

温室効果ガス排出の少ない薄膜シリコン 太陽電池用チャンバークリーニング

(独)産業技術総合研究所 産業化戦略チーム 柄澤稔

関東電化工業株式会社 開発研究所 渋川分室 谷岡貴

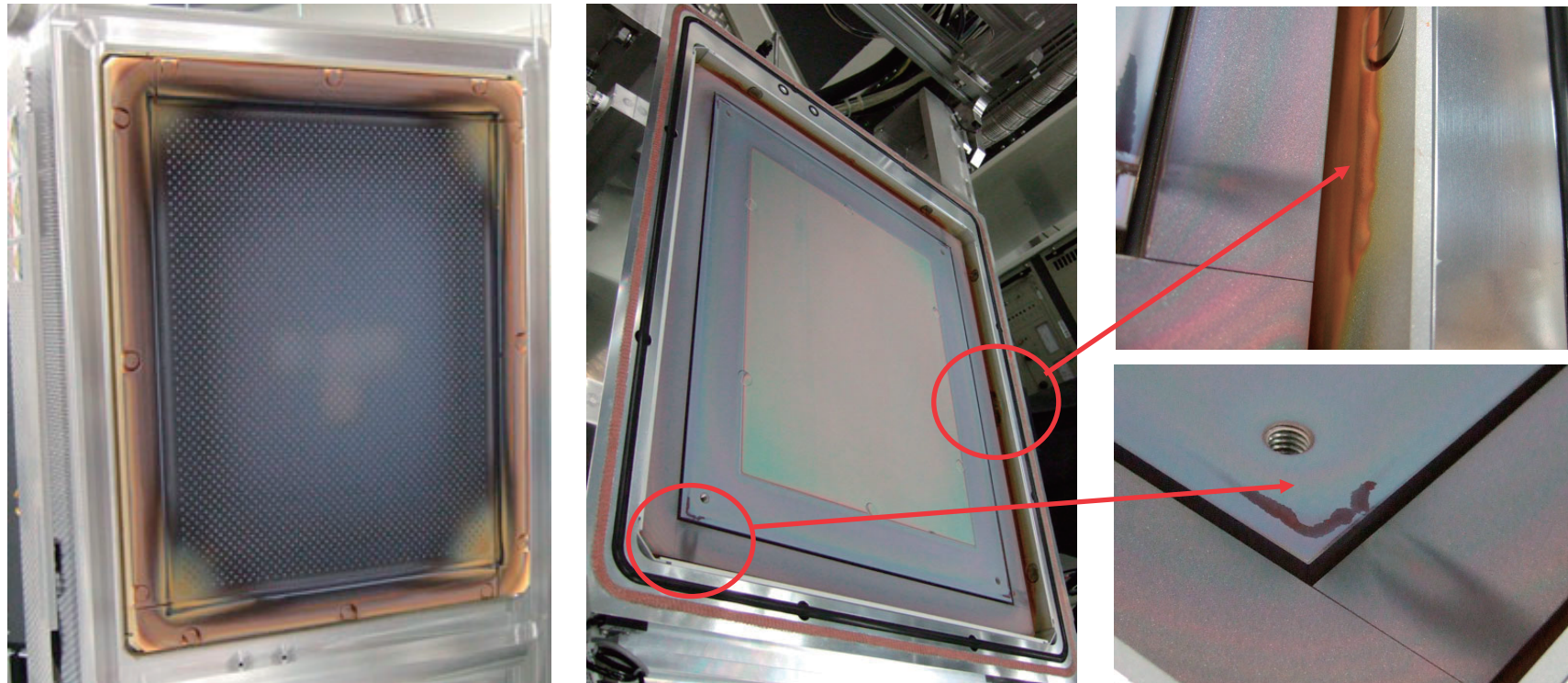
日本エアリキード(株)ジャパン・エア・ガシズ社

エレクトロニクス事業本部 技術開発部 亀岡崇史

アウトライン

- ・背景
- ・COF₂を用いたプラズマ放電
- ・COF₂のクリーニング特性
- ・膜への取り込み不純物
- ・薄膜Si太陽電池特性
- ・まとめ

製膜後のCVDチャンバー内部



シリコン膜が堆積したCVDチャンバー内部の写真。

チャンバー内壁からの膜剥がれ
 →デバイス特性劣化の一因。
 →定期的なクリーニングが必要。

背景

半導体製造工程で使用される一般的なクリーニングガスには NF_3 , SF_6 などがあるが、これらは温室効果ガスであり地球温暖化係数(GWP)が大きい。

ex. NF_3 のGWP = 10800

代替クリーニングガスとして低環境負荷なガスである COF_2 に着目。

- ・ COF_2 のGWPは1。→環境負荷小。
- ・取り扱いが容易で既存設備のボンベ置き換えで対応可能。

大気中のNF₃濃度

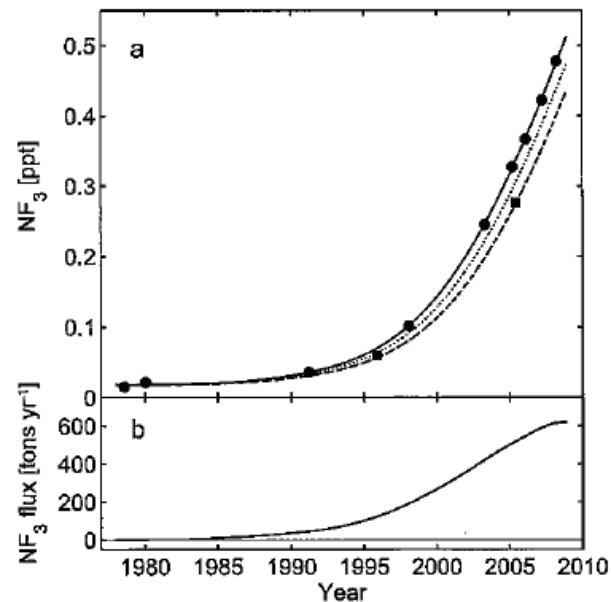


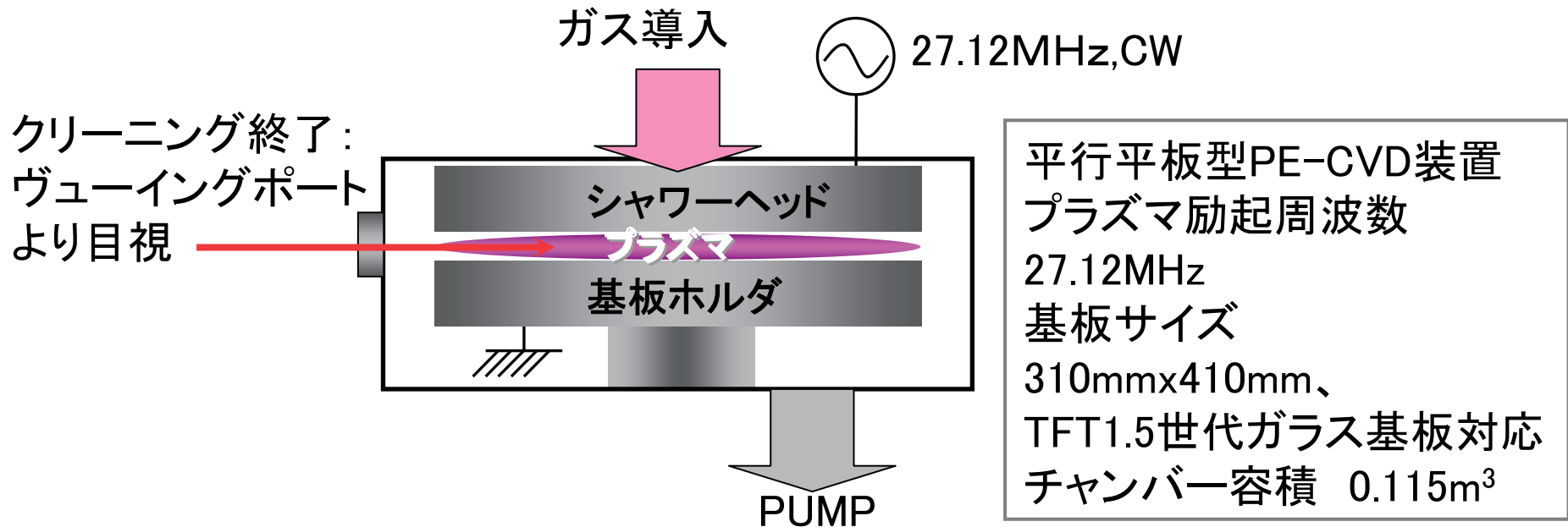
Figure 1. Measured and modeled atmospheric NF₃ concentrations and trends from 1978 to 2008. (a) Northern Hemisphere NF₃ measurements (ppt, dry air mole fraction) are shown as filled circles, together with the spline curve Northern Hemisphere trend (solid line) fitted to these measurements. The modeled Southern Hemisphere trend and modeled global mean trend are shown as dashed and dotted lines, respectively. Southern Hemisphere measurements are plotted as filled squares. (b) Modeled global NF₃ emissions flux in metric tons per year for the same time period.

Ref. Weiss et al., Geophysical Res. Lett., 35, L20821, 2008.

目的

1. COF₂ガスによるチャンバークリーニング特性調査
 - ・プラズマ放電
 - ・クリーニングレート
 - ・膜への取り込み不純物
2. COF₂クリーニングが太陽電池特性に与える影響調査
 - ・薄膜Si太陽電池作製

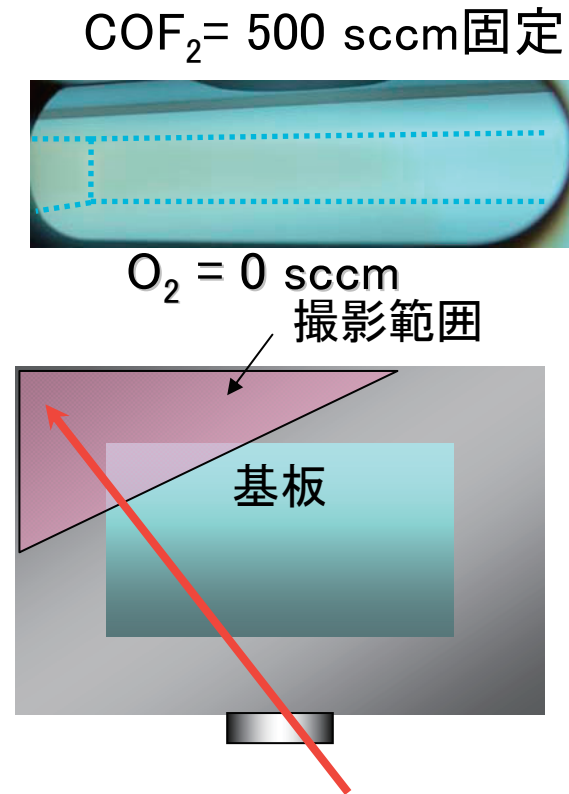
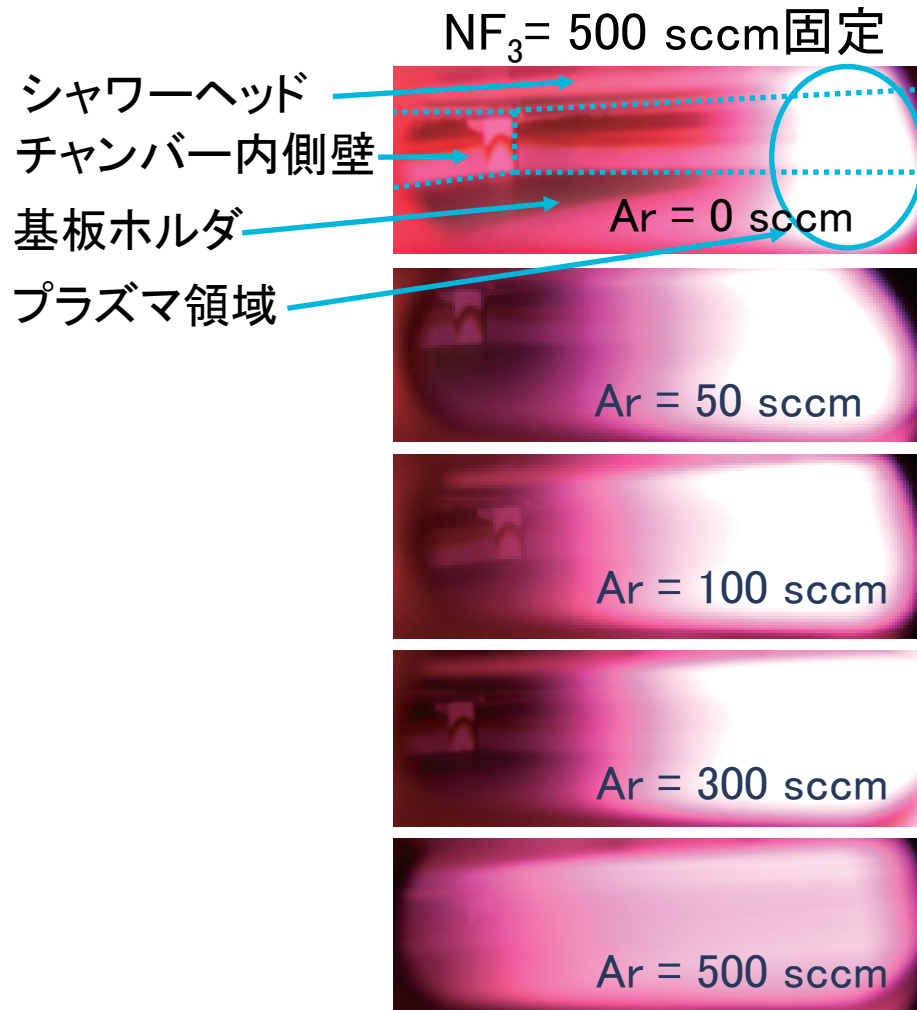
実験装置の概要



実験装置(ULVAC製CME-400)の概略図.

クリーニング時間測定のために、チャンバー内壁にはシリコン膜を堆積した
(基板ホルダ中央では微結晶シリコンであり、膜厚は393nmとし、クリーニング
レートは膜厚/クリーニング時間と定義した)。

プラズマ放電

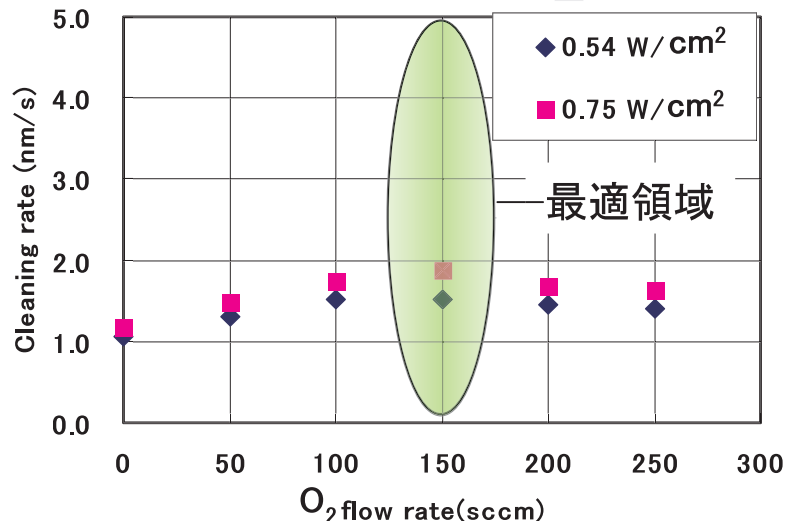


チャンバー上面図.

ビューイングポートから矢印の向きで撮影.

NF₃ではAr希釈率の上昇とともにプラズマが広がる傾向がある。
COF₂は希釈ガスなしでプラズマが広がる。

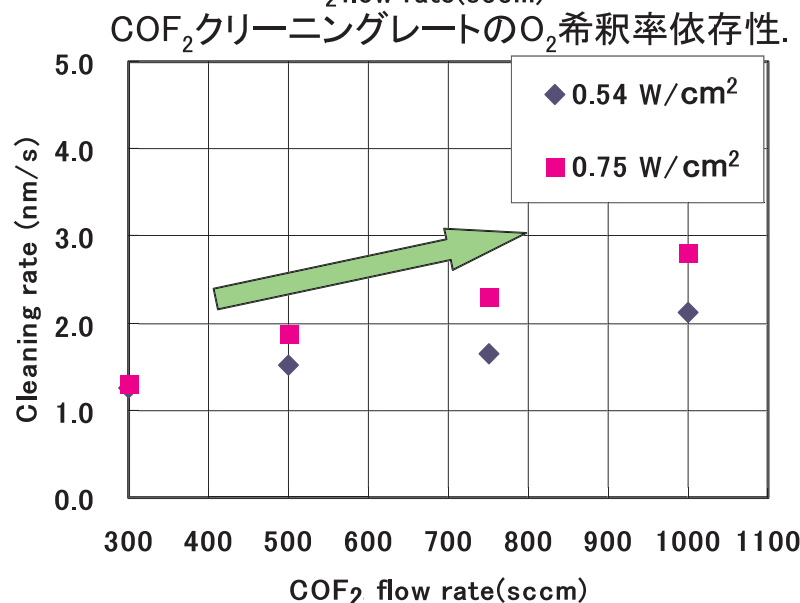
COF₂クリーニング特性



条件

ガス圧力 100 Pa
電極-基板 40 mm
COF₂流量 500sccm

→O₂添加によりクリーニング時間が短縮。
→COF₂とO₂の比率には最適値(10:3)が存在。



条件

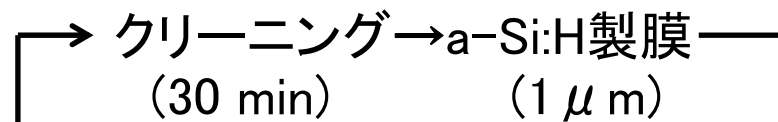
ガス圧力 100 Pa
電極-基板 40 mm
COF₂ : O₂ 流量比 10 : 3

→総流量とともにクリーニングレートが向上。

COF₂:O₂最適流量比率(10:3)におけるCOF₂クリーニングレートのCOF₂流量依存性

膜への取り込み不純物

SIMSサンプル作製シーケンス



4サイクル

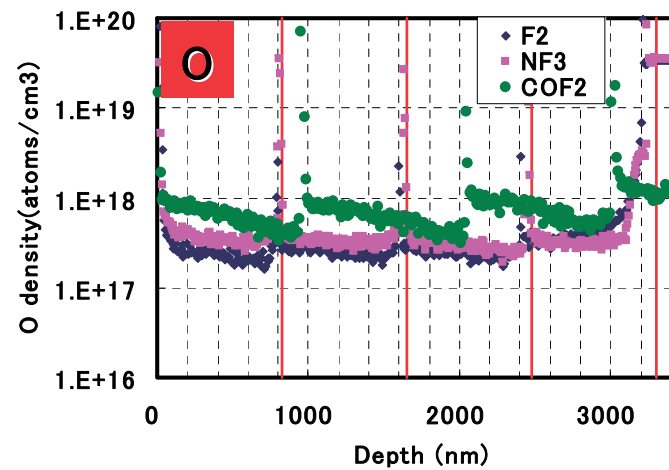
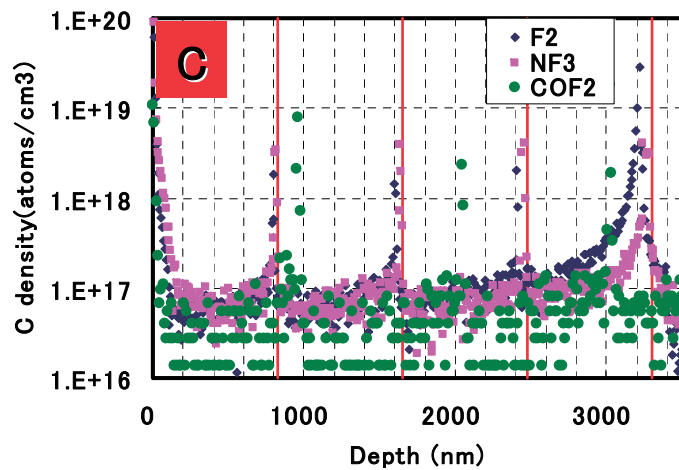
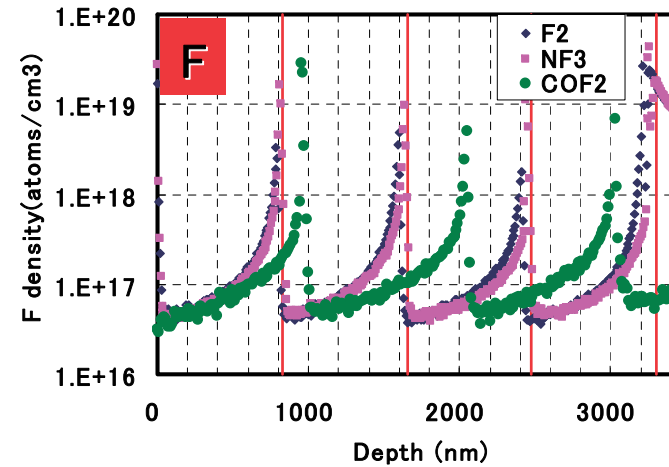
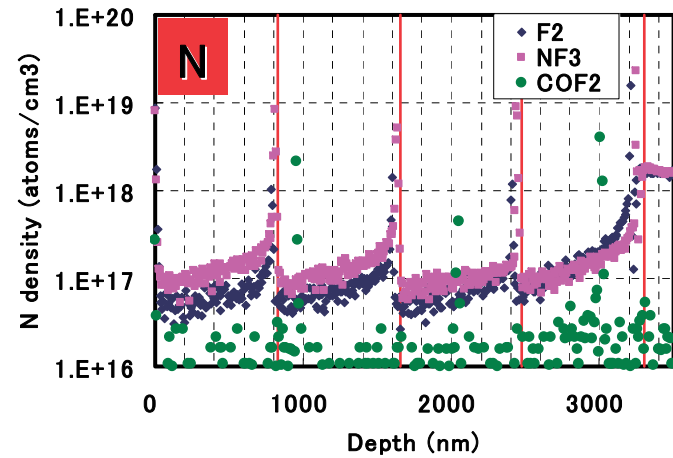
※クリーニング中、SIMSサンプル基板はロードロック室に搬送、保存。

クリーニング条件

COF ₂ /O ₂ =	500/150 sccm
ガス圧力	100 Pa
電極-基板間距離	40 mm
rf電力密度	0.75W/cm ²

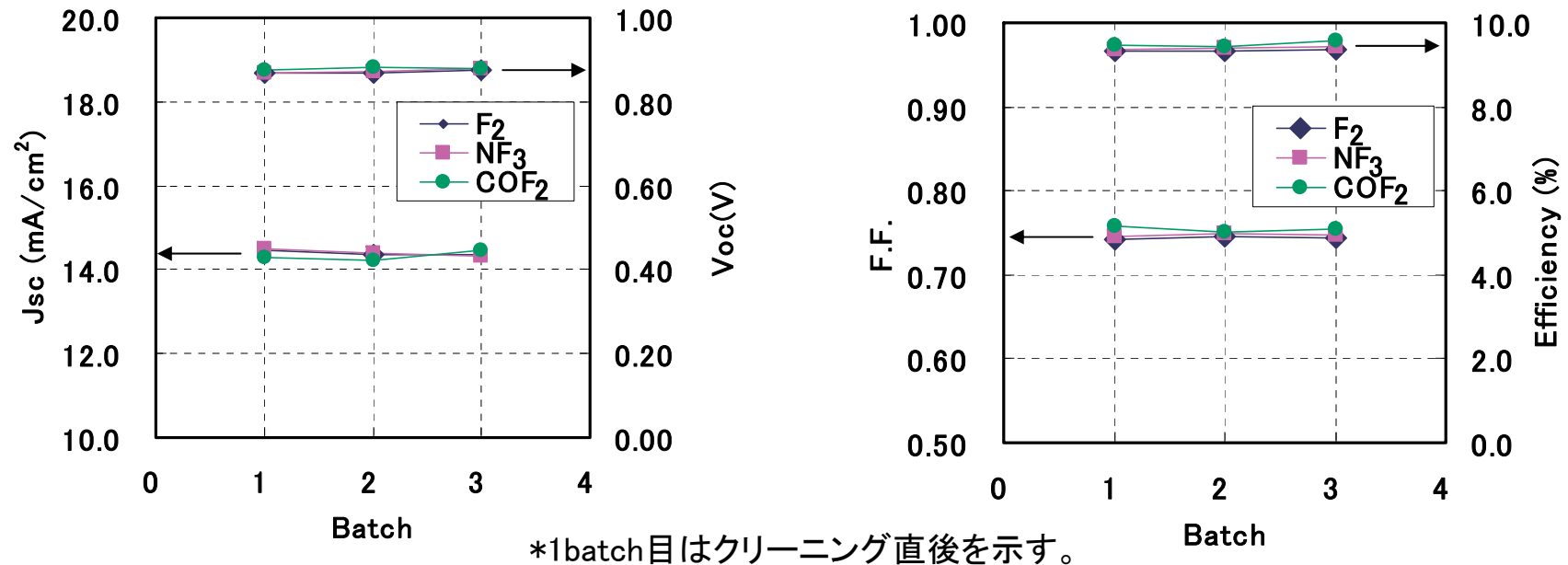
NF ₃ /Ar =	100/50 sccm
F ₂ /Ar =	100/0 sccm
ガス圧力	100 Pa
電極-基板間距離	40 mm
rf電力密度	0.54W/cm ²

SIMSプロフィール



アモルファスSi膜内不純物のSIMSプロフィール.

クリーニング後のアモルファスSi太陽電池特性

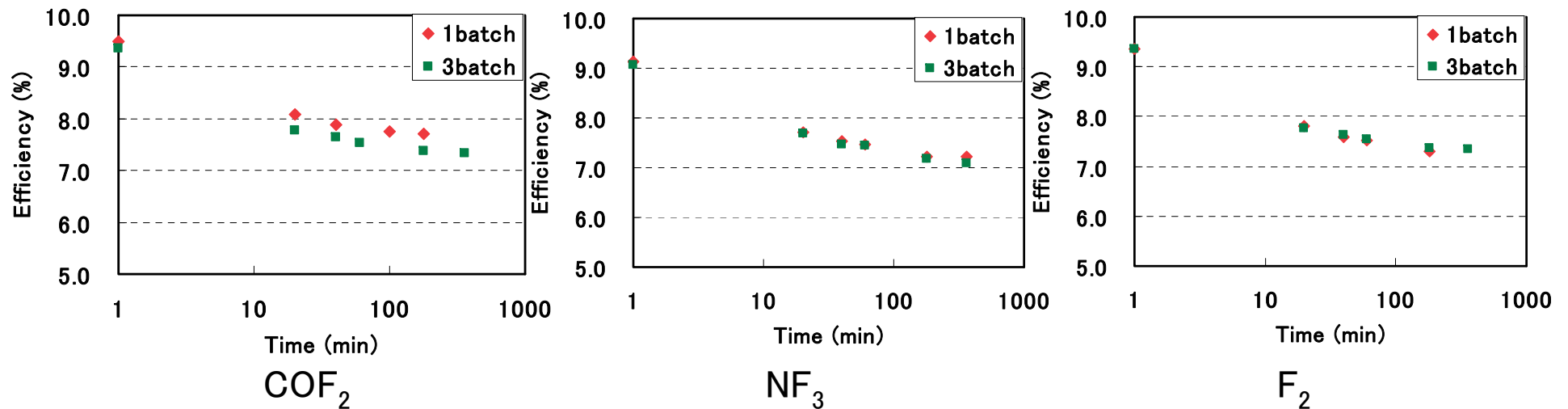


クリーニング直後からのアモルファスSi太陽電池特性のバッチ数依存性。

→NF₃, F₂と同様COF₂においても特性は良好。

クリーニング直後と3バッチ目のアモルファスSi 光劣化特性比較.

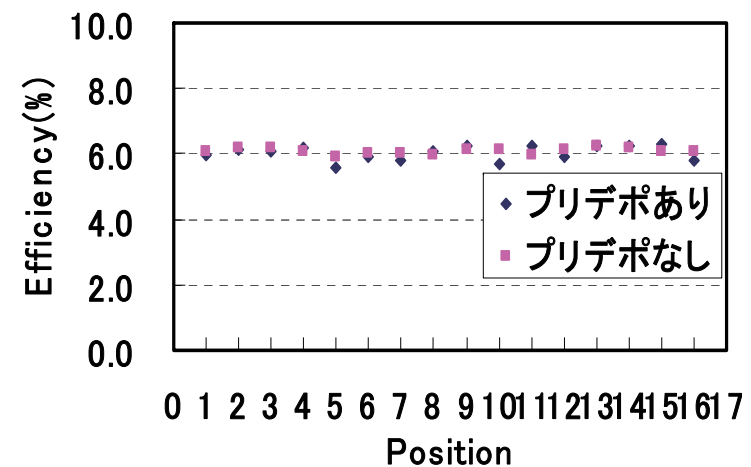
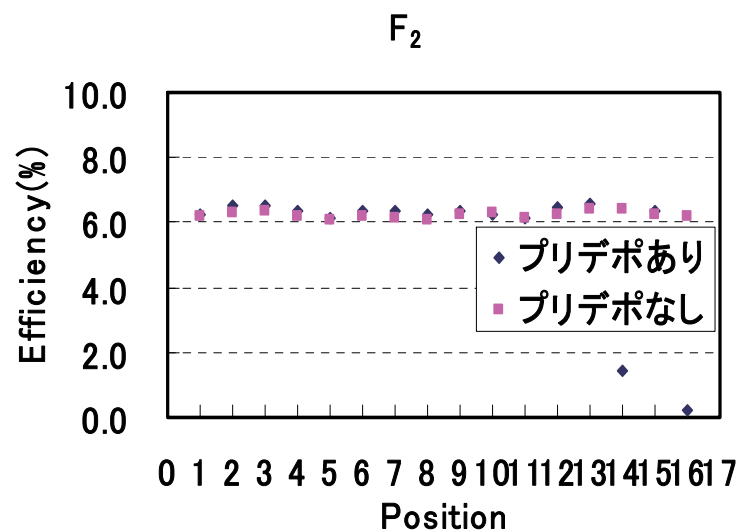
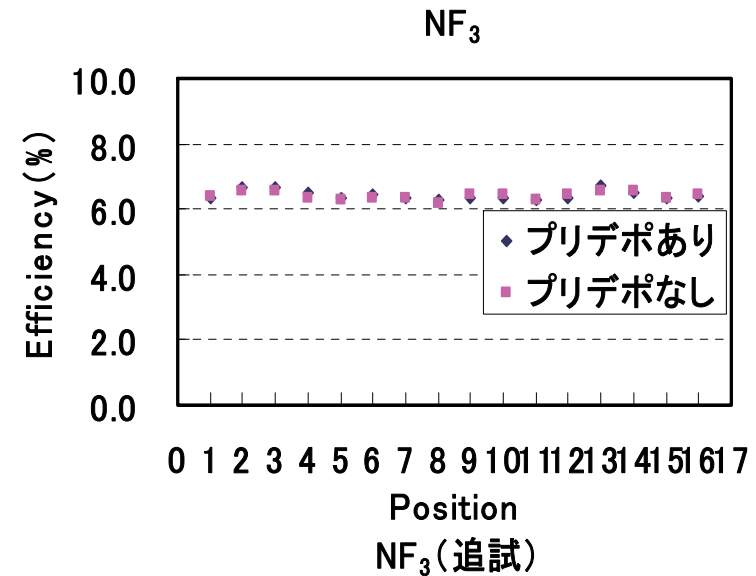
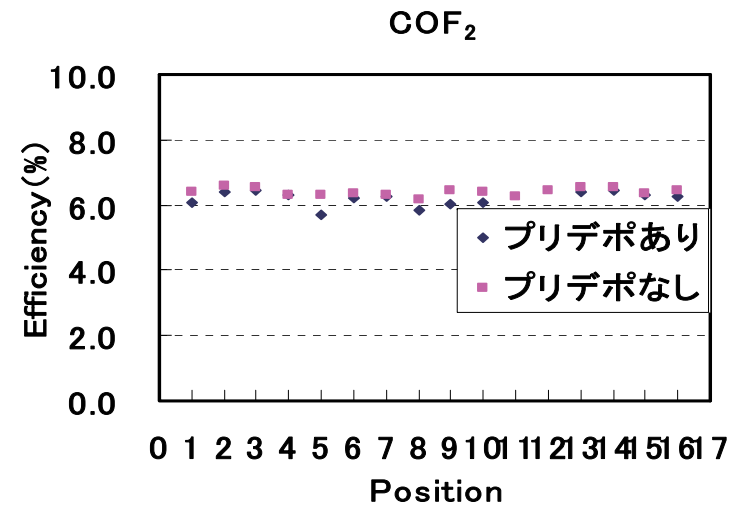
光劣化条件: 3 sun, 60°C



クリーニング直後と3バッチ目のアモルファスSi太陽電池光劣化特性比較.

全ガス種についてクリーニング直後(=1バッチ目)と3バッチ目の劣化率は概ね20%。
→ガス種によって劣化率は異なる。

クリーニング直後プリデポなしとプリデポありの場合の微結晶Si太陽電池特性



まとめ

- ・ 低環境負荷ガスであるCOF₂ガスをクリーニングガスとして適用した。
- ・ COF₂プラズマを用いたチャンバークリーニングは太陽電池製造工程に適することを見出した。
- ・ COF₂の場合、O₂添加なしで放電が広がり、最適添加率で総流量を増やすことによりクリーニングレートが向上することを見出した。