

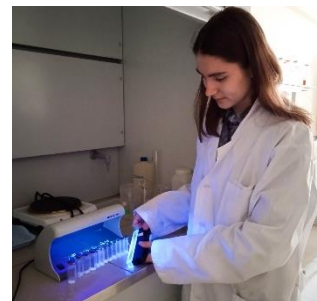
Исследование борных люминофоров с активаторами на основе фталевых кислот и их производных

Родионова Наталья Михайловна

11 класс, МБОУ Лицей № 40 Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель Кипелкин Е.В., ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Явление люминесценции применяется в технике и медицине, при изготовлении красок и при создании люминесцентных ламп. На данный момент недостаточно исследованы борные люминофоры с фталевыми кислотами и их производными в качестве активаторов. В связи с этим была поставлена цель работы – синтезировать такие люминофоры и исследовать параметры их свечения. С помощью визуальной оценки установлен порядок оптимальной концентрации активатора в синтезированных образцах – около нескольких сотых и десятых долей процента. Введение нитрогруппы в активатор отрицательно сказывается на длительности свечения люминофора, но увеличивает яркость свечения образцов за счет смещения акцента с фосфоресценции на флуоресценцию.



Люминесценция основана переходах электронов между энергетическими уровнями. Излучение возбuditеля поглощается люминофором, в результате чего электроны поднимаются на более высокий уровень энергии в возбужденное состояние. Однако это состояние менее стабильно, чем изначальное, и молекула стремится избавиться от избытка энергии, излучив фотон – квант энергии, а электроны опускаются на более низкий уровень энергии. Состояние электрона характеризует такая величина, как спин. Системы частиц, которые имеют суммарный спин, равный нулю, находятся в синглетном спиновом состоянии, если спин равен 1 – в триплетном. Спин электрона равен $1/2$, соответственно, синглет – система электронов с противоположными спинами, а триплет – с одинаковыми спинами.

Переход из возбужденного синглетного в основное состояние с излучением кванта называется флуоресценцией, а из возбужденного триплетного – фосфоресценцией. При вынужденной люминесценции происходят переходами между синглетным и триплетным состояниями, что сопровождается фосфоресценцией – относительно длительным свечением вещества. Вынужденная люминесценция характерна для органических молекул, находящихся в стеклообразной среде.

При нагревании борная кислота полимеризуется и образует стекловидную массу, а производные фталевых кислот, которые встраиваются в структуру борной кислоты – активаторы, сложные органические молекулы.

В ходе работы был синтезирован активатор – 4-нитрофталевая кислота. Наличие нитрогруппы было подтверждено методом ИК спектроскопии. На основе полученного нитро-активатора, фталевого ангидрида и терефталевой кислоты были синтезированы серии борных люминофоров с разным содержанием активатора. (рис.1).



Рис.1. Синтезированные люминофоры после возбуждения ультрафиолетовым светом

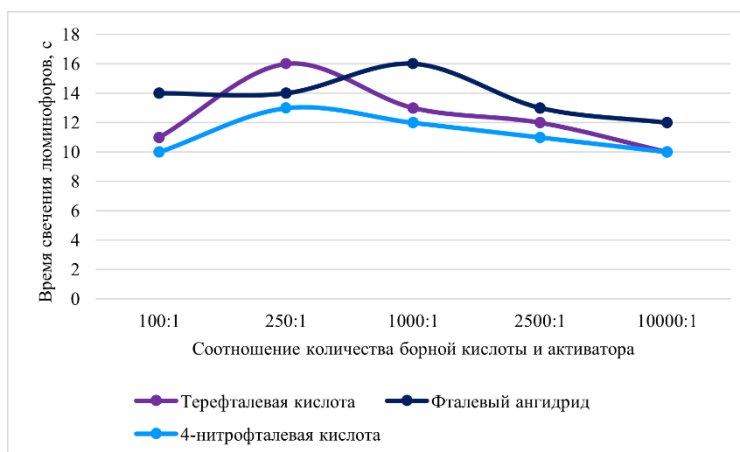


Рис. 2. Зависимость длительности свечения люминофоров от концентрации активатора

Люминофоры на основе терефталевой кислоты и фталевого ангидрида имеют одинаковое максимальное время свечения (16с) (рис. 2). Лучшими соотношениями борной кислоты оказались 250:1 и 1000:1 (порядок оптимальной концентрации из рассматриваемого диапазона концентраций [1%; 0,001%]: $W=0,4\%$ – около нескольких сотых и десятых долей процента). Введение нитрогруппы снижает время свечения, но увеличивает его яркость. Яркость – испускание энергии в единицу времени – определяется флуоресценцией, а длительность – испускание энергии, растянутое во времени – определяется фосфоресценцией. В данном случае флуоресценция становится более выгодной, и образец светится ярче. Объяснить это можно наличием нитрогруппы в составе активатора, которая активно участвует в фотохимических процессах и влияет на состояние сопряженной π -системы.

Литература:

1. Воробьев А.Х. Спиновые и магнитные эффекты в химии (из цикла лекций по теории элементарного акта химических реакций в конденсированной фазе), – МГУ, 2000.
2. Клейден Д., Гривс Н., Уаррен С., Уозерс П. Органическая химия 2001.
3. Пак М.А. Маринина Г.И. Люминесценция. Классификация методов по способу возбуждения, механизму, длительности, схемы Яблонского. – Дальневосточный Федеральный Университет Школа Естественных Наук, 2016.