

Список використаних джерел:

1. Tesla Model S пройшла краш-тест на відмінно [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://automoto.ua/uk/news/Tesla-S-proshel-krash-test-na-otlichno-6121.html>
2. Як працює автопілот Tesla після оновлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://ecoautoinfo.com/news/yak-pracyue-avtopilot-tesla-pislya-onovlennya.html>
3. Що насправді «бачить» на дорозі автопілот Tesla [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://ecoautoinfo.com/techno/szo-naspravdi-bachit-na-dorozi-prototip-avtopilota-tesla.html>
4. Tesla «on track» to demonstrate Full Self-Driving from LA to NY [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.teslarati.com/tesla-full-self-driving-california-new-york/>.
5. В США автопілот Tesla врятував життя водієві [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.hromadske.ua/posts/v-ssha-avtopilot-tesla-vriatuvav-zhyttia-vodiievi.
6. Автопілот Tesla врятував водія від ДТП на швидкісній трасі в Нідерландах [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.tsn.ua/nauka_it/avtopilot-tesla-vriatuvav-vodiya-vid-dtp-na-shvidkisniy-trasi-v-niderlandah-855455.html.
7. Moral Machine – Human Perspectives on Machine Ethics [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.moralmachine.mit.edu.

Сотніков О.М.

*доктор технічних наук, професор,
провідний науковий співробітник,
Науковий центр Повітряних Сил*

*Харківського національного університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба*

Ясечко М.М.

*кандидат технічних наук, старший викладач,
Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба*

РОЗРОБКА НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ НАДІЙНЕ ФУНКЦІОНУВАННЯ РЕЗ В УМОВАХ ВПЛИВУ ПОТУЖНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ІМПУЛЬСІВ

Проведений аналіз шляхів і механізмів впливу потужних електромагнітних імпульсів (ЕМІ) на елементну базу радіоелектронних засобів (РЕЗ) показав, що одним з напрямків створення ефективних засобів захисту є розробка і використання нових технологій, що забезпечують при обмеженнях на вартісні і масогабаритні показники надійне функціонування РЕЗ в умовах впливу потужних ЕМІ. Ці технології повинні бути спрямовані на комплексне використання всіх відомих фізичних механізмів для реалізації ефективної протидії ЕМІ. Крім того, ці технології повинні бути технічно реалізованими і застосовними до РЕЗ та їх захисту за основними і неосновним каналах прийому [1; 3].

Метою доповіді є аналіз механізмів впливу потужних імпульсних ЕМІ на РЕЗ та їх елементну базу для розробки нової радіоізотопної технології протидії.

Зниження або повне виключення впливу ЕМІ на об'єкти захисту може бути досягнуто за рахунок комплексного використання наступних фізичних механізмів:

1. При захисті РЕЗ за основним каналом прийому – створення умов для відводу енергії ЕМІ;

2. При захисті РЕЗ за неосновним каналом прийому, а також через конструктивні елементи РЕЗ необхідно забезпечити:

- узгодження вільного простору з характеристиками середовища;
- збільшення поглинання енергії ЕМІ, що впливає на РЕЗ;
- зменшення відображення енергії ЕМІ, що впливає на РЕЗ;
- формування нелінійних ефектів в середовищах, що опромінюються, з метою зміни спектральних характеристик відбитого ЕМІ.

На наш погляд для реалізації цих механізмів найбільш перспективними є плазмові технології.

Однією з можливостей реалізації фізичних механізмів, що забезпечують захист РЕЗ від потужних ЕМІ, є використання попередньої іонізації в каналі прийому з метою створення умов для виникнення газорозрядної плазми, наприклад, в хвилеводному тракті, а також використання захисних екранів на основі твердотілого іонізованого середовища, властивості якого будуть визначатися величиною активності радіоізотопних включень [2].

ЕМІ, що впливають першими на своєму шляху зустрічають іонізований повітряний шар, прилеглий до напівпровідникового шару матеріалу, який виникає за рахунок, нанесення на його поверхню радіоактивних плям, так і за рахунок α – частинок, що вилітають з неї, викликаних радіоізотопними включеннями.

Ці джерела іонізації призводять до створення самоузгодженої частини середовища за рахунок плавного зменшення по мірі віддаленості від об'єкту, що захищається концентрації заряджених частинок (на інтервалі до максимальної довжини вільного пробігу зарядженої α - частинки в повітрі), що в свою чергу може забезпечити зниження відбиття ЕМІ, що впливає. Крім того, вони є джерелами модифікації повітряного середовища, що безпосередньо прилягає до матеріалу, за рахунок створення в ній не рівноважного стану електронної підсистеми повітряного середовища, що приводить до збільшення поглинаючих властивостей середовища в цілому.

Іонізація атомів речовини напівпровідникового матеріалу призводить до створення неоднорідності в імпульсному просторі, обмеженому розмірами напівпровідникових шарів, і, як наслідок, до утворення неврівноважених станів електронів, що може привести до істотного збільшення поглинання ЕМВ в створеному середовищі. Причому в залежності від величини активності радіоізотопних включень, що визначає механізми іонізації і рекомбінації, дисипативні процеси можуть мати різну природу походження. Крім того, неврівноважений розподіл електронної компоненти твердотілої частини плазмового середовища може привести як до зміни дисперсії плазмових

коливань, так і до появи уявної частини діелектричної проникності, зростання якої забезпечить збільшення тангенса кута втрат $\operatorname{tg} \delta$, а, відповідно, зменшення товщини матеріалу.

Використання джерел іонізуючого випромінювання для створення неоднорідності в імпульсному просторі твердотільної частини матеріалу, нерозривно пов'язано зі створенням неоднорідності в координатному просторі – треків α -частинок. Електрони, що випускаються радіоізотопними включеннями α - частинки призведуть до утворення в напівпровідникової (діелектричної) матриці покриття треків, які представляють собою складну нестаціонарну систему тонких провідних ниток, що забезпечується за рахунок своїх резонансних властивостей.

Таким чином, оскільки основний матеріал покриття (напівпровідник) має діелектричні властивості, а α - радіоактивні включення мають хорошу провідність, то твердотільна частина середовища по відношенню до поглинання і розсіяння ЕМВ буде являти собою одночасно середу трьох типів, що реалізуються в традиційних радіопоглинаючих покриттях: плоскошарових, градієнтних і геометрично неоднорідних [8].

Крім того, оскільки багато радіоактивних матеріалів є металами, то плями радіоактивного матеріалу, що наносяться на напівпровідниковий шар, приведуть до утворення на його поверхні неоднорідної по провідності структури. Створена таким чином структура може привести до збільшення розсіювання падаючого ЕМІ, а також до перетворення ЕМІ при виникненні концентрації провідної компоненти поблизу порогу протікання (перколяції) нелінійності провідності і, як наслідок, до спотворення відбитого випромінювання. Тобто, вибираючи геометричні параметри плям радіоактивного матеріалу, так і радіоізотопних включень в напівпровідникові шари, що визначають внутрішню структуру провідності матеріалу за рахунок треків α - частинок, можна істотно зменшити рівень відбитого випромінювання від об'єкта, що захищається.

Таким чином, основна ідея розробки захисного матеріалу з використанням радіоізотопних технологій спрямована на створення і використання специфічних неоднорідностей фазового простору середовища в цілому, для забезпечення в широкому частотному діапазоні необхідних відбиваючих і поглинаючих властивостей. Тобто в основу розробки ефективних плазмових екранів, покладено використання напівпровідникового і радіоізотопного матеріалів, застосування яких дозволить використовувати ряд нових властивостей.

1. В рамках енергетичного підходу відмова або порушення штатного режиму функціонування РЕЗ пов'язано зі зміною параметрів або виходом з ладу окремих елементів, що містять напівпровідникові елементи.

2. Шляхи та механізми впливу потужного ЕМІ ультракороткої тривалості (УКТ) на РЕЗ істотно відрізняються від шляхів і механізмів впливу НВЧ-випромінювання. Забезпечення нормального функціонування РЕЗ при впливі ЕМВ УКТ обумовлює необхідність пошуку нових технологій у вирішенні

завдання їх захисту, що дозволяють одночасно запобігти впливу ЕМІ на РЕЗ по всіх можливих каналах проходження.

3. Запропоновано нову технологію протидії потужному ЕМІ – радіоізотопно-плазмова технологія, яка забезпечує поглинання потужних ЕМІ в широкій смузі частот.

Використання радіоізотопних включень призводить до виникнення фізичних механізмів, що визначають необхідні відбиваючі і поглинаючі властивості твердотільних захисних екранів.

4. Основні фізичні механізми, реалізовані з використанням нової радіоізотопної технології, створення матеріалу для захисту РЕЗ за основними і неосновним каналами прийому, полягають у наступному:

1. Створення умов для відводу енергії ЕМІ.
2. Узгодження вільного простору з характеристиками середовища.
3. Збільшення поглинання енергії ЕМІ, що впливає на РЕЗ.
4. Зменшення відображення енергії ЕМІ, що впливає на РЕЗ.
5. Формування нелінійних ефектів в опромінюваних середовищах з метою зміни спектральних характеристик відбитого ЕМІ.

Список використаних джерел:

1. Ковтуненко О.П., Богучарський В.В., Слюсар В.І., Федоров П.М. Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи дії та захист від неї). Монографія / Полтава: ПВІЗ. – 2006. – 247 с.
2. Кравченко В.И. Электромагнитное оружие. / Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – 185 с.
3. Добыкин В.Д., Куприянов А.И., Пономарев В.Г., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем. /Под. Ред. А.И. Куприянова. – М.: Вузовская книга, 2007. – 487 с.
4. Старостенко В.В., Григорьев В.В., Таран Е.П. Влияние электромагнитных полей на стойкость ИМС. / Мат. 6-ой Межд. Крымской микроволновой конф., 16-19 сент. 1996. – Севастополь. – С. 188-191.
5. Гадецкий Н.П., Кравцов К.А., Магда И.И. и др. Исследование воздействия электромагнитных излучений УКД импульса на радиоэлектронную аппаратуру СВЧ диапазона. / Мат. 6-ой Межд. Крымской микроволновой конф., 16-19 сент. 1996. – Севастополь. – С. 141-146.
6. Мырова Л.О., Чепиженко А.З. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. М.: Радио и связь, 1988. – 296 с.
7. Magda I.I., Bludov S.P., Gadetski N.P. et al. Studes on electronic device degradation phenomena under interference of pulsed-power electromagnetic fields. / 3-rd Int. Crimian Conf. «UNF Tech. and satellite reseption», Sevastopol, 1993. – v.5. p. 523-526.
8. Лебедев И.В, Семенча М.В. Квазиактивный защитный ограничитель СВЧ мощности. // Радиотехника, 2001. – №2. – С. 17-21.