

В.Б. Дудикевич<sup>1</sup>, В.О. Ракобовчук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Львів

## ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ СКЛА НА КОЕФІЦІЄНТ ВІДБИВАННЯ ЗОНДУЮЧОГО

Робота присвячена дослідженню елементного складу скла на захищеність від лазерно-локаційного зондування.

**Ключові слова:** лазер, скло, захист.

### Вступ

Проблема протидії зніманню інформації з використанням лазерного випромінювання залишається досить актуальною і в той же час однією з найменш вивчених в порівнянні з іншими засобами промислового шпигунства. Особлива привабливість застосування такого способу обумовлена тим, що він дозволяє знімання мовної інформації на відстані, уникаючи необхідності присутності в приміщенні. Крім того, виявлення працюючого лазерного мікрофона дуже складне, а в ряді випадків технічно нездійсненно. Стрімкий розвиток техніки та електроніки роблять реальним створення все більш компактних і більш досконалих систем. З'явилися відомості про створення ефективного дифузійного лазера, що дозволяє вести знімання сигналу із скла під досить великим кутом, практикується використання світлоповертаючих елементів. Отже, лазерні системи, при дотриманні ряду умов, можуть бути вельми ефективним засобом технічної розвідки, хоча їх застосування і пов'язане з певними труднощами і обмеженнями.

При перехопленні мови за допомогою ЛСАР об'єкт, що зондується, – зазвичай віконне скло – являє собою своєрідну мембрану, яка коливається зі звуковою частотою, створюючи фонограму розмови. Звукова хвиля, що генерується джерелом акустичного сигналу, падає на межу поділу повітря – скло і викликає відхилення поверхні скла від початкового положення. Ці відхилення призводять до дифракції світла, що відбивається від границі. Якщо розміри оптичного пучка, що падає, малі порівняно з довжиною поверхневої хвилі, то в суперпозиції різних компонент відбитого світла буде домінувати дифракційний пучок нульового порядку. У цьому випадку, по-перше, фаза світлової хвилі виявляється промодульованою за часом з частотою звуку і однорідною по перерізу пучка, а по-друге, пучок "гойдається" з частотою звуку навколо напрямку дзеркального відображення. Відповідно на якість прийнятої інформації впливають параметри лазера і фотоприймача, атмосферні і місцеві умови, рівні фонових акустичних шумів і перехопленого мовного сигналу, а також якість обробки скляної поверхні (шорсткості і нерівності, зумовлені як технологічними причинами, так і впливом середовища - бруд, подряпини та ін.) [1-3].

Ефективний захист мовної інформації від ЛСАР забезпечується на сьогодні поєднанням активних і пасивних методів. Безсумнівно, пасивні методи незамінні для реалізації захисту мовної інформації від ЛСАР. Оскільки пасивні методи як правило застосовуються при конструкторсько-будівельних роботах, а саме захист стін, дверей, вікон, то відповідно об'єктом нашої роботи було найбільш незахищена ділянка будівлі – віконне скло.

На цей час для захисту інформації від витоку з віконних шибок використовуються скло з витравленим рельєфом, зі спеціальним затемненням, також використовують спеціальні плівки на клеєвій основі. Всі ці технології захисту передбачають збільшення розсіювання, або зменшення відбивання лазерного променя при зніманні інформації зі скла. Відповідно роботи в галузі технологій виготовлення скла з певними захисними властивостями, а також спеціальними захисними покриттями є актуальні.

Отже, метою роботи було дослідження захищеності віконного скла від лазерно-локаційного зондування в залежності від компонентів, які входять в склад скла.

#### Опис експериментальної установки та методик дослідження

Для вимірювання інтенсивності відбитого і такого, що пройшов через зразок лазерного променя використовували установку за наступною оптичною схемою (рис.1):

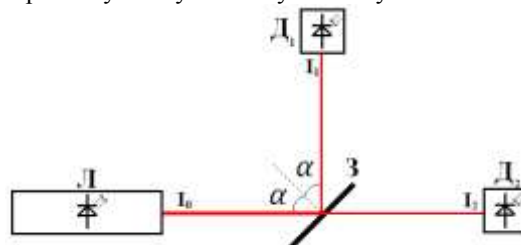


Рис. 1. Оптична схема установки

Лазер (Л), досліджуваний зразок (З) і детектор Д2 знаходяться на одній оптичній осі. Зразок розміщують під кутом 450 до оптичної осі. Детектор Д1 розміщується перпендикулярно до оптичної осі. Детектор Д1 використовують для вимірювання потужності лазерного випромінювання, що відбилосся від поверхні зразка, а детектор Д2 для вимірювання потужності променя, що пройшов через зразок. Під час вимірювання установка знаходилась в затемненому приміщенні.

Твердотільний лазер з довжиною хвилі 660 нм з потужністю випромінювання  $P = 18,32$  мВт. Лазерний діод ML101U29 на основі напівпровідника AlGaInP. Забезпечує неперервну генерацію однієї поперечної моди з довжиною хвилі випромінювання 660 нм [4].

Детектор - лазерний вимірювач потужності Pocket Laser Power Meter 840011

Дослідження елементного складу скла проводили на рентгенофлуоресцентному аналізаторі EXPERT-3L Зразок встановлювали у вимірювальній камері, запускали програму і через 40-600 с отримали його спектр та склад хімічних елементів і відповідних їм масових концентрацій з похибкою визначення 0,01% масової частки. Аналізатор "EXPERT" дає змогу аналізувати зразки речовини від магнію (12) до урану (92).

Коефіцієнт відбивання знаходили за формулою:

$$K_{\text{відб}} = \frac{P_{\text{відб}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (1)$$

де  $P_{\text{вх}}$  – потужність лазерного променя,  $P_{\text{відб}}$  – потужність променя відбитого від зразка.

#### Експериментальна частина

За допомогою рентгенофлуоресцентного аналізатора EXPERT-3L дослідили 9 зразків скла. (рис. 2 – 5). В залежності від кількості подібних елементів зразки були поділені на дві групи. В першу групу увійшли зразки, які мають як основні компоненти кальцій та кремній в різних співвідношеннях (рис. 2 – 3). В другу групу увійшли зразки, які як основні компонентів мають кальцій, кремній та калій (рис. 4 – 5).

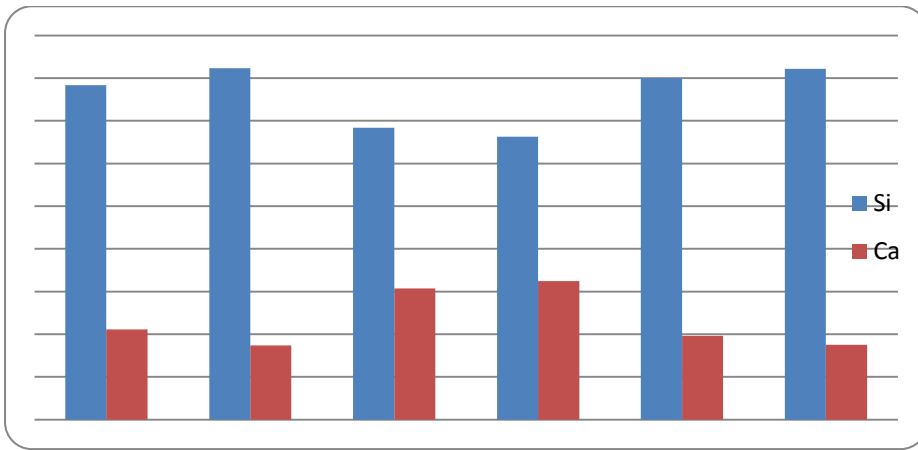


Рис. 2. Вміст кремнію та кальцію у зразках скла першої групи

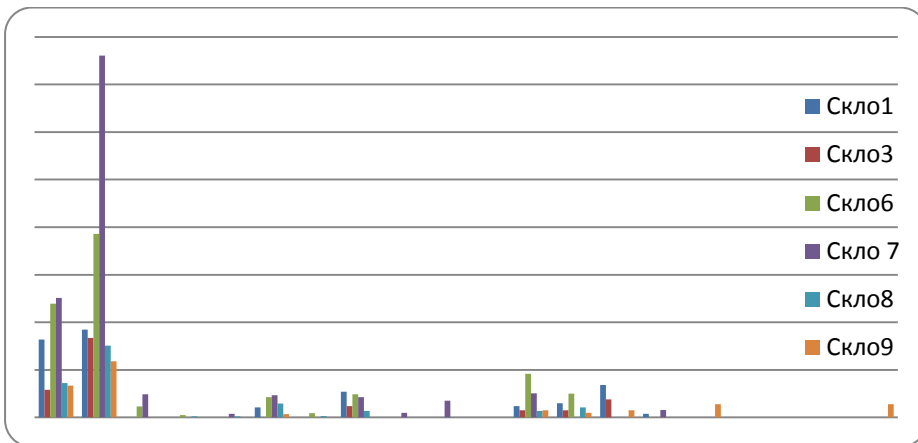


Рис. 3. Вміст домішок у зразках першої групи

При аналізі зразків на домішки, було виявлено що до складу скла входять Ti, Fe, Mn, Sr, Zr, Sn, I, La, Pb, Cs, Zn, Sr, Ag, In, Sb, Nb (рис. 3).

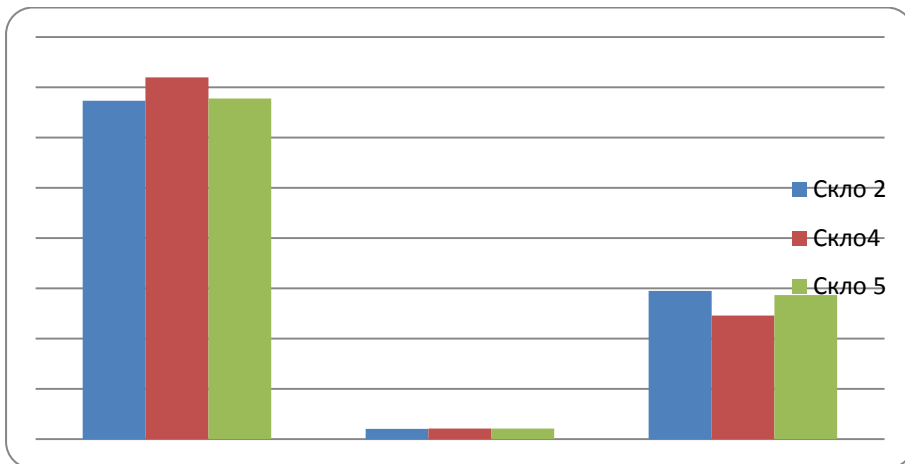


Рис. 4. Вміст кремнію, кальцію та калію в зразках другої групи

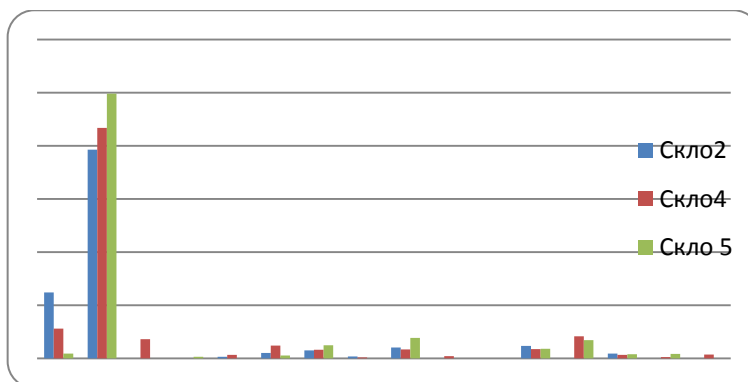


Рис. 5. Вміст домішок у зразках другої групи

При аналізі зразків на домішки, було виявлено що до складу скла входять Ti, Fe, Mn, Cu, Sr, Zr, Sn, I, Pb, Zn, Sr, Ag, Ga, Nb, Cd (рис. 5), що відрізняються від зразків першої групи відсутністю Cu, La, Cs, In, Sb, проте відзначаються наявністю Ga, Cd.

На рис. 6 наведені значення коефіцієнтів відбивання лазерного променя від скла в залежності від відсоткового вмісту кальцію в зразках першої групи.

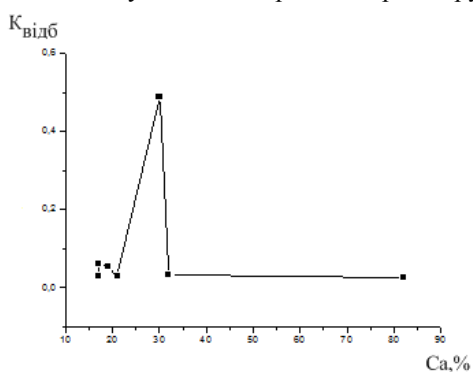


Рис. 6. Залежності коефіцієнтів відбивання від вмісту кальцію в зразках першої групи

На діаграмі (рис. 7) представлені елементи, кількість яких в зразках скла першої групи складала не менше 0,3%.

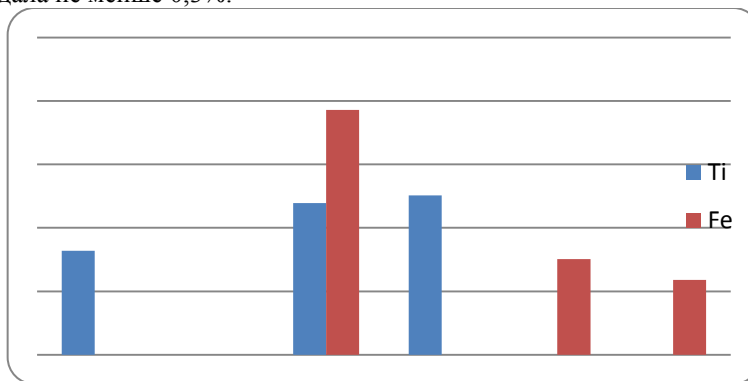


Рис. 7. Вміст домішок у зразках першої групи кількість яких складала не менше 0,3%

Як видно з рис. 6 і рис. 7 вміст кальцію практично не впливає на величину коефіцієнта відбивання. З загальної картини виділяються зразки до складу домішок яких входить залізо (наявність заліза в склі в кількості 0,4 % призводить до різкого збільшення коефіцієнту відбивання майже в два рази). Відповідно зразки скла які містять залізо такого складу складніше буде захищати спеціальними покриттями від знімання інформації лазером.

На рис. 8. представлена залежність коефіцієнту відбивання від скла від відсоткового вмісту калію в зразках другої групи.

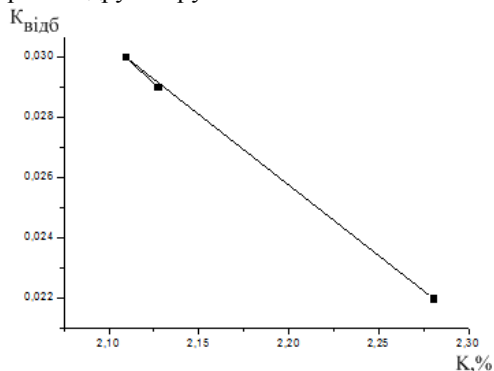


Рис. 8. Залежності коефіцієнтів відбивання від вмісту калію в зразках другої групи

На діаграмі (рис. 9) представлений елементний склад домішок другої групи, що не перевищує 0,1%.

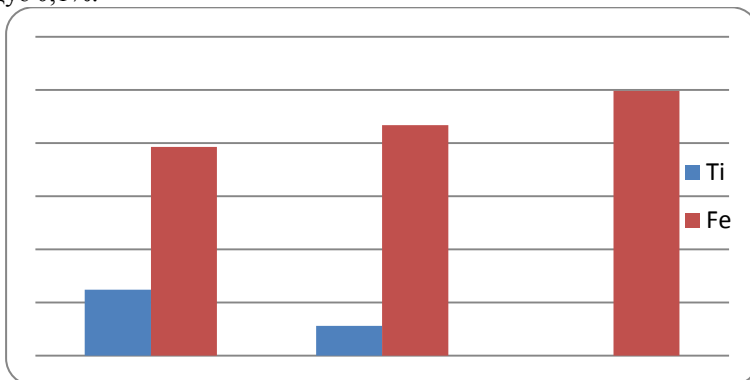


Рис. 9. Вміст домішок у зразках другої групи кількість яких перевищила 0,1%

Як видно з рис. 8 і рис. 9 вміст калію суттєво впливає на коефіцієнт відбивання. Очевидно, що домішки не мають значного впливу на коефіцієнт відбивання. Наявність калію в склі в кількості 2 % призводить до різкого зменшення коефіцієнту відбивання. Тобто зразки скла які містять калій в своєму складі простіше буде захищати спеціальними покриттями від знімання інформації лазером.

### Висновки

Дослідження елементного складу віконного скла, яке виробляється сучасною промисловістю, рентгенофлуоресцентним методом та дослідження коефіцієнтів відбивання лазерного променя від зразків скла показали, що скло, яке містить залізо, не рекомендується використовувати в приміщеннях де небажаний витік мовної інформації. Для захисту приміщень від витіку мовної інформації рекомендується ставити на вікна скло, яке містить в собі калій в кількості більше 2%.

### Література

1. Сокольский Д., Клочков С. Специальная защита. Угроза подслушивания //Современные технологии безопасности №4, 2007. - Сайт Sec.Ru. - <http://daily.sec.ru/publication>.
2. Кузнецов А. Техника промышленного шпионажа: что нужно знать потребителю. //Электронный дайджест, №8, 2004. - <http://www.radioscanner.ru/info/security>.
3. Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н.Энциклопедия промышленного шпионажа. ООО “Издательство Полигон”, С.-Петербург, 2000.
4. Заболотный В.И., Ковальчук Ю.А Модель отражающей поверхности лазерного канала разведки информации // Прикладная радиоэлектроника. - 2007. - Т. 6, №3. С. 432-434.
5. В.Васінович, В. Ракобовчук. Напівпровідниковий лазер неперервної дії (660нм) та дослідження його параметрів // 5th International Conference of Young Scientists "Computer Science & Engineering 2011" (CSE-2011), листопад 24 – 26 2011, Львів. – С.148 – 152.

*Надійшла до редколегії 12.11.2012 р.*

*Рецензент:* д.т.н., проф. Петров А.С.

**Дудикевич В.Б., Ракобовчук В.О.**

#### **ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ СКЛА НА КОЕФІЦІЄНТ ВІДБИВАННЯ ЗОНДУЮЧОГО**

Работа посвящена исследованию элементного состава стекла на защищенность от лазерно-локационного зондирования.

**Ключевые слова:** лазер, стекло, защита.

**Dudykevych V.B., Rakobovchuk V.O.**

#### **INFLUENCE OF GLASS ELEMENTAL COMPOSITION ON THE PROBE RAYS REFLECTION COEFFICIENT**

The work is devoted to investigation of glass elemental composition for protection from laser sensing.

**Keywords:** laser, glass, protection.