

Никонов А.В.<sup>1,2</sup>, Давлетшин Р.В.<sup>1,2</sup>, Яковлева Н.И.<sup>2</sup>, Лазарев П.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт

<sup>2</sup> АО «НПО«Орион»

### Фильтрация методом Савицкого-Голея спектральных характеристик чувствительности матричных фотоприемных устройств

Одной из ключевых задач в технологии изготовления матричных фотоприемных устройств является контроль их оптических параметров. Корректное определение границ и максимума чувствительности из спектральной характеристики позволяет с повышенной точностью рассчитать электрофизические параметры МФПУ, что является затруднительным в случае низких значений сигнал/шум. В докладе изучаются методики фильтрации шумов с целью выбора оптимальной методики, не вносящей погрешности в диапазон чувствительности фотоприемного устройства, поэтому актуальность, научная новизна и практическая значимость работы не вызывает сомнений.

В докладе проводится сравнение фильтров, используемых в обработке сигналов: метод скользящего среднего и его разновидности, интерполяция сплайнами, методика интерполяции кривыми Безье, фильтрация методом Савицкого-Голея.

В областях обработки экспериментальных данных и фильтрации цифровых сигналов набирает популярность фильтрация методом Савицкого-Голея. В данной фильтрации вместо линейного приближения в окрестности каждой точки измерения строится аппроксимирующий полином  $n$ -го порядка по методу наименьших квадратов. Значение чувствительности при заданном волновом числе  $k$  заменяется значением полинома в этой точке:

$$sg(k_i) = a_0 + a_1 \cdot SX(k_i) + a_2 \cdot SX(k_{i+1}) + \dots + a_n \cdot SX(k_{i+n-1}).$$

В расчётах используется усредняющий интервал (окно сглаживания), включающий в себя по  $m=(n-1)/2$  точек слева и справа от текущего значения волнового числа. Коэффициенты такого полинома не зависят от исходного набора значений чувствительности МФПУ, а определяются только размером окна сглаживания и порядком полинома аппроксимации. Задача фильтрации сводится к расчету вектора коэффициентов  $a = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$  с использованием критерия минимальной среднеквадратичной оценки по матричному расчёту:

$$(Z^T Z)^{-1} \cdot a = -Z^T \cdot sx,$$

где  $sx$  – вектор измерений, а  $Z$  – матрица Вандермонда, имеющая размерность  $(n+1) \cdot (2m+1)$ , где  $m$  – ширина окна сглаживания. Из данного матричного уравнения коэффициент  $a_i$  ( $i=0 \dots n$ ) вычисляется как результат умножения  $i$ -й строки матрицы  $-(A^T A)^{-1} A^T$  на вектор измерений. Сглаженное значение функции спектральной характеристики или её производных  $t$ -го порядка определяется в виде свертки:

$$sg^{(t)} = t! \sum_{i=-m}^m a_i SX_i.$$

Исследованные методики фильтрации шумов применялись при анализе спектральных характеристик МФПУ форматов 320x256, 4x288, 10x1024 элементов. В качестве примера в статье приведены результаты пересчёта спектральной характеристики чувствительности пятиэлементного фотоприемного устройства, предназначенного для бортового ИК Фурье-спектрометра космического аппарата «Метеор-М», а также МФПУ формата 4x576 элементов спектрального диапазона 3,7-4,1 мкм.

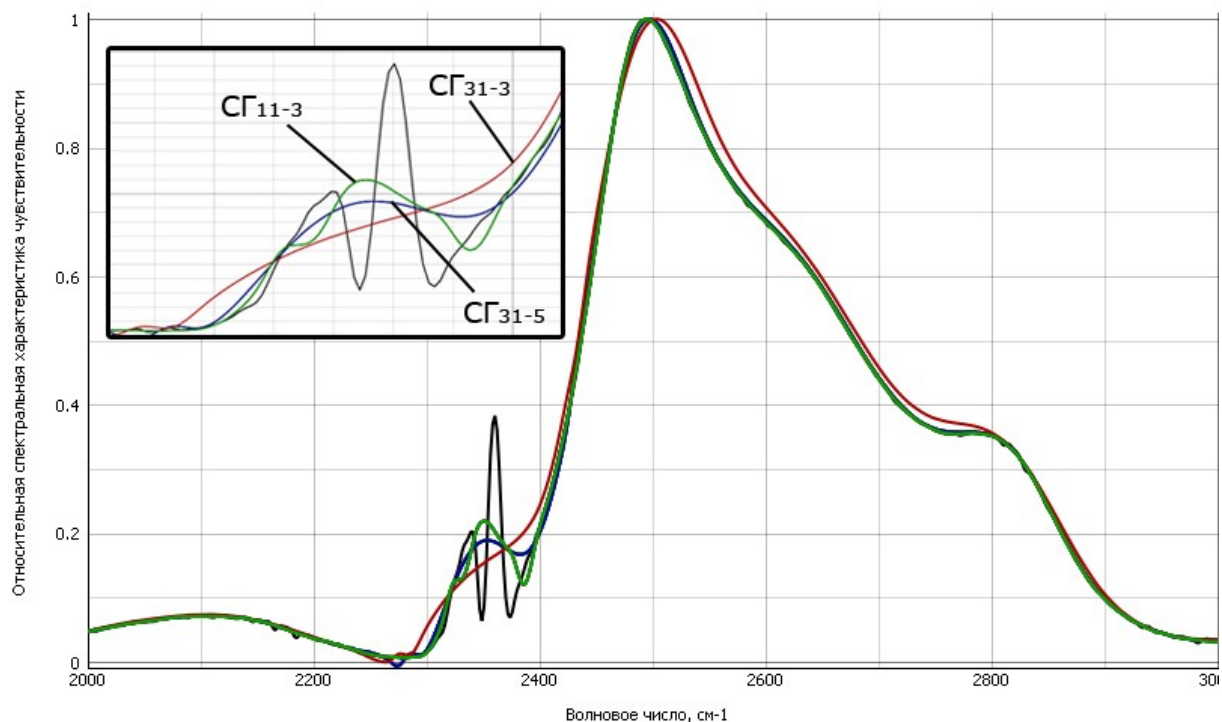


Рис. 1. Зависимость показателя преломления InP от длины волны при 300 К.

#### Литература

1. *Корнеева М.Д., Пономаренко В.П., Филачев А.М.* Современное состояние и новые направления полупроводниковой ИК-фотоэлектроники // Прикладная физика. 2011. № 2. С. 47-60.
2. *Деомидов А.Д., Полеский А.В., Семенченко Н.А., Тресак В.К., Смирнов А.А.* Исследование точности измерения спектральной характеристики методом Монте-Карло матричных ИК-фотоприемников диапазона 0,9-1,7 мкм // Прикладная физика. 2015. № 4. С. 94-101.
3. *Savitzky A.; Golay M.J.E.* Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures // Analytical Chemistry. 1964. V. 36. No. 8. P. 1627-1639.