

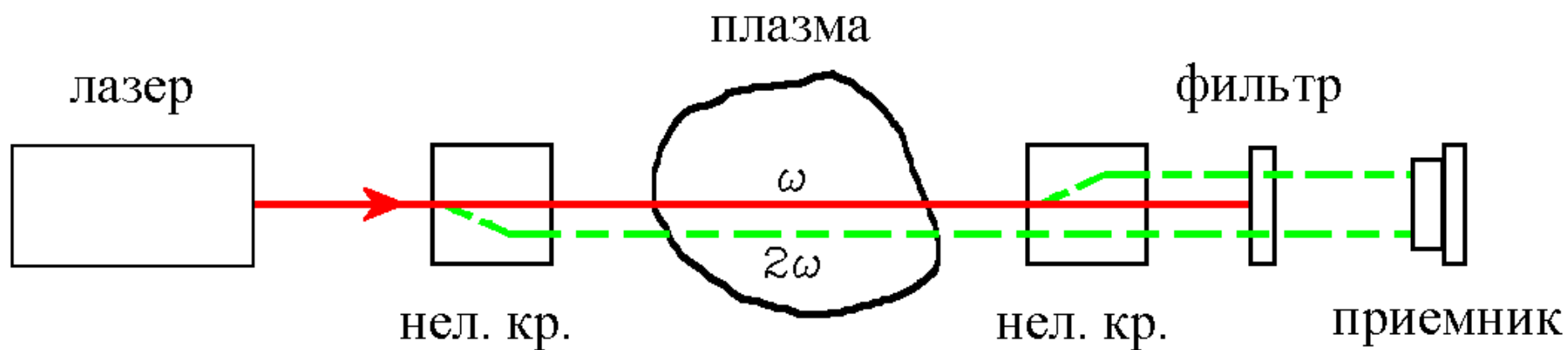
# Дисперсионный интерферометр для измерения электронной плотности плазмы на токамаке TEXTOR

П.А.Багрянский, П.Зубарев, А.Н.Квашнин, А.А.Лизунов,  
В.В.Максимов, Р.В.Воскобойников, \*А.Л.Соломахин,  
А.Д.Хильченко.

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

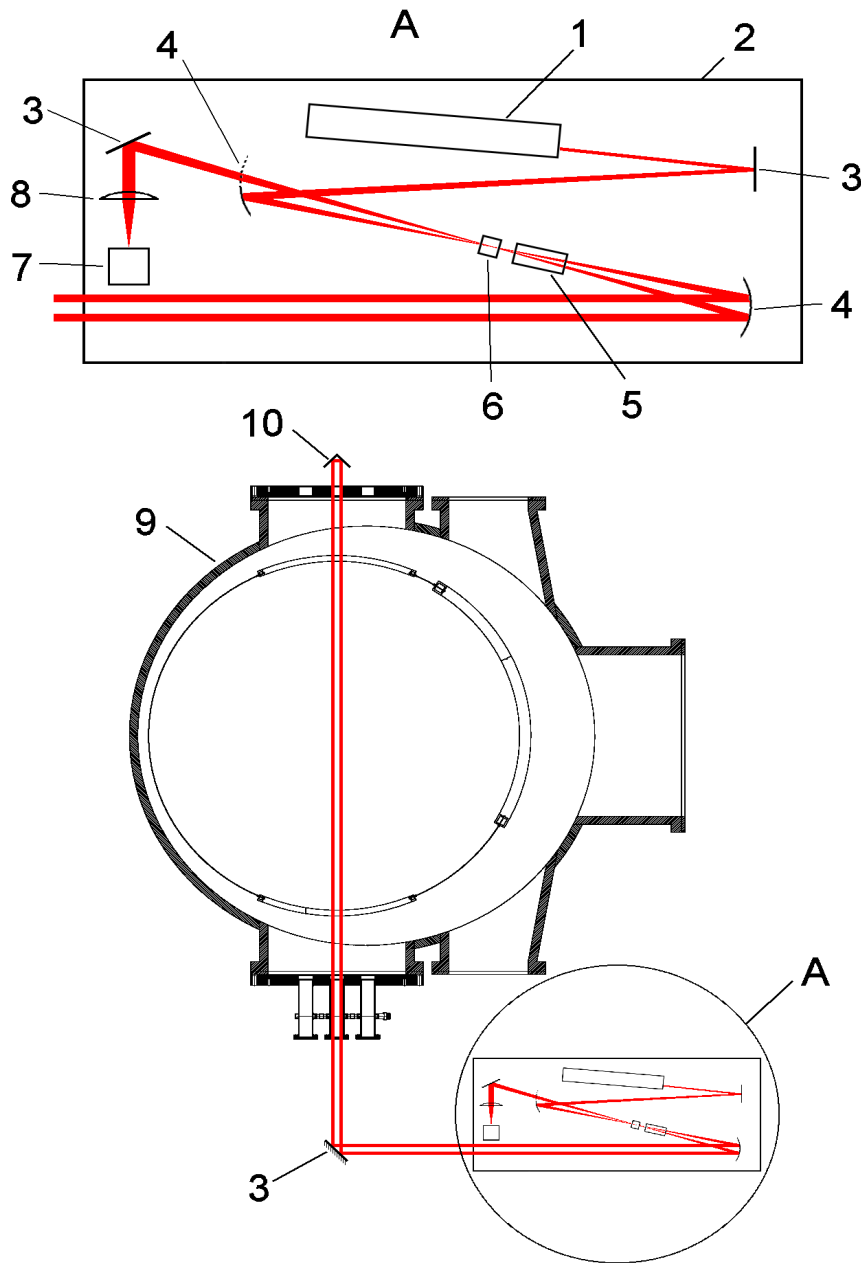
\*Новосибирский Государственный Университет, 630090, Новосибирск, Россия

# Основной принцип работы



$$\Delta \varphi = \frac{3e^2}{2mc^2} \lambda \int n dl$$

# Оптическая схема дисперсионного интерферометра на ТЕХТОР



1 – лазер

2 – оптическая плита

3 – плоские зеркала

4 – сферические зеркала

5 – электрооптическая ячейка

6 – удвоитель частоты

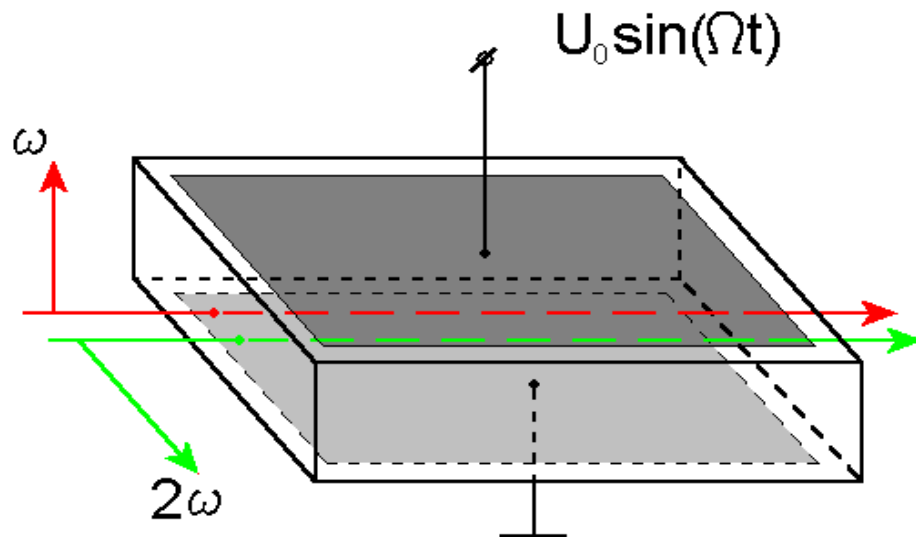
7 – приемник излучения

8 – линза

9 - вакуумная камера ТЕХТОР

10 – уголкового отражателя

# Система фазового детектирования



Электрооптическая ячейка (ЭО):

Материал:	GaAs
Длина $l$ :	5 см
Толщина $d$ :	0.5 см
Напряжение $U_0$ :	2.5 кВ
Частота $\Omega$ :	250 кГц

Набег фазы при прохождении ЭО ячейки для излучения

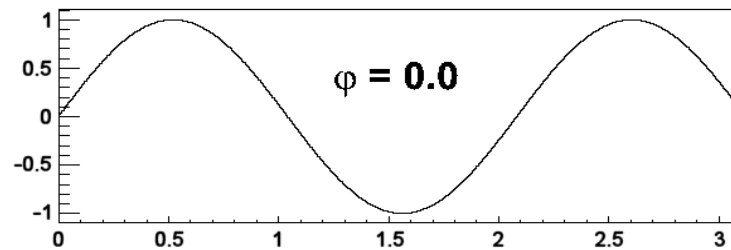
первой гармоники :  $\Delta \varphi_{\omega} = k l n_{\omega}$

второй гармоники :  $\Delta \varphi_{2\omega} = 2 k l n_{2\omega} (1 + f \sin(\Omega t))$

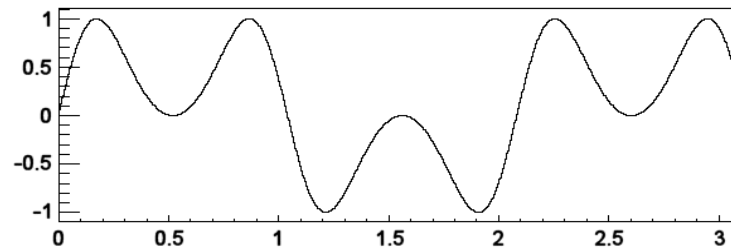
# Восстановление фазы

Сигнал с приемника :  $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \sin(g \sin(\Omega t) + \varphi)$

$\sin(\Omega t)$



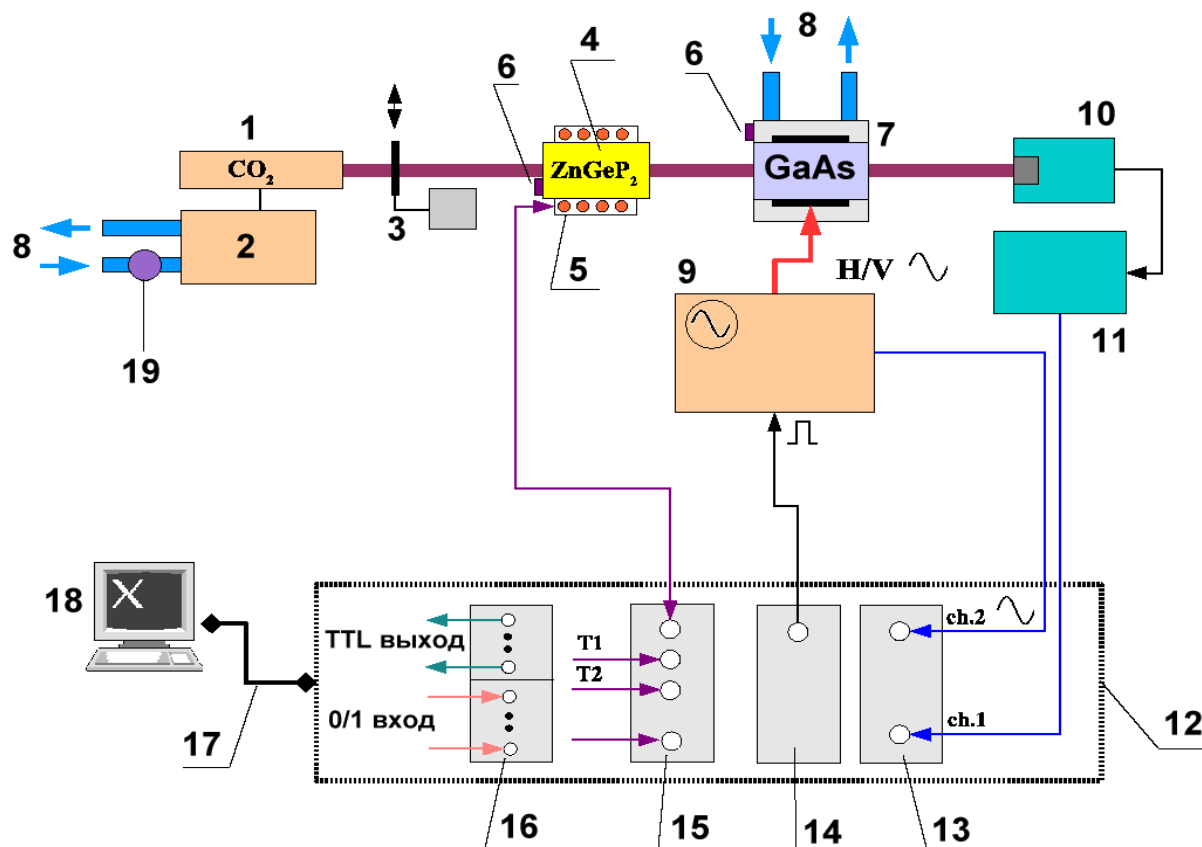
$\sin(\pi \sin(\Omega t) + \varphi)$



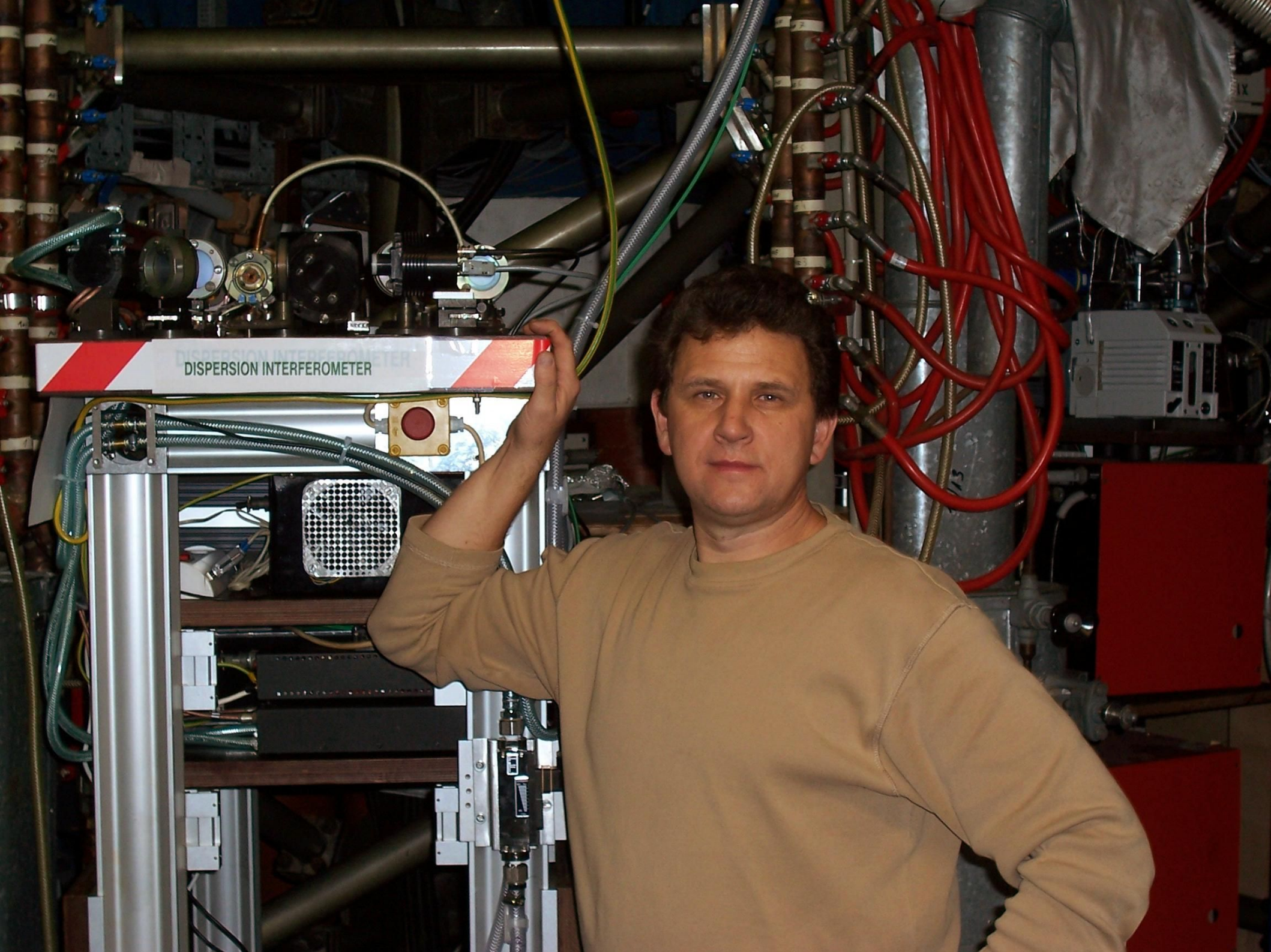
## Алгоритм

1. Нормировка сигнала на 1.
2. Нахождение нулей модулирующего сигнала
3. В найденных точках взятие  $\arcsin$  от сигнала
4. Вычисление четверти в которой находится фаза
5. Нахождение линейной плотности

# Система управления и регистрации



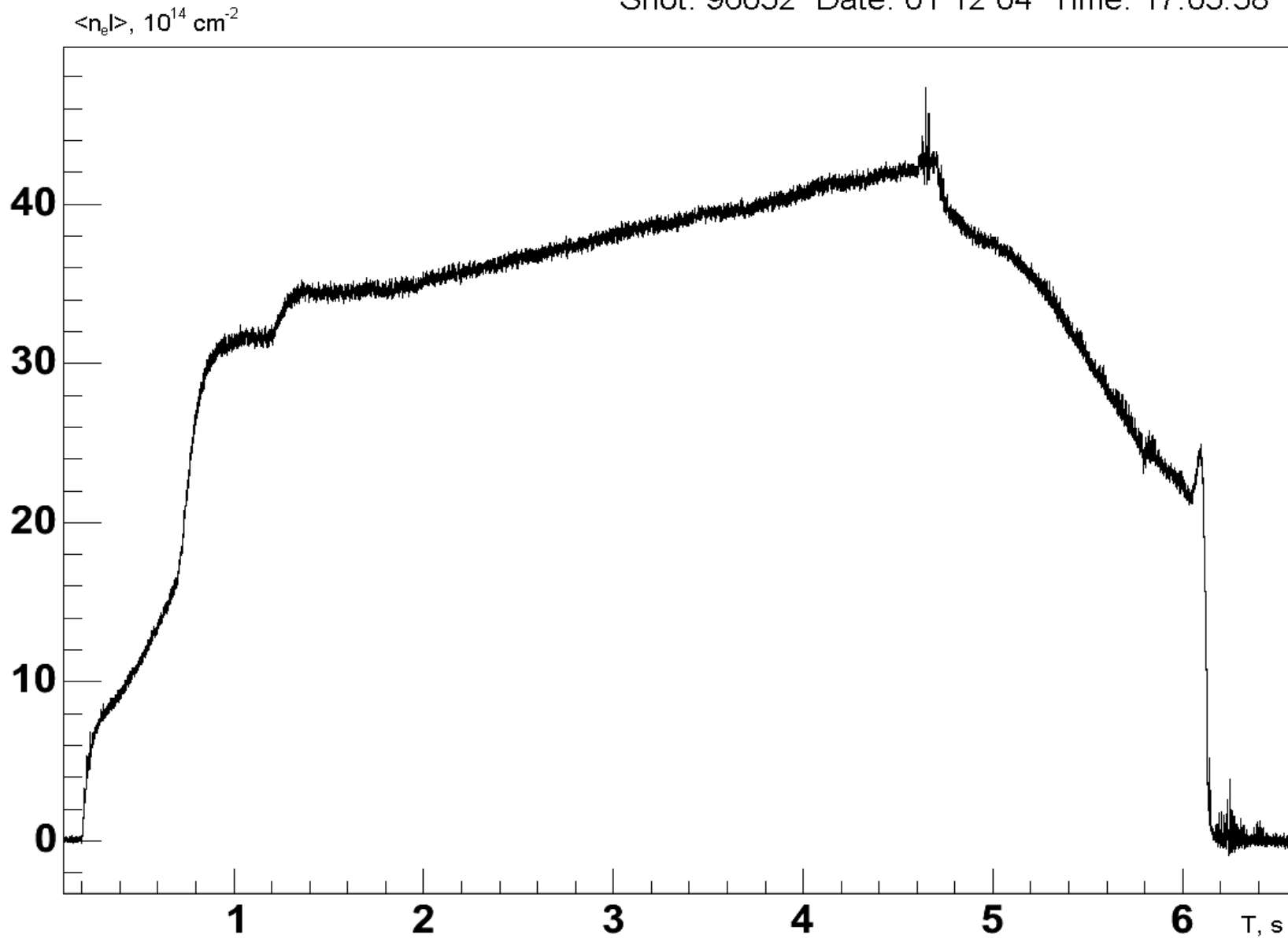
1-разрядная трубка лазера, 2-блок питания лазера, 3-заслонка, 4-нелинейный кристалл, 5-нагреватель кристалла, 6-датчики температуры, 7-электрооптическая ячейка, 8-водяное охлаждение, 9-высоковольтный генератор, 10-фотоприемник, 11-блок питания и управления фотоприемника, 12-блок управления и регистрации, 13-двухканальный АЦП, 14-опорный генератор, 15-модуль измерения температур и термостабилизации, 16-модуль контроля и управления, 17-выделенная связь Ethernet 100 Mbit, 18-управляющий компьютер, 19-датчик потока охлаждающей воды.



DISPERSION INTERFEROMETER

# Линейная плотность плазмы в токамаке ТЕХТОР

Shot: 96052 Date: 01 12 04 Time: 17.05.58

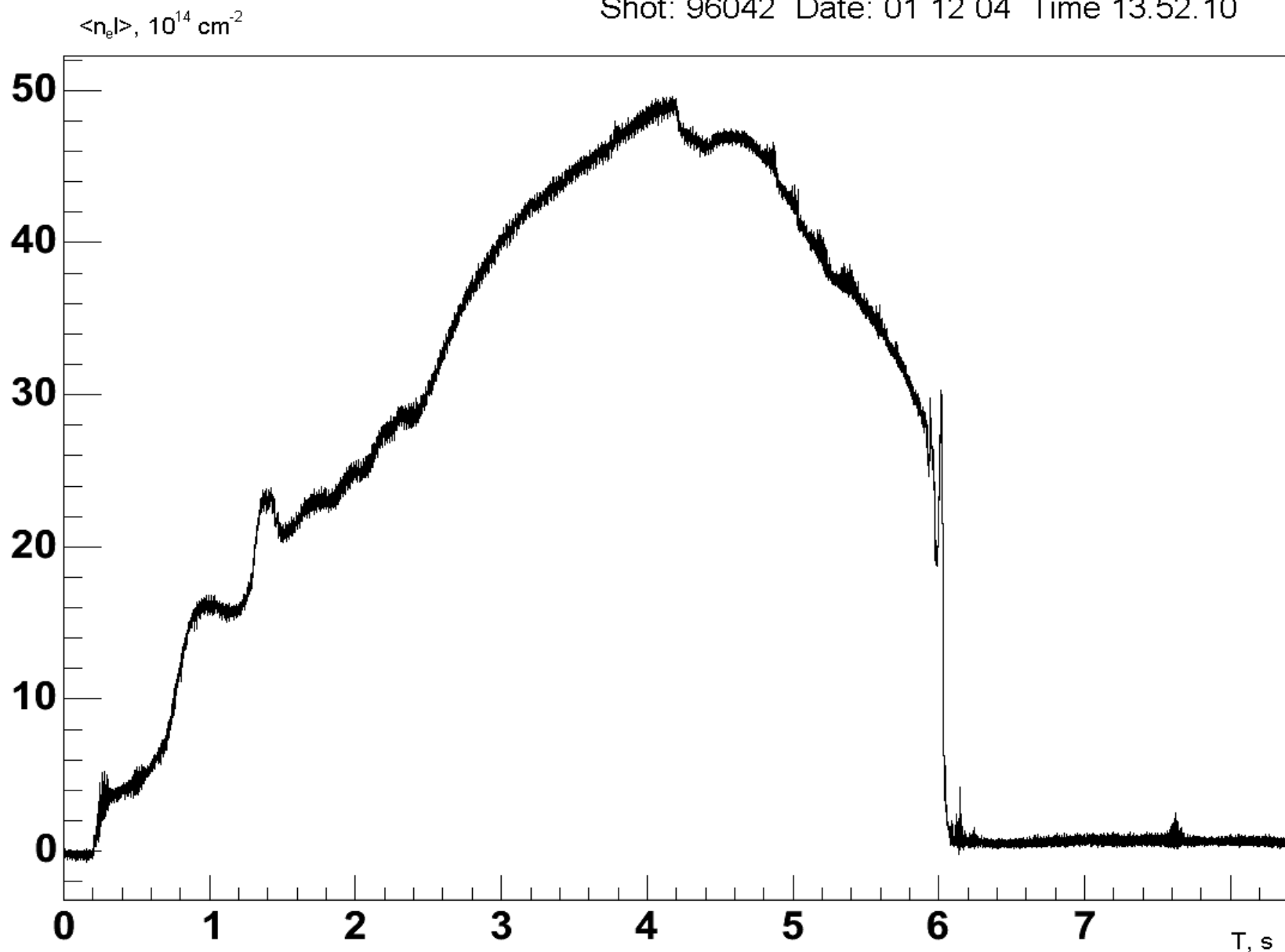


Разрешение по  $n_l$ :  $\sim 3 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

Разрешение по  $t$ :  $\sim 100 \text{ мкс}$

# Линейная плотность плазмы в токамаке ТЕХТОР

Shot: 96042 Date: 01 12 04 Time 13.52.10

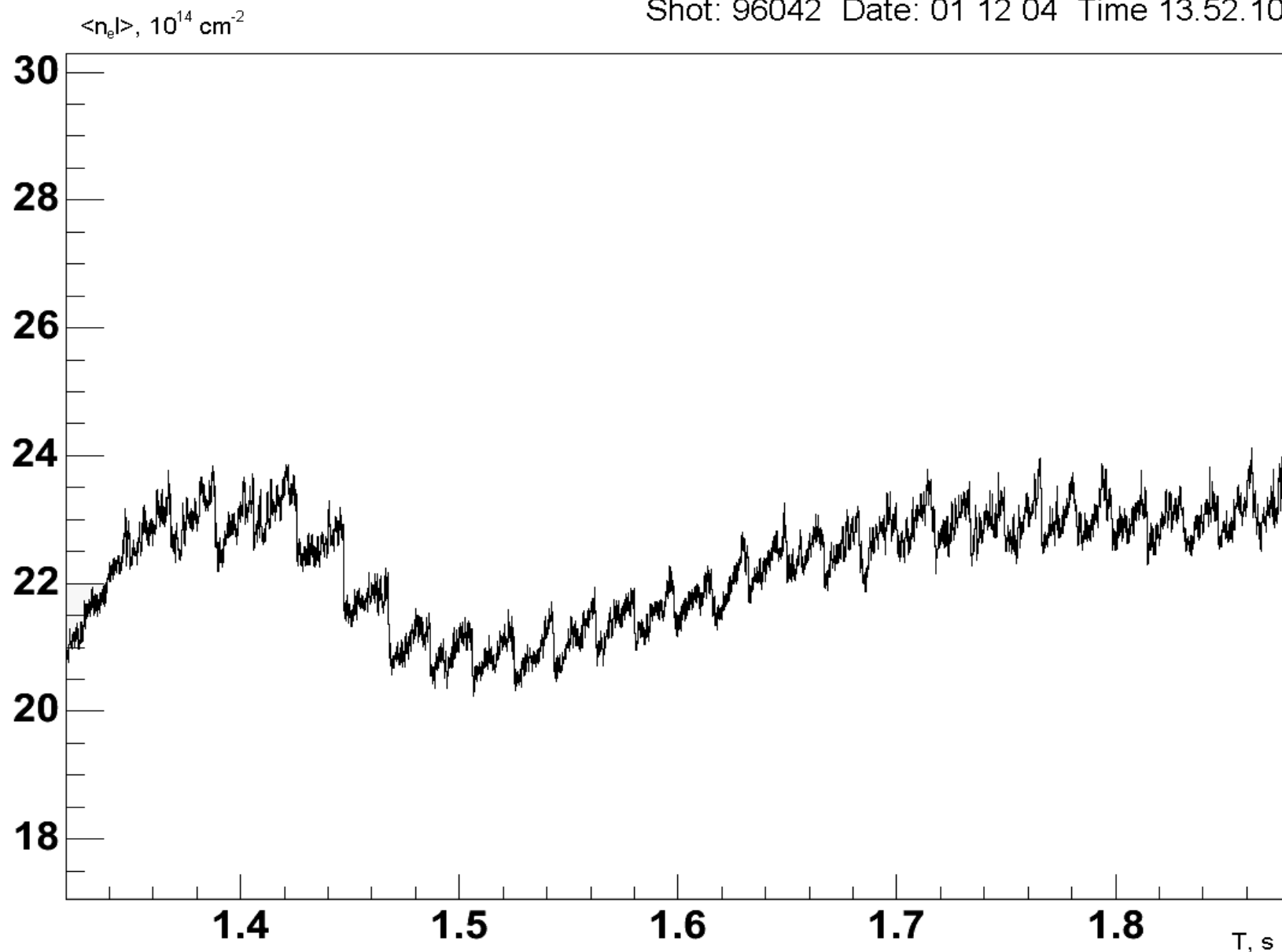


Разрешение по  $n_l$ :  $\sim 3 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

Разрешение по  $t$ :  $\sim 100 \text{ мкс}$

# Пилообразные колебания в TEXTOR

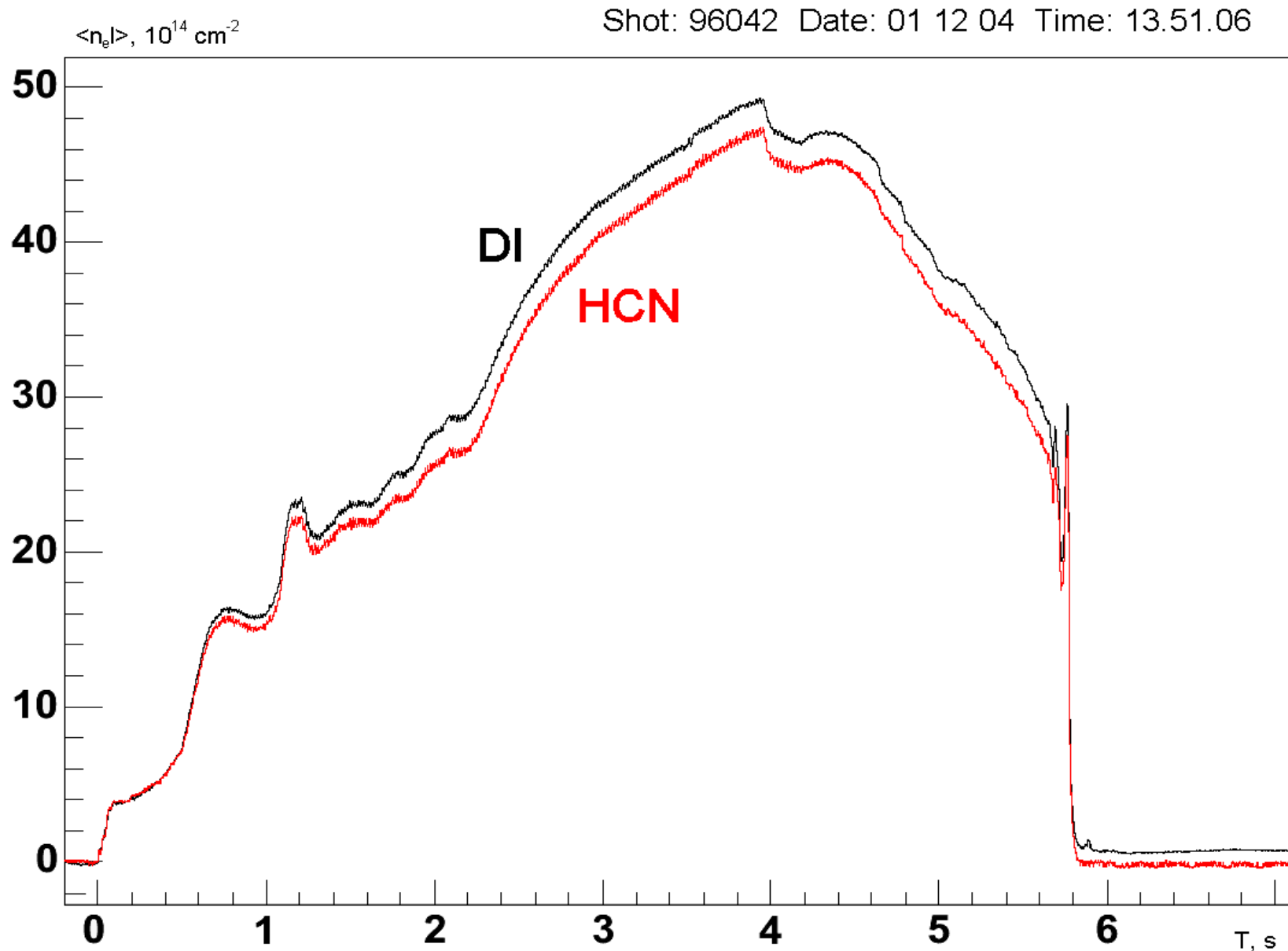
Shot: 96042 Date: 01 12 04 Time 13.52.10



Разрешение по  $n_l$ :  $\sim 3 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

Разрешение по  $t$ :  $\sim 100 \text{ мкс}$

# Сравнение линейной плотности измеренной с помощью DI и HCN



Разрешение по  $nl$ :  $\sim 1 * 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

Разрешение по  $t$ :  $\sim 10 \text{ мс}$

# Выводы

1. Разработан и построен дисперсионный интерферометр на установке TEXTOR (FZ Juelich, Германия).
2. Разработана система фазового детектирования, позволяющая измерять большие линейные плотности.
3. Продемонстрирована работоспособность интерферометра в эксперименте на токамаке TEXTOR.
4. Достигнуто разрешение по  $n_l \sim 3 * 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  при разрешении по времени 100 мкс и пространственном разрешении  $\sim 2$  см.