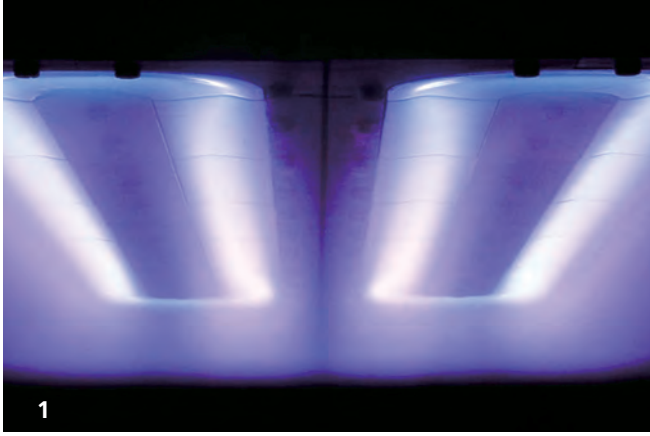


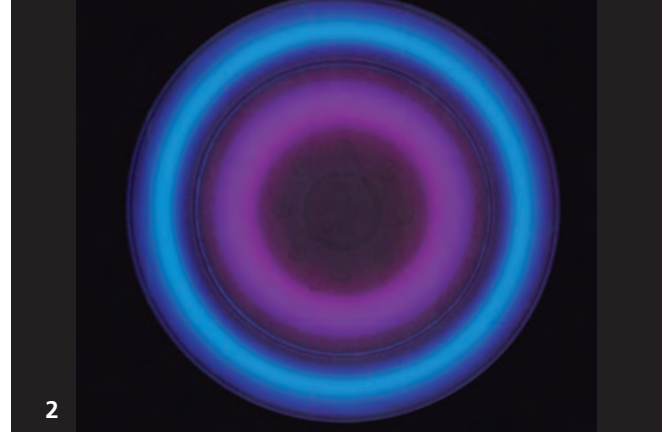


UBS-C2

Unipolare/Bipolare Schalteinheit
für das Puls-Magnetron-Sputtern



1 Dual-Magnetron im Unipolar-Betrieb



2 Cosputtern unterschiedlicher Materialien mit Doppelring-Magnetron

Innovative Pulstechnik für anspruchsvolle Beschichtungen

Die Puls-Magnetron-Sputter-Technologie (PMS) ermöglicht

- hohe Beschichtungsraten
- Prozessstabilität über lange Zeiträume
- verbesserte Schichteigenschaften auch bei reaktiver Prozessführung.

Das Fraunhofer FEP hat die Entwicklung dieser Technologie von ihren Anfängen an wesentlich mit vorangetrieben. Das Fraunhofer FEP entwickelt kundenspezifische Schichtsysteme sowie komplette Hard- und Software-Pakete zur Nutzung der PMS-Technologie für das Labor ebenso wie für den industriellen Einsatz.

Eine Schlüsselkomponente solcher »integrierter Pakete« ist die multifunktionale Schalteinheit UBS-C2 für unipolares oder bipolares Puls-Magnetron-Sputtern. Sie ermöglicht Hochrate-Prozesse mit neuen

Optimierungsfreiheitsgraden für die Schichteigenschaften durch innovative Pulstechnologie. Die UBS-C2 gehört zur Familie der innovativen Puls-Sputter-Stromversorgungen i-PULSE® des Fraunhofer FEP.

Die Puls-Betriebsarten haben Einfluss auf die Schichteigenschaften. Das einzigartige Merkmal der UBS-C2 – die freie Wahl der Puls-Betriebsart und der Pulsparameter – erlaubt es, den Energieeintrag in die wachsenden Schichten zu steuern. Gleichzeitig eröffnet es neue Freiheitsgrade für die Optimierung der Schichteigenschaften, wobei ähnliche Effekte erreicht werden, wie mit den »klassischen« Optimierungsparametern Prozessdruck, Substrat-Temperatur oder Substrat-Bias. Mit den Puls-Sputter-Technologien können Schichten mit sehr hoher Sputter-Rate

auf ungeheizten Substraten mit solchen Eigenschaften abgeschieden werden, die beim DC- oder RF-Sputtern hohe Substrat-Temperaturen oder Bias erfordern.

Die UBS-C2 ist mit ihrer außerordentlichen Flexibilität zur Steuerung von wichtigen Plasmametern ein hervorragendes Werkzeug, um optimale Schichteigenschaften in Forschung und Produktion zu erzielen.

Der Vorteil der Puls-Betriebsarten für die Optimierung wird am Beispiel von Titandioxid offensichtlich. Die kristallinen Phasen der bei einer Beschichtungsrate von 50 nm·m/min abgeschiedenen Schichten sind beispielsweise im Unipolarbetrieb Anatase, während sie im Bipolarbetrieb Rutil sind.

Funktionen

Die UBS-C2 wandelt Gleichstrom in rechteckförmige Strompulse und ermöglicht mittels ihres intelligenten Arc-Handlings sehr geringe Arc-Energie trotz hoher Pulsleistung. Sie ist eine Puls-Stromversorgung mit höchster Flexibilität für unterschiedliche Magnetronanordnungen und Betriebsarten:

- Unipolarer Pulsmodus – unabhängige oder synchrone Versorgung von einem oder zwei Magnetrons, auch in verschiedenen Vakuum-Kammern (versteckte Anode empfohlen für isolierende Schichten)
- Bipolarer Pulsmodus – zweikanalige Versorgung eines Dual-Magnetrons mit periodischem Polaritätswechsel

oder Pulspaketen

- Unipolarer/Bipolarer Hybridpulsmodus – ermöglicht einstellbare Plasmadichte in substratnahen Bereichen unabhängig von der Leistung und bietet einen neuen Freiheitsgrad zur Optimierung von Schichteigenschaften (patentiert)

Außerdem bietet die UBS-C2 weitere Prozessoptionen wie:

- Co-Sputtern unterschiedlicher Materialien in allen Betriebsarten
- Puls-Bias-Sputtern
- Schnittstelle zur Prozessregleinheit wie zum Beispiel PCU plus bzw. S-PCU plus

Anwendungen

Die PMS-Technologie findet Anwendung zum Beispiel bei

- Reaktiver Abscheidung von isolierenden Verbindungsschichten wie Al_2O_3 , AlN , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , Nb_2O_3 , SnO_2 , ZnO_2 usw. für Architekturglasbeschichtung, Optik, Dekorbeschichtung, Hartstoffschichten auf Werkzeugen sowie für Sensortechnologien
- Abscheidung von speziellen Schichten, z. B. Aluminium und Kohlenstoff für die Mikroelektronik und Speichermedien (CD, DVD)



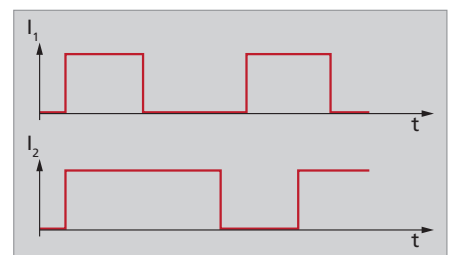
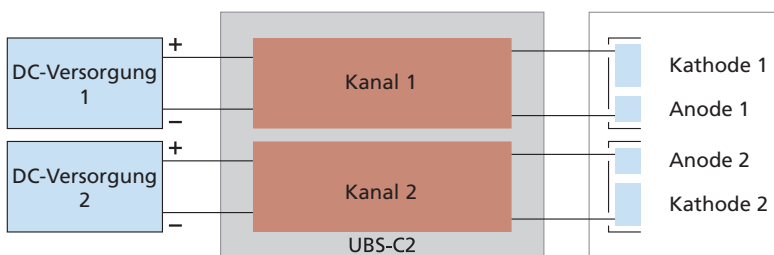
Frontansicht UBS-C2 80



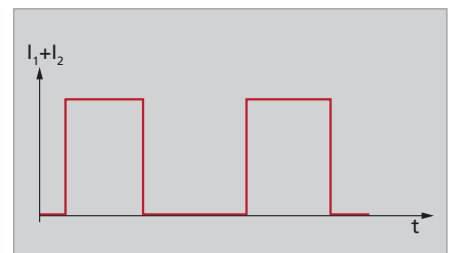
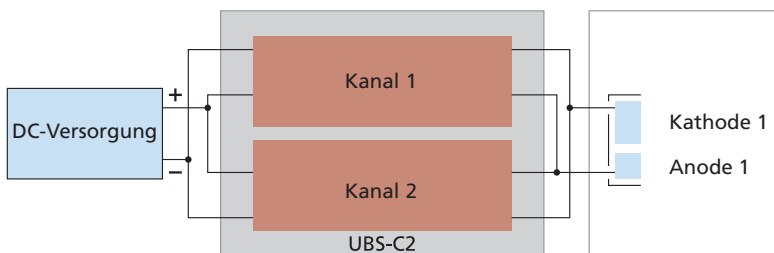
Rückansicht UBS-C2 80

Einspeisungsvarianten

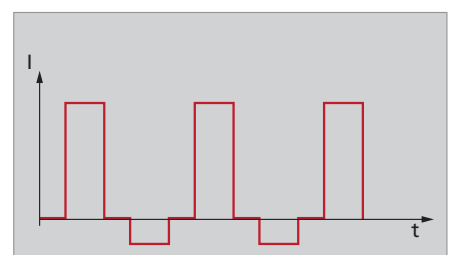
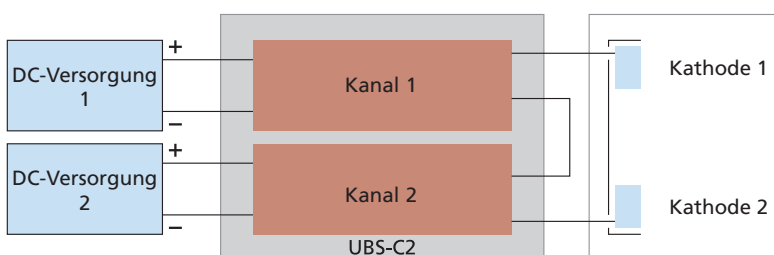
UBS-C2 und zwei Gleichstromversorgungen zur separaten Speisung von zwei Einzelmagnetrons im Unipolar-Pulsbetrieb



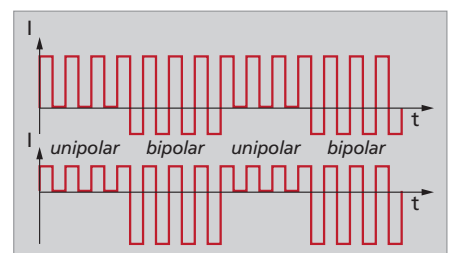
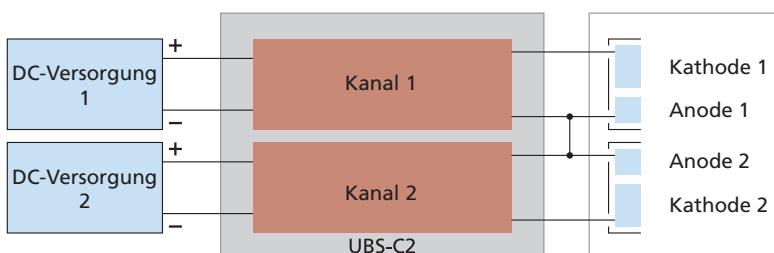
UBS-C2 mit parallel geschalteten Kanälen und einer Gleichstromversorgung zur Speisung eines Magnetrons im Unipolar-Pulsbetrieb



UBS-C2 und zwei Gleichstromversorgungen zur bipolaren Speisung eines Dual-Magnetron-Systems im Bipolar- bzw. Puls-Paketbetrieb



UBS-C2 und zwei Gleichstromversorgungen zur Speisung eines Dual-Magnetron-Systems im Unipolar/Bipolar Hybrid-Pulsbetrieb





Frontansicht UBS-C2 25



Rückansicht UBS-C2 25

Spezielle Eigenschaften und technische Daten der UBS-C2

- Als Zusatzgerät für die meisten DC-Sputter-Stromversorgungen geeignet
- Stromquellencharakteristik
- Zwei Kanäle, getrennt oder gemeinsam betreibbar
- Wahlfreiheit der Puls-Betriebsart:
- Unipolar mit einem oder zwei einzelnen Magnetrons
- Bipolar oder Puls-Paket mit einem Dual-Magnetron
- Unipolar/bipolar hybrid mit zwei Magnetrons und Anode
- Bipolarbetrieb ist mit symmetrischer oder asymmetrischer Stromspeisung für die beiden Polaritäten möglich
- Parameteränderung innerhalb einer Puls-Betriebsart auch während der Plasmaentladung änderbar
- Pulsfrequenz und Pulsbreitenverhältnis sind in weiten Grenzen einstellbar
- Hohe Ausgangsspannungen bis 2000 V
- Anschluss an eine oder zwei Gleichstromversorgungen in allen Betriebsarten möglich
- Arc-Erkennung und -zählung
- Arc-Löschung innerhalb 1 μ s
- Arc-Restenergie kleiner als 5 mJ

Parameter	UBS-C2 25/1,6	UBS-C2 25/2,0	UBS-C2 80/1,6
max. DC-Eingangsspannung	1000 V	1000 V	1000 V
max. Puls-Ausgangsspannung	1600 V	2000 V	1600 V
max. Ausgangsstrom	25 A	25 A	80 A (unipolar)/60 A (bipolar)
max. Pulsfrequenz	100 kHz	50 kHz	50 kHz
Puls-Ein-Zeit (min ... max)		3 ... 1000 μ s	
Puls-Aus-Zeit (min ... max)		unipolar: 3 ... 1000 μ s/bipolar: 1 ... 1000 μ s	
Unipolar / bipolar – Umschaltfrequenzen im Hybrid-Pulsmodus		1 kHz	
Betriebsarten	DC unipolares Pulsen: U1 (beide Kanäle synchron für Parallelschaltung → doppelter Pulsstrom) U2 (beide Kanäle autark) U3 (Kanäle pulsen frequenzsynchron, können auch unterschiedliche Tastverhältnisse haben) bipolares Pulsen: BI (normaler Bipolarbetrieb) BP (Pulspaket) BA (unipolar/bipolar hybrid mit einstellbarem Verhältnis unipolar:bipolar)		
Arc-Handling	<ul style="list-style-type: none"> ■ Arc-Erkennung und Löschung mit einstellbarer Arc-Dauer und damit der Arc-Energie ■ Arc-Klassifizierung ■ Spezielles Pulspaket-Arc-Handling 		
Bedienung / Schnittstellen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lokale Bedienung über Touch-Display ■ Fernbedienung und Datenaustausch über Profibus-Schnittstelle (optisch) ■ Strom-Ist-Werte analog elektrisch und digital optisch nutzbar (für Impedanzregelung mittels der Prozessregel-Einheiten PCU^{plus} oder S-PCU^{plus}) 		
Abmessungen	19" × 6 HE × 84 TE	19" × 6 HE × 84 TE	19" × 9 HE × 84 TE
Gewicht	ca. 45 kg	ca. 45 kg	ca. 100 kg
Kühlung	Wasser		
Netzspannung	115 / 230 Vac, 50 / 60 Hz		

Achtung: Die technischen Daten spezifizieren Parameter und Grenzen der UBS-C2, die unter verschiedensten Prozessbedingungen mit unterschiedlichen Materialien an Sputter-Anlagen des Fraunhofer FEP und anderer Anwender verifiziert wurden. Es kann nicht garantiert werden, dass alle Parameter und Grenzen an jeder Sputter-Anlage, mit allen Target-Materialien und Reaktivgasen und unter allen möglichen Prozessbedingungen erreicht werden. Wir beraten Sie dazu gern.

Arc-Management

Arc-Erkennung

Ein Arc wird erkannt, wenn ein Ausgangsstrom fließt und die Ausgangsspannung unter den mit dem Parameter U_{arc} festgelegten Wert fällt.

Arc-Klassifizierung

In einigen Anwendungen ist es sinnvoll, eine bestimmte Anzahl von selbstverlöschenden Arcs zur Reinigung des Targets zuzulassen. Das intelligente Arc-Handling der UBS-C2 gibt dem Anwender die Möglichkeit, bis zu 3 Arc-Klassen zu definieren: Klasse A (Mikro-Arcs), Klasse B (Medium-Arcs) und Klasse C (harte Arcs). Nur Arcs der Klasse C werden durch Unterbrechen des Pulsens und Kurschließen für eine einstellbare Zeitdauer bzw. Pulsanzahl gelöscht.

Arc-Dauer

Die Zeit bis zum Abschalten eines Arcs wird entweder – wenn keine Arc-Klassifizierung erfolgt – mit dem Parameter t_{delay} (Zeitverzögerung von der Erkennung des Arcs bis zur Abschaltung) oder durch die Anzahl aufeinanderfolgender Arc-Pulse festgelegt. Auf diese Weise kann das Arc-Handling den Prozessgegebenheiten zum Beispiel DC-Prozess oder Sputtern mit niedrigen oder hohen Pulsfrequenzen sehr flexibel angepasst werden.

Strombegrenzung bei Arc

Steigt der Strom bei einem Arc signifikant an (z. B. wenn relativ viele Arc-Pulse zugelassen werden), dann wird der Strom auf den mit dem Parameter I_{max} festgelegten Wert begrenzt.

Arc-Zählung

Arcs werden separat für jede Klasse und jeden Kanal gezählt. Die Zählerstände sowie die berechneten Arc-Dichten können am Display angezeigt oder über die Profibus-Schnittstelle ausgelesen werden.

Pulspaket-Arc-Handling

In der Pulspaket-Betriebsart bietet die UBS-C2 ein spezielles Pulspaket-Arc-Handling. Hierbei wird, wenn während eines Pulspaketes ein Arc erkannt wird, auf die jeweils andere Polarität umgeschaltet, um den Arc zu löschen. Dabei kann die Anzahl von Pulsen für dieses sogenannte Arc-Paket festgelegt werden. Die Prozessstabilität wird entscheidend erhöht, da das Pulsen nicht unterbrochen werden muss. Um einen Leistungs- und Beschichtungsrateverlust zu vermeiden, werden die durch ein unterbrochenes Pulspaket fehlenden Pulse an das folgende Pulspaket gleicher Polarität angehängt.

Reaktives Sputtern von SiO_2 bei einer Leistung von 7,5 kW

Pulsmodus	Plasmadichte am Substrat [1/cm ³]	Elektronenenergie am Substrat [eV]	Thermische Substratbelastung [W/cm ²]
unipolar	$1,8 \times 10^{10}$	3,8	0,15
bipolar	11×10^{10}	3,2	0,75

Kontakt

**Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik,
Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP
Winterbergstr. 28
01277 Dresden**

Marketing

Ines Schedwill
Telefon +49 8823 238
ines.schedwill@fep.fraunhofer.de

Wissenschaftliche Ansprechpartner

Rainer Labitzke
Telefon +49 351 2586-328
rainer.labitzke@fep.fraunhofer.de

Dr. Hagen Bartzsch
Telefon +49 351 2586-390
hagen.bartzsch@fep.fraunhofer.de

www.fep.fraunhofer.de

Folgen Sie uns!



Wir setzen auf Qualität und die ISO 9001.



Bildnachweis

Titel: Jürgen Lösel
Fraunhofer FEP: 1, 2, 7
Jürgen Lösel: 3, 4, 5, 6

Die Herstellung dieses Druck-
produkts erfolgte klimaneutral.

