

Для реализации встраивания текстового файла в исследуемый контейнер воспользуемся готовым программным решением для стеганографии Image Spyer G2. Для встраивания используется авторская реализация алгоритма LSB. Соккрытие бит сообщения происходит в последние значащие биты контейнера [1,2]. Данное встраивание сложно для восприятия человеческим зрением. Помимо того, что само изображение сложно заподозрить в наличии в нем какой-либо сторонней информации, программа защищает внедренный файл одним из 40 стойких криптоалгоритмов. Использование криптоалгоритмов не только позволяет обеспечить дополнительный рубеж защиты, но и представляет встраиваемую информацию как статистический шум, что обеспечивает защиту от статистических атак на контейнер [3].

Проводилось встраивание файлов с информацией о 5 различных угловых точках и 100 000. Для оценки результатов применялось побитовое сравнение контейнеров, а также оценка по критерию PSNR. Заметим, что средние значения PSNR для пустого контейнера хорошего качества находятся в диапазоне 35-45 dB [4,5]. Для 100 000 угловых точек были выявлены различия в 1274 пикселях, а уровень PSNR достигал 38 dB, что характерно для пустого контейнера хорошего качества.

Таблица 1

	5 угловых точек	100 000 угловых точек
Количество пикселей с отличиями	210	1274
PSNR, dB	41	37,89

На основе полученных данных можно сделать вывод о целесообразности встраивания схем коммуникаций в картографические материалы. При этом достигаются малые искажения исходного контейнера при хранении даже большой выборки угловых точек.

#### *Литература*

1. Садов В.С. Компьютерная стеганография: конспект лекций: БГУ, 2010. С. 232.
2. Цифровая стеганография. В.Г. Грибунин, И.Н.Оков, И.В.Турицев. – М.: СОЛОН ПРЕСС, 2009 – 272с
3. Kaspersky URL: <https://securelist.ru/steganography-in-contemporary-cyberattacks/79090/> (дата обращения: 14.11.20).
4. Зайцев В.М., Гулай В.А., Дубовик А.В.: Сборник научных трудов «Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы – 2020»: БНТУ, Минск – 2020. С 43-44.
5. Компьютерные технологии и анализ данных : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 апреля 2020 г. / ред-кол.: В. В. Скакун (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2020. С 208 – 211

УДК 533.9.082.5

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОЩАДИ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН НА ПРОЦЕСС ПЛАЗМООБРАЗОВАНИЯ В СВЧ ПЛАЗМОТРОНЕ РЕЗОНАТОРНОГО ТИПА**

аспирант каф. ЭТТ Тихон О. И.,

*Научный руководитель - канд. техн. наук Мадвейко С. И.*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Процессы плазмохимического удаления фоторезиста с поверхности полупроводниковых пластин при изготовлении изделий микро- и наноэлектроники требуют наличия

их предварительного нагрева. Классический метод быстрой термической обработки, при котором нагрев осуществляется за счёт поглощения поверхностью ИК излучения, порой не способен гарантировать равномерность нагрева в случае присутствия на поверхности изолирующих слоёв, толстых оксидов или иных многоуровневых структур [1]. Качественный объёмный характер нагрева, к примеру, является одним из необходимых условий в процессе создания микроэлектромеханических систем с низким тепловым балансом. Данные условия могут быть обеспечены при использовании микроволнового излучения, позволяющего реализовать быстрый (до 125 °С/сек) объёмный нагрев полупроводниковой пластины даже до температур, превышающих 1000 °С.

При осуществлении плазмохимической обработки кремниевых пластин с использованием нестационарного сверхвысокочастотного (СВЧ) разряда возбуждение плазмы, за счёт особенностей её формирования, может осуществляться с одновременным нагревом обрабатываемого материала. Величина мощности СВЧ энергии внутри разрядной камеры при поддержании плазмы примерно в 10 раз меньше значения без плазмы при включенном источнике СВЧ излучения, что объясняется затратами энергии на поддержание разряда [2]. Часть вводимой СВЧ энергии, таким образом, затрачивается на энергообмен электромагнитная волна – СВЧ плазма – полупроводниковая пластина. Однако, анализ экспериментальных данных [3] показал, что технически существует возможность реализации режима обработки при предварительном нагреве материала СВЧ энергией, обеспечивающей дальнейшее возбуждение плазмы, путём выхода за пределы рабочих давлений в камере. Подача СВЧ энергии при уровне давления в реакционном объёме ниже необходимого для плазмообразования и дальнейшее его увеличение по истечении времени предварительного нагрева, может позволить осуществить полноценный цикл операции обработки без затраты электроэнергии на дополнительный ИК-нагрев полупроводниковой пластины.

Переход к применению кремниевых пластин большого диаметра требует более точного поддержания условий плазмообразования для обеспечения равномерности обработки.

Исследования с использованием различной площади объекта обработки в СВЧ плазмотроне резонаторного типа показали наличие временной задержки перед возбуждением плазменного разряда. Увеличение площади помещённых в реакционный объём кремниевых пластин с 28400 мм<sup>2</sup> до 48100 мм<sup>2</sup> привело к росту времени задержки возбуждения СВЧ разряда после начала генерации энергии СВЧ магнетроном в ~6 раз. Данный эффект возможно связан с поглощающей способностью кремниевых пластин, влияющей на изменение условий плазмообразования. Этот эффект необходимо учитывать при реализации процесса предварительного СВЧ нагрева полупроводниковых материалов.

### *Литература*

1. RF and Microwave Rapid Magnetic Induction Heating of Silicon Wafers / K. Thompson [et al.] // *Advances in Microwave and Radio Frequency : Proc. Report from the 8th Intern. Conf. on Microwave and High Frequency Heating, Bayreuth, Germany, 3–7 Sept. 2001* / Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – Heidelberg, 2006. – P. 673–680.
2. Разработка многофункциональных технологических систем и методов управляемого формирования слоистых структур материалов в изделиях электронной техники : отчет о НИР (заключ.) / Белор. гос. ун-т инф. и радиоэл. ; рук. С.В. Бордусов. – Минск, 2018. – 129 с. – № ГР 20163363.
3. Бордусов С.В. Двухстадийный процесс СВЧ плазмохимического удаления фоторезиста с поверхности кремниевых пластин / С.В. Бордусов, С.И. Мадвейко // *Современные средства связи : тез. докл. XVI Междунар. науч.-техн. конф.*, Минск, 27–29 сент. 2011 г. / Высш. гос. колледж связи; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2011. – С. 70.