

# Прецизионная электроника для ДЛС

*А.И.Надеждинский, Я.Я.Понуровский,  
И.П.Попов, Ю.П.Шаповалов*

**DLS**  

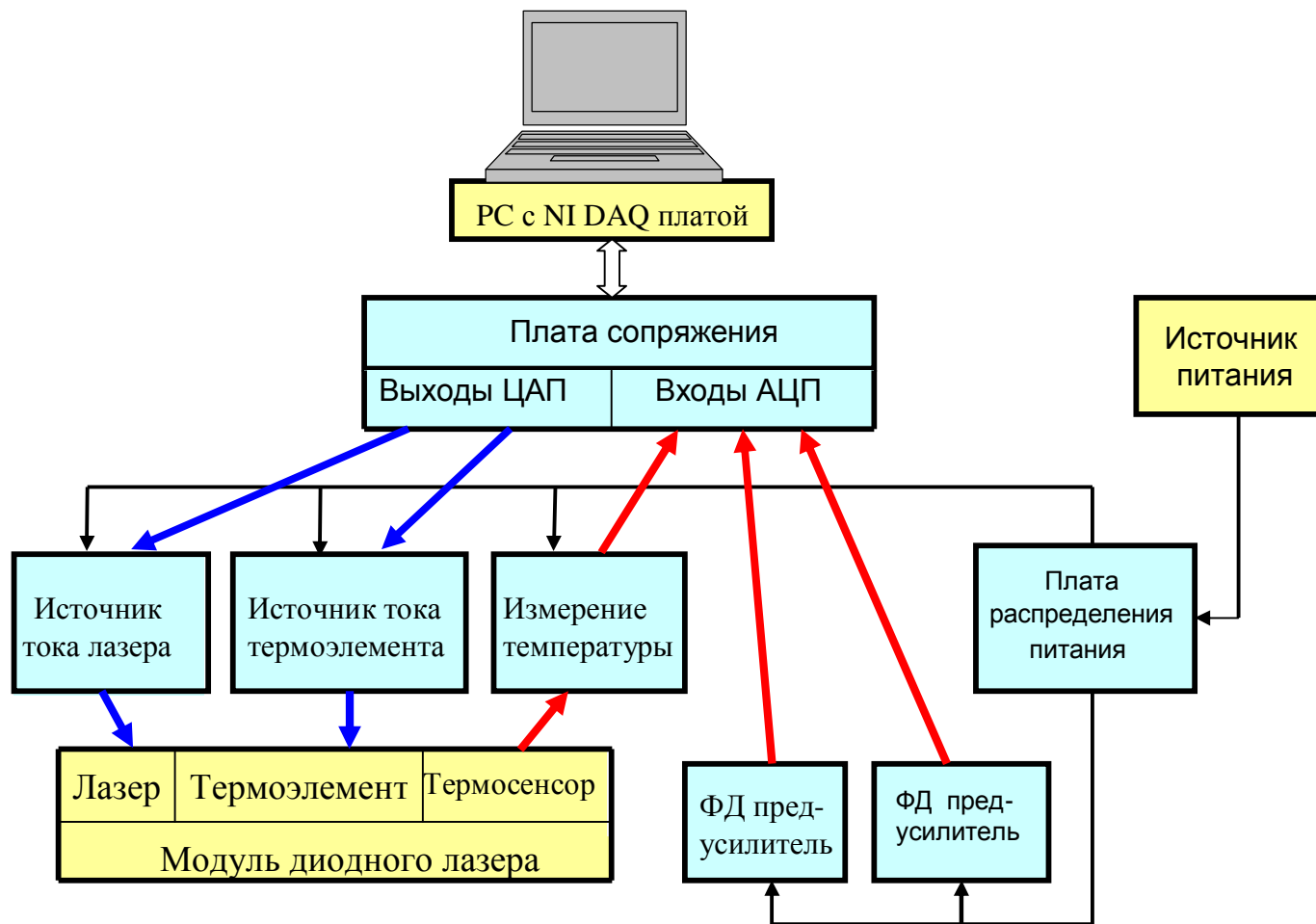
---

**LAB**

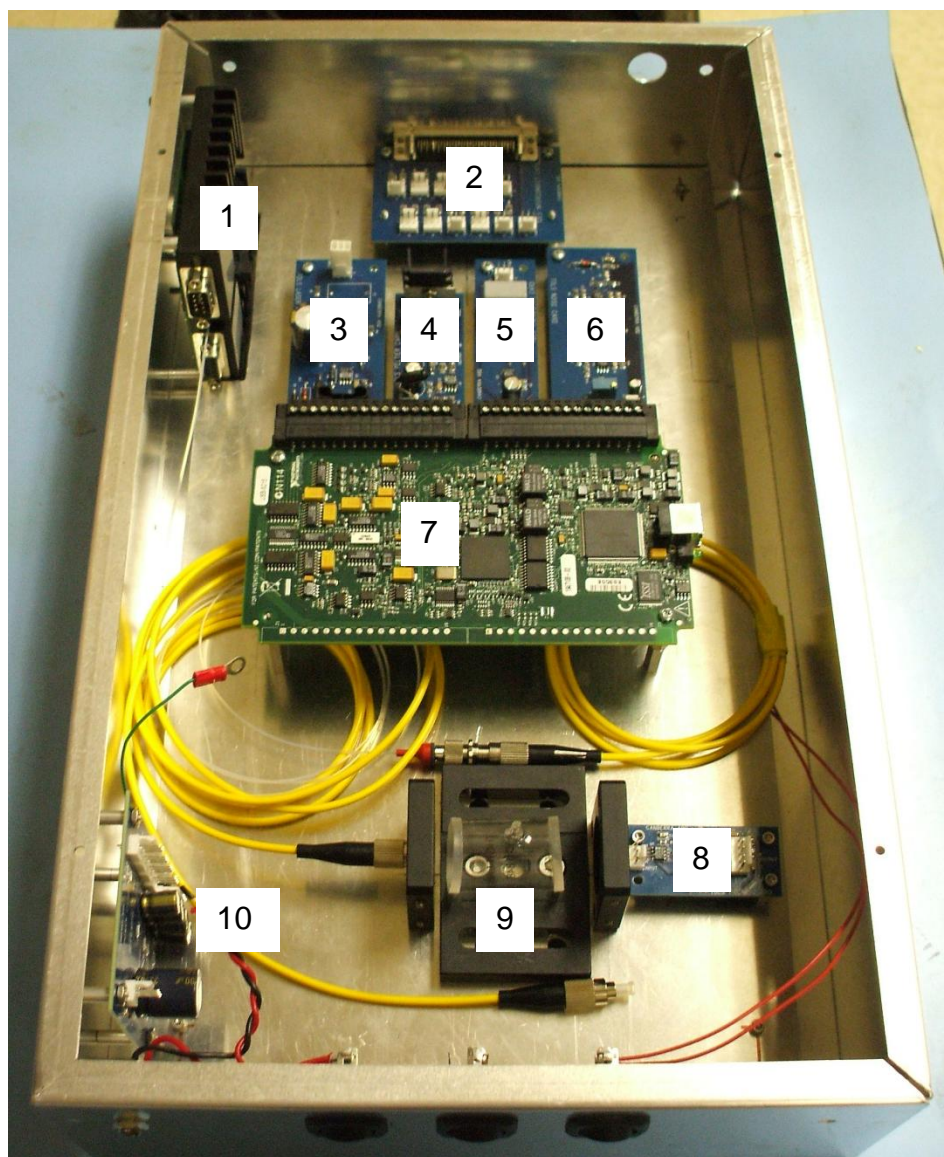
*Институт Общей Физики им. А.М.Прохорова РАН  
Отдел ДЛС, г. Москва, ул. Вавилова, 38*

- **Представлен опыт разработки и эксплуатации нового поколения электроники, предназначенной для совместной работы с 16-битовыми платами сбора и обработки информации производства National Instruments (NI DAQ платы) типов PCI, PXI и USB , и полностью управляемой компьютером.**
- **Электроника выполнена в виде отдельных модулей, включающая в себя модуль сопряжения с платой PCI или PXI типов, модуль источника тока ДЛ, модуль источника тока термоэлемента, модуль измерения температуры ДЛ, модули усиления тока фотоприемника (ФД предусилители), модуль распределения источника питания, модуль синхронизации (для работы с USB платой).**
- **Питание модулей осуществляется от одного источника стабилизированного напряжения 12-15 В ( сетевой адаптер или аккумулятор)**
- **Тестирование модулей осуществлялось по специально разработанным программам в программной среде LABVIEW 8.2 с использованием процедур БФП и отклонения Аллана**
- **Использование при изготовлении электронных модулей высококачественных прецизионных компонентов позволило получить высокие эксплуатационные характеристики и их повторяемость.**

# Блок-схема



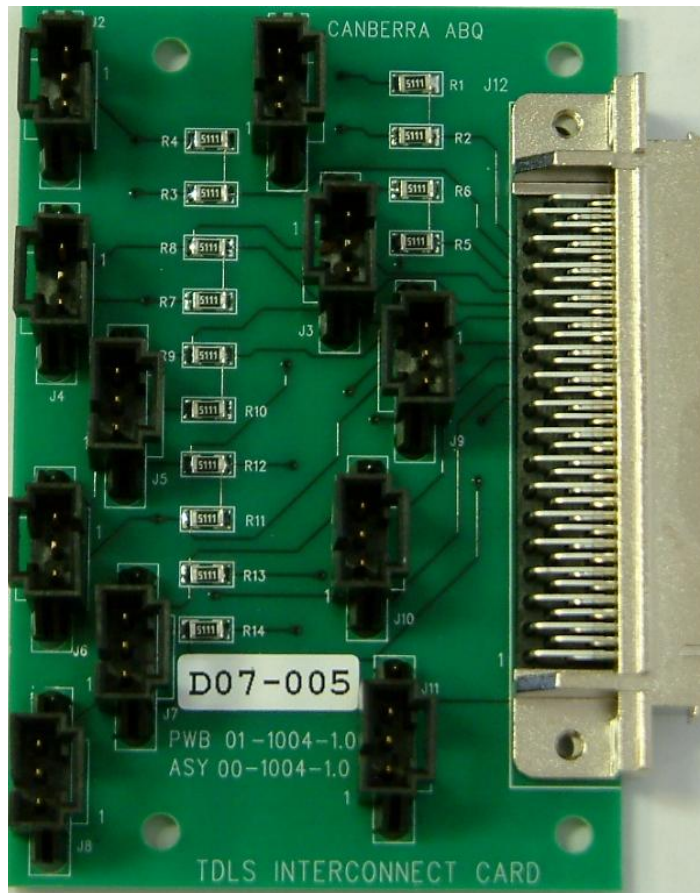
# Вариант конструкции блока электроники



## Компоненты блока:

1. Модуль диодного лазера
2. Модуль сопряжения с платой PCI NI DAQ
3. Модуль источника тока ДЛ
4. Модуль источника тока термоэлемента
5. Модуль измерения температуры
6. Модуль распределения питания
7. USB NI DAQ плата
8. Фотодиод с предусилителем реперного канала
9. Кювета с исследуемым газом
10. Источник питания 12 -15 В

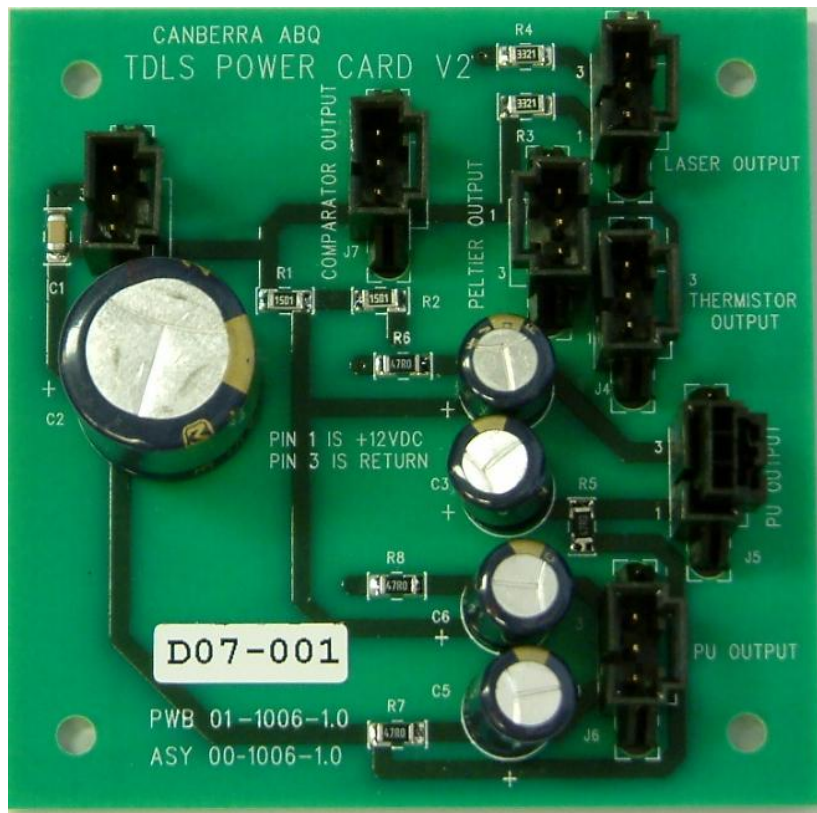
# Модуль сопряжения с PCI (PXI) NI DAQ платой



- Обеспечивает быстрый выбор входных или выходных каналов
- Возможность подключения дополнительных источников сигнала (датчиков температуры, давления и т.п.)
- Включает в себя симметрирующие резисторы между + и – входами платы и соответствующей аналоговой землей для каждого входного канала и джампер для переключения входов синхронизации в зависимости от типа используемой платы



# Модуль распределения питания



- Схемотехника: развязывающие RC фильтры в цепях питания модулей , цепь формирования «потенциальной земли», связанной с аналоговой землей NI DAQ платы и корпусом блока электроники

# Модуль источника тока термоэлемента



- Схемотехника : биполярный источник тока с дифференциальными входами и плавающей нагрузкой
- Диапазон входных напряжений – от -10 до + 10 В
- Максимальный выходной ток -  $\pm 1\text{A}$
- Защита от тепловых перегрузок
- Сопротивление нагрузки –  $\leq 10\ \Omega$

# Модуль измерения температуры

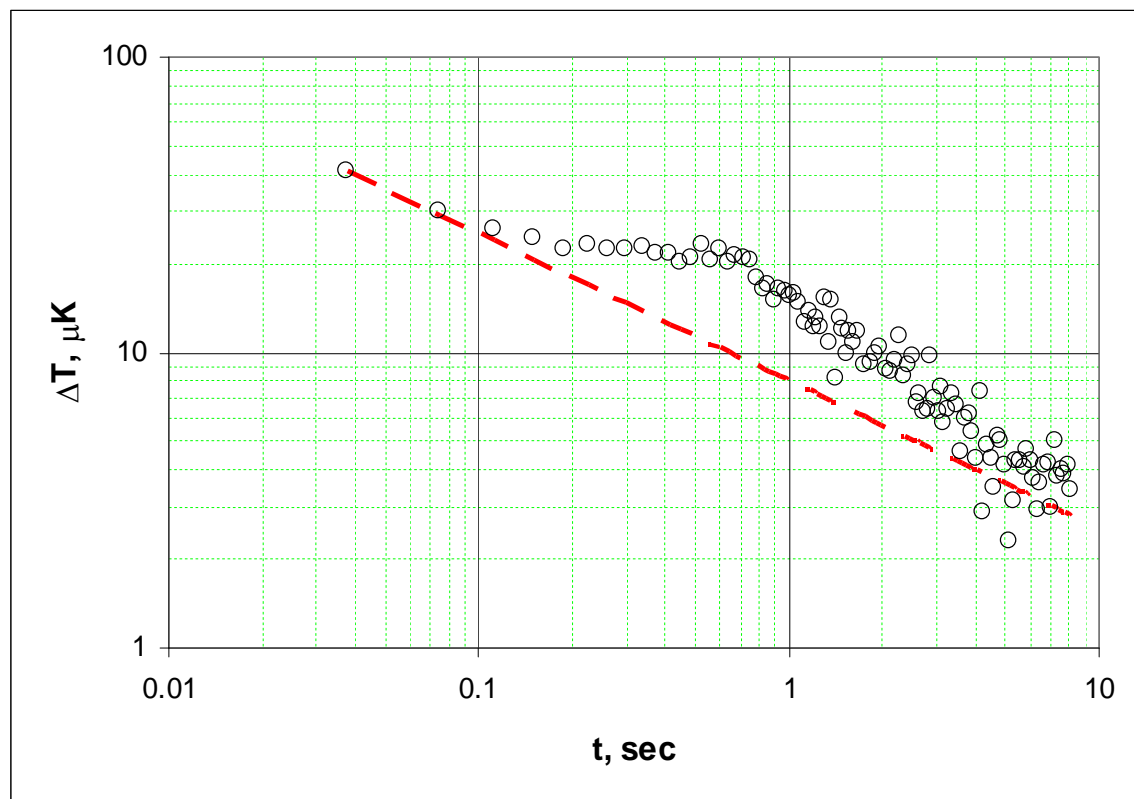


- Схемотехника: источник тока  $100 \mu\text{A}$  для питания терморезистора, построенный на прецизионном интегральном ИОН, фильтр НЧ на 200 Гц, выходной дифференциальный буферный каскад



# Стабилизация температуры ДЛ

Качество стабилизации температуры ДЛ имеет важнейшее значение для ДЛС. Типичный уровень стабилизации, опубликованный в литературе, составляет  $1-5 \cdot 10^{-3}$  К



***По результатам тестирования и при эксплуатации получен уровень стабилизация температуры  $2-3 \cdot 10^{-5}$  К для всех исследованных ДЛ модулей***

# Модуль источника тока лазера



- Схемотехника: источник тока с дифференциальным входом и заземленной нагрузкой, защита ДЛ от обратного напряжения
- Диапазон входного напряжения – от 0 до 10 В
- Максимальный выходной ток в зависимости от модификации – от 10 мА до 1 А
- Модуляция входного сигнала напряжением любой формы с частотой до 333 кГц
- Температурная стабильность – 50ppm/С°

# Модуль источника тока ДЛ

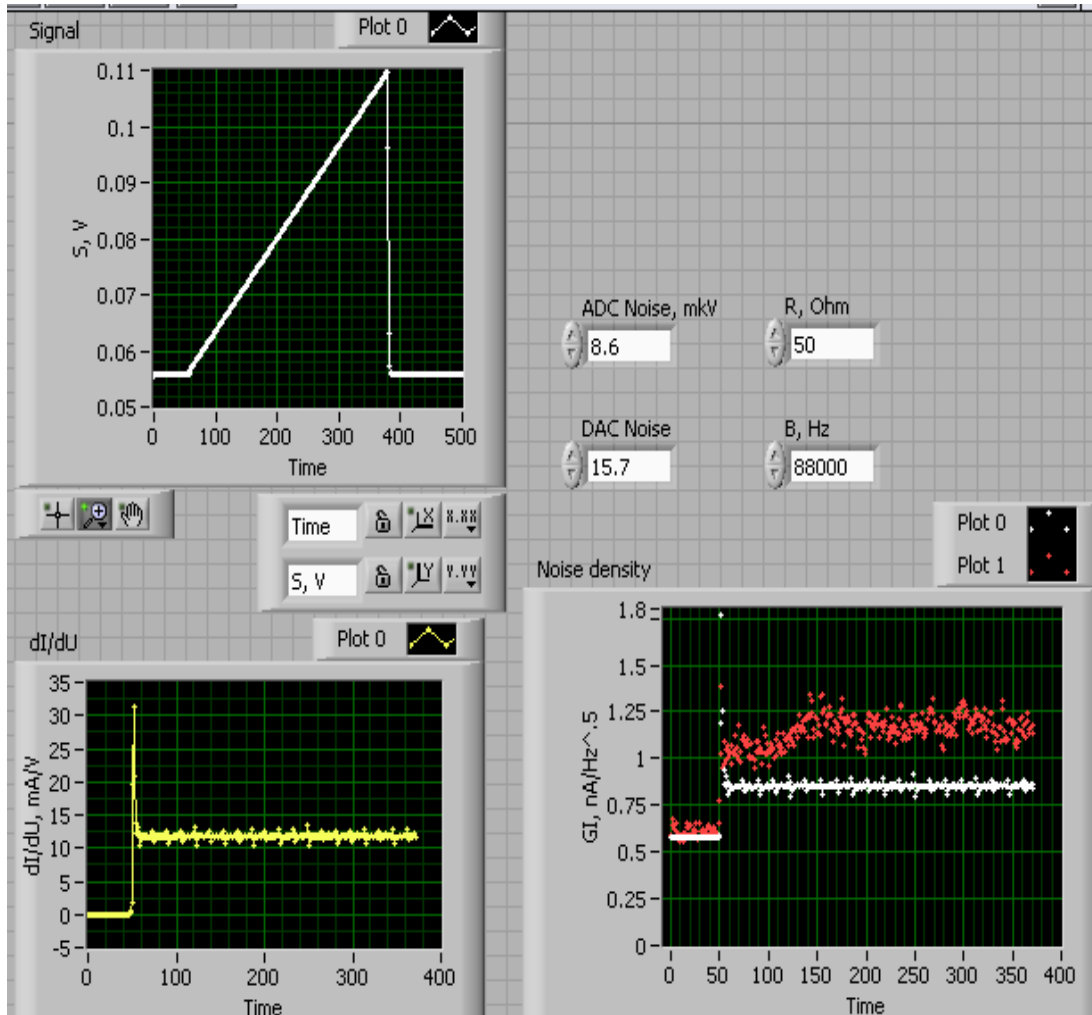
## Результаты тестирования

◀ Интерфейс программы для тестирования модулей источника тока ДЛ

Модификации модуля обеспечивают работу ДЛ среднего и ближнего ИК диапазона, а также VCSEL.

Плотность шума тока  $G$  на выходе модуля

	VCSEL	NIR	MIR
$K, \text{mA/V}$	1	12	90
$G, \text{nA/Hz}^{0.5}$	0.09	1.0	7.8



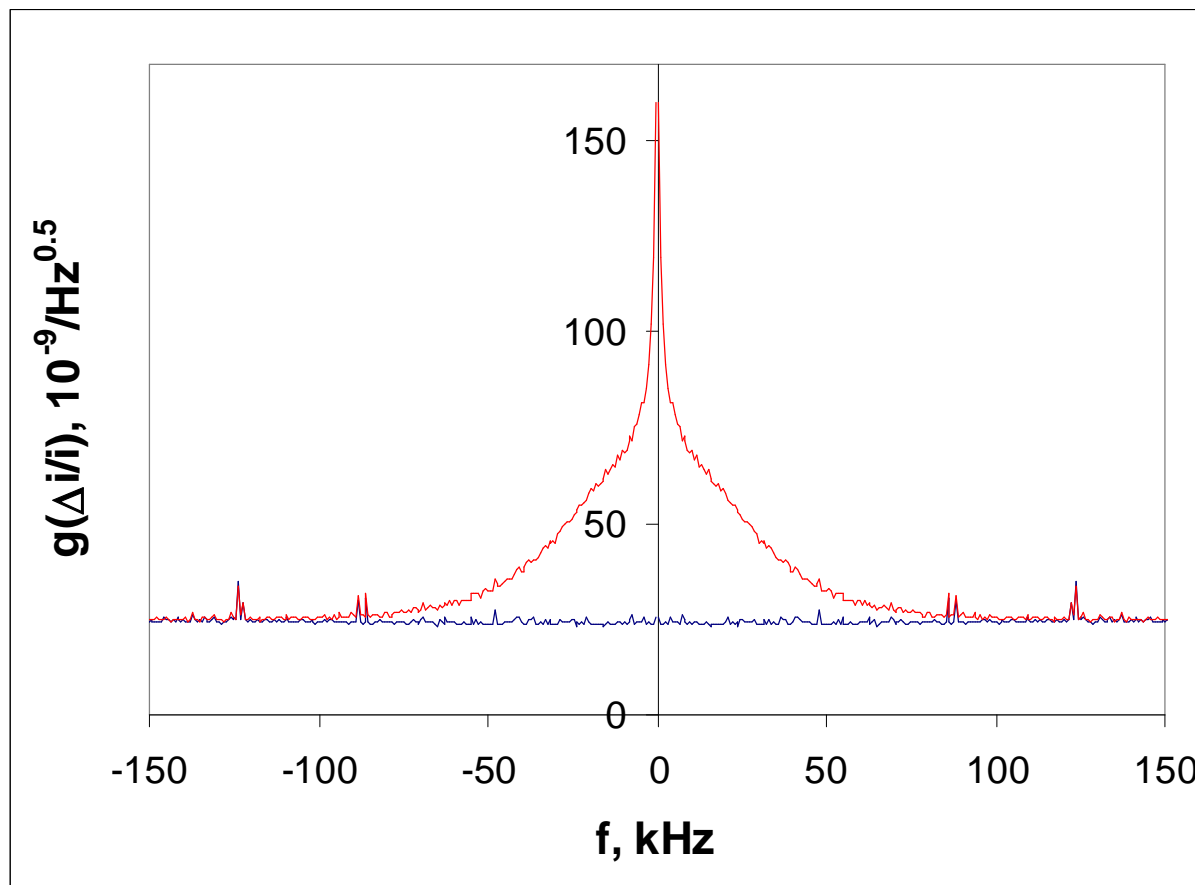
# Модуль ФД предусилителя



- **Схемотехника:**  
трансимпедансный усилитель на малошумящем ОУ с НЧ фильтром Бесселя второго порядка, выходной буферный дифференциальный каскад
- **Оптимизированная полоса пропускания для получения наилучшего отношения сигнала к шуму**

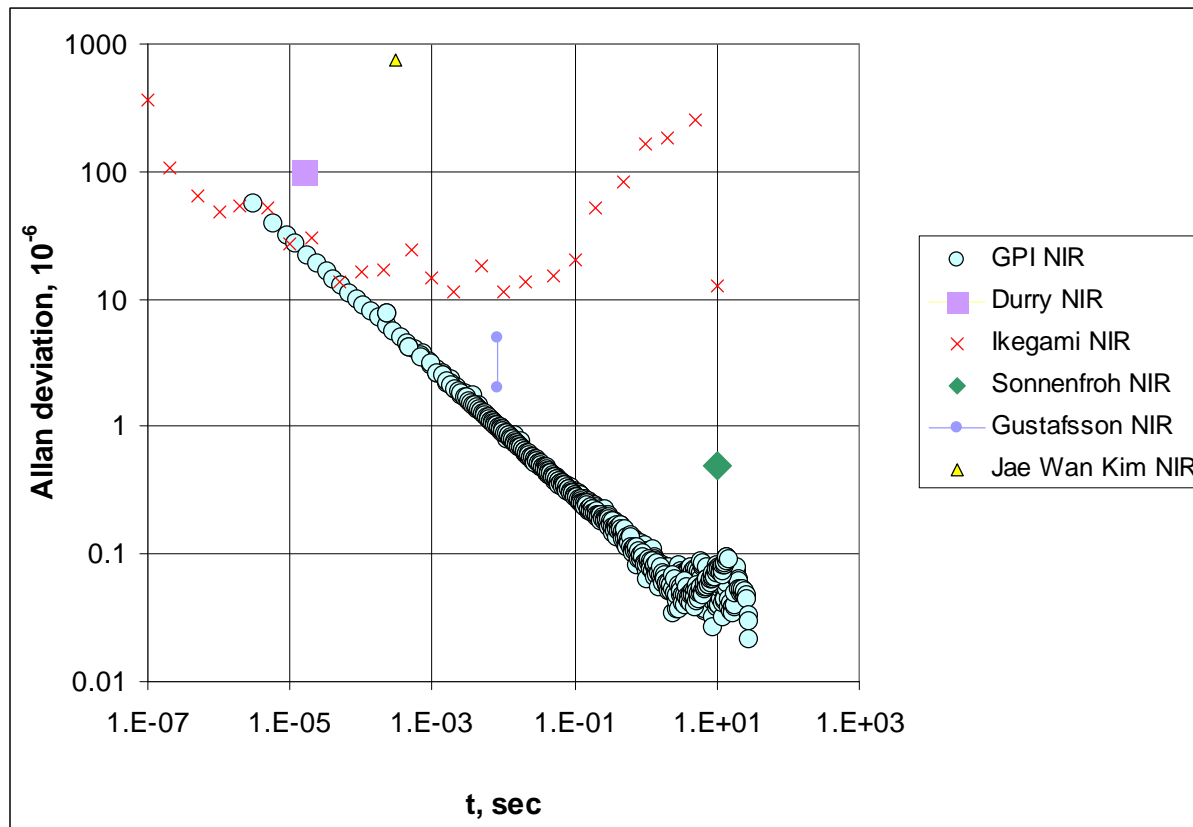
# Отсутствие помех

Фурье-спектр сигнала ФД с выключенным (синий) и включенным ДЛ (красный). Шумы регистрации обусловлены только дробовым шумом ФД (широкий пик) и ДЛ фликкер-шумом (узкий пик)



**Надлежащий выбор способа заземления дал в результате отсутствие или существенное уменьшение помех и наводок от внутренних и внешних источников. Это обеспечило отношение сигнал/шум, соответствующее разрешению 16- битовой плате NI DAQ - 65536**

# Чувствительность ДЛ ближнего ИК



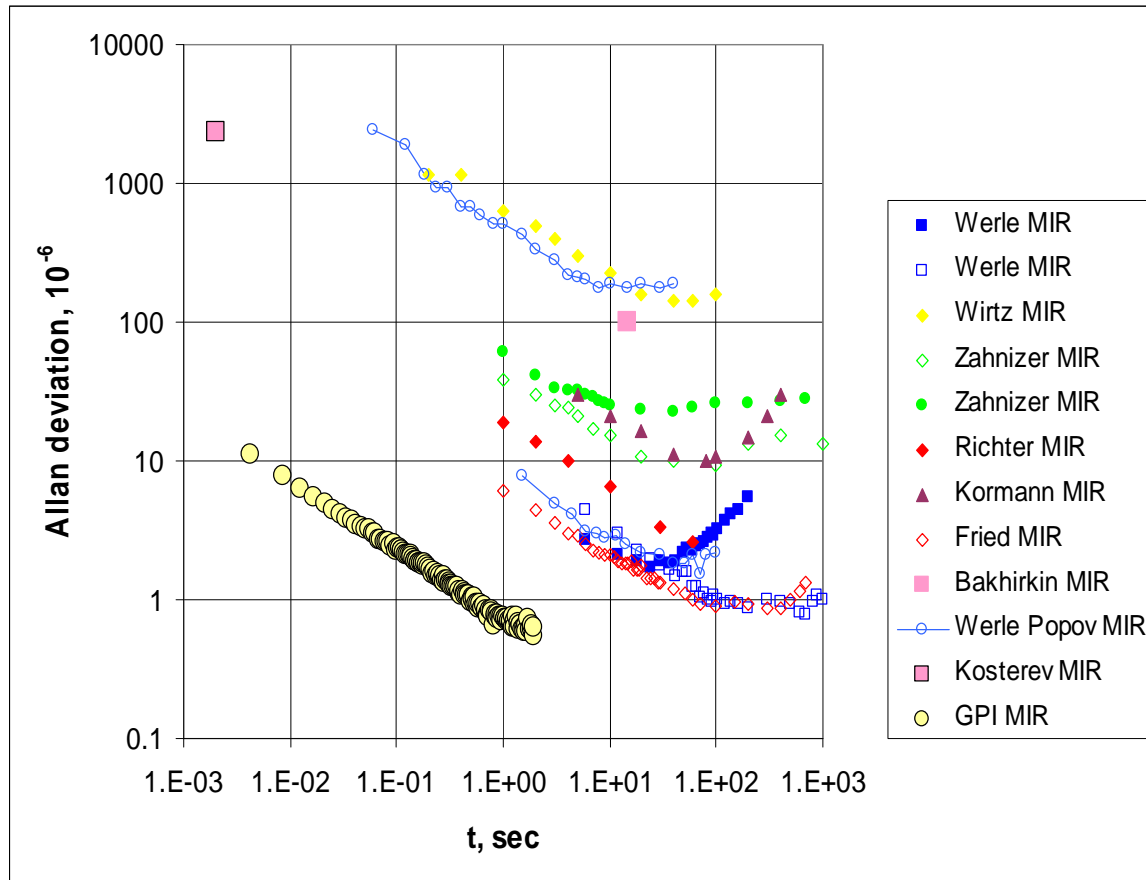
Сравнение результатов тестирования электроники с лучшими результатами, известными из публикаций

Для определения чувствительности использован график Аллана минимального обнаружимого поглощения как функции от времени накопления

**Использование разработанной электроники позволило достигнуть фундаментального предела чувствительности, ограниченного дробовым шумом ФД и квантовым шумом ДЛ**



# Чувствительность с ДЛ среднего ИК



Сравнение результатов тестирования электроники с лучшими результатами, известными из публикаций

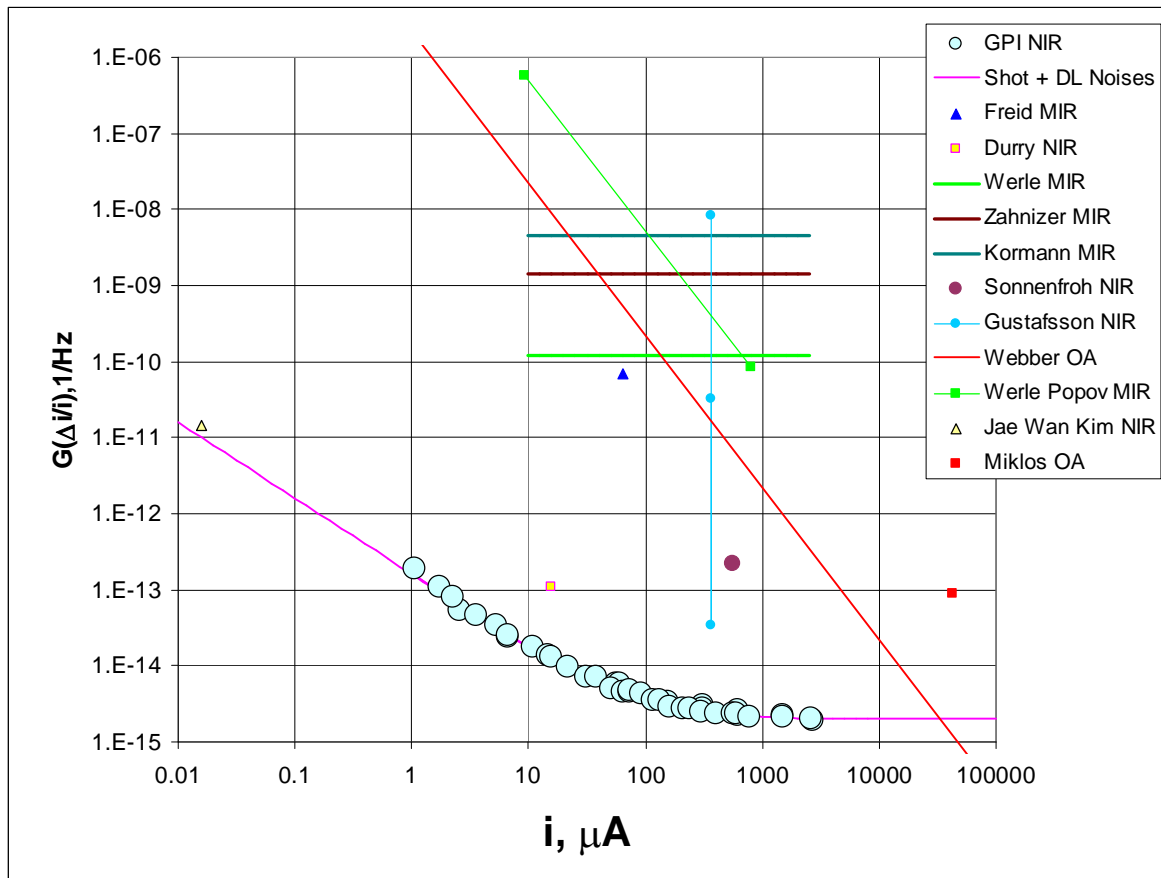
Для определения чувствительности использован график Аллана минимального обнаружимого поглощения как функции от времени накопления

**Использование разработанной электроники в среднем ИК диапазоне позволило достигнуть фундаментального предела чувствительности, обусловленного дробовыми шумами фонового излучения**

# Заключение

- Разработано новое поколение прецизионной электроники для ДЛС, которая полностью управляется компьютером
- Разработаны тест-процедуры для проверки параметров отдельных узлов электроники. Тестирование показало идентичность тестируемых параметров для различных экземпляров электроники
- Выпущена опытная промышленная партия фирмой Canberra (США) в соответствии с стандартом ISO 9001, которая успешно прошла тестирование
- Получена стабилизация температуры ДЛ на уровне  $2 \cdot 10^{-5} \text{K}$
- Достигнут уровень фундаментальных шумов (дробовой шум фототока и квантовый шум излучения ДЛ)
- Минимальное детектирование поглощения составляет  $10^{-7}$
- Работоспособность данной электроники проверена в условиях непрерывной двухлетней работы и в температурном диапазоне от  $-15$  до  $35\text{C}^\circ$

# Спектральная плотность шума



Spectral density of relative photocurrent noise is important characteristic of DL based instruments

Comparison of electronics developed test results with best results known from literature. Fundamental limit of sensitivity is determined by photocurrent shot noise and DL quantum noise (solid curve)

**Использование разработанной электроники позволило достигнуть фундаментального предела чувствительности, ограниченного дробовым шумом ФД и квантовым шумом ДЛ**