

ДОДАТОК А
Демонстраційний матеріал

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра фізичних основ електронної техніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОПТОВОЛОКОННИЙ СЕНСОР НА ОСНОВІ ПОВНОГ
ВНУТРІШНЬОГО ВІДБИТТЯ

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Освітня програма – «Фотоніка та оптоінформатика»

Розробив:
студент гр. ФТОІм-21-1
Лазуренко Д.Р.

Керівник:
Старший викладач каф. ФОЕТ
Кухтін С.М.

Зм.	Арк.	Прізвище	Підп.	Дата	
					<i>ГЮОК. 203729. 001 Д1</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Лазуренко</i>			<i>Оптоволоконний сенсор на основі повного внутрішнього відбиття</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кухтін</i>			
<i>Н. контр.</i>		<i>Чернишова</i>			
<i>Затв.</i>		<i>Гнатенко</i>			<i>ХНУРЕ каф. ФОЕТ</i>

Продовження додатку А

2

Об'єкт дослідження – метод повного внутрішнього відбиття.

Мета роботи: ознайомлення з принципом роботи та конструкціями датчиків на основі повного внутрішнього відображення, а також математичного моделювання його роботи при вимірюванні концентрації цукру, розчиненого у воді

3

Повне внутрішнє відображення на межі поділу двох середовищ

Повне внутрішнє відображення відповідає умові, коли кут падіння перевищує деякий критичний кут. У геометричній оптиці це явище пояснюється у рамках закону Снелла. Враховуючи, що кут заломлення не може перевищувати 90° , отримуємо, що при куті падіння, синус якого більше відносини меншого коефіцієнта заломлення до більшого коефіцієнта заломлення, електромагнітна хвиля повинна повністю відбиватися в першу середу

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c/v_2}{c/v_1}$$

					ГЮІК. 203729. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А

4

Датчики на основі повного внутрішнього відображення

Датчик рівня рідини

Оптичний датчик мікропереміщення

5

Датчик типу рідини та його принцип дії

Коефіцієнти відображення для паралельної та перпендикулярних поляризацій

$$R_{\perp}(\theta_1, n_2) = \frac{n_1 \cos \theta_1 - \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}}{n_1 \cos \theta_1 + \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}}$$

$$R_{\parallel}(\theta_1, n_2) = \frac{n_2 \cos \theta_1 - \frac{n_1}{n_2} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}}{n_2 \cos \theta_1 + \frac{n_1}{n_2} \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \theta_1}}$$

					ГЮОК. 203729. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А

6

Для розрахунку коефіцієнта модуляції використовується вираз

$$m = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}} = 1 - \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}} \quad m = \frac{\int_{\theta_{1\min}}^{\theta_{1\max}} \frac{dP_{\text{вх}}}{d\theta_1} d\theta_1 + \int_{\theta_{1\max}}^{\theta_{1\text{сп}}} \frac{dP_{\text{вх}}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20})] d\theta_1 - \int_{\theta_{1\max}}^{\theta_{1\min}} \frac{dP_{\text{вх}}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20} + \Delta n_2)] d\theta_1}{\int_{\theta_{1\text{сп}}}^{\theta_{1\max}} \frac{dP_{\text{вх}}}{d\theta_1} d\theta_1 + \int_{\theta_{1\min}}^{\theta_{1\text{сп}}} \frac{dP_{\text{вх}}}{d\theta_1} [R_{\Sigma}(\theta_1, n_{20})] d\theta_1}$$

Коефіцієнт заломлення розчину від концентрату цукру

C(%)	n	C(%)	n	C(%)	n	C(%)	n
0	1.3330	10	1.3479	35	1.3902	60	1.4418
2	1.3359	15	1.3557	40	1.3997	65	1.4532
4	1.3388	20	1.3639	45	1.4096	70	1.4651
6	1.3418	25	1.3723	50	1.4200	75	1.4774
8	1.3448	30	1.3811	55	1.4307	80	1.4901

7

Розрахунок коефіцієнта модуляції m при проходженні променя по керованому світловоду

$n_{20} = 1,333$ - показник заломлення однегорозчину для ($z=0\%$)

$\Delta n = 0,05$ - Крок зміни показника заломлення

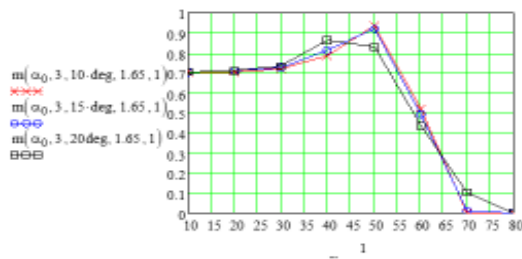
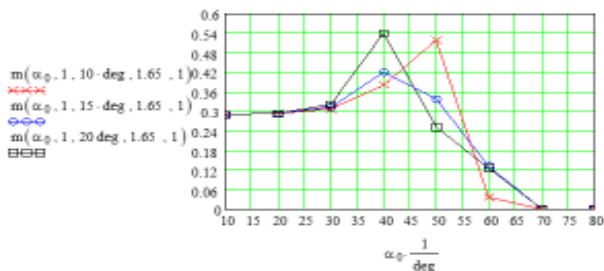
$z_2 = 32\% ; z_3 = 77\%$ - Значення концентрації цукру

$n_1 = 1,65; 1,9$ - Показник заломлення світловода

$K = 1-3$ - кількість відображень

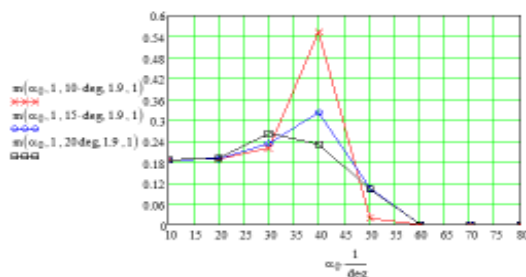
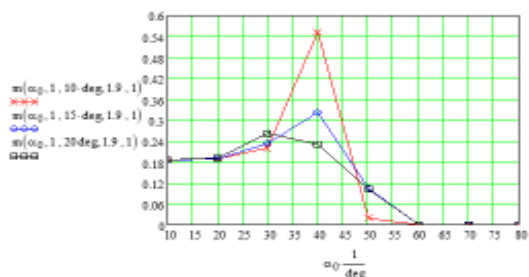
					ГЮІК. 203729. 001 ДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А



Залежність коефіцієнта модуляції m від α_0 для різних кутів ДН ($10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$), ($C = 32\%, n_1 = 1.65$, до $= 1$)

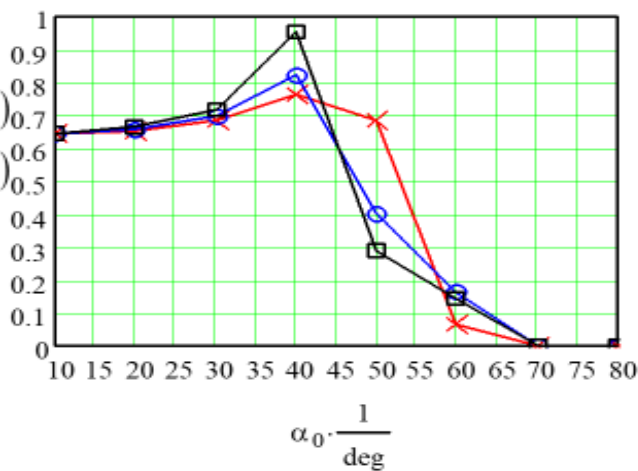
$m(\alpha_0)$ для ($10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$), ($C = 77\%, n_1 = 1.65$, до $= 1$)



$m(\alpha_0)$ для ($10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$), ($C = 32\%, n_1 = 1.9$ до $= 1$)

$m(\alpha_0)$ для ($10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$), ($C = 77\%, n_1 = 1.9$ до $= 1$)

$m(\alpha_0, 1, 10 \text{ deg}, 1.65, 3)$
 $m(\alpha_0, 1, 15 \text{ deg}, 1.65, 3)$
 $m(\alpha_0, 1, 20 \text{ deg}, 1.65, 3)$



Залежність коефіцієнт модуляції m від КС ($10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$), ($C = 32\%, n_1 = 1.65$, до $= 3$)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ГЮІК. 203729. 001 ДІ

Арк.

Висновки

- ♦ Розглянуто фізичні принципи роботи датчиків на основі повного внутрішнього відображення. Проведено аналіз типів оптичних датчиків фізичних величин на основі керованих світловодних структур. Проаналізована математична модель датчика на основі ПВВ отримано аналітичні вирази для розрахунку коефіцієнтів модуляції датчика. Встановлено існуючі дані для розрахунку датчика виду рідини; граничні кути призми, коефіцієнти заломлення світловодної структури, діапазон значень концентрації цукру, кути КС світлодіода. Проаналізовано вплив кута на підставі призми на коефіцієнт модуляції m для різних значень максимального кута $КС_{\max} = 37^\circ$. Оптимальні кути при підставі призми при вимірюваннях концентрації цукрів в діапазоні $C = 0-80\%$ становлять $40^\circ-50^\circ$. Показано, що чутливість датчика може бути підвищена рахунок збільшення його довжини (кількості відображень до $n=3$). Показано, що оптимальний кут при підставі призми становить при цьому точно 40° .

					<i>ГЮОК. 203729. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

