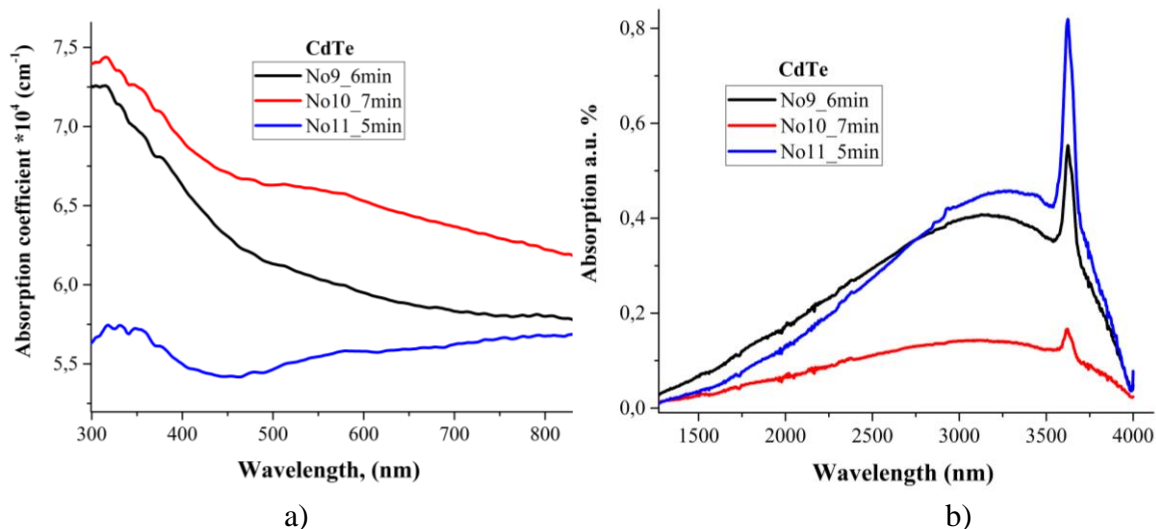


koeffitsientining spektral bog'liqligi quyosh yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylanish samaradorligiga ta'sir qiladi [2].



1-rasm. CdTe yupqa pardalarini a-yorug'lik nurini ko'rinadigan sohasida va b- IQ yutilish spektrlari.

O'sish vaqtini o'zgartirish (5, 6 va 7 minut) slyuda yupqa pardadagi CdTe kristallitlarining o'lchami, zichligi va joylashishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. CdTe kristallitlari va yorug'lik o'rtasidagi o'zaro ta'sir ularning hajmi, shakli va joylashishiga bog'liq. Kattaroq kristallitlar yoki zichroq tuzilishlar turli yutilish spektrlariga olib kelishi mumkin. Chizmadan ko'rinib turibdiki elektromagnit nurlarning IQ chegarasidada CdTe kristallitlarini o'stirish vaqti qisqartirsak yutilish spektrlarining intensivligi qiymati ortib ketdi. Bundan tashqari, sirt yuzasidagi do'ngliklar unchalik susaymasligi kuzatildi. O'tkazuvchanlik spektrlaridan shuni ta'kidlaymizki, yutilish qirrasini ortib borishi bilan kichik to'lqin uzunliklariga siljigan (1b-rasm).

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Green, M. A., Dunlop, E. D., Levi, D. H., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., & Ho-Baillie, A. W. Y. (2019). Solar cell efficiency tables (version 54). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 27(7), 565–575.
2. Rahman, M. F., Hossain, J., Kuddus, A., Tabassum, S., Rubel, M. H., Rahman, M. M., ... & Ismail, A. B. M. (2020). A novel CdTe ink-assisted direct synthesis of CdTe thin films for the solution-processed CdTe solar cells. *Journal of materials science*, 55, 7715-7730.
3. A El-Amin, A., & Ibrahim, A. (2012). Structural, Optical, and Electrical Properties of CdTe Thin Films Deposited by Glancing Angle Deposition. *Current Nanoscience*, 8(5), 783-789.

ОПТОЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВА ВЛАЖНОСТИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЯХ

Кулдашов О.Х., Азамова М.А.

Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники при Национальном университете Узбекистана

Аннотация: Усовершенствована технология изготовления высокоэффективных двухволновых светодиодов на основе GaInAsSb (1,94 мкм и 2,2 мкм) и разработана её конструкция, состоящий из параболического рефлектора, смонтированного в едином корпусе

с термоохладителем для обеспечения стабильности и одинаковых условий работы двух светодиодных каналов в диапазоне температур $-40^{\circ}\text{C} + 80^{\circ}\text{C}$, с точностью $0,8 - 1^{\circ}\text{C}$.

Ключевые слова: полупроводниковые соединения, светодиоды, гетероструктуры, оптоэлектронные устройства, параболический рефлектор, влажность, цифровой влагомер.

В течение последних десятилетий технический прогресс в области разработки и изготовления светодиодов средней ИК – области идет с интенсивной скоростью. Средняя ИК – область наиболее актуальна для решения задач в области газового анализа, и влагометрии [1].

Светодиоды средней ИК – области перспективны в качестве источников излучения для измерения влажности, так как характеристическая полоса поглощения воды лежит в области $1.94\ \mu\text{м}$ [2]. На основе этих светодиодов могут быть созданы оптоэлектронные устройства для измерения влажности [3].

Разработаны светодиоды на основе полупроводникового соединения *GaSb* и его твердых растворов *GaInAsSb* и *AlGaAsSb* для измерения влажности хлопка - сырца. Светодиодные структуры изготовлены методом ЖФЭ и выращены на подложках *GaSb* *n*-типа проводимости, легированы *Te* до концентрации электронов $8 \cdot 10^{17}\ \text{см}^{-3}$. Излучатели для измерения влажности хлопка-сырца состояли из активного слоя *n* – *GaInAsSb* ($E_g = 0,51\ \text{эВ}$) толщиной $2-3\ \mu\text{м}$ и выращены на подложках *n* – *GaSb* а также легировались *Te* до концентрации носителей заряда $9 \cdot 10^{17}\ \text{см}^{-3}$, широкозонный эмиттер *p* – *AlGaAsSb*, легированан германием до концентрации $5 \cdot 10^{18}\ \text{см}^{-3}$ (рис.2.1).

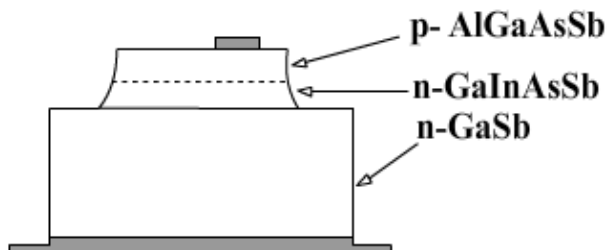


Рис.1. Светодиод на основе *GaSb* для измерения влажности

Для максимального вывода оптического излучения использован корпус ТО-18 с параболическим отражателем, позволяющий сколлимировать излучение под углом $10-11^{\circ}$. На рис. 2 приведена конструкция ИК – светодиода.

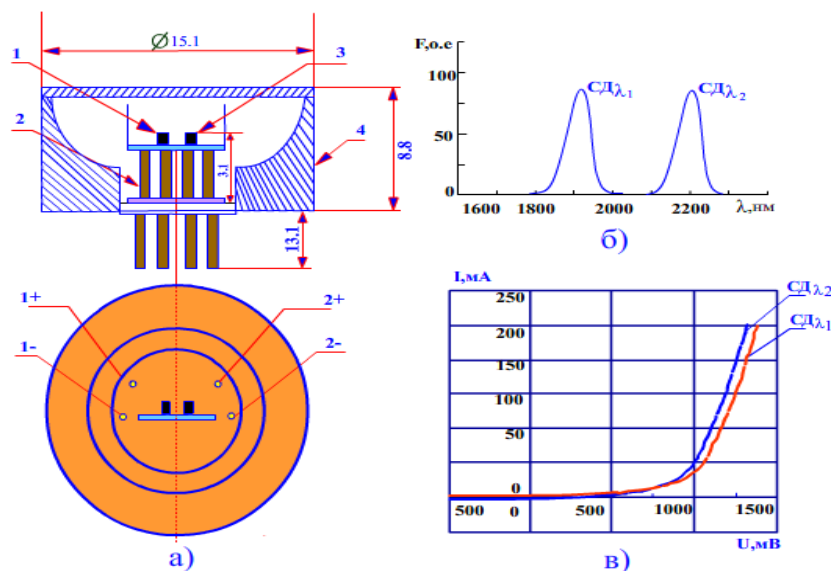


Рис.2. Светодиод с параболическим рефлектором: а) конструкция, б) спектры излучения, в) ВАХ.

Светодиоды на основе двойной гетероструктуры GaAlAsSb/GaInAsSb/ GaAlAsSb, имели квантовый выход 5,8%, длину волны излучения 1,94 мкм для измерения влажности хлопка – сырца, на таблице 1 приведены её основные параметры.

Светодиоды на основе полупроводникового соединения *GaSb* для измерения влажности, при температуре 24 °С имели внешний квантовый выход фотонов 5,9 – 6,5 % и оптическую мощность 3,9 мВт в постоянном токе.

Таблица 1.

Основные параметры светодиода

Наименование параметра	Обозначение	Условие $T_a \approx +20^\circ\text{C}$	Минимальное значение	Единица измерения
Измерительная длина волна	λ_1	$I_F=100\text{mA}$	1,94	мкм
Опорная длина волна	λ_2	$I_F=100\text{mA}$	2,2	мкм
Импульсная оптическая мощность	P_{QCW}	$I_F=100\text{mA}$	2,5	мкВт
	P_{Pulsed}	$I_F=1000\text{mA}$	10	
Прямое напряжение	V_F	(*)	0,5	В
Быстродействие	τ		10	нс

Таким образом усовершенствована технология изготовления высокоэффективных двухволновых светодиодов на основе GaInAsSb (1,94 мкм и 2,2 мкм) и разработана её конструкция, состоящий из параболического рефлектора, смонтированного в едином корпусе с термохолодильником для обеспечения стабильности и одинаковых условий работы двух светодиодных каналов в диапазоне температур - 40°С + 80 °С, с точностью 0,8 – 1°С.

Предложенной конструкции обеспечиваются равные условия для двух кристаллов светодиода, таким образом устраняются временные и температурные нестабильности их основных параметров [4].

На основе этих светодиодов нами разработан цифровой инфракрасный измеритель влажности (рис.3) содержащий генератор 2 прямоугольных импульсов к выходам которого подключен электронный ключ 7, и делитель 3 частоты (последовательный счетчик), модулятор 5 экспоненты, подключен к источнику питания 1, электронный ключ 8 соединен с опорным светодиодом 9, а кювета 11 для контролируемого объекта находится между светодиодами 9,10 и фотоприемником 12, соединенным с первым дифференцирующим устройством 13, схема совпадений 15 подключена к выходу второго дифференцирующего устройства 16, вход которого соединен с излучающим диодом 10, а ее (15) выход со счетчиком 17, счетный вход которого соединен с входом модулятора 5 экспоненты, измеритель снабжен одновибратором 4, вход которого соединен с выходом делителя частоты 3, а выход с входом модулятора экспоненты 5 и с входом счетчика 17, а эмиттерный повторитель 6 подключен к источнику питания 1 и электронному ключу 7, а выход его к входу электронного ключа 8,

пороговое устройство 14 подключено к выходу первого дифференцирующего устройства 13, а его выход к схеме совпадений 15.

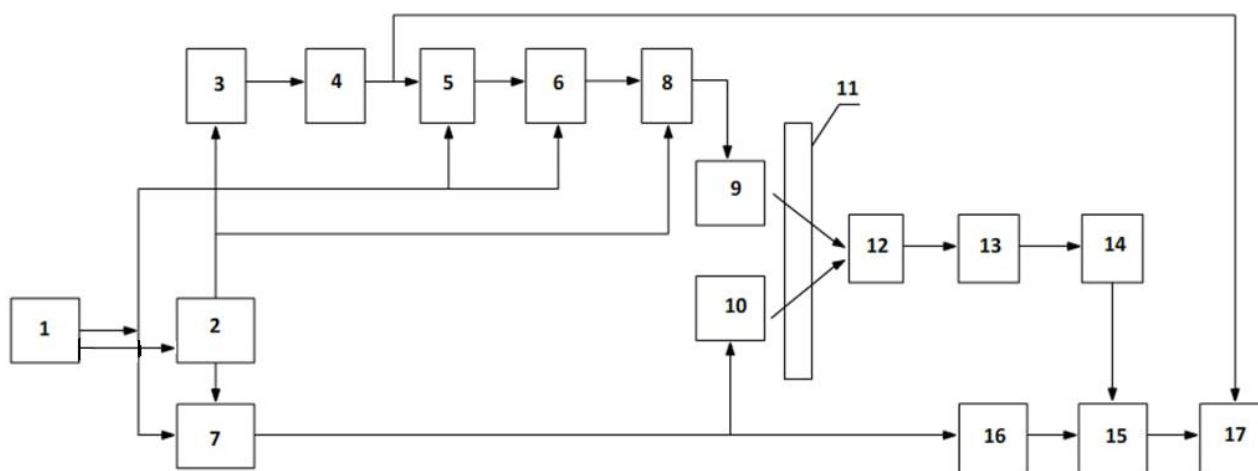


Рис.3. Блок схема цифрового инфракрасного измерителя влажности

Принцип действия цифрового инфракрасного измерителя влажности заключается в следующем: контролируемый объект облучают с помощью двух светодиодов, излучающих две разные длины волн инфракрасного (ИК) диапазона, одна из которых соответствует интенсивному поглощению влаги – рабочей длине волны ($F_{0\lambda 1}=1,94$ мкм), а другая слабой – опорной длине волны ($F_{0\lambda 2}= 2,2$ мкм). Создаваемое светодиодами излучение прошедшее через контролируемый объект преобразуется фотоприемником и фиксируется в виде измененной электрической величины сигнала, которая передается на дифференцирующее устройство и через пороговое устройство на вход схемы совпадения для обработки фотоэлектрического сигнала. Основой данного устройства является наличие излучателя и оптически связанного с ним через контролируемую среду фотоприемника.

Литература

1. Филачёв А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Достижения твёрдотельной фотоэлектроники (обзор) // Успехи прикладной физики. 2015. №2.с.162-164.
2. Михайлова М.П., Моисеев К.Д., Яковлев Ю.П. Открытие полупроводников АШВV: физические свойства и применение // Физика и техника полупроводников. 2019. вып.53.Том 3.С.291-302.
3. Романов В.В., Иванов Э.В., Моисеев К.Д. Узкозонные гетероструктуры InAs_{1-x}Sb_x/InAsSbP (x = 0.07-0.14) для спектрального диапазона 4-5 мкм, полученные методом МОГФЭ. // Тезисы докладов XIV Российской конференции по физике полупроводников «полупроводники-2019». 2019.doi: 10.34077/semicond2019-451.
4. Kuldashov O.Kh., Kuldashov G.O., Mamasodikova Z.Y. Infrared sensor for remote monitoring of moisture content in raw cotton // J. Opt. Technol. – 2019. № 6. – P. 77 – 80