

вої ХЗ. Для Si вона може бути визначена досить коректно ($E_{ij} = 6,86$ eВ).

Обговорення результатів та висновки. Функціональні залежності поляризуємості (α), а також значення дипольного моменту (\bar{D}) від кількості атомів у АКС (n) свідчать про те, що \bar{D} суттєво залежить від просторового розташування атомів у АКС, на відміну від поляризуємості, значення якої не істотно змінюється для релаксованої, або не релаксованої АКС. Відомі інші результати отримані для "геометричного діапазону" $3 \leq n \leq 10$ - за методом псевдопотенціалу та $10 < n \leq 23$ - за методом сильного зв'язку у комбінації з методом ФЕГ, що також підкреслюють визначену нами тенденцію.

Розрахунки електронних станів АКС за методом ПФЕГ дозволяють провести інтерпретацію результатів з позицій геометричного розташування атомів у АКС з кількістю атомів від 2 до 70 ($n = 2 \div 70$).

Між іншим, ми провели теоретичний аналіз того, яким же чином змінюється енергетичний спектр АКС при зміні не лише міжатомних відстаней, але й кутів між ХЗ сусідніх атомів, або навіть кластерних фрагментів. З'ясувалося, що сила хімічної взаємодії зростає при зменшенні кутів паралельно зі звичайним радіальним скороченням ХЗ. Це дозволяє зробити висновок, що радіальні сили є суттєвими лише для близьких "сусідів".

Підкреслимо, що визначення та вивчення механізмів перетворення ковалентної речовини у металеву, у процесі зміни кількості атомів у АКС — це ключ щодо розуміння функціональних властивостей нанорозмірних структур. З нашої точки зору, перехід від ковалентної до металевої стадії "існування" АКС-Si відповідає зміні кутів між ХЗ для найближчих сусідніх атомів, а саме: $\theta = 60^\circ$ - металева фаза, $\theta \approx 110^\circ$ - ковалентна. Але виникає питання: що може вплинути на зміну кутів?

АКС, які ми досліджували, склалися не лише з атомів кремнію, але й водню та галогенів (фтор, хлор, йод та бром). Особлива увага була приділена аналізу ступеню гібридизації: а) центрального та периферійних атомів кремнію АКС; б) атомів галогену, що насичували "поверхневі" ОХЗ кремнію. Розрахунки показали, що зсув електронної густини від атому кремнію (Si) до галогену (X) стає причиною зменшення куту (θ) між

сусідніми ХЗ у малих АКС типу SiF_4 від $109^\circ 28'$ до значення $104^\circ 31'$. Атом галогену (X) має значно більшу величину електронегативності, у порівнянні з атомом Si. Тому довільний $Si - Si$ -ХЗ, що знаходиться поблизу атому галогену, деформується та поляризується. Це спричиняє зростання частоти коливання $Si - Si$ -зв'язку та підсилює поглинання випромінювання з відповідною довжиною хвилі. Таке індуковане галогеном явище можна використовувати у дослідженнях сітки $Si - Si$ зв'язків у а-Si, насиченому галогенами.

Таким чином, взаємодія молекулярного фтору з кремнієм, аналогічно до атомарного, також супроводжується хемілюмінесценцією у видимій області спектру, але з меншою інтенсивністю. Це свідчить про те, що механізми взаємодії кремнію з молекулярним та атомарним фтором схожі. Слід зауважити, що збільшення енергії активації у випадку молекулярного фтору пов'язане з необхідністю розривання F-F хімічного зв'язку.

1. Tanaka K. Nanotechnology towards the 21st Century // Thin Sol. Films. — 1999. — v.341. — p.120-125.
2. Seabaugh A.C., Mazumder P. Scanning the issue // Proc.IEEE. -1999.- v.87.- p. 535-545.
3. Хайрутдинов Р.Ф. Химия полупроводниковых наночастиц // Успехи химии.— 1998. — т.67 (2). — с. 125-139.
4. Ковальчук в.в. кластерная модификация полупроводников.-К.: Хай-тек Пресс, 2007. - 309 с.
5. Takagi H., Ogawa H., Yamazaki Y., Ishizaki A., Nakagiri T. Quantum size effects on photoluminescence in ultra fine Si particles // Appl. Phys.Lett. — 1990. — v. 56.— p. 2379-2380.
6. Kanzawa Y., Kageyama, Takeoka S., Fujii M., Hayashi S., Yamamoto K. Size-dependent near-infrared photoluminescence spectra of Si nanocrystal embedded in SiO2 matrices // Sol.St.Com.— 1997.— v.102.— p.533-537.
7. Голубев В.Г., Медведев А.В., Певцов А.Б., Селькин А.В., Феоктистов Н.А. Фотолуминесценция тонких пленок аморфно – нанокристаллического кремния // ФТТ. — 1999.—т.41, №1.— с. 153-158.
8. Kanemitsu Y., Okamoto S., Otake M., Oda S. Photoluminescence mechanism in surface-oxidized silicon nanocrystals // Phys.Rev.—B.55.—1997.—p.R7375-R7378.
9. Kanzawa Y., Kageyama, Takeoka S., Fujii M., Hayashi S., Yamamoto K. Size-dependent near-infrared photoluminescence spectra of Si nanocrystal embedded in SiO2 matrices // Sol.St.Com.— 1997.— v.102.— p.533-537.
10. Mitas L., Therrien J., Twisten R., Belomoin G., Nayfeh M. Effect of surface reconstruction on the structural prototypes of ultrasmall ultrabright Si29 nanoparticles // Appl.Phys. Lett. — 2001.- 78.- P. 1918.
11. Park N.M., Kim T.S., Park S.J. Band gap engineering of amorphous silicon quantum dots for light-emitting diodes // Appl.Phys. Lett. — 2001.- 78.- P. 2575.
12. Porjo N., Kuustla T., Heikkila L.Characterization of photonic dots in Si-SiO2 thin-film structures // Appl.Phys. — 2001.- 89.- P. 4902.
13. Chelan S., Elliman R.G., Gaff K., Durandet A. Luminescence from Si nanocrystals in silica deposited by helicon activated reactive evaporation // Appl.Phys. Lett. — 2001.- 78.- P. P.1670.
14. Ковальчук В.В. Ультрадисперсные фазы в молекулярной электронике (обзор) // Технология конструирования в электронной аппаратуре. — 2001. — №5-6. (принято к печати).
15. Ковальчук В.В. Модельный анализ деяких кластерних сполук // Вісник ЧГУ ім.Федьковича. - 1999.- т. 32. - С.8-12.

Надійшла до редколегії 14.07.09р

УДК 681.7:623.4

О.В. Сєлюков, канд. техн. наук, с.н.с.

ЛАЗЕРНА ДАЛЕКОМЕТРИЯ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Представлений огляд далекомірів різних родів військ зарубіжних країн. Розглянуті принципи роботи, конструкція і основні характеристики військових далекомірів.

Ключові слова: далекомір, лазерна далекометрія.

The review of range-finders of different combatant arms of foreign countries is presented. The principles of work, construction and basic descriptions of military distance gauge are considered.

Keywords: range finder, laser distance measurement.

Вступ та постановка завдання. Лазерні далекоміри (ЛД) призначені для отримання інформації про об'єкт по відображеному оптичному випромінюванню. В результаті аналізу параметрів відображеного сигналу може бути визначена відстань до об'єкту. Завдяки використанню лазерів можна формулювати вузькі діаграми спрямованості (одиниці мілірадіан), здійсню-

вати ефективну спектральну і просторову селекцію, генерувати короткі і надкороткі імпульси (одиниці наносекунд). До належних лазерних далекомірів відносяться висока точність і здатність при вимірюванні дальності, електромагнітна сумісність і перешкодозахисність. Разом з тим ЛД властиві деякі недоліки,

наприклад: сильне загасання оптичного випромінювання за несприятливих погодних умов.

До основних характеристик електронних далекомірів відносять:

- збільшення, крат;
- діаметр лінзи об'єктиву, мм;
- кут поля зору, град;
- одиниця вимірювання, м/ярд;
- відстані, м/ярд, що вимірюються;
- діаметр вихідної зіниці, мм;
- напруга живлення (джерело живлення), В;
- габарити, мм;
- вага, кг
- і інші.

Основний зміст. Лазерна далекометрія є одна з перших областей практичного застосування лазерів у закордонній військовій техніці. Перші досвіди відносяться до 1961 року, а зараз лазерні далекоміри використовуються і в наземній військовій техніці (артилерійські, інші), і в авіації (далекоміри, висотоміри, цілівказувачі), і на флоті. Ця техніка пройшла бойові випробування у В'єтнамі і на Близькому Сході. У цей час ряд далекомірів прийняті на озброєння в багатьох арміях миру.

Завдання визначення відстані між далекоміром і ціллю зводиться до виміру відповідного інтервалу часу між зондувальним сигналом і сигналом, відображення від цілі. Розрізняють три методи виміру дальності в залежності від того, який характер модуляції лазерного випромінювання використовується в далекомірі: імпульсний, фазовий (фазово-імпульсний) або частотний. Зовнішній вигляд першого імпульсного далекоміра типу ХМ-23 показаний на рис. 1.



Рис. 1

Фотографія з сайту <http://sill-www.army.mil/>

Суттєвість імпульсного методу далекометрування полягає в тому, що до об'єкта посилається зондувальний імпульс, він же запускає тимчасовий лічильник у далекомірі. Коли відображений об'єктом імпульс приходить до далекоміра, то він припиняє роботу лічильника. По тимчасовому інтервалі автоматично висвічується перед оператором відстань до об'єкта. Використовуючи раніше розглянуту формулу, оцінимо точність такого методу далекометрування, якщо відомо, що точність виміру інтервалу часу між зонду-

вальними і відображеними сигналами відповідає 10^{-9} с. Оскільки можна вважати, що швидкість світла дорівнює $3 \cdot 10^{10}$ см/с, одержимо погрішність у зміні відстані близько 30 см. Фахівці вважають, що для рішення ряду практичних завдань цього цілком достатньо. При фазовому методі далекометрування лазерне випромінювання модулюється по синусоїдальному закону. При цьому інтенсивність випромінювання міняється в значних межах. В залежності від дальності до об'єкта змінюється фаза сигналу, який впає на об'єкт. Відображений від об'єкта сигнал прийде на приймальний пристрій також з певною фазою, яка залежить від цієї відстані. Якщо ж, наприклад, частота модуляції лазерного випромінювання становить 10 Мгц, то тоді погрішність виміру відстані складе близько 5 см.

Перший лазерний далекомір ХМ-23 пройшов випробування і був прийнятий на озброєння в країнах НАТО. Він розрахований на використання в передових спостережних пунктах сухопутних військ. Джерелом випромінювання в ньому є лазер на рубіні з вихідною потужністю 2,5 Вт і тривалістю імпульсу 30 нс. В конструкції далекоміра широко використовуються інтегральні схеми. Випромінювач, приймач і оптичні елементи змонтовані в моноблоці, який має шкали точного визначення азимута і кута місця цілі. Живлення далекоміра виробляється від батареї нікелево-кадмієвих акумуляторів напругою 24 В, який забезпечує 100 вимірів дальності без підзарядки. В іншому артилерійському далекомірі того часу LRR-101, також прийнятому на озброєння НАТО, є пристрій для одночасного визначення дальності до чотирьох цілей, які лежать на одній прямій, шляхом послідовного стробування дистанцій 200,600,1000,2000 і 3000 м. У 1963 році в США почалися польові випробування далекоміра ХМ-23 потужністю випромінювання 2,5 Вт і діапазоном вимірюваних відстаней 200-9995 м. ХМ-23 був на початку несекретним зразком і став базовим приладом для цивільних дослідників 1960-х років. До кінця 1960-х років лазерні далекоміри стали стандартним устаткуванням нових танків США. Першим зразком, спроектованим з урахуванням застосування лазерних далекомірів, став М551 "Шеридан", який був запущений у серію в 1967 р. Цивільні застосування лазерних далекомірів були обмежені лише високою вартістю інтегральних схем того часу.

Портативні лазерні далекоміри розробляються для піхотних підрозділів і передових артилерійської спостережачів. Найчастіше вони бувають виконані у вигляді бінокля. Джерело випромінювання і приймач змонтовані в загальному корпусі, з монокулярним оптичним візором чотирьох – восьмикратного збільшення, в полі зору якого є світлове табло із світлодіодів, добре помітних як уночі, так і вдень. У лазері як джерело випромінювання може використовуватися, наприклад, алюмінієво-ітрієвий гранат з модулятором добротності на ніобате літію. Це забезпечує пікову потужність в 1,5 МВт. У приймальній частині може використовуватися здвоєний лавинний фотодетектор із ширококутовим малощумовим підсилювачем, що дозволить детектувати короткі імпульси з малою потужністю, що становить всього 10^{-9} Вт.

Таблиця 1

Технічні дані	Vector 1500 GMD	Vector IV	Vector 21
Діапазон відстаней, які вимірюються	від 5м до >2 км	від 5м до >4 (6) км	від 5м до >12 км
Точність вимірювання відстані (2у)	±1м (50м до 500м) ±2м (<50м/ >500м)	±2м (50м до 2 км) ±3м (<50м/ >2 км)	±3м (50м до 2 км) ±5м (<50м/ >2 км)
Якнайменший розряд дисплея	0,5 м		
Час вимірювання відстані	0.3 (0.9) секунди з макс відновленням – 11 вимірювань в хвилину		
Розбіжність пучка лазерного діода	=<1,5 мрад.	=<2 мрад.	=<2 мрад.
Характеристики лазера	860 нм	1550 нм	1550 нм
Безпека (для зору)	Лазерний випромінювач Клас 1 по EN60825(94) і EN 60825-1(94) у відповідності ANSI Z 136,1(93) і FDA21CFR		
Оптична система	Кратність - 7х, осьовий дозвіл - краще 6 сік, фокус - фіксований, корекція діоптрій - ±4dpt		
Діаметр об'єктиву	42 мм		
Поле зору на відстані 1000 м	120 м		
Точність магнітного компаса (1у)	± 0.6°		
Точність інклінометра (1у)	± 0.2°		
Діапазон вимірювання кутів нахилу	± 35°	± 35°	± 45°
Час вимірювання азимута / кута нахилу	0.2 секунди з max відновленням - 120 разів на мінуту		
Вологостійкість	Відповідає DIN58390 (10 хв на глибині 1 м)		
Припустимі динамічні / вібраційні навантаження	30г - 11 мсек - хуз / 10-500 Гц протягом 10 хв		
Маса	1.71 кг із батареєю		
Розміри	205 x 178 x 82 мм		
Інтерфейс RS232	Так	Так	Так
Діапазон робочих температур	від -35°С к +63°С		
Діапазон температур зберігання	від -40°С к +85°С		
Живлення	1 x 6У літієва батарея (тип 2 CR5) (більше 2400 вимірів)		



Рис.2. Фотографія з сайту <http://talks.guns.ru>

Помилкові сигнали, відображені від прилеглих предметів, які знаходяться у стовбурі з ціллю, виключається за допомогою схеми стробірування по дальності. Джерелом живлення може з'являться малогабаритна акумуляторна батарея, яка забезпечить понад 2500 вимірів без підзарядки. Електронні блоки далекоміра виконуються на інтегральних і гібридних схемах, що дозволяє довести вагу далекоміра разом із джерелом живлення до 2 кг. В області розробки лазерних далекомірів добре відомі наступні фірми: Bushnell,

Nicon, Newcon, Leica і інші. Визнаним лідером військових далекомірів є електронні біноклі-далекоміри VECTOR фірми Leica (рис.2). Дане устаткування дозволяє не тільки виміряти відстані від 5 м до 12000 м, але і визначити магнітний азимут, а також кути нахилу щодо горизонту. Устаткування широко застосовується службами порятунку, службами контролю і моніторингу і ін. Спільне використання з GPS устаткуванням дозволяє значно збільшити продуктивність при одержанні координат об'єктів, у тому числі і неприступних. У цьому випадку ЛД - легкий у використуванні, багатофункціональний високотехнологічний прилад для всіляких вимірювань. Технічні характеристики приладів серії VECTOR приведені в Таблиці 1.

Установка лазерних далекомірів на танки відразу зацікавила закордонних розроблювачів військового озброєння. Це пояснюється тим, що на танку можна ввести далекомір в систему керування вогнем танка, чим підвищити його бойові якості. Для цього був розроблений далекомір AN/VVS-1 для танка М60А (рис.3). Він не відрізнявся за схемою від лазерного артилерійського далекоміра на рубіні, крім видачі даних у дальності на цифрове табло в лічильно-вирішальний пристрій системи керування вогнем танка. При цьому вимір дальності може виробляється як навідником гармати так і командиром танка. Режим

роботи далекоміра - 15 вимірів в хвилину протягом однієї години.



Рис.3. Фотографія з сайту <http://www.jossresearch.org>

Закордонна преса повідомляє, що більше досконалий далекомір, розроблений пізніше, має межі виміру дальності від 200 до 4700 м з точністю ± 10 м і лічильно-вирішальний пристрій, який пов'язаний із системою керування вогнем танка, де спільно із іншими даними обробляється ще 9 видів даних про боєприпаси. Це, на думку розроблювачів, дає можливість вражати ціль з першого пострілу. Система керування вогнем танкової гармати має далекомір, розглянутий раніше, але в неї входять ще сім почуттєвих датчиків і оптичний приціл. Розробник цієї установки - фірма Cobelda Radar Automatic Preflight Analysis дала назву цієї системі - "Cobelda". У пресі повідомляється що вона забезпечує високу ймовірність поразки цілі і незважаючи на складність цієї установки перемикач механізму балістики в положення, що відповідає обраному типу пострілу, а потім нажати кнопку лазерного далекоміра. При веденні вогню по рухливій цілі навідник додатково опускає блокувальний перемикач керування вогнем для того, щоб сигнал від датчика швидкості повороту вежі при спостереженні за ціллю надходив за тахометром в обчислювальний пристрій, допомагаючи виробляти сигнал попередження. Лазе-

рний далекомір, що входить в систему Cobelda, дозволяє вимірювати дальність одночасно до двох цілей, розташованих у створі. Система відрізняється швидкодією, що дозволяє зробити постріл у найкоротший час.

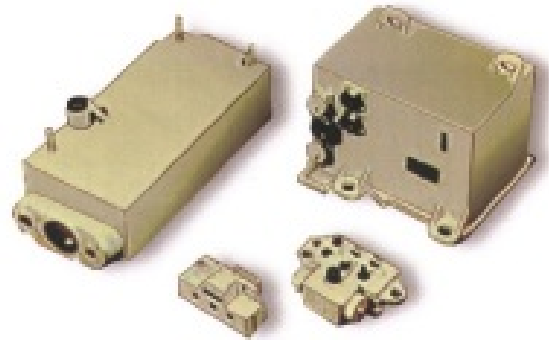


Рис.4.

Фотографія з сайту www.rbs.ru/vttv/99

Лазерні далекоміри, які установлені на сучасних танках, дозволяють вимірювати дальність до цілі в межах від 200 м до 8 000 м (на американських і французьких танках) і від 200 до 10 000 м (на англійських і німецьких танках) з точністю до 10 м. Більшість активних елементів лазерних далекомірів, які встановлені у цей час на танках і БМП західного виробництва, створені на основі кристала ітрієво - алюмінієвого граната з домішкою неодиму. Ці лазери генерують випромінювання на довжині хвилі 1,06 мкм. Квантовий танковий далекомір КДТ-2 (рис.4) виробництва Мінського механічного заводу ім. В.І.Вавілова призначений для вимірювання дальності до цілі при установці на танках Т-55А, Т-62, БМП-3 та має наступні технічні характеристики (табл.2).

Таблиця 2

Технічні характеристики	
Діапазон вимірюваної дальності, м	500.....4000
Точність вимірювання, м	± 10
Довжина хвилі випромінювання, мкм	1,06
Кількість одночасно далекомірних цілей, що перебувають на відстані 130 м один від одного в створі випромінювання лазера за одне випромінювання	3
Стробірування вимірюваної дальності, м	1400, 2400
Ресурс, кількість вимірів	20000
Вага комплекту, кг	25

Є також лазерні далекоміри, в яких активним елементом служить кристал рожевого рубіна. Тут основою є кристал окису алюмінію Al_2O_3 , а активними елементами іони хрому Cr^{3+} . Лазери на рубіні генерують випромінювання на довжині хвилі 0,69 мкм.

Останнім часом на закордонних бойових машинах почали застосовуватися лазерні далекоміри на вуглекислому газі. В CO_2 -лазері в газорозрядній трубці перебуває суміш, що складається з вуглекислого газу (CO_2), молекулярного азоту (N_2) і різних невеликих добавок у вигляді гелію, парів води і т.д. Активні центри - молекули CO_2 . Перевага лазера на двоокисі вуглецю полягає в тім, що його випромінювання (довжина хвилі 10,6 мкм) відносно безпечно для зору й забезпечує краще проникнення через дим і туман. Крім того, лазер постійного випромінювання, що працює на цій

довжині хвилі, може використовуватися для підсвічування цілі при роботі з тепловізійним прицілом.

В арміях, крім артилерії і танків, лазерні далекоміри використовуються в системах, де потрібно в короткий проміжок часу визначити дальність з високою точністю. Так, у пресі повідомлялося: розроблена автоматична система супроводження повітряних цілей і виміру дальності до них. Система дозволяє робити точний вимір азимута, кута місця і дальності. Дані можуть бути записані на магнітну стрічку і оброблені на ЕОМ. Система має невеликі розміри і масу і розміщується на рухливому фургоні. В систему входить лазер, що працює в інфрачервоному діапазоні. Прийомний пристрій з інфрачервоною телевізійною камерою, телевізійний контрольний пристрій, дзеркало, що стежить за сервоприводом, цифровий індикатор і

записуючий пристрій. Лазерний пристрій на неодимовому склі працює в режимі модульованої добротності й випромінює енергію на хвилі 1,06 мкм. Потужність випромінювання становить 1 МВт в імпульсі при тривалості 25 нс і частоті проходження імпульсів 100 Гц. Розходження лазерного променя 10 мрад. У каналах супроводу використовуються різні типи фотодетекторів. В прийомному пристрої використовується кремнієвий світлодіод. В каналі супроводу - ґрати, що складаються із чотирьох фотодіодів, за допомогою яких виробляється сигнал неузгодженості при зсуві цілі вбік від вісі візування по азимуті і куту місця. Сигнал з кожного приймача надходить на відео-підсилювач із логарифмічною характеристикою і динамічним діапазоном 60 дБ. Мінімальний граничний сигнал, при якому система стежить за ціллю становить $5 \cdot 10^{-8}$ Вт. Дзеркало спостереження за ціллю приводиться в рух по азимуті і куту місця сервомоторами. Система спостереження дозволяє визначати місце розташування повітряних цілей на віддаленні до 19 км, при цьому точність супроводу цілей, обумовлена експериментально, становить 0,1 мрад по азимуту й 0,2 мрад по куту місця цілі. Точність виміру дальності ± 15 см.

Лазерні далекоміри на рубіні і неодимовому склі забезпечують вимірювання відстані до нерухоливих об'єктів, які переміщуються повільно, оскільки частота проходження імпульсів невелика. Не більше одного герца. Якщо потрібно вимірювати невеликі відстані, але з більшою частотою циклів вимірювання, то використовують фазові далекоміри з випромінювачем на напівпровідникових лазерах. В якості джерела, як правило, застосовується арсенід галію. Ось характеристика одного з далекомірів: вихідна потужність 6,5 Вт в імпульсі, тривалість якого дорівнює 0,2 мкс, а частота проходження імпульсів 20 кГц. Розходження променя лазера становить 350-160 мрад. При необхідності кутове розходження променя може бути зменшена до 2 мрад. Приймальний пристрій складається з оптичної системи, на фокальній площині якої розташована діафрагма, що обмежує поле зору приймача в потрібному розмірі. Колімація виконується короткофокусною лінзою, яка розташована за діафрагмою. Робоча довжина хвилі становить 0,902 мкм, а дальність дії від 0 до 400 м. В пресі повідомляється, що ці характеристики значно поліпшені в більше пізніх розробках. Так, наприклад уже розроблений лазерний далекомір з дальністю дії 1500 м і точністю вимірювання відстані ± 30 м. Цей далекомір має частоту проходження імпульсів 12,5 кГц при тривалості імпульсів 1 мкс. Інший далекомір, розроблений у США, має діапазон виміру дальності від 30 до 6400 м. Потужність в імпульсі 100 Вт, а частота проходження імпульсів становить 1000 Гц.

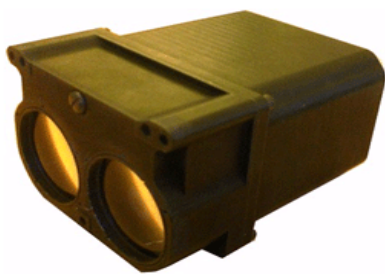


Рис.5. Фотографія з сайту
<http://www.vecronix.com>



Рис.6. Фотографія з сайту
http://world.guns.ru/assault/as_41-r.htm

Оскільки застосовується кілька типів далекомірів, то намітилася тенденція уніфікації лазерних систем у вигляді окремих модулів (рис.5). Це спрощує їхнє складання, а також заміну окремих модулів в процесі експлуатації. По оцінках фахівців, модульна конструкція лазерного далекоміра забезпечує максимум надійності і ремонтпридатності в польових умовах. Модуль випромінювача складається зі стрижня, лампи-накачування, освітлювача, високовольтного трансформатора, дзеркал резонатора, модулятора добротності. Як джерело випромінювання використовується звичайно неодимове скло або алюмінієво-натрієвий гранат, що забезпечує роботу далекоміра без системи охолодження. Всі ці елементи головки розміщені у твердому циліндричному корпусі. Точна механічна обробка посадкових місць на обох кінцях циліндричного корпусу головки дозволяє робити їхню швидку заміну і установку без додаткового регулювання, а це забезпечує простоту технічного обслуговування і ремонту. Для початкової юстировки оптичної системи використовується опорне дзеркало, яке укріплене на ретельно обробленій поверхні головки, перпендикулярно вісі циліндричного корпусу. Освітлювач дифузійного типу являє собою два вхідних один в інший циліндра між стінками яких перебуває шар окису магнію. Модулятор добротності розрахований на безперервну стійку роботу або на імпульсну зі швидкими запусками. Основні дані уніфікованої головки такі: довжина хвилі - 1,06 мкм, енергія накачування - 25 Дж, енергія вихідного імпульсу 0,2 Дж, тривалість імпульсу 25 нс, частота проходження імпульсів 0,33 Гц протягом 12 с, кут розходження 2 мрад. Внаслідок високої чутливості до внутрішніх шумів фотодіод, підсилювач і джерело живлення розміщуються в одному корпусі з можливо більше цільним компонентуванням, а в деяких моделях все це виконано у вигляді єдиного компактного вузла. Це забезпечує чутливість порядку $5 \cdot 10^{-8}$ Вт. У підсилювачі є гранична схема, що збуджується в той момент, коли імпульс досягає половини максимальної амплітуди, що сприяє підвищенню точності далекоміра, тому що зменшує вплив коливань амплітуди вхідного імпульсу. Сигнали запуску й зупинки генеруються цим же фотоприймачем і йдуть по тому ж тракту, що виключає систематичні помилки визначення дальності. Оптична система складається з афокального телескопа для зменшення розходження лазерного променя і фокусуємого об'єкта для фотоприймача. Фотодіоди мають діаметр активної площадки 50, 100, і 200 мкм. Значному зменшенню габаритів сприяє те, що прийомна й передавальна оптична системи з'єднані, причому центральна частина використовується для формування випромінювання передавача, а периферійна частина - для прийому відображеного від цілі сигналу.



Рис.7.

Фотографія з сайту <http://www.free-time.ru/military/gun/gun/oicw.html>

Наступний етап військового застосування лазерних далекомірів - їхня інтеграція з індивідуальною стрілецькою зброєю піхотинця. Прикладом може служити штурмова гвинтівка F2000 (Бельгія) (рис.6). Замість прицілу на F2000 може встановлюватися спеціальний модуль керування вогнем, що включає в себе лазерний далекомір і балістичний обчислювач. Грунтуючись на даних про дальності до цілі, обчислювач виставляє прицільну марку прицілу як для стрілянини із самого автомата, так і з підствольного гранатомета (якщо він встановлений). При цьому використовується найпростіша система індикації із двох світлодіодів – червоного і зеленого. Стрілок, міняючи положення зброї у вертикальній площині, стежить за світлодіодами: горить червоний - потрібно продовжувати наведення по вертикалі, горить зелений - стволу придане необхідне для стрілянини положення і можна стріляти в ціль. Наведення гранатомета по азимуту здійснюється звичайним образом, по мітках оптичного прицілу. Така система помітно підвищує точність стрілянини 40мм гранатами на середні і великі дальності, при цьому модуль наведення має відносно нескладний пристрій і, як наслідок, високу надійність при розумній ціні.

Американська система OICW (Objective Individual Combat Weapon - об'єктивна індивідуальна бойова зброя) є спробою різко підвищити ефективність озброєння піхотинця. У цей час розробка перебуває в

стадії створення прототипів. Початок виробництва здійснювався в 2008 рік, надходження на озброєння заплановане на 2009 рік. По поточним планам, на кожне відділення піхоти буде припадати по 4 OICW. OICW являє собою модульну конструкцію, що складається із трьох основних модулів: модуля "KE" (Kinetic Energy), що представляє собою злегка модернізовану гвинтівку Хеклер-Кох G36 (рис.7); модуля "HE" (High Explosive), що представляє із себе самозарядний 20мм гранатомет з магазинним живленням, який встановлюється зверху на модуль "KE" і модуль керування вогнем, що включає в себе денний/нічний телевізійний приціли, лазерний далекомір і балістичний обчислювач, що автоматично виставляє в об'єктиві прицільну марку відповідно до дальності до цілі, а також використовується для програмування дистанційних підривачів 20мм гранат. Перед пострілом заданими з лазерного далекоміра підривач гранати програмується на підрив у повітрі на заданій дальності, чим забезпечується поразка вкритих цілей осколками зверху або збоку. Визначення дальності для дистанційного підриву здійснюється шляхом підрахунку обертів, зроблених гранатою в польоті.

Висновки:

1. Військові лазерні далекоміри працюють в діапазонах 0,69; 0,86; 0,902; 1,06; 1,55 мкм, що відповідає "вікнам прозорості" атмосфери.
2. В військової техніці переважно використовується імпульсний метод виміру дальності як енергетично більш раціональний.
3. Для якісного поліпшення тактико-технічних характеристик лазерних далекомірів поступово обробка лазерної локаційної інформації ускладнюється.

1. *Brand M. Muncheryan. Laser and optoelectronic engineering – Bristol: Science, 1991, С. 371.* 2. Гаркавенко О.С. та ін. Нанівпровідникові лазери з електронним накачуванням. В 2-х томах. Том 2. - Одеса: Поліграф, 2006. - 92 с. 3. Комаров В. М., Яцкевич Г. Б. Лазерные системы в локации и навигации// Зарубежная радиоэлектроника. - 1978. - Т. 2. - с. 86 – 107.

Надійшла до редколегії 12.08.09р

УДК 621.372.5

О.М. Шинкарук, д-р техн. наук, проф.
В.В. Зубарєв, д-р техн. наук, проф.
М.І. Лисий, канд. техн. наук

МЕТОД КОМПЕНСАЦІЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ СЕЙСМІЧНОЇ ХВИЛІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТА ПАСИВНИМИ ЗАСОБАМИ

На відміну від діючих методів визначення швидкості через її кореляцію з електропровідністю ґрунту, при застосуванні контрольного проходження та інших, у розробленому методі отримано аналітичні залежності істинної швидкості сейсмічної хвилі від топології і часових затримок сигналу при знаходженні правопорушника на характерних лініях підсистеми контролю.

Ключові слова: похибка вимірювання, швидкість сейсмічної хвилі.

Unlike the operating methods of determination the speed through its correlation with conductivity of soil, at application of the control passing and other, in the developed method analytical dependences of veritable speed of seismic wave from a topology and temporal delays of signal at finding of offender on the characteristic lines of subsystem of control are collected.

Keywords: error of measuring, speed of seismic wave.

Вступ. Суттєвою проблемою побудови сейсмічної локаційної системи охорони є компенсація системної похибки розрахунків у процесі визначення місцеположення правопорушника, яка виникає при не відповідності істинної швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі розрахунковій, що використовується як стала у математичному апараті обчислення координат [1]. Тому, актуальним є визначення швидкості сейсмічної хвилі в реальному масштабі часу, що дозволить зменшити систематичну похибку.

Метод призначений для компенсації похибки вимірювання швидкості сейсмічної хвилі при знаходженні об'єкта в чутливій зоні підсистеми технічного контролю. Початкові дані для проведення розрахунків за розробленим методом такі:

1. Час затримки розповсюдження сейсмічної хвилі між дискретними датчиками.
2. Час впливу об'єкта на розподілений волоконно-оптичний датчик.

© О.М. Шинкарук, В.В. Зубарєв, М.І. Лисий, 2009