

РАЗРАБОТКА НА ТЕРМО И ФОТОЧУВСТВИТЕЛНИ ПРИЕМНИЦИ НА ОПТРОНИ ЗА ИНДУСТРИАЛНИ ПРИЛОЖЕНИЯ

DEVELOPMENT OF THERMO AND PHOTSENSITIVE OPTRON'S RECEIVERS FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

Елена Колева
ТУ – Габрово

Abstract

Optocouplers are designed with both photoreceivers sensitive to non-electrical magnitudes (with termosensitive and photosensitive receiver). This allows control of the output value of input thermal, electrical and photometric quantities.

Application development is for industrial purposes, measurement of mechanical values – temperature by measuring the electrical parameters. Development of optocouplers where the photoreceiver several independent input controls including by temperature.

Keywords: Termosensitive optocouplers, Photosensitive optocoupler.

ВЪВЕДЕНИЕ

Разработени са оптрони с фотоприемници едновременно чувствителни към топлинна и фотометрична величина (с термочувствителен и фоточувствителен приемник). Това позволява управление на изходната величина от входни топлинни, фотометрични и електрически величини.

ИЗЛОЖЕНИЕ

При тези оптрони предлагаме за източник на светлина светодиода, излъчващ в далечния инфрачервен (ИЧ) диапазон, а за фотоприемник термоелемент.

Действието на термоелементите се основава на термоелектрическия ефект. Термоелементите имат покритие, поглъщащо ИЧ светлина. Нагрява се топлия край на термо двойката с ИЧ лъчи и се генерира термо е.д.н. Един режим на термо двойката е термогенератор. Това са нискоомни елеченти ($1 \div 10$) Ω с много голяма време константа – ($1 \div 10$) ms. Свързват се чрез усилвателни стъпала с трансформаторна връзка. Те са датчици за ИЧ част на спектъра. Спектралната им чувствителност е до 25 μm .

Състоят се от два споени различни метала. Материали за изработване на термоеле-

менти: Bi–Ag, Cu–K, Bi–Te, Sb–Bi и т. н. Най-често термоелементите се изработват чрез тънкослойни метални покрития [1, 2, 3, 4].

Какво е характерно за термоелемента, като фотоприемник за оптрони:

- термоелементът спада към т.н. неселективни топлинни приемници на лъчения (чувствителността им в широк спектрален диапазон не зависи от дължината на вълната);
- термоелементите работят в широк спектрален ИЧ диапазон от $2 \div 20$ μs ;
- имат много големи време константи до 10 ms;
- имат ниско вътрешно съпротивление до 10 Ω ;
- термо е.д.н. на един елемент е до 50 mV;
- не е необходимо захранващо напрежение на фотоприемника;
- при свързване последователно на термоелементите може да получи по – голямо генерирано термо е. д. н., т. е. термоелектричен генератор.

Оптроните с термоелементи могат да се построят по два начина:

- термоелементът да бъде фотоприемник в оптроните;
- да се използва стандартен оптрон, а термоелемента да управлява фотоприемника му.

За неголям температурен интервал ΔT , термо е. д. н. се дава с израз:

$$E_T = \alpha_T \cdot \Delta T \quad (1)$$

където

$$\Delta T = T_0 - T \quad (2)$$

T_0 – температура на студения край;

T – температура на горещия край;

α_T – коефициент на термо е.д.н., V/°K

Токът протичащ през спойката е:

$$I = \Pi / \alpha_T \quad (3)$$

където Π е коефициент на Пелтие.

Токът протичащ между топлият и студеният край на термоелемента е:

$$I = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T}{R_T + \alpha_T^2 \cdot T / G_T} \quad (4)$$

където R_T е омическо съпротивление на термоелемента, G_T (W.K⁻¹) – термична проводимост на спойката (топлопроводност на слоя).

Волтовата чувствителност е:

$$S_V = \frac{\alpha_T \cdot a}{G_T}, V/W \quad (5)$$

където a е коефициент на поглъщане на оптичното лъчение от чувствителната повърхност.

Термо е. д. н. в полупроводника е:

$$E_T = \pm \frac{k}{q} \left[r + 2 + \ln \frac{2 \cdot (2\pi \cdot m) \cdot k \cdot T^{3/2}}{h^3 \cdot n'} \right] \quad (6)$$

където k – константа на Болцман, q – заряд на електрона, h – константа на Планк, m^+ – ефективна маса, n' – концентрация на носителите на заряда, r – коефициент (0 ÷ 2) в зависимост от характера на връзката. Знакът (+) се отнася за полупроводник p тип, а знакът (-) за полупроводник n тип.

Коефициентът на полезно действие е:

$$\eta = \frac{P}{\Phi} = \frac{U \cdot I}{\Phi} \quad (7)$$

където Φ – светлинен поток;

$$P = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T^2 \cdot R_{\text{ТОВ}}}{(R_T + R_{\text{ТОВ}})^2} \quad (8)$$

където $R_{\text{ТОВ}}$ е товарният резистор.

За оптимален режим:

$$R_T = R_{\text{ТОВ}} \quad (9)$$

При последователно свързване на n термоелемента се получава термоелектрическа батерия, тогава термо е. д. н. се сумират:

$$E_T = n \cdot \alpha_T \cdot \Delta T \quad (10)$$

където n е броят на последователно свързаните термоелементи.

На практика $\alpha_T \approx 400 \mu\text{V}/^\circ\text{K}$ при

$\Delta T = 500^\circ\text{C}$ и $n = 100$,

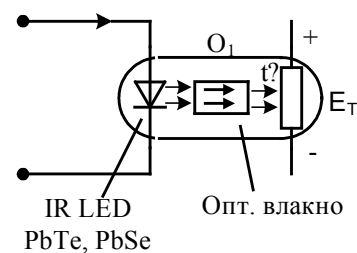
$E_T = 100 \cdot 400 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 20 \text{ V}$.

Термодвойката хромел – копел има стойности $E_T = 68 \mu\text{V}$ ($\Delta T = 100^\circ\text{C}$).

При термогенераторите $\eta_{\text{max}} = 4 \div 10 \%$.

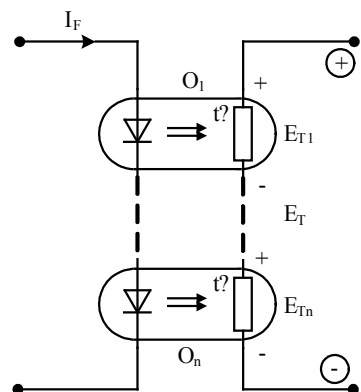
Материали за изработване на светодиоди, излъчващи в далечния ИЧ диапазон: PbTe (до 6 μm), PbSe (до 10 μm), PbTe – SnTe, GeTe – Bi₂Te₃, SiGe [1, 2, 3].

Схема на термоелементния оптрон е дадена на фиг. 1.



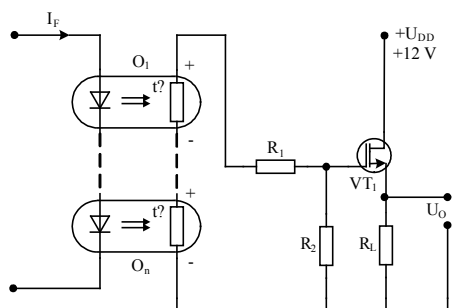
Фиг. 1. Схема на термоелементен оптрон

С цел повишаване на генераторното термо е.д.н. се използва схемата от фиг. 2 с последователно свързване на термоелементите.



Фиг. 2. Последователно свързване на термоелементи

Управление на MOS транзистор с оптрон с термоелемент е показано на фиг. 3.

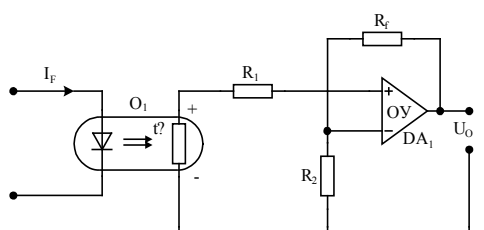


Фиг. 3. Управление на MOS транзистор с оптрон с термоелемент

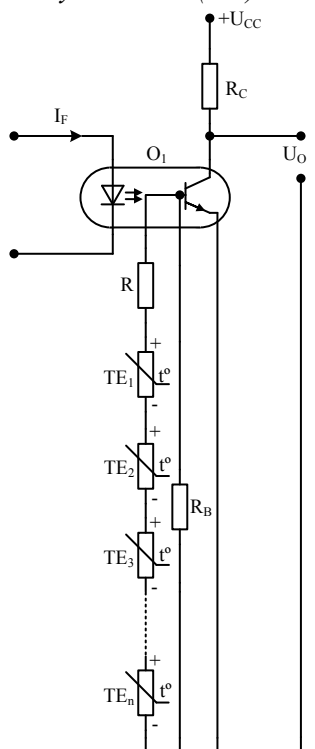
Генераторното термо е. д. н. трябва да е по – голямо от праговото напрежение на MOS транзистора (2÷ 6) V. Напрежението от термоелемента може да се усили, чрез операционен усилвател (ОУ) – фиг. 4.

При предложените схеми от фиг. 1 до фиг. 4 термоелементът се използва за фотоприемник.

В схемата от фиг. 5 се използва стандартен оптрон (ФТО), а термоелементът управлява фототранзистора на оптрона.

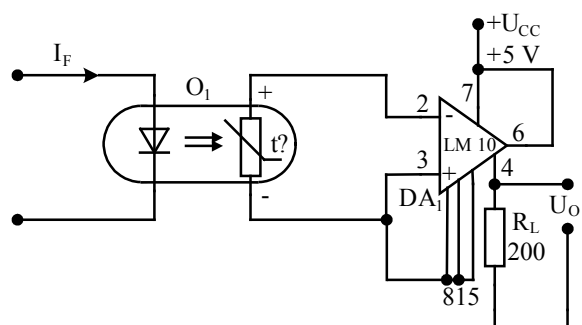


Фиг. 4. Усилване на напрежението на термоелемента чрез операционен усилвател (ОУ)



Фиг. 5. Схема на фототранзисторен оптрон с управление на фототранзистора на оптрона, чрез термоелементи

Фиг. 6 е практическа схема на включване на термоелемент към операционен усилвател. Термодвойката е платина – родий.

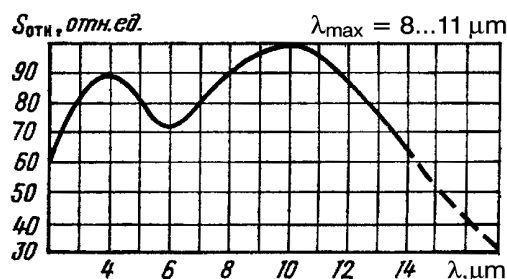


Фиг. 6. Практическа схема на включване на термоелемент към операционен усилвател

Параметри на термоелемент тип МГ-30Б (Русия), използван за фотоприемник в оптрона.

Волтова чувствителност	1000 V/W
Прагова чувствителност	$5.10 W \cdot Hz^{-\frac{1}{2}}$
Коефициент на нелинейност на волтова чувствителност	$\pm 30 \%$
Максимална честота на пропускане на ниво 0,7	(50 ÷ 500) Hz
Изходно съпротивление	500 Ω
Захранващо напрежение	$\pm 12 V$
Консумирана мощност	0,15 W
Ъгъл на полето на приемане	90°
Размер на чувствителната площадка	(1 x 1) mm

На фиг. 7 е показана зависимостта на относителната спектрална чувствителност на термоелемента от дължината на вълната.



Фиг. 7. Зависимост на относителната спектрална чувствителност на термоелемента от дължината на вълната (λ)

С термоелемента МГ – 30Б е построен оптрон по схемата от фиг.1.

Параметри на разработения оптрон:

Светодиод

- материал оловен селенид – (PbSe)
- максимален ток през светодиода – 40 mA;
- обратно напрежение – 3V;
- диаграма на излъчване – 60°;
- максимум на спектрално излъчване – 10 μ m.

Термоелемент:

- захранващо напрежение - $\pm 12V$;
- максимум на спектрална чувствителност – 8 ÷ 11 μ m;
- изходно съпротивление – 500 Ω ;
- ъгъл на приемане – 90°.

Оптрон:

- максимална работна честота – 500 Hz;
- изолационно напрежение вход – изход – 1,5 kV;
- оптична среда – въздух;
- разстояние между светодиода и термоелемента – 5 mm.

Приложение на разработките са за индустриални цели – измерване на неелектрически величини – температура, чрез измерване на електрически величини. Разработка на оптрон, при който фотоприемника има няколко независими входа за управление включително и чрез ИЧ излъчване на нагрети тела.

Термоелементният оптрон е твърдотелен преобразувател ток (ток през светодиода I_F) – напрежение (E_T). Той може да се използва

за реализация на оптрони с въздушна междина и отражателни оптрони, за управление на биполярни, полеви и MOS транзистори и операционни усилватели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термоелементният оптрон се използва в ниско скоростни приложения. Предимството на термоелемента е, че генерира термо е. д. н. при осветяване от светодиода (спектралната чувствителност на термоелемента е в широки граници до 1 порядък), като спектралната чувствителност в широк диапазон не зависи от дължината на вълната. В един от предложените варианти (фиг. 5) схемата работи като оптрон, освен това фотоприемникът на оптрона е чувствителен към температура или към далечно инфрачервено излъчване.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Инфрачервена оптоелектроника.. Габрово, Унив. изд. „В. Априлов”, 2008.
- [2] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Оптоелектроника. Прибори. Елементи. Приложение. София, Техника, ООД, 2007.
- [3] Колев, И. С. и Е. Н. Колева. Оптоелектронни сензори и оптоелектронни охранителни системи. Габрово, Унив. изд. „В. Априлов”, 2009.
- [4] Колева, Е. Н. Индустриална електроника. Габрово, изд. Експрес, 2010.
- [5] Колева, Е. Н. Индустриална електроника. Ръководство за лабораторни упражнения. Габрово, изд. Експрес, 2010.