



# 平成21年度 ITPドイツ長期派遣報告

名古屋大学工学研究科  
荒卷光利

# ITPドイツ長期派遣

- 派遣先  
ドイツ ルール大学ボッフム校
- 受け入れ研究室  
Uwe Czarnetzki教授
- 派遣期間  
平成21年5月29日から平成21年7月28日

# 目的

- 派遣終了後も継続可能な共同研究テーマの開拓
- 受け入れ先研究室にとっても利益のある派遣とする

# 中性粒子測定に関する共同研究の利点

- 国内の共同研究として進めてきた中性粒子測定を、Czarnetzki研と共同で行うことは双方にとって以下の利点がある。
- 日本側
  - 中性粒子枯渇が観測されているヘリコン波プラズマとECRプラズマを比較することで、中性粒子-プラズマ相互作用による構造形成の一般的理解を進める事が出来る。
- ドイツ側
  - 半導体レーザーを用いた、中性粒子の精密測定技術が得られる。

## Neutral gas depletion mechanisms in dense low-temperature argon plasmas

D O'Connell<sup>1,2</sup>, T Gans<sup>1,3</sup>, D L Crintea<sup>1</sup>, U Czarnetzki<sup>1</sup> and N Sadeghi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany

<sup>2</sup> Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany

<sup>3</sup> Centre for Plasma Physics, Queen's University Belfast, UK

<sup>4</sup> Laboratoire de Spectrometrie Physique, University Joseph Fourier and CNRS, Grenoble, France

E-mail: [deborah.oconnell@web.de](mailto:deborah.oconnell@web.de)

- Journal of Physics Dの2008年に最も参照された論文に選ばれている。

# 中性粒子の静圧のバランス

IOP PUBLISHING

JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS

J. Phys. D: Appl. Phys. 41 (2008) 035208 (7pp)

doi:10.1088/0022-3727/41/3/035208

## Neutral gas depletion mechanisms in dense low-temperature argon plasmas

D O'Connell, T. Gans, D. Crintea, U. Czarnetzki, and N. Sadeghi

J. Phys. D 41 (2008) 035208 (**Most cited articles in Journal of Physics D in 2008**)

### ■ Gas Temperature Depletion

$$\frac{n}{n_g} = \frac{T_g}{T}$$

$n$  depleted neutral density

$n_g$  neutral density w/o plasma

$T$  depleted neutral temperature

$T_g$  gas temperature w/o plasma

### ■ Electron pressure Depletion

$$\frac{n}{n_g} = 1 - \frac{p_e}{p}$$

$p$  depleted neutral pressure

$p_e$  electron pressure

$$p_e = kT_e n_e$$

# Total Pressure Balance in Plasma

$$p_{Total} = p_s + p_d$$

$p_{Total}$  Total pressure  
 $p_s$  Static pressure  
 $p_d$  Dynamic pressure

$$p_s = kTn$$

$$p_d = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$T$  Temperature  
 $n$  Number density  
 $v$  Flow velocity  
 $\rho$  Density

# 中性粒子の流れ場の精密測定

REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 80, 053505 (2009)

## High resolution laser induced fluorescence Doppler velocimetry utilizing saturated absorption spectroscopy

Mitsutoshi Aramaki,<sup>1</sup> Kohei Ogiwara,<sup>2</sup> Shuzo Etoh,<sup>2</sup> Shinji Yoshimura,<sup>3</sup> and Masayoshi Y. Tanaka<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University, Nagoya 464-8603, Japan*

<sup>2</sup>*Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan*

<sup>3</sup>*National Institute for Fusion Science, Toki 509-5292, Japan*

<sup>4</sup>*Department of Advanced Energy Engineering Science, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan*

(Received 6 January 2009; accepted 10 April 2009; published online 13 May 2009)

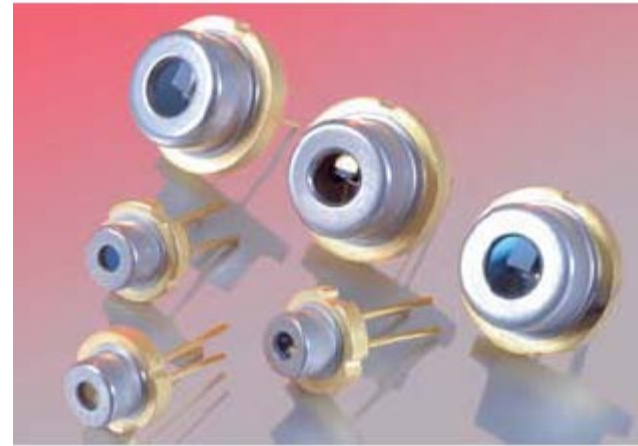
- プラズマ中の流れはプラズマの構造形成に大きな影響を与える。
- 本研究により, アルゴン準安定原子の流れ場を $\pm 2$  m/sの精度で観測可能とした。



# Advantage and Drawback of Diode Laser

## ■ Advantage

- compact
- long lifetime
- cost effective



## ■ Drawback

- spectrum of bare laser diodes is broad
- unstable

# 使用した半導体レーザーの仕様

---

## HL6738MG

Visible High Power Laser Diode

## HITACHI

ADE-208-601C (Z)  
4th Edition  
Dec. 2000

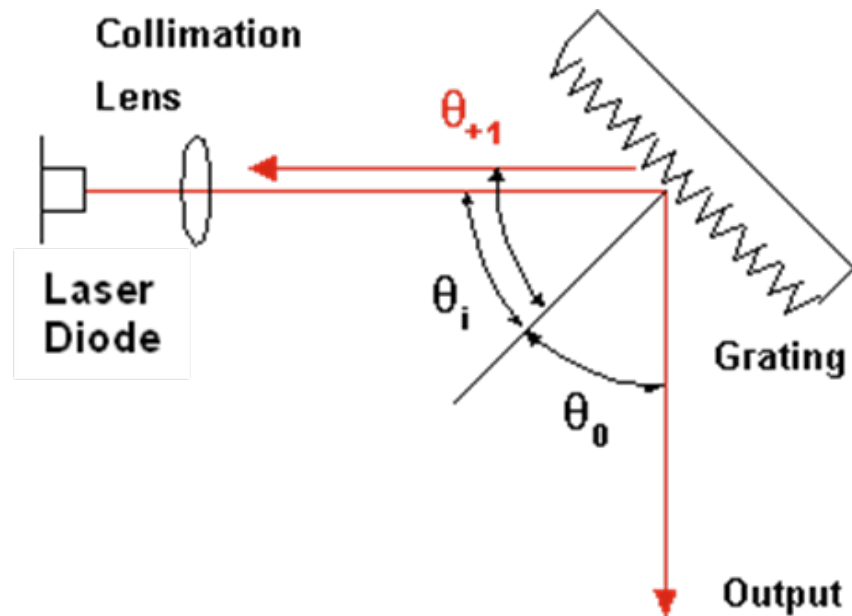
---

### Features

- High output power : 35 mW (CW)
- Visible light output :  $\lambda_p = 680$  to 695 nm
- Small package :  $\phi$  5.6 mm
- Low astigmatism : 6  $\mu$ m Typ ( $P_o = 5$  mW)

価格 \$55

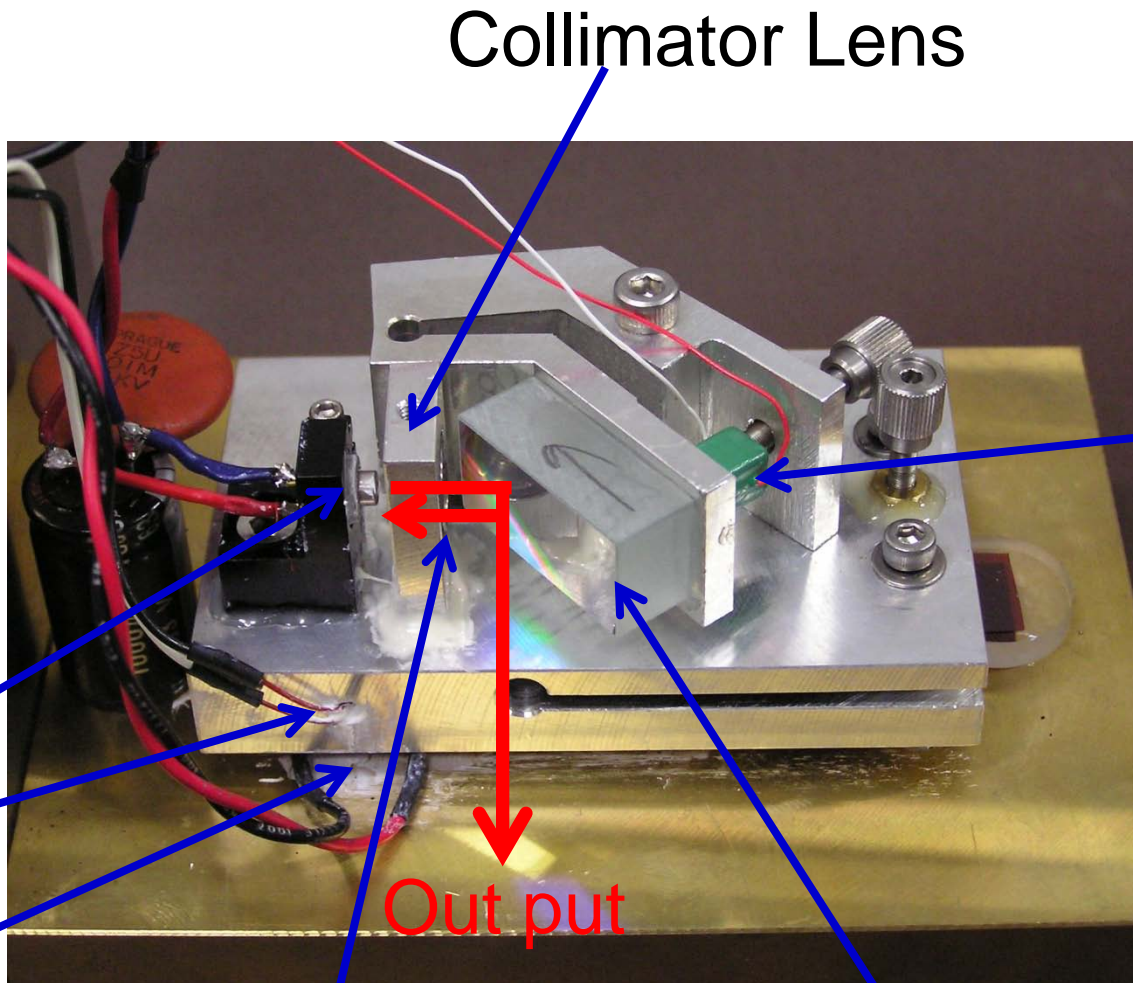
# 外部共振器型半導体レーザー(ECDL)の原理



# 作製したECDL

出力パワー  
10 mW

掃引周波数  
5GHz



Collimator Lens

PZT

Laser Diode

Thermister

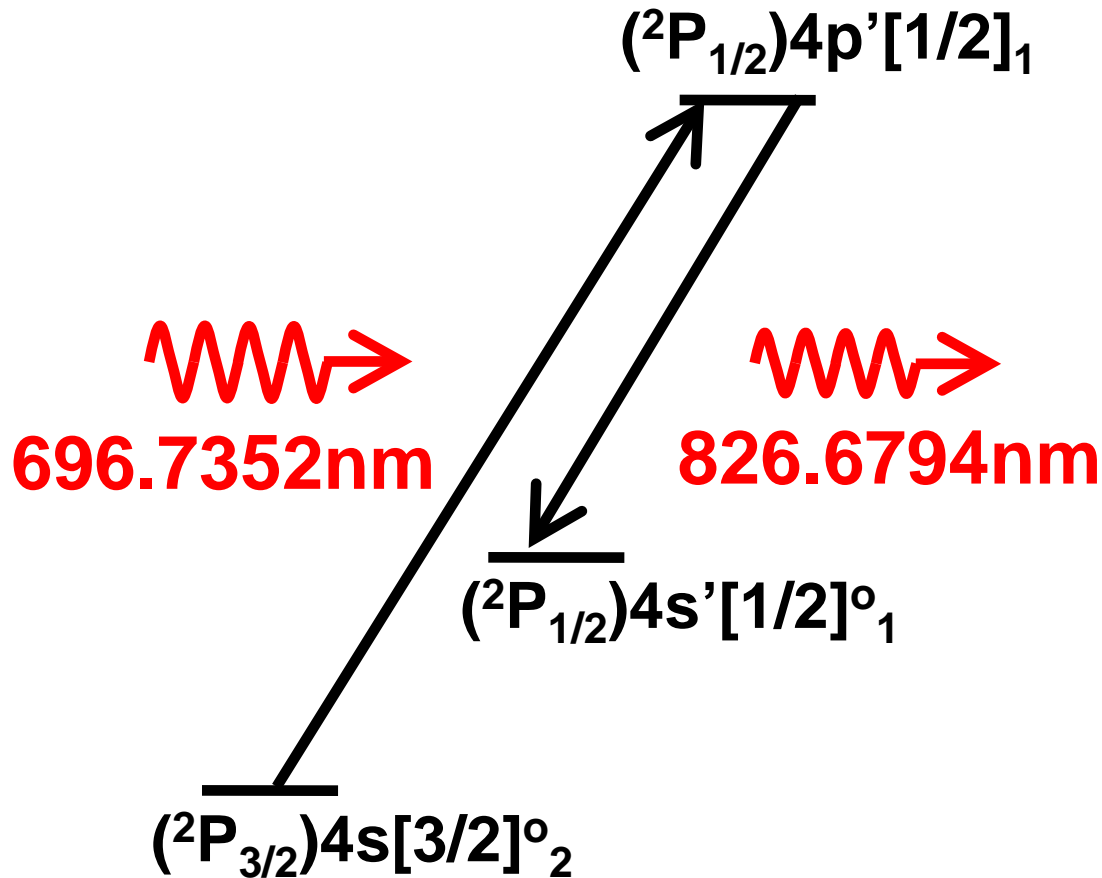
Peltier Device

the 1<sup>st</sup> diffraction light

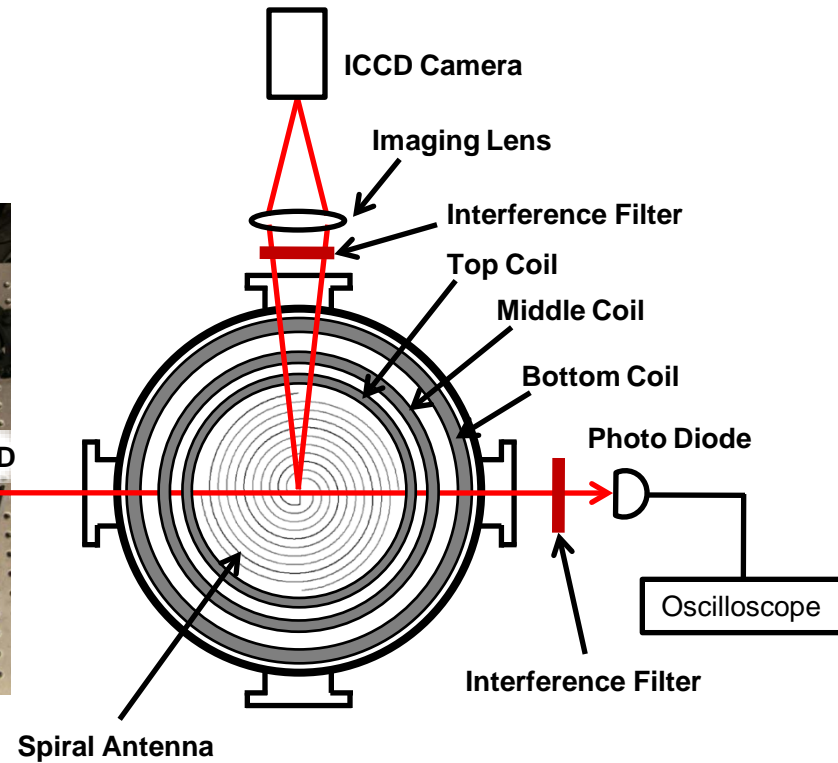
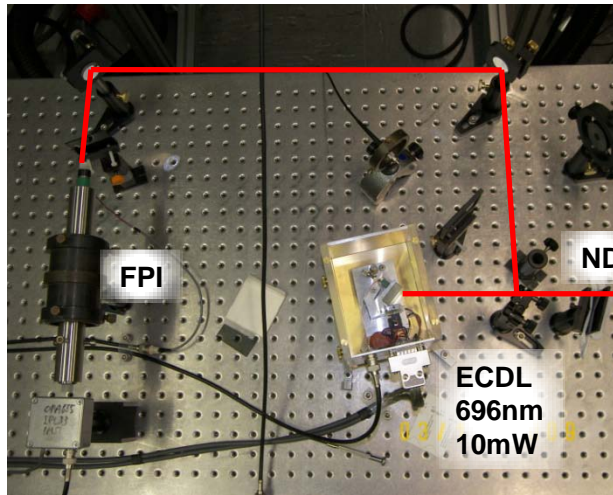
Out put

Grating

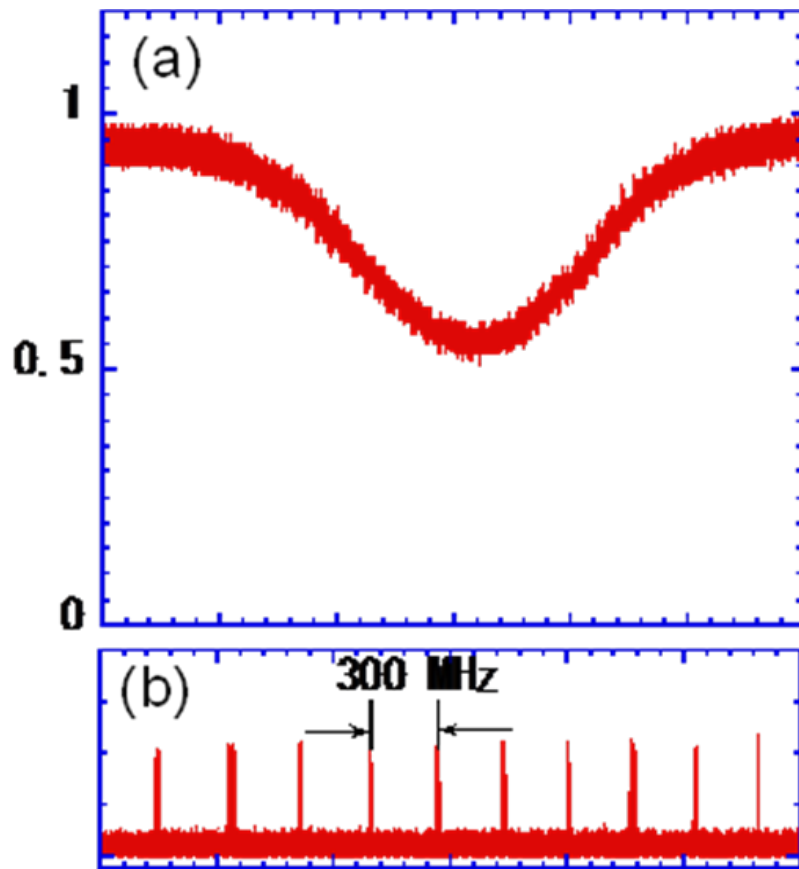
# Scheme of Ar Metastable Atom Measurements



# Diode Laser Spectroscopy System



# ドップラーレーザー吸収分光



ICP mode

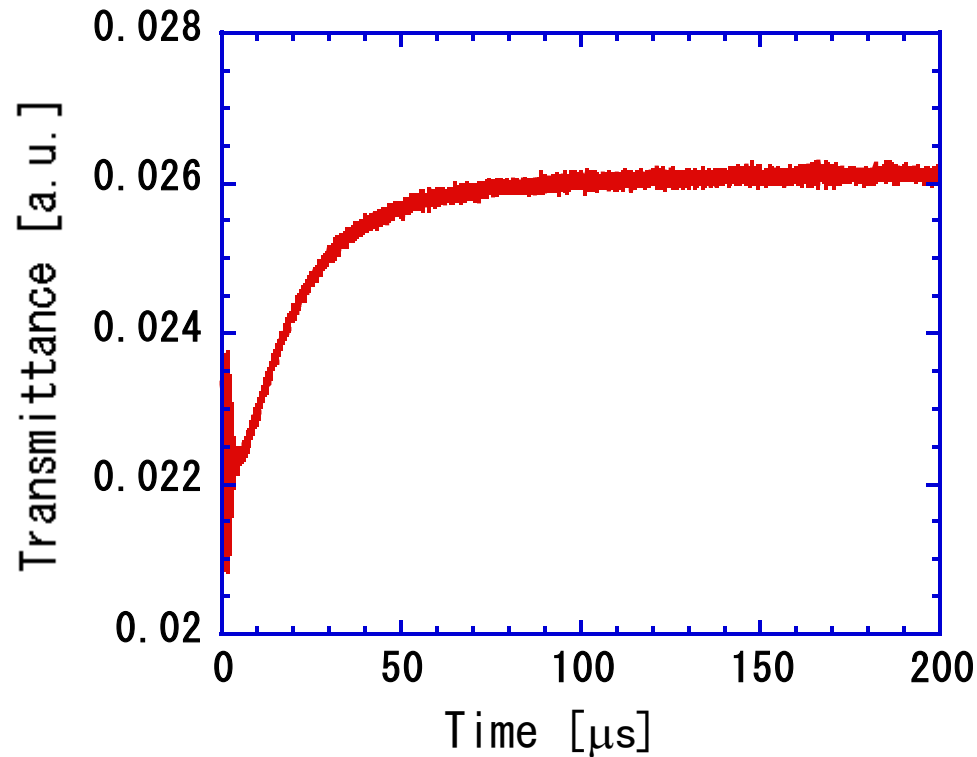
RF power 1 kW

Pressure 0.1 Pa

FWHM 1.1 GHz

Temperature 540 K

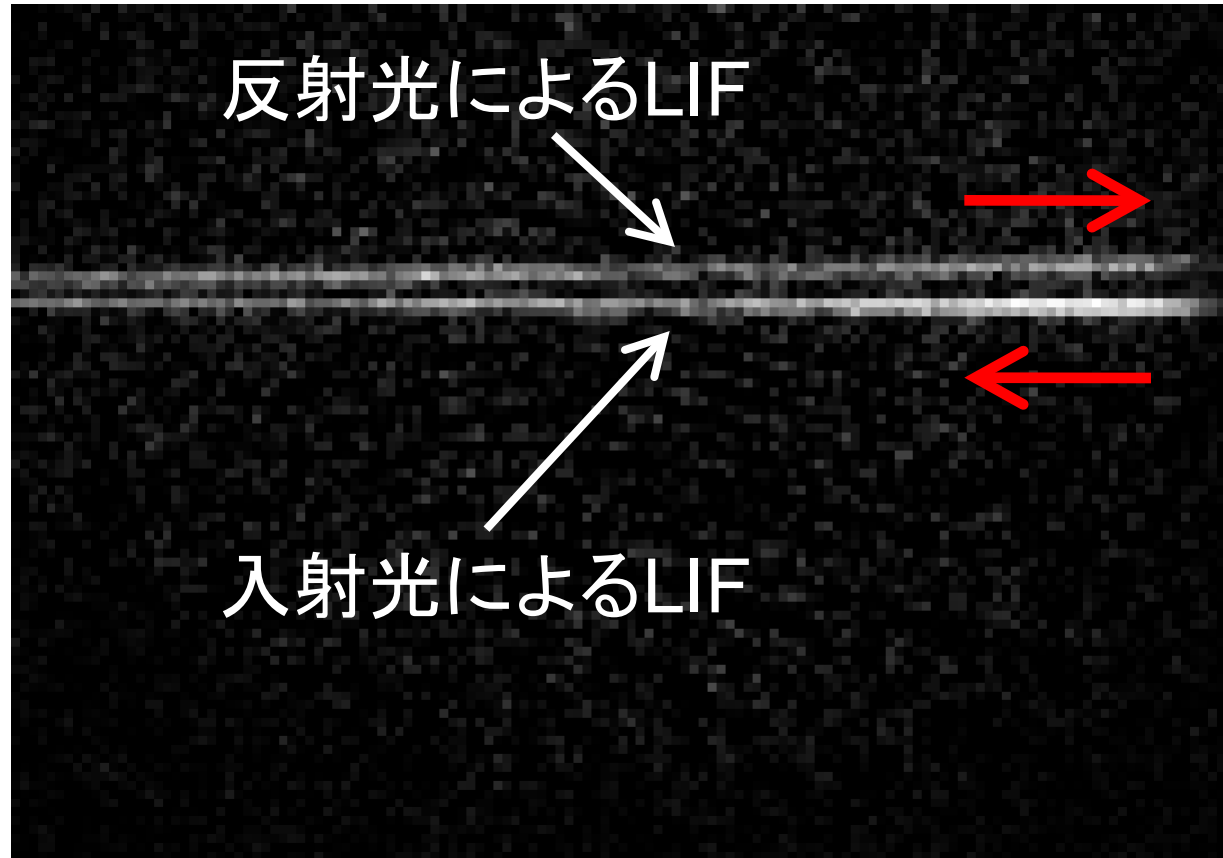
# 透過光強度の時間変化



- 透過光強度の時間変化から電子密度を推定する方法の開発
- 今年度、論文発表予定



# 1次元LIF測定



- 1次元LIFの観測に成功
- 準安定原子の密度・温度分布を得るにはS/Nが不足

# まとめ

## ■ 当初の目的は達成された

- 波長可変半導体レーザーを用いた分光システムを構築し、共同研究のテーマを開拓することが出来た。
- 先方にはCWレーザー分光技術がないため、先方にとっても非常に利益のある派遣となった。

## ■ 派遣終了後の状況

- ルール大学の資金で、日本側の博士課程学生が召還され、プラズマ診断技術の交流を行った。また、ドイツ側の博士課程学生が名大を訪れ、ECDL作製技術を習得した。

## ■ 今後の課題

- レーザー吸収分光を応用した、電子密度測定法の論文発表。
- 継続的に共同研究を進めるための資金確保。