

Ionengetter- und Titansublimationspumpen

Ionengetterpumpen (IGP)



IGP-Controller



Titansublimationspumpen (TSP)



TSP-Controller



Ionengetterpumpen

Einleitung	Seite 13-3
Übersicht Ionengetterpumpen	Seite 13-4 bis 13-5

Ionengetterpumpen-Controller

Einleitung	Seite 13-6
DIGITEL™ Hochspannungsnetzgeräte für IGP	Seite 13-7 bis 13-10

Titansublimationspumpen

Einleitung	Seite 13-11
Titanverdampfer	Seite 13-11
Aufdampf-Zylindermantel	Seite 13-11
LN ₂ -Kühlmantel	Seite 13-12

Titansublimationspumpen-Controller

DIGITEL™ MPC TSP/NEG Stromversorgung	Seite 13-13
SUBLI-CON51	Seite 13-13

Technische Grundlagen

Allgemeine Informationen zu IGP	Seite 13-14
Charakteristika von IGP	Seite 13-14
Funktionsweise von Dioden-IGP	Seite 13-15
Pumpelement-Typen	Seite 13-16

UHV-Pumpentechnik

In der Ultra-Hochvakuum-Technik werden üblicherweise spezielle Vakuumpumpen benutzt, die die besonderen Anforderungen dieser Technologie erfüllen. Insbesondere Ionengerterpumpen (IGP) und Titansublimationspumpen (TSP) finden hier ihren Einsatz. VACOM ist offizieller Vertriebspartner von Gamma Vacuum, einem führenden Hersteller von IGP, TSP und Steuergeräten.

In diesem Kapitel finden Sie eine Übersicht über das Lieferprogramm von Gamma Vacuum und weitere Produkte der UHV-Pumpentechnik. Weitere Informationen zu den Produkten von Gamma Vacuum erhalten Sie unter www.gammavacuum.com oder im offiziellen Gamma Vacuum-Produktkatalog, den wir Ihnen auf Wunsch gern zusenden.

TiTan™-Ionengerterpumpen

Um Enddrücke zwischen 10^{-9} mbar und 10^{-12} mbar bei UHV-Anwendungen zu erreichen, ist besondere Sorgfalt bei der Auswahl von Ausrüstungsteilen für den Betrieb der UHV-Anlagen notwendig. Ionengerterpumpen gehören zu den Komponenten, die speziell für die Anforderungen im UHV entwickelt wurden und praktisch keine Wartung benötigen.

Ionengerterpumpen der TiTan™-Reihe von Gamma Vacuum besitzen Dioden-Pumpelemente und erfüllen alle Anforderungen an UHV-Anwendungen mit Hinblick auf Saugvermögen, Stabilität und Lebensdauer. Je nach Anwendungsfall gibt es unterschiedliche Pumpelemente und Gehäusegrößen. Drei Gehäuseformen (klein, kompakt, hoch) und drei Typen Pumpelemente (konventionell TiTan™ Cv, edelgasstabil TiTan™ Di, edelgasstabil TiTan™ 30) stehen zur Auswahl. Die entscheidenden Kriterien für die anwendungsgerechte Konfiguration einer Ionengerterpumpe sind Saugvermögen, Edelgasstabilität und Gehäusegröße.

Saugvermögen

Das Saugvermögen einer Ionengerterpumpe wird im Wesentlichen durch das Material der Kathodenbleche bestimmt. Konventionelle Pumpelemente verwenden Bleche aus Titan, weil es schnell mit den meisten in Luft vorkommenden Gasen chemische Verbindungen bildet. Eine frische Titanoberfläche besitzt ein Saugvermögen von ca. 0,6 l/s pro cm^2 . Stickstoff reagiert z. B. mit Titan zu Titanitrid, einem reaktionsarmen Feststoff. Edelgase gehen keine Bindungen mit Titan ein, können aber mehrere Atomlagen tief in den Festkörper der Kathodenbleche implantiert werden. Unter Umständen werden Edelgase jedoch wieder freigesetzt, was zu zeitweiligen Druckanstiegen führt. Sind in der Anwendung Edelgase vorhanden, ist dies bei der Auswahl des Pumpelementes zu beachten.

Edelgasstabilität

Edelgasstabilität wird durch den partiellen Einsatz von Tantal als Kathodenmaterial erreicht. Tantal hat eine viel größere Dichte als Titan. Edelgasionen werden in viel geringerem Anteil in den Tantalkathoden implantiert und statt dessen als Neutralteilchen zurück reflektiert. Diese neutralen Teilchen lagern sich dann in den Bereichen der Pumpe ab, die nicht einem fortgesetzten Ionenbeschuss ausgesetzt sind, sondern in denen bevorzugt Ablagerung von zerstäubtem Material stattfindet. Anders als bei Titan werden bei Verwendung von Tantal viel weniger Edelgase freigesetzt, die in das System zurück gelangen.

Gehäusegrößen

Die Gehäusegröße einer Ionengerterpumpe wird bestimmt durch Größe, Form und Anzahl der verwendeten Pumpelemente. TiTan™-Ionengerterpumpen gibt es in großer Auswahl mit bis zu 16 Pumpelementen. Je mehr Pumpelemente verwendet werden, umso größer sind Saugvermögen und Gehäuse der Pumpe. Ein einzelnes Pumpelement hat je nach Typ ein Saugvermögen von bis zu 50 l/s.

TiTan™-Pumpelemente

TiTan™-Pumpelemente von Gamma Vacuum sind Dioden-Pumpelemente. Es gibt 3 verschiedene Ausführungen, die je nach Anwendung optimale Pumpleistung bieten.



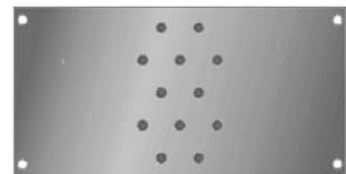
TiTan™ Cv

Konventionelles Pumpelement mit 2 vollständig aus Titan bestehenden Kathoden; höchstes Saugvermögen im HV und UHV; geeignet für alle reaktiven Gase und Stickstoff.



TiTan™ Di

Edelgasstabiles Pumpelement mit je einer Titan- und einer Tantal-Kathode; für den gesamten Bereich von HV bis UHV; hohes Saugvermögen für Edelgase; leistungsstark für alle anderen Gase.



TiTan™ 30

Pumpelement mit 2 Titan-Kathoden, bei denen 30 % der Zell-Zentren aus Tantal bestehen; erhöhte Edelgasstabilität im UHV; geeignet bei kleinen Luftlecks und geringen Edelgaslasten im Bereich kleiner 10^{-7} mbar.

Auswahl einer TiTan™-Ionengetterpumpe

Gehäusegrößen*

Technische Daten

■ Lebensdauer	50.000 h bei 10^{-6} mbar
■ Enddruck	$<10^{-11}$ mbar
■ Material, Gehäuse	Edelstahl 304
■ Ausheiztemperatur	250 °C max. (95 °C Small Pump 3) mit Magneten 450 °C ohne Magnete
■ Startdruck	$<10^{-4}$ mbar

Kleine Pumpen mit niedrigem Saugvermögen (max. 75 l/s)



	Mini	3S	10S	25S	45S	75S
Saugvermögen (l/s)	2 - 3	2 - 3	8 - 10	15 - 20	30 - 40	40 - 75
Maße (mm)	38 x 38 x 51	45 x 45 x 108	107 x 113 x 190	202 x 125 x 130	209 x 251 x 130	277 x 242 x 130
Gewicht (kg)	0,35	0,35	6	9	16	20
Flansch	DN16CF-R	DN16CF-R	DN40CF-R	DN40CF-R	DN40CF-R/ DN63CF-R	DN40CF-R/DN63CF-R DN100CF-R

Mittlere und große Pumpen in kompakter Bauweise (max. 600 l/s)



	100L	200L	300L	400L	600L
Saugvermögen (l/s)	80 - 100	160 - 200	240 - 300	320 - 400	480 - 600
Maße (mm)	325 x 325 x 128	325 x 413 x 233	325 x 413 x 337	325 x 413 x 413	325 x 513 x 513
Gewicht (kg)	29	49	66	72	103
Flansch	DN100CF	DN160CF	DN160CF	DN160CF	DN160CF

* Die Abbildungen sind nicht maßstabsgetreu.
Für nähere Informationen fordern Sie bitte den Katalog von Gamma Vacuum bei uns an.

Auswahl einer TiTan™-Ionengetterpumpe

Mittlere und große Pumpen in kompakter Bauweise (max. 800 l/s)



400LX



600LX



800LX

	400LX	600LX	800LX
Saugvermögen (l/s)	320 - 400	480 - 600	640 - 800
Maße (mm)	508 x 413 x 233	508 x 413 x 336	508 x 413 x 413
Gewicht (kg)	115	115	124
Flansch	DN160CF	DN160CF	DN160CF

Mittlere und große Pumpen in hoher Bauweise (max. 600 l/s)



150TV



300TV



600TV

	150TV	300TV	600TV
Saugvermögen (l/s)	120 - 150	240 - 300	400 - 500
Maße (mm)	338 x 247 x 231	345 x 450 x 231	525 x 450 x 305
Gewicht (kg)	32	65	109
Flansch	DN100CF	DN160CF	DN160CF

DIGITEL™ - Hochspannungsnetzgeräte für Ionengetterpumpen



DIGITEL™ SPC
HV-Netzgerät für kleine Pumpen



DIGITEL™ LPC
HV-Netzgerät für mittlere Pumpen



DIGITEL™ MPCe
HV-Netzgerät für mittlere und große Pumpen

Zum Betrieb von Ionengetterpumpen (IGP) ist eine Hochspannung von mehreren kV erforderlich. Hochspannungsnetzgeräte der DIGITEL™-Reihe von Gamma Vacuum eignen sich zum Betrieb von IGP aller Art. Die DIGITEL™-Reihe basiert auf jahrzehntelanger Erfahrung bei der Entwicklung und Fertigung von Hochspannungsnetzgeräten für IGP. Neben moderner Mikroelektronik für die Steuerung und Überwachung werden in den Geräten langjährig bewährte Komponenten für die Hochspannungserzeugung eingesetzt. Drei verschiedene Typen sind lieferbar, DIGITEL™ SPC für kleine Pumpen, DIGITEL™ LPC für kleine und mittlere Pumpengrößen und das universell einsetzbare DIGITEL™ MPCe.

Ausgangsleistung

Ionengetterpumpen werden beim Start und im Betrieb unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt. Ob Startvorgänge im hohen Druckbereich, plötzliche Druckveränderungen oder Dauerbetrieb im UHV, ein Netzgerät für eine IGP hat immer die korrekten Betriebsströme bereit zu stellen. Diese reichen von wenigen μA bis zu mehreren 100 mA. DIGITEL™ Hochspannungsnetzgeräte haben die notwendige Leistung und überwachen gleichzeitig das System, auch wenn nur ein Bruchteil der maximalen Leistung gebraucht wird. Die DIGITEL™-Reihe gibt es mit Ausgangsleistungen von 20 W, 200 W und 1000 W pro Netzteil.

Funktionalität

Im Ultrahochvakuum haben Ionengetterpumpen nur einen sehr kleinen Leistungsbedarf. Die DIGITEL™ Hochspannungsnetzgeräte messen diese Leistungsaufnahme ständig und reagieren innerhalb von Millisekunden auf Veränderungen. Die Reaktionen können aus einer Leistungserhöhung, einer Schnellabschaltung zur Verhinderung von Beschädigungen, dem Setzen von Schaltpunkten oder dem Senden von Daten über die serielle Schnittstelle bestehen. Während des Betriebes wird fortwährend der Druck im System ermittelt. Druck, Pumpenstrom oder Hochspannung sind durch große Anzeigen auch aus großer Entfernung ablesbar. Parallel dazu sind Pumpenstrom und Hochspannung über analoge Ausgänge auslesbar.

Sicherheit

Beim Einsatz von Hochspannungen ist immer besondere Vorsicht geboten. Jedes DIGITEL™ HV-Netzgerät ist mit SAFECONN™, einem Sicherheits-Interlock-System, ausgestattet. Es verhindert, dass Hochspannung führende Verbindungen offen liegen. Neben dem Schutz der Anwender, ist es ebenfalls wichtig, Pumpe und Netzgerät vor Schäden zu bewahren. Die Steuerungssoftware AutoStart und AutoRun versorgen die angeschlossenen Pumpen automatisch mit der korrekten, der Pumpengröße angepassten Leistung.

SAFECONN™ Sicherheits-Interlock

Das SAFECONN™ Sicherheits-Interlock schützt den Anwender vor der Gefahr elektrischer Schläge. Wenn die Pumpen über SAFECONN™-Kabel mit den DIGITEL™ HV-Netzgeräten betrieben werden, wird die Hochspannung ausgeschaltet, sobald die Kabelverbindung zwischen Pumpe und Netzgerät gelöst wird. Dabei ist es gleich, ob die Verbindung pumpenseitig oder am Netzgerät gelöst wird. Ein Einschalten der Hochspannung wird ebenfalls unmöglich.

AutoStart

Dieses Ausstattungsmerkmal bestimmt die optimalen Start- und Betriebsbedingungen für die angeschlossene Pumpe. Es startet die Pumpe und überwacht den Startprozess selbständig ohne Bedieneingriffe. Da eine Ionengetterpumpe während eines Startvorganges hohe Ströme konsumiert, arbeiten die DIGITEL™ Hochspannungsnetzgeräte in einem "geschützten" Start-Modus, bei dem Strombedarf, Spannung, Leistungsbedarf und die Zeit überwacht werden. Wenn die Pumpe ordnungsgemäß startet, schaltet das Netzgerät auf Dauerbetrieb um. Falls ein Start fehlschlägt, schaltet das Netzgerät zum Schutz von Pumpe und Netzgerät in einen "Abkühl-Modus". Der Startversuch wird nach einiger Zeit mehrfach wiederholt und bei Misserfolg endgültig abgebrochen.

AutoRun

Nach dem Start der Pumpe, schalten die DIGITEL™ Hochspannungsnetzgeräte auf Dauerbetrieb um. Im Dauerbetrieb hat eine Ionengetterpumpe nur einen geringen Strombedarf. Sollten plötzlich hohe Betriebsströme auftreten, werden Überschlüge durch spezielle Schaltkreise verhindert. Kehrt die Pumpe nicht in den Normalbetrieb zurück, schalten die Netzgeräte in den "Abkühl-Modus" um.

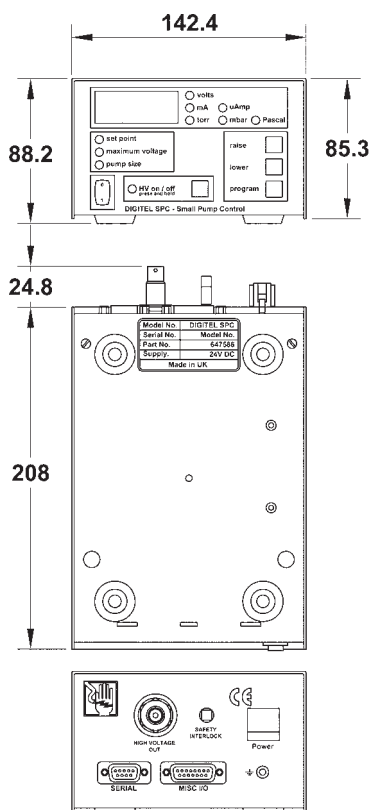
Serielle Schnittstellen RS-232/422/485

Über serielle Schnittstellen können die DIGITEL™ Hochspannungsnetzgeräte mittels PC oder SPS ferngesteuert werden. Sämtliche Tastaturbefehle können übertragen und die Betriebsdaten ausgelesen werden. Ein Update der Betriebssoftware ist darüber ebenfalls möglich.

DIGITEL™ - Hochspannungsnetzgeräte für Ionengetterpumpen

DIGITEL™ SPC

Das DIGITEL™ SPC ist geeignet für den Voll-Betrieb kleiner IGP oder zum Halten von bereits evakuierten IGP im unteren Druckbereich. Das Gerät kann wahlweise über das mitgelieferte Netzteil oder mit Batterie betrieben werden.



Technische Daten

- Maße 140 x 90 x 250 mm
- Betriebsspannung 24 V DC, mit Netzteil 100 bis 240 V AC (50/60 Hz)
- Ausgangsleistung
 - Hochspannung ±3500 - 7000 VDC programmierbar
 - Kurzschluss-Strom 15 mA
 - max. Ausgangsleistung 20 W
 - Auflösung 10 nA
- Hochspannungsanschluss 10 kV Kings-SHV (1-fach)
- Anzeige
 - Typ Mehrsegment-LED
 - Angezeigte Daten Druck (Pascal, mbar, Torr), Strom, Spannung oder spezifische Eingabedaten (wahlweise)
- Analoge Ausgänge
 - Spannung 1 V pro 1 kV, durch Anwender skalierbar
 - Strom 1 V pro 1 mA, durch Anwender skalierbar
- Schaltpunkte 1 Relais, Kontakte offen/geschlossen
- Einsatzbedingungen
 - Luftfeuchtigkeit 0 bis 80 %, nicht kondensierend
 - Betriebstemperatur 0 bis 40 °C
- Serielle Schnittstellen RS232, RS422, RS485
- Konformitätsstandards EN 55011 Class A, IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 61010-1
- Gewicht 1,5 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
S1PEC23232NN	DIGITEL SPC, pos. HV, inkl. Netzteil
S1NEC23232NN	DIGITEL SPC, neg. HV, inkl. Netzteil

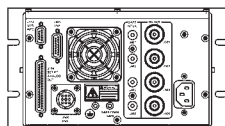
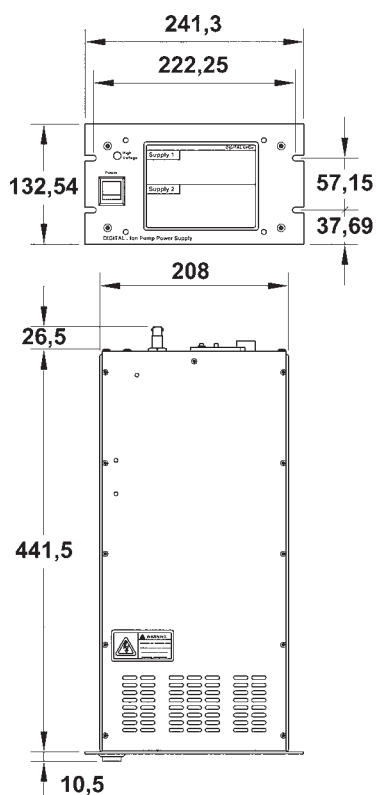
DIGITEL™ - Hochspannungsnetzgeräte für Ionengetterpumpen

DIGITEL™ LPC

Das DIGITEL™ LPC ist für den Betrieb mit Pumpen ab 8 l/s Saugvermögen geeignet. An das HV-Netzteil können optional bis zu 2 Pumpen angeschlossen werden. Ein großer LCD-Touch-Screen zeigt alle relevanten Daten an.

Hochspannungsnetzteil

Das Gerät ist mit einem Hochspannungs-Trafo ausgestattet. Ein HV-Ausgang ist Standard. Bis zu zwei HV-Ausgänge sind optional möglich. Der Trafo besitzt eine Leistung von 200 W (100 mA). Wahlweise wird das Gerät mit 7 kV oder 5,6 kV ausgeliefert



Technische Daten

- Maße 241 x 133 x 476 mm
- Betriebsspannung 120, 220 oder 230 V AC (justierbar), 48 - 62 Hz
- Ausgangsleistung
 - Trafonetzteile 1
 - Hochspannung ± 5600 oder ± 7000 (ohne Stromfluss)
 - Kurzschluss-Strom 100 mA
 - max. Ausgangsleistung 200 W
 - Auflösung 0,1 μ A
- Hochspannungsanschluss 1 - 2-fach, 10 kV Kings-SHV oder Fischer
- Anzeige
 - Typ ¼ VGA LCD mit Touchscreenfunktion
 - Angezeigte Daten Druck (Pascal, mbar, Torr), Strom, Spannung und spezifischer Eingabedaten (wahlweise)
- Analoge Ausgänge
 - Spannung 1 V pro 1 kV, durch Anwender skalierbar
 - Strom 0 - 10 V, logarithmisch, durch Anwender skalierbar
- Schaltpunkte 4 TTL, 4 Relais
- Einsatzbedingungen
 - Luftfeuchtigkeit 0 bis 80 %, nicht kondensierend
 - Betriebstemperatur 0 bis 40 °C
- Serielle Schnittstellen RS232, RS422, RS485
- weitere Ausstattung optional AutoStart/AutoRun, SAFECONN, HV Ein/Aus Fernsteuerung
- Konformitätsstandards EN 55011 Class A, IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 61010-1
- Gewicht 16,8 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
L12323NN1P7K1	DIGITEL LPC, + 7 kV, 230 V AC, 1 x 10-kV-SHV-Ausgang
L12323NN1N7K1	DIGITEL LPC, - 7 kV, 230 V AC, 1 x 10-kV-SHV-Ausgang

Weitere Konfigurationsmöglichkeiten auf Anfrage.

DIGITEL™ - Hochspannungsnetzgeräte für Ionengetterpumpen

DIGITEL™ MPCe

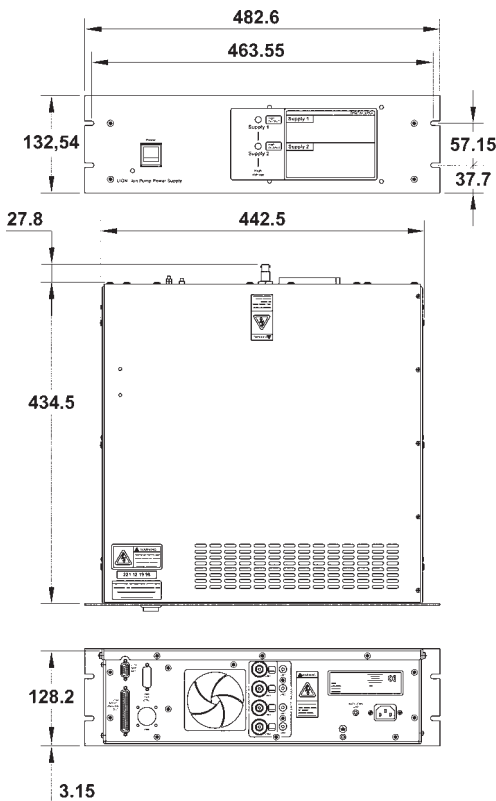
Das DIGITEL™ MPCe ist vielfach konfigurierbar und universell einsetzbar für den Betrieb mit Pumpen ab 8 l/s Saugvermögen. An bis zu zwei HV-Netzteile können optional bis zu 4 Pumpen angeschlossen werden. Ein großer LCD-Touch-Screen zeigt alle relevanten Daten an.

Hochspannungsnetzteile

Das Gerät kann mit einem oder zwei Hochspannungs-Trafos ausgestattet werden. Ein HV-Ausgang je Trafo ist Standard. Bis zu vier HV-Ausgänge sind optional möglich. Es gibt zwei Trafo-Größen 200 W (100 mA) für Pumpen ab 8 l/s und 1000 W (500 mA) für Pumpen ab 80 l/s Saugvermögen. Wahlweise wird das Gerät mit 7 kV oder 5,6 kV ausgeliefert.

Steuerung einer Titansublimations- oder NEG-Pumpe

Zusammen mit der optional erhältlichen TSP/NEG-Stromversorgung ist die Steuerung einer TSP oder NEG-Pumpe vom DIGITEL™ MPCe HV-Netzgerät aus möglich. Die Steuerung schaltet zyklisch in Abhängigkeit von Zeit oder Druck die TSP/NEG-Stromversorgung ein und überwacht Strom- oder Leistungsbedarf der angeschlossenen TSP oder NEG.



Technische Daten

■ Maße	483 x 133 x 476 mm
■ Betriebsspannung	120, 220 oder 230 V AC (justierbar), 48 - 62 Hz
■ Ausgangsleistung	
Trafonetzteile	1 oder 2
Hochspannung, Netzteil #1	±5600 oder ±7000 (ohne Stromfluss)
Hochspannung, Netzteil #2	±5600 oder ±7000 (ohne Stromfluss)
Kurzschluss-Strom, Netzteil #1	100 mA oder 500 mA
Kurzschluss-Strom, Netzteil #2	100 mA oder 500 mA
max. Ausgangsleistung	200 W bzw. 1000 W je Trafonetzteil
Auflösung	0,1 µA
■ Hochspannungsanschluss	1 - 4-fach, 10 kV Kings-SHV oder Fischer
■ Anzeige	¼ VGA LCD mit Touchscreen
■ Angezeigte Daten	Druck (Pascal, mbar, Torr), Strom, Spannung und spezifischer Eingabedaten (wahlweise)
■ Analoge Ausgänge	
Spannung	1 V pro 1 kV, durch Anwender skalierbar
Strom	0 - 10 V, logarithmisch, durch Anwender skalierbar
■ Schaltpunkte	4 TTL, 4 Relais
■ Einsatzbedingungen	
Luftfeuchtigkeit	0 bis 80 %, nicht kondensierend
Betriebstemperatur	0 bis 40 °C
■ Serielle Schnittstellen	RS232, RS422, RS485
■ weitere Ausstattung	optional
■ Konformitätsstandards	EN 55011 Class A, IEC 801-2, IEC 801-3, IEC 801-4, EN 1010-1
■ Gewicht	16,8 kg min., 25,4 kg max.

Art.-Nr.	Beschreibung
M12323NN5P7K1NNNN	DIGITEL MPC, 1 x HV-Netzteil (500 mA / + 7 kV), 230 V AC, 1 x 10-kV-SHV-Ausgang
M22323NN1P7K11P7K1	DIGITEL MPC, 2 x HV-Netzteile (100 mA / + 7 kV), 230 V AC, 2 x 10-kV-SHV-Ausgang
M22323NN5P7K15P7K1	DIGITEL MPC, 2 x HV-Netzteile (500 mA / + 7 kV), 230 V AC, 2 x 10-kV-SHV-Ausgang

Weitere Konfigurationsmöglichkeiten auf Anfrage.

DIGITEL™ - Hochspannungsnetzgeräte für Ionengetterpumpen

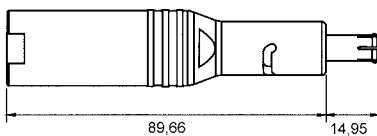
SAFECONN™ Hochspannungskabel mit Sicherheitsinterlock

Der Umgang mit elektrischer Hochspannung erfordert hohe Sicherheitsvorkehrungen zur Vermeidung von Unfällen. Die Netzgeräte und Hochspannungsdurchführungen unserer Ionengetterpumpen sind ab der Größe TiTan10S serienmäßig mit 10 kV-SHV-Steckverbindern als Hochspannungsanschluss ausgestattet und werden über SAFECONN™ Hochspannungskabel miteinander verbunden.

Im SAFECONN™ Stecker des pumpenseitigen Endes des Hochspannungskabels befinden sich Kontakte, die einen separaten Massenschluss zwischen Netzgerät und Pumpengehäuse herbeiführen. Sobald ein Hochspannungskabel nicht vorschriftsmäßig angeschlossen ist oder ein Stecker abgezogen wird, unterbrechen die DIGITEL™ Netzgeräte die Spannungsversorgung zur Pumpe.

SAFECONN™ verhindert außerdem, dass das Netzgerät irrtümlich einen Druckwert anzeigt, obwohl das Kabel nicht angeschlossen ist. Normalerweise wäre es bei nicht angeschlossenem Kabel möglich, dass das Netzgerät einen niedrigen Strom misst. Dieses Signal könnte vom Hochspannungsnetzgerät irrtümlich falsch interpretiert werden und zu einer Druckanzeige führen. Der SAFECONN™ Sicherheitsinterlock verhindert dies, und eine Fehlermeldung wird am Gerät angezeigt.

SAFECONN™ Hochspannungskabel sind abgeschirmt und haben eine Isolierung aus Silikongummi. Sie besitzen eine hohe Temperaturfestigkeit und Strahlenresistenz, sind sehr biegsam und langlebig. Die Steckereinsätze der Kabel auf der Pumpenseite bestehen aus PEEK, einem temperatur- und strahlungsresistenten Kunststoff.



Metalle/Legierungen	Strahlungsfestigkeit (Grey)*
Beryllium/Kupfer	>10 ⁸
Messing	>10 ⁸
Bronze/Zinn	>10 ⁸
Kupfer/Zinn	>10 ⁸
ELGILOY (ASTM F 1058)	>10 ⁸
Phosphorbronze	>10 ⁸
Silberlot	>10 ⁸
Edelstahl	>10 ⁸

Nichtmetalle	Strahlungsfestigkeit (Grey)**
Glasfaser	2 x 10 ⁷
Nylon (Polymid)	5 x 10 ⁷
PolyEtherEtherKeton (PEEK)	5 x 10 ⁷
PolyEthylen (PE)	1 x 10 ⁶
PolyOlefin (PO)	1 x 10 ⁶
PolyVinylChlorid (PVC)	2 x 10 ⁶
Silikongummi	2 x 10 ⁵
FPM	2 x 10 ⁵

* (Quelle: P. Beynel, P. Maier and H. Schonbacher ,Compilation of Radiation Damage Test Data, Part III: Materials Used Around High-Energy Accelerators, Copyright by CERN, 1982.)

** (Quelle: E. Avallone and T. Baumeister, Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, Copyright by McGraw-Hill Companies, Inc., 1996)

Art.-Nr.	Beschreibung
SCP-SC3-SC	SAFECONN™-Kabel, 3 m
SCP-SC6-SC	SAFECONN™-Kabel, 6 m
SCP-SC10-SC	SAFECONN™-Kabel, 10 m
SCP-SC30-SC	SAFECONN™-Kabel, 30 m

Andere Längen auf Anfrage.

Titansublimationspumpen (TSP)

Titansublimationspumpen (TSP) werden oft in Kombination mit Ionengetterpumpen eingesetzt, da sie für einige Gase ein besonders hohes Saugvermögen haben. In einer TSP werden Filamente aus einer Titan-Legierung so weit elektrisch beheizt, bis Titan von der Oberfläche der Filamente in das Vakuum sublimiert. Das sublimierte Titan schlägt sich auf den umgebenden Flächen nieder und bildet eine dünne Schicht. Diese Schicht hat ein hohes Saugvermögen für reaktive Gase, die entweder mit ihr eine chemische Bindung eingehen oder adsorbiert werden. Mit zunehmender Bedeckung durch diese Gase sinkt das Saugvermögen wieder ab. Durch Kühlung der Flächen mit Wasser oder flüssigem Stickstoff lässt sich das Saugvermögen noch deutlich steigern. TSP sind besonders geeignet für Gase wie H₂O, CO, CO₂ und O₂. Bei Stickstoffkühlung werden zusätzlich auch H₂ und N₂ sehr effektiv gepumpt.

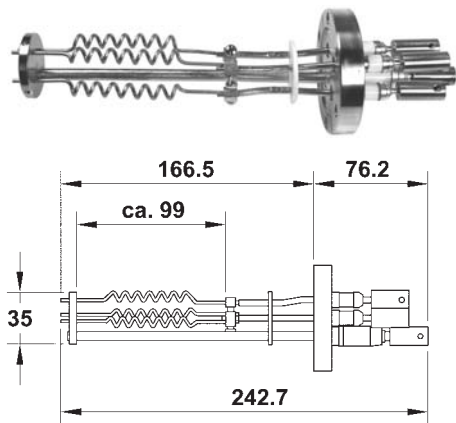
Gasart	H ₂	D ₂	H ₂ O	CO	N ₂	O ₂	CO ₂
300 K	2,6	3,1	7,3	8,2	3,5	8,7	4,7
77 K	17	6,2	14,6	11	8,2	11	9,3

Maximales Saugvermögen in l/s cm⁻² von Ti-Filmen bei verschiedenen Temperaturen
(Quelle: Kimo M. Welch, Capture Pumping Technology, Pergamon Press, 1991)

Kombinationspumpen TSP-IGP

Zur Kombination von TSP und IGP muss die IGP über einen zweiten Anschlussflansch der Größe DN160CF verfügen. In den Flansch wird ein ungekühlter Aufdampf-Zylindermantel oder ein LN₂-Kühlmantel eingesetzt. Zylindermantel und Kühlmantel stellen die notwendigen Flächen zum Abscheiden der Ti-Filme zur Verfügung. Sie besitzen einen Anschlussflansch für den Titanverdampfer. Der Titanverdampfer trägt Filamente aus einer Ti-Legierung und die notwendigen Stromdurchführungen. IGP und TSP werden auf Wunsch komplett montiert ausgeliefert. Die TSP kann aber auch separat in Vakuumanlagen installiert werden.

Titanverdampfer

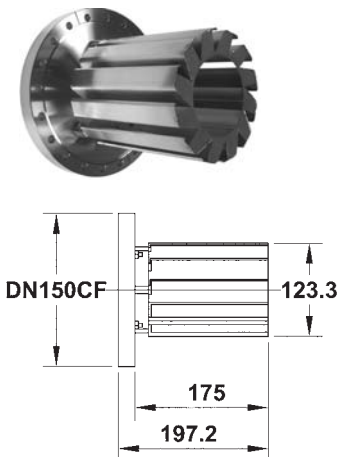


Technische Daten

■ Anschlussflansch	DN40CF-F
■ Filamentwerkstoff	85 % Ti, 15 % Mo
■ Filamentlänge, gesamt	117 mm
■ Filamentlänge, gewandelt	60 mm
■ Filamentgewicht	3,1 - 3,5 g
■ Filamentlebensdauer	ca. 20 Std., bedingungsabhängig
■ Maximalstrom	50 A bei 8 V DC
■ Anzahl Filamente	3
■ Gesamtgewicht	1 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
360043	Titanverdampfer
2141400	Ersatzfilamente und Zubehör

Aufdampf-Zylindermantel



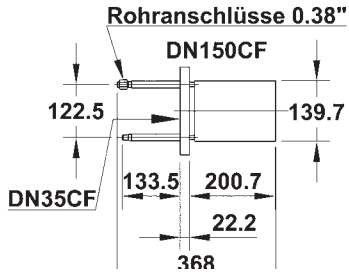
Technische Daten

■ Aufdampffläche	1320 cm ²
■ Anschlussflansch	DN160CF-F
■ TSP-Flansch	DN40CF-F
■ Gesamtgewicht	6 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
360044	Aufdampf-Zylindermantel

Titansublimationspumpen (TSP)

LN₂-Kühlmantel



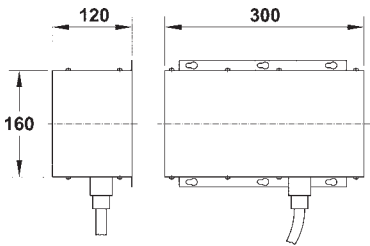
Technische Daten

■ Aufdampffläche	880 cm ²
■ Anschlussflansch	DN160CF-F
■ TSP-Flansch	DN40CF-F
■ Tankvolumen	1,15 Liter
■ Gesamtgewicht	8 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
360051	LN ₂ -Kühlmantel

Kühlung wahlweise mit Wasser oder flüssigem Stickstoff.

DIGITEL™ MPC - TSP/NEG Stromversorgung



Die DIGITEL™ MPC Betriebsgeräte für Ionengetterpumpen (siehe Seite 13-6) besitzen serienmäßig die Möglichkeit zur Steuerung von TSP. Über die Tastatur an der Frontseite können alle notwendigen Daten, wie Strom, Einschaltzeit usw. eingegeben werden. Damit eine TSP auf diese Weise mit Leistung versorgt wird, muss an das DIGITEL™ MPC die Stromversorgung für die TSP/NEG Fernsteuerung angeschlossen sein. Die Stromversorgung befindet sich in einem robusten Metallgehäuse und kann in der Nähe der TSP installiert werden.

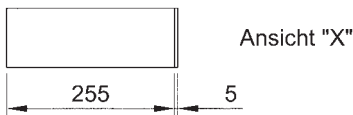
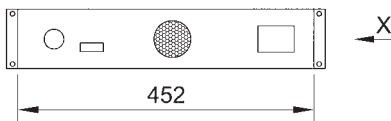
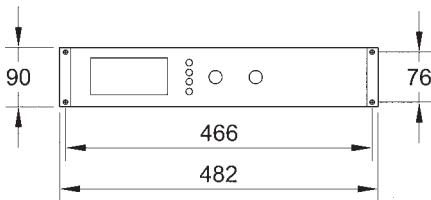
Technische Daten

- Maße 160 x 120 x 300 mm
- Betriebsspannung 110 - 240 V, 50/60 Hz
- Ausgangsstrom 0 - 75 A
- Ausgangsspannung 12 V DC
- Betriebsarten Kontinuierlich, zeitgesteuert, schaltpunktgesteuert
- Gewicht 12,2 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
635930	DIGITEL™ MPC - TSP/NEG Stromversorgung

SUBLI-CON51

Unabhängiges Betriebsgerät für Titansublimationspumpen



- Steuerung von TSPs mit bis zu 4 Filamenten
- Filamente ausheizbar
- Manuelle Eingabefunktion
- Interne Zeitsteuerung
- Interlock und Fernsteuerung
- Automatische oder manuelle Filamentwahl
- Gerät als 19"-Rackeinschub mit 2 Höheneinheiten

Technische Daten

- Sublimationszeiten 1 bis 10 min
- Pausenzeiten 1 ... 48 h
- Bedienung manuelle Eingabe mit Start/Stop-Funktion
interne Zeitsteuerung mit Start/Stop-Funktion
Fernsteuerung mit Start/Stop-Funktion
- Heizstrom max. 50 A
- Betriebsspannung 115/230 V, 50 ... 60 Hz
- Leistung max. 600 VA
- Abmessungen B x L x T: 450 x 260 x 90 mm
- Gewicht 10,5 kg

Art.-Nr.	Beschreibung
SUBLI-CON51	Netzgerät für Titansublimations-Pumpen (TSP)

Das Subli-Con51 wird inkl. 3 m Verbindungskabel geliefert (andere Längen auf Anfrage). Bitte geben Sie den pumpenseitigen Kabelanschluss an: ohne Stecker, mit Ösen oder Steckertyp Ihrer TSP.

Ionengeretterpumpen

Allgemeine Informationen

Entwicklung der Ionengeretterpumpe

Die Erfindung der Ionengeretterpumpe (IGP), die auch Ionenzerstäuberpumpe (IZ-Pumpe) genannt wird, beruhte, wie so oft bei technischen Entdeckungen, auf einem Zufall. In den 1930er Jahren führte F. M. Penning Untersuchungen an Kaltkathoden-Ionisationsmanometern durch. Im Jahre 1937 veröffentlichte er Ergebnisse, die den Zusammenhang von Pumpwirkung und Ionisierung von Molekülen in diesen Manometern zeigten. Ende der 1940er Jahre wurde der Begriff der Penning-Zelle in Verbindung mit der Vakuummessung geprägt, während die Pumpwirkung überwiegend als Nebeneffekt angesehen wurde. Trotzdem wurde das Potenzial des "Nebeneffekts" erkannt und kurz darauf die erste aus nur einer Penning-Zelle bestehende IGP in den USA zum Patent angemeldet. Die Pumpleistung betrug weniger als 1 l/s. Zahlreiche technische Weiterentwicklungen führten schließlich zu mehrzelligen Pumpelementen. Solche in einem gemeinsamen Gehäuse gebündelt installierten Pumpelemente bilden heute die bekannteste Art der IGP.

Vakuumerzeugung mit Ionengeretterpumpen

Vor dem Siegeszug der Turbomolekularpumpe wurden IGP in nahezu jeder Vakuum-Anwendung, die Drücke im Hochvakuum-Bereich $<10^{-6}$ mbar erforderte, eingesetzt. Heute finden IGP mit größerem Saugvermögen ihren überwiegenden Einsatz im Bereich mit Drücken $<10^{-9}$ mbar. Hier stellen IGP nach wie vor das sauberste und preiswerteste Verfahren dar, um ein Ultrahochvakuum zu erhalten. IGP fangen Gasmoleküle ein und halten sie fest, indem sie diese in feste Bestandteile umwandeln und in der Pumpe binden. Dadurch bewahren IGP auch dann das Vakuum, wenn sie nicht in Betrieb sind. Sie besitzen keine beweglichen Teile und sind deshalb ideal für abgeschlossene Systeme, die eine dauerhaft zuverlässige Funktion erfordern. Außerdem arbeiten IGP absolut schwingungs- und erschütterungsfrei bei einem sehr geringen Energiebedarf. Der Wartungsaufwand ist über die gesamte Lebensdauer minimal.

Typische Anwendungen

Die Liste der Anwendungen für IGP ist äußerst vielfältig. Sie bilden einen festen Bestandteil von wissenschaftlichen Instrumenten, etwa in der Beschleunigerphysik, der Massenspektrometrie und der Oberflächenanalytik. Weiterhin finden IGP ihren Einsatz bei der Herstellung von Vakuumröhren, in der Entwicklung und Produktion von Halbleiterelementen, der Weltraum-Simulation und in vielen weiteren Bereichen. Hier sei insbesondere noch auf die Anwendung in der Elektronenmikroskopie und Elektronenstrahlithographie hingewiesen. Obwohl dort verhältnismäßig hohe Drücke üblich sind, sind IGP aufgrund ihrer absoluten Schwingungsfreiheit für diese Anwendungen unverzichtbar.

Charakteristika von Ionengeretterpumpen

Saugvermögen

Wie bei jeder Vakuumpumpe ist auch bei den IGP das Saugvermögen der Parameter, der den Enddruck eines Vakuumsystems und die Zeit bis zu seinem Erreichen bestimmt. Die Geschwindigkeit, mit der ein bestimmtes Gas gepumpt wird, hängt von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Gases ab. Hierzu gehören die chemische Reaktivität, die Ionisierungsenergie, die Masse und die Größe der Moleküle. Im Zusammenhang mit IGP werden die Bestandteile des Gases entweder als chemisch reaktiv oder als edel bezeichnet. Reaktive Gase können chemisch mit den Kathodenmaterialien der Pumpelemente reagieren und feste Verbindungen bilden. Ein ionisiertes Sauerstoffmolekül kann z. B. ein Elektron aus einem Titan-Atom der Kathode heraus schlagen und mit letzterem reagieren. Das neu gebildete Titanoxid-Molekül ist neutral im festen Zustand, d. h. es wird nicht wieder als Gas an das System abgegeben. Edelgase hingegen sind inert und damit nicht reaktiv. Deshalb werden sie auch nicht chemisch gebunden. Edelgase können nur durch Physisorption (physikalische Bindung) auf den Oberflächen oder Implantation in den umgebenden Wänden der Pumpe gebunden werden. Das Saugvermögen von IGP hängt zusätzlich zur Gasart auch von der Konstruktion der Pumpelemente ab. In Tabelle 1 finden sich Beispiele für das prozentuale Saugvermögen verschiedener Pumpelemente für einzelne Gase bezogen auf das Saugvermögen für Luft.

Sättigungseffekte

Bevor eine IGP erstmalig in Betrieb geht, sind die Kathoden ungesättigt und das Kathodenmaterial hat noch keine Gase gebunden. Eine neue IGP pumpt bis zum doppelten Saugvermögen des gesättigten Zustands. Nach einigen Betriebsstunden (bei typischen Anfangsdrücken) mit einer konstanten Gaslast erreicht die Pumpe einen stabilen Zustand, in dem die Menge des gepumpten Gases gleich der Gasmenge ist, die von den Pumpenwänden freigesetzt wird. Wenn sich die Hauptkomponente des Gases ändert, ist dieser Effekt erneut zu beobachten, bis die Pumpe mit der neuen Gasart gesättigt ist. Aus diesem Grund fordert die internationale Norm ISO/DIS 3556-1 zur Bestimmung des Saugvermögens nur Messungen an gesättigten Pumpen.

Stabilität

Stabilität oder Druckstabilität ist die Fähigkeit der Pumpe, bei einer konstanten Gaslast einen konstanten Druck aufrecht zu erhalten. Verschiedene Kathodenwerkstoffe liefern verschiedene Stabilitätsniveaus und Pumpgeschwindigkeiten. Titankathoden bleiben beim Pumpen reaktiver Gase stabil. Leider ergeben sich beim Pumpen von Edelgasen (typisch Argon) mit Titankathoden Instabilitäten. Edelgase reagieren nicht mit Titan, sondern werden beim Zusammenstoß in die Titankathoden implantiert. Dies geschieht vermehrt im Bereich der Zentren der einzelnen Zellen. Es ist möglich, dass diese Gase bei weiterem Ionenbeschuss und Zerstäubung der Kathode wieder freigesetzt werden. Alternativ kommen Kathoden aus Tantal zum Einsatz. Sie halten Edelgase zwar nicht zurück, unterstützen jedoch einen stabilen Pumpvorgang. Ionen, die die Tantal Kathoden treffen, können als neutrale Atome in die IGP zurück reflektiert werden. Diese Atome besitzen üblicherweise kinetische Energien, die ausreichend sind, beim Auftreffen auf andere Bereiche des Pumpelements (z.B. innerhalb der Anodenanordnung) implantiert zu werden. Dort findet im Normalfall keine oder eine so geringe Zerstäubung statt, dass die einmal implantierten Atome nicht wieder freigesetzt werden und im Festkörper verbleiben.

Startdruck

Sämtliche IGP erfordern ein Vorpumpen des Vakuumsystems, bevor sie in Betrieb genommen werden können. IGP vom Typ Diode sollten erst bei einem Druck von $<10^{-4}$ mbar gestartet werden. Ab diesem Druck ist die Ionisierung auf die Anodenanordnung des Pumpelements beschränkt. Wenn die Ionisierung außerhalb des Pumpelements erfolgt, ist die Strom- und Spannungsversorgung der Pumpe nicht in der Lage, das elektrische Feld aufrecht zu erhalten. Aufgrund der elektrischen Entladung der geladenen Teilchen würde die Stromversorgung einen "virtuellen Kurzschluss" erfahren. IGP-Steuerungen überwachen deshalb diese Bedingungen und begrenzen die Leistungsabgabe, um die Stromversorgung und die Pumpe vor Beschädigungen zu schützen.

Ionengerterpumpen

Lebensdauer

Im Idealfall ist die Lebensdauer einer IGP durch die Menge des vorhandenen Kathodenmaterials bestimmt. Jedoch begrenzen elektrische Leckströme zwischen der Anode und der Kathode, die durch zerstäubte und danach abgeschiedene Metallschichten verursacht werden, ebenfalls die Lebensdauer einer IGP.

Ausheizbarkeit

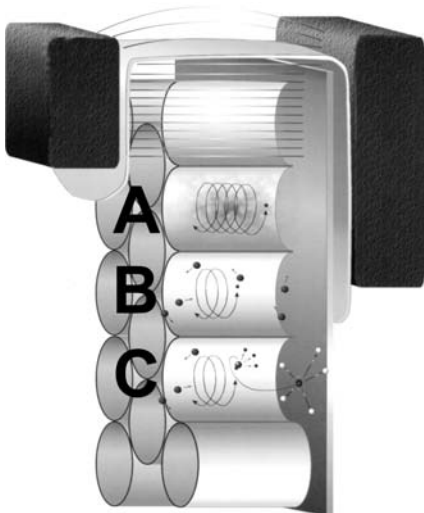
Ein Erhöhen der Temperatur (Ausheizen) einer IGP ermöglicht durch stärkeres Entgasen der Pumpenoberflächen ein schnelleres Erreichen niedriger Drücke. IGP können bei Temperaturen bis über 450 °C ausgeheizt werden. Die Magnete können Temperaturen bis zu 300 °C widerstehen und müssen bei höheren Temperaturen demontiert werden. Kabel sind je nach Ausführung bis zu 250 °C ausheizbar.

Magnetfeldstärke

Das Magnetfeld beeinflusst die Pumpgeschwindigkeit in direkter Weise. Oberhalb von 85 °C nimmt die Pumpgeschwindigkeit einer IGP mit der Temperatur ab. Aufgrund des Schwundes des Magnetfeldes zeigen IGP oberhalb von 250 °C Probleme, den Betrieb aufrecht zu erhalten. Die verwendeten keramischen Magnete haben einen reversiblen Feldverlust von 0,2 %/°C und einen irreversiblen Feldverlust von etwa 7 % bei 350 °C. Dieser Verlust ist nicht kumulativ (d. h. nachfolgendes Ausheizen auf 350 °C verursacht keinen zusätzlichen irreversiblen Verlust).

Funktionsweise von Dioden-Ionengerterpumpen

Eine IGP vom Typ Diode setzt sich zusammen aus einem oder mehreren Pumpelementen, den dazu gehörigen externen Permanentmagneten und dem Pumpengehäuse. Die Pumpelemente sind die Teile der Pumpe, die die eigentliche Pumparbeit verrichten. Jedes Pumpelement besteht aus 2 Kathodenblechen und einem Anodenelement, kurz Anode genannt. Die Anode wiederum ist aus zahlreichen zylinderförmigen kurzen Metallröhrchen aufgebaut, die wie Waben aneinander geschweißt sind. Jedes Röhrchen bildet das Zentrum einer Penning-Zelle. Je mehr Zellen eine Anode enthält, umso höher ist das Saugvermögen des daraus aufgebauten Pumpelements. Die Anode befindet sich zwischen den beiden Kathodenblechen, die durch einen Spalt von der Anode getrennt sind. Der Spalt ist so groß, dass er das Einströmen von Gas erlaubt. Anode und Kathoden sind fest verbunden und mittels Keramikisolatoren elektrisch isoliert. Sie bilden das Pumpelement. Ein oder mehrere Pumpelemente werden in das Pumpengehäuse eingebaut. Das Pumpengehäuse ist eine kleine Vakuumkammer, die Taschen zur Aufnahme der Pumpelemente besitzt. Die Permanentmagnete werden von außen auf die Taschen gesetzt und vervollständigen den Aufbau. Zur Funktion einer IGP sind im Wesentlichen drei Prozesse notwendig, die im Folgenden erläutert werden sollen.



1) Erzeugung einer Elektronenwolke (Zeichnung, Bereich A)

Wenn die IGP auf einen geeigneten Startdruck evakuiert ist, wird eine positive Hochspannung an die Anode angelegt, so dass sich Elektronenwolken innerhalb der Anodenzylinder bilden. Die Höhe der an den Anodenzylindern anliegenden Spannung beeinflusst sowohl die Dichte der geladenen Teilchen, als auch ihre Geschwindigkeit in direkter Weise. Durch das von den Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld werden die Elektronen auf Spiralbahnen gezwungen. Die Dichte der Wolke ist außerdem proportional zum Druck des Systems. Im Allgemeinen verringert sich die Dichte mit abnehmendem Druck, da weniger Gasmoleküle frei beweglich sind und weniger Elektronen durch Ionisation freigesetzt werden. Druck und Spannung beeinflussen außerdem den Durchmesser der Elektronenwolke. Die Größe der Anoden ist so gewählt, dass die beste Ionisationsrate, Leitfähigkeit und Implantationsrate von Gasmolekülen erzielt wird.

2) Ionisierung der Gasmoleküle (Zeichnung, Bereich B)

Neutrale Gasmoleküle und Atome im Bereich der Elektronenwolke, werden beim Zusammenstoß mit Elektronen ausreichender Energie ionisiert. Dabei freigesetzte Elektronen werden Teil der Elektronenwolke und können wiederum andere Moleküle ionisieren. Je höher die am System anliegende Spannung ist, desto schneller bewegen sich die Elektronen der Elektronenwolke und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für die Stoßionisation. Das ursprüngliche Gasmolekül bleibt als positives Ion innerhalb der positiv geladenen Hochspannungsanode zurück. Unter der Wirkung der elektromagnetischen Kräfte wird das

Ion in Richtung der im Verhältnis zur Anode negativ geladenen Kathode beschleunigt, wobei es eine hohe kinetische Energie erreicht, die in etwa der angelegten Hochspannung entspricht.

3) Ionenaufprall (Zeichnung, Bereich C)

Die ionisierten Gasmoleküle mit positiver Ladung treffen mit einer hohen kinetischen Energie auf die Kathode. Beim Aufprall geschehen mehrere Dinge gleichzeitig. Das ionisierte Gasmolekül kann direkt mit dem Kathodenmaterial reagieren, wobei es sich chemisch an ein Atom der Kathode bindet. Wenn diese Reaktion auftritt, treibt die Stoßenergie weitere Atome als nicht geladene Teilchen aus der Kathode. Dieser Kathodenerstäubung (Sputtern) genannte Vorgang verteilt das Kathodenmaterial über das Pumpelement, wodurch frisches Kathodenmaterial zur Verfügung steht, um zusätzlich reaktive Gase unabhängig von der Ladung der Moleküle chemisch zu binden. Ein ionisiertes Gasmolekül, das nicht mit dem Kathodenmaterial reagiert, wird in das Kathodenmaterial implantiert oder unter einem bestimmten Winkel in die Pumpe zurück reflektiert. Das ionisierte Gasmolekül wird zum Zeitpunkt des Aufpralls neutralisiert. Wenn es reflektiert wird, ist es möglich, dass es als neutrales Molekül auf andere Oberflächen der Pumpe trifft und dort implantiert wird. Der Mechanismus, um die Moleküle aus dem Vakuumsystem zu entfernen, ist entweder chemischer oder physikalischer Natur und hängt sowohl von der Art der Gase als auch vom Kathodenmaterial ab. Diese Faktoren bestimmen außerdem, ob sich Moleküle auf den Pumpenwänden ablagern, in die Kathoden implantiert oder als Teilchen mit hohen Geschwindigkeiten reflektiert werden.

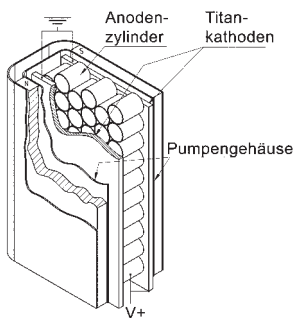
Ionengerätspumpen

Pumpelement-Typen

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Ausführungen von Pumpelementen entwickelt. Im Folgenden werden die Wichtigsten beschrieben:



Aufbau eines Dioden-Pumpelementes:



Konventionelle Dioden-Pumpelemente

Konventionelle Elemente liefern das höchste Saugvermögen für Luft und reaktive Gase. Sie bestehen aus je einer Titan-Kathode auf beiden Seiten des Pumpelementes. Das Saugvermögen für Edelgase ist typischerweise eine Größenordnung kleiner als für reaktive Gase. Diese Pumpelemente sind besonders geeignet für den Einsatz im unteren UHV und XUHV oder in geschlossenen Vakuumsystemen, die selten belüftet werden. Aufgrund der geringen Pumpgeschwindigkeiten für Edelgase sind konventionelle Ionengerätspumpen weniger für Anwendungen geeignet, bei denen Edelgase eingesetzt werden.

Differentielle (edelgasstabile) Dioden-Pumpelemente

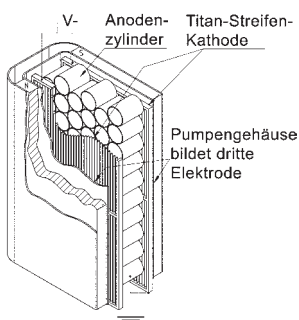
Differentielle Diodenelemente arbeiten ähnlich wie konventionelle Elemente, jedoch wird eine der Titan-Kathode des Pumpelements durch eine Tantal-Kathode ersetzt. Dies verstärkt die Stabilität gegenüber Edelgasen erheblich. Differentielle Diodenelemente können effektiv gegen ein 100 %iges Luft- oder Argonleck (1 Vol. % Ar) pumpen und stabil bleiben. Sie sind für alle Anwendungen im UHV geeignet, bei denen gleichzeitig ein hohes Saugvermögen für reaktive Gase und Edelgase gefordert wird.

Gasart	Edelgasstabile Diode TiTan DI	Konventionelle Diode TiTan CV
H ₂	160	220
CO ₂	100	100
N ₂	85	85
O ₂	70	70
H ₂ O	100	100
Ar	20	2

Tabelle 1: Saugvermögen in Bezug auf Luft (% vom Nominalwert)



Aufbau eines Trioden-Pumpelementes:



Trioden-Pumpelemente

Trioden-IGP arbeiten mit Pumpelementen, bei denen die Kathoden aus Metallstreifen oder gestanzten Blechen aus Titan bestehen. Triode bedeutet, dass es drei Elektroden gibt, Anode, Kathode und die Wand des Pumpengehäuses. Anode und Pumpengehäuse befinden sich auf elektrisch positivem Potential und die Kathoden auf negativem. Im Gegensatz zur Dioden-IGP werden nicht die Anoden sondern die Kathoden mit Hochspannung versorgt. Die angelegte Hochspannung hat negative Polarität. Im Betrieb prallen Ionen auf die Kanten und Flächen der Titanstreifen und zerstäuben sie. Die Teilchen werden außerdem neutralisiert und überwiegend in Richtung Pumpengehäusewand reflektiert. Reaktive Gase und Edelgase werden auf den Wänden des Pumpengehäuses durch sich niederschlagendes Kathodenmaterial gebunden bzw. in den Pumpenwänden implantiert. Triodenelemente werden typischerweise bei höheren Drücken gestartet als Dioden, verlieren aber im UHV an Saugvermögen. Deshalb sind sie besonders für HV-Anwendungen und weniger für UHV-Anwendungen geeignet.