

HZDR Blitzlab, 6. April 2022



In-vacuo Integration einer Blitzlampentemperstation in eine Durchlaufbeschichtungsanlage – „from Lab to Fab“

Dr. Jörg Neidhardt, Thomas Preußner

Inhalt

1) Über das Fraunhofer FEP

2) Motivation

3) FLA-Setup am Fraunhofer FEP

- Prinzipnachweis inline FLA
- Aufskalierung des inline FLA –Prozesses
- Behandlung großer Substratflächen
- Langzeitstabilität des FLA-Prozesses

4) Zusammenfassung

Über das Fraunhofer FEP

Das Institut in Zahlen

- Beschäftigte 182
- Gesamtaufwand 25,6 Mio. €
- Industrieerträge 9,3 Mio. €
- Öffentliche Erträge 10,5 Mio. €
- Investitionen 1,4 Mio. €

(Stand März 2021 | Abschluss 2020)

Institutsleitung

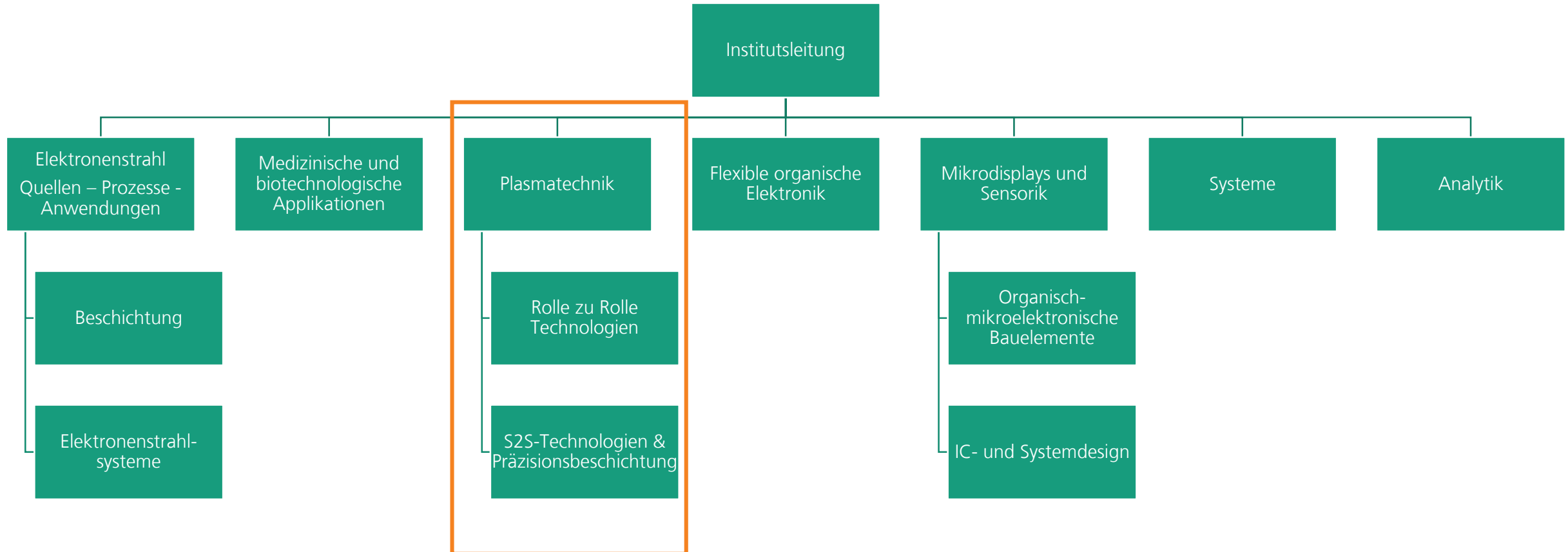


Prof. Dr. Elizabeth von Hauff



Über das Fraunhofer FEP

Organigramm der Fachabteilungen



Über das Fraunhofer FEP

Abteilung S2S-Technologien & Präzisionsbeschichtung

Bearbeitung diverser Themenfelder:

- Präzisionsoptik
- Piezoschichten
- Großflächenbeschichtung
- Prozessieren von ultradünnem Glas
- Kurzzeitempervverfahren
- Magnetische Schichten
- Sensorschichten
- ...

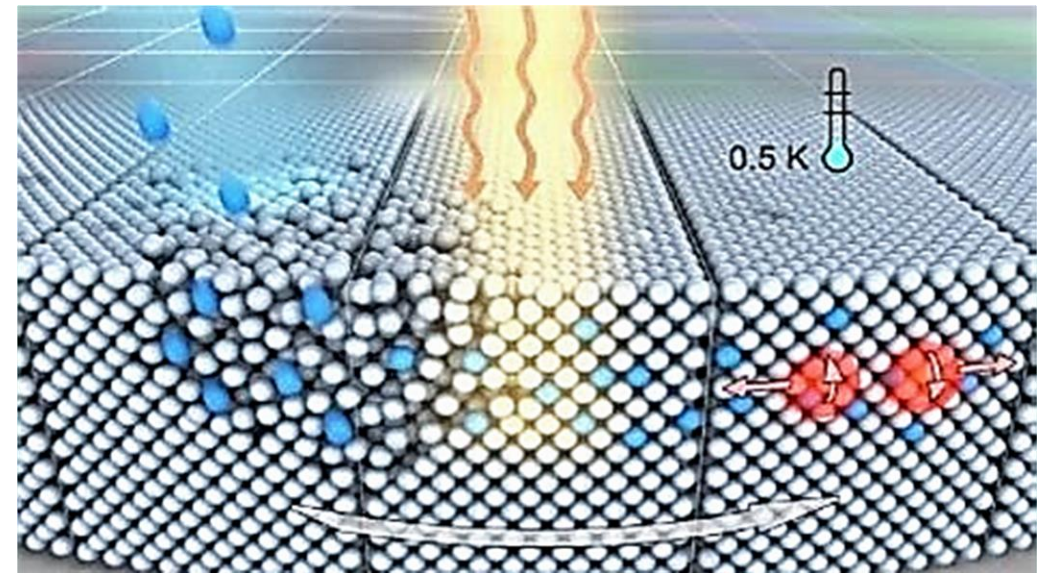
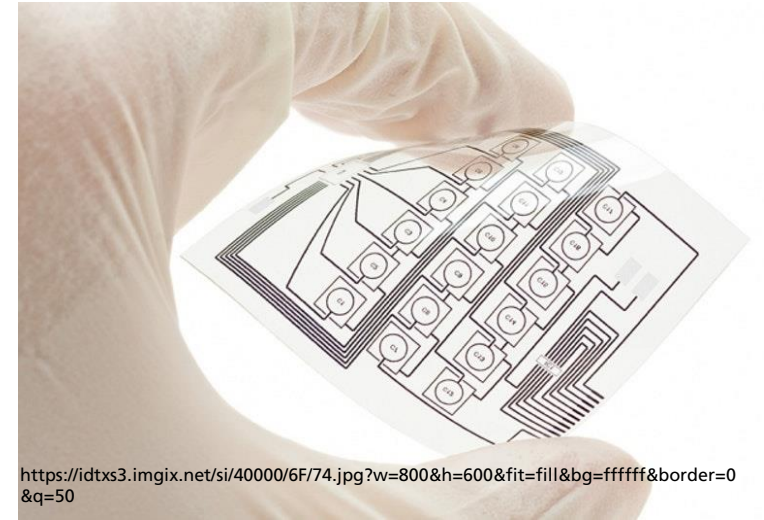
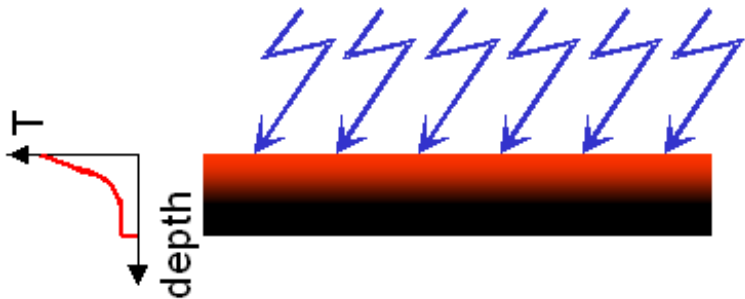


Motivation

Einsatz von Flash Lamp Annealing (FLA) auf großen Substratflächen

Vorteile des FLA-Prozesses

- Geeignet für temperatursensitive Substrate
- Implementierung in bestehende Prozesskette ohne größeren Aufwand möglich
- Ultraschnelle Prozessführung
- 90% Energieersparnis im Vergleich zu konventionellen Ofentemperverfahren
- Einsatzmöglichkeiten in vielen Anwendungsbereichen



FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Vertikale inline Anlage ILA900



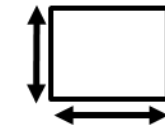
10 Prozessstationen



DC und PMS

PVD und PECVD

Planar und Rohr



max. 600 x 1200 mm²



Raumtemperatur

Vor- und Nachheizen

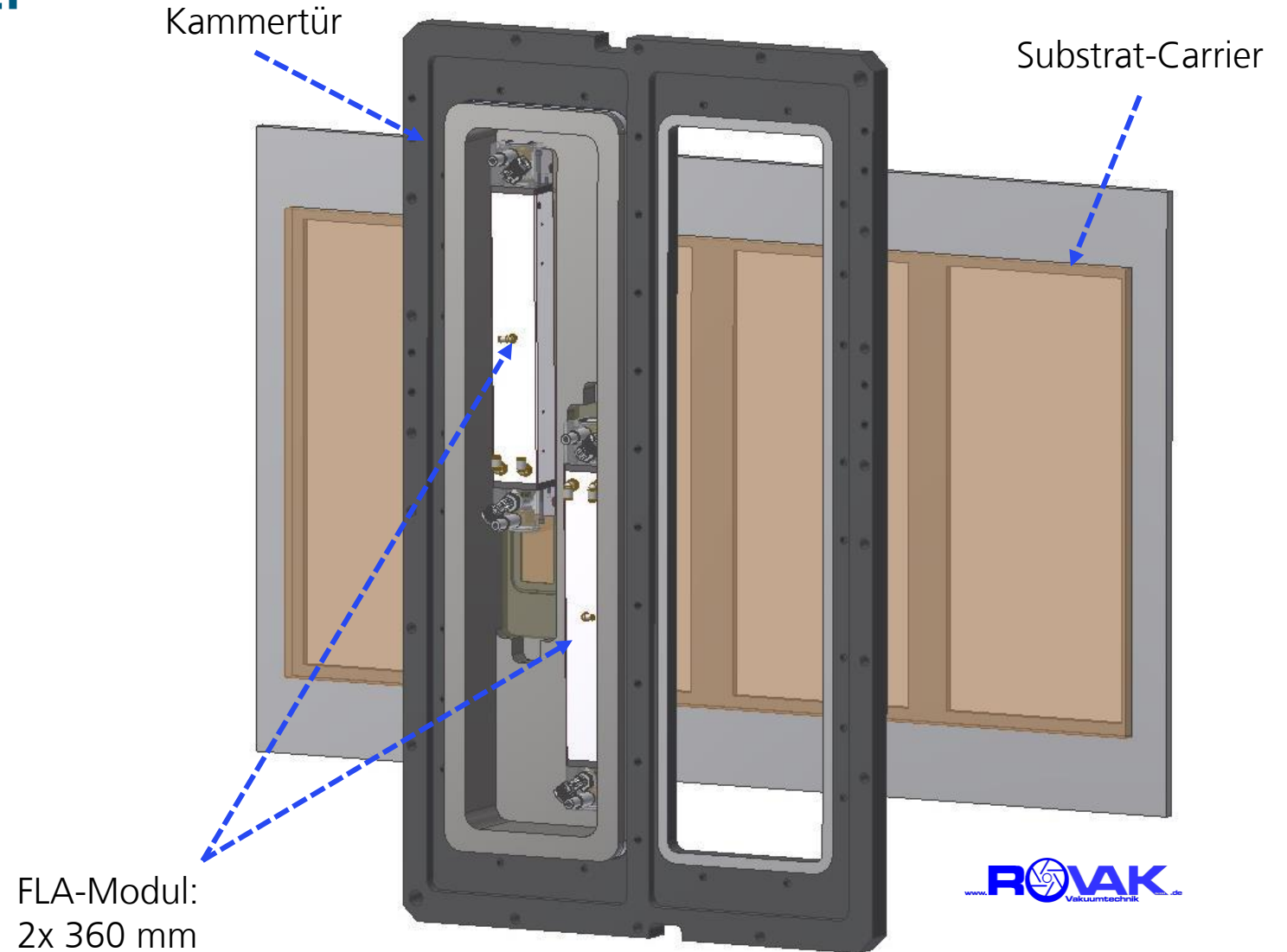
FLA

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Prinzipnachweis – inline FLA

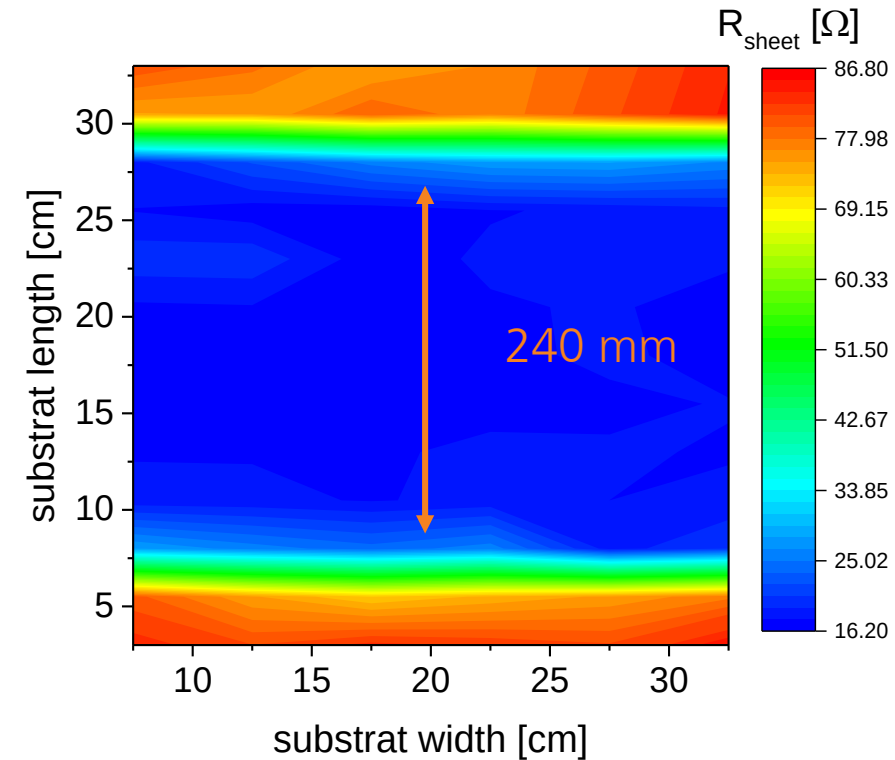
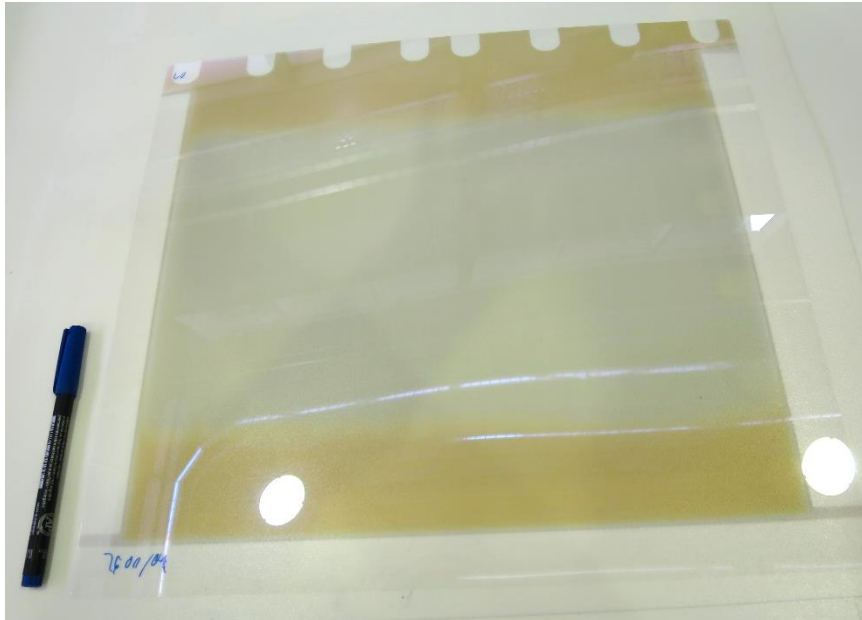
Prozesseigenschaften:

- Lampenlänge : 360 mm
- Lampenanzahl: 2
- Behandlungsbreite 670...700 mm
- Blitzwiederholfrequenz: max. 5 Hz
- Pusedauer: 0,3...2,7 ms
- Energiedichte: max. 32 J/cm²



FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Prinzipnachweis – inline FLA



Prozesseigenschaften:

- 150 nm ITO auf 100 μm Corning® Willow® Glass (360 x 400 mm²)
- FLA: $E = 20 \text{ J/cm}^2$, $t_{\text{puls}} = 2 \text{ ms}$, $v_{\text{substrat}} = 1,2 \text{ m/min}$

M. Junghänel et al., SVC 2016, Proceedings, Ref.-Id.: L-7

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Aufskalierung des inline FLA -Prozesses

Ausgangszustand

- Nachweis inline FLA Konzept erbracht
→ Überlapp der Blitzzone zur Behandlung großer Flächen möglich

Entwicklungsziele zur Behandlung großer Substratflächen

- Erhöhung der Lampenlänge
- Einsatz eines Stromversorgungskonzeptes, das folgende Prozesseigenschaften beinhaltet
 - a) Hohe Blitzfrequenz
 - b) Ausreichende Blitzenergie
 - c) Langzeitstabiler und reproduzierbarer FLA-Betrieb

substrate width [mm]	format	number of flash lamps		
		arc length [mm]		
		360	750	1000
260		1	1	1
600	GEN 3.5	3	1	1
730	GEN4.5	3	2	1
1100	GEN5	5	2	2
1500	GEN6	6	3	2
2160	GEN8	9	4	3
3300	Jumbo	13	6	4

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Aufskalierung des inline FLA -Prozesses



Arc-Länge: 750 mm



0.9 – 9.5 ms



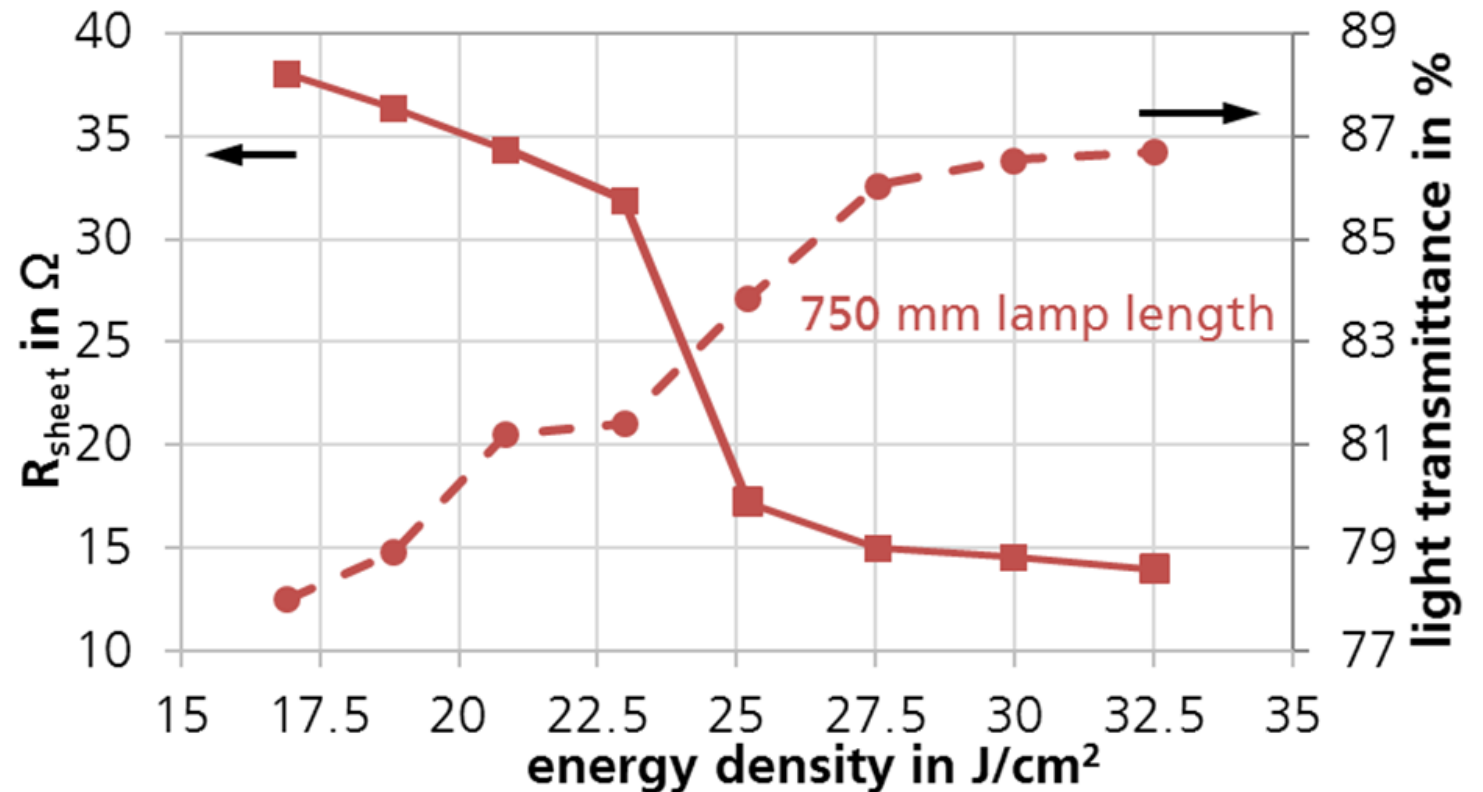
max. 60 J/cm²

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Aufskalierung des inline FLA -Prozesses

Behandlung von ITO-Schichten

- **Test an ITO-Schichten, Dicke : 150 nm**
 - Glas, Dicke: 3 mm
 - Ausgangswiderstand: $\sim 50 \Omega/\text{sq.}$
- **Nach FLA-Behandlung**
 - Widerstand $< 15 \Omega/\text{sq.}$
 - Transmissionsgrad* um ca. 10% erhöht



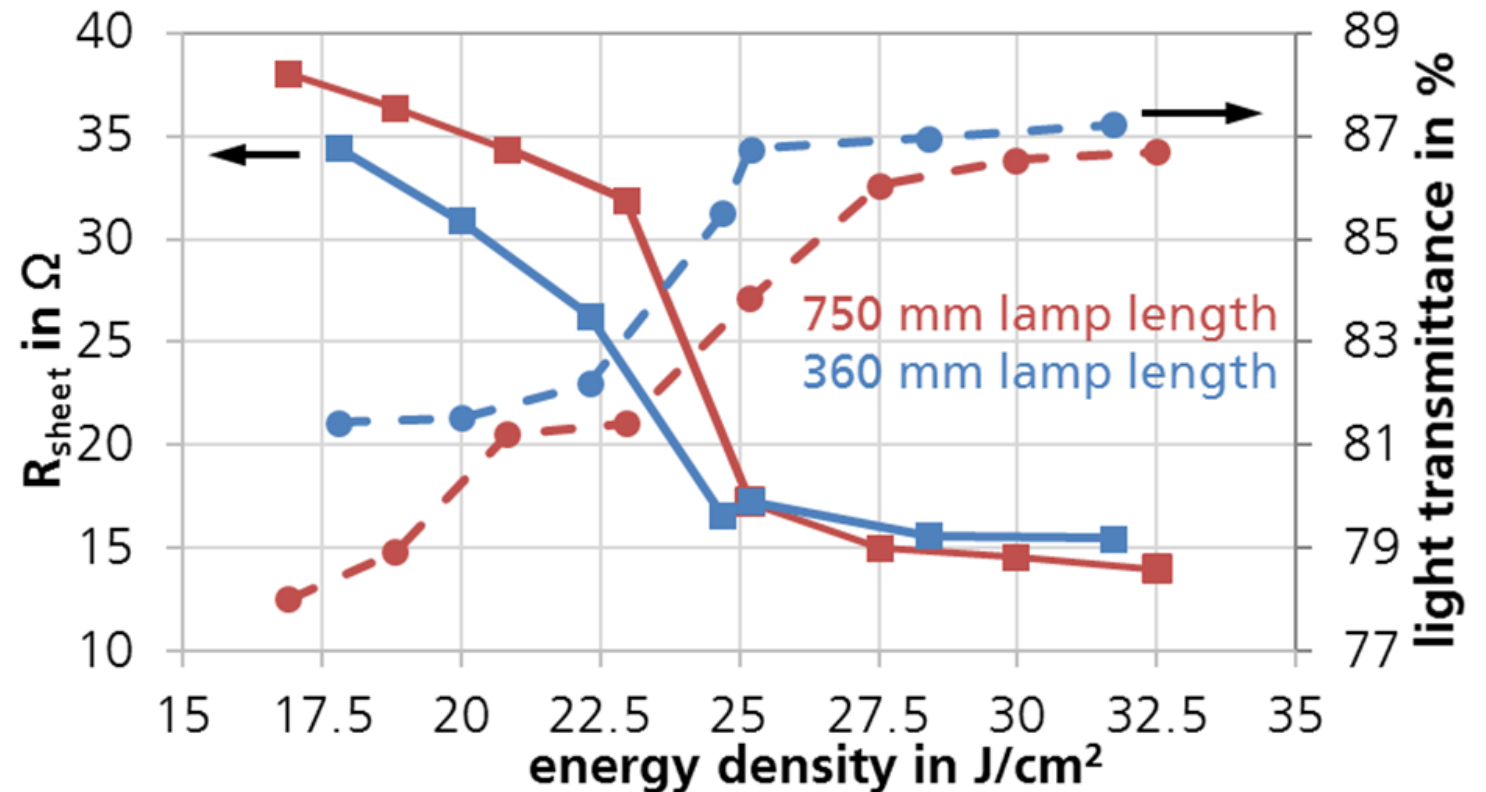
*Transmissionsgrad T_{vis} nach DIN EN410

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Aufskalierung des inline FLA -Prozesses

Vergleich der Lampenlänge

- Skalierung der Lampenlänge möglich unter Beibehalten der Schichteigenschaften nach dem Temperprozess
- Notwendiger Energieeintrag für ITO-Schichten im Bereich von ca. 25 J/cm²



J. Westphalen, 61th SVC TechCon, May 2018, LT11

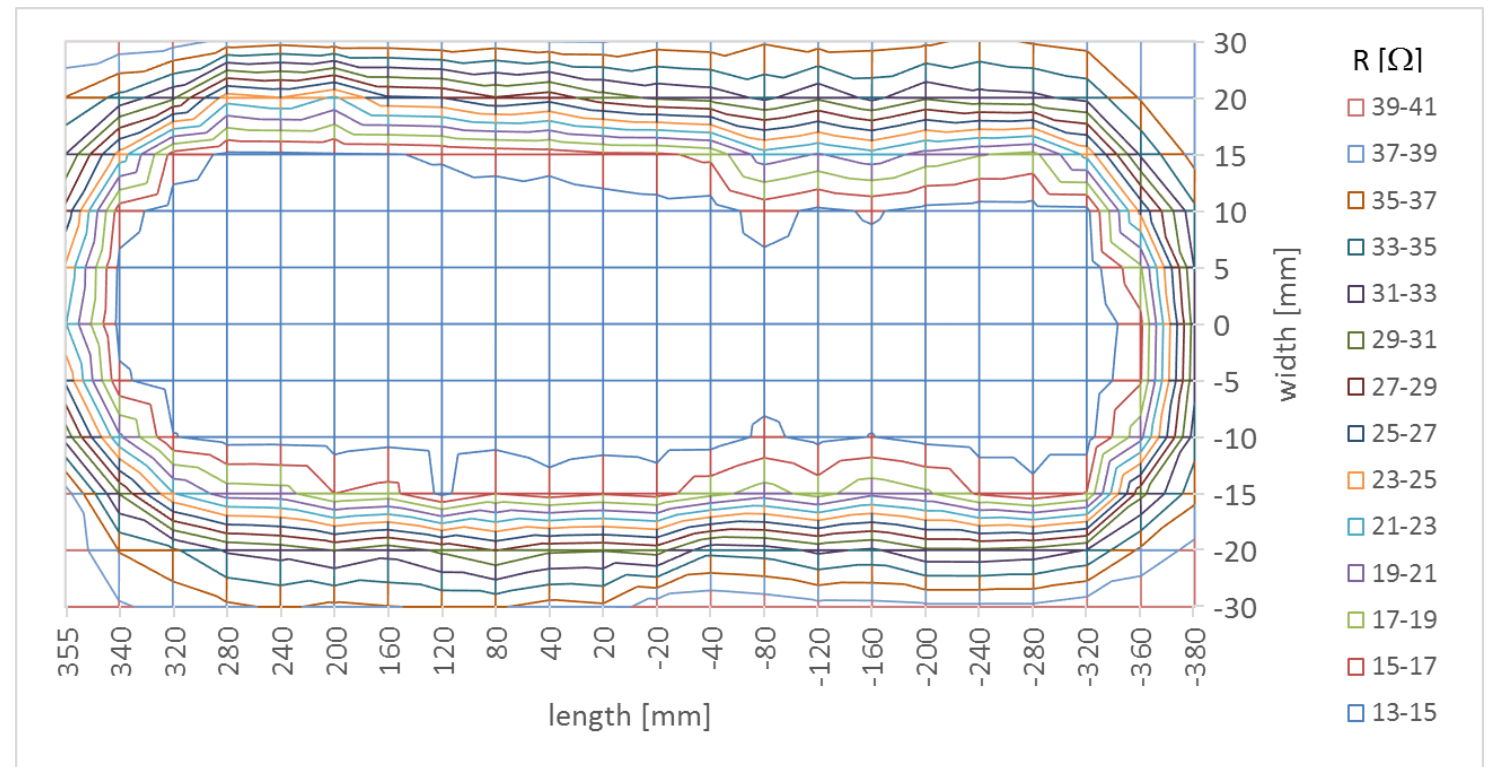
J. Westphalen, 62th SVC TechCon, May 2019

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Behandlung großer Substratflächen

Statischer FLA-Abdruck

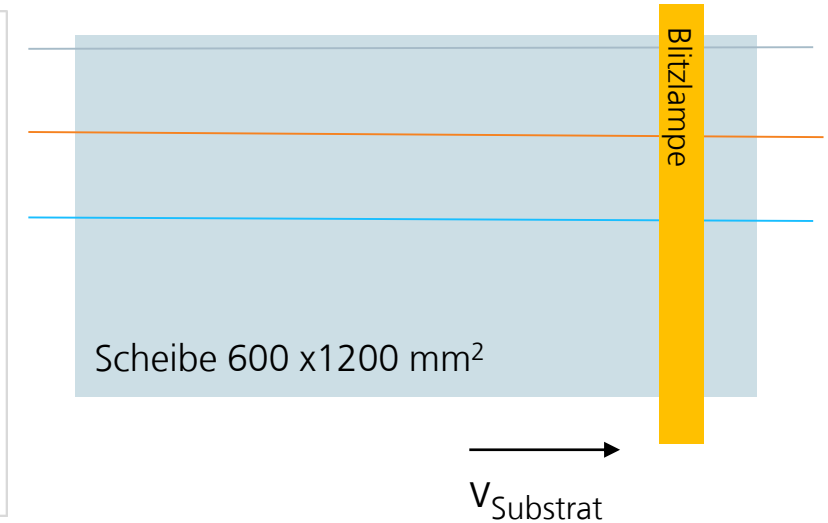
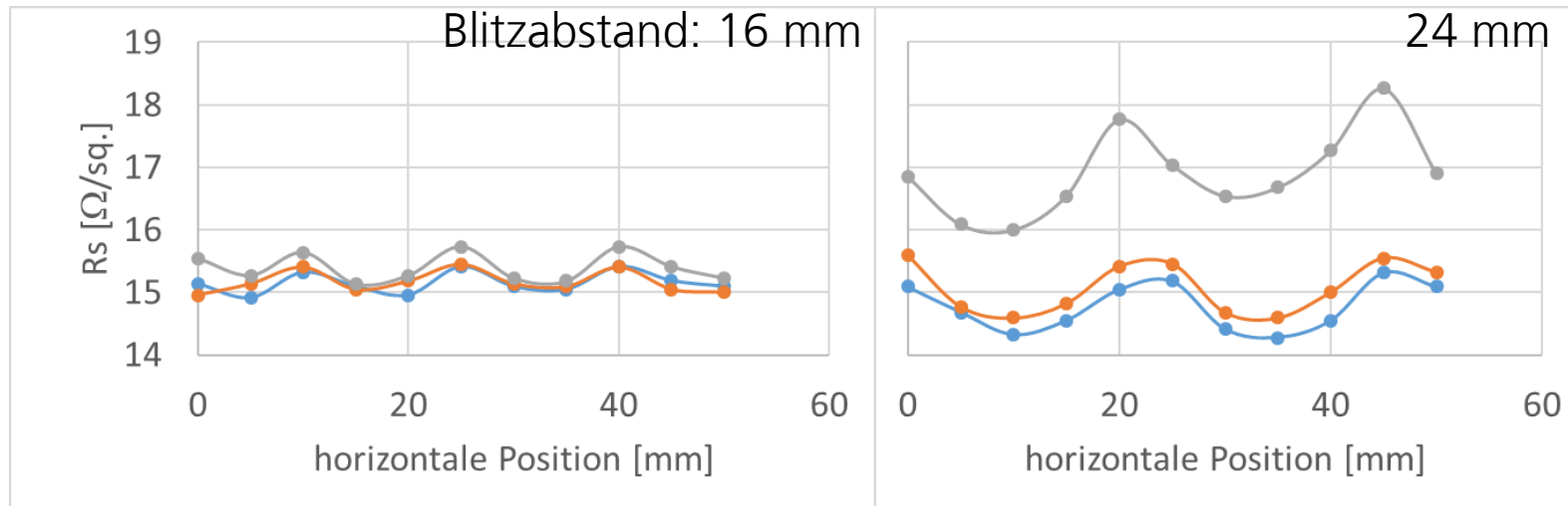
- **Bestimmung der Behandlungshomogenität mittels**
 - a) UV-sensitiver Folie
 - b) ITO-Beschichtung auf Glas
 - **Homogenität der ITO-Beschichtung**
 - $14 \pm 1 \Omega$: Fläche ca. $20 \times 600 \text{ cm}^2$
- **Behandlung auf Substratbreite von 600 mm möglich**



FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Behandlung großer Substratflächen

Überlapp einzelner Blitze als Basis für die Behandlung großer Substratflächen



- **Limitierung der Produktivität (Transportgeschwindigkeit) am Randbereich der Scheibe**

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Behandlung großer Substratflächen

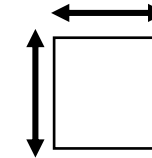
Behandlungsergebnis einer Scheibe 600 x 1200 mm²



150 nm ITO
3 mm Glas



16 $\Omega \pm 10\%$



600 x 1200 mm²



0,3 m/min
4 min

- Potential für Optimierung gegeben

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Langzeitstabilität

Fragestellungen für industrieller Einsatz

- Wie viele Blitze können mit einer Blitzlampe durchgeführt werden? = Lampenlebensdauer
 - Gibt es eine Lampenalterung, d.h. ändert sich das Behandlungsergebnis über die Prozesszeit?
 - Wie reproduzierbar ist die Blitzlampentemperatur?
 - Wie zuverlässig erweist sich das neue Stromversorgungskonzept?
-
- ➔ Antworten werden immer prozess- und damit produktspezifisch sein
-
- ➔ Antworten sind teilweise erarbeitet
 - ➔ Weiterer F&E-Bedarf notwendig



Teststand für Langzeituntersuchungen am Fraunhofer FEP

FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Langzeitstabilität

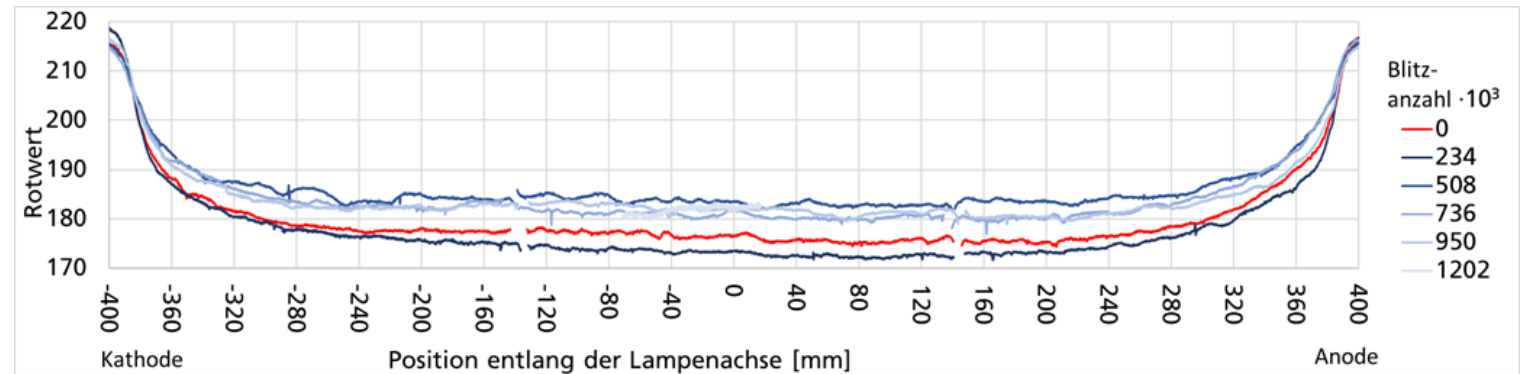
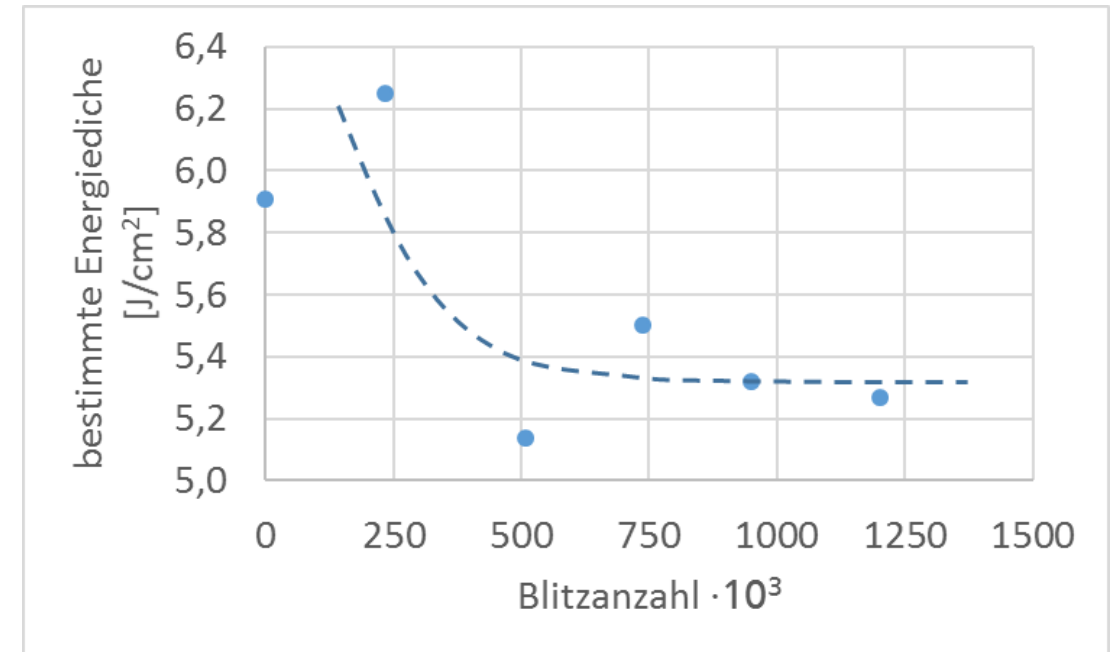
Lampenalterung / Prozessnachführung

- Initiale Versuche durchgeführt
- Bewertung mittels UV-sensitiver Folie
- Vorherige Kalibrierung der UV-sensitiven Folie mit der Energiedichte des Blitzes

➔ Verlust von ca. $1,0 \text{ J/cm}^2$ über Betriebsdauer

➔ Verlust im ersten Drittel des Betriebes

➔ Stromversorgungskonzept erprobt und qualifiziert



FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Langzeitstabilität

Lampenlebensdauer - Degeneration der Lampenkathode

- durch Betriebsmodus der Lampenstromversorgung minimiert (Pulsmodulation)

Vor Einbau

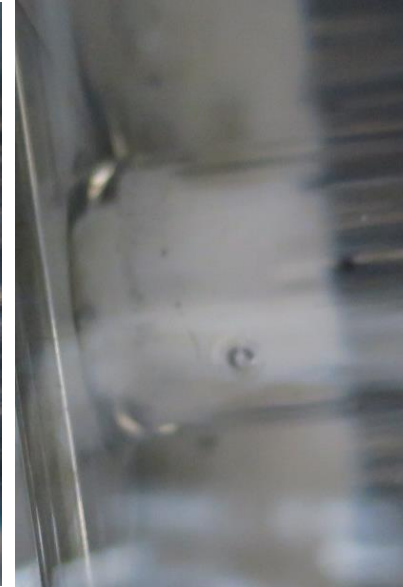
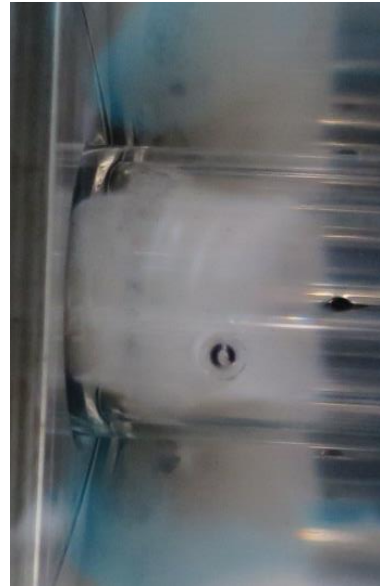
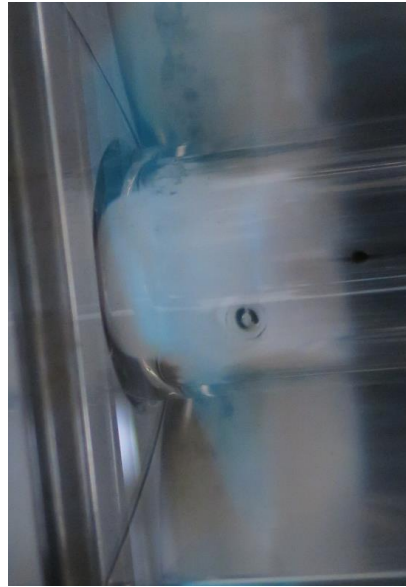
250k Blitze

500k Blitze

750k Blitze

950k Blitze

1200k Blitze

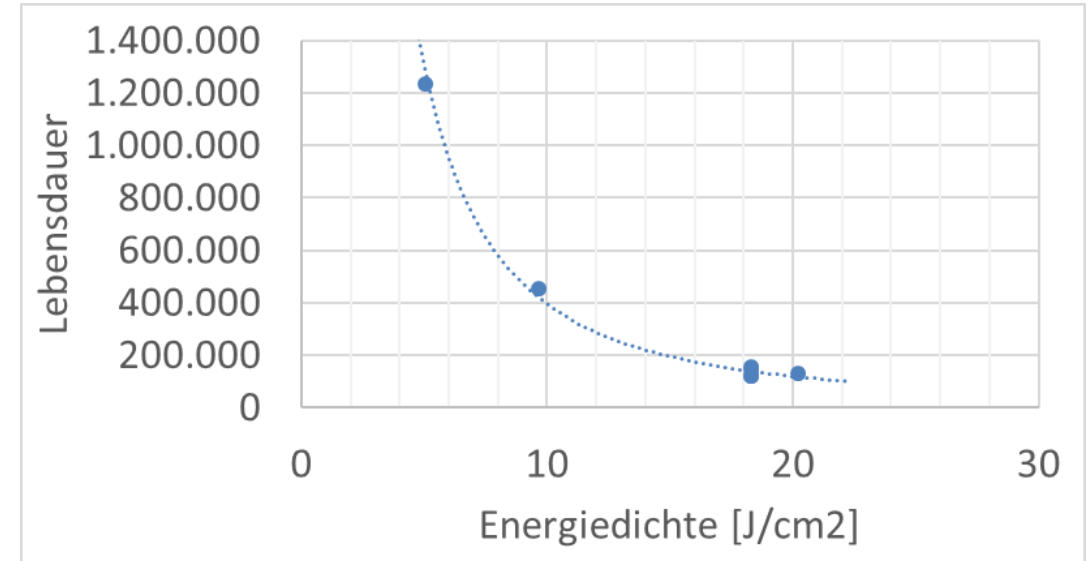


FLA-Setup am Fraunhofer FEP

Langzeitstabilität

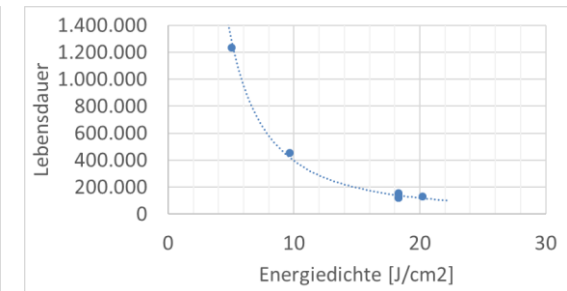
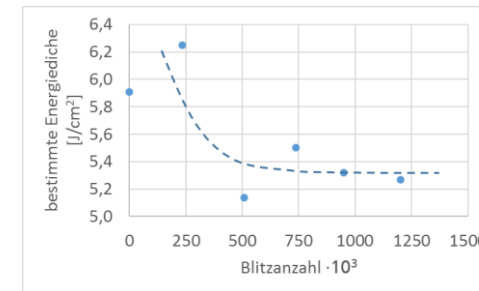
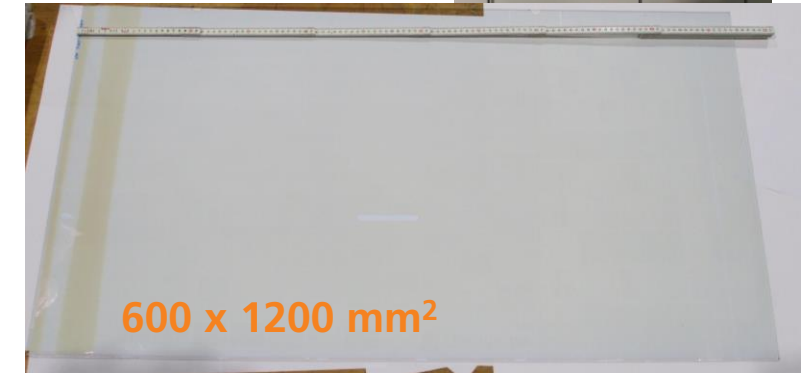
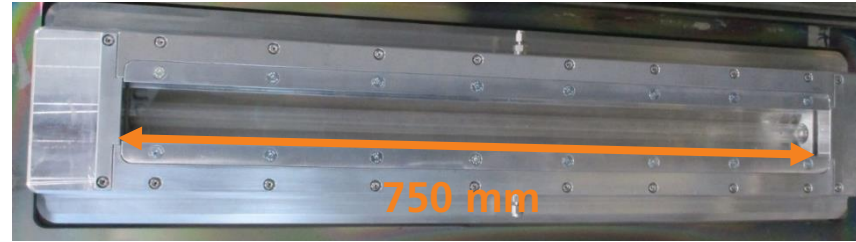
Lampenlebensdauer

- Für industriellen Einsatz von großem Interesse
→ Versuche an Teststand im Dauerbetrieb durchgeführt
 - Lebensdauer (=Blitzanzahl bis zum Lampendefekt) sinkt mit zunehmender applizierter Energiedichte
- F&E-Bedarf vorhanden
→ Ansatzpunkte sind aufgezeigt



Zusammenfassung

- Prinzipnachweis für inline FLA erbracht
- Skalierung auf industriell notwendige Behandlungsbreiten erfolgt
 - Lampenlänge bis zu 1 m betreibbar
 - Stromversorgungskonzept erprobt und qualifiziert
- Demonstration der Behandlung großer Substratflächen
- Untersuchungen zur Langzeitstabilität erfolgt
 - Initiale Erkenntnisse und Ursachen erkannt
→ weiterer F&E-Bedarf



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Kontakt

Dr. Jörg Neidhardt
Geschäftsbereich Plasmatechnik
Tel. +49 351 2586 -280

joerg.neidhardt@fep.fraunhofer.de

Fraunhofer FEP
Winterbergstraße 28
01277 Dresden
www.fep.fraunhofer.de

Danksagung

Wesentliche Ergebnisse wurden innerhalb des vom Freistaat Sachsen und aus Mitteln der Europäischen Union geförderten Projektes „InnoFlash“ mit dem Förderkennzeichen 100349243/3698 erlangt.

