



Рисунок 4 – Изменение во времени интенсивности рассеянного излучения (а) и оптической плотности среды (б) при горении макета мягкой мебели в точке Д1

Для измерения концентрации CO, HCl, HCN, HF, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> используются газоанализаторы «Бинар 2П», Testo 320 и Multilyzer-NG. Разработанная методика выполнения измерений состава и пространственного распределения газовой смеси, образующейся при пожаре в жилых помещениях и смежных с ними пространствах, предусматривает определение основных компонентов, образующихся при горении материалов характерных для жилых помещений. Полученные с помощью такой системы результаты позволяют сформулировать основные требования к извещателям пожарным, для жилых помещений и разработать методики их испытаний.

1. Beji T., Verstockt S., Van de Walle R., Merci B. Global analysis of multi-compartment full-scale fire tests ('Rabot2012') // Fire Safety Journal 76 (2015). P. 9–18.
2. Cleary T. G. Improving Smoke Alarm Performance – Justification for New Smoldering and Flaming Test Performance Criteria // NIST Technical Note 1837, 27 p. (July 2014).
3. Cowlard A., Jahn W., Rein G., Torero J. L. Sensor Assisted Fire Fighting Fire Technology // 2010, Volume 46, Issue 3, pp 719–741.

УДК 539.2

## ГЕТТЕРИРОВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Воробей Р.И., Гусев О.К., Тявловский К.Л., Шадурская Л.И., Русакевич Д.А.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Выращивание эпитаксиальных слоев является одним из важнейших этапов формирования полупроводниковых приборных структур. Эпитаксиальный слой должен либо полностью повторять кристаллографические свойства подложки, либо иметь их близкими к идеальным. Однако реально получаемые слои могут иметь электрофизические свойства, существенно отличающиеся от планируемых. Это несоответствие, в значительной степени обусловлено возникновением дефектов в процессе наращивания эпитаксиальных слоев или наличием нежелательных примесей. На практике используют несколько основных способов улучшения характеристик эпитаксиальных слоев, в частности, с использованием методов геттерирования [1].

В процессе геттерирования происходит связывание подвижных, нежелательных примесей и дефектов в нейтральные ассоциации. Основными механизмами геттерирования примесей являются:

- Образование пар ионов. При легировании образца геттерирующей примесью образуются нейтральные пары.
- Геттерирование с использованием нарушенных слоёв.

– Внутреннее геттерирование. Чаще всего реализуется при ионном легировании.

Использование редкоземельных элементов в качестве геттерирующей примеси в кремнии приводит к уменьшению концентрации точечных дефектов, неконтролируемых примесей; позволяет повысить стойкость полупроводниковых приборов к внешним воздействиям, в частности, к радиационному излучению. Обычно легирование полупроводников редкоземельными примесями осуществляется либо из поверхностного источника, либо в процессе роста эпитаксиального слоя. Атомы редкоземельных элементов влияют на накопление термодфектов, возникающих при термообработке в процессе изготовления кремниевых полупроводниковых приборов и ИС. Редкоземельные элементы в кремнии активно взаимодействуют с кислородом как в процессе выращивания эпитаксиальных слоев, так и в твердой фазе, осуществляя своеобразную очистку кремния. При легировании кремния редкоземельными элементами время жизни неравновесных носителей заряда увеличивается в 4 – 6 раз, в зависимости от вида редкоземельного элемента.

Можно предположить, что и при использовании редкоземельных элементов в качестве геттерирующей примеси в процессе эпитаксиального выращивания также будет достигнут положительный эффект. Однако традиционно используемый при эпитаксии кремния газофазный метод легирования не позволяет вводить редкоземельные элементы в состав растущего эпитаксиального слоя. Для легирования эпитаксиальных слоев кремния во время их роста редкоземельными элементами можно воспользоваться методами твердофазного легирования, например, газоразрядным в режиме тлеющего разряда или лазерными методами.

При методе газоразрядного легирования в режиме тлеющего разряда в газоразрядную камеру помещаются электроды, содержащие основную легирующую примесь и редкоземельную геттерирующую примесь. К электродам предъявляются требования электропроводимости и высокой однородности своих свойств. В процессе легирования на электроды, содержащие примесь, подается высокое напряжение (несколько кВ); в межэлектродном пространстве формируется газоразрядная плазма, содержащая и легирующую, и геттерирующую примеси. С

потоком газа – носителя примеси попадают в реактор эпитаксиального наращивания и встраиваются в кристаллическую решетку наращиваемого эпитаксиального слоя. Аналогично для редкоземельного геттерирования может быть использован и лазерный метод, когда материал мишени с редкоземельной примесью испаряется лазерным лучом. Концентрацию редкоземельной примеси в эпитаксиальном слое можно изменять, регулируя параметры разряда или мощность лазерного излучения.

Предлагаемый метод внедрения геттерирующей примеси прост, позволяет во время роста эпитаксиальной пленки одновременно вводить и основную и геттерирующую примесь, характеризуется хорошей управляемостью.

1. Пилипенко, В.А./ В.А. Пилипенко, В.В. Горушко, А.Н. Петлицкий, А.С. Турцевич, С.В. Шведов Методы и механизмы геттерирования кремниевых структур в производстве интегральных микросхем // Технология и конструирование в производстве интегральных схем. –2013. –№ 2–3– С. 43–57.

УДК 620.179.14

## USING WIRELESS DATA TRANSMISSION IN EDDY CURRENT NONDESTRUCTIVE TESTING

**Petrik V., Protasov A., Seriy K., Lysenko I.**

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"  
Kyiv, Ukraine*

Modern development of technology makes it possible to find a new application for means that provide the acquisition, transformation and information transmission through the communication channel.

The purpose of this work is to try to use such tools to create a universal system for nondestructive testing of remote objects, information on the state of which is transmitted operatively over long distances for further processing and making the necessary decision.

In [1, 2], an analysis of possible technologies for wireless data transmission in flaw detection was carried out, and in [3, 4] some were implemented. However, the coverage radius of the monitored territory is limited to hundreds of meters.

GSM technology is proposed to significantly increase the distance at which information can be collected for wireless transmission to the server. The most optimal way to transfer data over the GSM network is to use GPRS technology. The most optimal way to transfer data over the GSM network is to use GPRS technology. Its main feature is the ability to connect permanently a subscriber to the network, i.e., the presence of an active virtual communication channel. For the time of transmission of the data packet, the subscriber is provided with a real (physical)

radio channel, which for the rest of the time is used to transmit packets of the other network users.

Thus, the subscriber does not occupy the physical channel permanently and therefore pays only for traffic, and not for the entire session time. As a result, the cost of transferring a megabyte of information is reduced significantly. GPRS technology is optimal for applications in continuous or quasi-continuous monitoring of production processes, control of mobile and stationary objects, and for supporting applications in which the low cost of traffic has a key role.

The maximum possible data exchange rate with the help of GPRS technology can theoretically reach 170 Kbit / s. As a data transfer channel, the use of a TCP / IP network is proposed, and the physical protocol is GPRS. In this case, each of the network devices is assigned a unique IP-address. With respect to our system, different options are possible for allocate the IP addresses of the information processing center (IPC) and concentrators of control sensor networks.

The most common variant is the presence of a static IP-address in the IPC, and the subscribers have dynamic IP-addresses. The static IP-address is allocated by the IPC not by the cellular operator, but by the Internet provider when the IPC is connected to the