



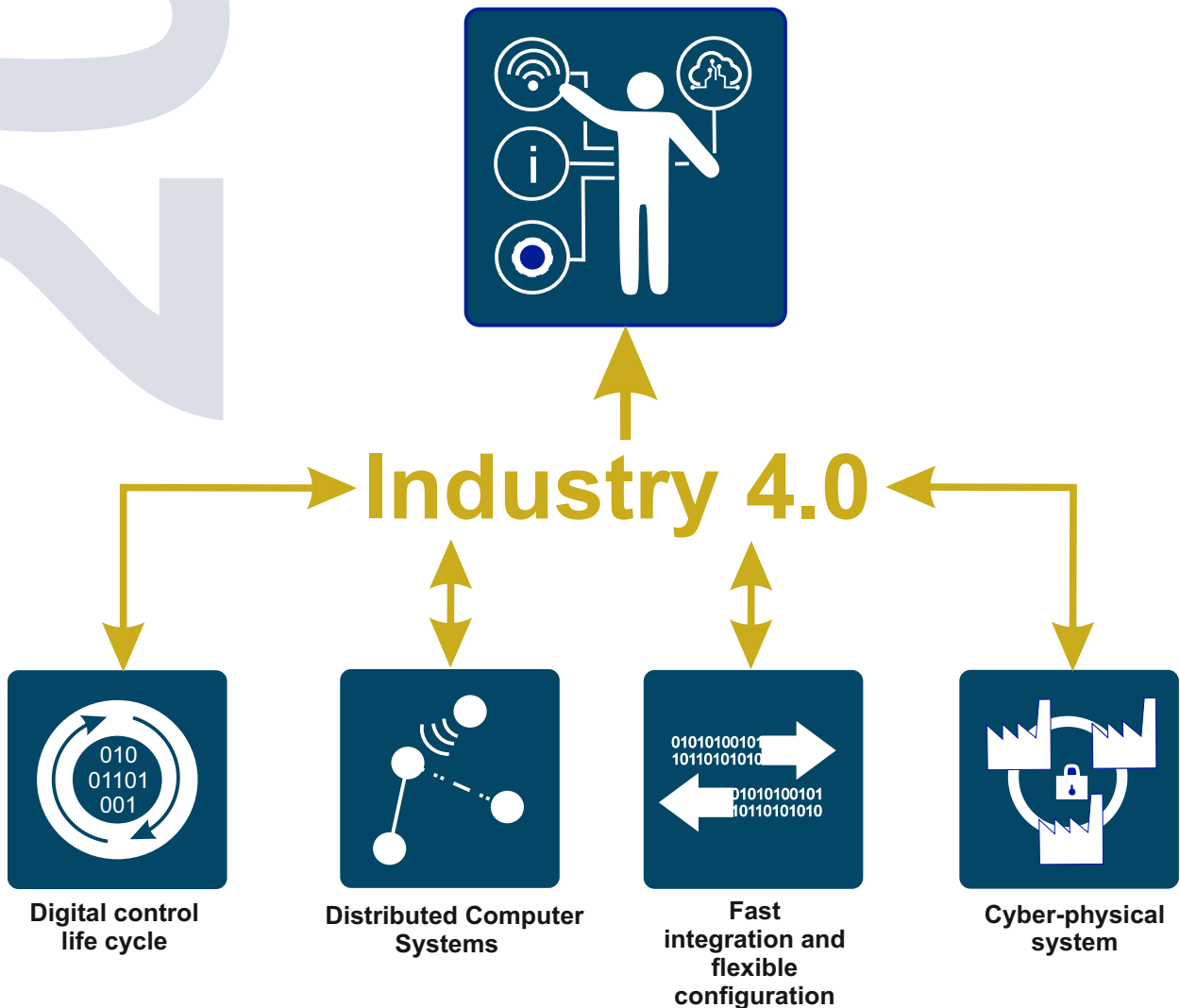
The Ministry of
Education and Science
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National
University of
Radio Electronics

KITAM

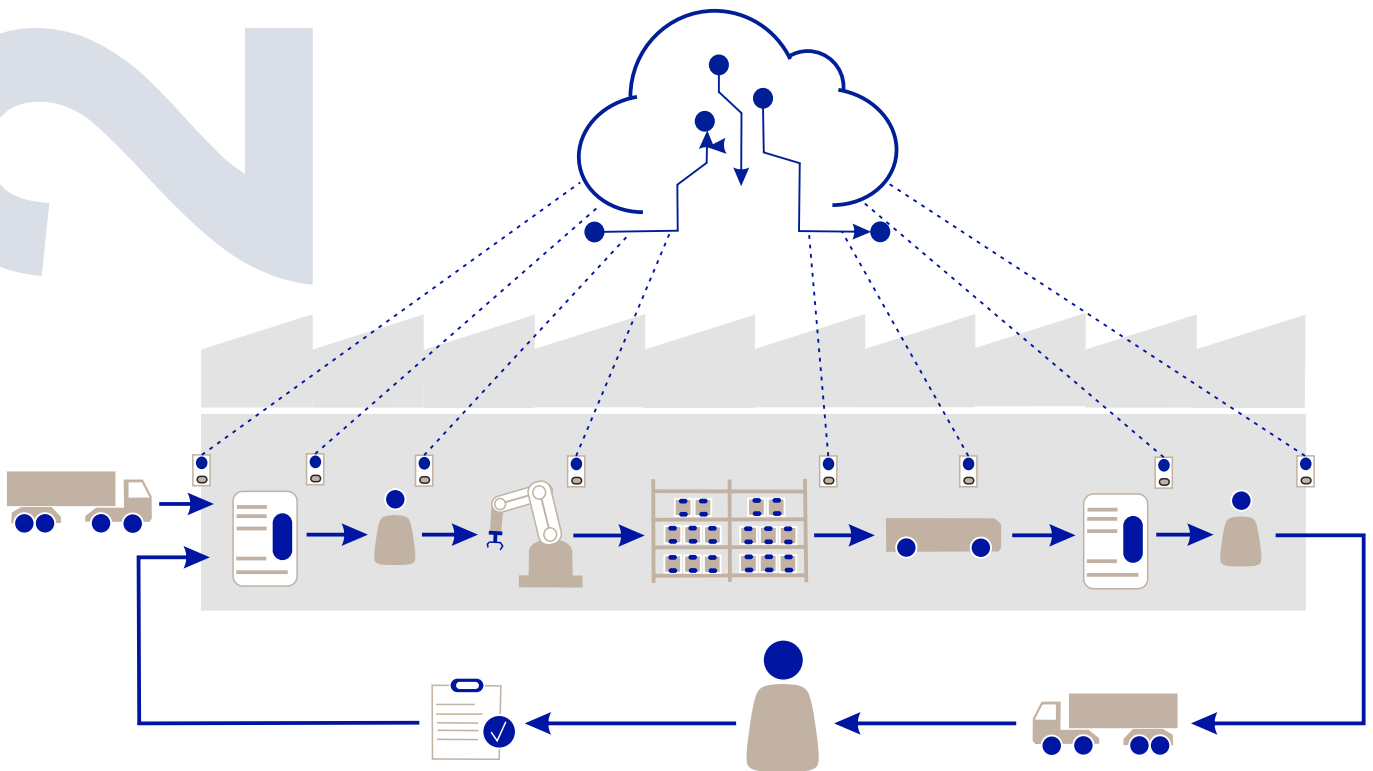
COLLECTION
OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER
«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2022
(Part 1)



2022

ЗБІРНИК

студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2022
(Випуск 1)
[електронне видання]



Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування».
Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2022) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – Вип. 1. – 185с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2022 Part 1 (Key infrastructure 2022) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2022. – 185p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Науково-технічної ради
секції 3 «Автоматизація та приладобудування»
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 17 від 30.05.2022

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2022 рік

ЗМІСТ

<i>Альохіна М. М.</i> Визначення переваг у виробничих рекомендаційних системах	7
<i>Белов П. О., Стеценко К. В.</i> Навігація та управління мобільним роботом	11
<i>Білошапка І.В.</i> Розробка макету пристрою сенсibilізації окулярів для людей з обмеженими можливостями	15
<i>Бондарев А.М.</i> Розроблення структури автоматизованої системи моніторингу на виробництві	19
<i>Бузніков В.Р.</i> Особливості проведення автоматизованого кросбраузерного тестування вебдодатка підприємства	24
<i>Велет А.В.</i> Розроблення структури автоматизованої системи контролю доступу робітників до виробничого обладнання	28
<i>Гончаренко В. О.</i> Оптимізація топологічної структури системи виробничого моніторингу	34
<i>Дерев'янку І.І., Бондарев С. Г.</i> Сервіс орієнтований підхід в управлінні виробництвом	38
<i>Долгуля А.В.</i> Зооморфні роботи	44
<i>Коротун Є.В.</i> Формування структури фреймворку для автоматизованого тестування вебресурсу підприємства	48
<i>Пивовар А. Р.</i> Мобільні навчальні додатки	53
<i>Редько М. В.</i> Аналіз компонентів ERP-системи автоматизованого планування виробництва лікарських засобів	57
<i>Савін В.А.</i> Розробка макета автоматизованого допопіжного транспортного засобу інтегрованого виробництва	60
<i>Скрипник К.Є.</i> Види екструдерів та їх різновиди	65
<i>Скрипник К., Оболонник М.</i> Аналіз систем екструзії для 3D друку декількома матеріалами за технологією FFF/FDM	70
<i>Ищенко М. Д., Білоус М. Ю.</i> Аналіз інформаційних систем на виробництві	75
<i>Конєва А. І.</i> Перспективи розвитку робототехніки у сфері послуг	81
<i>Поддубняк І. А.</i> Аналіз сучасних структурних особливостей гусеничних роботів	85
<i>Коноваленко К.А.</i> Розробка протезу руки з м'язовими датчиками	90
<i>Леонов Ю.С.</i> Розробка модуля кварцування для медичних приміщень	94

<i>Самсонова С.В.</i>	
Аналіз методів автоматизації складської логістики виробничого підприємства	98
<i>Іщенко М. Д., Білоус М. Ю.</i>	
AGILE методологія створення програмного забезпечення	103
<i>Д'яченко С.Ф.</i>	
Аналіз основних принципів застосування LIDAR в автономній робототехніці	107
<i>Реука Є. В.</i>	
Розробка програмного модуля для адаптивного візуального керування	116
<i>Синельник М.Д.</i>	
Використання мікропроцесорних засобів під час операції шліфування кремнієвих та металічних пластин	123
<i>Чернищенко О. В.</i>	
Виділення підмножин ефективних варіантів при проектуванні виробничих технологічних процесів	131
<i>Чеснаков Б.О.</i>	
Розробка автоматизованого модуля сигналізації на основі розподіленої системи датчиків	135
<i>Швець В.О.</i>	
Розробка структури автоматизованої системи моніторингу температури та задимленості в приміщенні	139
<i>Колубай Б.Я.</i>	
Аналіз рівнянь динаміки кінематичних та динамічних характеристик компонентів маніпулятора	145
<i>Канаєв В. Д.</i>	
Необхідність розробки моделі автоматизованого клапану перемикача трубопровідної магістралі	155
<i>Ставрінов В. В.</i>	
Область застосування датчиків параметрів тиску	159
<i>Дерев'яно І., Буць Д.</i>	
Модуль автоматизованого освітлення	162
<i>Стеценко К. В., Белов П. О.</i>	
Сенсори для орієнтації і параметрів руху	166
<i>Ткачов М.Р., Ахмад Д.Х., Візір Ю.С.</i>	
Дослідження перехідних процесів в релейній слідкуючій системі з астатизмом другого порядку	170
<i>Ахмад Д.Х., Ткачов М.Р., Візір Ю.С.</i>	
Дослідження впливу різних типів нелінійностей на перехідні процеси та автоколивання слідкуючої системи	174
<i>Візір Ю.С., Ахмад Д.Х., Ткачов М.Р.</i>	
Дослідження багатовимірної системи автоматичного управління із запізненням	179
<i>Алфавітний список</i>	184

8. Невлюдов И. Ш., Палагин В. А., Чалая Е. А. Технологии микросистемной техники (часть II) // Технология приборостроения. – 2015. – № 2. – С. 5-1.

9. Денисюк С.П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні виклики та європейські орієнтири / С.П. Денисюк // Енергетика: економіка, технології, екологія: Науковий журнал. – 2013. – № 2(33). – С. 7-22.

10. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології: Навчальний посібник / [Г. Г. Швачич, В. В. Толстой, Л. М. Петречук, Ю. С. Іващенко, О. А. Гуляєва, О. В. Соболенко]. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 230 с.

11. Igor Nevliudov, Iryna Botsman, Olena Chala, Kirill Khrustalev. Automated System Development for the Printed Circuit Boards Optical Inspection Using Machine Learning Methods // Proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference «INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (IST-2021)». – Odessa, September 13-19, 2021. – PP. 234-238.

12. V. Bortnikova, I. Nevliudov, I. Botsman and O. Chala, “Search Query Classification Using Machine Learning for Information Retrieval Systems in Intelligent Manufacturing,” in CEUR Workshop Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI’2019), June 12-15, 2019, Kherson, Ukraine.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки.

УДК 621.76

СЕНСОРИ ДЛЯ ОРІЄНТАЦІЇ І ПАРАМЕТРІВ РУХУ

Стеценко К. В., Білов П. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: katelyna.stetsenko@nure.ua; petro.bielov@nure.ua.

Анотація: У статті розглянуто принципи побудови та основні характеристики сучасних МОEMS-сенсорів орієнтації параметрів руху.

Ключові слова: МОEMS, цифровий компас, цифровий гіроскоп та акселерометр.

SENSORS ORIENTATION AND ROOM PARAMETERS

K. Stetsenko, P. Bielov

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, pr. Nauki, 14

E-mail: katelyna.stetsenko@nure.ua; petro.bielov@nure.ua.

Abstract: The article discusses the principles and important characteristics of modern MOEMS-sensors in the orientation of parameters in motion.

Keywords: MOEMS, digital compass, digital gyroscope and accelerometer.

ВСТУП. На сьогоднішній день, найчастіше, для створення різноманітних мініатюрних датчиків використовуються технології мікроелектрооптомеханічних систем - систем, що представляють собою взаємопов'язане об'єднання мікромеханічних та мікроелектронних компонентів МОEMS (Micro Optical Electro Mechanical System). Розрізняють не лише МОEMS, а й 3D-МОEMS технології виробництва компонентів таких систем. Причому, в даний час в корпусі однієї мікросхеми можуть утримуватися два і більше 3-осьових датчика

різних фізичних величин. Для датчиків, створених зазначеними технологіями, характерним є низьке власне енергоспоживання [1].

МОEMS-сенсори, що виробляються безліччю компаній, знаходять широке застосування в приладах та автоматизованих системах різного призначення, що використовуються як у промисловості, так і у виробках військового та цивільного призначення. Наприклад, ними оснащуються автономні транспортні засоби, мобільні домашні роботи, смартфони, електроенцефалографічні гарнітури та сегвей [2]. У якості сенсорів руху для орієнтації роботів можна виокремити цифровий компас, гіроскоп, акселерометр що доцільно виконати на осові МОEMS- технології.

ЦИФРОВИЙ КОМПАС. Компас призначений для орієнтації на місцевості та завдання курсу руху об'єкта по земній поверхні, щодо чотирьох сторін об'їзду.

Первинним вимірювальним перетворювачем компасу служать, найчастіше, чотири магніторезистори (наприклад, мікросхема HMC52L 216), з'єднаних у схему. У магніторезисторів та резисторів опір змінюється в залежності від індукції зовнішнього магнітного поля. Обробка вимірювальних сигналів, що знімаються з діагоналі моста, здійснюється вбудованими або зовнішніми мікроконтролерами (наприклад, PIC16F677 ввиробництва компанії Microchip). За допомогою такого компасу можна визначити не лише азимут, а й вимірювати індукцію зовнішнього магнітного поля.

Точність вимірювання напрямку в діапазоні від 0° до 359° становить 1° . Передача даних, що організується мікроконтролером PIC16F677 датчика, відбувається за цифровим протоколом зв'язку I2C. Результати вимірів оновлюються із частотою 100 разів на секунду. Цифровий компас може працювати в одному з двох програмних режимів: режим вимірювання (абсолютного чи відносного); режим калібрування. У режимі калібрування (виконання вбудованої функції) обчислюється та зберігається в компасі коригувальний зсув, тобто. компас із певною похибкою компенсує вплив аномалій магнітного поля, спричинених зовнішнім оточенням датчика (наприклад, електромоторами, акумуляторними батареями та металевими конструкціями) [3].

ЦИФРОВИЙ ГІРОСКОП. Гіроскопи використовуються для стабілізації напрямку руху, вимірювання поворотної швидкості та кута нахилу тіла в інерційному просторі.

Найважливішими технічними характеристиками сучасних гіроскопів є такі: діапазон кутових швидкостей, град/с; чутливість, град/с; нелінійність масштабного коефіцієнта, % FS (full-scale); максимальний вихідний сигнал, В; час запуску; смуга пропускання, Гц; ударостійкість, g/mc; вібростійкість, g, RMS (gravity root mean square, середньоквадратичне значення вібраційного прискорення, що оцінюється в одиницях прискорення вільного падіння) [4-10].

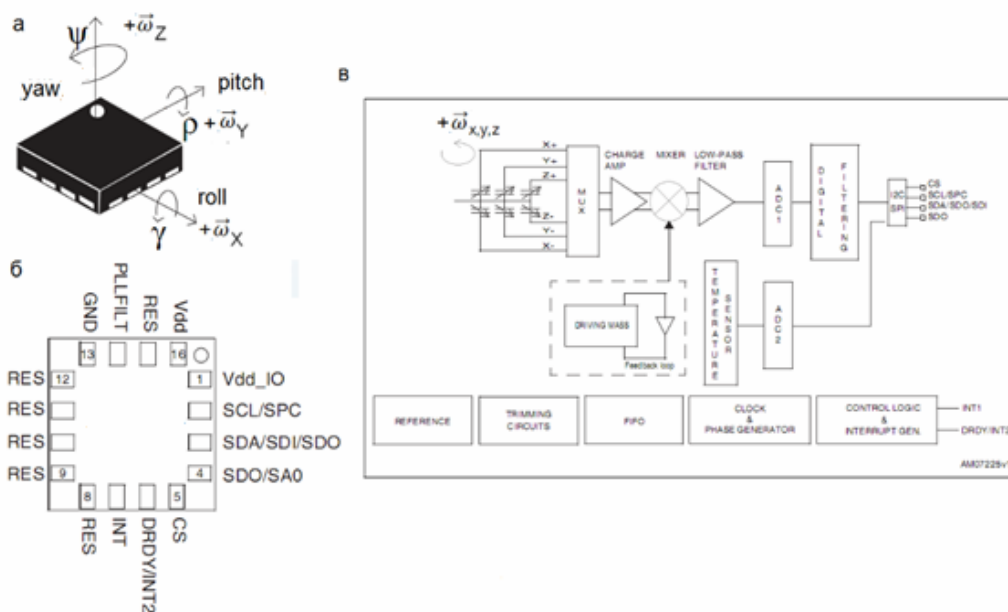
Основою конструкції традиційного гіроскопу служить карданів підвіс з розміщенням всередині його тілом, що обертається. Карданів підвіс дозволяє закріпленому всередині його тілу, що обертається (наприклад, диску) зберігати незмінне напрям осі обертання незалежно від орієнтації самого підвісу та при відсутності впливу на неї моментів зовнішніх сил [5].

Як відомо, при обертанні тіл можуть виникати прецесія, нутація та сила Кориоліса. На використанні ефекту Кориоліса будується безліч МОEMS гіроскопів.

В основі обробки вимірювальних сигналів сучасних гіроскопів лежить математичний апарат аналітичної механіки (зазвичай на основі кутів Ейлера) або кватерніонів, за допомогою яких усувається ефект Карданова підвісу та досягається простота обчислення напрямних косинусів [6].

Робота гіроскопа, що обертається, заснована на періодичному русі в горизонтальній площині чотирьох чутливих мас M_1 , M_2 , M_3 та M_4 . Під дією сил Кориоліса відбувається їх відхилення від прямолінійного руху, що фіксується в позиціях Y , P та R мікросхеми. У позиціях зміна положення мас фіксується ємнісними датчиками, розташованими над позиціями. Приріст ємності кожного датчика перетворюється спочатку на напругу, яка

пропорційна прикладається до датчика кутової швидкості, а потім - 16-бітний код, зберігається у внутрішніх регістрах ASIC-процесора.



a – вид зверху; б – вид основи; в – функціональна схема.
Рисунок 1 – Гіроскоп L3G4200D у корпусі LGA (Land Grid Array) [7].

АКСЕЛЕРОМЕТР. Він є пристроєм для вимірювання нахилу, змін положення об'єкта (наприклад, при прискоренні 1...2g), лінійних та обертальних вільних падінь (1g), перевантажень, вібрацій та ударів[8].

Головна частина акселерометра – датчик швидкості. Основою більшості таких датчиків служить ємнісний чутливий елемент, що представляє собою мікромеханічну систему, яка сформована на поверхні кремнієвої підкладки. ЧЕ складається з центральної пластини, закріпленої при допомозі пружних елементів, і трьох нерухомих пластин (дві основні та одна потрібна для реалізації функції самотестування). У сукупності утворюється диференційна ємність. Центральна пластина має чутливу масу і може зміщуватися під дією прискорення, змінюючи тим самим своє становище щодо нерухомих пластин. Це призводить до зміни ємності мікроконденсатора. Рухлива пластина знаходиться в середньому положенні за відсутності прискорення [5-9].

Прикладом 3-осьового аналогового акселерометра служить енергоекономічний чіп LIS344ALH від компанії STMicroelectronics. Інерційний датчик включає ємнісний ЧЕ і блок обробки сигналу. Вимірювання виробляються LIS344ALH в одному з двох програм, що задаються діапазонами: $\pm 2g/\pm 6g$. Наділений функцією самотестування. Напруга живлення чіпа: 2,4 В ... 3,6. Температурний діапазон: $-40^{\circ}\text{C} \dots + 85^{\circ}\text{C}$ [10].

ВИСНОВКИ. Мікроелектромеханічні елементи (гіроскоп, акселерометр та ін.) - перспективні прилади сучасної мікросистемної техніки, які інтенсивно і динамічно розвивається в науково-технічному спрямуванні, створення яких ознаменувала революційний процес у сучасній інерціальній технології. Мікроелектромеханічні гіроскопи характеризуються унікально малими масою і габаритами, низьким споживанням електроенергії, можливістю функціонування в жорстких умовах експлуатації та на кілька порядків меншою вартістю, ніж їхні традиційні аналоги. Застосування мікроелектромеханічних систем дозволяє вирішувати проблему кардинального вдосконалення існуючих і створення принципово нових систем стабілізації, орієнтації, навігації та управління об'єктами різного призначення, забезпечує суттєве поліпшення їх технічних характеристик. Використання мікроелектромеханічних гіроскопів і

акселерометрів дозволяє створювати малогабаритні системи орієнтації та навігації низької вартості для суден, літальних апаратів різного призначення, мобільних роботів, автомобілів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов И. Ш., Палагин В. А., Чалая Е. А. Технологии микросистемной техники (часть II) //Технология приборостроения. – 2015. – №. 2. – С. 5-10.
2. Семенець, В. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології [Текст]/ В. В. Семенець, І. Ш. Невлюдов, В. А. Палагін / Харків «Комп. СМІТ», 2011.-416 с.
3. Филипенко О.І. Технологічні дефекти виробництва кремнієвих підкладок для функціональних відбиваючих поверхонь МОЕМС-перемикачів / Филипенко О.І., Чала О.О., Відешин М.І. // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Т. 2 (42). – С. 61-63.
4. H. Abdelnaby, G. P. Potirniche, A. Elshabini, F. Barlow, S. K. Groothuis and R. S. Parker, "Numerical simulation of heat generation during the back grinding process of silicon wafers," 2012 IEEE Workshop on Microelectronics and Electron Devices, Boise, ID, 2012, pp. 1-4, doi: 10.1109/WMED.2012.6202614.
5. M. Wilson et al., "Importance of defect photoionization in silicon-rich SiNx dielectrics for high PID resistance," 2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), Tampa, FL, 2013, pp. 0218-0222, doi: 10.1109/PVSC.2013.6744134.
6. G. Margutti et al., "Silicon defects characterization for low temperature ion implantation and spike anneal processes," 2014 20th International Conference on Ion Implantation Technology (IIT), Portland, OR, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/IIT.2014.6940014.
7. 14. Filipenko O. et al. Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation //2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL). – IEEE, 2019. – С. 371-374.
8. Nevliudov, I , Omarov M , Botsman, I , Demaska, N , Nevliudova, V , Starodubcev, M . (2019). Research Of Factors Influencing The Process Of Formation Of Welded Microconnections In Electronic Modules . Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A - Applied Sciences and Engineering , 20 () , 181-187 . DOI: 10.18038/estubtda.651032
9. O. Filipenko, O. Chala and O. Sychova, "Some Issues of Dependencies of Loss from Technological Features of Optical Switches for Communication Systems," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2018, pp. 599-603, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632051.
10. . O. Filipenko, O. Chala, V. Bortnikova, O. Sychova and I. Botsman, "Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation," 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), Sozopol, Bulgaria, 2019, pp. 371-374, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019570.

Науковий керівник: Чала Олена Олександрівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки