кислорода и регулируется скоростью, с какой он вступает в реакцию с активными химическими веществами. Яркость ламп зависит от температуры и влажности воздуха и от формы светящегося элемента (США).

А.с. 232500:

Способ получения стеклопластика путем термической обработки исходных компонентов, осуществляемой в печи,

отличающийся тем, что, с целью обеспечения автоматического контроля и регулирования готовности стеклопластиков,

измеряют интенсивность хемилюминесценции стеклопластика в процессе его термической обработки, по величине которой судят о готовности стеклопластика.

Патент США 3566114:

Описаны способ и устройство для обнаружения бактерий в атмосфере и определения их типа. Атмосферу освещают лучом ультрафиолетового света. Неживое вещество будет отражать свет, живые же организмы, например, бактерии, будут возбуждаться и люминесцировать. Предусмотрено устройство, расположенное рядом с источником света и предназначенное для того, чтобы воспринимать и дифференцировать отраженный и люминесцентный свет. Бактерии разных классов будут давать свечение с характерной для каждого класса длинной волны, по которой их можно определить.

А.с. 340966:

Способ определения остаточной влажности в сухих и лиофилизированных биологических продуктах,

отличающийся тем, что, с целью количественного определения остаточной влажности, ускорения анализа и оставления пробы интактной, пробу облучают видимым или ультрафиолетовым светом и измеряют интенсивность флуоресценции в флуороскопе.

Патент США 3261978:

Американским изобретателем Г. Бренманом изобретена светящаяся зубная паста. Это обычная зубная паста, в которую добавлено немного безвредных веществ, флюоридина или эритрозина, которые начинают светиться, если облучить пасту ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 3650 Å. Источником таких лучей может служить зубная щетка. В её ручке помещается маленькая батарейка и крохотная электрическая лампочка, закрытая светофильтром, пропускающим свет нужного спектрального состава. Почистив зубы, вы включаете лампочку и смотрите в зеркало. Остатки пищи видны сразу: они пропитались зубной пастой и светятся.

Патент США 3561271:

Ртутный термометр для облегчения считывания значений температур имеет внутренний канал с головкой, покрытой флуоресцирующим материалом. Когда канал не заполнен, плохо различим, а при заполнении ртутью канал становится ярким или блестящим. Деления на шкале и цифры могут также содержать яркие элементы для облегчения наблюдения за уровнем ртути.

А.с. 181823:

Способ бесконтактного измерения длины проката и скорости его движения в потоке при помощи устройства для нанесения физической метки и фотодатчика для регистрации метки,

отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерения длины и скорости проката и четкости нанесения физической метки искровым способом, применяют образующий лучистую энергию люминофор или иное легкоиспаряющееся вещество, регистрирующее физические метки, и светочувствительный элемент, улавливающий свечение метки.

А.с. 187080:

Электролюминесцентный знаковый индикатор с изменяющимся цветом свечения,

отличающийся тем, что, с целью управления цветом свечения воспроизводимых знаков,

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

в качестве одного электрода применен растровый экран, образованный чередующимися полосками люминофоров, имеющих различный цвет свечения и образующих две системы электродов гребенчатой формы, а в качестве второго электрода использованы фигурные проводящие пластинки, образующие различные комбинации цифр и знаков.

А.с. 256332:

Люминесцентный способ определения титана, основанный на изменении интенсивности люминесценции органических веществ, отличающийся тем, что, с целью повышения чувствительности и избирательности определения,

титан экстрагируют хлороформом в виде тройного комплексного соединения в присутствии перекиси водорода и оксихинолином в присутствии избытка перекиси водорода, экстракт промывают разбавленной серной кислотой и перемишивают с водным раствором тетрафенилбората натрия в присутствии разбавленной серной кислоты с последующим измерением интенсивности люминесценции полученного оксихинолината дифенилборила.

А.с. № 256332 представляет собой очень изящное решение: титан не люминесцирует, поэтому его объединяют с веществом, обладающим люминесценцией, которую и измеряют (при первом и втором чтении этого А.с. не следует стремиться к пониманию всех входящих в него терминов Ю.Г.).

Патент США 3562525:

В приборе, использующем флюоресценцию под действием рентгеновского излучения, пучок рентгеновского излучения разделяется на две части для одновременного облучения покрытия и подложки и эталонного образца. Каждый из этих облучаемых объектов генерирует характеристическое флюоресцентное излучение под действием рентгеновского излучения одного из пучков.

Прибор имеет пару детекторов, регистрирующих характеристическое флюоресцентное излучение.

А.с. 274486:

Анализатор кислорода, содержащий чувствительный элемент и регистрирующее устройство,

отличающийся тем, что, с целью расширения области рабочих давлений исследуемого газа,

чувствительный элемент выполнен в виде электролюминесцентной ячейки с люминофором из окиси тантала, а в качестве регистрирующего устройства использован фотоэлектронный умножитель.

А.с. 186366:

Способ контроля отслоения и обрушения кровли камер, отличающийся тем, что, с целью упрощения и повышения безопасности работ,

в предварительно пробуренные в кровле камер скважины закладывают нанесенные на наполнители люминесцирующие вещества с последующим освещением обрушившихся пород источниками света, и по наличию люминесцирующих веществ в обрушенной породе судят о состоянии кровли.

Ниже приводимые авторские свидетельства №277805 и №331271 – пример применений одного и то же решения к разным задачам; правда, решение по а.с.

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

331271 более изящно – сварочная дуга сама является возбудителем люминесценции.

А.с. 277805:

Способ обнаружения неплотностей в холодильных агрегатах, заполняемых фреоном и маслом преимущественно домашних холодильников, отличающийся тем, что, с целью повышения точности определения мест утечек,

в агрегат вместе с маслом вводят люминофор, освещают агрегат в затемненном помещении ультрафиолетовыми лучами и определяют места утечек по свечению люминофора в просачивающемся через неплотности масле.

А. с. 331271:

Способ контроля герметичности сварных изделий с помощью люминофора, при котором изделие направляют ультрафиолетовый лучи и судят о герметичности по свечению люминофора,

отличающийся тем, что, с целью повышения производительности путем осуществления контроля непосредственно в процессе сварки,

люминофорную суспензию наносят на внутреннюю поверхность свариваемых деталей перед сваркой, а в качестве источника ультрафиолетовых лучей используют сварочную дугу.

А.с. 330378:

Способ определения глубины разрушения материала агрессивным реагентом путем нанесения на плоскость поперечного среза образца вещества-индикатора,

отличающийся тем, что, с целью повышения точности определения и выяснения плотности разрушенного слоя материала по глубине,

на срез образца наносят вещество-индикатор – жидкий люминофор, облучают исследуемую поверхность излучением, вызывающим свечение люминофора, и вымеряют толщину светящейся зоны по краю среза.

Патент США 3557015:

Патентуются жидкие индикаторные составы, например смачивающие реагенты, кроющие составы или составы для маркировки, в которых одновременно используют флуоресцирующий и нефлуоресцирующий индикаторные красители. Красители образуют два разных слоя неодинаковой чувствительности, так, что резкая толщина этих слоев позволяет четко различить разницу между флуоресцирующим и нефлуоресцирующим цветом. Составы особенно удобно использовать в «смачивателях двойной чувствительности», например, когда относительно большие поверхностные трещины становятся видимыми благодаря окрашиванию нефлуоресцирующими цветными индикаторами, а микротрещины – флуоресцирующими индикаторами.

А.с.

Способ непрерывного контроля износа деталей машин в масле в процессе их эксплуатации, заключающийся в том, что активируют деталь или ее часть и измеряют интенсивность счета радиоактивных продуктов износа в масле,

отличающийся тем, что, с целью определения суммарного износа деталей узла трения,

в масло вводят люминесцирующие добавки, измеряют свечение масла, и по результатам измерений судят о величине износа деталей. (БИ-72, 2, 167)

А.с. 179672:

Способ определения степени шаржирования поверхностей изделия абразивными частицами,

отличающийся тем, что, с целью повышения точности контроля маркирования поверхности изделия,

контролируемую поверхность обрабатывают абразивным инструментом, содержащим в своем составе люминесцентные зерна, затем поверхность изделия очищают от загрязнений посредством ультразвуковых колебаний, после чего контролируемую поверхность изделия освещают ультрафиолетовыми лучами и рассматривают в микроскоп, определяя степень шаржирования по наибольшим видимым размерам и по количеству обнаруженных люминесцентных частиц абразива, приходящихся на единицу поверхности контролируемого изделия.

А.с. 280979:

Способ определения устойчивости пластмассы к действию биологически активных сред путем нанесения суспензии спор плесневых грибов на поверхность пластмассы, выдержки ее при оптимальных условиях развития грибов и последующего измерения величины изменения свойств пластмассы,

отличающиеся тем, что, с целью повышения точности и ускорения анализа,

величину изменения определяют по изменению интенсивности и спектра люминесценции.

А.с. 232548:

1. Устройство для измерения интенсивности излучения, отличающееся тем, что, с целью повышения стабильности измерения, оно выполнено в виде треугольной призмы из материала, максимум спектрального поглощения которого приходится на исследуемое излучение, причем одна грань призмы покрыта люминесцентным составом, возбуждаемым исследуемым излучением, а другая грань – светоотражающим составом.

2. Устройство по п.1. отличающееся тем, что, с целью визуального определения интенсивности излучения по положению границы между светлой и темной областями свечения люминофора,

грань призмы, покрытая люминесцентным составом, снабжена шкалой.

А.с. 288482:

Способ абсорбционного анализа газов, паров и жидкостей путем поочередного пропускания потока излучения двух различных интервалов длин волн, рабочего и сравнительного, сквозь слой анализируемого вещества и регистрации разности интенсивностей этих потоков,

отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерений и избирательности анализа,

поток излучения источника ограничивают только рабочим или только сравнительным интервалом длин волн и периодически с помощью люминофора преобразуют в поток излучения соответственно сравнительного или рабочего диапазона, причем преобразование потока источника в первый полупериод осуще-

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

ствляют до его прохождения через анализируемую смесь, а во второй полупериод - после его прохождения.

10.6а. Эффект Гуддена-Поля

Появление или усиление люминесценции при воздействии на возбуждаемый люминофор какого-либо источника энергии называется стимуляцией люминесценции. Стимуляция электрическим полем называется эффектом Гуддена-Поля. См. Ребанс П. Люминесценция. -Издание Тартуского университета, 1968.

А.с. 286160:

Способ получения изображения, состоящий в том, что люминесцентный экран равномерно облучают ультрафиолетовым светом, проектируют на экран изображение в инфракрасном свете, фиксируют свечение экрана на фоточувствительном слое,

отличающийся тем, что, с целью расширения области чувствительности одновременно с облучением,

прикладывают к экрану электрическое поле и после проектирования изображения подают переменное напряжение на экран, причем люминофор, из которого изготовлен экран, должен обладать эффектом Гуддена-Поля.