

月レーザー測距のための月面光トラン スポンダ用小型レーザーの開発

通信総合研究所電磁波計測部門

精密測位技術G

國森裕生、雨谷純、吉野泰造



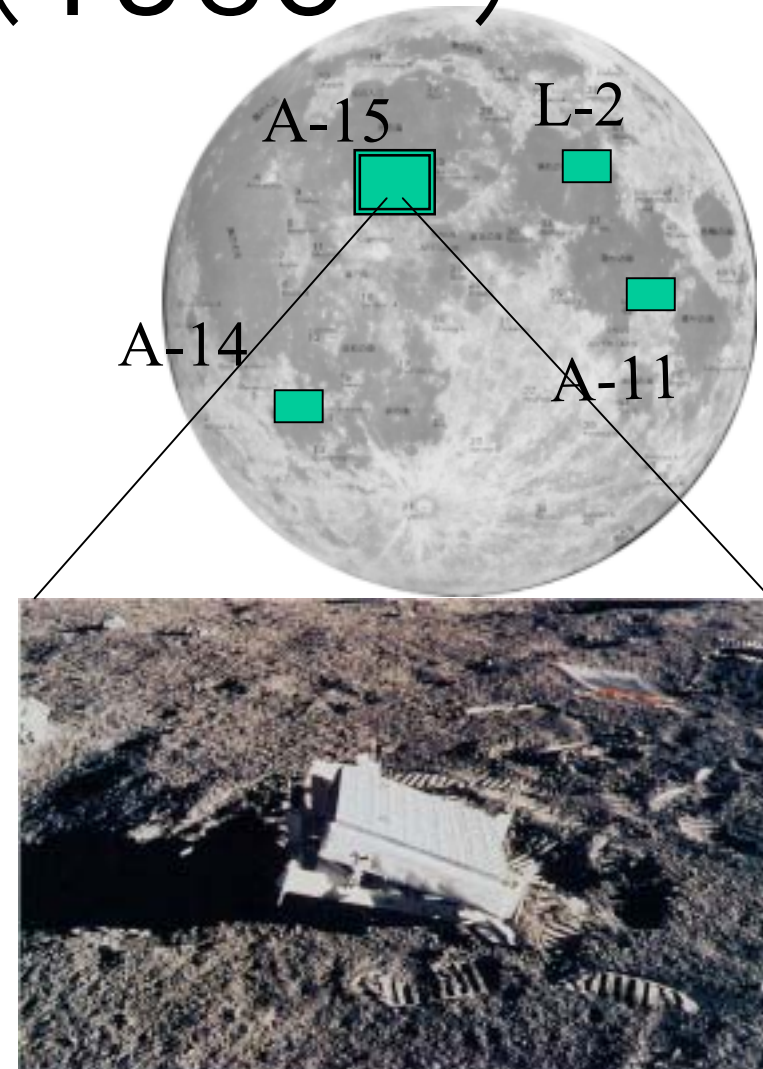
目的

SELENE-B で立証する技 術	エ ン ジ ニ ア リ ン グ	トランスポンダ方式による超遠距離測距方 式の宇宙実証 @D=37万km
SELENE-B 以降の宇宙計 画でめざすも の	エ ン ジ ニ ア リ ン グ	深宇宙ミッションにおける高精度測距サブシ ステム@D<~10 ⁸ km
	サ イ エ ン ス	能動型月レーザ測距システムによる月軌道 の高頻度・高精度観測——>相対論効果 の検証

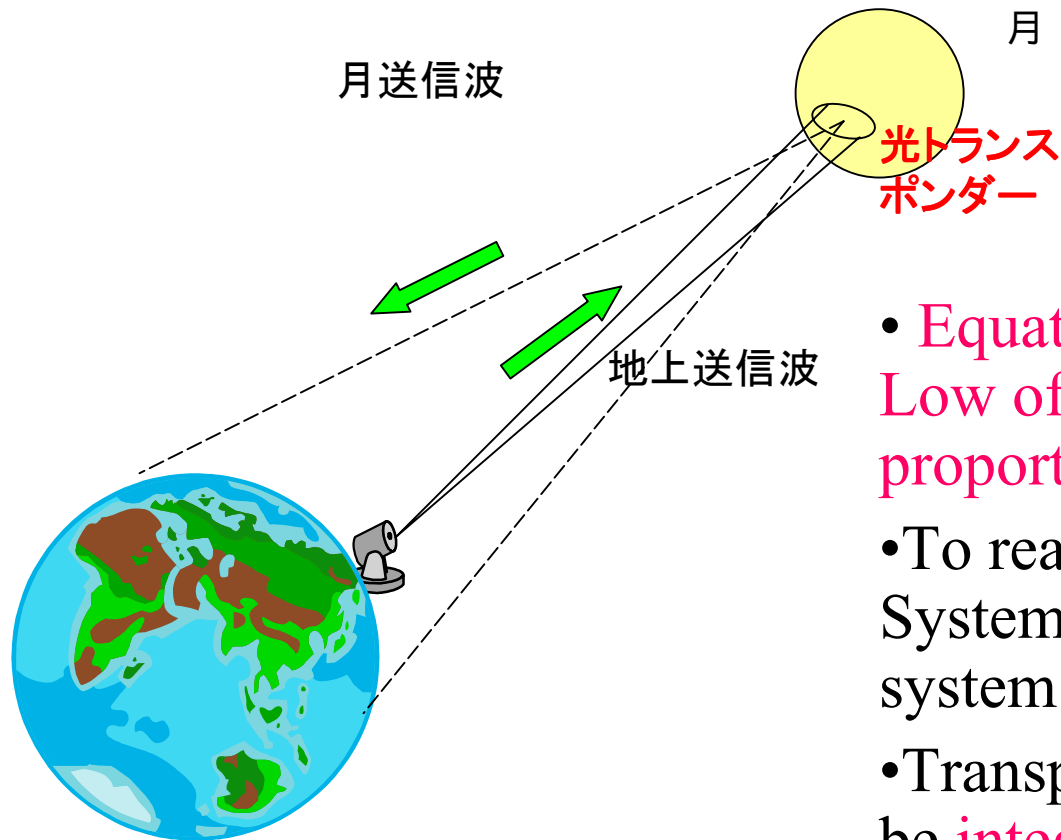


月レーザー測距(1960ー)

- 月の精密軌道/暦
 - 相対論効果の計測基準座標系の結合(電波座標と惑星系)
- 地球回転UT1観測
- 月の秤動観測
- 受動型のため長寿命であるが、信号は $1/R^4$ に減衰
- 定常的にLLR観測を実施できるのは世界でも2-3局



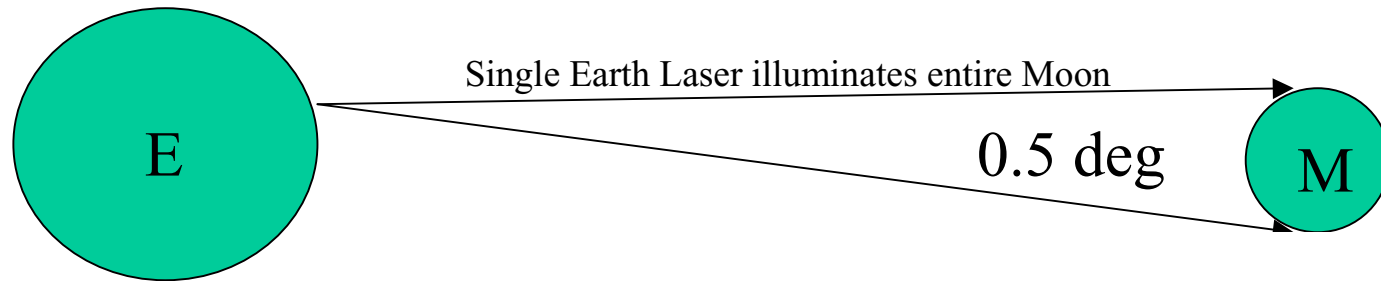
能動型月レーザー測距



- Equation released from Low of Inverse proportional to R^4
- To realize a Minimum System-Size of ranging system
- Transponder capability to be integrated use of Optical communication system

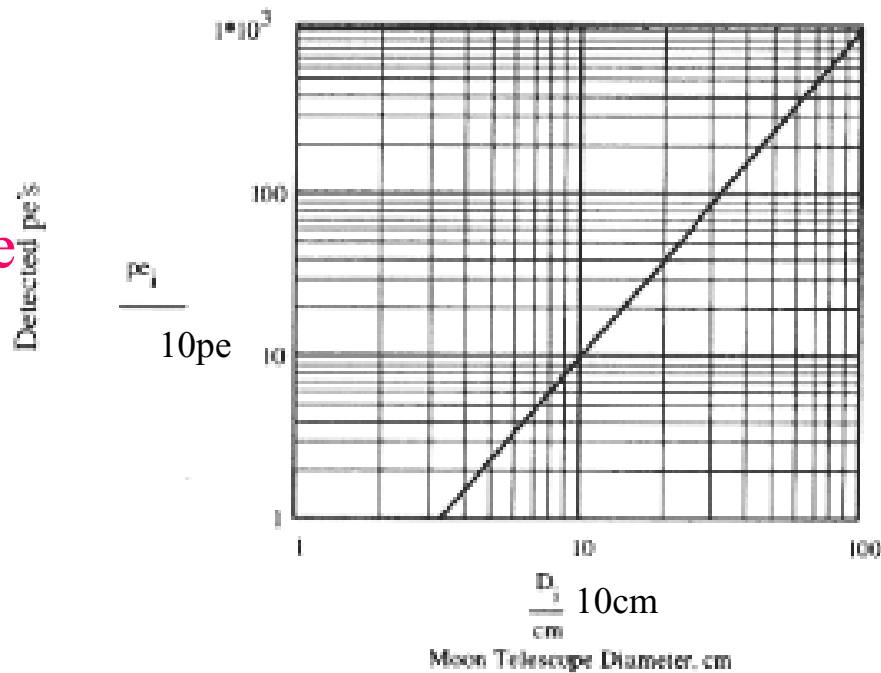
月レーザー測距のための月面光トランス
ポンダ用小型レーザーの開発

リンク解析 :Review(1)



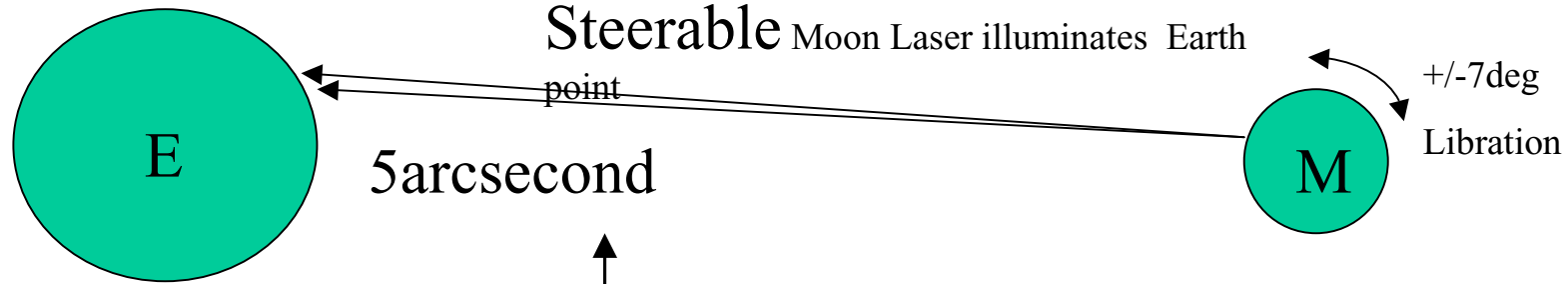
Detected Pe's
w.r.t Moon Telescope
Diameter

LaserEnergy: 20mJ



月レーザー測距のための月面光トランス
 ポンダ用小型レーザーの開発

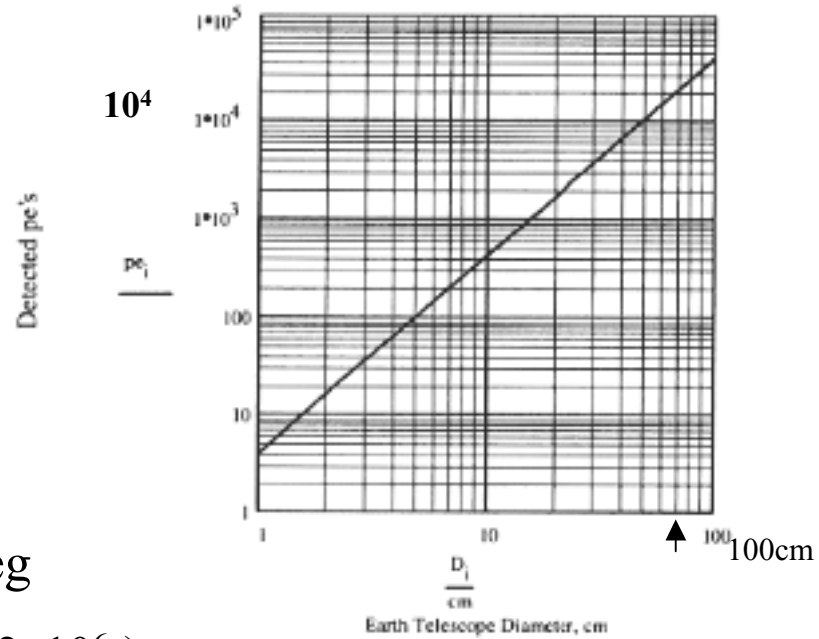
リンク解析 :Review(2)



Detected Pe's on Earth
 w.r.t Earth Telescope
 Diameter

LaserEnergy: 150uJ

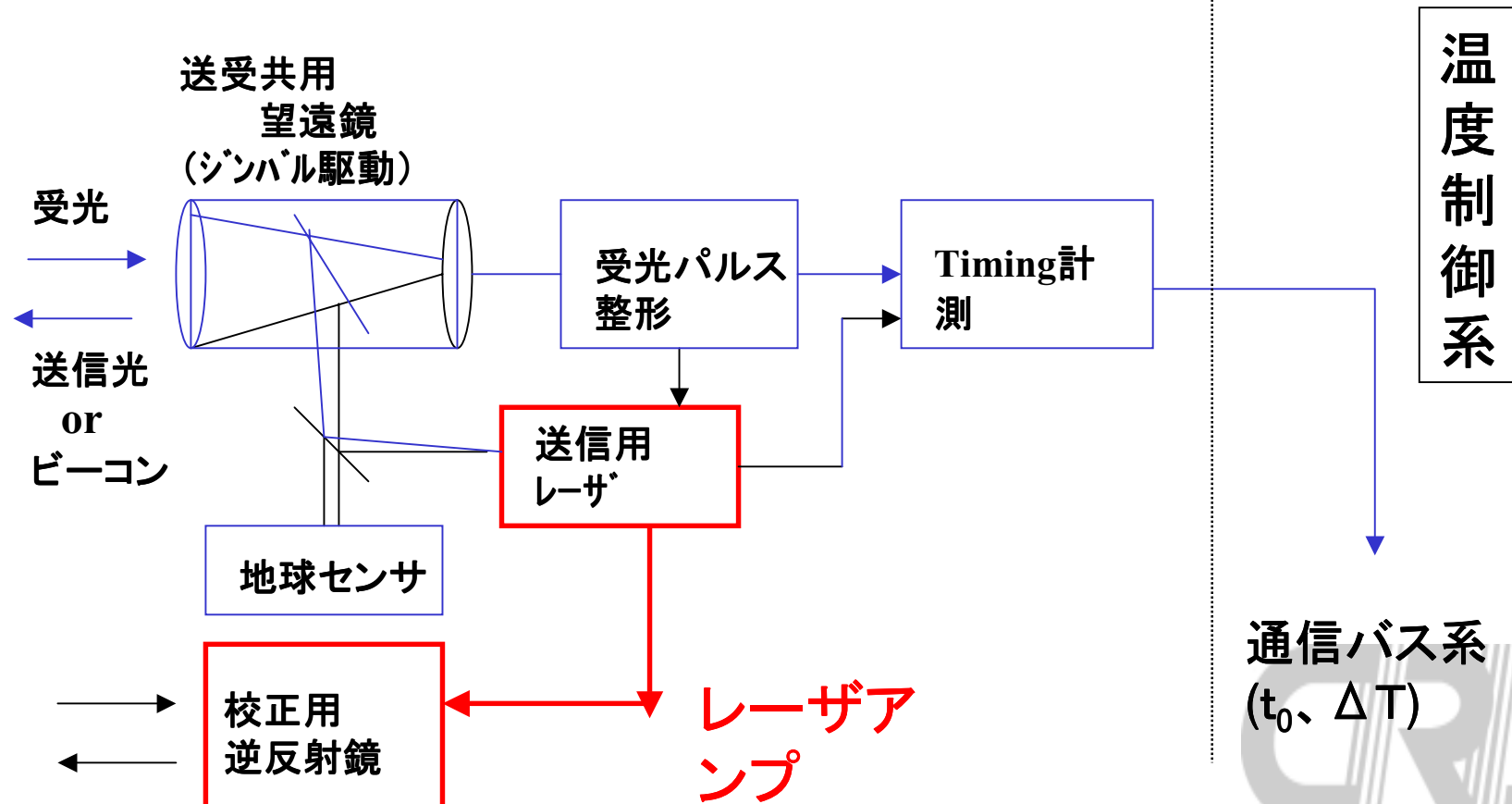
2deg



トランスポンダ方式月測距サブシステム

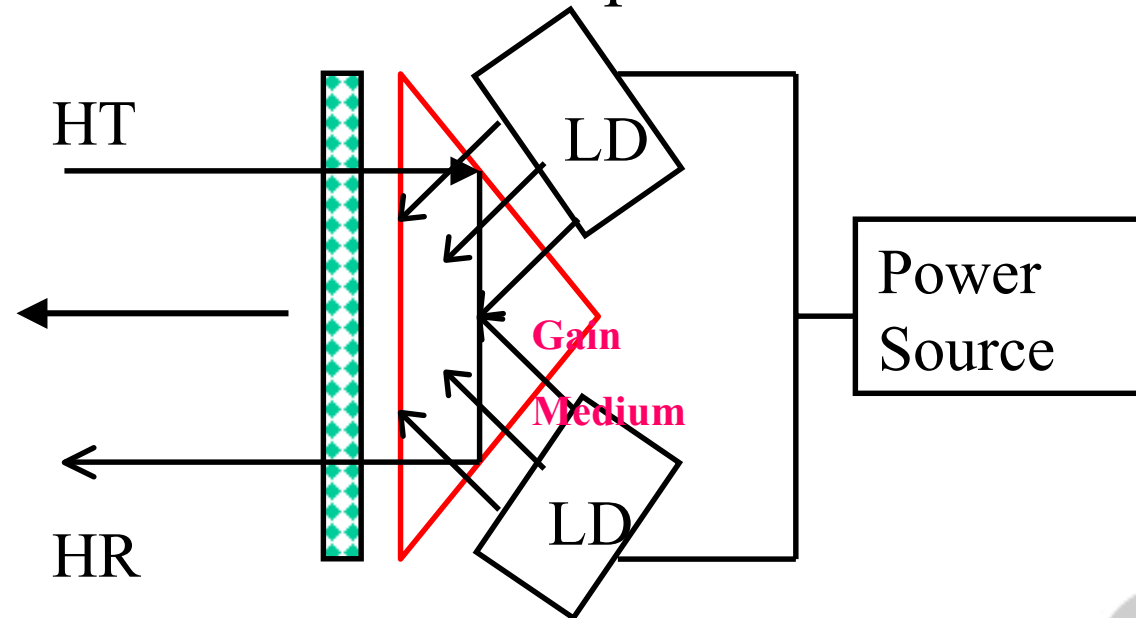
— CONVENTIONAL 光トランスポンダ —

 小型化のためのシステム概念



能動型逆反射レーザ(アンプ) 原理

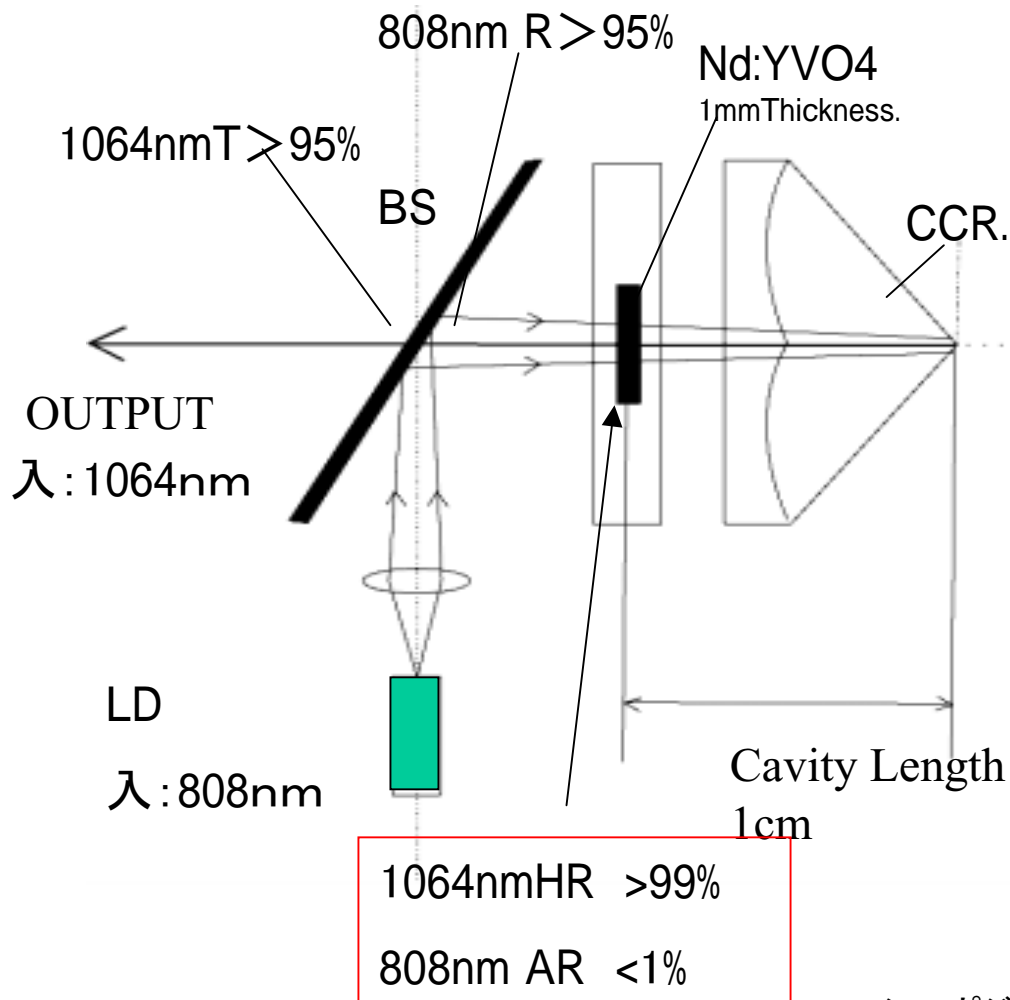
- Solid CCR as Laser Amplifier



Solid CCR as Laser Transmitter



CCR オシレーター using Microchip



-Testing step for Amplifier-

Threshold of Pumping Energy P_{th}

$$P_{th} = Lc h \nu_p \pi (w_1^2 + w_2^2) / 2 (2\sigma_1 \tau_1 \eta_a)$$

w_1, w_2 : Beam Size Radius 0.04 cm

Lc: Two way Loss 0.136

$h \nu_p$: Photon energy $2.45e^{-19}$ J for pumping λ

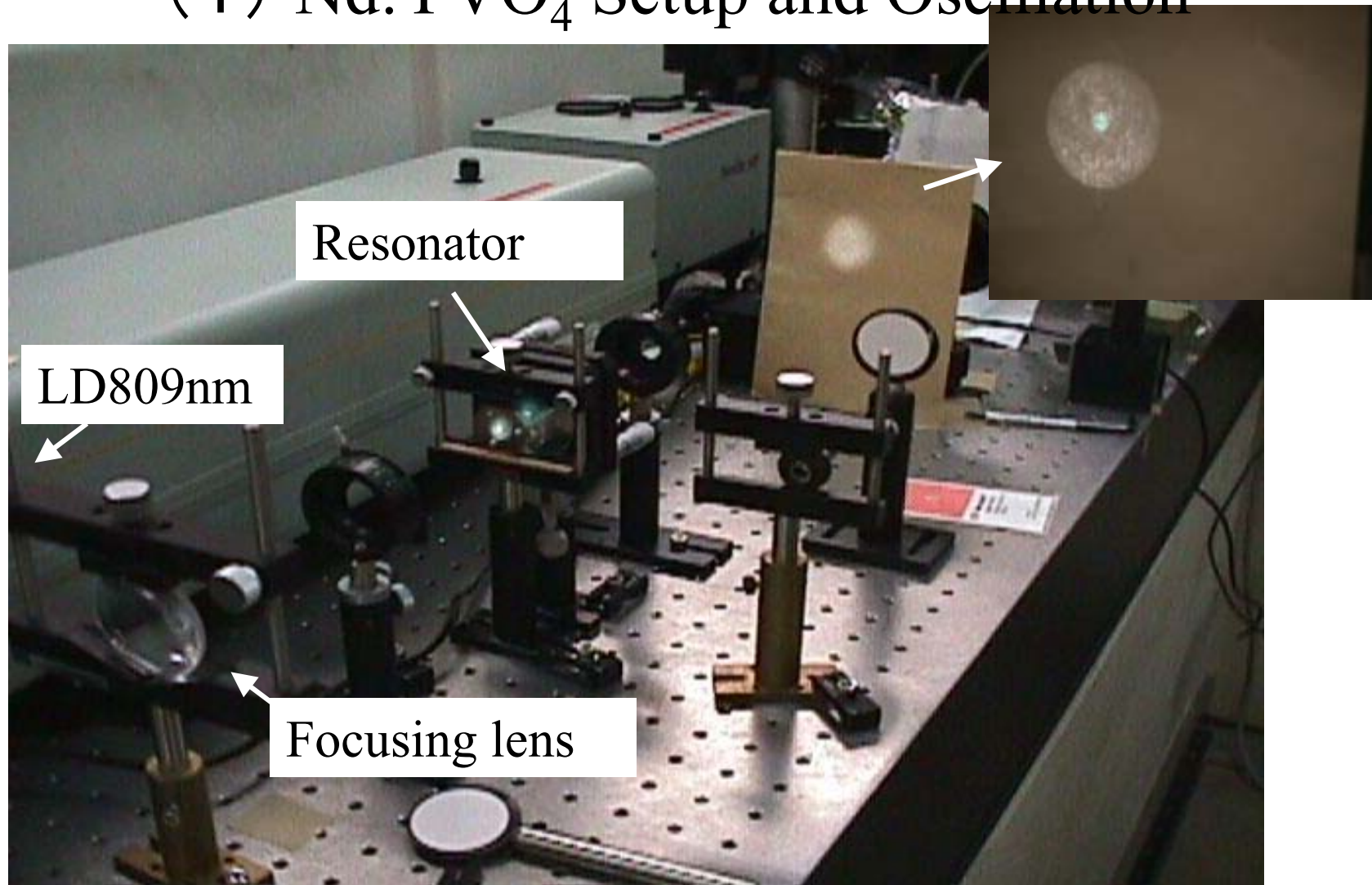
σ_1 : Stimulated Emission cross section $20e^{-19}$ cm²

τ_1 : Life time of fluorescence $90e^{-6}$ s

η_a : Efficiency of absorption in laser medium 0.904

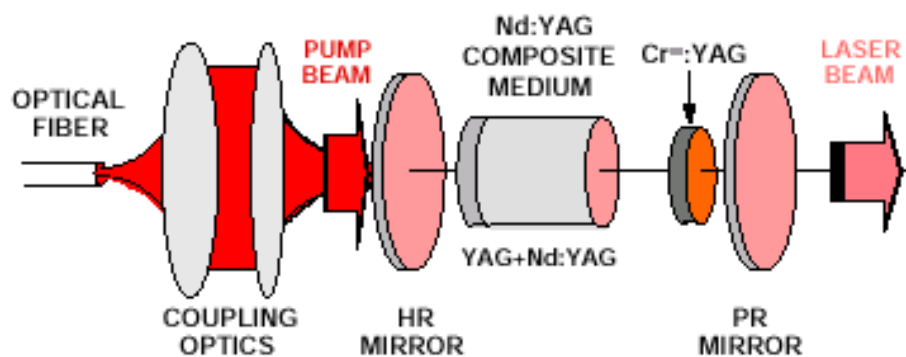
スレッシュホールド P_{th} = 0.42W

試作中のCCR方式CavityによるMicrochip (1) Nd:YVO₄ Setup and Oscillation

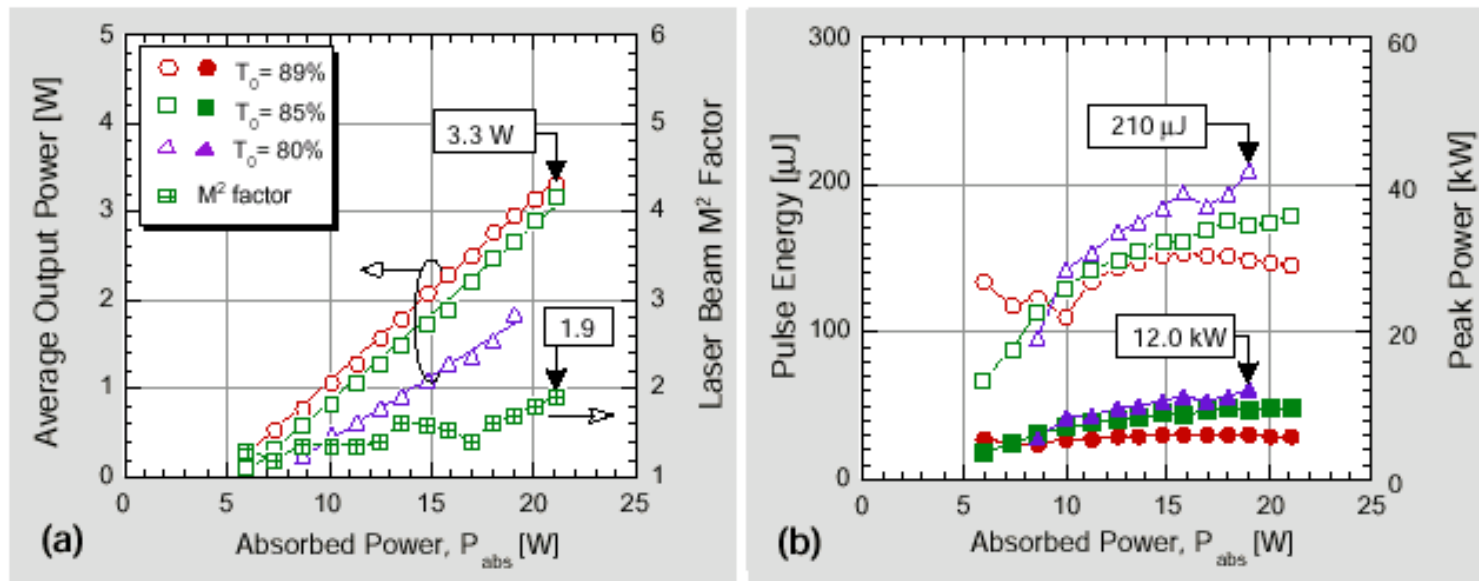


試作中の短パルス μ チップレーザ(2)

構成: 設計実験 分子科学研究所 / 製作 浜松ホトニクス



試作中のNd:YAG/Cr:YAG Q-sw μ チップレーザ出力特性(受動Q-sw)



励起パワーVS平均
出力パワーとM2

励起パワーVS.パルスエ
ネルギーとピークパワー

月レーザー測距のための月面光トランス
ポンダ用小型レーザーの開発

まとめ 試作 μ チップレーザー仕様

	地上局Version実現値	宇宙用プロトタイプ 目標値
波長	1064nm	1064nm
繰り返し	100 (jitter ~ μ sec)	(システム設定による) (jitter ~ n sec)
パルスエネルギー	320 μ J	同左
パルス幅	2.0ns	200ps
横モード特性	TEM ₀₀ (M ² :1.3)	M ² < 1.2
環境温度	15-35 degC	-60-150 degC
電力	60W	レーザー部分20W以下 + 温調TBD
重量	光学部分 ~0.3kg 治具・ケース ~3kg LD電源、冷却電源 ~5kg	レーザーおよび電源3kg + 温調用重量TBD

方向制御の組み込み