

**П. Ф. Олексенко¹, Ю. В. Ушенін¹, Ю. В. Коломзаров¹, Ю. Я. Циркунов²,
Л. Д. Яцко³, Г. В. Бродовий⁴, В. П. Іщук⁵**

¹ Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, Київ

² СКТБ з Дослідним виробництвом ІФН ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, Київ

³ ВАТ "Науково-технічний комплекс Електронприлад", Київ

⁴ Авіаційний науково-технічний центр "Авіадіагностика", Київ

⁵ Авіаційний науково-технічний комплекс "Антонов", Київ

ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ ЦИФРОВИЙ ДАТЧИК КУТА ПОВОРОТУ

Анотація: Розглянуто принципи побудови, конструкторсько-технологічні рішення та основні характеристики оптоелектронного двоканального цифрового датчика кута повороту, розробленого у Інституті фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України за науково-технічним інноваційним проектом НАН України "Розробка та організація виробництва оптоелектронних датчиків кута повороту авіаційного та загальнопромислового призначення". В рамках виконання проекту було організовано виробництво оптоелектронного двоканального цифрового датчика кута повороту у СКТБ з ДВ ІФН НАН України.

Ключові слова: датчик кута повороту, кремнієвий фотоприймач, сенсор, код Грея.

1. ВСТУП

Датчики кута повороту (ДКП) є одним з основних функціональних елементів сучасних автоматизованих систем керування різноманітними об'єктами. Вони широко використовуються в авіації, суднобудуванні, робототехніці, верстатобудуванні, навігаційному обладнанні [1].

Важливою перевагою таких датчиків є їх універсальність, тобто можливість побудови типових вузлів контролю майже всіх видів переміщень як кутових, так і лінійних, які спостерігаються на об'єктах такого типу. Це обумовлено тим, що абсолютна більшість переміщень забезпечується обертовим рухом двигунів електричного чи іншого приводу. Особливий клас таких сенсорів створюють оптоелектронні датчики, в яких просторове переміщення перетворюється в електричний

кодовий чи аналоговий сигнал за допомогою фотоприймачів спеціальної форми та побудови.

Основними перевагами таких сенсорів є:

- відсутність тертя в контактній системі, що забезпечує тривалий термін експлуатації та стабільність метрологічних характеристик;
- можливість вимірювання абсолютних значень кутів повороту виконуючих механізмів;
- стійкість до впливу механічних та кліматичних факторів;
- відносна простота організації резервних каналів для підвищення надійності;
- можливість повної гальванічної ізоляції високоточної вимірювальної ланки від високоенергетичного приводу.

Останні досягнення в галузі фізики світлодіодів, кремнієвих фотоприймачів і взагалі

оптоелектронного приладобудування та матеріалознавства дають можливість перейти до розробки і практичного впровадження нового покоління сенсорів. Мова йде про створення майже повністю твердотільної інтегральної структури (крім рухомого вузла, який природно є механічно рухомим) з використанням технології виробництва мікросхем. Це дасть можливість покращити експлуатаційні характеристики сенсорів, знизити їх собівартість та розкид параметрів від зразка до зразка, що взагалі є дуже важливим для сенсорів [2, 3].

Крім оптоелектронних систем відомі пристрої для вимірювання кута повороту, побудовані на інших принципах. Наприклад, у [4] запропоновано перетворити кутове переміщення вала у певну аналогову електричну величину – ємність при постійній напрузі, а в [5] інкрементний датчик кута повороту має магнітний шифратор положення вала і використовує зубчасте колесо для індукції періодичних електричних імпульсів в індуктивному знімачі. Зубці розміщуються рівномірно, і кожен зубчик генерує сигнал на магнітному знімачі. Один із зубців виконують коротшим, ніж інші, тому тривалість імпульсу, який генерує цей реперний зубчик, є меншою. Таким чином можна отримати точку відліку положення вала. Однак, якщо вал не виконав повороту до зубчика-мітки, абсолютний кут положення вала невідомий.

Датчики, у яких кут повороту вала перетворюється у абсолютний чи інкрементний цифровий код, пропорційний куту повороту вала, знайшли суттєво ширше застосування. Вони досить різні за будовою та працюють у інкрементному режимі (вимірюють відносний кут повороту вала), у режимі абсолютного відліку кута повороту або у їх комбінації [6–8].

Природна узгодженість з мікроелектронною інфраструктурою відкриває можливість надати інтелектуальних властивостей сенсору та адаптувати його характеристики до

різних умов експлуатації (наприклад, забезпечити його температурну стійкість).

Основним функціональним елементом оптоелектронних ДКП є фотоприймач спеціальної форми та структури, здатний перетворювати просторове переміщення світлового зонда в електричний кодовий чи аналоговий сигнал. Такий фотоприймач є багатоелементною (в прямому та віртуальному сенсі) оптоелектричною інтегральною структурою, що може генерувати відповідний код, адекватний кутовому положенню об'єкта, що рухається. В залежності від вимог до точності і призначення приладу структура може представляти собою інтегральний масив з десятків тисяч елементів.

Мета виконання інноваційного проекту полягала в створенні оптоелектронного датчика кута повороту, що відповідає вимогам при використанні його у авіабудуванні і загальному машинобудуванні та організації його виробництва в СКТБ з ДВ Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України.

Основні задачі, які безпосередньо вирішувалися в процесі виконання проекту:

- розробка конструкторсько-технологічної документації на виріб;
- розробка конструкції та виготовлення зразків виробу;
- розробка апаратури контролю параметрів виробу відповідно до технічних умов (ТУ);
- атестація робочих місць.

Незважаючи на те, що ДКП є функціональним приладом первинної ланки системи автоматичного контролю та регулювання, він є приладом Ні-Гі-технологій. Отже, його розробка (а тим більше випуск з певними характеристиками) доступна тільки державам з досить високим технологічним рівнем виробництва.

При розробці приладу були використані сучасні методи та технології інтегральної

мікроелектроніки (багатоелементні фотоприймачі), оптоелектроніки і нанотехнології, точної механіки і лазерної обробки матеріалів (забезпечення точної імітації руху вимірювального об'єкта) та надяскраві світлодіоди, які в Україні не виробляються.

Розглядаючи оригінальні конструктивні та технологічні рішення, слід мати на увазі, що даний проект має також мету стратегічного плану – мова йде про розробку сімейства датчиків, в яких вже первинна інформація дається безпосередньо в цифровому вигляді. Відомо, що в інформаційно-вимірювальному плані це істотно забезпечує більш високу заводозахисненість у порівнянні з аналоговими датчиками, в яких цифрова форма досягається за допомогою аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП).

2. КОНСТРУКЦІЯ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ЦИФРОВОГО ДКП І ПРИНЦИП ЙОГО РОБОТИ

Функціональна схема двоканального датчика показана на рис. 1. У пило- та вологозахисненому корпусі знаходяться дві плати (для двоканального варіанту) фотоприймачів, на кожній з яких змонтовано восьмирозрядний кодовий фотоприймач (КФП), виконаний по

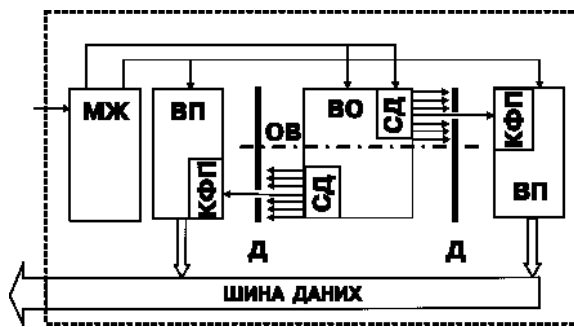


Рис. 1. Блок-схема ДКП: МЖ – модуль живлення; ВП – вузол перетворювача мікроконтрольний; ВО – вузол освітлювача; КФП – кодовий фотоприймач; СД – світлодіоди; ОВ – обертова вісь; Д – діафрагма; → – напрям оптичного випромінювання світлодіодів

кремнієвій технології інтегральних мікросхем. Крім КФП на платах змонтовані відповідні схеми формування сигналів фотоприймачів, мікропроцесорні схеми керування та перекодування сигналів фотоприймачів у відповідний електричний код. В середній частині ДКП змонтований вузол освітлювачів з двоканальним освітлювачем на надяскравих світлодіодах типу LM1-AHR1-01 з відповідною схемою формування та живлення. Кожний канал містить 24 світлодіода, які формують практично однорідне світлове поле, вузька смуга якого (ширина смуги 200 мкм) формується рухомою діафрагмою, спрямовується на КФП і рухається по його поверхні синхронно до обертового руху об'єкта.

Світлове поле сформовано таким чином, що вихід з ладу кількох світлодіодів не впливає на дієздатність приладу. Єдиним рухомим вузлом конструкції є вузол діафрагми, що обертовою віссю (ОВ) жорстко зв'язаний з валом, кут повороту якого визначають. Безумовною перевагою конструкції є те, що вона не містить рухомих вузлів з електричними контактами як по інформаційній шині, так і по шині електричного живлення [9].

Важливу роль у забезпеченні певних параметрів ДКП відіграють вузли мікроконтрольної та мікропроцесорної техніки. Це пов'язано з тим, що розробка передбачає забезпечення дієздатності приладу в жорстких температурних умовах (від -60 до +80 °С), а це притаманно електронним засобам авіаційної техніки. Відомо, що кремнієві фотодіоди мають значну залежність фоточутливості від температури. Крім того, з підвищенням температури інтенсивність випромінювання світлодіодів зменшується, а при зниженні температури, навпаки, зростають інтенсивність та струм споживання, що може вивести світлодіоди з ладу. Критичним також є режим роботи ДКП як оптоелектронного приладу в околі точки роси і при температурах, коли можлива конденсація і замерзання води на

оптичних поверхнях. Щоб запобігти всім цим перешкодам, було запропоновано забезпечити дієздатність приладу в такому діапазоні температур ($-60 \div +80 \text{ }^\circ\text{C}$) шляхом швидкого прогрівання та термостабілізації на рівні $+35 \text{ }^\circ\text{C}$, для чого була розроблена система термостабілізації приладу.

Кожна друкована плата є багатошаровою та містить внутрішній шар металізації у вигляді вузької змійки з електричним опором 8 Ом , яку використовують як нагрівальний елемент. Нагрівачі підключаються до джерела живлення через електронний ключ, котрий керується спеціалізованою мікросхемою з вимірювачем температури і спрацьовує при зниженні температури до $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Принципово важливим функціональним вузлом ДКП є кодовий кремнієвий фотоприймач, виконаний як суцільна інтегральна багатоелементна структура, функціональні можливості якої цілком визначаються як фоточутливістю окремих елементів, так і їх просторовим розміщенням. Структура виконана у єдиному технологічному циклі за стандартними кремнієвими технологіями мікроелектроніки. Загальна структура восьмирозрядного кодового фотоприймача показана на рис. 2. Фотоприймач складається з 16 кремнієвих фотодіодів, замаскованих світло-непроникною алюмінієвою маскою. В ній у відповідності до коду Грея відкриті вікна, через які світло оптичного штриха (щілина у діафрагмі) може збуджувати фотострум. Відкриті вікна фактично утворюють віртуальний масив фотодіодів, котрих налічується біля двох тисяч. Кожний з восьми розрядів коду складається з двох концентричних доріжок фотодіодів, маски яких виконані у протифазі. Електричні сигнали з кожної пари фотодіодів подаються на входи компаратора, що формує цифрове значення сигналу. В кожній парі доріжок кодова структура однієї зсунута на $\pi/2$ відносно другої, що дає можливість аналоговим компараторам сформува-

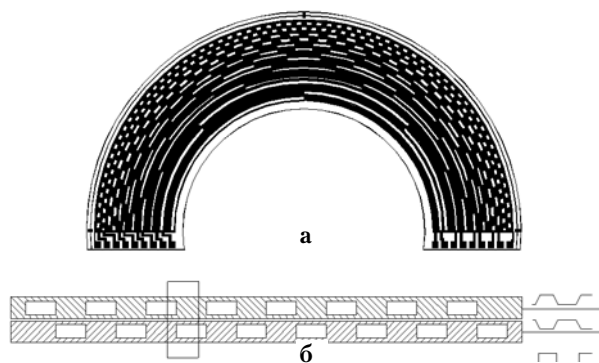


Рис. 2. Інтегральний кодовий фотоприймач: а – топологія розрядних доріжок на кремнієвій пластині; б – схема формування сигналу двома доріжками

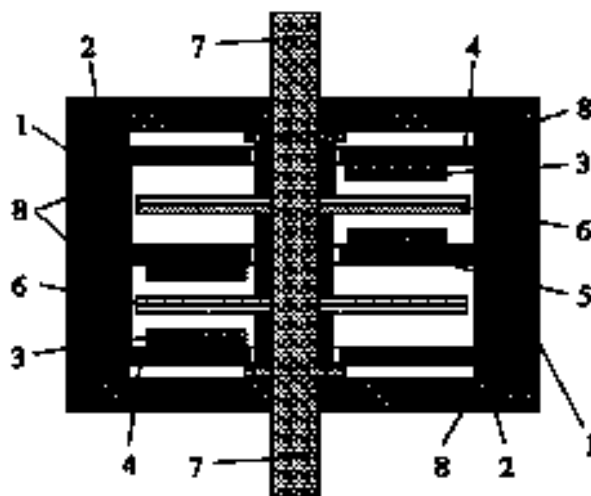


Рис. 3. Конструкція вала двоканального ДКП

ти чіткий цифровий сигнал із значно зменшеною залежністю від температури, інтенсивності освітлення тощо. Вибір коду Грея обумовлений тим, що в ньому завжди змінюється значення тільки одного розряду, завдяки чому похибка зчитування коду не перевищує одиниці молодшого розряду, в той час як у звичайному бінарному коді похибка може бути досить великою.

Реалізована конструкція двоканального датчика кута повороту вала наведена на рис. 3. У корпусі (1) з герметичними кришками (2) розміщено дві кремнієві пластини з фоточутливими елементами та кодовими

Таблиця 1. Характеристики розробленого ДКП та промислового зразка МУ-615А

Параметр	МУ-615А	Запропонований датчик
Принцип дії	Контактний	Безконтактний
Кількість каналів	Одноканальний	Двоканальний з роздільним живленням каналів
Вихідний сигнал	Аналоговий	Послідовний код або аналоговий
Вимірюваний кут повороту	Робочий $\pm 30^\circ$ Повний $\pm 60^\circ$	Робочий $\pm 90^\circ$
Нелінійність	$\pm 3\%$	$\pm 0,5\%$
Габаритні розміри	39,5×54×41 мм ³	39,5×54×41 мм ³
Маса	0,16 кг	0,16 кг
Робоча температура	-60 ÷ +85 °С	-60 ÷ +85 °С

контактами з алюмінію (3), які з'єднані з платами електроніки (4). Між двостороннім освітлювачем (5) та кремнієвими пластинами з фоточутливими елементами розміщено непрозорі діафрагми (6) з прозорими для світла прорізами, що жорстко зв'язані з валом (7), кут повороту якого визначають. Відстані між системами освітлення та кремнієвими пластинами з фоточутливими елементами задано прокладками (8).

Порівняльні характеристики виготовленого зразка з наявним промисловим аналогом наведені у табл. 1.

Основні параметри та характеристики закордонних аналогів розробленого ДКП наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Основні параметри та характеристики закордонних ДКП та розробленого в ІФН НАНУ

Найменування параметра та одиниця вимірювання	США Ingenuity work	США EPC (Encoder Products Company)	Німеччина Posital Fraba	Розроблений в ІФН НАНУ
Кількість каналів вимірювання	1	1	1	2
Частота обертання вала, Гц	Від 10^5 до 10^6	Стандартна $2 \cdot 10^5$, спеціальна $-3 \cdot 10^5$	–	До 10
Напруга живлення, В	$+5 \pm 0,25$ або 10–30	$+5$ при температурі від 0 до 120 °С	10 два роз'єми 30	$+6 \pm 0,5$
Споживаний струм, мА	~180	100	Макимум 400 (при 10 ВПС) Макимум 180 (при 24 ВПС)	600
Життєвий час, год	$> 10^5$	$> 10^5$	$> 10^5$	$> 10^5$ (прогноз)
Формат вихідного коду	Код Грея або звичайний бінарний	Інкrementні подвійні імпульси прямокутної форми, зсунуті по фазі у залежності від напрямку обертання	Код Грея або звичайний бінарний	Аналоговий або звичайний бінарний
Момент інерції, г·см ²	~ 50	~ 27	~ 30	~ 50
Маса, гр	300	95	400	160
Робоча температура, °С	Від – 30 до + 70	Стандартна – від 0 до 70 Низькотемпературна – від -40 до 70 Високотемпературна – від 0 до 100	Від -40 до 85	Від -60 до 85°
Температура зберігання, °С	Від -40 до + 85	Від -40 до +100	Від -40 до 85	Від -40 до 85
Вологість, відн. %	98	98	98	98
Ціна, \$ США	24 000	7 000	400	200 (прогноз)

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ВИГОТОВЛЕНИХ ЗРАЗКІВ ДКП

З метою вимірювання основних параметрів і характеристик розроблених ДКП був створений стенд вимірювання їх оптико-механічних характеристик. Фотографія розробленого стенда наведена на рис. 4. Стенд складається з плоскої металевої підставки, на якій змонтовані встановлені на кронштейнах кроковий двигун, редуктор, досліджуваний датчик кута повороту і зразковий датчик кута повороту типу ОРВ-6-2048-5, а також блок системи керування. Досліджуваний і зразковий датчики кута повороту знаходяться на загальній осі, поворот якої здійснюється за допомогою крокового двигуна через редуктор з коефіцієнтом редукції 16. Роботою стенда керує персональний комп'ютер по спеціально розробленій програмі. Команди передаються до блоку системи керування та обробляються мікропроцесорним пристроєм, що входить до складу блока системи керування. Система керування стендом забезпечує:

- живлення датчиків кута повороту та крокового двигуна;
- керування кроковим двигуном;
- вимірювання сигналів, що надходять від обох датчиків кута повороту;
- перетворення отриманої інформації у цифровий код;
- видачу інформації в лінію зв'язку в стандарті інтерфейсу RS-232.

Цифровий код від двох датчиків обробляється мікропроцесорним пристроєм і передається на персональній комп'ютер для подальшої обробки.

Система управління стендом виконана у вигляді окремого блока та зібрана в пластиковому корпусі. На бічних панелях розташовані два роз'єми DB-9M для підключення датчиків кута повороту, роз'єм DB-9F для

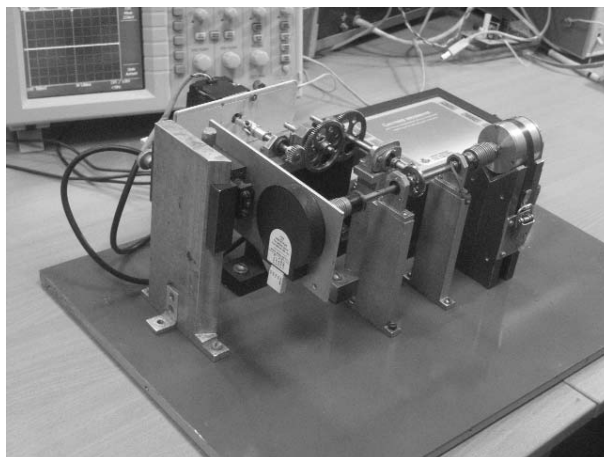


Рис. 4. Стенд для вимірювання оптико-механічних характеристик ДКП

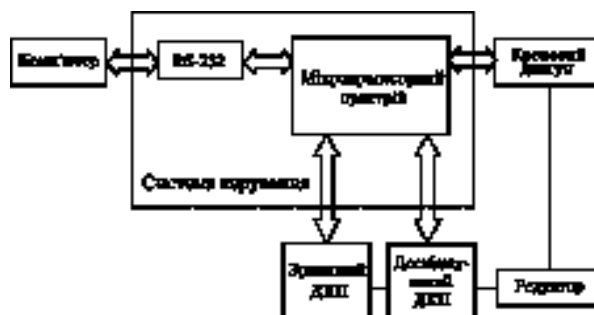


Рис. 5. Структурна схема системи керування стендом

підключення крокового двигуна, роз'єм інтерфейсу RS-232, роз'єм для підключення кабелю живлення від мережі 220 В 50 Гц і вимикач живлення. На рис. 5 наведена структурна схема системи керування стендом.

Спеціально розроблений пакет прикладних програм (ППП) "AngleReader" працює у середовищі операційної системи Windows і забезпечує:

- керування стендом;
- обчислення вимірюваних значень кутів з використанням індивідуальних градувальних характеристик датчиків кута повороту;

- відображення вимірюваних кутів в графічному і в цифровому вигляді (у вигляді графіків та таблиць);
- збереження даних про виміряні значення кутів у файлі на жорсткому диску ПК.

Передаточна характеристика встановлює зв'язок між значеннями кута повороту вала досліджуваного датчика, одержаними за допомогою зразкового датчика та визначеними вимірювальною системою самого датчика.

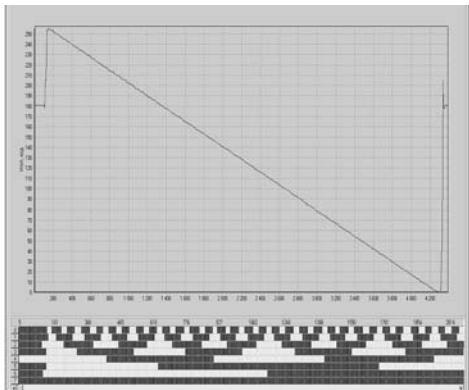


Рис. 6. Передаточна характеристика одного з каналів дослідженого двоканального ДКП

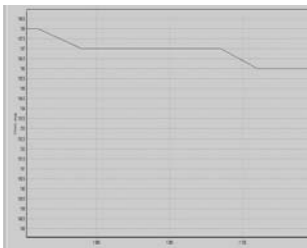


Рис. 7. Фрагмент передаточної характеристики, одержаний за допомогою програмного масштабування

Обов'язковою вимогою до зразкового датчика є більш висока точність вимірювання кутів повороту, ніж у досліджуваного датчика. Крім того, система передачі обертання вала досліджуваного датчика до вала зразкового не повинна вносити спотворення як в процес, так і в результати вимірювань, тобто люфти у всіх елементах механічної системи недопустимі.

У вимірювальному стенді встановлено паспортизований інкрементний датчик кута повороту ОРВ-6-2048-5, який має 8 192 позицій вимірювання, що генерують вимірювальні імпульси на 360° кута повороту вала, тоді як розроблені датчики мають 256 кодів комбінацій на 180° кута повороту вала. Тому точність зразкового датчика як мінімум в 16 разів вища, ніж у досліджуваних зразків. Вали обертання обох датчиків сполучені із загальним валом таким чином, що люфти в даній системі практично відсутні. Крім того, стенд надає широкі можливості щодо управління процесом вимірювання і обробки одержаних результатів.

На рис. 6 наведена передаточна характеристика одного з каналів дослідженого двоканального ДКП. На осі X цього графіка наведені показання зразкового датчика (кількість згенерованих імпульсів), на осі Y — показання вимірювальної системи дослідного зразка (кодів комбінацій від 0 до 256). Передаточна характеристика другого каналу практично аналогічна наведеній на рис. 6, тому вона не наводиться. Аналіз характеристики і визначення параметрів приладу проводяться за допомогою приведеної характеристики. Крім того, така характеристика є типовою для всіх виготовлених дослідних зразків датчиків як одноканальних, так і двоканальних.

У нижній частині рис. 6 наведено відображення коду Грея для всіх восьми розрядів кодового фотоприймача датчика, що синтезується програмою "Angle Reader" на основі зчитаних з ДКП кодів комбінацій.

З рис. 6 видно, що передаточна характеристика лінійна, це практично пряма лінія з невеликими відхиленнями типу сходинок. Величина вказаних сходинок, як видно з рис. 7, одержана за допомогою програмного масштабування передаточної характеристики рис. 6, складає одну одиницю якнайменшого розряду вибраного коду або приблизно $0,7^\circ$, що відповідає вимогам технічного завдання.

Крім цього, у процесі випробувань проводився контроль дієздатності усіх восьми розрядів кодового фотоприймача за допомогою аналізу коду Грея, що синтезується програмою "Angle Reader" на основі зчитаних з ДКП кодових комбінацій (див. нижню частину рис. 6). На рисунку видно, що на всіх розрядах є правильне відображення коду Грея, тому можна стверджувати, що всі розряди кодового фотоприймача датчика працюють коректно.

Крім визначення передаточних характеристик ДКП, перевірялася конструкція, надійність, електричні та інформаційні параметри датчиків. Випробування проводилися на базі СКТБ з ДВ із залученням спеціалізованого сертифікованого випробувального устаткування НТК "Електронприлад" та АНТЦ "Авіадіагностика". При цьому був використаний оригінальний стенд дослідження механічних та оптичних характеристик оптоелектронного цифрового ДКП, що був розроблений у процесі виконання проекту.

Виготовлені двоканальні ДКП авіаційного призначення успішно пройшли попередні випробування у СКТБ з ДВ. Випробування показали їх працездатність, однак ще необхідно провести повний цикл випробувань на відповідність авіаційним стандартам на сертифікованому для випробувань авіаційних приладів устаткуванні. Такі випробування планується провести у 2007 р. на базі НТК

"Електронприлад" та АНТЦ "Авіадіагностика". Випробування двоканальних ДКП включені у план випробувань цих підприємств на 2007 р. Після проведення випробувань та коригування технології за участю ІФН та СКТБ з ДВ будуть виготовлені дослідні зразки ДКП для проведення льотних випробувань на сертифікованій за авіаційними нормами виробничій базі НТК "Електронприлад".

Таким чином, основна мета проекту — розробка принципово нового датчика для заміни застарілих МУ-615А — виконана.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Богославский Г. Е., Олексенко П. Ф., Свечников С. В. и др.** Некоторые возможности использования принципов оптоэлектроники для совершенствования средств измерительной техники. // Измерительная техника. — 1970. №1. — С. 5—8.
2. **Свечников С. В., Ушенин Ю. В., Богданович В. Б. и др.** Многоэлементный фотоприемник для преобразователей линейных и угловых перемещений в код. Авторское свидетельство № 1571759 на изобретение.
3. **Богданович В. Б., Свечников С. В., Ушенин Ю. В. и др.** Фотоэлектрический преобразователь перемещений в код. Патент РФ № 2043698.
4. **John A. Werek.** Shaft rotation analyzer using variable capacitance transducer maintained at a constant voltage. US Patent № 4,963,829. Oct. 16, 1990.
5. **W. Golker.** Magnetic shaft angle encoder. US Patent № 4,742,332. May 3, 1988.
6. **D. B. Leviton.** Rotary encoding device with polygonal reflector and centroid detection. US Patent № 5,329,121. Jul. 12, 1994.
7. **Chong Chee Keong,** Seberang Jaya. Vernier-scaled high-resolution encoder. US Patent № 7,026,604 B2. Apr. 11, 2006.
8. **Sheau Yang Ch'ng, Frank Kwong Yew Kiu, Mee Choo Ong.** Absolute encoder. US Patent № 7,112,781 B2. Sep. 26, 2006.
9. **Бродовий Г. В., Іщук В. П., Коломзаров Ю. В., Олексенко П. Ф., Ушенин Ю. В., Циркунов Ю. Я., Яцко Л. Д.** Датчик кута повороту вала. Заявка № а 200612789 на отримання патенту України на винахід. Дата подачі заявки 04.12.2006.

П. Ф. Олексенко, Ю. В. Ушенин, Ю. В. Коломзаров, Ю. А. Цыркунов, Л. Д. Яцко, Г. В. Бродовой, В. П. Ищук. ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ЦИФРОВОЙ ДАТЧИК УГЛА ПОВОРОТА.

Аннотация: Рассмотрены принципы построения, преимущества, конструкторско-технологические решения и основные характеристики оптоэлектронного двухканального цифрового датчика угла поворота, разработанного в Институте физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины по научно-техническому инновационному проекту НАН Украины "Разработка и организация производства оптоэлектронных датчиков угла поворота авиационного и общепромышленного назначения". В рамках выполнения проекта было организовано производство оптоэлектронных цифровых датчиков угла поворота в СКТБ с ОП ИФП НАН Украины.

Ключевые слова: датчик угла поворота, кремниевый фотоприемник, сенсор, код Грея.

P. F. Oleksenko, Y. V. Ushenin, Y. V. Kolomzarov, Yu. Ya. Tsirkunov, L. D. Yatsko, G. V. Brodovoj, V. P. Ishuk. OPTOELECTRONIC DIGITAL ROTARY ANGLE ENCODER.

Abstract: Construction principles, advantages, design-technological solutions and basic characteristics of optoelectronic two-channel digital rotary angle encoder developed in the V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine in the frame of the scientific and technical innovation project of NAS of Ukraine "Development and organization of production of optoelectronic rotary angle encoders for aviation and general industrial purpose" are considered. In the framework of the project implementation the production of optoelectronic two-channel digital rotary angle encoders in SDTO with PP of ISP of NASU was organized.

Keywords: rotary angle encoder, silicon photodetector, sensor, Gray's code.

Надійшла до редакції 15.01.07
