

А. Г. ШВЕЦ, к. т. н. В. В. РЮХТИН

Украина, Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича,
ЦКБ «Ритм»
E-mail: microel@chnu.cv.ua, dr.slava47@mail.ru

Дата поступления в редакцию
06.12.2007 г.

Оппонент д. т. н. С. Г. АНТОШУК
(ОНПУ, г. Одесса)

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПТРОНОВ С ОТКРЫТЫМ ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ

Рассмотрены характеристики промышленных оптических сенсоров положения объектов в пространстве и спроектированного датчика угловых и линейных перемещений ДУЛП. Предложены пути оптимизации параметров сенсоров с открытым оптическим каналом.

Фототранзисторные отражающие оптроны с открытым оптическим каналом (ООК) как первичные преобразователи неэлектрических величин широко применяются в бесконтактных оптических датчиках перемещения, микроэлектронных информационно-измерительных системах и выпускаются серийно (АОТ137Б и АОТ154А) [1]. Известны также транзисторные отражающие оптроны типа ОТПО 01—03, которые применяются в качестве датчиков перемещения, скорости, давления, вибрации и пульсации в устройствах считывания информации, системах внутренней локализации роботов и манипуляторов.

Оптроны АОТ137 состоят из излучателя и фототранзистора (ФТ), размещенных в малогабаритном корпусе с двумя оптическими окнами, расположенными в одной плоскости. Высокая чувствительность обеспечивается использованием фотоприемного элемента с внутренним усилением — высокочувствительного микроомного $n-p-n$ -ФТ с коэффициентом усиления больше 100, а также высокой степенью спектрального согласования слоев GaAlAs излучающего элемента (ИЭ) и кремниевого планарного фототранзисторного элемента (ФЭ) с площадками 0,16 и 0,25 мм², соответственно. Длина волны излучения, соответствующего максимальной чувствительности ФЭ, составляет 0,82—0,89 мкм. Базовое расстояние между оптическими осями ИЭ и ФЭ оптрона $b \approx 1,8$ мм.

Следует отметить такое свойство оптрона отражающего типа, как зависимость относительного выходного сигнала от перемещения преломляющего штриха параллельно и перпендикулярно плоскости оптических окон. Заметный спад амплитуды выходного сигнала оптрона начинается при уменьшении ширины преломляющего штриха до 0,5 мм. Максимум амплитуды наблюдается при расстоянии от отражателя до плоскости оптических окон $A = 0,6—0,8$ мм. С изменением величины A относительный выходной сигнал $I_{\text{вых}}$ резко падает.

Одной из основных характеристик отражающего оптрона является координатная чувствительность (крутизна) S_1 , которая определяется первой производной выходного тока по координате поперечного перемещения. Максимум этой характеристики $S_{1\text{max}}$ достигается вблизи оптической оси оптрона. При изменении базы оптрона от 1 до 5 мм $S_{1\text{max}}$ уменьшается с 440 до 18 мкА/мм, а $I_{\text{вых.max}}$ — со 180 до 7 мкА [2].

В разработанном датчике угловых и линейных перемещений (ДУЛП) расстояние A от поверхности датчика до контролируемой поверхности тест-объекта составляет $0,7 \pm 0,03$ мм, конструктивный размер h (расстояние от поверхности датчика до усредненной плоскости ИЭ и ФЭ) равен 0,9 мм; размер фоточувствительной площадки составляет $3 \cdot 10^{-3}$ мм², что в 80 раз меньше, чем у аналогов. Таким образом, координата раstra $d = A + h = 1,6 \pm 0,03$ мм, что примерно в 2,5 раза отличается от координаты раstra вдоль оптической оси $d_{\text{опт}} = 1/2b$ при $b \approx 1,5$ мм.

При таких условиях уровень $I_{\text{вых.max}}$ по аналоговому выходу разработанного датчика составляет не менее 200 мкА при $I_{\text{вх}} = 20$ мА и 380—420 мкА при $I_{\text{вх}} = 30$ мА. При величине нагрузки $R_{\text{н}} = 1$ кОм крутизна S_L составляет ≈ 2300 мкА/мм, время нарастания и спада выходного сигнала $T_{\text{нар/спад}}$ меньше 2 мкс, что лучше, чем у оптрона АОТ137А.

Сравнить эффективность оптрона АОТ137А и датчика ДУЛП по аналоговому выходу можно по отношению выходного тока к величине фотоприемной площади ФТ (при одинаковых размерах излучателей и величине $I_{\text{вх}} = 10$ мА): для оптрона АОТ137А $I_{\text{вых}}/S_{\text{ф}} = 7,2 \cdot 10^2$, для ДУЛП $I_{\text{вых}}/S_{\text{ф}} = 1,7 \cdot 10^4$.

Рассмотрим фоточувствительную микросхему КБ113ОПП1-3 [3], предназначенную для измерительных фотоэлектрических преобразователей малых перемещений «угол—код» или «шаг—код». В ее состав входят два ФТ, усилитель постоянного тока на двух дифференциальных усилителях, схема смещения уровня, зеркальный канал, триггер Шмидта и формирователь прямоугольных импульсов.

К недостаткам микросхемы следует отнести необходимость применения дискретного излучателя (т. к. в составе микросхемы он отсутствует), необходимость в насыщенном режиме работы ФТ и большие перепады $U_{\text{вых.ФТ}}$.

Тип оптрона	$I_{\text{вх}}, \text{мА}$	$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$U_{\text{вых}}, (U_{\text{ос}}), \text{В}$	$I_{\text{вых}}, \text{мА}$	$T_{\text{нар/спад}}, \text{мкс}$	Примечания
SHF902	50	—	0,2 (<0,6)	0,06—0,20	40 при $R_{\text{н}}=1 \text{ кОм}$	
АОТ137А	10	1,8	(0,4)	0,3 при $d=1 \text{ мм}$	10 при $R_{\text{н}}=1 \text{ кОм}$	Насыщенный режим
ОТПО-01	10	1,8	(0,4)	0,2	10 (15)	Насыщенный режим
ОТПО-02	10	1,8	(0,4)	0,01	10 (15)	
КБ113ОПП-1-3 Микросхема	—	—	$U^0 \leq 0,4$ $U^1 \geq 2,4$	—	не более 1	Излучатель отсутствует, насыщенный режим
ДУЛП (аналоговый выход)	25 ± 5	1,8	0,02—3,8	0,38—0,42 при $d=0,7 \text{ мм}$	≤ 2 при $R_{\text{н}}=1 \text{ кОм}$	Ненасыщенный режим
ДУЛП (цифровой выход)	25 ± 5	1,8	$U^0=0,02$ $U^1 > 4,8$	—	≤ 1 при $R_{\text{н,ан}}=20 \text{ кОм}$; при $R_{\text{н,циф}}=150 \text{ кОм}$	Ненасыщенный режим

Здесь $U_{\text{ос}}$ — напряжение на открытом ФТ; U^0, U^1 — напряжение в состоянии логического 0 и логической 1, соответственно.

Разработанный ДУЛП позволяет в значительной мере избавиться от недостатков, имеющих в аналогах.

Электрические параметры разработанного датчика и его аналогов при напряжении питания $U_{\text{пит}}=5 \text{ В}$ представлены в **таблице**.

Применение в разработанном датчике логической интегральной схемы “2И-НЕ” (комплементарная МОП) позволяет получать информацию в цифровом виде, повысить помехоустойчивость, упростить следующие каскады обработки информации. При этом потребляемая мощность предельно низкая ($I_{\text{пот}}=0,1 \text{ мА}$ при $U_{\text{пит}}=9,9 \text{ В}$), а напряжение на цифровом выходе меняется практически от 0 до напряжения питания.

Координатные характеристики напряжения аналогового и цифрового выходов датчика представлены на **рис. 1**. Здесь видно, что крутизна координатной характеристики для цифрового выхода стремится к бесконечности.

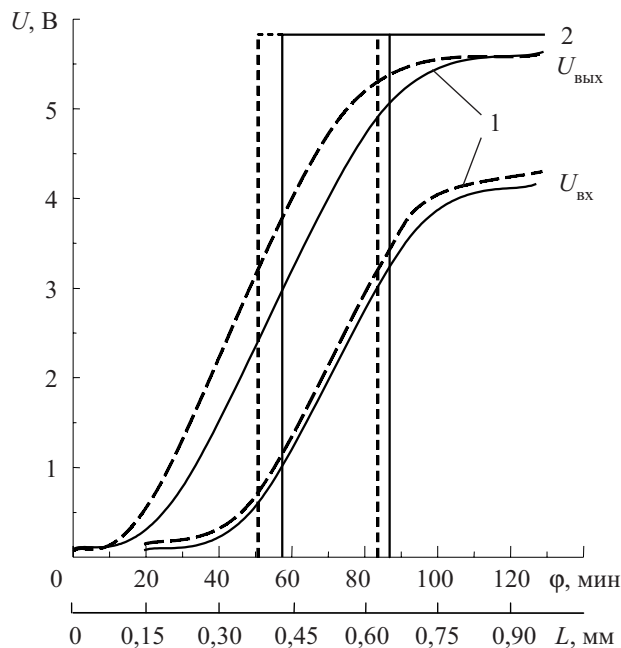


Рис. 1. Координатные характеристики напряжения на аналоговом (1) и цифровом (2) выходах датчика при $A=0,4 \text{ мм}$ (—) и $A=1,0 \text{ мм}$ (---) ($R_{\text{н}}=20 \text{ кОм}$, $I_{\text{пит.ИЭ}}=30 \text{ мА}$, $U_{\text{пит.ФЭ}}=6 \text{ В}$)

Значение крутизны координатной характеристики для аналогового выхода лежит в пределах 280—394 мкА/мм.

Перепад напряжения ΔU по аналоговому выходу из оптопары вычисляется как разность напряжения на выходе при приеме сигнала, отраженного от светлой поверхности раstra ($U_{\text{отр}}$), и напряжения на выходе при приеме сигнала, отраженного от темной поверхности раstra ($U_{\text{погл}}$). На частоте несколько десятков герц ΔU составлял 1,5 В при $U_{\text{погл}}=2,7 \text{ В}$ и $U_{\text{отр}}=4,2 \text{ В}$. Скорость нарастания напряжения $dU/dt=40 \text{ мВ/мкс}$ при $I_{\text{вх ИЭ}}=20 \text{ мА}$ и $R_{\text{н ФП}}=35 \text{ кОм}$. На частоте 12 кГц перепад напряжения снизился до уровня 0,9 В при $U_{\text{погл}}=2,7 \text{ В}$ и $U_{\text{отр}}=3,6 \text{ В}$, скорость нарастания напряжения $dU/dt=28 \text{ мВ/мкс}$.

Вначале сравнительные измерения были выполнены без линз. Для улучшения эффективности датчика с точки зрения повышения крутизны координатной характеристики и частотных свойств, для увеличения сигнала фотоотклика была создана усовершенствованная конструкция с применением сферических линз и с ФТ, коэффициент усиления которого $h_{21\text{е}}=350—500$. Следует отметить, что пробивное напряжение ФТ составляет $U_{\text{кб.пр}} > 30 \text{ В}$, а обратный ток $I_{\text{об}} < 10 \text{ нА}$ при $U_{\text{кб}} < 30 \text{ В}$.

Координатная характеристика датчика приведена на **рис. 2**; ее крутизна достигает 2300 мкА/мм, а

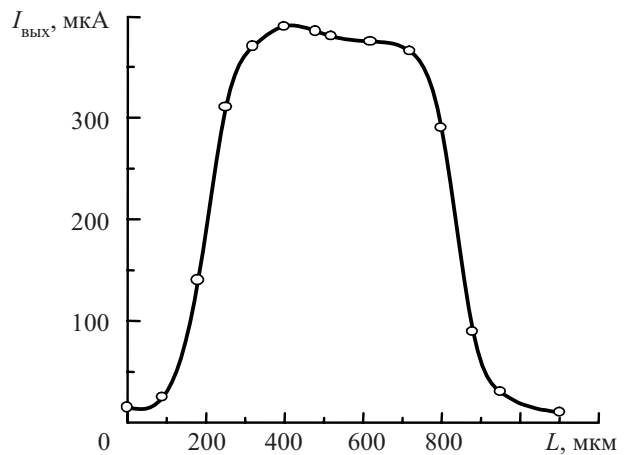


Рис. 2. Координатная характеристика ДУЛП

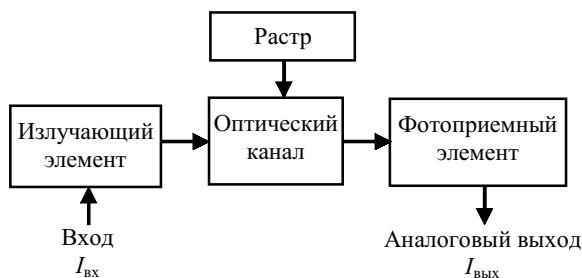


Рис. 3. Структурная схема оптоэлектронного датчика ДУЛП

предельная частота — 60 кГц без предварительной обработки информации за счет снижения сопротивления нагрузки до величины $R_n = 1$ кОм. Выходной ток $I_{\text{вых}} = 380\text{—}420$ мкА. Повышение эффективности датчика позволяет уменьшить R_n до десятков Ом, что улучшает форму выходного аналогового сигнала, уменьшает время нарастания и спада.

Перемещение границы оптического контраста L для изменения выходного логического сигнала от минимального до максимального — менее 10 мкм.

ДУЛП поставляется в стандартной таре для микросхем. По месту установки припаивают выводы датчика к дорожкам печатной платы. При этом расстояние от поверхности датчика до отрагательной поверхности должно быть $0,7 \pm 0,03$ мм. Поперечная ось датчика должна быть параллельна границе оптического контраста, оптические окна не должны запылиться. Изделие не нуждается в специальном обслуживании. Оптоэлектронный датчик, структурная схема которого представлена на рис. 3, выпускается опытным производством ЦКБ «Ритм».

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы. Справочник / В. И. Иванов, А. И. Аксенов, А. М. Юшин. — М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Тришенков М. А. Фотоприемные устройства и ПЗС. Обнаружение слабых оптических сигналов. — М.: Радио и связь, 1992.
3. Справочник по полупроводниковым приборам и их аналогам / Под ред. А. М. Пыжевского. — М.: АО «Роби», 1992.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ



Гуртов В. А., Осауленко Р. Н. Физика твердого тела для инженеров. — М.: Техносфера, 2007. — 520 стр.

Учебное пособие представляет собой систематизированное и доступное изложение курса физики твердого тела, содержащее основные элементы физики конденсированного состояния и ее приложения для описания физических свойств твердых тел и процессов, происходящих в них. Подробно рассматриваются вопросы строения кристаллов и аморфных твердых тел, типы межатомных связей и их влияние на структуру веществ. Приводятся основные положения теории колебаний атомов в кристаллической решетке, описаны тепловые, магнитные и диэлектрические свойства конденсированных сред. В учебном пособии отражены необходимые сведения из атомной физики и квантовой механики и на этой основе — зонная теория твердых тел и электронные процессы в них. Рассматриваются основные положения теории сверхпроводимости и фазовых переходов. Книга написана доступным языком с привлечением математического аппарата в объеме вузовских курсов по математике.

Учебное пособие рассчитано на студентов инженерных факультетов, изучающих физику твердого тела или некоторые ее разделы, а также может быть полезно научным работникам смежных с физикой областей науки, желающим ознакомиться с основными положениями и методами физики твердого тела.

НОВЫЕ КНИГИ



Фриск В. В., Логвинов В. В. Основы теории цепей, основы схемотехники, радиоприемные устройства. — М.: Солон-Пресс, 2008. — 608 с.

Рекомендована в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Телекоммуникации» по специальностям: радиосвязь, радиовещание и телевидение, средства связи с подвижными объектами, защищенные системы связи.

Учебное пособие состоит из двух частей. В первой части представлены лабораторные работы по курсу «Основы теории цепей». Во второй части приведены лабораторные работы по курсу «Основы схемотехники» и «Радиоприемные устройства». Все лабораторные работы выполняются на персональном компьютере с помощью системы схемотехнического моделирования Micro-Cap 8 или Micro-Cap 9.

Для студентов, бакалавров, магистров и аспирантов высших учебных заведений (университетов связи), инженерно-технических работников, также будет полезна учащимся техникумов и колледжей связи всех специальностей.