



希土類重い電子系の ミリ波分光

神戸大院自然・岡村英一



希土類重い電子系の物理

R^{3+} (R=Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, ...Tm, Yb)

- f電子の強い電子相関(クーロン相互作用)に由来する多彩な物性
- 伝導(c)電子とf電子の近藤効果を通じた混成
→局在性と遍歴性が環境に応じて変化

- ・ 高濃度近藤効果
- ・ 重い電子の形成
- ・ 異方的超伝導
- ・ 価数揺動
- ・ 近藤半導体

近藤効果を通じたc-f混成

R^{3+} の対f電子

- 局在磁気モーメント

伝導電子(s, p電子)

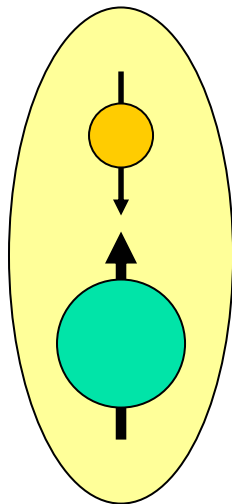
- 幅広い伝導帯

近藤効果

温度降下

$$T \lesssim T_K$$

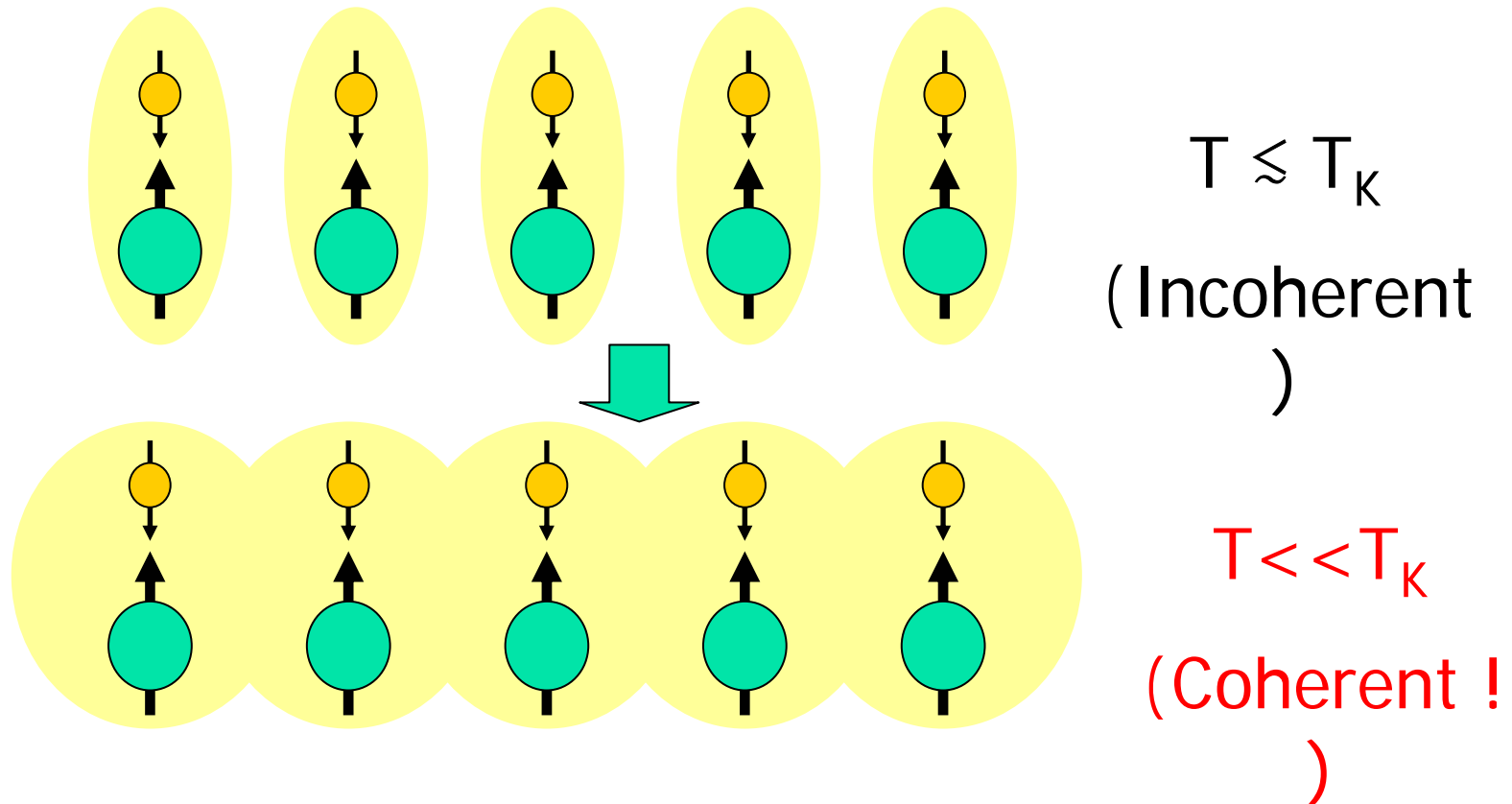
(T_K : 近藤温度)



近藤シングレット形成

- ・ 局在モーメント消失
- ・ $\rho \sim -\log T$
- ・ c-f 混成

R³⁺の格子→「重い電子」形成

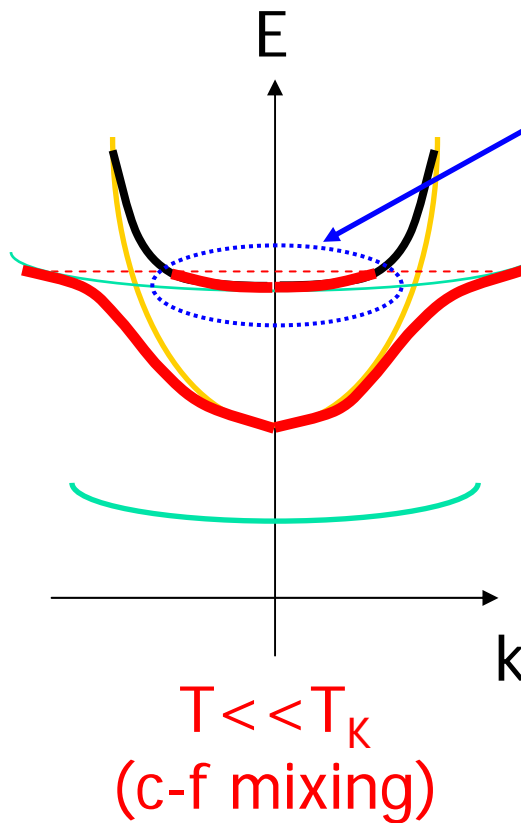
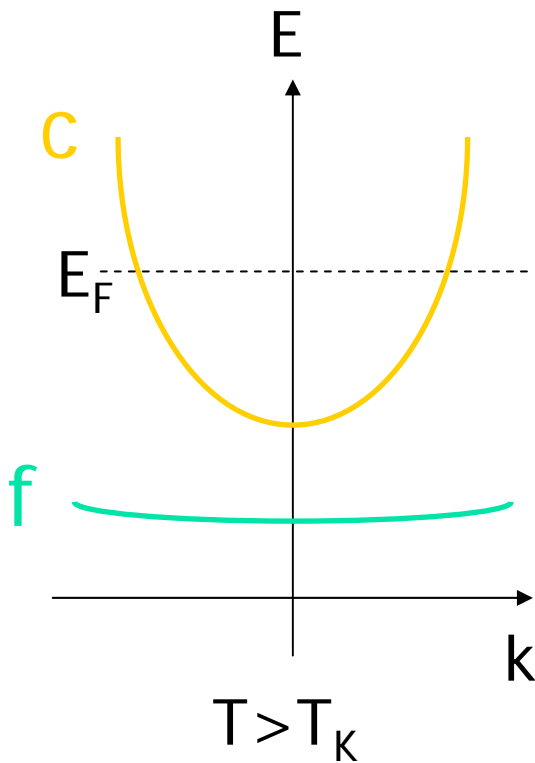


f電子の波動関数に空間的コヒーレンス

→ 重い準粒子バンドの形成

バンド描像による重い電子形成

■ 周期アンダーソンモデルによる理解



狭く平らな
バンド形成
→ 大きな m^*

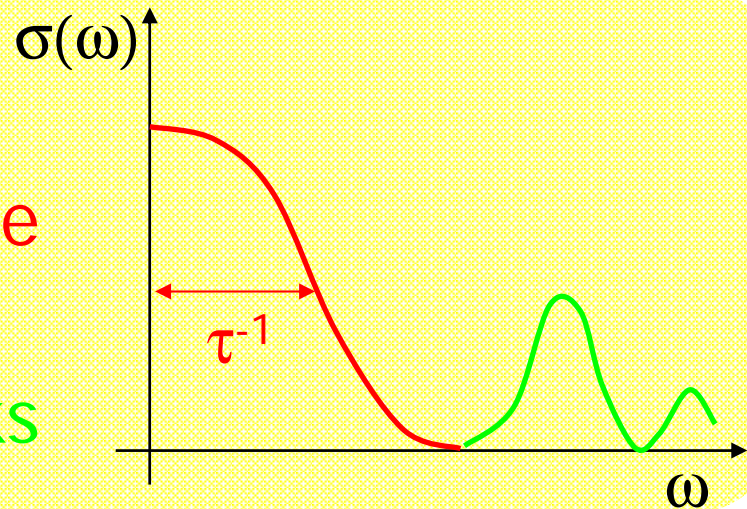
m^* の評価:
比熱、dHvA etc

これをミリ波
で見たい!

Optical Experiments

- $R(\omega)$ from FIR to VUV
- $R(\omega) \rightarrow \sigma(\omega)$ via Kramers-Kronig

- Free carrier dynamics
→ Drude response
- Localized excitations
→ Interband peaks



CePd₃ ($m^* \sim 40$) Webb et al. PRL **57** (1986) 1951

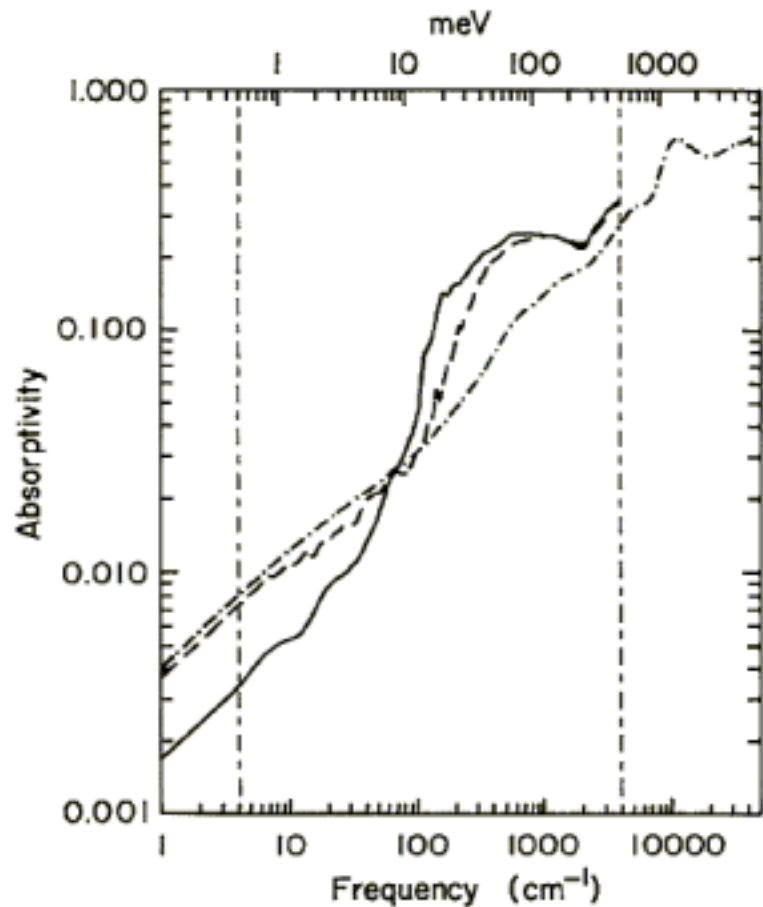


FIG. 1. Normal-incidence absorptivity of CePd₃ vs frequency. The different curves identify different temperatures: 4 K (solid), 75 K (dashed), and 295 K (dot-dashed).

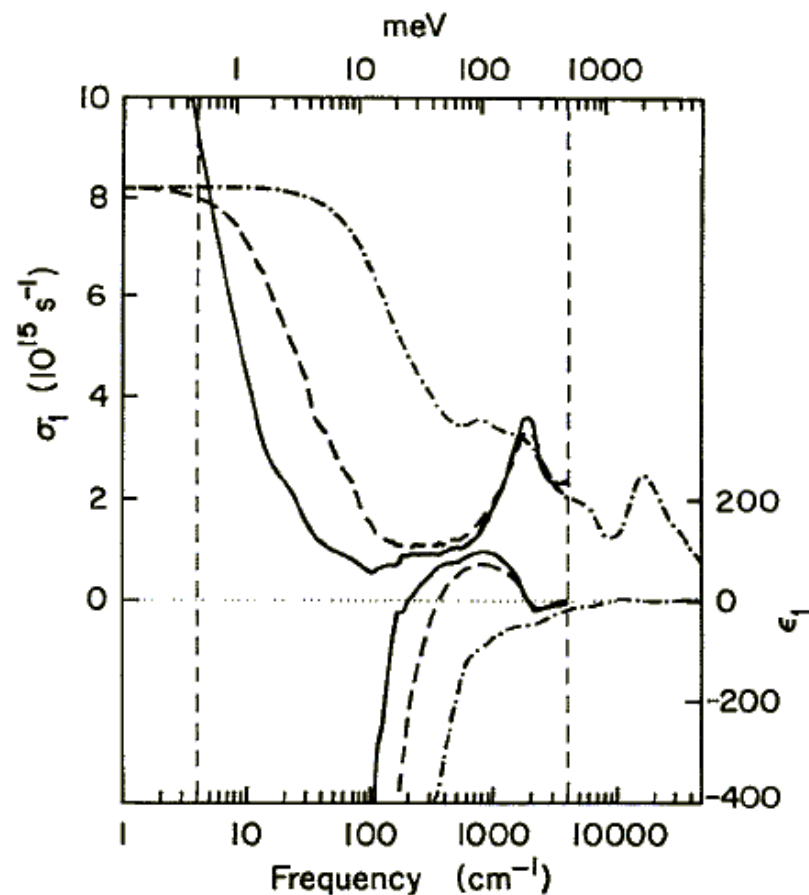
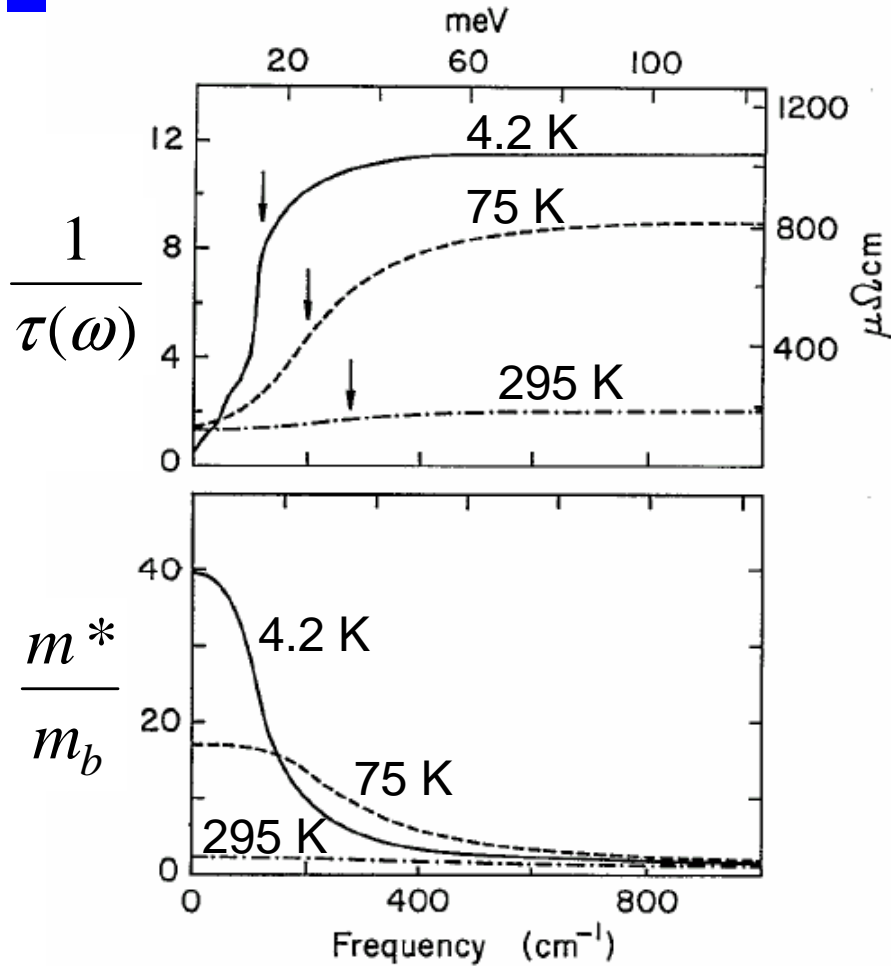


FIG. 2. $\sigma_1(\omega)$ and $\epsilon_1(\omega)$ for CePd₃. The curves identify different temperatures: 4 K (solid), 75 K (dashed), and 295 K (dot-dashed). The zero-frequency limit of $\sigma_1(0)$ is set

Extended Drude on CePd₃

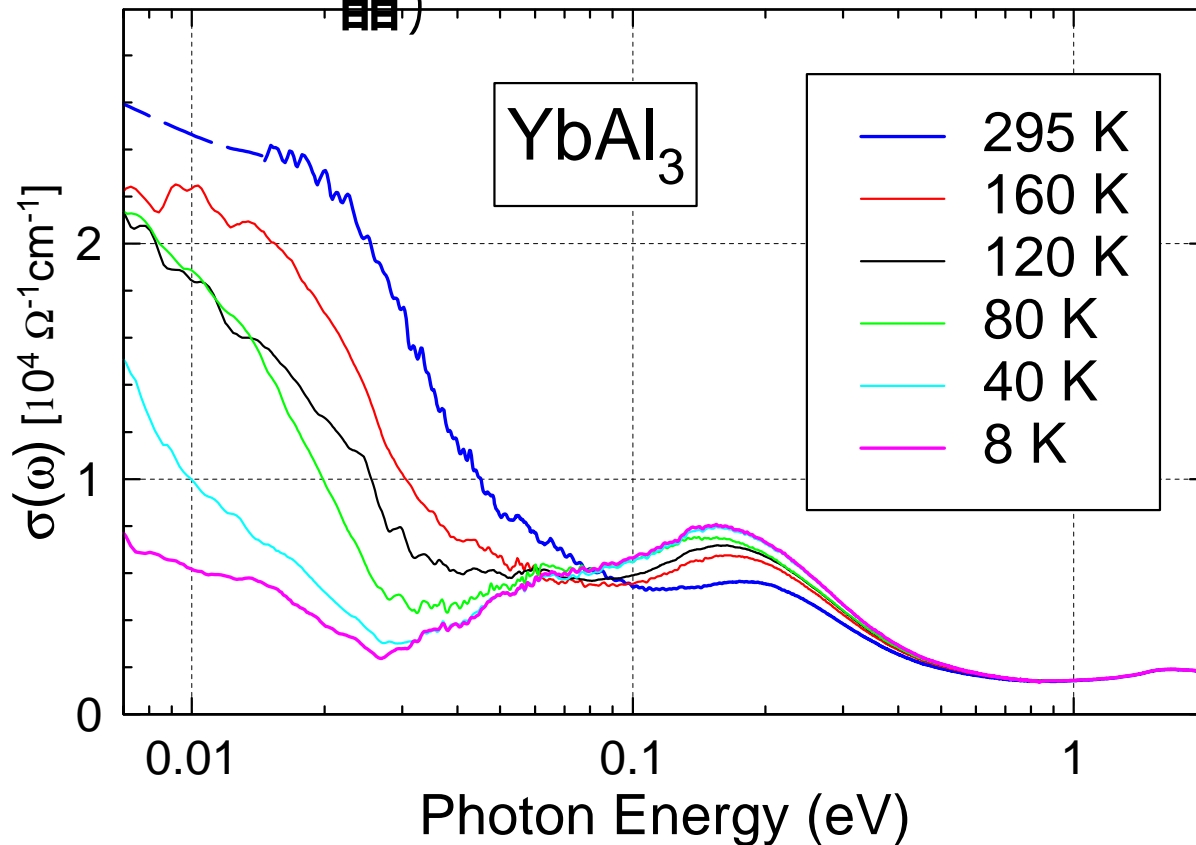


- $\tau \rightarrow \tau(\omega)$
- $m^* \rightarrow m^*(\omega)$

- 重い電子のダイナミクス
- 振動数に依存する緩和率

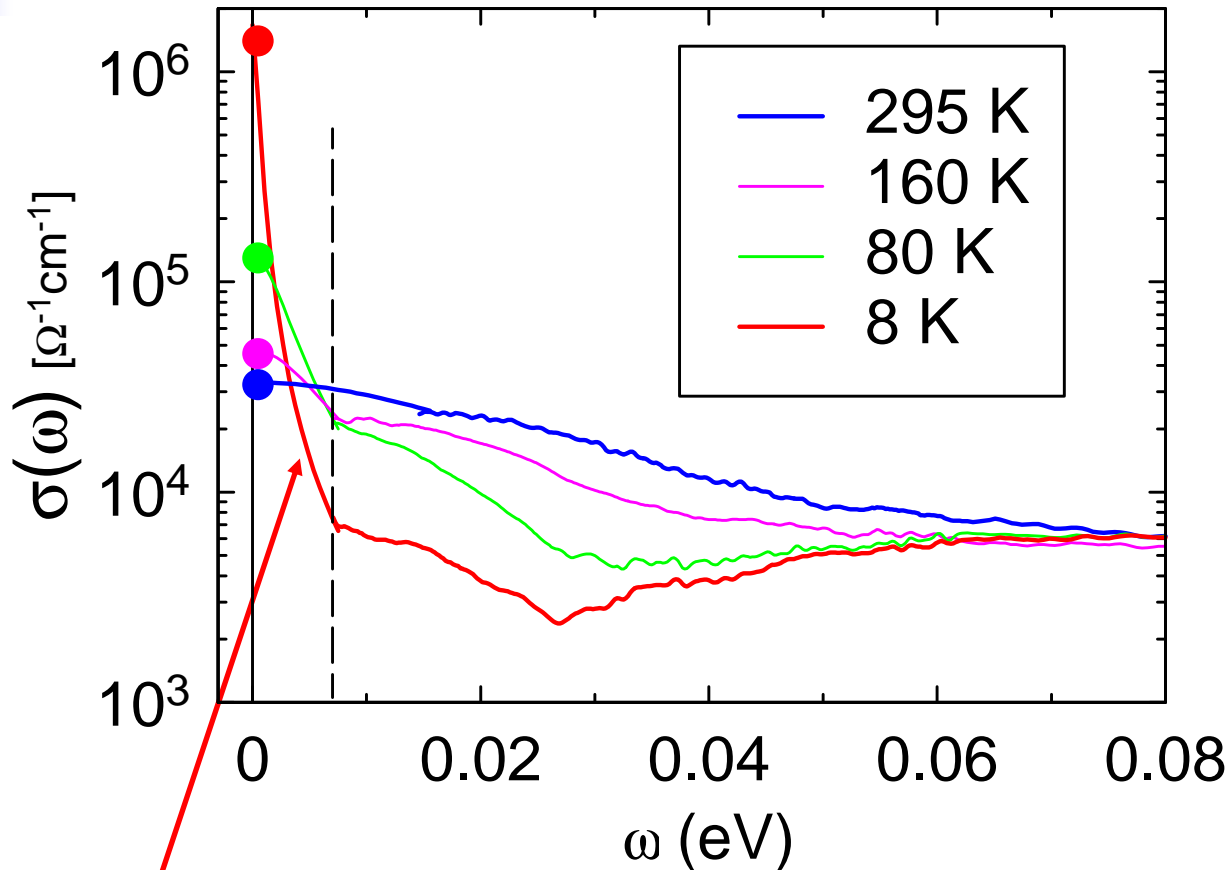
YbAl₃ ($m^* \sim 25$)での結果@神戸大

(試料: 静岡大・海老原による純良単結晶)



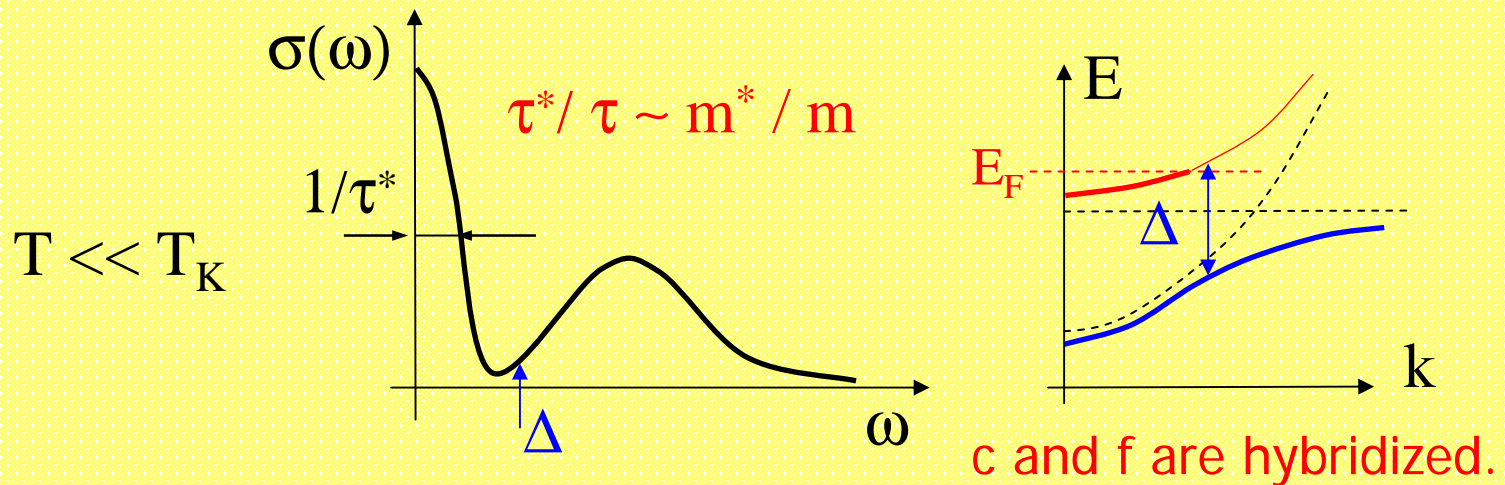
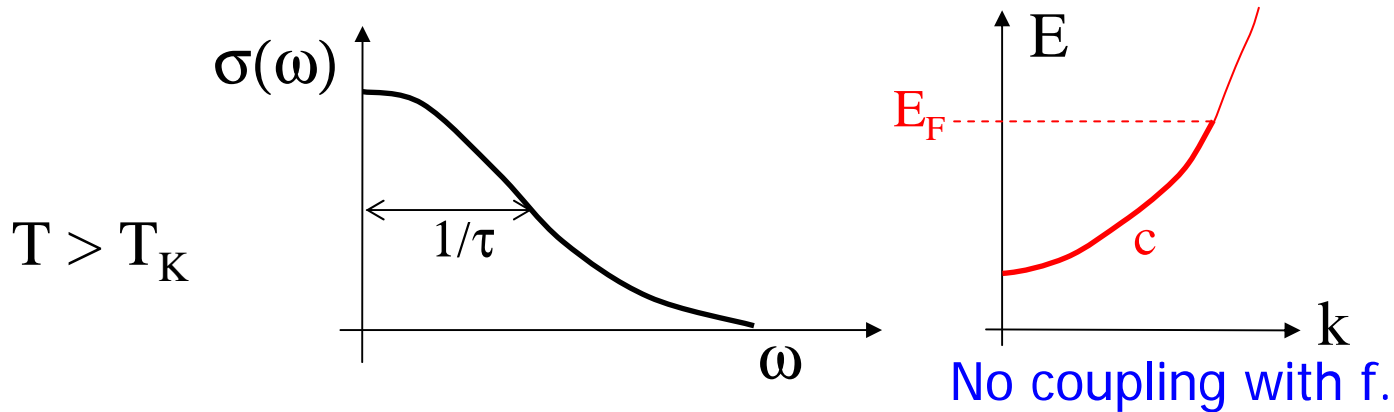
■ 測定範囲は60 cm^{-1} まで

Comparison with σ_{dc}

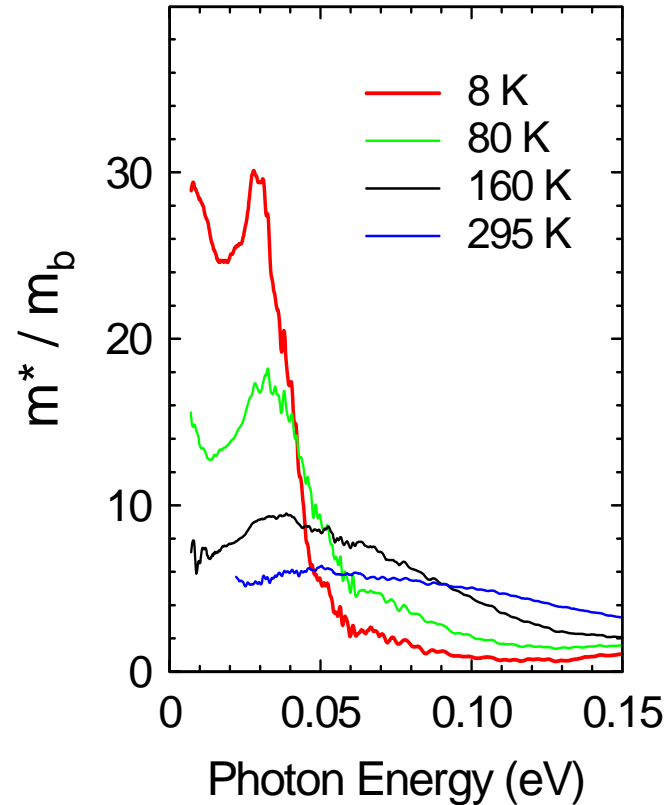
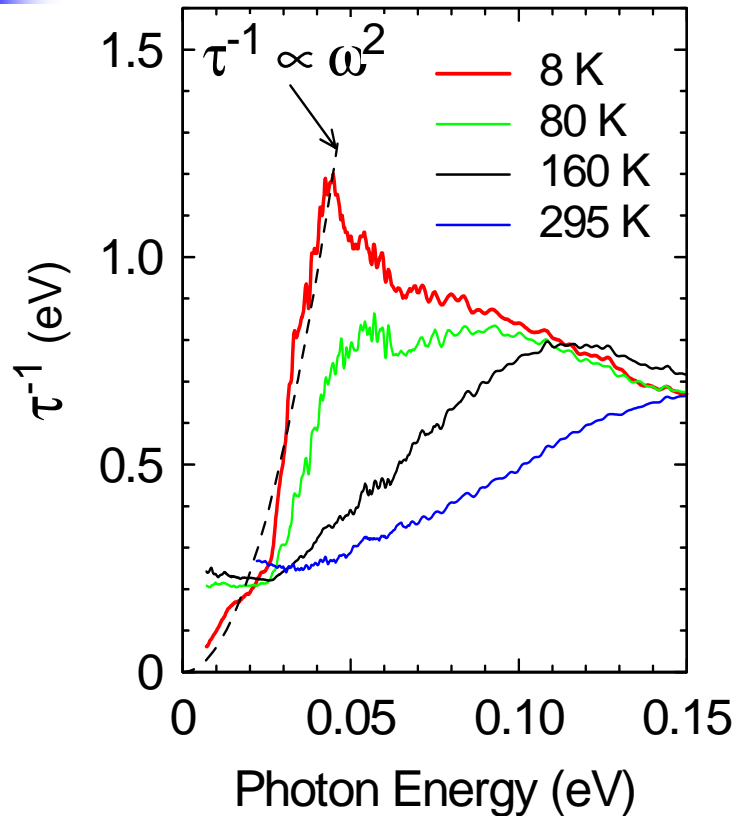


- Extremely narrow Drude peak

c-f hybridization model



Extended Drude model



- さらに低エネルギーのデータが欲しい！
→ 優れた低波数分光装置の必要性



低波数分光 ($1-100 \text{ cm}^{-1}$)

< 光源に対する要求 >

- 反射率の高精度測定 ($R \sim 1$)
→ 安定かつ高輝度な光源
- 白色光が望ましい

< 測定系に対する要求 >

- 繰り返し精度が高いこと
(安定で、測定時間が短い)
- 試料温度は2Kまで到達
- 微小試料 → 顕微鏡？



世間で用いられている装置

■ 光源

- 水銀灯(白色)
- SR(白色)
- BWO(単色チューナブル)
- THzデバイス(白色)

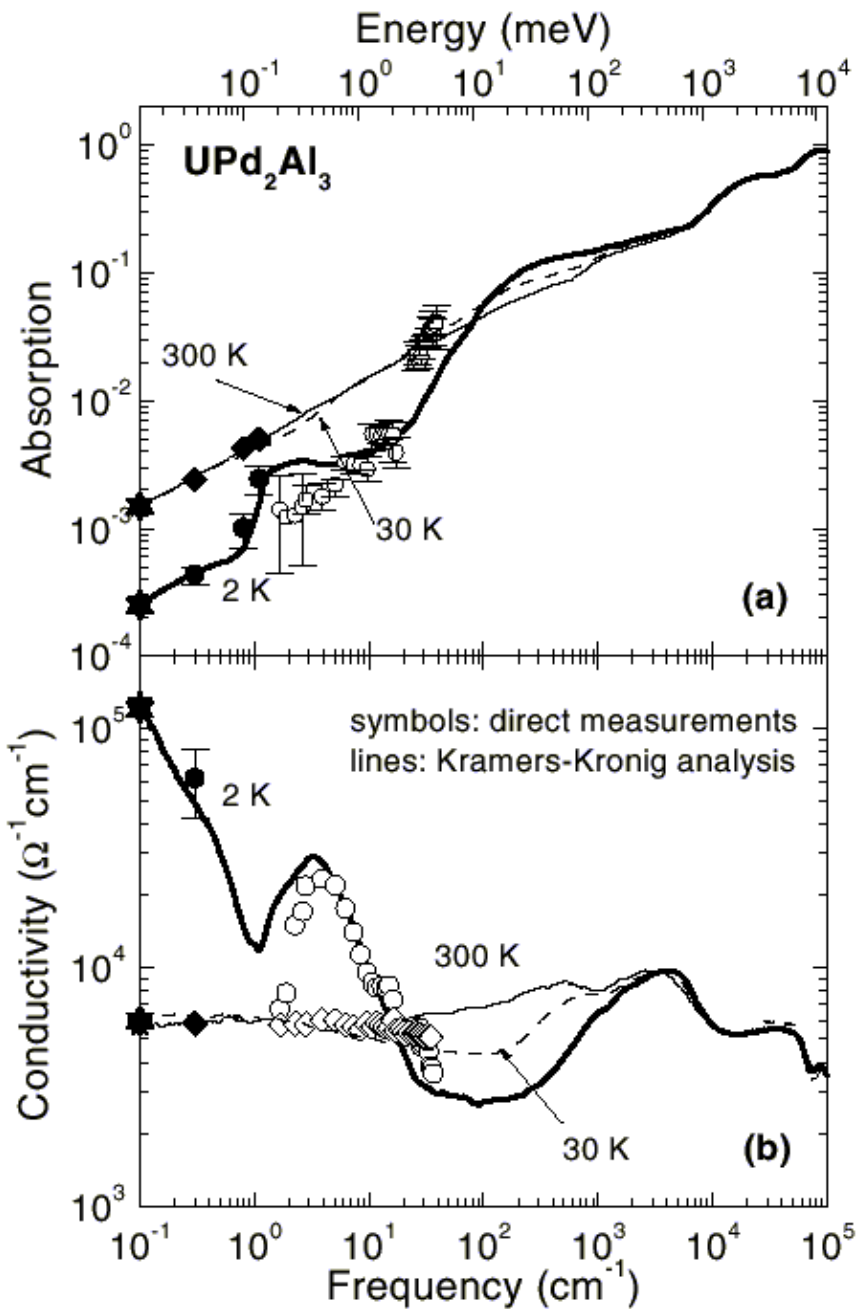
■ 分光器(干渉計)

- マーチンパレット干渉計
- ラメラ格子干渉計
- 時間領域分光 (THz)



何を使うか？ (要望)

- SR
 - feedbackによるactive安定化？
 - コヒーレントSR？
- Rapid scanマーチンパレット干渉計
- 液体Heフロー型クライオ (2 K)
- 顕微鏡



最近の報告例 1:

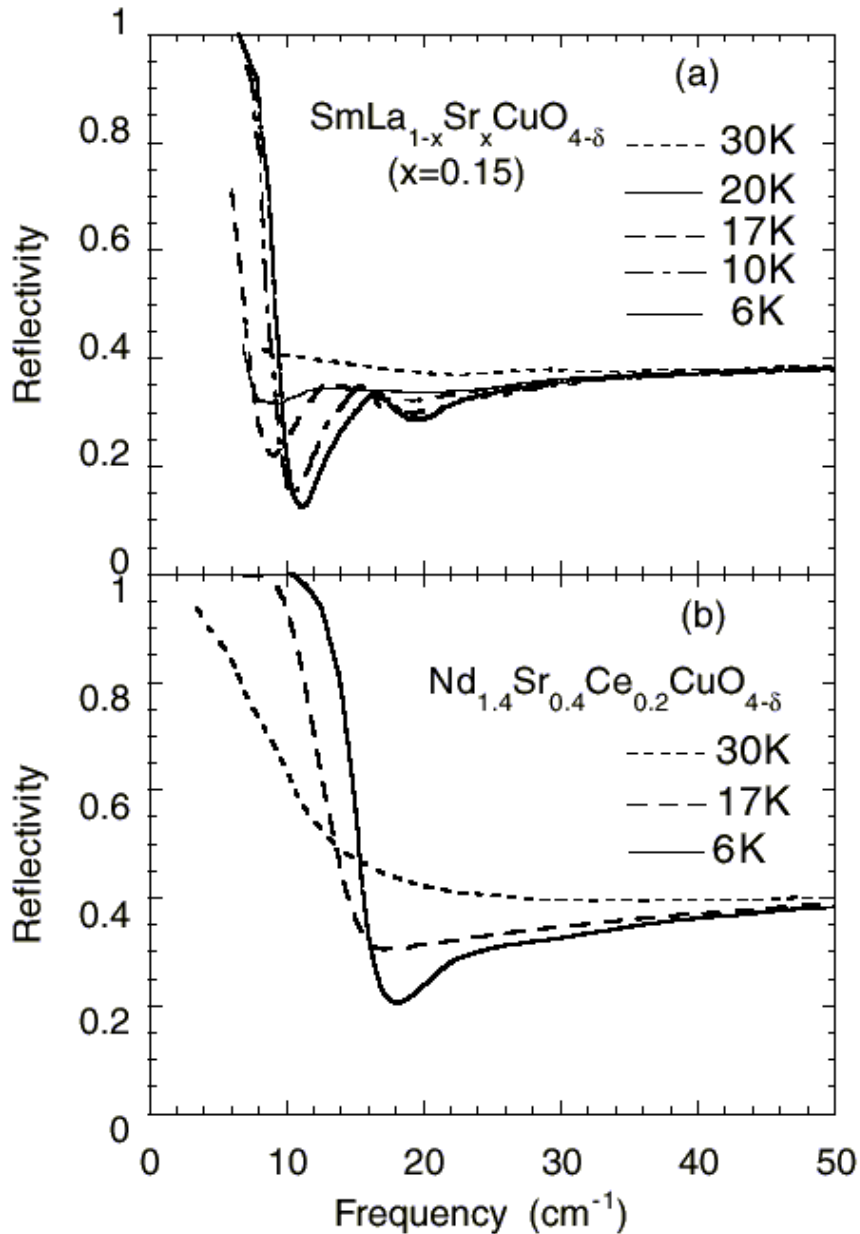
UPd₂Al₃

Dressel et al., PRL 88, 186404
(2002)

測定範囲: 0.3 - 40 cm^{-1}

UPd₂Al₃試料: MBE成長薄膜
(厚さ150 nm, LaAlO₃基板)

BWO+マッハ・ツェンダー型
干渉計(振幅透過率と位相)



最近の報告例 2 : ジョセフソンプラズマ

Kakeshita et al., PRL 86, 4140
(2001).

測定範囲 : 3 - 35 cm^{-1}

試料 : 単結晶 (6mm)

BWO + マッハ・ツェンダー
干渉計 (振幅透過率と位相)