

возрастающей функцией радиуса апертуры фотодетектора d и достигает максимума, когда величина d равна радиусу изображения освещенного участка поверхности объекта. С другой стороны, δ_1 растет с увеличением освещенности E_0^2 на поверхности объекта, которая при фиксированной мощности лазерного излучения обратно пропорциональна площади освещенного участка. Следовательно, для увеличения δ_1 следует стремиться как можно лучше сфокусировать лазерный пучок на поверхности объекта. Минимальный размер светового пятна на поверхности определяется дифракционным пределом. В случае равенства размеров изображения светового пятна на поверхности и размеров апертуры фотодетектора справедливо следующее соотношение между излучаемой мощностью лазерного излучения P_λ и освещенностью на поверхности E_0 :

$$P_\lambda = \pi d^2 E_0 \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2}, \quad (3)$$

В результате, максимально возможное отношение сигнал/шум определяется величиной:

$$\delta_1 = \frac{e \eta_0^2 G_{от} P_\lambda q^2 A_0^2}{\varepsilon_\phi \varepsilon_\phi^2 V_\pi \ell_1^2 \left[\frac{e \eta_0 G_{от} P_\lambda q^2}{\varepsilon_\phi} + j_T \right]} \quad (4)$$

Если расстояние ℓ_1 не слишком велико, то постоянная составляющая сигнального тока

существенно больше j_T . В этом случае формула (4) упрощается:

$$\delta_1 = \frac{\eta_0 G_{от} P_\lambda A_0^2}{\varepsilon_\phi V_\pi} \quad (5)$$

и отношение сигнал/шум не зависит от расстояния до объекта, а определяется только параметрами поверхности объекта и приемно – детектирующей системы.

В случае применения фотодетектора с квантовой эффективностью $\eta_0 = 0,5$, мощности лазерного излучения $P_\lambda = 10^{-2}$ Вт ($\lambda = 0,694$ нм.), $G_{от} = 0,3$ и $V_\pi = 10^3$ Гц; $\delta_1 = 3$; из формулы (5) имеем, что $A_{0 \min} = 3,6 \cdot 10^{-7}$ рад.

Высокая чувствительность $A_{0 \min} = 3,6 \cdot 10^{-7}$ рад позволяет дистанционно определять микровибрации поверхностей различных объектов, например, в задачах распознавания и идентификации наземных и воздушных целей на основе лазерно-оптической дистанционной диагностики микровibrаций корпуса целей [3].

Литература

1. Франсон М. Оптика спеклов. – М.: Мир, 1980. – 171 с.
2. Джоунс Р., Уайкс К. Голографическая и спекл – интерферометрия. – М.: Мир, 1986. – 327 с.
3. Лазер научится идентифицировать цели. Эл. ресурс: <https://nplus1.ru/news/2015/11/23/laser/>.

УДК 681

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПОЖАРНЫМ ИЗВЕЩАТЕЛЯМ ДЛЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ Антошин А.А., Волков С.А., Мацапура А.И.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

В основе принципов совершенствования пожарных извещателей применяемых в зданиях где могут находиться люди, лежит концепция, требующая от таких извещателей обеспечить условия для безопасной эвакуации людей из горящего здания. Чтобы обеспечить безопасную эвакуацию людей из горящего здания пожарный извещатель должен обнаружить пожар на такой его стадии развития, чтобы время, которым будут располагать люди, находящиеся в здании позволило им эвакуироваться до момента возникновения опасности.

В настоящее время опасность, возникающая для людей во время пожара в помещении может быть вызвана несколькими причинами, термическим воздействием пожара, потерей видимости, воздействием токсичных продуктов горения. Однако, параметры, характеризующие эти воздействия в большинстве случаев не контролируются пожарными извещателями, применяемыми в жилых помещениях. Именно поэтому важным является изучение связи параметров окружающей

среды, значение которых должно измеряться пожарными извещателями с параметрами, которые характеризуют опасные факторы пожара. Связь между ними должна определять требования к чувствительности пожарного извещателя.

Таким образом, чтобы определить требования к пожарным извещателям для жилых помещений необходимо, прежде всего, определить опасный фактор или факторы пожара, которые критичны в таких помещениях. Затем из полномасштабных экспериментов оценить время, за которое опасные факторы достигают предельно допустимого значения. После этого из полученных в полномасштабных экспериментах зависимостей, устанавливающих связь между значениями опасных факторов пожара и параметрами окружающей среды, необходимо определить значения параметров окружающей среды, которые должны достоверно измеряться пожарными извещателями. Это позволит установить требования к характеристикам извещателей для жилых помещений.

Согласно статистическим данным и исследованиям [1, 2] одной из основных причин гибели людей при пожарах является отравление газообразными продуктами горения. Результаты, представленные в работах [2–4] показали, что в большинстве случаев гибель людей на пожаре вызвана воздействием таких токсичных продуктов как угарный газ и синильная кислота. В результате экспериментов, проведенных в данной работе, установлено, что в условиях тления макета мягкой мебели HCN, HCl, H₂S, HF, NO₂ не образовывались. Изменение температуры в помещении на протяжении эксперимента не превышала 2–3 °С. Это позволяет говорить о том, что предельно-допустимые значения угарного газа достигаются гораздо раньше, чем других опасных факторов пожара и определение требований к пожарным извещателям в рассматриваемых условиях целесообразно производить с учетом воздействия на человека только угарного газа, образовавшегося во время пожара.

Для оценки опасности в условиях пожара, в соответствии с ISO 13571, в качестве разумного критерия, позволяющего обеспечить возможность эвакуации принято значение относительной эффективной дозы (FED) 0,3 для токсичных газов. В качестве токсичного рассматривался угарный газ, являющийся удушающим. Доза угарного газа, которая может воспрепятствовать самостоятельной эвакуации находящихся в опасной зоне людей, в соответствии с ISO 13571, составляет 35000 мкл×л⁻¹×мин.

В работе показано, что значение относительной эффективной дозы (FED) 0,3 на высоте 0,5 м от пола достигается за промежуток времени от 1160 до 1760 в зависимости от контролируемой в помещении точки. При этом следует отметить, что концентрация угарного газа в этих точках в указанный промежуток времени достигала значений от 11 до 15 ppm. Значение критической продолжительности пожара принималось равным 1160 с как соответствующее самому неблагоприятному сценарию.

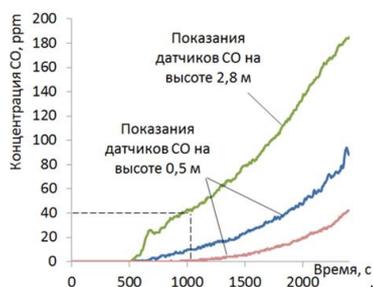


Рисунок 1 – Изменение во времени концентрации угарного газа в помещении при тлении

На рисунке 1 приведены изменения концентрации угарного газа в различных точках помещения на высоте 2,8 м и 0,5 м от пола.

Из рисунка видно, что за время критической продолжительности пожара концентрация угарного газа под потолком помещения достигает значений 40–41 ppm, что соответствует чувствительности первой группы газовых пожарных извещателей в соответствии с СТБ 2469. Извещатели второй группы по СТБ 2469, имеют диапазон срабатывания в пределах от 40 до 80 ppm, и не способны выдать сигнал об опасности для человека за время критической продолжительности пожара.

Учитывая, что обеспечение безопасных условий для людей возможно только в том случае если пожарный извещатель, работающий на любом принципе обеспечит не только обнаружение пожара, но и эвакуацию людей за период его критической продолжительности выполнен расчет необходимого для эвакуации времени. За время необходимое на подготовку к эвакуации и саму эвакуацию в работе принято время 660 секунд, полученное на основании результатов работ [5, 6].

Таким образом установлено, что в рассматриваемых условиях с учетом времени на эвакуацию и подготовку к ней время выдачи извещателем сигнала о пожаре должно составлять менее 500 с после возгорания. В указанный промежуток времени максимальные значения концентрации угарного газа на высоте 2,8 м (стандартное место установки пожарных извещателей) составляли 13 ppm, что не попадает в диапазон значений газовых пожарных извещателей в соответствии с СТБ 2469 (20 – 40 ppm). Относительная эффективная доза угарного газа (FED) в помещении на высоте 1,0 м и 1,5 м достигала значений 0,3 в течение 700–760 с. Кроме того установлено, что оптическая плотность в промежутке времени до 500 с составляла, менее 0,05 дБ/м [7], что не соответствует нормативным значениям порога срабатывания дымовых оптических извещателей в соответствии с СТБ 11.16.08.

Заключение. Предложена методика определения требований к пожарным извещателям (системам пожарной сигнализации) для жилых помещений заключающаяся в определении величины их чувствительности обеспечивающей выполнение условий для безопасной эвакуации людей из горящего здания, в которой в качестве предельно допустимого значения опасного фактора пожара предлагается использовать относительную эффективную дозу угарного газа. В качестве экспозиционной дозы угарного газа, которая не позволит самостоятельно эвакуироваться из опасной зоны принято значение 35 000 мкл×л⁻¹×мин.

Показано, что при тлении макета мягкой мебели, состоящего из пенополиуретана в чехле из хлопчатобумажной ткани в жилой комнате площадью 18 м² относительная эффективная доза угарного газа достигает значения 0,3 на высоте 1,0÷1,5 м через 700÷760 с.

Определены значения концентрации угарного газа и раздражающих газов HCN, HCl, H₂S, HF, NO₂, удельной оптической плотности, рассеивающей способности и температуры окружающей среды при тлении в помещении макета мягкой мебели, состоящего из пенополиуретана в чехле из хлопчатобумажной ткани, в момент времени, когда пожар должен быть обнаружен чтобы обеспечить безопасную эвакуацию до того, как относительная эффективная доза достигнет значения 0,3.

Литература

1. Сарманаев С.Х., Башарин В.А., Толкач П.Г., Шербашов К.А. Токсико-химическое поражение на пожаре / С.Х. Сарманаев. – Токсикология, т. 16, 2015 – С. 434–442.
2. Пузач С.В., Смагин А.В., Лебедченко О.С., Доан В.М., Полевода И.И., Полоз Д.А., Осяев В.А., Кузьмицкий В.А. Роль динамики опасных факторов пожара в патогенезе отравления человека на пожаре / Вестник командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь, №1 (11), 2010. – С. 4–10.
3. Петров Л.В. Судебно-медицинская характеристика комбинированных отравлений в условиях пожара: автореф. дис. канд. мед. наук / Л.В. Петров. – СПб, 1993. – 24 с.
4. Pauluhn J.A. Retrospective analysis of predicted and observed smoke lethal toxic potency values // J. Fire Sciences. – 1993. – Vol. 11, № 2. – P. 109–130.
5. Bukowski R.W., Peacock R.D., Averill J.D., Cleary T.G., Bryner N.P., Walton W.D., Reneke P.A., Kuligowski E.D. Performance of Home Smoke Alarms. Analysis of the Response of Several Available Technologies in Residential Fire Settings // NIST Technical Note 1455-1, 2008 – 265 p.
6. Proulx G., Cavan N., Tonikian R. Egress Times from Single Family Houses. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada Research Report: IRC-RR-209, July 2006.
7. Антошин А.А., Волков С.А. Методика исследования параметров среды и продуктов горения в жилом помещении и смежных с ним пространствах / А.А. Антошин. – Приборы и методы измерений 2018. – Т9, № 4. – С. 347–358.

УДК 621.891

ЗОНДОВЫЕ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ И ДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ

Тявловский А.К.¹, Воробей Р.И.¹, Гусев О.К.¹, Жарин А.Л.¹, Пантелеев К.В.¹, Петлицкий А.Н.², Пилипенко В.А.², Свистун А.И.¹, Тявловский К.Л.¹

¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

²ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»

Минск, Республика Беларусь

Задачей исследования являлась разработка физических основ контроля качества тонких ионно-легированных и диффузионных слоев полупроводниковых пластин кремния на основе неразрушающего контроля параметров пространственного распределения значений удельного поверхностного сопротивления ($10\text{--}10^5$ Ом/кв.см), основанных на базе методов зондовой электрометрии поверхности. По результатам исследований была разработана конструкция и изготовлены эскизный и опытный образцы измерительных преобразователей и измерительной установки бесконтактной фотостимулированной сканирующей электрометрии, реализующей описанный ниже метод.

Чувствительный элемент измерительного преобразователя, реализующего метод бесконтактного контроля однородности распределения параметров ионно-легированных и диффузионных слоев на полупроводниковых пластинах диаметром до 200 мм, представляет собой систему из четырех концентрических секторных электродов, расположенных в одной плоскости. Вид и размеры электродной системы показаны на рисунке. Центральный электрод занимает сектор 360° , сектор каждого из остальных трех электродов составляет 100° .

Локальное воздействие на поверхность полупроводниковой пластины модулированным оптическим излучением осуществляется через отверстие $\varnothing 0,51$ мм в центральном электроде; поверхность полупроводника непосредственно под электродами при этом остается неосвещенной. Изменение величины модулированной поверхностной фото-ЭДС VJPV1 – VJPV4 под электродами S1 – S4 определяется латеральным дрейфом фотогенерируемых неравновесных носителей заряда (ННЗ). Полный сигнал, регистрируемый электродом площадью Si, вычисляется путем интегрирования поверхностной фото-ЭДС по площади электрода.

Плотность мощности воздействующего излучения модулируется в соответствии с законом

$$\Phi(t) = \Phi_0(x,y)(1 - \cos(2\pi ft)), \quad (1)$$

где $\Phi_0(x,y)$ – пространственное распределение плотности мощности в пределах освещенного участка; f – частота модуляции оптического излучения.

При поглощении излучения в мелком p-n переходе происходит генерация электронно-дырочных пар. Динамика генерации, рекомбинации и диффузии ННЗ описывается уравнениями непрерывности и Пуассона.