

● ● ●

日本伝熱学会 特定推進研究特別セッション 2014

「エネルギー・環境戦略と特定推進研究による伝熱研究の展開」

『波長選択ふく射輸送とエネルギー変換』

東京工業大学 大学院理工学研究科

花村克悟



花村 克悟(主査)	東京工業大学
森本 賢一(幹事)	東京大学
牧野 俊郎	近畿職業訓練大学校
宮崎 康次	九州工業大学
高原 淳一	大阪大学
鈴木 雄二	東京大学
若林 英信	京都大学
戸谷 剛	北海道大学
鈴木 基史	京都大学
芹澤 良洋	新日本製鐵
若林 勉	大阪ガス
黒坂 俊雄	神鋼リサーチ
桑原 正史	産業総合研究機構

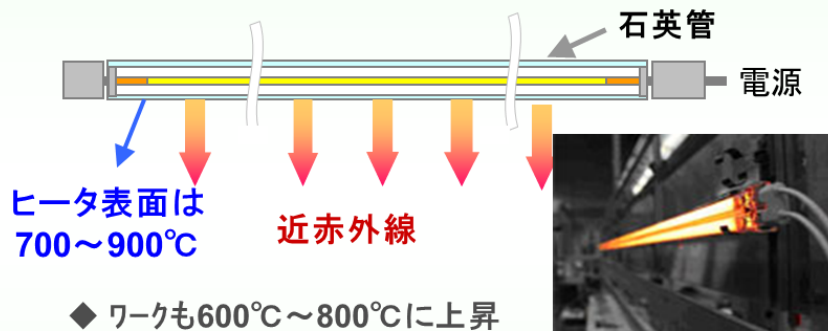


短波長選択ヒータ

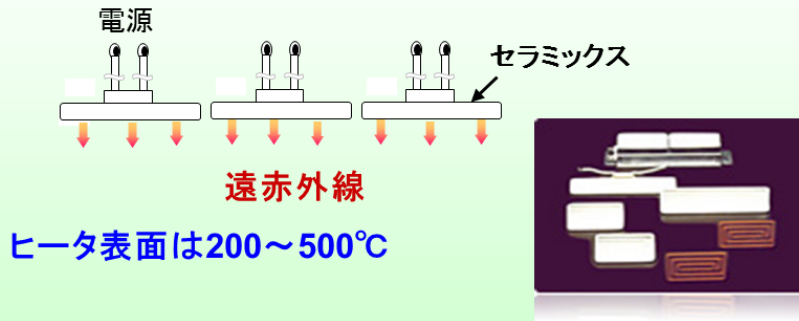
- 石英管のふく射透過性(波長 $3.5\mu\text{m}$ 以下をほぼ透過)
 - 複数石英管と流体との熱交換
- 低温で短波長放射を実現

従来技術

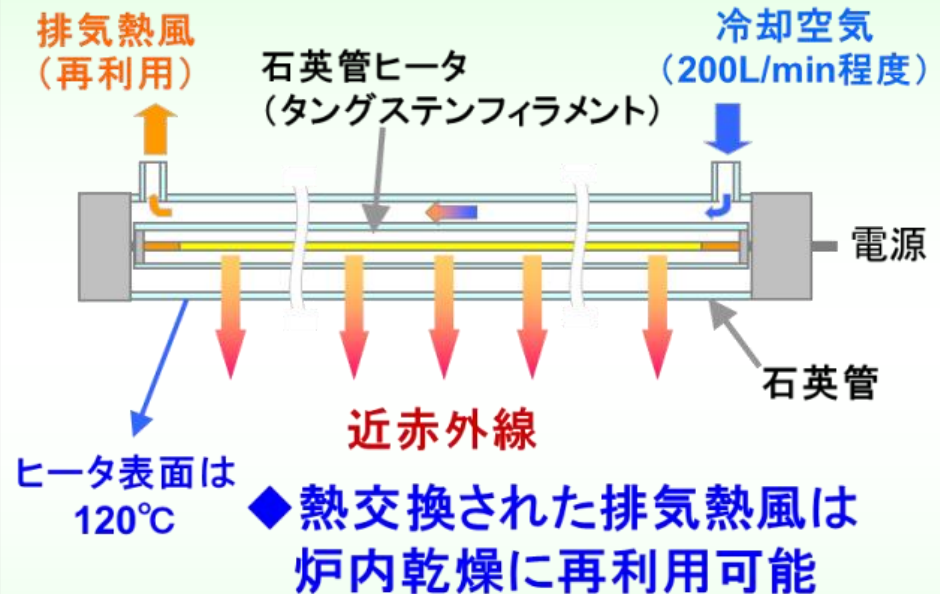
石英管ヒータ (タングステンフィラメント)



セラミックスヒータ



波長制御ヒータ(特許取得済)

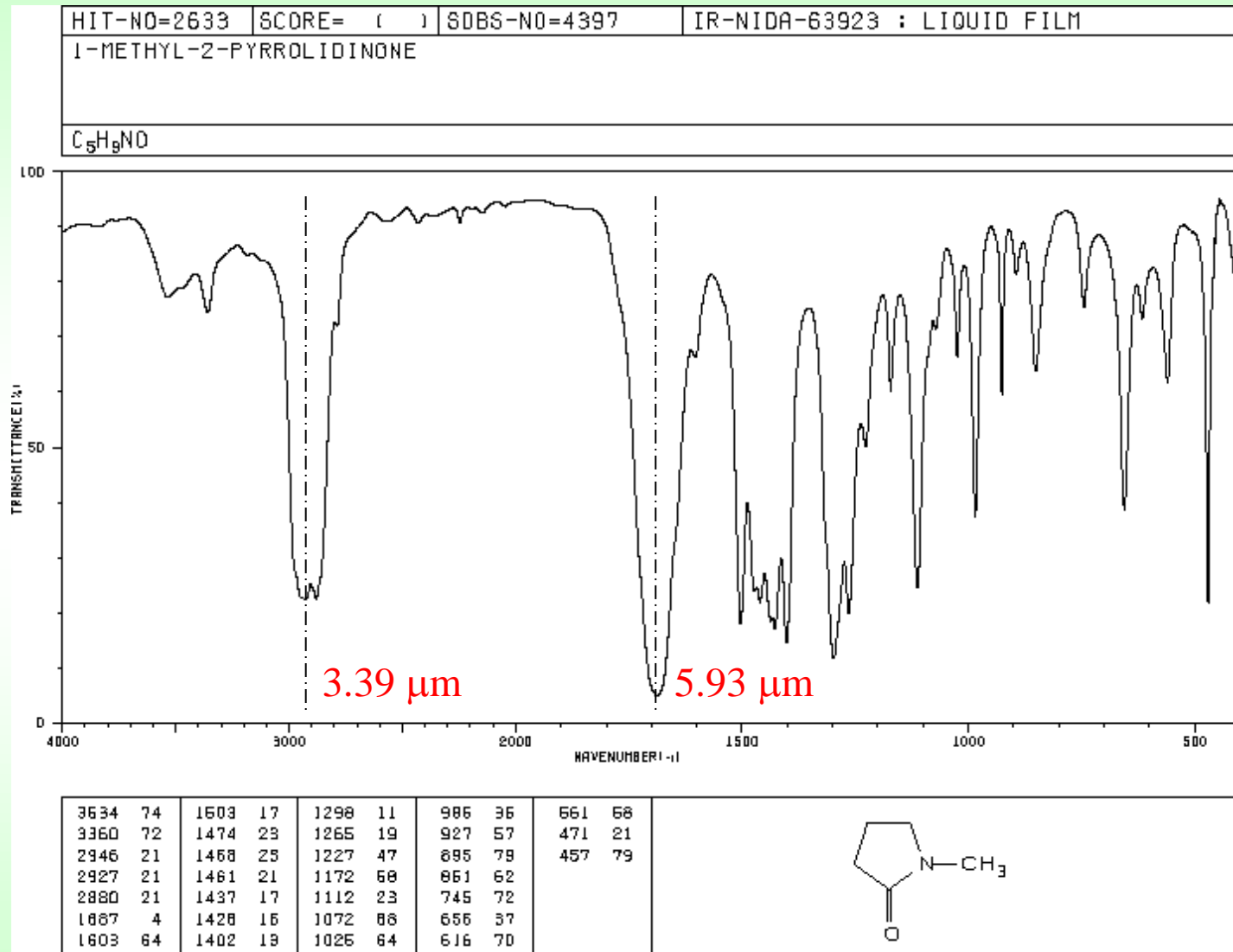


【仕様】 寸法: $20\Phi \times 700\text{mmL}$ 出力: 2000W

※ 最長発熱長さ 1000mm

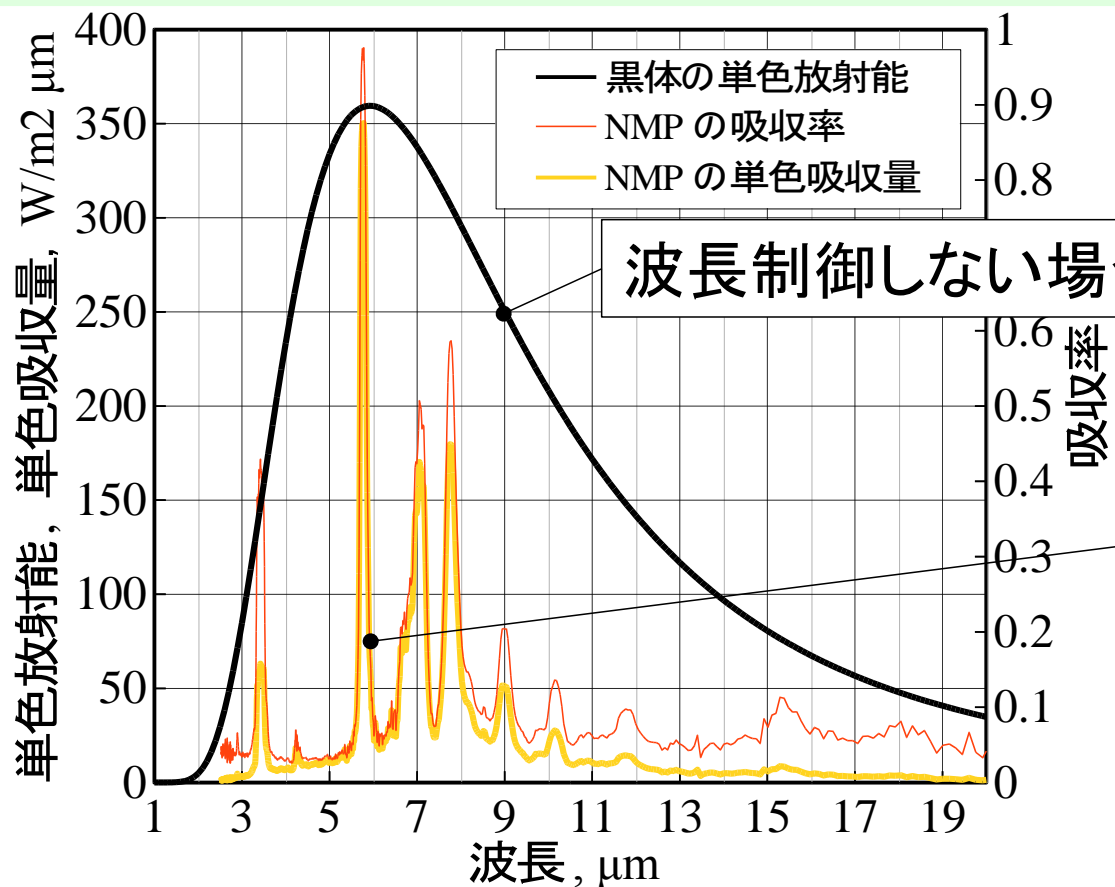


溶媒(メチル・ピロリドン)の吸収帯



波長制御しない場合との比較

6 μm 吸収帯のピークに放射のピークをあわせると、

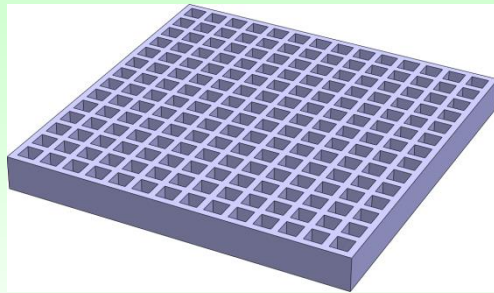


NMPの6 μm 付近での
吸収量

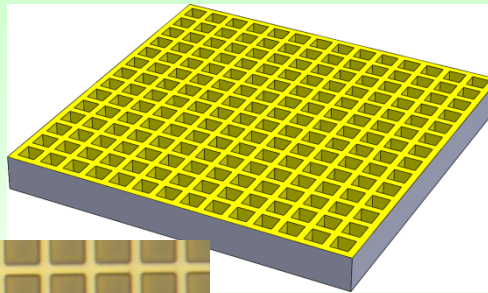
フィルタを使って波長制
御した場合、2.1% (69.7
 W/m^2) の熱量のみ



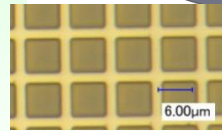
波長選択放射エミッターの製作手法



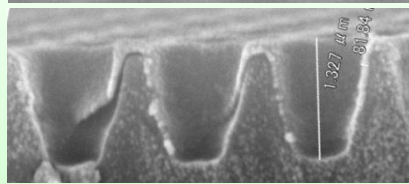
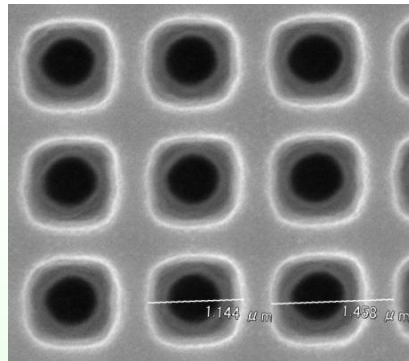
樹脂キャビティ



金スパッタ

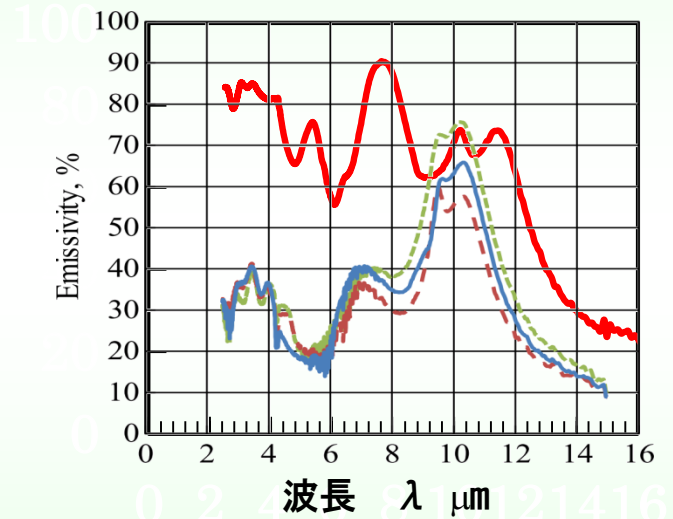
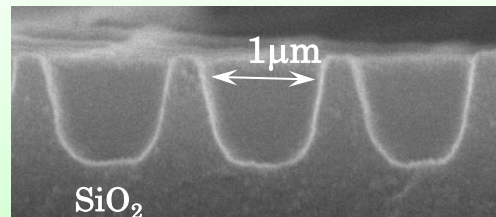


実際の構造表面



シリカによるマイクロキャビティの製作（メートルオーダーの放射体の製作が可能）

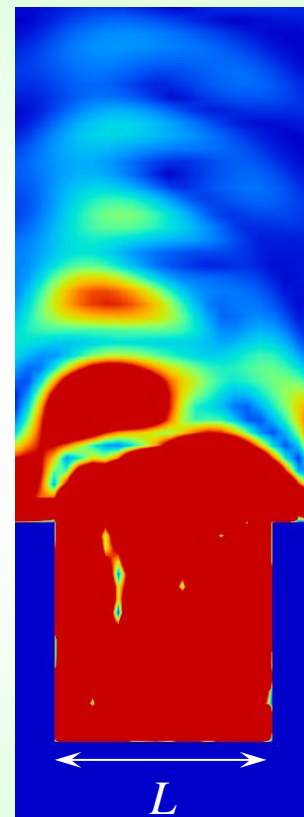
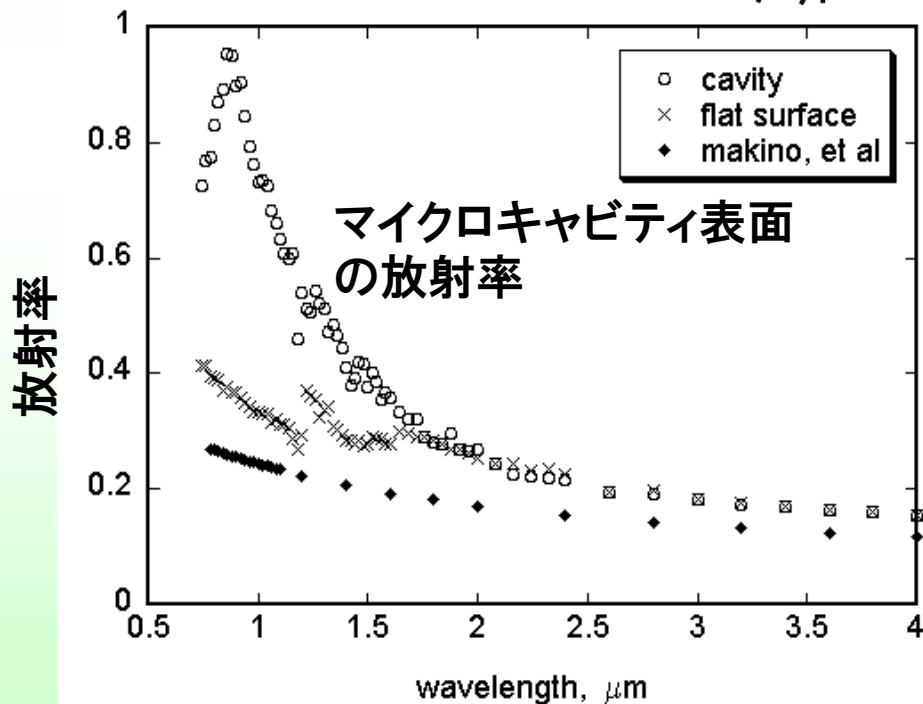
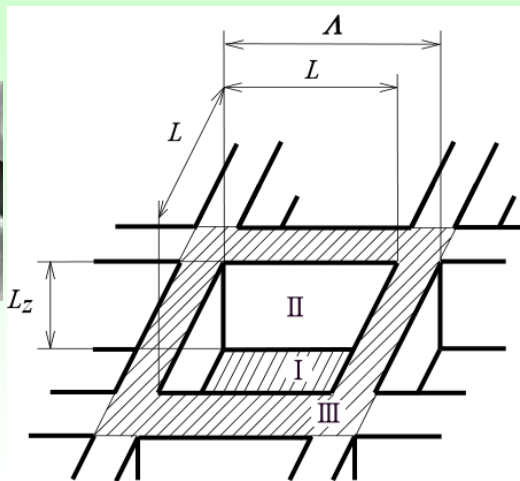
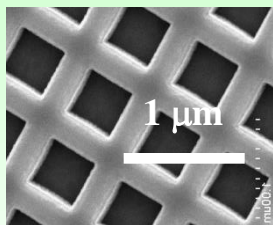
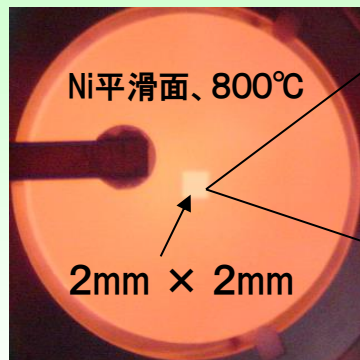
高分子フィルムの低温（～500K）高速乾燥が可能



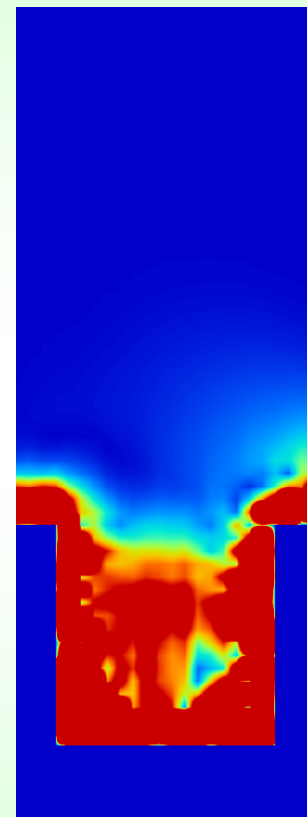
マイクロキャビティによる
単色放射率の一例



● ● ● マイクロキャビティによる放射波長制御



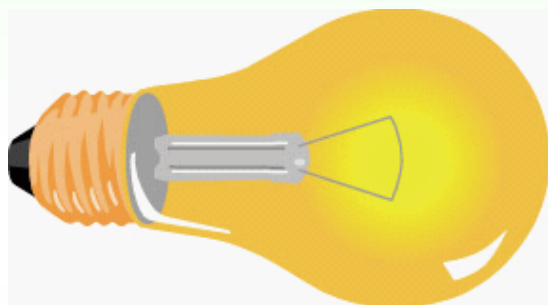
光の半波長が
 L より小さい



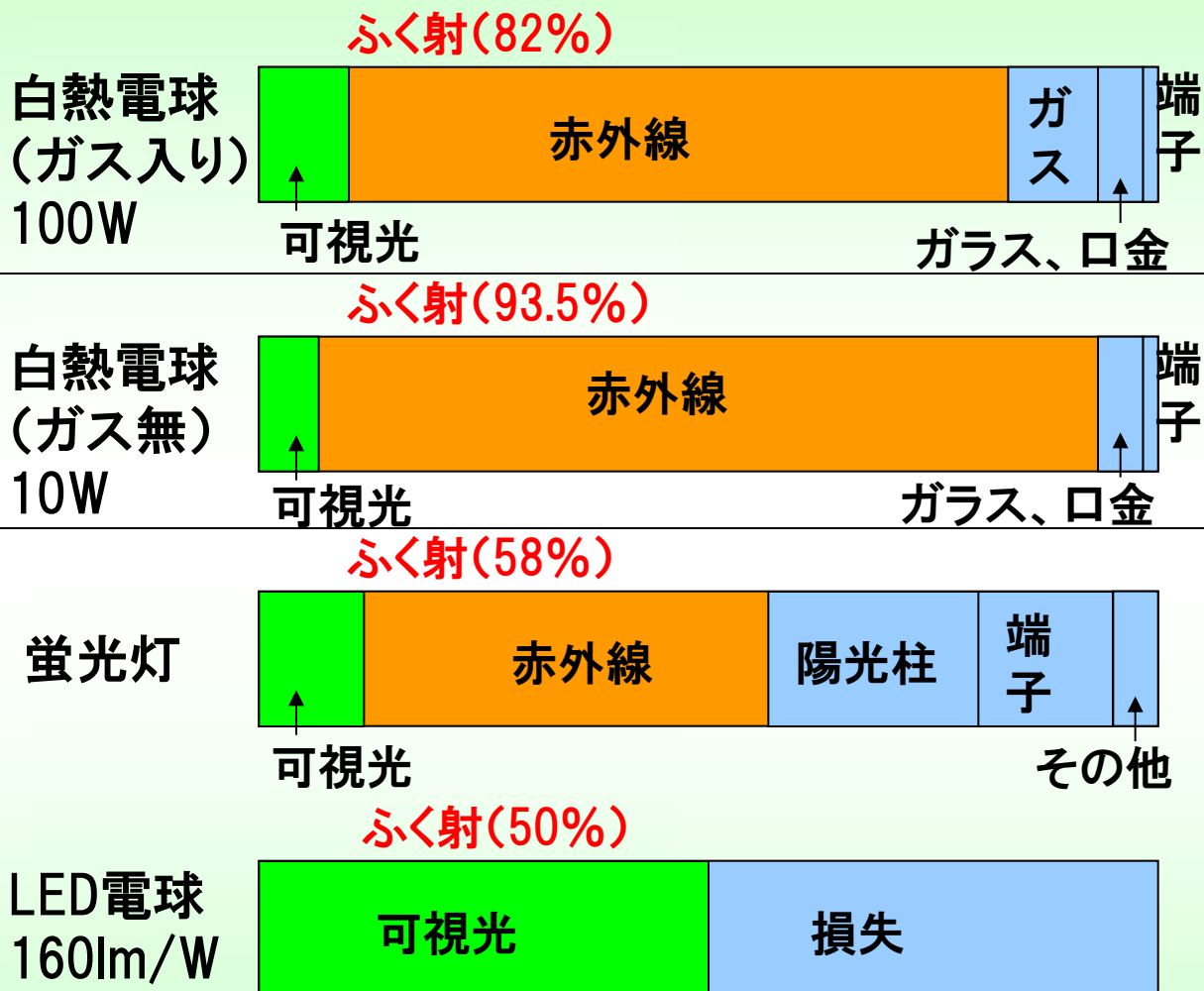
光の半波長が
 L より長い



白熱電球の復権

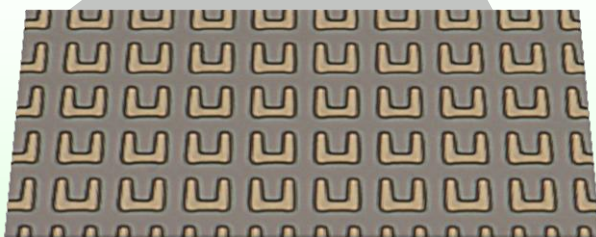
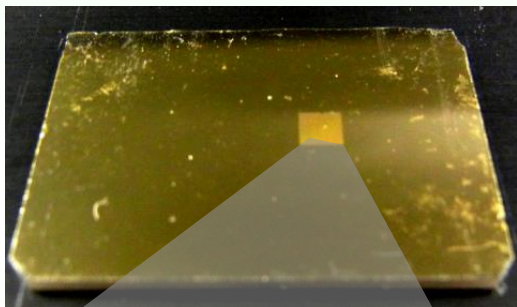
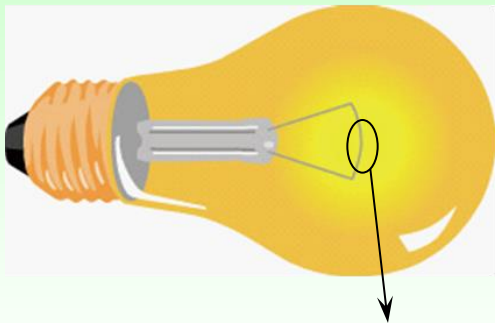


白熱電球



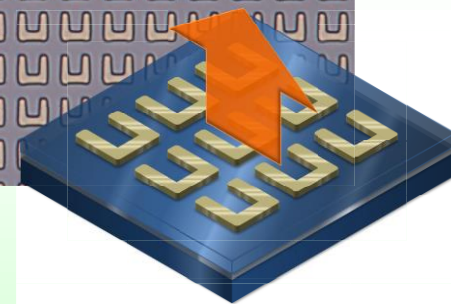
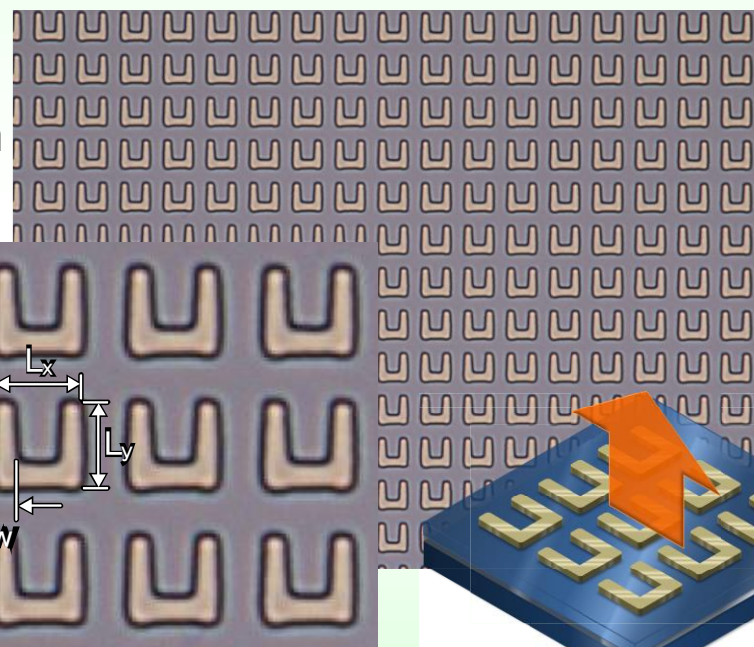
by Takahara

白熱電球の復権(スプリットリング共鳴体)



500 X 500 SRR array
(Cr/Au)
on glass substrate

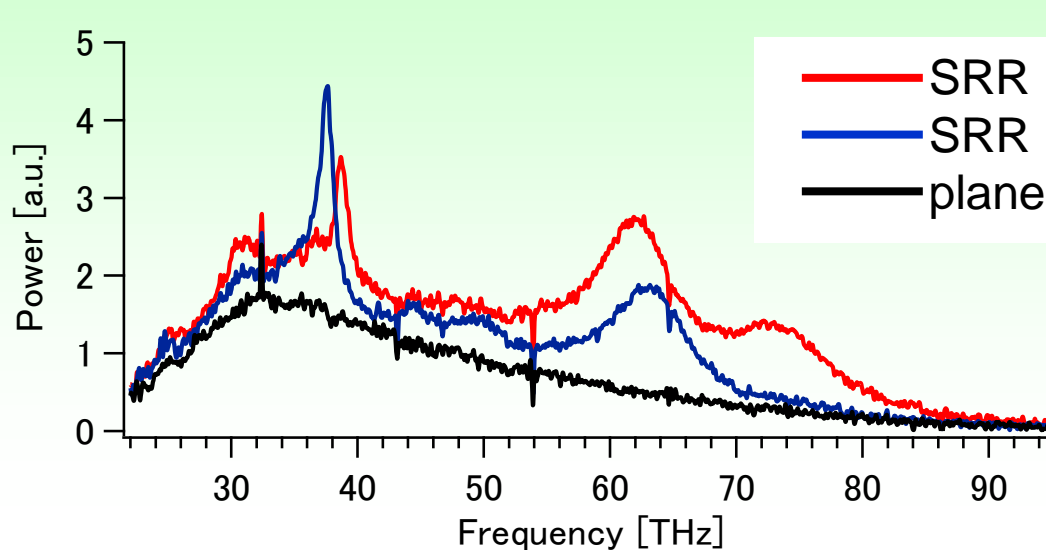
Period = $5\mu\text{m}$
 $L_x = L_y = 3.2\mu\text{m}$
 $w = 0.7\mu\text{m}$



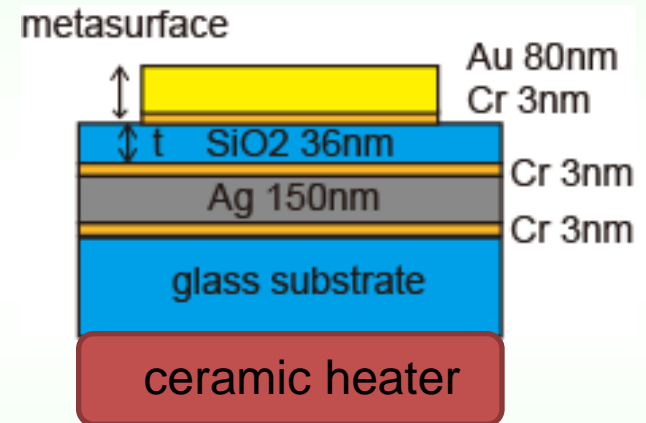
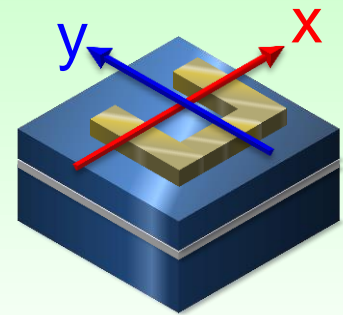
Y. Ueba and J. Takahara,
APEX 5, 122001 (2012).



プラズモン共鳴モード



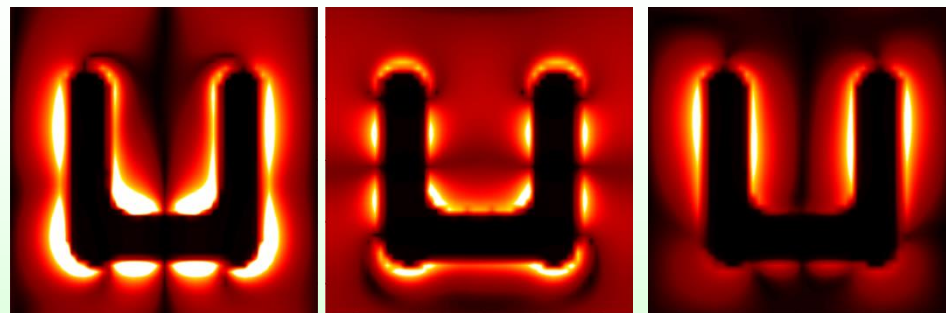
10W
185°C
208°C



T~200°C

SRRs enhance emissivity.

Y. Ueba and J. Takahara,
APEX 5, 122001 (2012).



65 THz(5th) 80 THz(6th) 90 THz(7th)

プラズモン共鳴モード(数値計算)



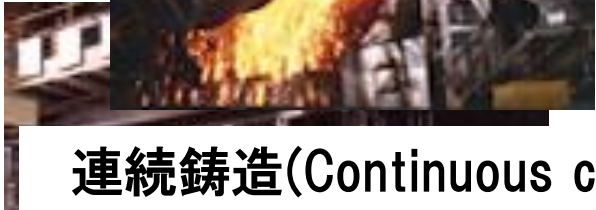
● ● ● 鉄鋼業におけるふく射エネルギー損失



切断(Cutting)



転炉(Rotational furnace)



連続鑄造(Continuous casting)



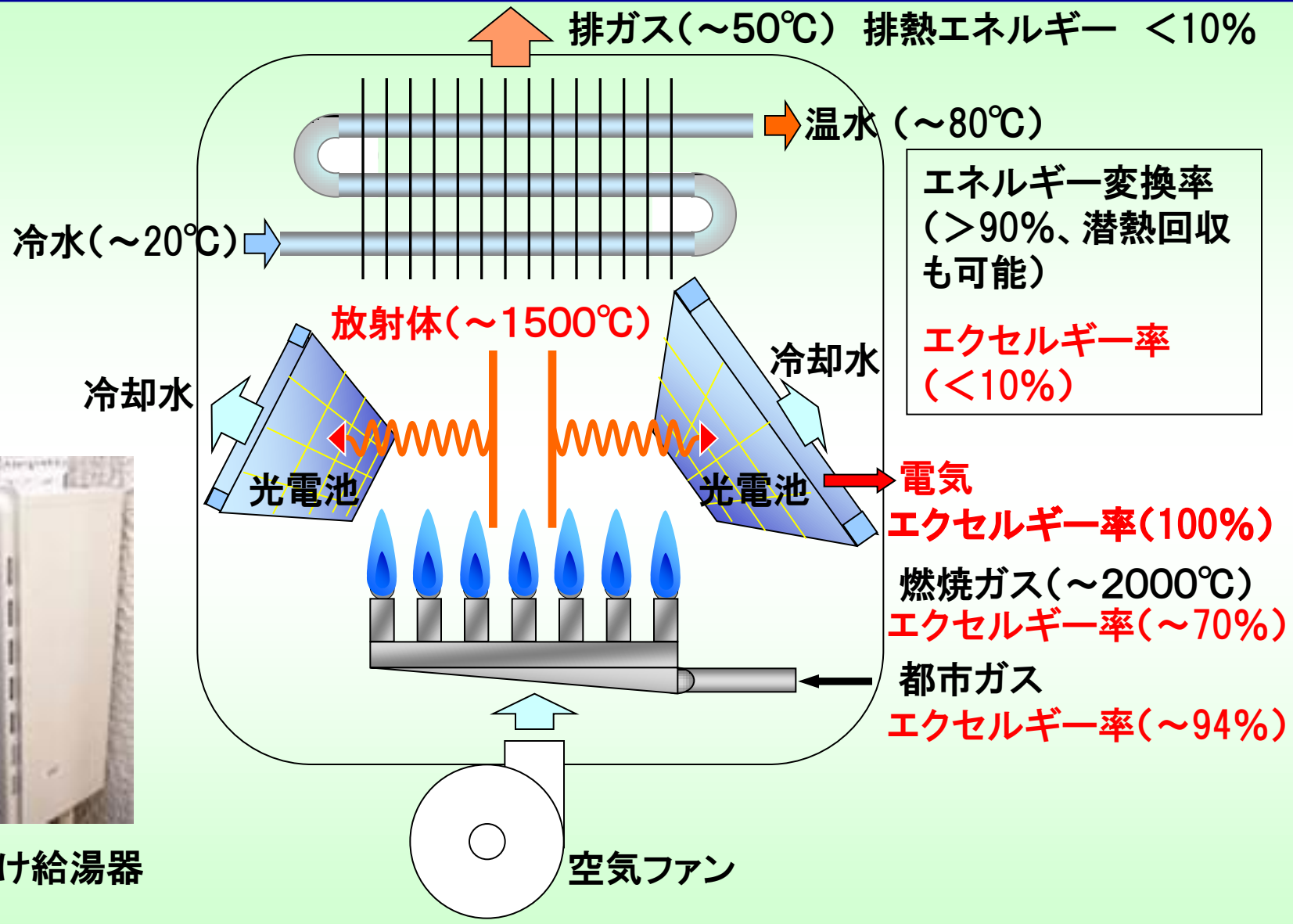
線材圧延
(Wiring)



圧延(Rolling)

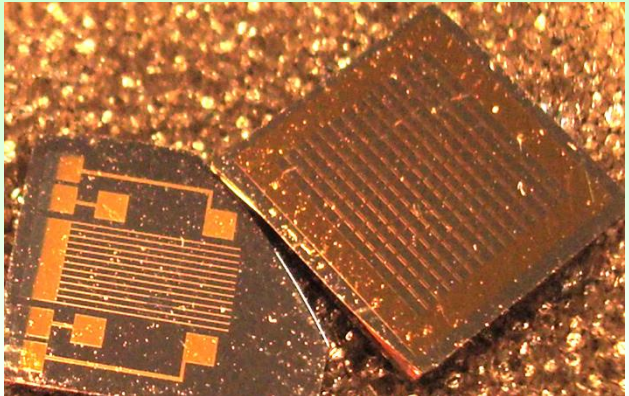


● ● ● 給湯器におけるトッピング発電(壁掛けコジェネ)

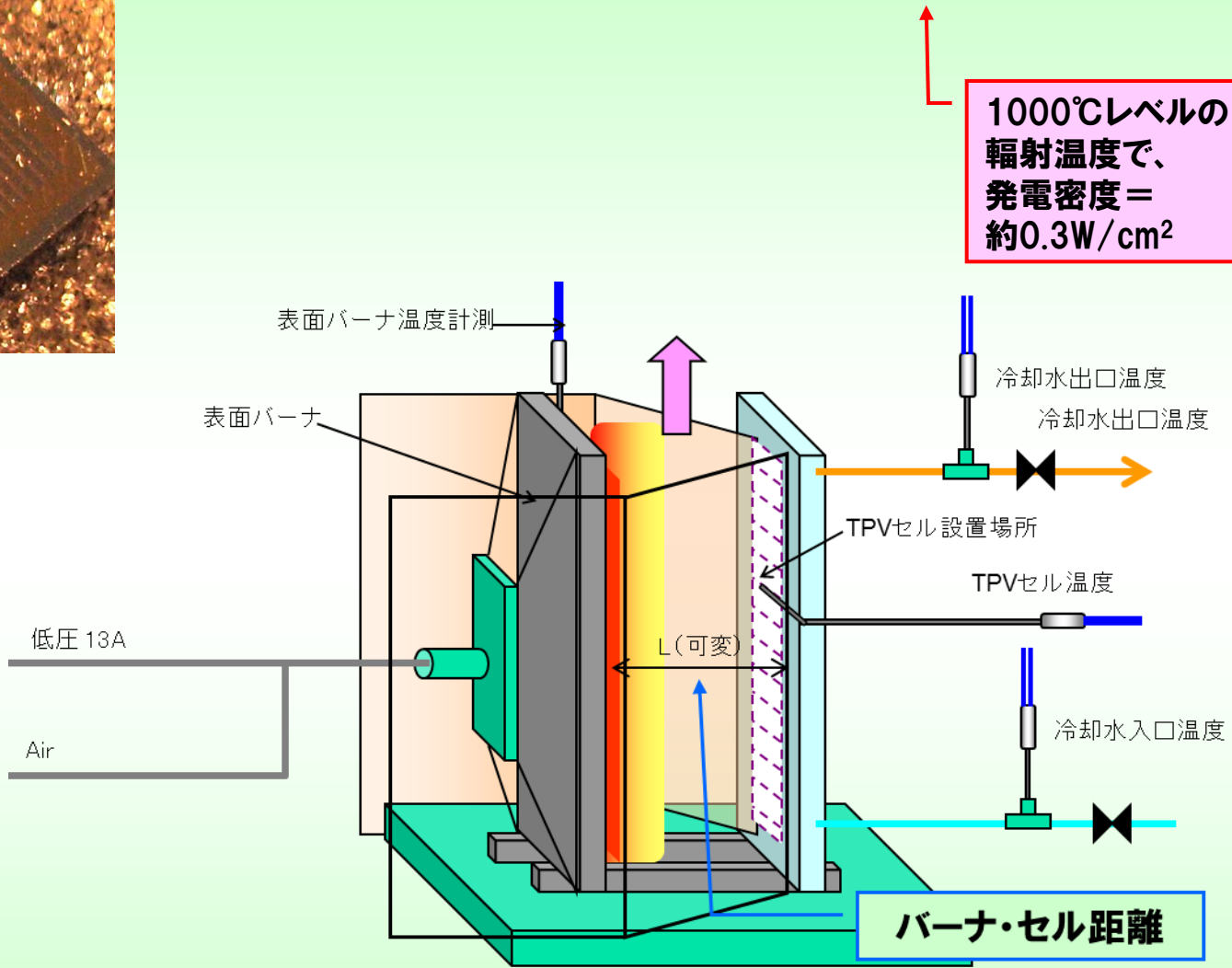
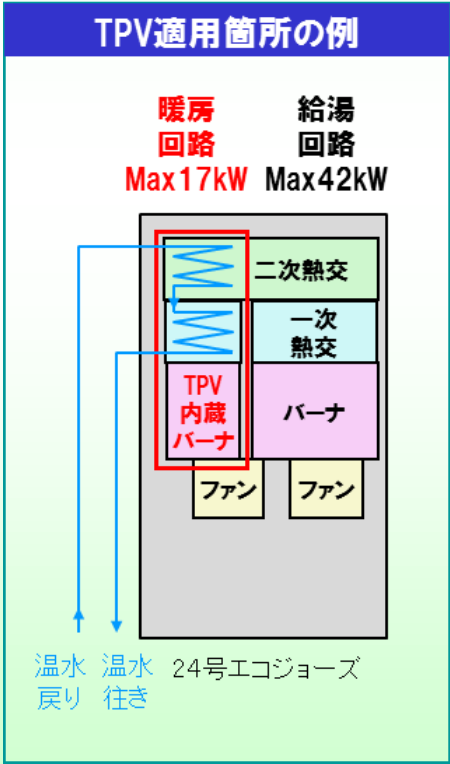


屋外壁掛け給湯器

● ● ● シュバンクバーナとTPVセルによる燃焼熱からの発電



1000°Cレベルの
輻射温度で、
発電密度 =
約0.3W/cm²



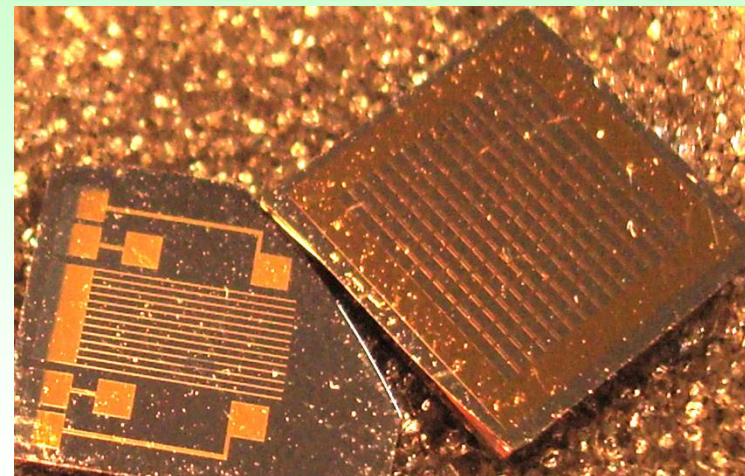
● ● ● 給湯器におけるトッピング発電(光電池の利用)

GaSb光電池(入射光条件; $45\text{W}/\text{cm}^2$)

発電密度: $5\text{W}/\text{cm}^2$

変換効率: 33% (波長 $0.8\sim 1.8\mu\text{m}$)

光電池としては高いポテンシャルを有する



GaSb光電池

放射体温度	伝ぱ光による入射条件	要求される入射光条件
1000K	$0.85\text{W}/\text{cm}^2$ (波長 $\sim 1.8\mu\text{m}$)	$45/0.85 = \sim 50$ 倍
1500K	$7.0\text{W}/\text{cm}^2$ (波長 $\sim 1.8\mu\text{m}$)	$45/7.0 = \sim 7$ 倍

放射体 (1000K, 1500K)

光電池 (300K)

近接場光による入射光強度の増大



● ● ● 近接場光を用いた小型光(赤外線)発電

- 伝ぱ光と近接場光 -

近接場光

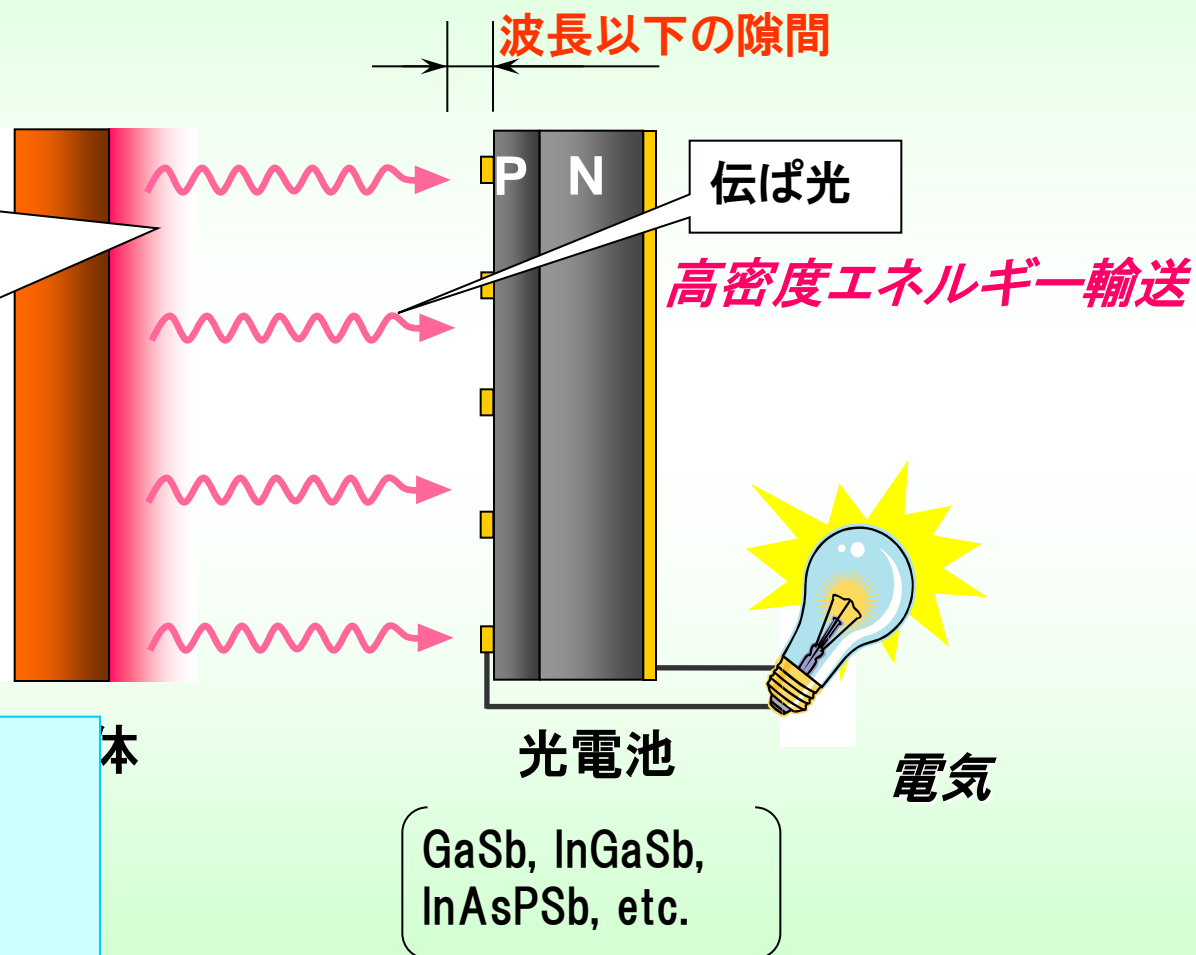
放射体表面にのみ存在し、伝ぱしない。

放射体表面に近づくにつれて指数関数的に強度大

様々な熱源

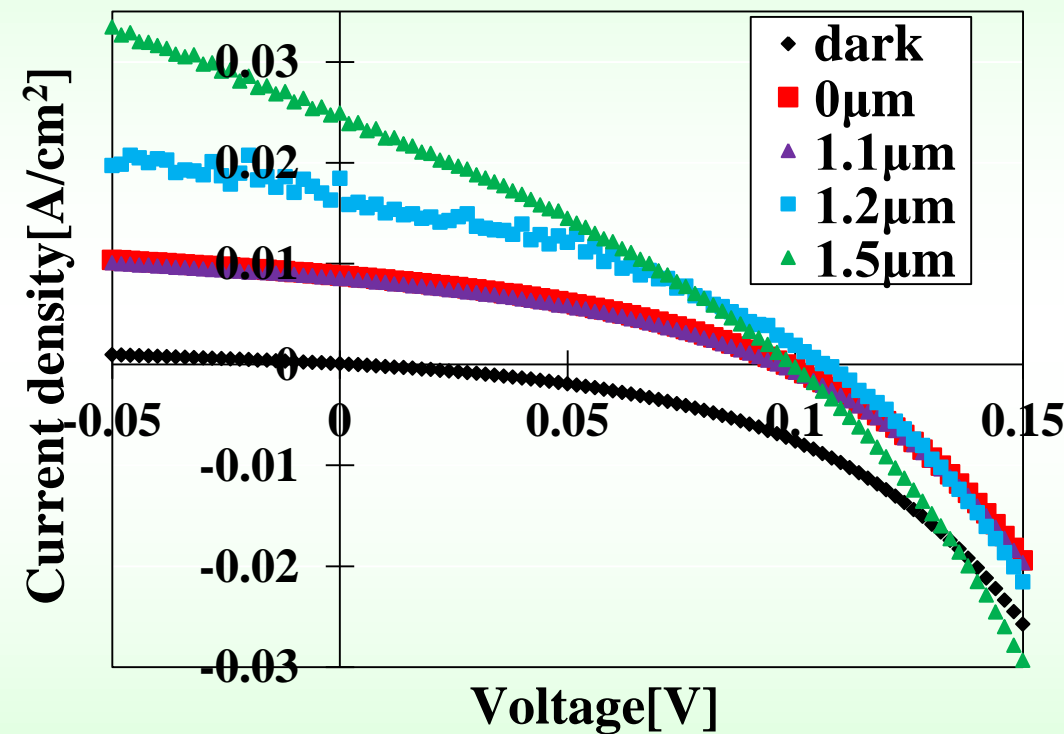
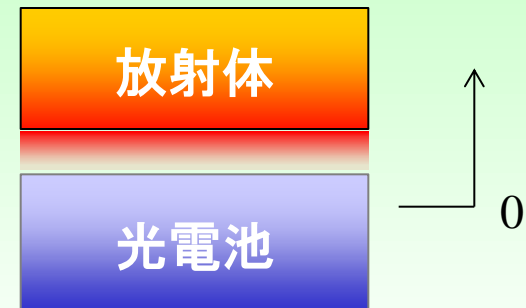
要求事項

1. ナノスケール粗さ平滑面
2. 平面電池(電極の高さ)



発電実験の1例

GaSb電池によるI-V特性



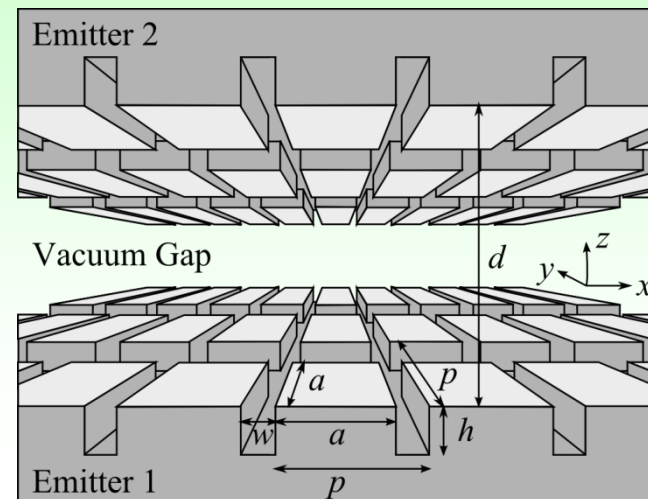
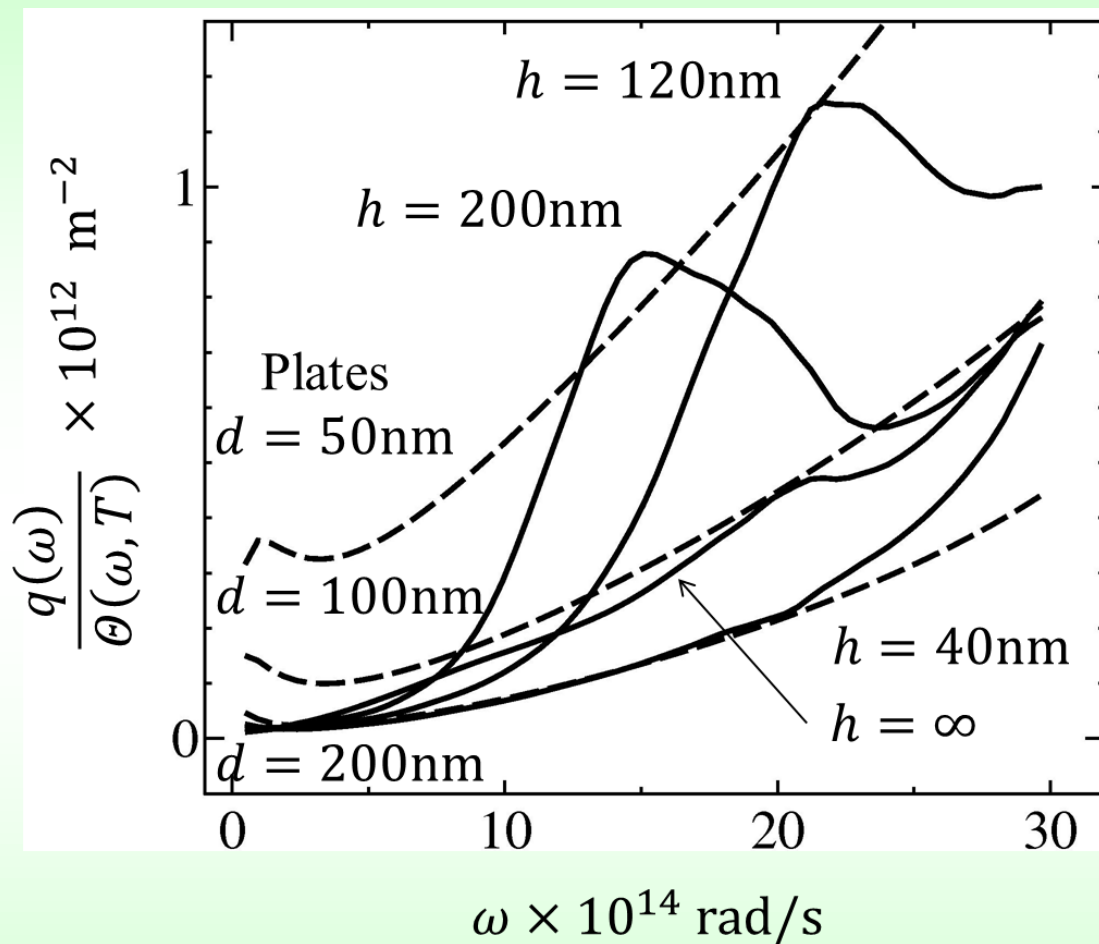
変換効率 η : $\sim 2.1\%$

▲ ■ 発電特性に変化なし
 ➡ 伝ぱ光条件、形態係数がほぼ1

▲ ■ 電流密度が2.5倍
 ➡ 近接場光条件



● ● ● 周期的ピラーアレイ構造による近接場光の波長制御



高さの増加とともに
ピーク周波数は減少

周期的ピラーアレイ構造により、平滑面に比べて約10倍の輸送量