

広大ビーム研におけるこれまでのS ADの利用例

広島大学

理学部 物理科学科

深田恭平

広大ビーム物理学研究室

- 荷電粒子ビームの基礎物性の研究
- SADと関係深い

ビームを冷却 → クーロン結晶化
(クリスタル

ビーム)

クリスタルビームを回そう

SADの利用

- ビーム冷却シミュレーション（現在はMDに移行；MDコードは自作）
- 他のコード（たとえばMDコード）で使うモデルリングの初期設計
- ラティス関数の計算や基本パラメータ（チューンなど）のマッチング
- 特定条件下での粒子軌道トラッキング（たとえば、金田の発表）

すごい計算はしていないが、非常に役立っている！

進行中のSAD計算の一例

- 衝突型クリスタルビームに関する予備計算.

- ・ クリスタルビームはエミッタンスが小さいので衝突型に適している（ルミノシティ考慮）

- ・ しかしビーム・ビームチューンシフトも考慮すると高エネルギーであることが要求される

衝突型クリスタルビーム補足

ルミノシティ

$$L = \frac{kfN_1N_2}{4\pi a^2} \quad \left(\begin{array}{l} kf: \text{バンチ数, 一秒辺りの衝突回数} \\ N_{12}: \text{バンチ辺りの粒子数} \end{array} \right)$$

$$a = \sqrt{\epsilon\beta}$$

対向してくるビームの電磁場によるチューンシフト

$$\Delta\omega_{bb} = \frac{-N_B r_{200} (1 - \beta\beta^*)}{4\pi\beta\gamma^2 a} \quad \left(\begin{array}{l} N_B: \text{一周辺りの衝突回数} \\ \text{衝突点でのベータatron振幅} \end{array} \right)$$

クリスタルビームの安定性

クリスタルビームの安定性に必要ラティスの条件

$\gamma_{TT}(\omega)$; トランジションエネルギー

γ_t はラティスのみにより決まる。

$$\max_x \left(\nu_{xy,sp} \right) < \frac{N_{sp}}{2\sqrt{N}} \quad (N \text{ 超周期数})$$

低温ビームの安定条件。

クリスタルビームの安定性

- トランジッションエネルギー

$$\frac{110}{\gamma_t^2} = \frac{N}{C_s} \int \frac{D_s}{(\quad)} ds C_s \quad (\text{周長, } \rho: \text{曲率半径})$$

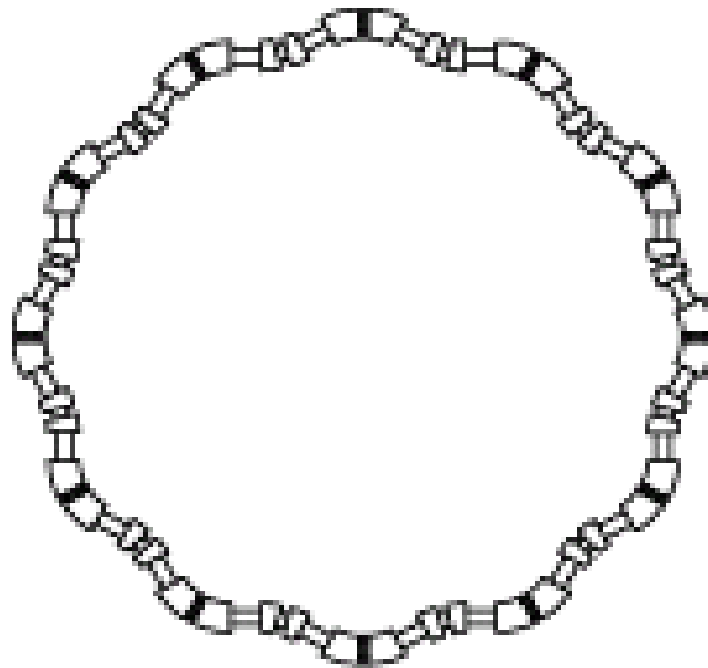
ラティスを工夫してやることで
大きな γ_t を持つリングが可能！

衝突型クリスタルビーム

- ・ クーロン結晶の生成シミュレーション自体は自作のMDcodeで行う
- ・ SADはMD計算に用いるモデルリングのラティス設計に主として利用. チューンその他の最適化などにもSADを使う

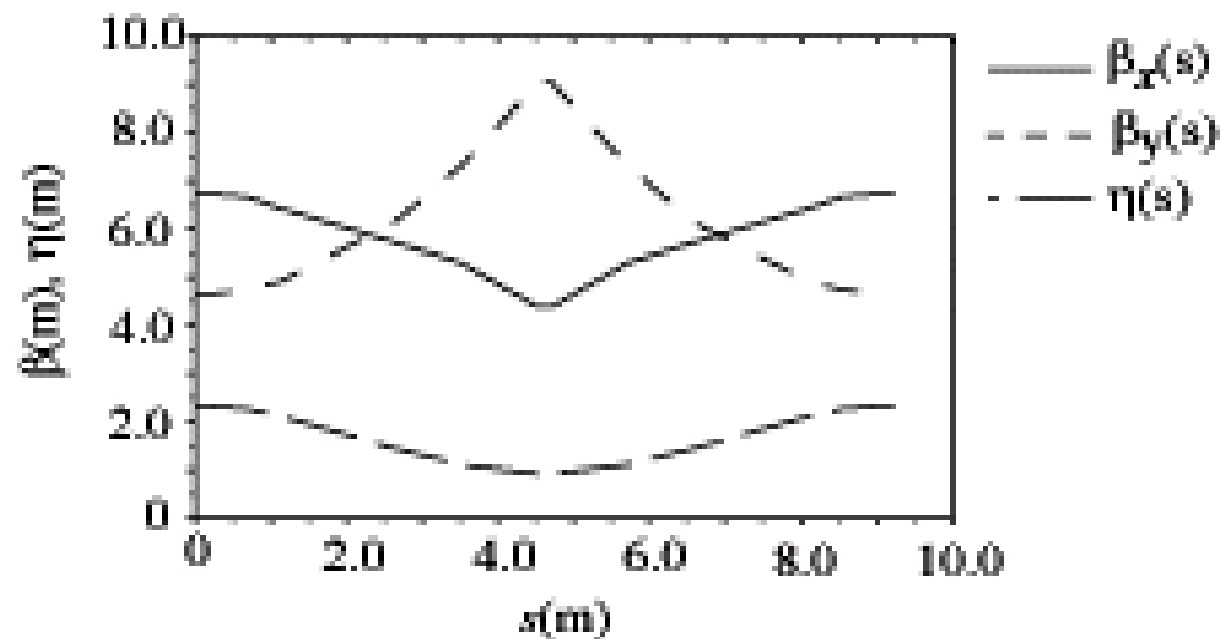
モデルリング

12階対称



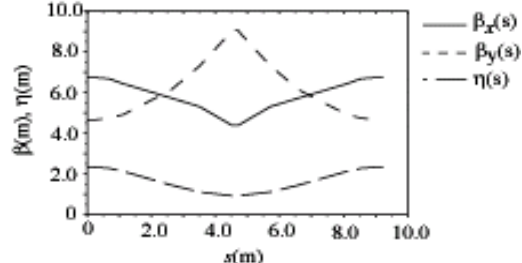
クーロン結晶の安定性を確保するための
条件を満たしたラティスを組む。
(High symmetry, low phase advance, etc.)

ラテイス関数



クーロン結晶の生成条件より、
Transition gammaを大きく設定.

モデルリングパラメータ

Lattice Type	prd12 type
Ion species	$^{24}\text{Mg}^+$
Ring circumference	110.88m
Lattice superperiodicity N_{sp}	12
Bending radius ρ_{BM}	$\pm 3.287922\text{m}$
Transition gamma γ_T	114 (2.5 TeV)
Betatron tune (ν_x, ν_y)	(3.09, 2.99)
Lattice Function per Period	

要望

- 詳しいマニュアルが欲しい！
現状では，学外の素人が手軽に
使えない，使いこなせない.
- クーロン相互作用の導入
たとえば，精度の高いPIC計算機能など
- ビーム冷却ルーチン
たとえば，電子冷却シミュレーションができると
有り難い.