

大気雰囲気下でシリコン結晶膜を連続成長 させるHeat-Beam装置

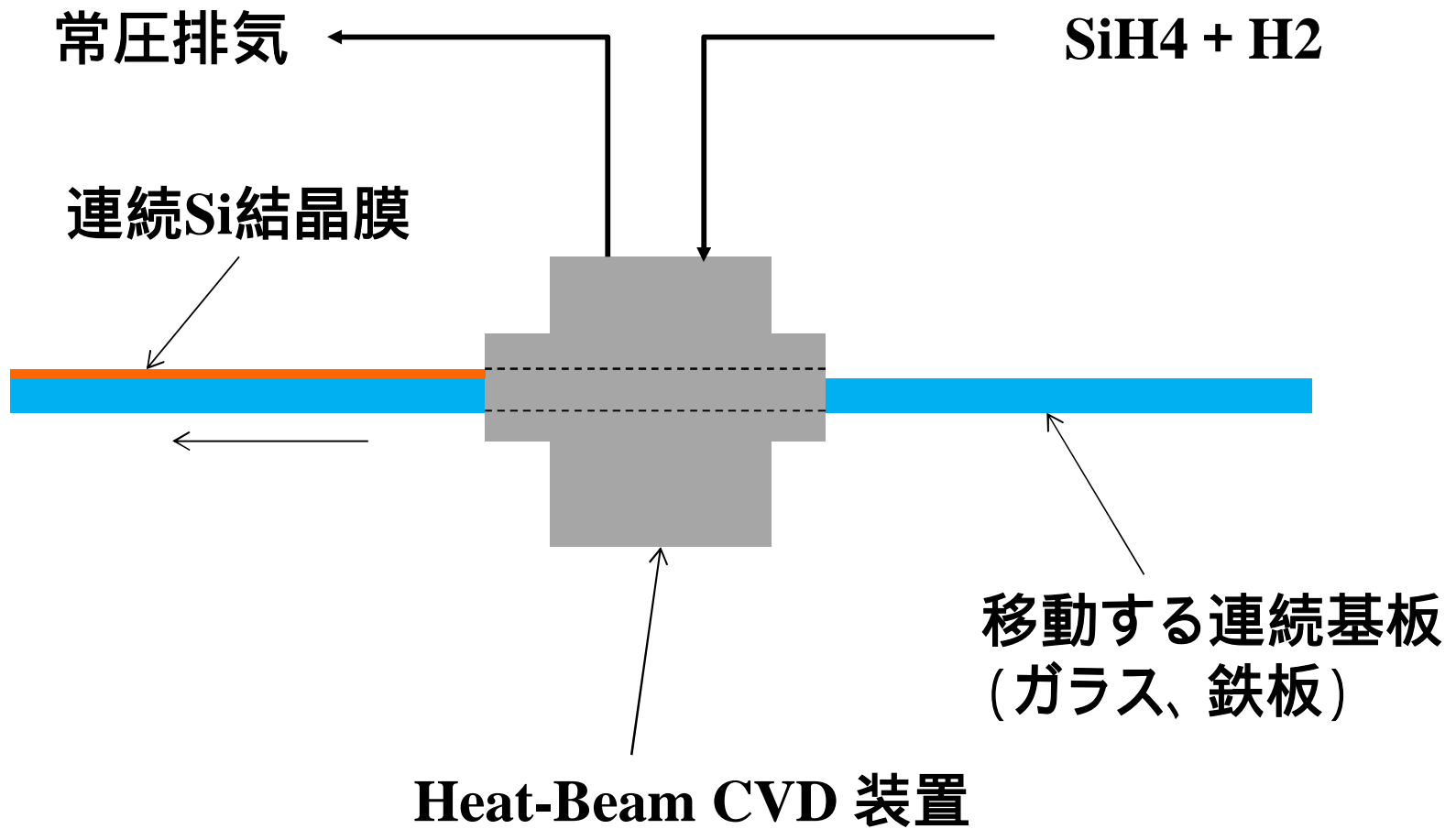
古村雄二、西原晋治、清水紀善、村直美、山本隆一郎、大場隆之*

(株)フィルテック

* 東京大学大学院工学系研究科

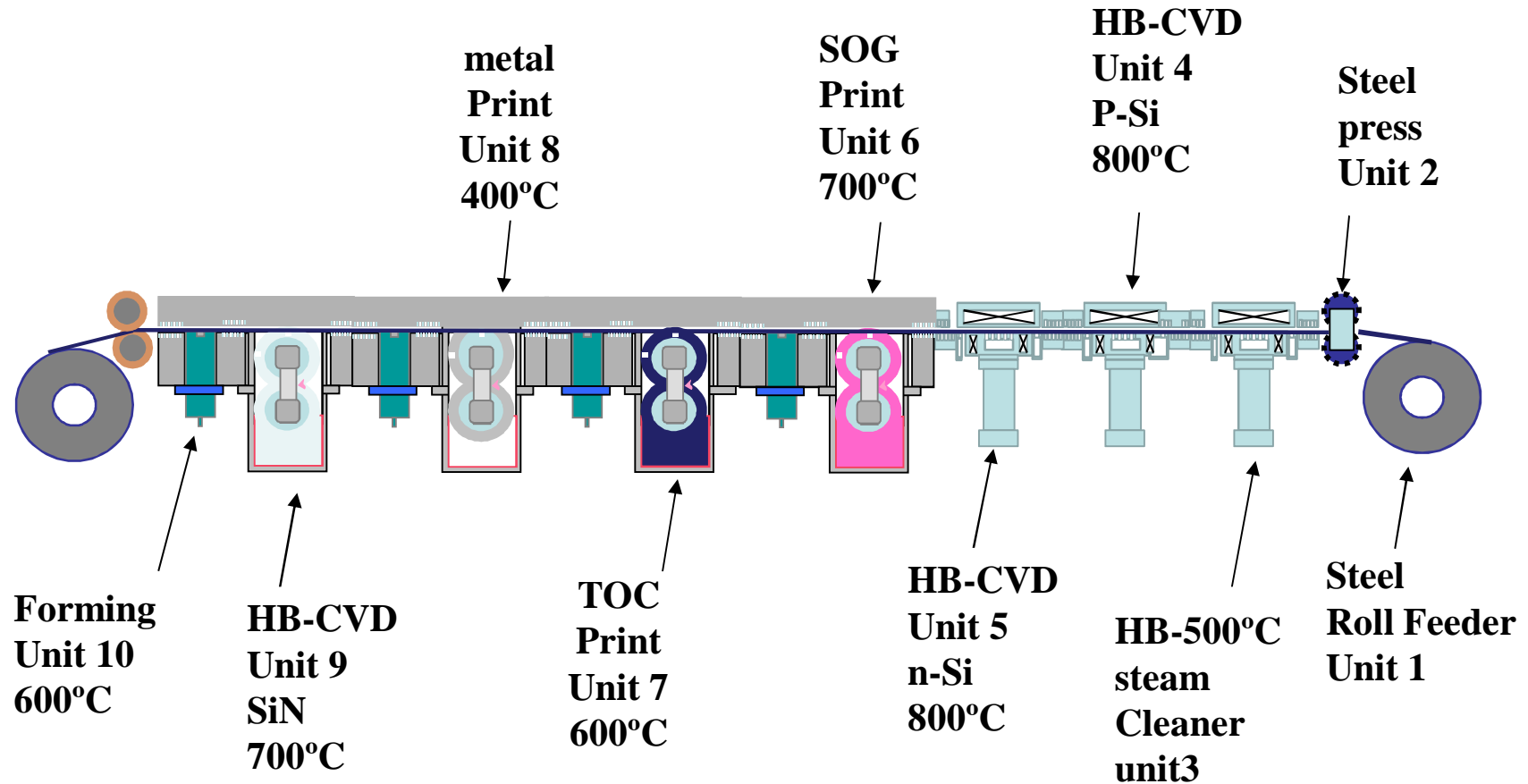
2012年8月8日

CVD 反応分科会第16回シンポジウム
於: 東京大学工学部2号館



目指す印刷式薄膜製造装置

System to print PV cell on rolled steel

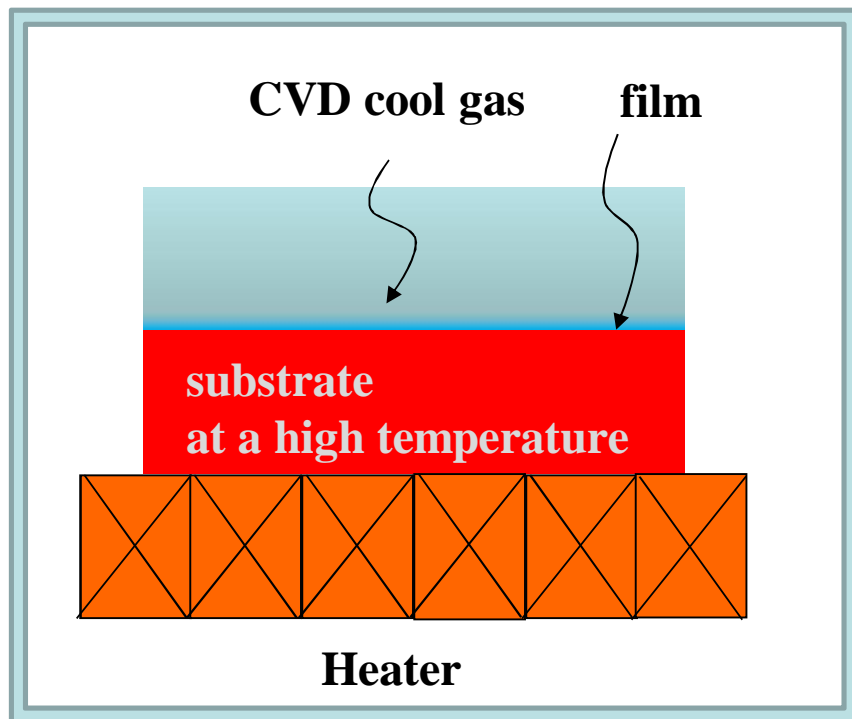


Philtech Inc.

内容

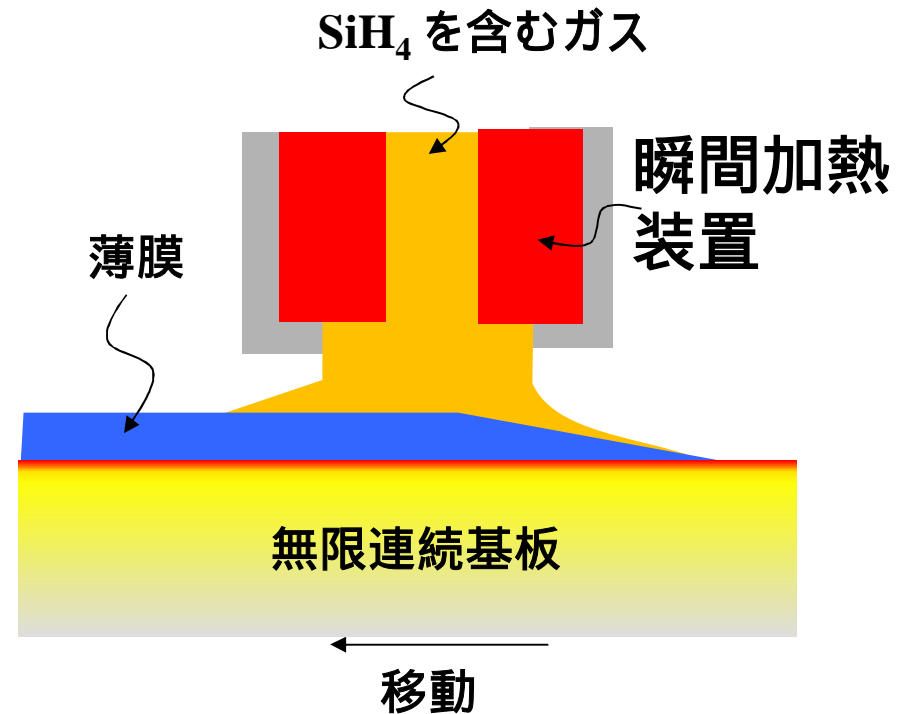
1. 無限連続基板への結晶成長の目標
2. 加熱した反応ガスを基板に垂直に吹き付ける
表面加熱Heat-Beam(HB)非平衡CVD
3. HB-CVD装置の構造
4. 成膜結果
5. まとめ

HB-CVD の特徴



Usual CVD

Equilibrium reaction
By substrate heating

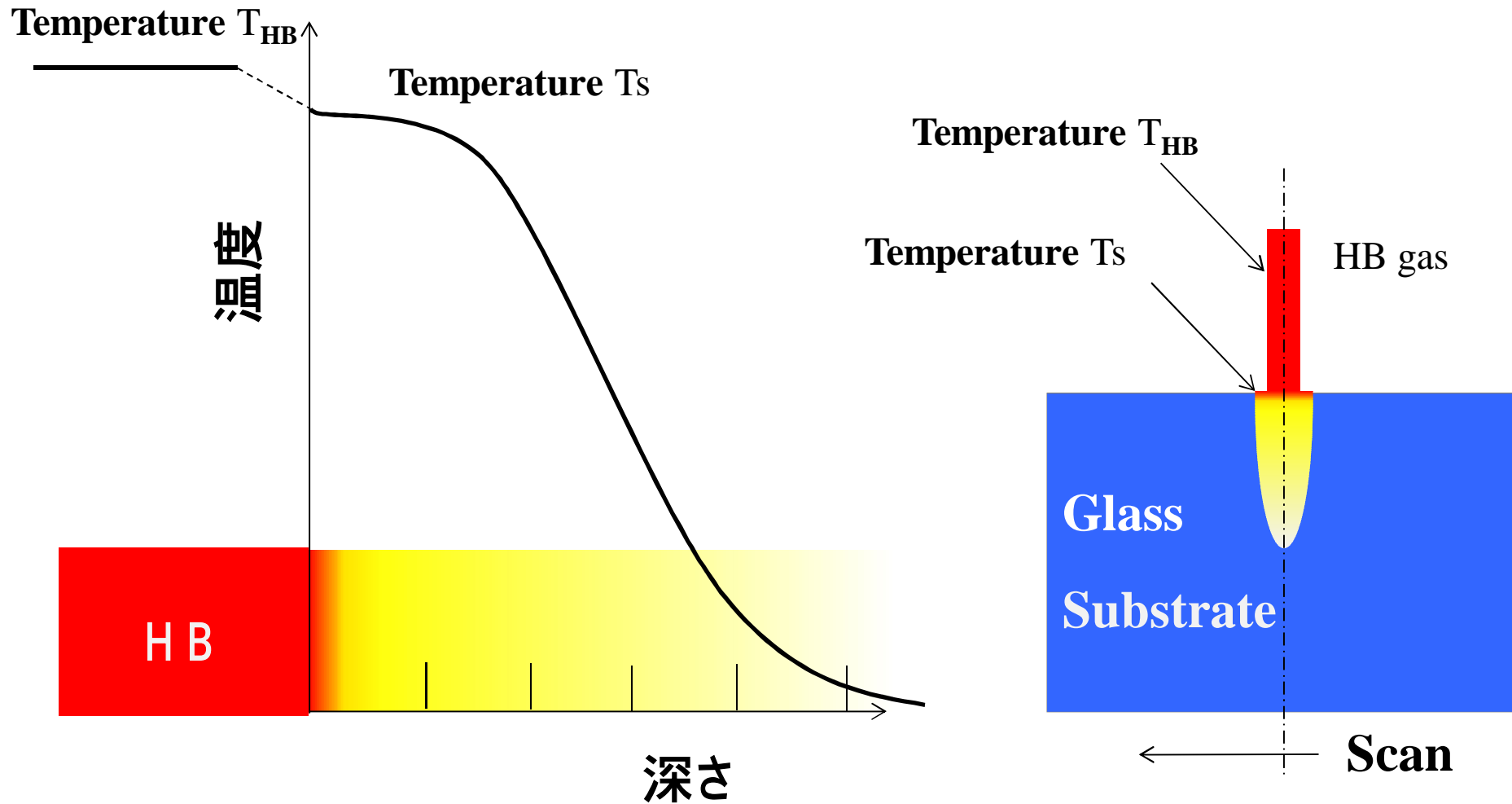


HB-CVD

Non-equilibrium CVD reaction
by chemical heat beam

Philtech Inc.

温度の深さ分布の推定イメージ (基板全体を加熱しない)



基板内の温度分布を推定

熱量の基板内への伝達(ランツ・マーシャルの式を参照して実験に合わせる方法)

$$\text{熱伝達率 } h = A \cdot \lambda \cdot 0.664 \cdot (\nu/Da)^{0.33} \cdot (uL/\nu)^{0.5}/L$$

λ : 流体の熱伝導率
 ν/Da : Pr; プラントル数
 uL/ν : Re; レイノルド数
L: 代表の長さ(定数)
A: 実験に合わせこむ係数

ν : 動粘性係数
Da: 流体の熱拡散率
u: 流体流速

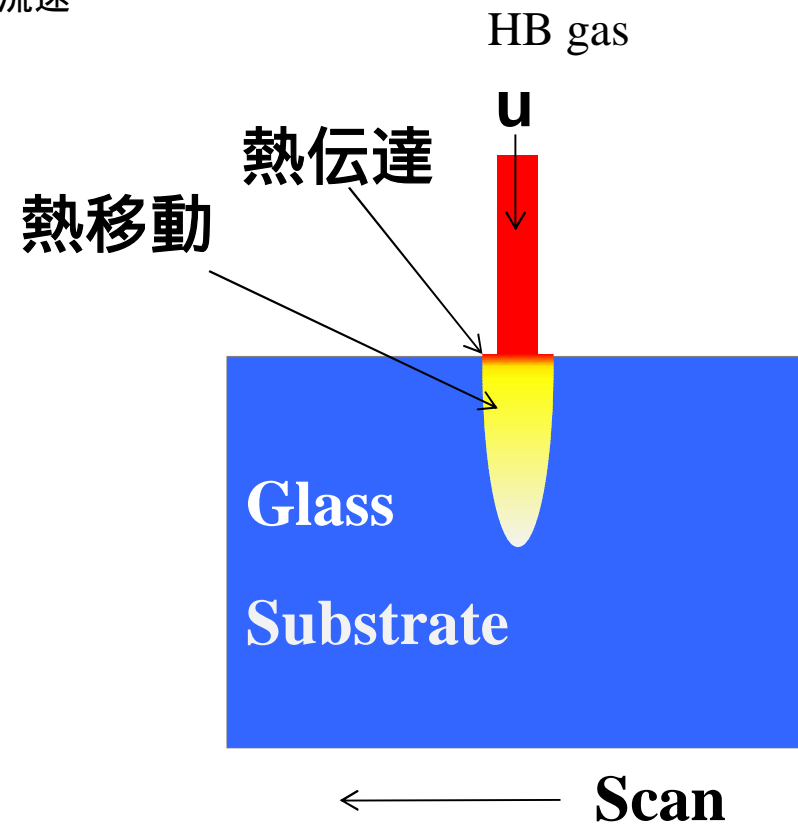
基板内の熱移動

熱伝播係数: 実験式 $d^2/a = t_{1/2}$

d: 厚み

a: 熱拡散率

$t_{1/2}$: 熱量半分の到達時間

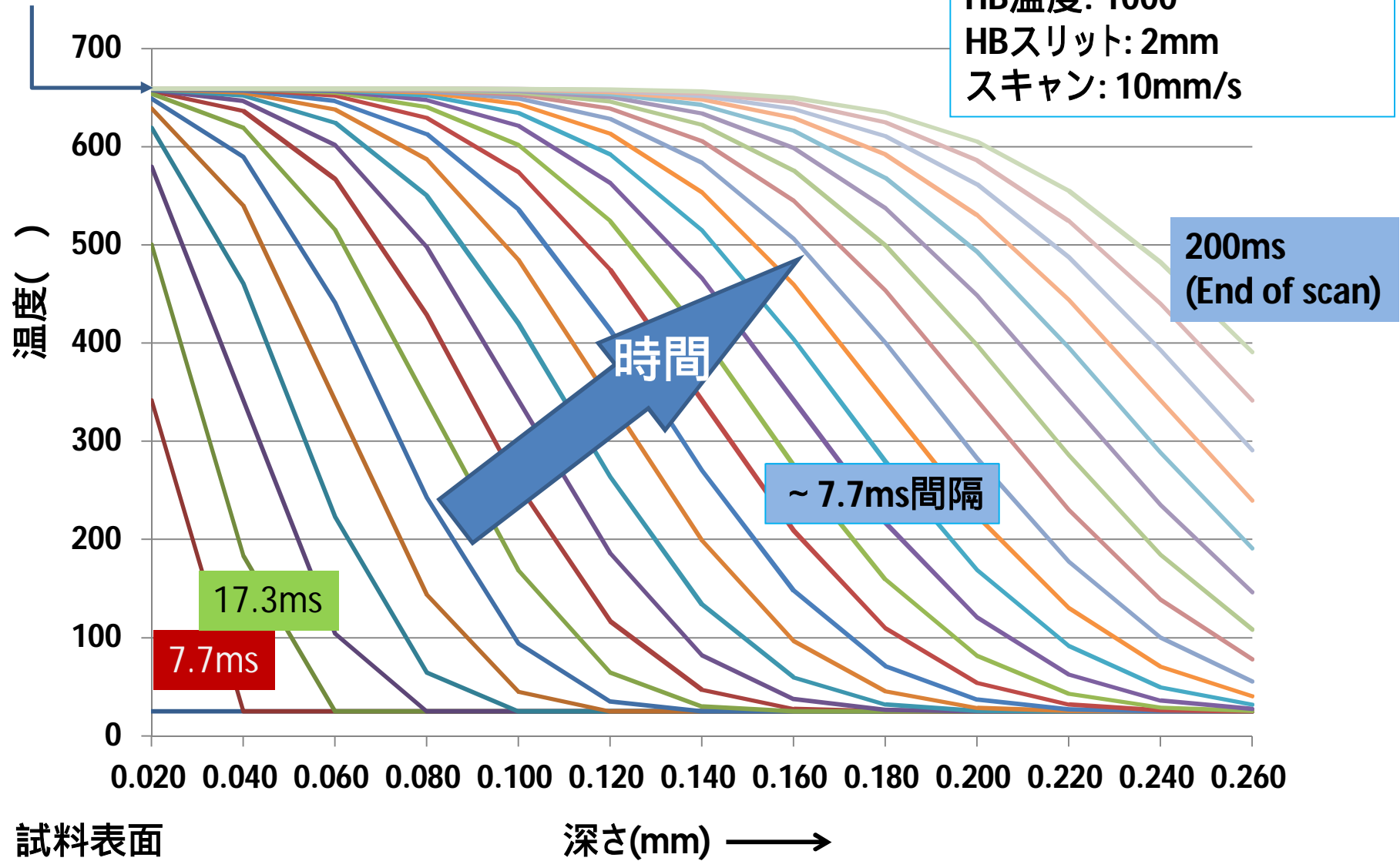


Philtech Inc.

基板内温度分布

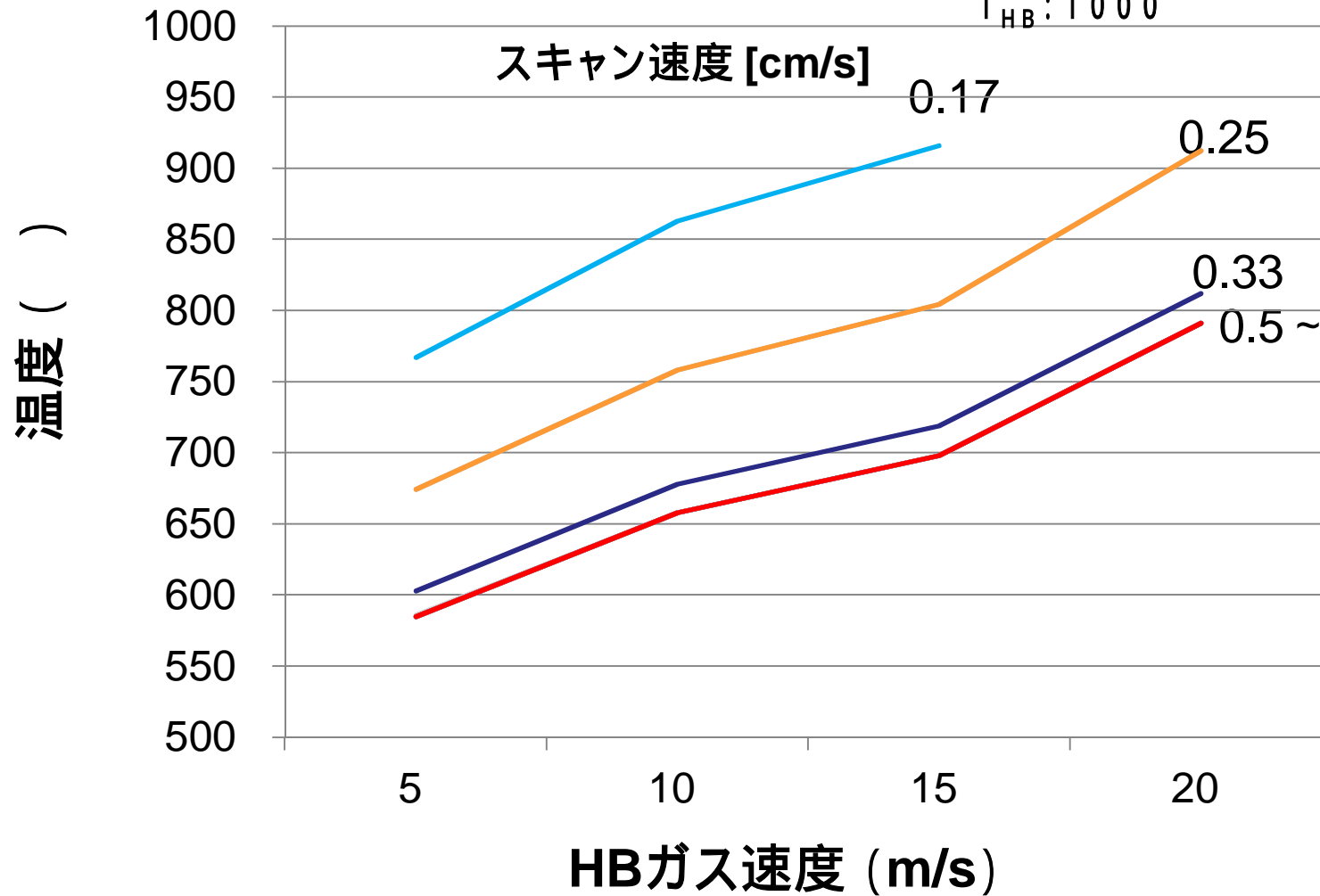
合わせた実験温度

試料: 厚さ1mmのガラス板
HB温度: 1000
HBスリット: 2mm
スキャン: 10mm/s



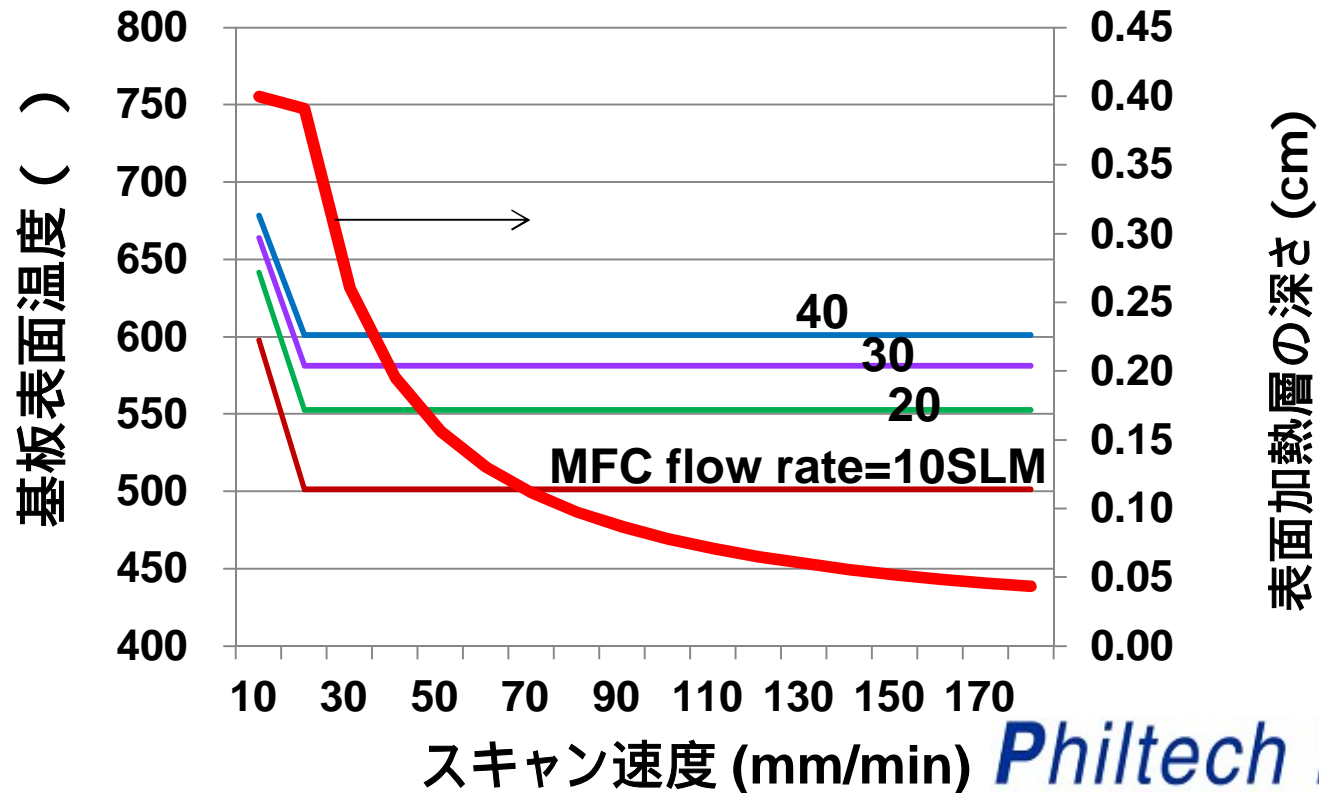
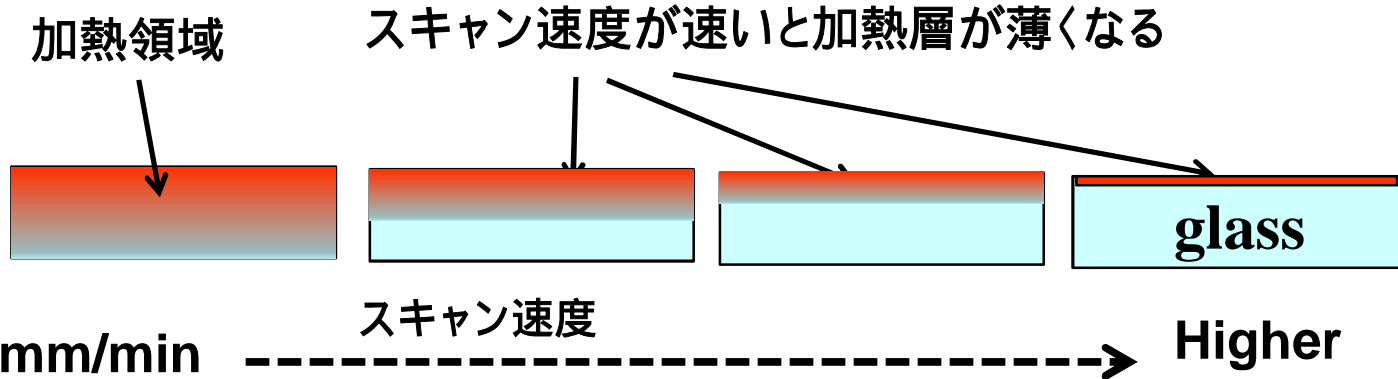
表面温度 ガス速度依存性

試料: 厚さ1mm のガラス板
 $T_{HB}: 1000$



HBアニールの表面加熱特性

- スキャン速度と表面加熱層 -



Philtech Inc.

表面加熱の応用



Poly crystalline Si

20 cm

Poly crystalline Si formed from thick amorphous Si
By HB annealing at 800°C
at a scan speed of 100mm/min



12.7cm

Poly crystalline Si (left half) formed
from thick amorphous Si (right half)
by HB annealing at 800°C

Amorphous Si

Surface annealing at high temperatures above substrate limits to form a film

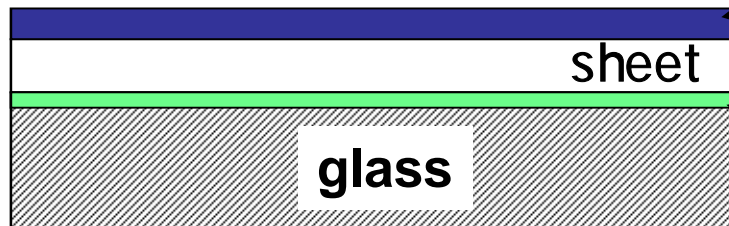
表面加熱の応用

Polycarbonate sheet(PC, 0.1 mm)
with a coated SiOC film
annealed by HB at 600 □

by a furnace (250°C)



Hardened SiOC



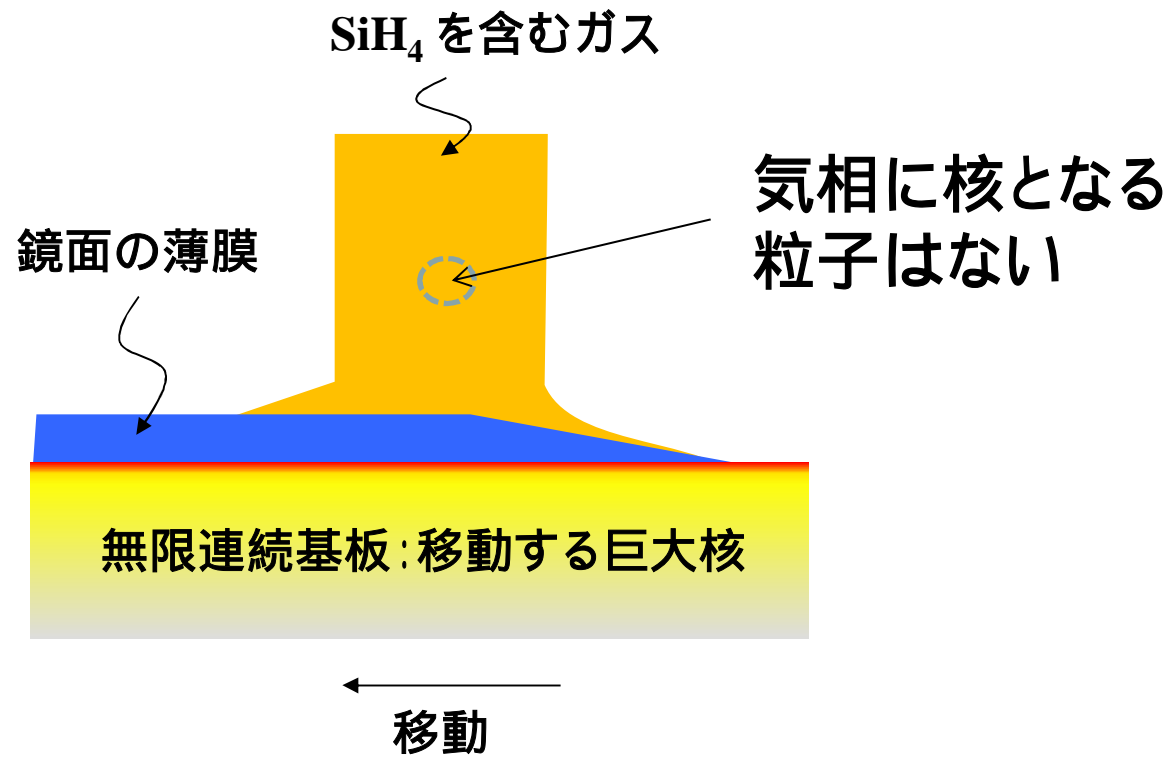
glue

HB-CVD の思想

- 1) CVDガスを加熱励起して基板に高速で吹き付け
- 2) 反応種を高速供給させる非平衡反応
- 3) 基板を大気から挿入して大気に引き出す連続成長
- 4) 基板の拡張は自由な装置構造



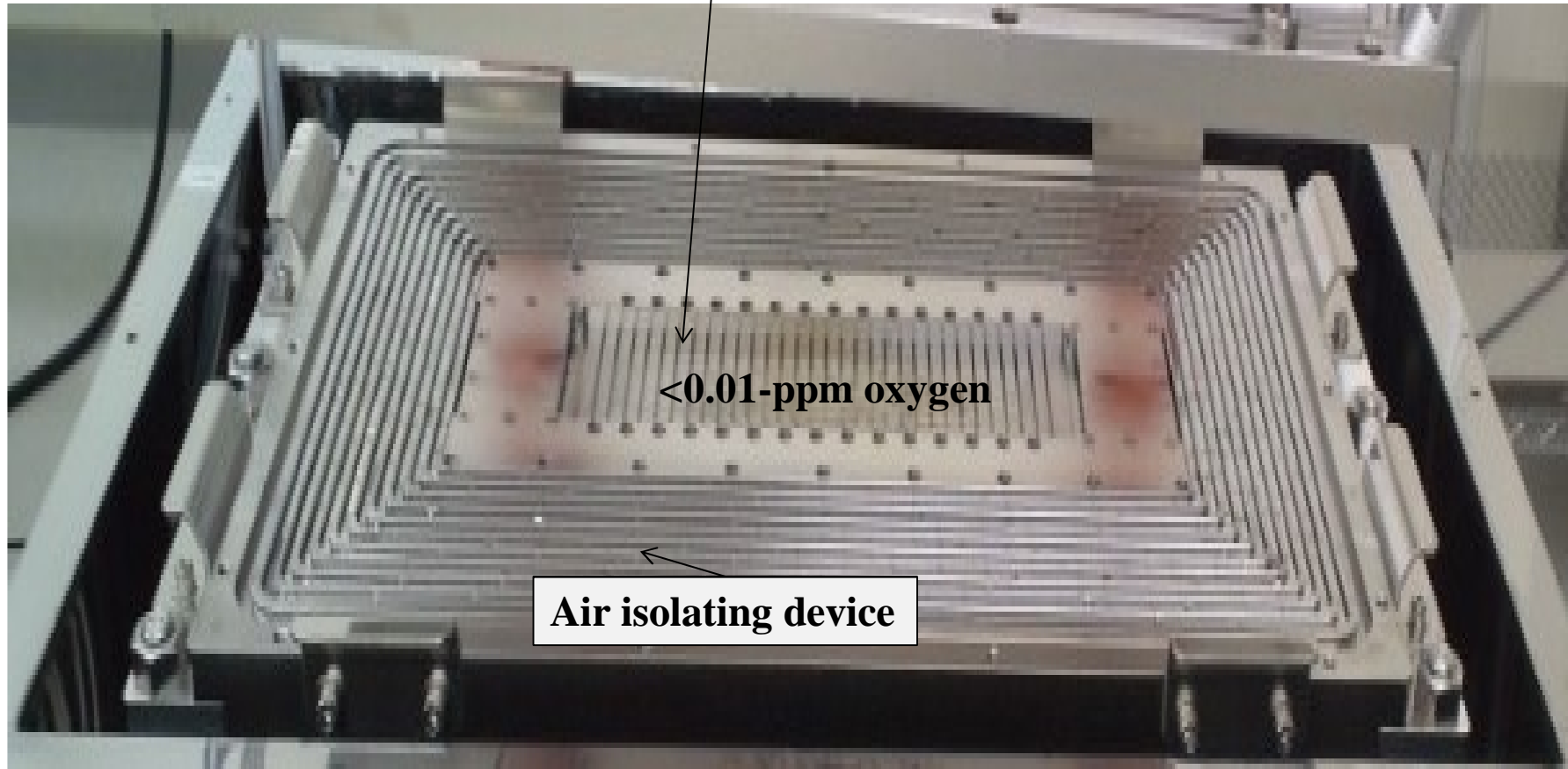
廉価に大型基板薄膜製造



HB-CVD

試作したHB-CVD室

Air-free CVD space

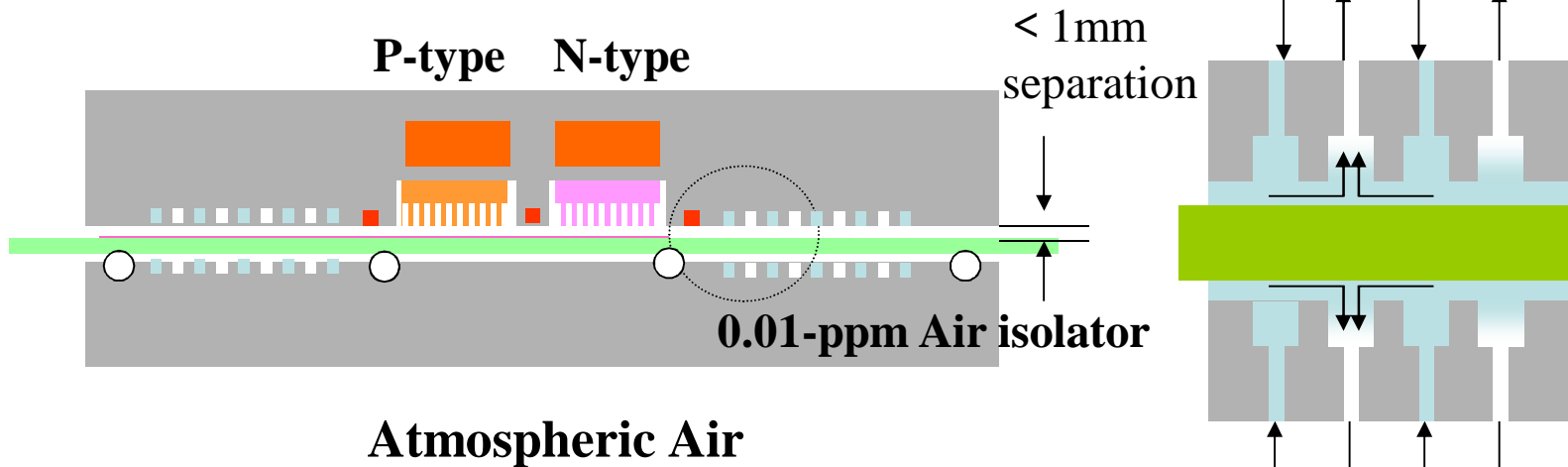


<0.01-ppm oxygen

Air isolating device

5

HB-CVD printer deposits PV films



Push-pull air-stopper and substrate-bearing at a high temperature up to 900°C

p/n junction film (Si, Ge, SiC) on a substrate (Si, Al, steel, glass)





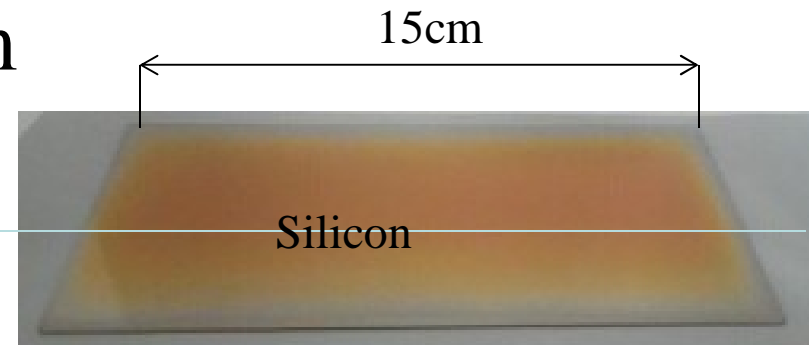
**HB-CVD tool
(200~800°C)**

H B - C V D proved a CVD-printer at a high temp.

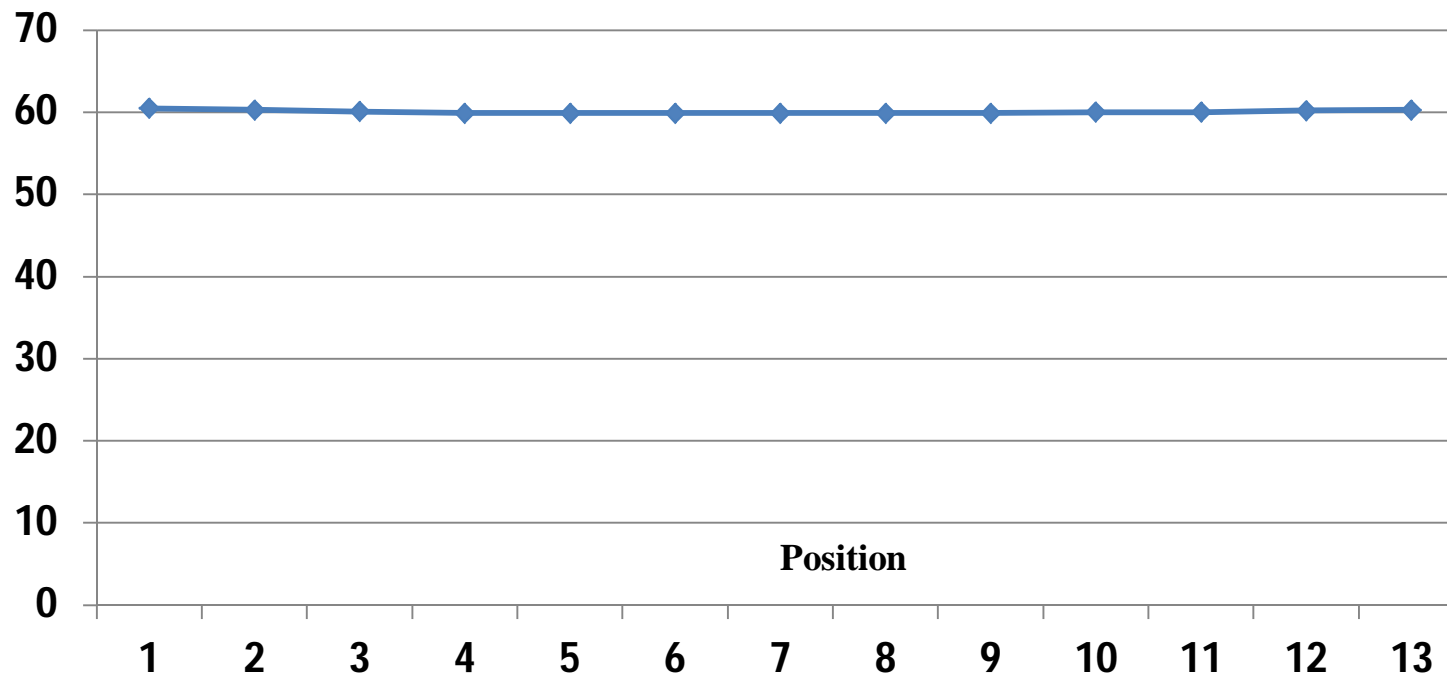
PhiPhiltech Inc.

Experimental result of HB-CVD silicon from SiH₄ + H₂ system

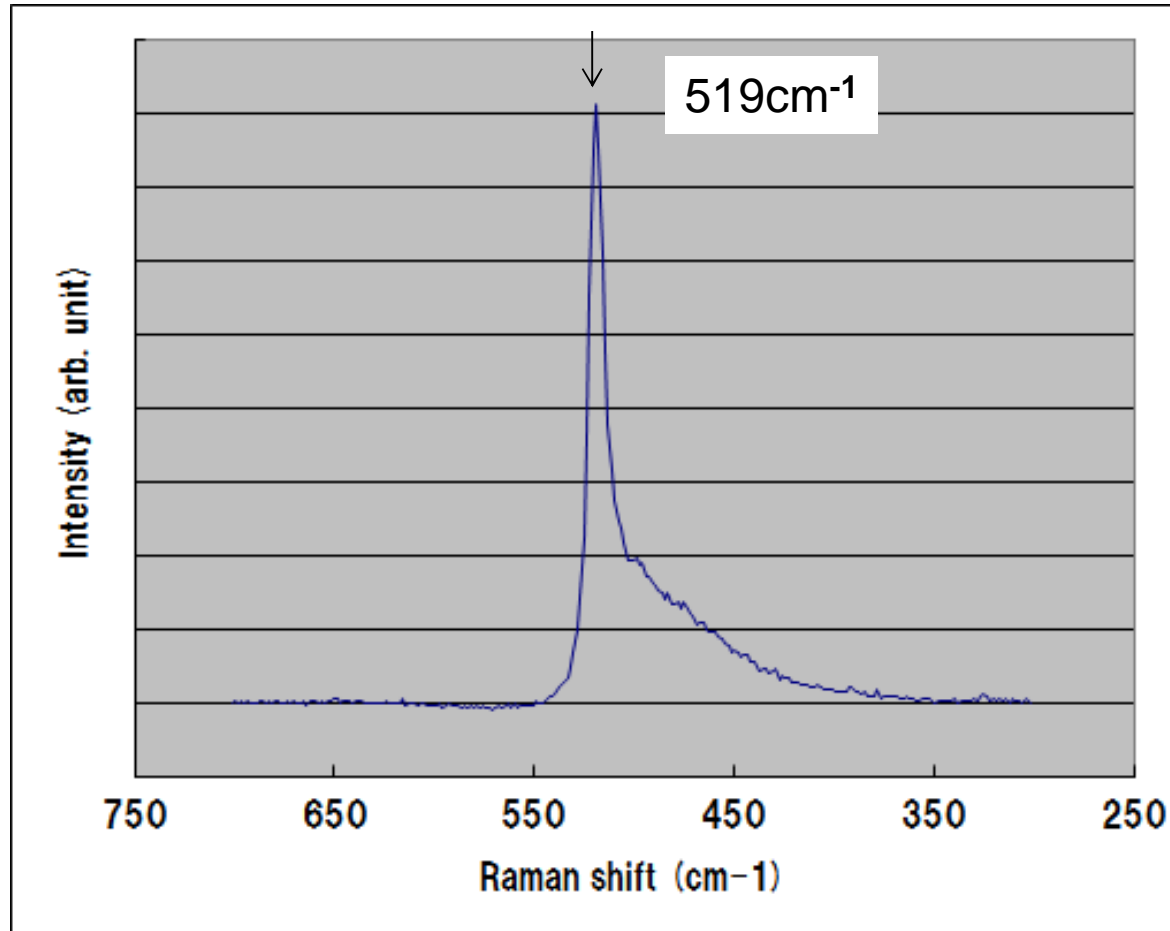
Silicon printed on glass (6 5 0)



Thickness(nm)



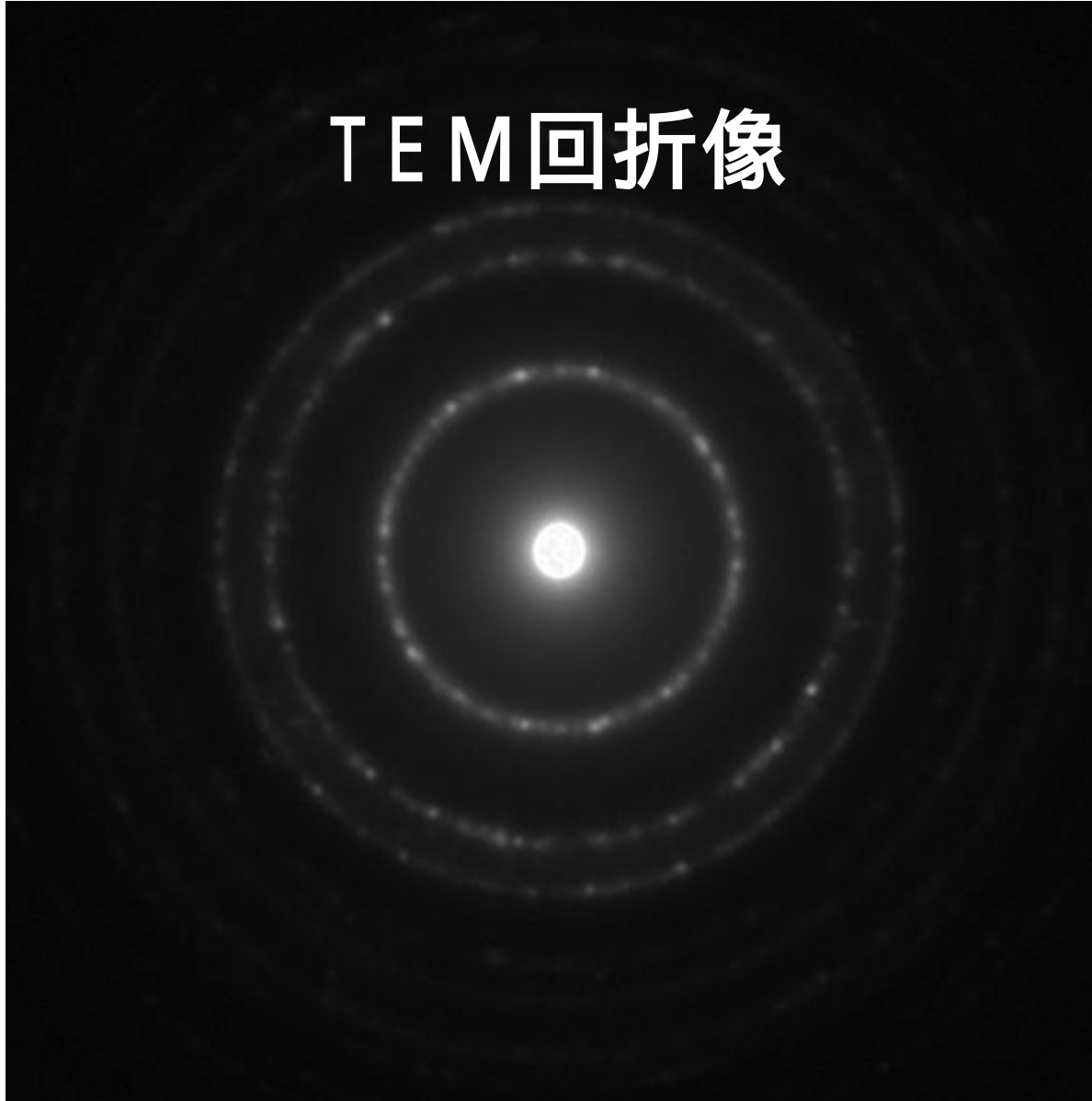
Philtech Inc.



成長シリコン膜のラマンシフト (cm⁻¹)

Philtech Inc.

TEM回折像



HB-CVDで可能と考える材料

将来の薄膜太陽電池材料

- Si結晶
- Ge結晶
- CIGS系膜
- Carbon膜
- ZnO膜
- TiN, TiO₂膜
- SiN膜
- GaN膜

まとめ

1. CVD反応ガスを加熱して基板に吹き付ける非平衡 Heat-Beam CVD装置を開発した。
2. 無限連続基板の上に大気圧下で結晶シリコン膜を成長させた
3. 無限連続基板の上に結晶膜を積層させる製造方法が可能となった。
4. 結晶積層とパタン絶縁膜、パタン導電膜と組み合わせて廉価な連続基板太陽光発電セルの製造に応用できる

謝辞

基板へのHBガスの熱流物理については、東京大学
マテリアル工学専攻霜垣教授にご教示頂きました。
ここに感謝申し上げます。