

Секция ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ

Използване на линейно поляризирана светлина, при изработване на безконтактен резистор с променливо съпротивление.

Йордан Димов

Optical changes of the Resistance of a photoresistor using a polarized light: A photoresistor has been illuminated with light passed through a system which consists of polarizer and analyzer. With this system one can change the light intensity from approximately zero, when the polarizer and the analyzer are crossed to a maximum value when they are parallel. At such resistor the resistance can be changed without mechanical friction, which guarantees a long lifetime of the system.

Key words: photoresistor, polarized light

ВЪВЕДЕНИЕ

Променливи резистори са необходими, когато е трудно да се подбере определена стойност на съпротивлението (напр. при настройката на честотата на генератора на звука в електронния звънец) или когато е необходимо периодично регулиране на схемата чрез промяна на съпротивлението (например за промяна на силата на звука от високоговорителя на радиоприемника).

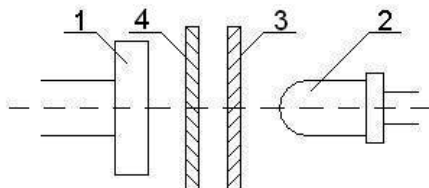
Съществуват различни потенциометри. Донастройващ потенциометър (тример-потенциометър), предназначен за еднократно (или рядко извършвано) регулиране. Останалите се използват, когато се предвижда непрекъснато регулиране на работещото устройство от потребителя - например на силата на звука във високоговорителя на радиоприемника.

Ако променлив резистор, например потенциометър, се употребява много често, поради механичното триене на плъзгача в съпротивителния слой, бързо настъпва износването му. Вследствие на това, съпротивлението на слоя започва да се изменя със скок, а не плавно, както би трябвало да бъде. Това е от особено значение при изработка например на медицинска апаратура, или на апаратура за концертни зали, звукозаписни студия или дискотеки.

Една възможност да се избегне този недостатък на механичните променливи резистори е, като се заменят с фоторезистор, чието съпротивление да се мени в зависимост от осветяването му с поляризирана светлина.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Да разгледаме система, състояща се от фоторезистор (1), който се осветява с източник на светлина (2), например светодиода, а между тях са разположени поляризатор (3) и анализатор (4).



Фиг. 1

Светлината излъчена от светодиода или друг източник на светлина (2), преминава през поляризатора (3). Частта от нея, която достига до резистора,

преминавайки през анализатора (4), ще зависи от ъгъла му на завъртане спрямо поляризатора. Така въртейки анализатора около ос, перпендикулярна на равнините на фоторезистора, анализатора и поляризатора, можем да се мени съпротивлението на фоторезистора, без това да довежда, до физически увреждания на съпротивителния слой. Възниква въпроса, по какъв закон ще се мени съпротивлението на резистора.

Функционалната зависимост, по която се мени интензитетът на преминалата през анализатора светлина, в зависимост от ъгълът на завъртане φ на направлението му на поляризация, спрямо направлението на поляризация на поляризатора, се дава със закона на Малюс

$$I = I_0 \cos^2 \varphi, \quad (1)$$

където I_0 е интензитета на светлината при успоредни направления на поляризация.

При осветяване на полупроводниковия кристал на фоторезистора, настъпва процес на йонизация и заедно с него и на рекомбинация. Условието на динамично равновесие има вида

$$\frac{dn}{dt} = \Delta n - \beta n^2 = 0, \quad (2)$$

където Δn е скоростта на йонизация, β е коефициента на рекомбинация, $n = n_+ = n_-$ е концентрацията на дупките или електроните.

За стационарната концентрация на токовите носители се получава

$$n_{cm} = \sqrt{\frac{\Delta n}{\beta}}. \quad (3)$$

При измерванията беше използван фоторезистор FRT – 1.3.3, с кристал от CdS-CdSe върху керамична подложка, максимум на спектрална чувствителност в интервала от 640nm до 680nm. Проводимостта на полупроводниковият кристал е собствена, поради което специфичната му проводимост е пропорционална както на концентрацията на дупките (n_+), така и на концентрацията на електроните (n_-) в полупроводника. Тъй като тези концентрации са равни ($n_+ = n_- = n$) и са равни на стационарната концентрация, то за специфичната проводимост се получава

$$\sigma = (n_+ + n_-)ev_d = 2nev_d, \quad (4)$$

където e е елементарният електричен заряд, а v_d е дрейфовата скорост.

Тогава замествайки (3) в (4) се получава

$$\sigma = 2ev_d \sqrt{\frac{\Delta n}{\beta}}. \quad (5)$$

Скоростта на йонизация е пропорционална на интензитета на светлината.

$$\Delta n = aI \quad (6)$$

Замествайки в (5) получаваме

$$\sigma = \frac{2ev_d}{\sqrt{\beta}} \sqrt{aI} = \frac{2ev_d}{\sqrt{\beta}} \sqrt{aI_0 \cos^2 \varphi} \quad (7)$$

или

$$\sigma = \frac{2ev_d}{\sqrt{\beta}} \sqrt{aI_0} |\cos \varphi| \quad (8)$$

Съпротивлението на фоторезистора се определя от формулата

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S}, \quad (9)$$

където l е дължината му, а S - напречното му сечение.

В крайна сметка за R се получава

$$R = \frac{l}{S} \frac{\sqrt{\beta}}{2ev_d \sqrt{aI_0}} \frac{1}{|\cos \varphi|}. \quad (10)$$

Ако положим, че

$$k = \frac{l}{S} \frac{\sqrt{\beta}}{2ev_d \sqrt{aI_0}}, \quad (11)$$

то окончателно се вижда, че съпротивлението на резисторът е обратно пропорционално на абсолютната стойност на косинус от ъгъла на завъртане φ на анализатора спрямо поляризатора, т.е.

$$R = k \frac{1}{|\cos \varphi|}. \quad (12)$$

Практически сметата зависимост на съпротивлението на резистора, от ъгъла на завъртане φ на анализатора спрямо поляризатора на светлина, е дадена на фиг.2.

За сравнение е показана кривата на зависимостта на $\frac{1}{|\cos \varphi|}$ от φ . От табл.1 се

вижда, че при голям ъгъл на завъртане, кривите стават много стръмни, затова, за по-добра видимост, се ограничаваме до ъгъл от 80° , при построяване на графиките.

Табл.1

φ°	0	5	10	15	20	25	30	35	40
R[kΩ]	1.9	1.95	2	2.08	2.18	2.31	2.48	2.7	2.99
1/cosφ	1	1	1.02	1.04	1.06	1.1	1.15	1.22	1.31

φ°	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
R[kΩ]	3.39	3.93	4.59	5.64	7.41	10.3	16	29	88.5	950
1/cosφ	1.41	1.55	1.74	2	2.36	2.92	3.85	5.74	11.4	1256



Фиг.2

От графиките се вижда, че при ъгъл на завъртане до към 60 градуса, зависимостта на съпротивлението от ъгъла на завъртане е почти линейна, докато при по големи ъгли много прилича на експонента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследвана е зависимостта на съпротивлението на фоторезистор, осветяван с поляризирана светлина, от ъгълът на завъртане на анализатора спрямо поляризатора. От получените криви се вижда, че те много приличат на кривите, описващи зависимостта, по която се мени съпротивлението на обикновенните, механични променливи резистори, при които съпротивлението се променя, посредством движение на плъзгач по съпротивителния слой. Така стигаме до извода, че е напълно възможно да се направи променлив резистор, работещ на оптически принцип, който ще има предимството, че на практика няма да има износване на съпротивителния слой, което означава, че няма да дава дефекти.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Попов Д.Н., Ненков М.Р. „Физика” част II, РУ”А.Кънчев”, Русе 2006.
- [2]. Тошев Ст., Баев Н., Маринов М., Бончев Л. “Физика” „Наука и Изкуство”, София 1987.
- [3]. <http://www.hobbykit.dir.bg/hobbyb/basic.html>
- [4]. http://lark.tu-sofia.bg/epp/handouts/optoelectronic_bg.pdf

За контакти:

Гл.ас. Йордан Димов, Катедра “Технически и природоматематически науки”, Русенски университет “Ангел Кънчев” Филиал Силистра, Тел.: 086 821521, 217, E-mail: jdimov@abv.bg.

Докладът е рецензиран.