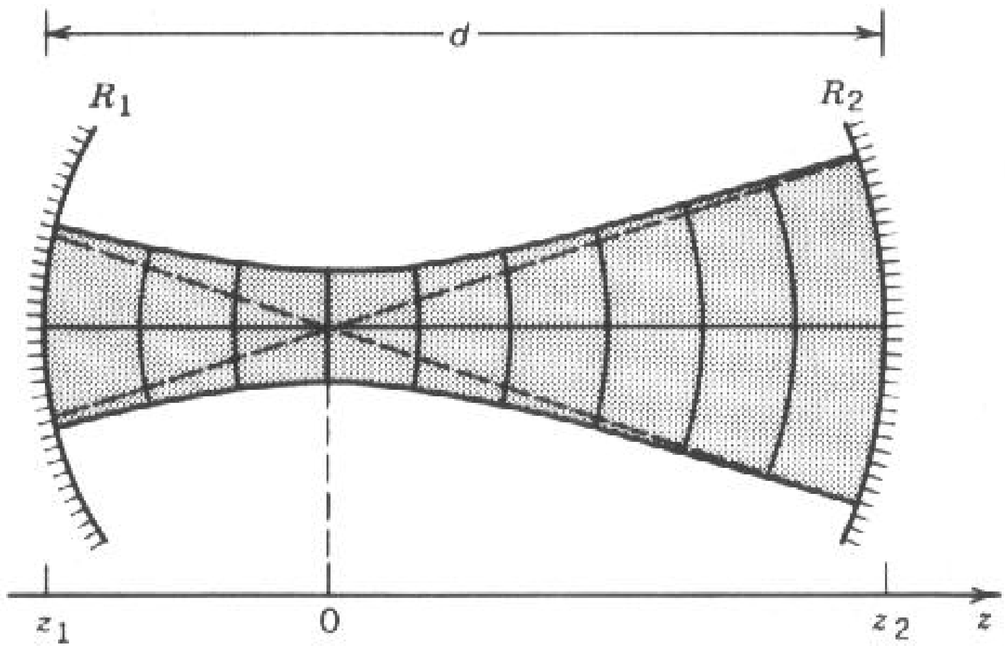
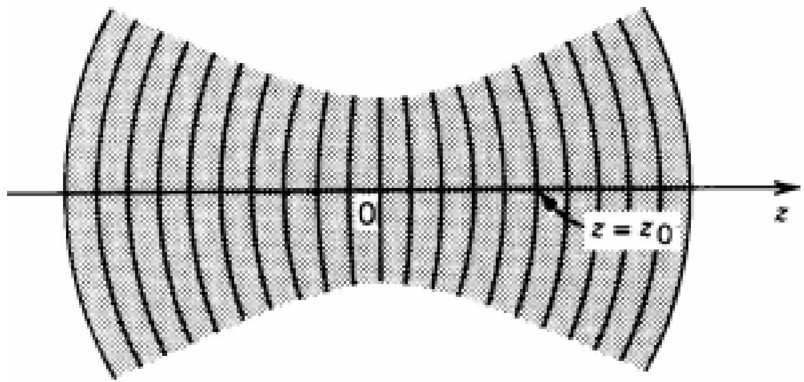
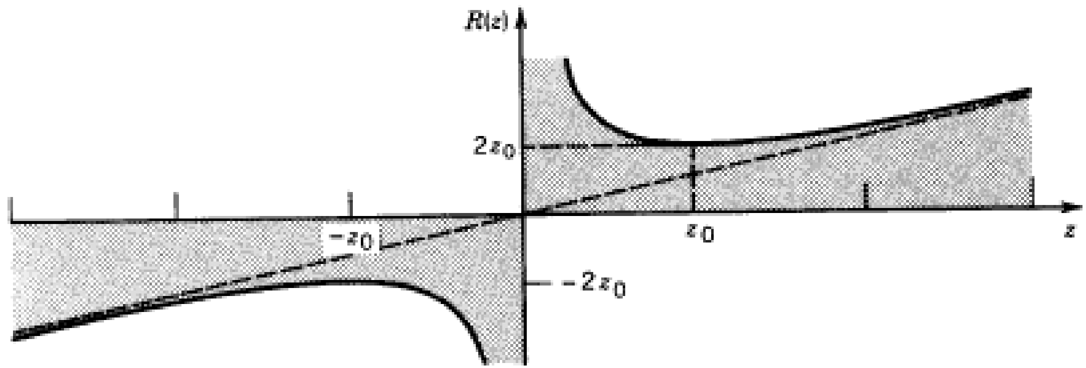
ガウスビームを閉じ込めるには？



鏡の位置での波面の曲率と
鏡の曲率が一致すればよい

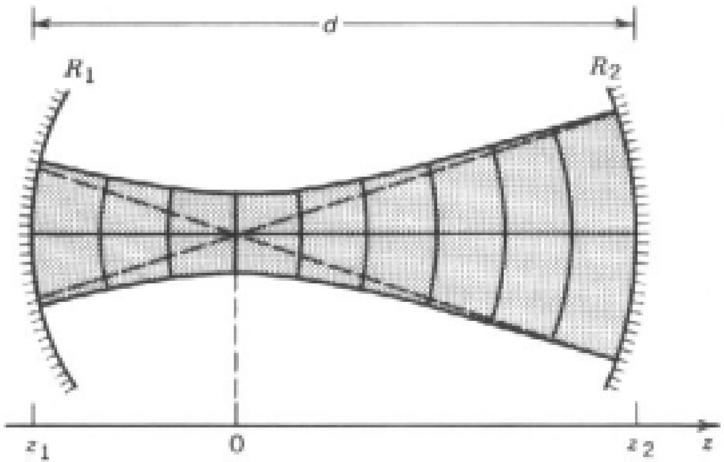
(復習) ガウシアンビームの曲率





$$R(z) \equiv z\left[1+\left(\frac{z_0}{z}\right)^2\right] \xrightarrow{z \gg z_0} z$$

安定条件を求める



$$R_1 = z_1 + \frac{z_0^2}{z_1}, \quad -R_2 = z_2 + \frac{z_0^2}{z_2}$$

(凹 (凸) 面鏡ならR<0 (>0) と定義)

$$z_2 = z_1 + d$$

これらの式より、

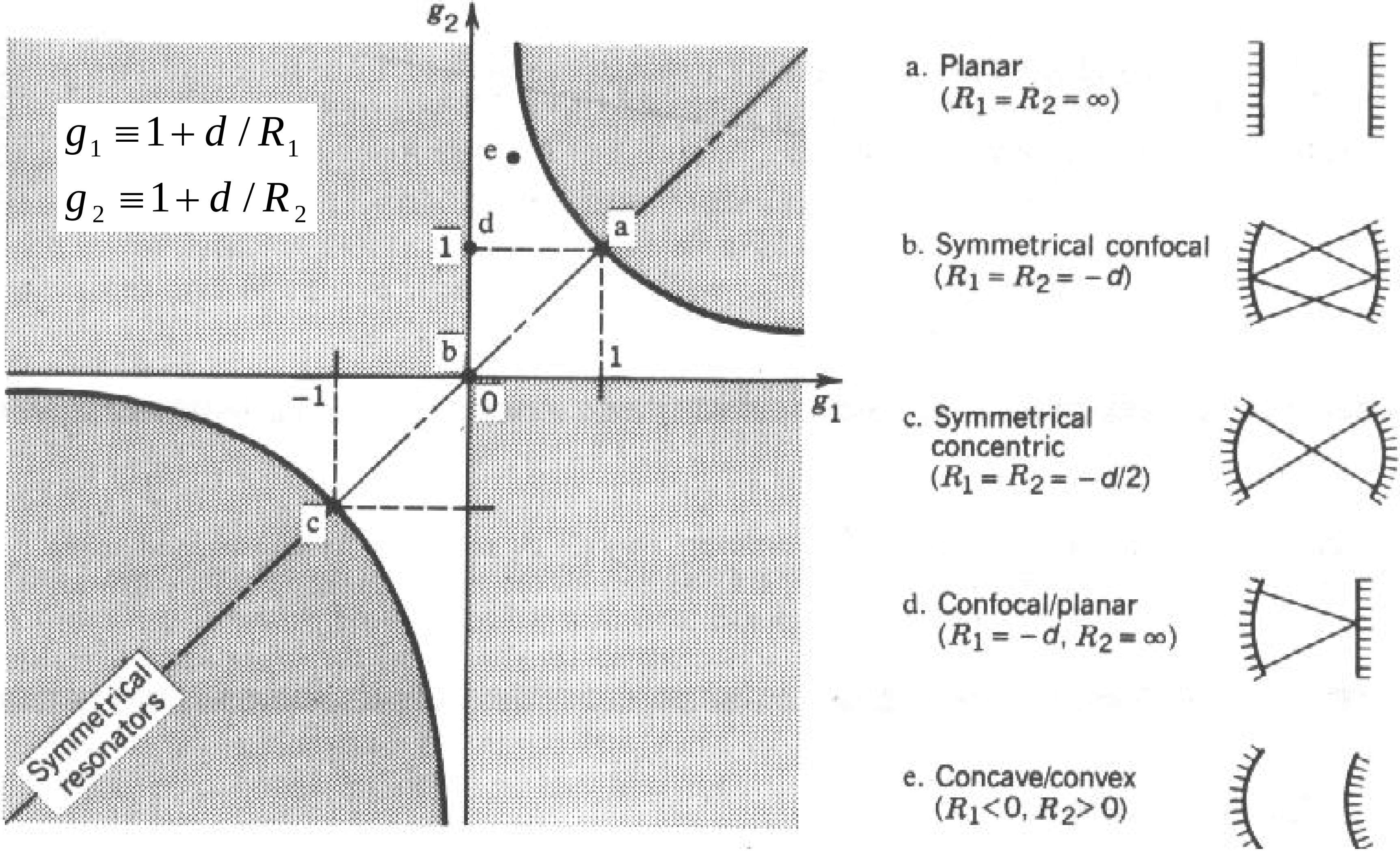
$$z_0^2 = -\frac{d(R_1 + d)(R_2 + d)(R_1 + R_2 + d)}{(R_1 + R_2 + 2d)^2}$$

$z_0^2 > 0$ であるためには、 $0 \leq \left(1 + \frac{d}{R_1}\right)\left(1 + \frac{d}{R_2}\right) \leq 1$

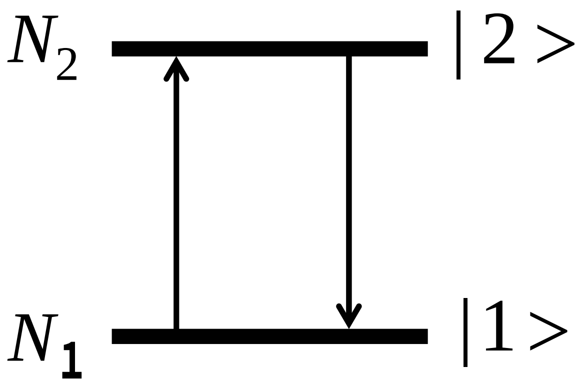
共振器の安定条件

$$g_1 \equiv 1 + d / R_1$$

$$g_2 \equiv 1 + d / R_2$$



レーザーによる光の増幅



吸収断面積と誘導放出断面積は等しい
(アインシュタインのB係数)

$$\sigma(\delta) \equiv \sigma_0 \frac{\gamma^2}{\delta^2 + (1 + s_0)\gamma^2}$$

吸収 (増幅) 係数

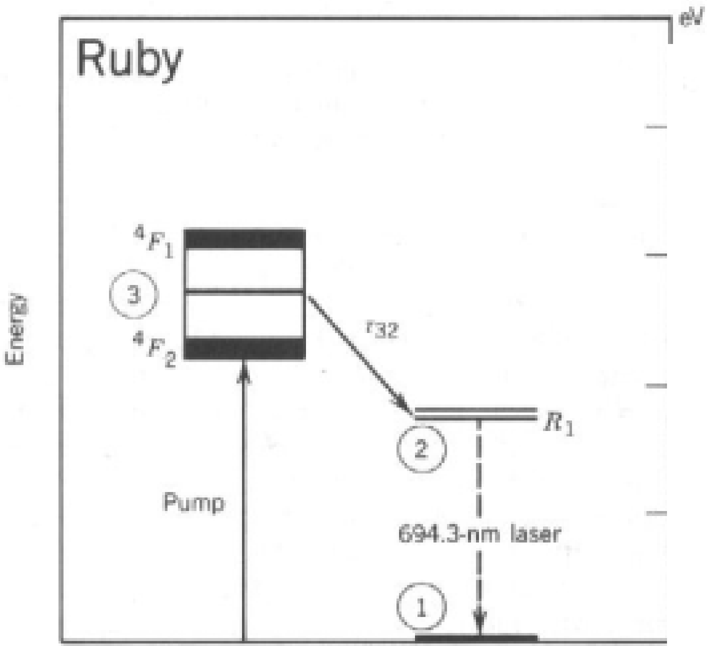
反転分布

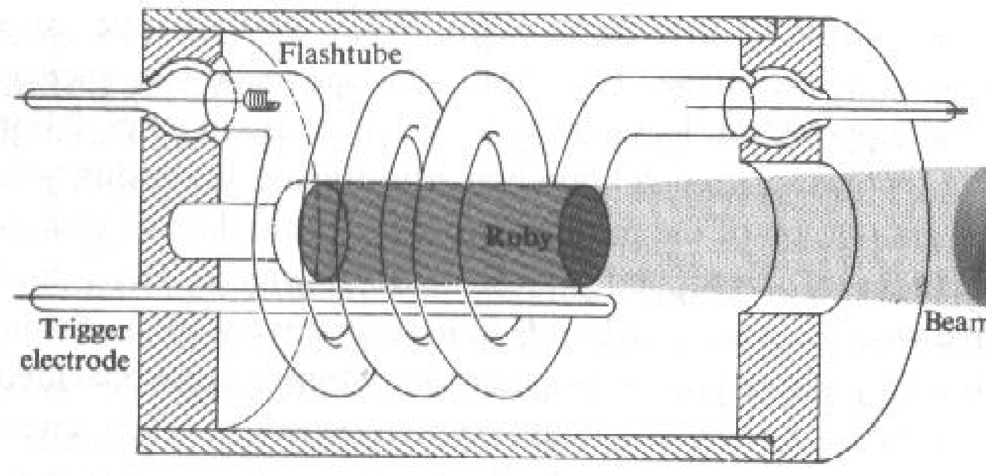
$$-N_1\sigma(\delta) + N_2\sigma(\delta) = (N_2 - N_1)\sigma(\delta)$$

$N_2 > N_1$ ：増幅

$N_2 < N_1$ ：減衰

# 世界最初のレーザー
Maiman(1960)





(a)

レーザー（メーザー）の特性

コヒーレントである
（媒質が持つ周波数幅より狭い電磁波を発生する）

（タウンズ（メーザーの発明者）の自伝より）
ボーアの反応
「そんなことは不可能だ！」
→（説得後）「ああそうか、多分君の言うとおりだろう」

フォン・ノイマンの反応
「そんなはずはない！」
→（15分後）「分かった、君の言うとおりだ」

彼らの判断の根拠はエネルギーと時間の不確定性原理

メーザー開発のエピソードが物語っていること

- レーザーの原理は量子力学の基本（誘導放出）だが、30年間誰も実現しようと思わなかった
  →意外と眠っている素晴らしいアイデアがある
  （ファインマン曰く、素晴らしいアイデアかどうかは「僕がそれに気がつくんだった」と言うかでわかる）

- ボーア、フォンノイマンといった量子力学の大御所が、レーザーの特性を直感的に理解できない。
  →偉い先生の言っていることを信用してはならない