

Розробка 2-х координатного пристрою визначення кутових координат Сонця на наноструктурованих плівках кремнію для космічних апаратів

Разработка 2-х координатного устройства определения угловых координат Солнца на наноструктурированных пленках кремния для космических аппаратов

Development of the 2-axis Sun angular coordinates determination device based on the nanostructured silicon films for spacecrafts

1. Номер державної реєстрації теми - 0116U003819

2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Якименко Ю. І., Якименко Ю. І., Yakymenko Yu. I.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Розроблені конструкції щільних 2-х координатних пристроїв визначення кутових координат Сонця на монокристалічному кремнії та на наноструктурованих плівках кремнію. Розрахунки конструктивних параметрів сенсорів проведені із врахуванням лінеаризації вихідної характеристики на основі факторів зміни падаючої потужності при зростанні кутів падіння світлового променя та залежності зміщення світлової плями від кута падіння.

Розроблені технології виготовлення радіаційно стійких пристроїв на монокристалічному кремнії та на наноструктурованих плівках кремнію з повним комплектом технологічної документації.

Розроблена технологія синтезу кремнієвих нанокристалічних тонкоплівкових шарів для пристроїв визначення кутових координат Сонця, легованих рідкісноземельними елементами, які сформовані методом іонно-променевого випаровування.

Створені методики досліджень параметрів пристроїв визначення кутових координат Сонця, у т.ч. їх фотоелектричних параметрів і кутових характеристик, радіаційної стійкості та температурної стабільності.

Комплексність підходу до досліджень та розробки технології виготовлення радіаційно стійких ПКС, дозволила укомплектувати виготовленими приладами систему орієнтації другого університетського наносупутника "PolyITAN-2-SAU", який успішно функціонує на навколоремній орбіті з 18 квітня 2017 року.

(рос.)

Разработаны конструкции щелевых 2-х координатных устройств определения угловых координат Солнца на монокристаллическом кремнии и на наноструктурированных пленках кремния. Расчеты конструктивных параметров сенсоров приведены с учётом линеаризации выходной характеристики на основе факторов изменения падающей мощности при увеличении углов падения светового луча и зависимости смещения светового пятна от угла падения.

Разработаны технологии изготовления радиационно стойких устройств на монокристаллическом кремнии и на наноструктурированных пленках кремния с полным комплектом технологической документации.

Разработана технология синтеза кремниевых нанокристаллических тонкопленочных слоев для устройств определения угловых координат Солнца, легированных редкоземельными элементами, сформированных методом ионно-лучевого испарения.

Созданы методики исследования параметров устройств определения угловых координат Солнца, в т.ч. их фотоэлектрических параметров и угловых характеристик, радиационной стойкости и температурной стабильности.

Комплексность подхода к исследованию и разработке технологии изготовления радиационно стойких УУКС, позволила укомплектовать изготовленными устройствами

систему орієнтації другого університетського наносупутника "PolyITAN-2-SAU", який успішно функціонує на околотериторіальній орбіті з 18 березня 2017 року.

(англ.)

The design of the 2-axis Sun angular coordinates determination device based on the monocrystalline silicon and on the nanostructured silicon films have been developed. Calculations of the design parameters of the sensors are given taking into account the linearization of the output characteristic based on the factors of the incident power loss with the incidence light angle increasing and the incidence angle dependence of the light spot displacement.

Technologies for manufacturing radiation-resistant devices on monocrystalline silicon and nanostructured silicon films with a complete set of technological documentation have been developed.

A technology for the synthesis of silicon nanocrystalline thin-film layers for Sun angular coordinates determination devices, doped with rare-earth elements, formed by ion-beam sputtering has been developed.

Methods for studying the parameters of Sun angular coordinates determination device, incl. their photoelectric parameters and angular characteristics, radiation resistance and temperature stability.

The complexity of the approach to research and development of the radiation-resistant Sun sensors manufacturing technology allowed to equip the onboard orientation system of the second university nanosatellite "PolyITAN-2-SAU" with manufactured devices that had been successfully operating in the near-earth orbit since March 18, 2017.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

1. Патент на корисну модель UA 115968U від 10.05.2017 «Датчик для вимірювання кутової швидкості об'єктів» Жовнір М.Ф., Писаренко Л.Д., Іващук А.В. та ін.

2. Патент на корисну модель № 119261 від 25.09.2017 «Плазмон-поляритонна резонансна платформа для сенсорів/біосенсорів на основі високо регулярних лазерно-індукованих поверхневих періодичних структур у вигляді дифракційної ґратки на поверхні напівпровідника» Гнілицький Я. М., Душейко М. Г., Бородінова Т.І., Мамикін С.В., Оразі Л., Максимчук Н. В.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати роботи відповідають світовому рівню, точність визначення кутових координат розроблених пристроїв ($<1^\circ$), масогабаритні параметри і експлуатаційні характеристики знаходяться на рівні світових аналогів, а конструкція ПККС на нанокристалічному кремнії не має аналогів.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених конструкцій та технологій дозволяє значно знизити собівартість та підвищити експлуатаційні характеристики пристроїв орієнтації за Сонцем за рахунок:

- зниження витрат на технологічні операції, які передбачають виготовлення сенсорів на технологічній базі кремнієвих сонячних елементів;

- зниження вимог до електронної обв'язки сенсора, що пояснюється аналоговим принципом дії розроблених сенсорів СЕ

- спрощення алгоритмів аналізу даних та розрахунку кутів для сенсорів з лінеаризованими кутовими залежностями вихідного сигналу за рахунок оптимізації топології шляхом врахування факторів зниження потужності та зміни зміщення від кутів падіння світлового променя;

- зниження на 20-30 % радіаційної деградації сенсорів у результаті синтезу для фоточутливого елемента структурного різновиду тонкої кремнієвої плівки – нанокремнію, що представляє собою аморфну матрицю з розподіленими в ній нанокристалітами. А введення рідкісноземельних металів до складу кремнієвої плівки, які виступатимуть в

першу чергу в ролі сенсibilізаторів чутливості матеріалу, дозволяє знизити радіаційну деградацію ще на 10-15%.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Рекомендована галузь застосування: системи орієнтації космічних апаратів, матеріалознавство, фотоприймачі і фотоелектричні перетворювачі. Відпрацьовані при виконанні проекту способи та технології можуть бути ефективно використані для створення нових приладів, перетворювачів та сенсорів на основі функціональних матеріалів в електронних системах та пристроях.

Перспективним може також бути використання розроблених пристроїв у безпілотних літальних апаратах у т.ч. стратосферних.

В Україні потенційними споживачами одержаних результатів є підприємства космічної галузі – ДП «Науково-дослідний інститут приладобудування» (м. Харків), НКАУ, КБ «Південмаш» (м. Дніпро).

Конструкція та технологія розроблених ПККС може бути використана для виготовлення університетських нано- і мікро-супутників як в Україні, так і за кордоном.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені конструкції щілинних 2-х координатних пристроїв визначення кутових координат Сонця на монокристалічному кремнії та на наноструктурованих плівках кремнію.

Розроблені технології виготовлення радіаційно стійких пристроїв на монокристалічному кремнії та на наноструктурованих плівках кремнію з повним комплектом технологічної документації.

Виготовлено та досліджено експериментальні зразки ПККС на монокристалічному кремнії та на наноструктурованих плівках кремнію.

9. Існуючі результати впровадження.

Розробленими пристроями визначення кутових координат Сонця укомплектовано бортову систему орієнтації наносупутника КПІ ім. І. Сікорського “PolyITAN-2-SAU”, який успішно функціонує на навколосемній орбіті з 18 квітня 2017 року.

10. Назва організації, телефон, E-mail

КПІ ім. І. Сікорського, НДІ «Електроніки та мікросистемної техніки»

454-9074, iav_7@i.ua; 236-9676, bogdan@ee.ntu-kpi.kiev.ua

11. Фото розробки

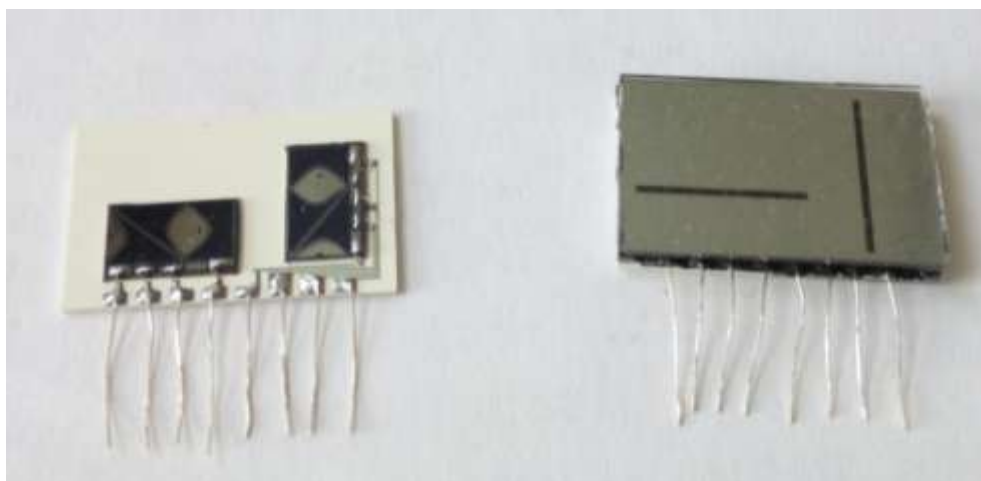


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд модернізованого сенсора без мембрани та дистанційного колодязя (зліва) та зібраного сенсора (справа)



Рисунок 2 – Фотографія готового ПККС

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. M. Semenenko, M. Dusheiko, S. Mamykin, V. Ganus, M. Kirichenko, R. Zaitsev, M. Kharchenko, N. Klyui // Effect of Plasma, RF, and RIE Treatments on Properties of Double-Sided High Voltage Solar Cells with Vertically Aligned pn Junctions // International Journal of Photoenergy. – 2016. – V.2016. Article ID 1815205, 8 pages.
2. V. Koval, A. Ivashchuk, Yu. Yakymenko, M. Dusheyko, Yu. Yasievich, G. Khrypunov, Ye. Sokol // Application of nanostructured silver film in multilayer contact system of Ti/Mo/Ag silicon photoconverters // Radioelectronics and Communications Systems. – 2016. V.59, N.2. – P.53-59.
3. Effect of argon deposition pressure on the properties of aluminum-doped ZnO films deposited layer-by-layer using magnetron sputtering / V. I. Popovych, A. I. Ievtushenko, O. S. Lytvyn, V. R. Romanjuk, V. M. Tkach, V. A. Baturyn, O. Y. Karpenko, M. V. Dranchuk, L. O. Klochkov, M. G., Karpyna V. A., Lashkarov G. V. Dushejko // Ukrainian journal of physics. - 2016. - Vol. 61, № 4. - P. 325-330.
4. A.I. Ievtushenko, M.G. Dusheyko, V.A. Karpyna, O.I. Bykov, P.M. Lytvyn, O.I. Olifan, V.A. Levchenko, A.A. Korchovyi, S.P. Starik, S.V. Tkach, E.F. Kuzmenko, G.V. Lashkarev The influence of substrate temperature on the properties of Cu-Al-O films deposited by reactive ion beam sputtering method // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics. - 2017. - V.20, N.3. - P.314-318.
5. Y. M. Poplavko and Y. I. Yakimenko, Solid State elementary electrophysics in 2 volumes. Vol. I.: symmetry, quasi-particles, metals, magnetic // Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute, Publ. house “Polytechnica”, 2016. – 364p.
6. Y. M. Poplavko and Y. I. Yakimenko, Solid State elementary electrophysics in 2 volumes. Vol. II.: semiconductors, dielectrics, phase transitions // Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute, Publ. house “Polytechnica”, 2016. – 438p.

13. Ключові слова до розробки: Пристрій визначення кутових координат Сонця, сенсор Сонця, фотоелектричний перетворювач, монокристалічний кремній, нанокристалічні кремнієві плівки, рідкісноземельні елементи, космічна галузь, технологія.