

製品カタログ

Oxford Instruments X-Ray Technology

X 線発生装置・X 線管及び高圧電源



放射線遮蔽 X 線管



窓付ガラス
X 線管



耐食性
窓コーティング



遮蔽 X 線管
および電源



UltraBright マイクロフォーカス
X 線発生装置



Pinnacles 50kV マイクロフォーカス
X 線発生装置

3900003 Rev B



製品カタログ

390000 Rev B

Oxford Instruments X-Ray Technology の製品は以下の認証、登録、指令の一部もしくはすべてに準拠、適合、対応しています。

- CE
- UL
- TUV
- NFC
- Responsible Minerals Initiative



製品の詳細については Oxford Instruments X-Ray Technology（米国）までお問い合わせください。

製品カタログ

目次

特殊機能

Forté Corrosion Resistant Beryllium Window Coating	4
--	---

マイクロフォーカス X 線発生装置

UltraBright 96000 Series 90kV Microfocus X-ray Source	6
Nova 600 Series 90kV Water-Cooled Microfocus X-ray Source	10
Pinnacles 50kV Microfocus X-ray Source	14

放射線遮蔽 X 線管

Neptune 5200 Series Water-Cooled Radiation Shielded X-ray Tube	16
Jupiter 5000 Series Radiation Shielded X-ray Tube	18
Apogee 5500 Series Radiation Shielded X-ray Tube	20

封入式 X 線管

3000 Series 30kV X-ray Tube	22
-----------------------------	----

ガラス X 線管

1000 Series Glass X-ray Tube	24
1500 Series Glass X-ray Tube	26
1501 Series Glass X-ray Tube	28
1550 Series Glass X-ray Tube	30

電源

Shasta Series X-ray Tube Power Supply	32
---------------------------------------	----

付属資料

Power Supply and Cable Matching Guide	34
X-ray Tube Conditioning Procedure Application Note	36
X-ray Spectra Application Note	37
Operating Range Application Note	40
X-ray Tube Packaging Application Note	42
Beryllium Window Application Note	43
Environmental Conditions Application Note	44
Filament Life Application Note	46
Shielding Application Note	48
Heat Management Application Note	51
UltraBright Thermal Management Application Note	52
X-ray Fluorescence Periodic Table	57

Corrosion Resistant Beryllium Window Coating

Forté Coating Option

Forté 窓コーティングのオプションは、過酷で有害な環境下でベリリウム X 線管窓の寿命を延ばすように設計された特許取得済みの保護コーティングです。

湿度と酸性度が高い環境では、X 線管のベリリウム窓に有害な腐食が発生する可能性があります。ベリリウム窓の腐食により、大気が X 線管の真空内に漏出し、X 線発生装置の早期故障につながります。これら初期の故障は、OEM の品質の評判を損なう一方で、予定外のフィールドサービスの頻度の増加とシステムのダウンタイムの増加を通じて、エンドユーザーの総保有コストを増加させます。

Forté 窓コーティングは、特許取得済み無機コーティングを使用して、ベリリウム窓に保護バリアを塗布します。このコーティングは、X 線源のスペクトルに影響を与えることなくベリリウムを水や化学薬品の蒸気から保護し、X 線強度の減衰を最小限に抑えて、分析および工業用イメージング用途に最適な製品とすることができます。



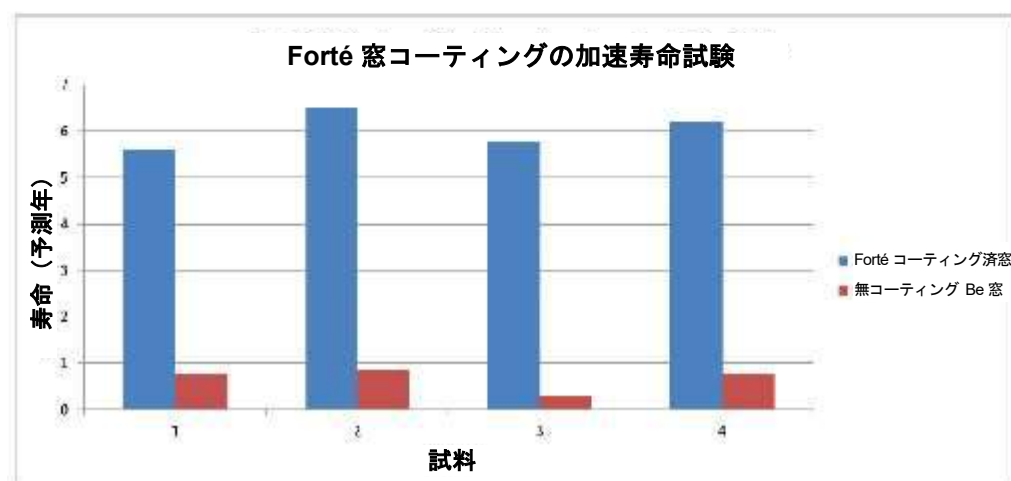
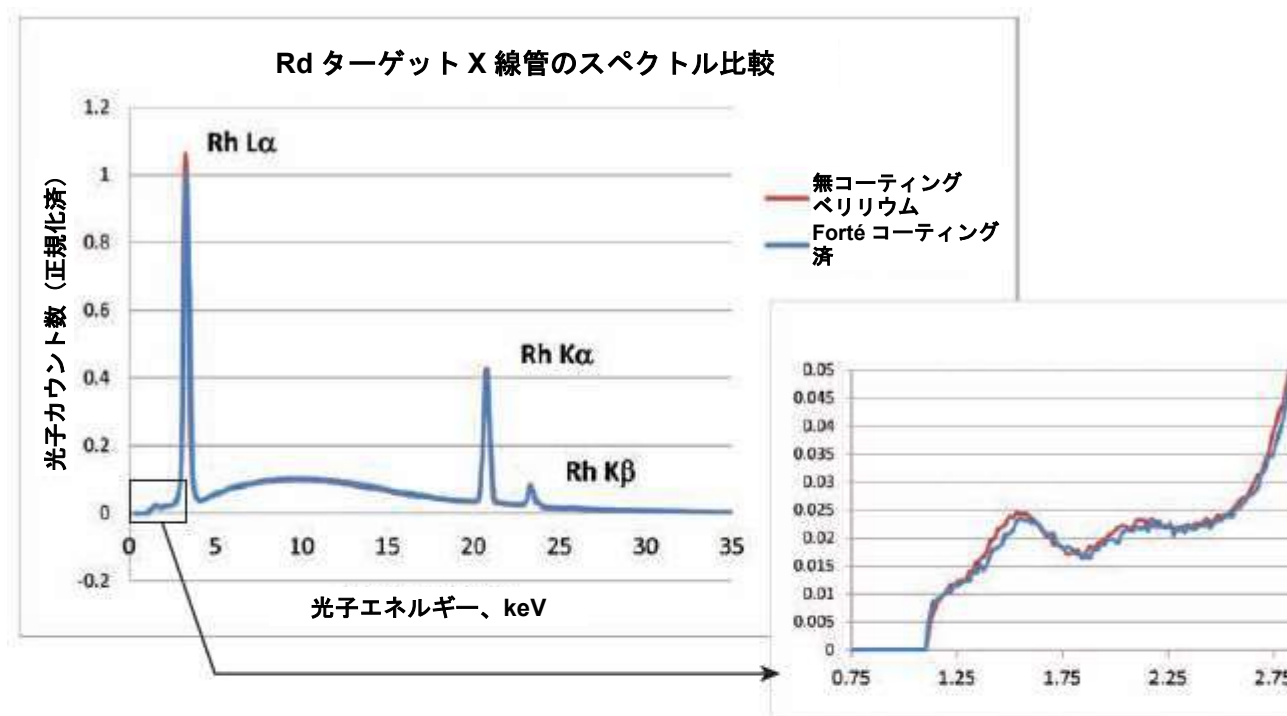
Forté 窓コーティングオプションはすべてのオックスフォード社製 X 線管で利用することができます。

利点

- コーティングされていないベリリウム窓と比較した場合、窓の寿命は平均 5 倍になります。
- 均一なコーティングは低減衰を実現し、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。
- 出力スペクトルに影響を与えません。
- 窓の腐食に起因する X 線管の故障に対し、3 年間の保証が適用されます。

仕様	
材料	特許取得済み無機コーティング
減衰量	< 5% @ > 4keV
スペクトルへの影響	出力スペクトルに影響を与えません。
環境温度	最高 500°C
漏れ率	< 1x10 ⁻⁹ atm*cc/秒
塗装色	各種あります。(性能には影響しません。)
暴露酸性度	≥4.2 pH (3 年間の保証が適用されます。), より高い酸性度下では窓寿命が短くなります。
保証	窓の腐食に起因する故障に対し、3 年間適用されます。
特許番号	US15/783457 “X 線装置用窓材”

耐食性ベリリウム窓コーティング
Forté コーティングオプション



90kv Microfocus X-ray Source

UltraBright 96000 Series

本製品は、販売・生産を終了しました

UltraBright マイクロフォーカス X 線発生装置 96000 シリーズは、高輝度、高倍率、小スポット径が重要なアプリケーションを対象とする 90kV、80W の X 線発生装置です。

UltraBright マイクロフォーカス X 線発生装置は、可変電圧および電力制御が可能な外部高電圧 Smart Controller によって操作され、「輝度」を完全に制御して、非常に優れた倍率と画質を実現します。最大 X 線強度は、対応する最適なスポット径に対して所定の出力設定の自動調整により維持されます。



利点

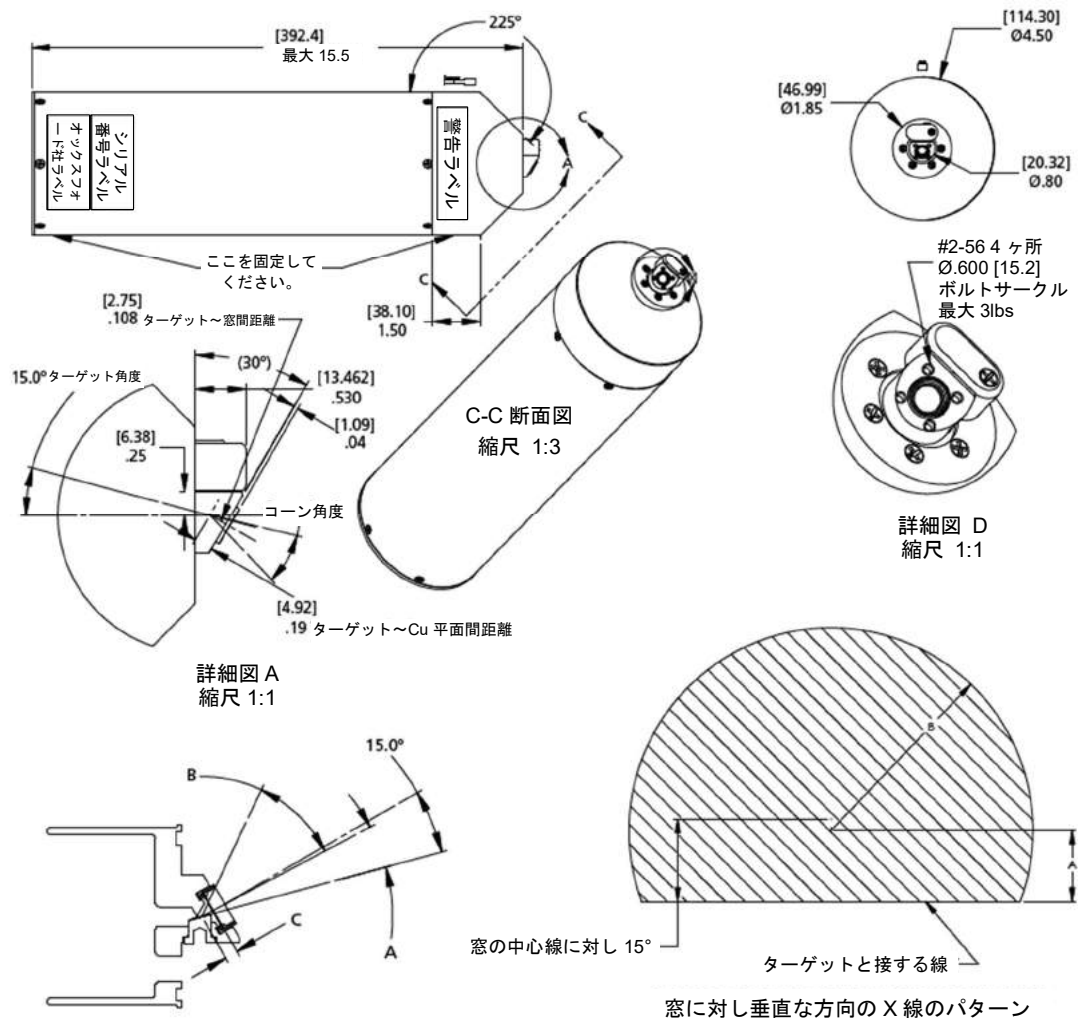
- 非常に優れた倍率と画質
- ユーザーのコントロール範囲が広く、研究用途に最適です。
- 高出力作動—高強度 X 線を使用するアプリケーションや実験に最適です。
- 小型、軽量の設計のため、携帯用途に最適です。
- 一体型容器により HV ケーブルをなくし、信頼性を向上させています。
- Smart Brightness 制御付コントローラを含みます。

応用

- マイクロトモグラフィー
- 微小部蛍光 X 線分析
- ライフサイエンスおよび工業用
- 微小部 X 線回折検査向け CT イメージング

仕様	
作動電圧範囲：	製品注文表をご参照下さい。
最大出力：	製品注文表をご参照下さい。
最大ビーム電流：	2.0mA
焦点スポット径：	14~20µm @最高管電圧および最小出力
焦点～対象物間距離（FOD）：	4mm
照明コーン：	50° x 74° (公称) 次ページのチャート図参照。
窓材および膜厚：	Be, 254µm
窓直径(無遮蔽物時)：	9.5mm (0.37")
窓配置：	端部窓
ターゲット材：	製品注文表をご参照下さい。
作動環境温度：	10°C~40°C
最高作動温度（アノード）：	70°C
冷却方式：	強制空冷 (150 CFM @ 4" 連続作動時推奨) 詳細は 58 ページのアプリケーションノート 3904010（熱管理）をご参照ください。
遮蔽：	無
寸法：	392.4mm L x Ø 114.3mm (15.5" L x Ø 4.5")
重量：	≤4kg (8.81lbs.)
保管条件：	-10°C~55°C 気圧：50~106kPa；湿度：10~90% (無結露) Be 窓への結露は窓の腐食、真空度低下および X 線管の故障の原因となります。

UltraBright 96000 シリーズ 90kV マイクロフォーカス X 線発生装置



寸法 : [mm]
インチ

寸法	種類	単位	放射コーンとスポット位置		
			最遠	公称	最近
A	放射コーン中心の位置	度	10.6	12.9	16.4
B	コーンの半径	度	32.2	36.8	42
C	窓～スポット間距離	mm	4.47	3.14	1.82

この製品の使用方法を詳しく知るためには、56 ページのアプリケーションノート :
3904010 熱管理および 48 ページの AN001 環境条件をご参照下さい。



X 線発生装置 (左) は DB-25 ケーブル (ケーブル長 15') でコントローラ (右) に接続されます。

DB-25 ケーブルの雌側を X 線発生装置に DB-25 ケーブルの雄側をコントローラに接続します。



90kv Microfocus X-ray Source

UltraBright 96000 Series (続き)

RS232 制御命令セット

プロトコル : RS-232-C
 ボーレート : 9600 非同期
 フロー制御 : 無
 データビット : 8
 ストップビット : 1
 パリティ : 無
 コネクタ : 型式 : 25 ピン

機能

アノード電圧設定 : 10~90kV (例 : VCN 50=50kV 設定)
 輝度設定 : 10~80W (例 : WCN 40=40W 設定)
 コマンド : X 線 ON/OFF
 コマンド : 電圧 最低-最高設定
 コマンド : 輝度 最低-最高設定

リードバック表示

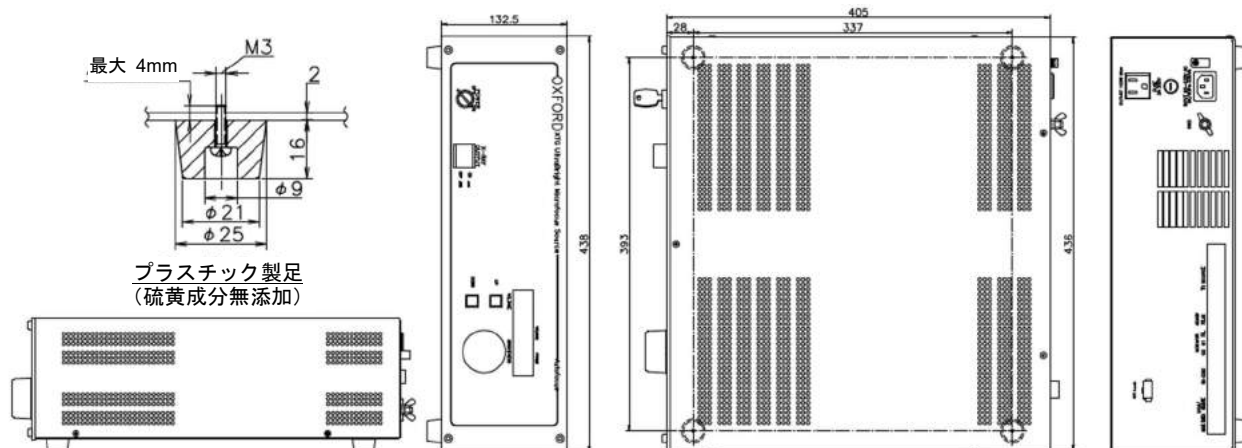
電圧 : (例 : VM 30 = 30kV)
 輝度 : (例 : WM 20 = 20W)
 状態 : 待機、暖機、出力、ASCII フォーマットによる故障モード
 故障 : リモート/ローカルモードを除き、表示パネル情報は ASCII フォーマットになります。
 その他 : ROM バージョン番号

制御ユニット仕様

機能 :	キースイッチ電源、HV ON/OFF、kV 調整、輝度/自動焦点調整
外部制御 :	リモート制御
消費電力 :	最大 100W
入力電圧 :	110/240 AC 自動切換
概略重量 :	4kg
HV ケーブル :	不要
LV ケーブル :	25 ピン標準 D 型コネクタ (長さ 15 フィート)

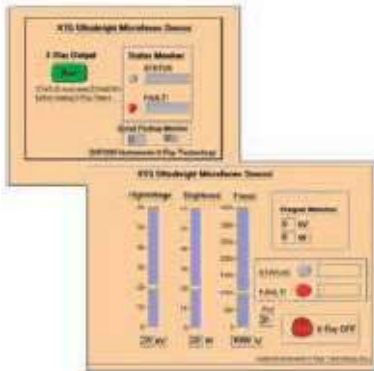
項目	RS232 制御	手動操作	備考
リモート/ローカル切替スイッチ	無	有	スイッチは後面パネルに設置されています。
電源 ON/OFF	無	有	リモート操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチは必ず“ON”にします。
X 線 ON/OFF	有	有	リモート操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチは必ず“ON”にします。
電圧昇圧/降圧	有	無	前面パネルスイッチは無効化されます。
輝度制御	有	無	前面パネルスイッチは無効化されます。

電源投入は X 線の ON/OFF コマンドにより、リモートで行うことができます。ただし、カソードエミッタが停止中の場合、電源は前面パネルの ON/OFF スイッチからのみ復帰することができます。安全インターロックは後面パネルに配置されています。



コントローラユニット参照図/寸法は mm

ソフトウェア制御オプション



- LabVIEW RT & MS-Windows 下で作動します。
- RS232 制御インターフェースと連動して作動します。
- 電圧、出力、焦点の完全制御
- ダイナミックな状態表示
- オープンソフトウェアアーキテクチャであるため、入手できる追加の開発ソフトウェアによる改良が可能です。
- ダイナミックな故障表示
- R&D 用途に最適です。



機能	ソフトウェア制御	手動操作	備考
リモート/ローカル切替スイッチ	無	有	スイッチは後面パネルに設置されています。
電源 ON/OFF	無	有	ソフトウェア操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチは必ず“ON”にします。
X 線 ON/OFF	有	有	ソフトウェア操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチは必ず“ON”にします。
電圧 昇圧/降圧	有	無	前面パネルスイッチは無効化されます。
出力調整	有	無	前面パネル輝度ダイヤルは無効化されます。

以下のようなトップクラスの性能特性を備えたマイクロフォーカス X 線発生装置：

- UltraBright 96000 シリーズは、完全に一体化された 90kVX 線発生装置です。その高電圧電源とコントローラは、「輝度」を完全に制御しながら、10~90kV の高電圧と 0.33~2 ミリアンペアのビーム電流を可変制御することができます。Smart Controller は、最大 X 線強度が得られるよう所定の出力設定に関するスポット径を計算します。
- 電圧および電流定格 (90kV、2.0mA) は、80W の最大消費電力定格に依存します。X 線管アセンブリは密閉され、空冷されており、連続運転が可能です。
- X 線マイクロフォーカススポット径は、14 μ m から 20 μ m まで連続的に調整することができます。小さなスポット径では出力定格の低下機能がありますが、X 線発生装置の出力は 20 μ m のスポット径で 20W 以上です。
- アノードターゲット材料はタングステンを標準として構成されていますが、他のターゲット (Cu、Mo) も利用可能です。ターゲットは電子ビームに対して 15 度の取り出し角度で傾斜し、出口窓は電子ビームに対して 30 度の角度に位置合わせされるため、円形のマイクロフォーカス X 線スポットが出口窓から射出されます。
- テストで検証されているように、マイクロフォーカス X 線スポットの安定性は 8 時間にわたり 5 μ mRMS 未満となります。この仕様を満たすには、最大 2 時間の暖機が必要です。
- システムには 254 ミクロンの Be 出口窓が使用されており、対象物とアノード X 線スポットとの近接した結合 (4mm) が可能です。
- LabVIEW RT ソフトウェアインターフェース：Smart Controller には、kV、mA、輝度、出力などのさまざまな機能のリモート制御を提供するソフトウェアパッケージが装備されています。同ソフトウェアパッケージには RS232 通信パッケージと National Instruments LabVIEW の RT バージョンが含まれています。詳細な説明については、ソフトウェア制御データシートを参照してください。

製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード電流 (mA)	最大アノード出力 (W)	出力密度	スポット径 (μ m)**
96002*	8236	Mo	20~60	2.0	60	1.5W/ μ m	20 Max.
96000*	8236	Cu	20~60	2.0	60	1.5W/ μ m	20 Max.
96004*	8236	W	20~90	2.0	80	2.5W/ μ m	20 Max.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

*冷却システムの安全装置に付加的レベルの保護を追加する温度スイッチが含まれています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

90kv Water-Cooled Microfocus X-ray Source

Nova 600 Series

本製品は、販売・生産を終了しました

Nova マイクロフォーカス X 線発生装置 600 シリーズは高出力、高倍率、小スポット径が重要なアプリケーション用の 90kV、80W の水冷 X 線発生装置です。

Nova Microfocus System マイクロフォーカス X 線発生装置は、可変電圧および電力制御が可能な外部高電圧 Smart Controller によって操作され、「輝度」を完全に制御して、非常に優れた倍率と画質を実現します。最大 X 線強度は、対応する最適なスポット径に対して所定の出力設定を自動調整により維持されます。



利点

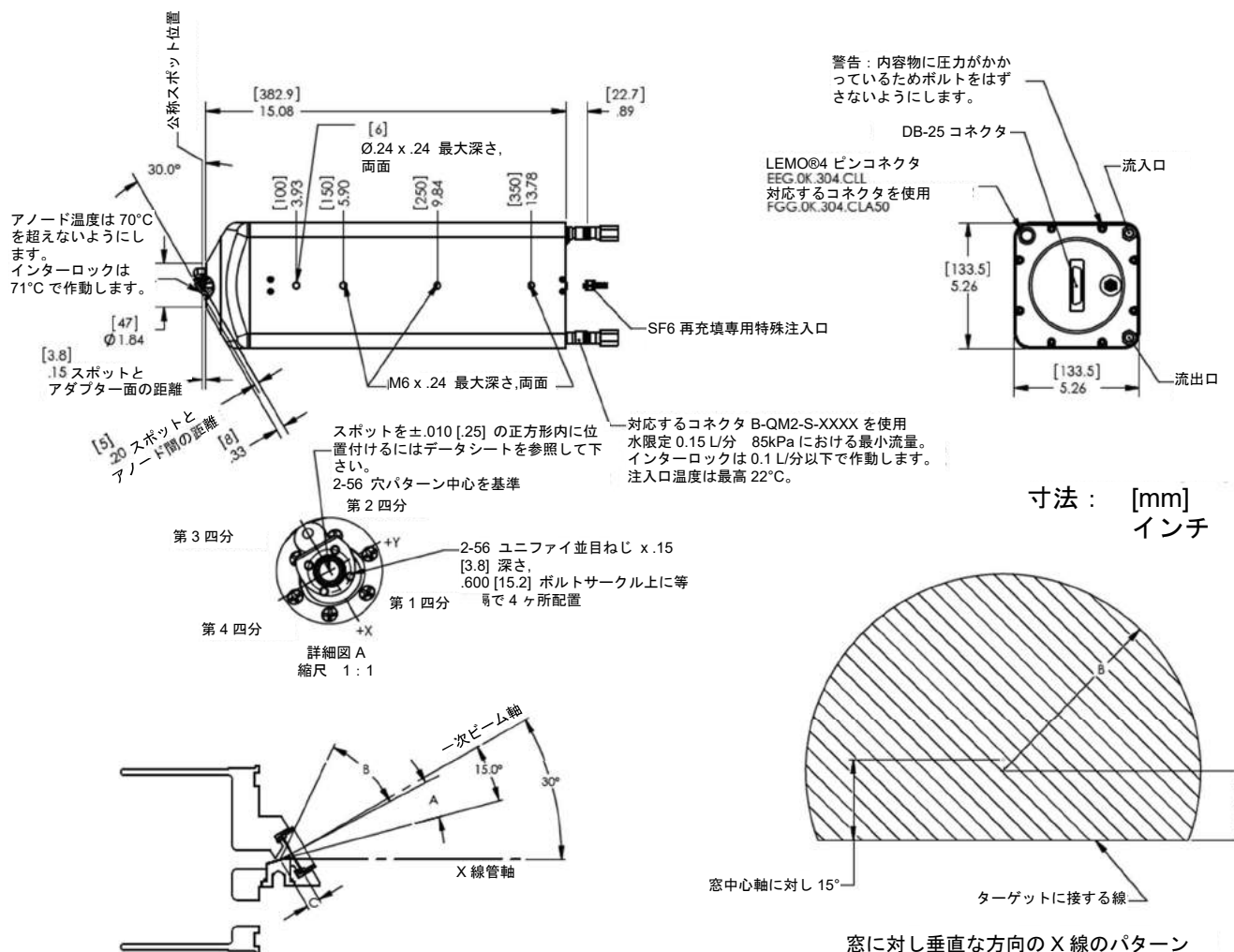
- 非常に優れた倍率と画質
- ユーザーコントロールの範囲が広く、研究用途に最適です。
- 高出力作動—高強度 X 線を使用するアプリケーションや実験に最適です。
- 小型、軽量の設計のため、携帯用途に最適です。
- 一体型容器により HV ケーブルをなくし、信頼性を向上させています。
- Smart Brightness 制御付コントローラを含みます。

応用

- マイクロ トモグラフィ
- 微小部蛍光 X 線分析
- ライフサイエンスおよび工業用検査向け CT イメージング
- 微小部 X 線回折

仕様	
作動電圧範囲：	製品注文表をご参照下さい。
最大出力：	製品注文表をご参照下さい。
最大ビーム電流：	2.0mA
焦点スポット径：	14~20µm @最高管電圧および最小出力
焦点～対象物間距離（FOD）：	4mm
照明コーン：	50° x 74° (公称)、次ページのチャート図参照
窓材および膜厚：	Be, 254µm
窓直径(無遮蔽物時)：	9.5mm (0.37")
窓配置：	端部窓
ターゲット材：	製品注文表をご参照下さい。
作動環境温度：	10°C~40°C
最高作動温度（アノード）：	70°C
冷却方式：	水 0.15l/分@15psi
遮蔽：	無
寸法：	392.4mm L x 114.3mm W (15.5" L x 4.5"W)
重量：	≤4kg (8.81lbs.)
保管条件：	-10°C~55°C 気圧：50~106kPa；湿度：10~90% (無結露) Be 窓への結露は窓の腐食、真空度低下および X 線管の故障の原因となります。

Nova 600 シリーズ 90kV 水冷マイクロフォーカス X 線発生装置



寸法	種類	単位	放射コーンとスポット位置		
			最遠	公称	最近
A	放射コーン中心の位置	度	10.6	12.9	16.4
B	コーンの半径	度	32.2	36.8	42
C	窓～スポット間距離	mm	4.47	3.14	1.82

この製品の使用方法を詳しく知るためには、56 ページのアプリケーションノート 3904010 熱管理および 48 ページの AN001 環境条件をご参照ください。



X 線発生装置 (左) は DB-25 ケーブル (ケーブル長 15') でコントローラ (右) に接続されます。

DB-25 ケーブルの雌側を X 線発生装置に DB-25 ケーブルの雄側をコントローラに接続します。



90kv Water-Cooled Microfocus X-ray Source

Nova 600 Series (続き)

RS232 制御命令セット

プロトコル : RS-232-C
 ボーレート : 9600 非同期
 フロー制御 : 無
 データビット : 8
 ストップビット : 1
 パリティ : 無
 コネクタ : 型式 : 25 ピン

機能

アノード電圧設定 : 10~90kV (例 : VCN 50=50kV 設定)
 輝度設定 : 10~80W (例 : WCN 40=40W 設定)
 コマンド : X 線 ON/OFF
 コマンド : 電圧 最低-最高設定
 コマンド : 輝度 最低-最高設定

リードバック表示

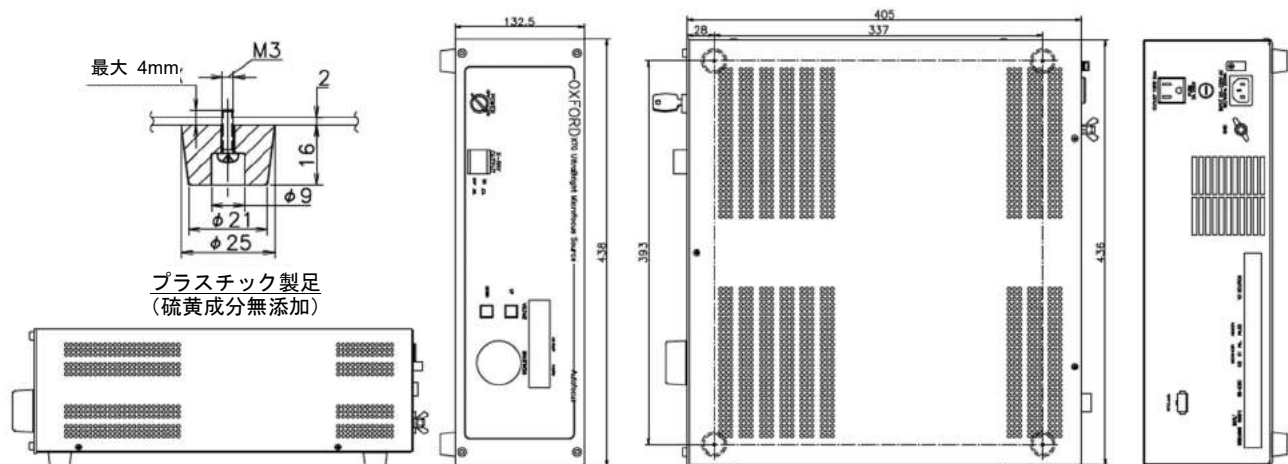
電圧 : (例 : VM 30 = 30kV)
 輝度 : (例 : WM 20 = 20W)
 状態 : 待機、暖機、出力、ASCII フォーマットによる故障モード
 故障 : リモート/ローカルモードを除き、表示パネル情報は ASCII フォーマットになります。
 その他 : ROM バージョン番号

制御ユニット仕様

機能 :	キースイッチ電源、HV ON/OFF、kV 調整、輝度/自動焦点調整
外部制御 :	リモート制御
消費電力 :	最大 100W
入力電圧 :	110/240 AC 自動切換
概略重量 :	4kg
HV ケーブル :	不要
LV ケーブル :	25 ピン標準 D 型コネクタ (長さ 15 フィート)

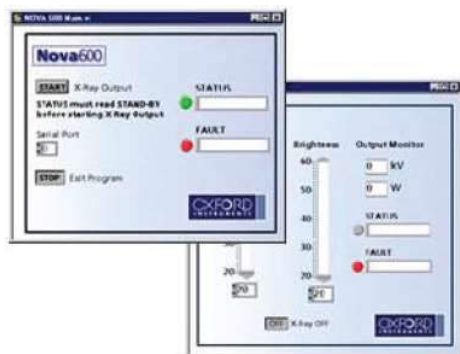
項目	RS232 制御	手動操作	備考
リモート/ローカル切替スイッチ	無	有	スイッチは後面パネルに設置されています。
電源 ON/OFF	無	有	リモート操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチを必ず "ON" にします。
X 線 ON/OFF	有	有	リモート操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチを必ず "ON" にします。
電圧 昇圧/降圧	有	無	前面パネルスイッチは無効化されます。
輝度制御	有	無	前面パネルスイッチは無効化されます。

電源投入は X 線の ON/OFF コマンドにより、リモートで行うことができます。ただし、カソードエミッタが停止中の場合、電源は前面パネルの ON/OFF スイッチからのみ復帰することができます。安全インターロックは後面パネルに配置されています。



コントローラユニット参照図/寸法は mm

ソフトウェア制御オプション



- LabVIEW RT & MS-Windows 下で作動します。
- RS232 制御インターフェースと連動して作動します。
- 電圧、出力、焦点の完全制御
- ダイナミックな状態表示
- オープンソフトウェアアーキテクチャであるため、入手できる追加の開発ソフトウェアによる改良が可能です。
- ダイナミックな故障表示
- R&D 用途に最適です。



機能	ソフトウェア制御	手動操作	備考
リモート/ローカル切替スイッチ	無	有	スイッチは後面パネルに設置されています。
電源 ON/OFF	無	有	ソフトウェア操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチを必ず“ON”にします。
X 線 ON/OFF	有	有	ソフトウェア操作時は前面パネルの ON/OFF スイッチを必ず“ON”にします。
電圧 昇圧/降圧	有	無	前面パネルスイッチは無効化します。
出力調整	有	無	前面パネル輝度ダイヤルは無効化します。

以下のようなトップクラスの性能特性を備えたマイクロフォーカス X 線発生装置

- Nova 600 シリーズは、完全に一体化された 90kVX 線発生装置です。その高電圧電源とコントローラは、「輝度」を完全に制御しながら、10~90kV の高電圧と 0.33~2 ミリアンペアのビーム電流を可変制御することができます。Smart Controller は、最大 X 線強度が得られるよう所定の出力設定のスポット径を計算します。
- 電圧および電流定格 (90kV、2.0mA) は、80W の最大消費電力定格に依存します。X 線管アセンブリは密閉され、水冷されており、連続運転が可能です。
- X 線マイクロフォーカススポット径は、14 μ m から 20 μ m まで連続的に調整することができます。小さなスポット径では出力定格の低下機能がありますが、X 線発生装置の出力は 20 μ m のスポット径で 20W 以上です。
- アノードターゲット材料はタングステンを標準として構成されていますが、他のターゲット (Cu、Mo) も利用可能です。ターゲットは電子ビームに対して 15 度の取り出し角度で傾斜し、出口窓は電子ビームに対して 30 度の角度に位置合わせされるため、円形のマイクロフォーカス X 線スポットが出口窓から射出されます。
- テストで検証されているように、マイクロフォーカス X 線スポットの安定性は 8 時間にわたり 5 μ mRMS 未満となります。この仕様を満たすには、最大 2 時間の暖機が必要です。
- システムには 254 ミクロンの Be 出口窓が使用されており、対象物とアノード X 線スポットとの近接した結合 (4mm) が可能です。
- LabVIEW RT ソフトウェアインターフェース：スマートコントローラには、kV、mA、輝度、出力などのさまざまな機能のリモート制御を提供するソフトウェアパッケージが装備されています。同ソフトウェアパッケージには RS232 通信パッケージと National Instruments LabVIEW の RT バージョンが含まれています。詳細な説明については、ソフトウェア制御データシートを参照してください。

製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード電流 (mA)	最大アノード出力 (W)	出力密度	スポット径 (μ m)**
96013*	8240	W	20~90	2.0	80	2.5W/ μ m	20 Max.
96016*	8240	Mo	20~60	2.0	60	1.5W/ μ m	20 Max.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

*冷却システムの安全装置に付加的レベルの保護を追加する温度スイッチが含まれています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

50kV Microfocus X-ray Source

Pinnacles 50kV

広角度の視野にわたり高分解能を必要とするアプリケーション用 Pinnacles 50kV マイクロフォーカス X 線発生装置は、高強度 X 線を備えています。

そのコンパクトな設計は、完全に放射線遮蔽され、X 線管の側面に配置され、一体化された高圧ケーブルで絶縁されているため、簡単に接続することができます。

Shasta μ F 電源は、Pinnacles 50kV マイクロフォーカス X 線管へ電力を供給するように最適化されています。



利点

- 広い作動範囲による最適な画像コントラスト
- 広い視野
- 完全に遮蔽された容器は X 線の漏出をなくすとともに簡単にシステムに組み込むことができます。
- 一体化された高圧ケーブル
- プラグ&プレイ操作のために組み合わせることができる電源

応用

- 医療用イメージング
- プリント回路基板および電子機器の検査
- プラスチック、金属、機械部品の非破壊検査

仕様	
作動電圧範囲：	10~50kV
最大出力：	12W
最大ビーム電流：	1.0mA
焦点スポット径：	10 μ m (50kV, 12W) JIMA RT RC-02(4)による線対分解能
焦点～対象物間距離 (FOD)：	35.18mm (1.385")
ターゲット材：	W, Mo(5)
ターゲット角度：	45°
照明コーン (無遮蔽物時)：	40.5° $\pm$ 0.5°
窓材および膜厚：	Be, 254 μ m
窓直径(無遮蔽物時)：	16.88mm (.66")
最高作動温度：	封入表面温度で 50°C
作動環境温度：	0°C~40°C; 0-95% RH 5,000ft 以下
冷却方式：	強制空冷@100mm (4.0") で 150cfm を推奨します。
遮蔽：	完全遮蔽。漏洩 X 線 10cm で < 1.0 μ Sv/時
重量：	$\approx$ 1.37kg (3 lbs)
保管条件：	-10° C~55°C 気圧：50-106kPa；湿度：10-90% (無結露) Be 窓への結露は窓の腐食、真空度低下および X 線管の故障の原因となります。

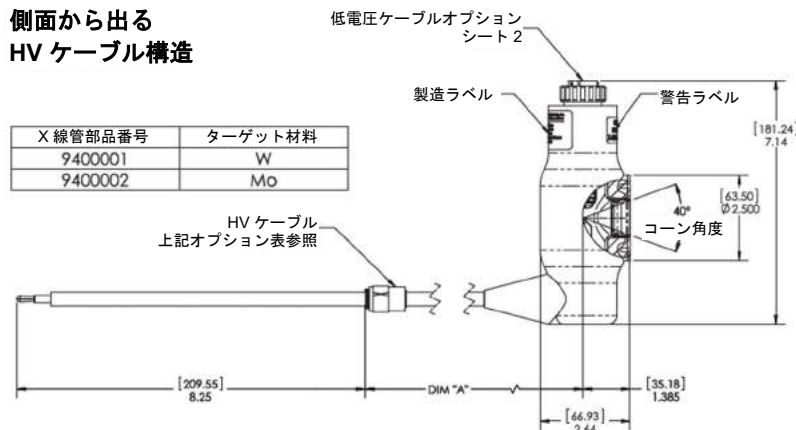
Shasta μ F 電源 9700007

- 入力電圧は業界標準の 24V
- 高圧、カソード、グリッド制御
- 直感的で使いやすいアナログ制御インターフェース
- 最適スポット径のための焦点合わせグリッド調整
- UL, CE, TUV, および RoHS 指令 2011/65/EU へ準拠するように設計されています。

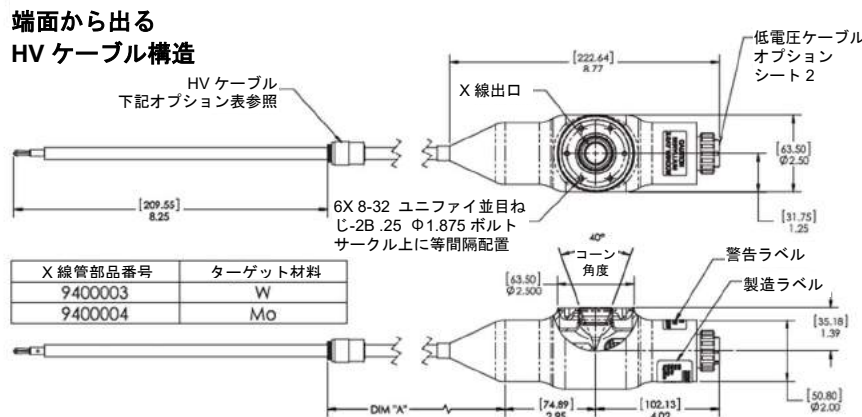


Pinnacles 50kV マイクロフォーカス X 線発生装置

側面から出る HV ケーブル構造



端面から出る HV ケーブル構造



低電圧直線ケーブル 部品番号	LV ケーブル長
9290021	32 in
9290022	39in (1m)
9290023	79in (2m)
9290024	118in (3m)

高電圧ケーブル 部品番号	HV ケーブル長 寸法 "A"
1690001	26 in
1690002	39in (1m)
1690003	79in (2m)
1690004	118in (3m)

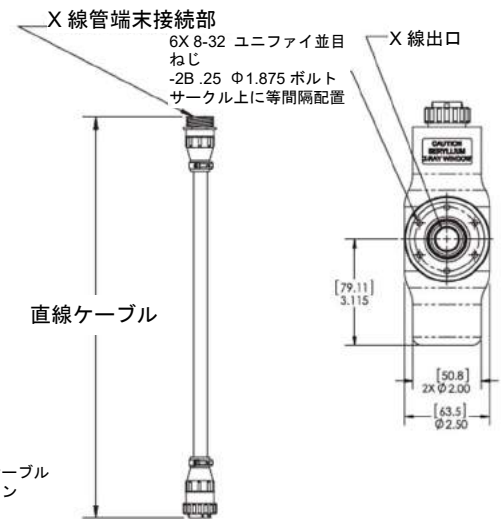
製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード電流 (mA)	最大アノード出力 (W)	スポット径 (μm)**
9400001	8400001	W	10~50	1.0	12	10 Nom.
9400002	8400001	Mo	10~50	1.0	12	10 Nom.
9400003	8400002	W	10~50	1.0	12	10 Nom.
9400004	8400002	Mo	10~50	1.0	12	10 Nom.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

HV&LV ケーブルオプション



注

1. 本 X 線管は 40°X 線コーンを除き、50kV/12W まで完全に放射線遮蔽されています。
2. HV ケーブルは取り外せないように X 線管に封入されています。
3. 寸法：インチ [mm]
4. 線対強度変調とバックグラウンド強度の比が 50%に到達することを線対分解能と定義しています。
5. Mo ターゲットの X 線源寿命の仕様は 10 ミクロン焦点スポットで 50 時間です。

注文の方法

1. X 線管 PN 940000X を選択し、所望するターゲット材料と HV ケーブル出口方向を選択します。
2. HV ケーブル PN 169000X および LV ケーブル PN 929002X を選択し、所望するケーブル長を選択します。

運転には Shasta μF 電源が必須です。

Water-Cooled Radiation Shielded X-ray Tube

Neptune 5200 Series

Neptune 5200 シリーズは、高強度 X 線および連続運転が重要なアプリケーションを対象とする容器に収納された水冷 50kV, 100W の X 線管です。

当社の高安定性、高強度の X 線管技術を利用している Neptune 5200 シリーズは、プラスチック、金属、機械部品等の検査など、高分解能を必要とするほとんどの工業用検査および非破壊検査アプリケーションに最適です。適応性と信頼性に優れた本装置は、高出力 XRF アプリケーションでの使用にも非常に適しています。

5200 シリーズは、0.2 リットル/分の水流量を活用する真鍮製の容器を備えており、本装置は最高の X 線遮蔽と放熱ができるようになっています。この構成には、高電圧、フィラメント、および通水コネクタが含まれているため、プラグ&プレイ操作に最適です。

Neptune 5200 シリーズは、お客様のニーズに合わせて各種ターゲットと価格範囲の中からご利用いただけます。



利点

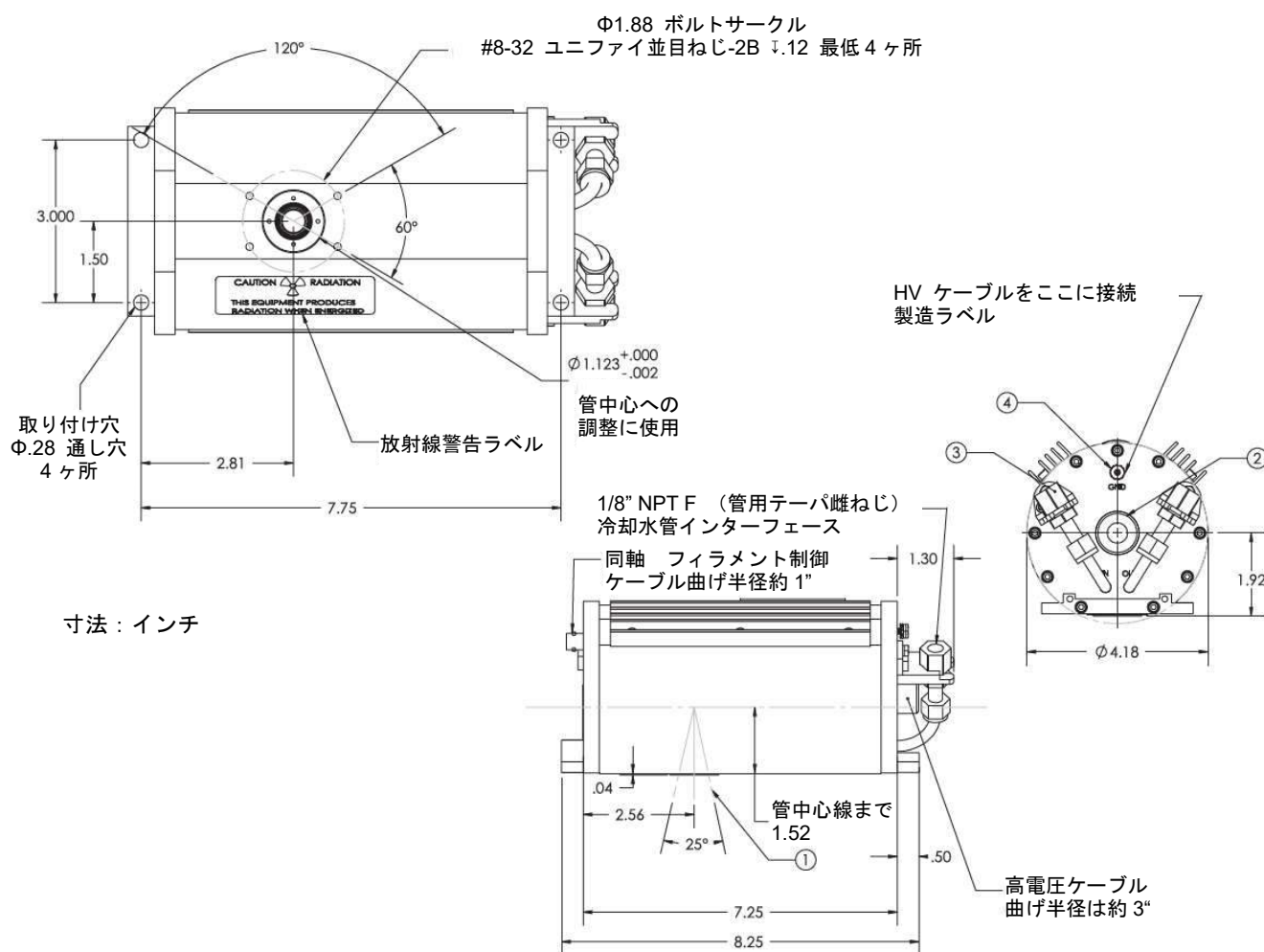
- 広い作動範囲により、最適な画像コントラストが可能になります。
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 低減衰ベリリウム窓により、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。
- 完全に遮蔽されたコンパクトな容器は、X 線の漏出をなくすとともに簡単にシステムに組み込むことができます。

応用

- プラスチック、金属、機械部品等の非破壊検査
- 厚さ測定
- XRF 分析

仕様	
作動電圧範囲：	10~50kV
最大出力：	100W
最大ビーム電流：	2.0mA
最大フィラメント電流：	2.40A
フィラメント電圧：	3.75V(公称)
ターゲット材料：	製品注文表をご参照下さい。
スポット径：	175µm (93221 を除く) ただし X+Y/2 および X < 210µm、Y < 210µm
照明コーン：	25°
スポット～窓間距離(FOD)：	48.8 mm ± 1mm (1.92")
窓材および膜厚：	Be @127µm
X 線強度 & 電流の安定性：	4 時間 ≤ 0.2%
負荷サイクル：	連続
環境温度条件：	作動中：0~40°C
保管時：	-10°C~50°C
湿度：	0~95% RH 5,000ft 以下
冷却：	水冷> 0.2 l/分。高出力作動では、150 CFM で本装置に向けた強制空冷が必要になる場合があります。作動中の容器温度を可能な限り低く保つことにより、最長の寿命を達成することができます。最高温度：55°C。特定の冷却アプリケーションについては、sales @ oxinst.com にお問い合わせください。
遮蔽：	0.25mR/時 @2" (HV ケーブルによる HV 接続を除く)
寸法：	210mm L X 106 mm W (8.25" L X 4.18" W)
重量：	6.17 kg (13.6 lbs)

Neptune 5200 シリーズ水冷放射線遮蔽 X 線管



製品注文表 対応する Shasta 電源および/または対応するケーブルの部品番号 (34 ページ) も参照してください。

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード 電流(mA)	最大アノード 出力(W)	最大フィラメント 電流(A)	スポット径 (μm)**
93211*	8250	Mo	10~50	2.0	100	2.4	175 Max.
93212*	8250	W	10~50	2.0	100	2.4	175 Max.
93221*	8250	Rh	10~50	2.0	100	2.4	375 Max.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

*冷却システムの安全装置に付加的レベルの保護を追加する温度スイッチが含まれています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

Radiation Shielded X-ray Tube

Jupiter 5000 Series

Jupiter 5000 シリーズは、高強度 X 線および連続運転が重要なアプリケーションを対象とする容器に収納された 50kV, 50W の X 線管です。

当社の高安定、高強度の X 線管技術を利用している Jupiter 5000 シリーズは、医療用イメージングアプリケーションおよび PCB 組み立て、電池、プラスチック、金属、機械部品等の検査などを含む、高分解能を必要とするほぼすべての工業用検査や非破壊検査アプリケーションに最適です。

5000 シリーズは、絶縁油が充填されたステンレス製の鉛ライニング容器を特徴としており、本装置は最高の X 線遮蔽と放熱ができるようになっています。この構成には、高電圧およびフィラメントコネクタが含まれているため、プラグ&プレイ操作に最適です。

Jupiter 5000 シリーズは、お客様のニーズに合わせて各種ターゲットと価格範囲の中からご利用いただけます。



利点

- 広い作動範囲により、最適な画像コントラストが可能になります。
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 低減衰ベリリウム窓により、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。
- 完全に遮蔽されたコンパクトな容器は、X 線の漏出をなくすとともに簡単にシステムに組み込むことができます。

応用

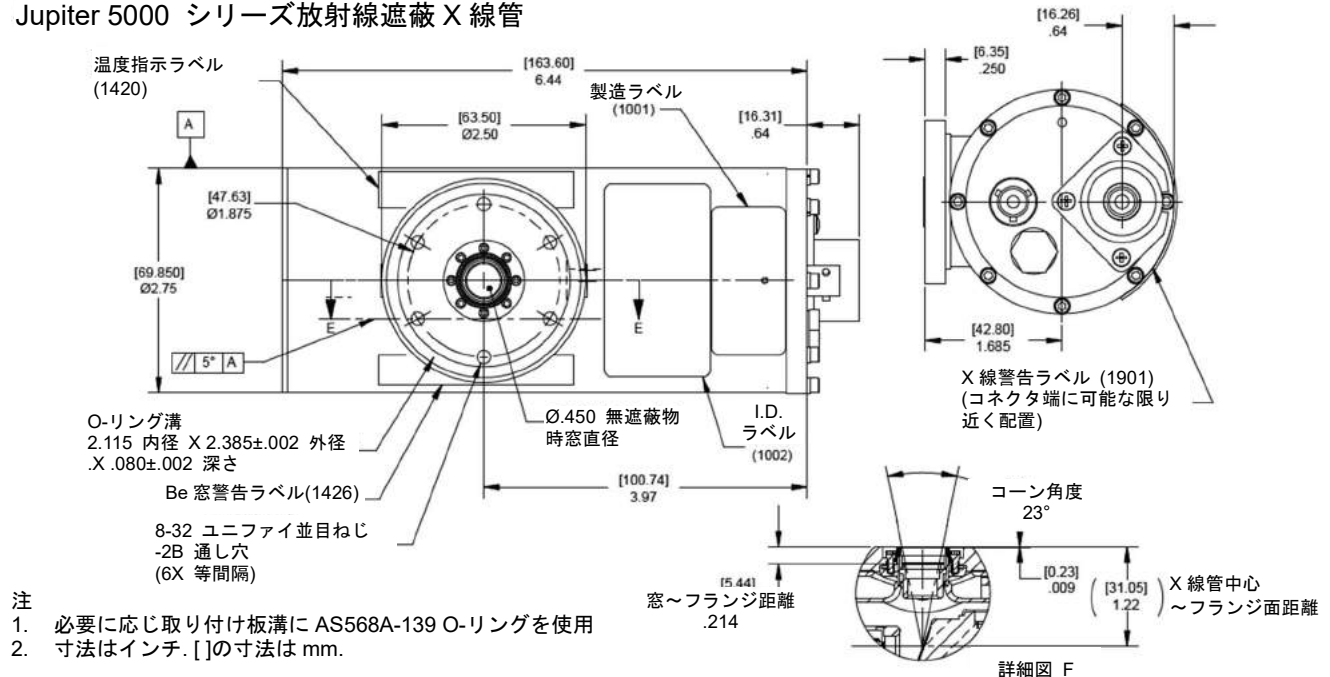
- 医療用イメージング
- プリント回路基板および電子機器の検査
- プラスチック、金属、機械部品等の非破壊検査
- 厚さ測定
- XRF 分析

仕様	
作動電圧範囲：	最大 50kV。下限 kV は製品により異なります。製品注文表をご参照下さい。
最大出力：	50W (93035 を除く)
最大ビーム電流：	1.0mA (93512 を除く)
焦点スポット径：	製品注文表をご参照下さい。
最大フィラメント電流：	製品注文表をご参照下さい。
フィラメント電圧：	2.0V(公称)
焦点～対象物間距離 (FOD)：	次ページのダイアグラムをご参照下さい。
窓材および膜厚：	Be @127μm
照明コーン(無遮蔽物時)：	23°
窓直径 (無遮蔽物時)：	11.43mm (.450")
ターゲット材料：	次ページの製品注文表をご参照下さい。
ターゲット角度：	12°
安定性：	4 時間 ≤ 0.2%
極性：	カソード接地
環境作動温度：	0~40°C
冷却：	150 CFM の強制空冷を推奨します。作動中の容器温度を可能な限り低く保つことにより、最長の寿命を達成することができます。最高温度：55°C。特定の冷却アプリケーションについては、sales @ oxinst.com にお問い合わせください。
遮蔽：	0.25mR/時 @2" (HV 接続部を除く)
寸法：	180mm L x Ø70mm (7.09" L x Ø2.76")
重量：	2.26kg (5.0 lbs)
保管条件：	-10°C~55°C、気圧：50~106kPa；湿度：10~90% (無結露) Be 窓への結露は窓の腐食、真空度低下および X 線管の故障の原因となります。



Shasta 電源を使用すると最高の性能を得ることが可能です。

Jupiter 5000 シリーズ放射線遮蔽 X 線管



製品注文表 対応する Shasta 電源および/または対応するケーブルの部品番号 (34 ページ) も参照してください。

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード電流 (mA)	最大アノード出力 (W)	最大フィラメント電流 (A)	スポット径 (μm)**
93000*	8166	W	10~50	1.0	50	1.7	165 Max.
93001	8166	Mo	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
93025	8166	Ag	4~50	1.0	50	1.3	1000 Typ.
93035	8166	Au	10~50	1.0	25	1.3	1000 Typ.
93046	8208	Mo	4~50	1.0	50	1.3	1000 Typ.
93048	8166	Cu	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
93057	8166	Rh	10~50	1.0	50	1.7	180 Typ.
93059	8203	Rh	10~50	1.0	50	1.7	180 Typ.
93069*	8166	W	10~50	1.0	50	1.7	70 Max.
93070	8166	Cr	10~50	1.0	50	1.7	200 Typ.
93071	8203	W	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
93072	8166	Ti	4~50	1.0	50	1.3	1000 Typ.
93073	8166	Pd	10~50	1.0	50	1.7	200 Max.
93078*	8203	Cu	10~50	1.0	50	1.7	175 Max.
93079*	8203	Mo	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
93089*	8166	W	10~50	1.0	50	1.7	50 Max.
93095*	8166	Mo	20~50	1.0	50	1.7	55 Max.
93512*	8166	Fe	4~50	2.0	50	1.4	1000 Typ.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

*冷却システムの安全装置に付加的レベルの保護を追加する温度スイッチが含まれています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

Radiation Shielded X-ray Tube

Apogee 5500 Series

Apogee 5500 シリーズは、高 X 線束密度および連続運転が重要なアプリケーションを対象とする、容器に収納された、50kV, 50W の X 線管です。

グリッド制御の可変焦点に加えて、高安定性、高強度の X 線管技術を利用した、Apogee の構成は非常に小さな焦点を生成することができます。このため、Apogee 5500 シリーズは、PCB 組み立て、電池、プラスチック、金属、機械部品の検査などを含む、高分解能を必要とするほとんどの工業用検査および非破壊検査のアプリケーションに最適です。適応性と信頼性に優れた本装置は、X 線光学系での使用にも適しています。

Apogee 5500 シリーズは、絶縁油が充填され、鉛ライニングのステンレス製容器で構成され、本装置は最大の X 線遮蔽と放熱ができるようになっています。この構成には、高電圧およびフィラメントコネクタが含まれているため、プラグ＆プレイ操作に最適です。



利点

- 広い作動範囲により、最適な画像コントラストが可能になります。
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 低減衰ベリリウム窓により、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。
- 完全に遮蔽されたコンパクトな容器は、X 線の漏出をなくすとともに簡単にシステムに組み込むことができます。

アプリケーション

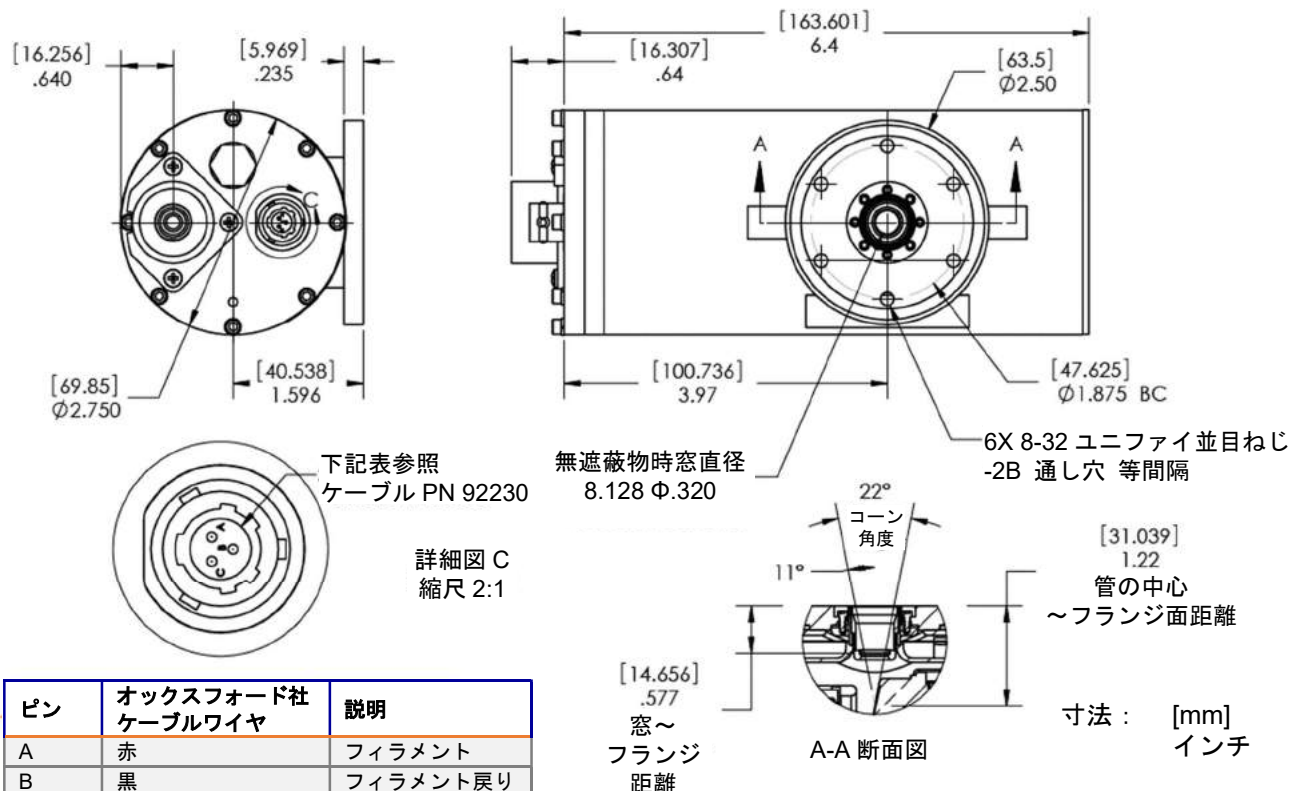
- 医療用イメージング
- プリント回路基板および電子機器の検査
- プラスチック、金属、機械部品等の非破壊検査
- 厚さ測定
- XRF 分析

仕様	
作動電圧範囲：	10~50kV (9300005 を除く)
最大出力：	50W (93504 を除く)
最大ビーム電流：	1.0mA
グリッド電圧：	0~100V (オックスフォード社の Shasta 電源を推奨します。)
最大フィラメント電流：	1.7A
フィラメント電圧：	2.0V(公称)
ターゲット材料：	次ページの製品注文表をご参照下さい。
焦点スポット径：	35 μ m *公称 IEC 60336, NEMA XR5-1992 (R1999)に準拠
照明コーン：	22°
スポット～窓間距離 (FOD)：	31.05mm $\pm$ 1mm
ターゲット角度：	12°
窓材および膜厚：	Be @127 μ m
X 線強度&電流の安定性：	4 時間 $\leq$ 0.2%
環境温度条件：	作動中：0~40°C 保管時：-10°C~50°C
湿度：	0~95% RH 5,000ft 以下
冷却：	150 CFM の強制空冷を推奨します。作動中の容器温度を可能な限り低く保つことにより、最長の寿命を達成することができます。最高温度：55°C。特定の冷却アプリケーションについては、sales @ oxinst.com にお問い合わせください。
遮蔽：	0.25mR/時 @2" (HV ケーブルによる HV 接続部を除く)
寸法：	180mm L x $\varnothing$ 70mm (7.09" L x $\varnothing$ 2.76")
重量：	2.26kg (5.0 lbs)



Shasta 電源を使用すると最高の性能を得ることが可能です。

Apogee 5500 シリーズ放射線遮蔽 X 線管



製品注文表 対応する Shasta 電源および/または対応するケーブルの部品番号 (34 ページ) も参照してください。

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード 電流(mA)	最大アノード 出力(W)	最大フィラメント 電流(A)	スポット径 (μm)**
93500*	8243	Cu	10~50	1.0	50	1.7	35 Nom.
93501*	8243	W	10~50	1.0	50	1.7	35 Nom.
93502*	8243	Mo	10~50	1.0	50	1.7	35 Nom.
93504*	8243	Rh	10~50	1.0	20	1.7	35 Nom.
93508*	8243	Cu	10~50	1.0	50	1.7	35 Nom.
93510*	8243	Cu	10~50	1.0	50	1.7	35 Nom.
93511*	8243	Mo	10~50	1.0	50	1.7	35 Nom.
9300005	8243	Mo	10~55	1.0	50	1.7	35 Nom.

注: 製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

*冷却システムの安全装置に付加的レベルの保護を追加する温度スイッチが含まれています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

30kV X-ray Tube

3000 Series

Oxford Instruments 3000 シリーズ X 線管は、高強度 X 線の安定性と長寿命を実現するために開発されたもので、連続作動に最適です。

3000 シリーズは、高スペクトル純度の X 線に対する低コストの解決策であり、シリコンゴムでカプセル化され、接地されたカソードと低減衰のベリリウム窓を備えています。

特徴	利点
連続作動	高感度、高精度測定
ベリリウム窓	高強度な低エネルギー X 線、特にターゲットの L 系列 X 線
コンパクトで絶縁され軽量の容器	適応性のある設置が可能な構成

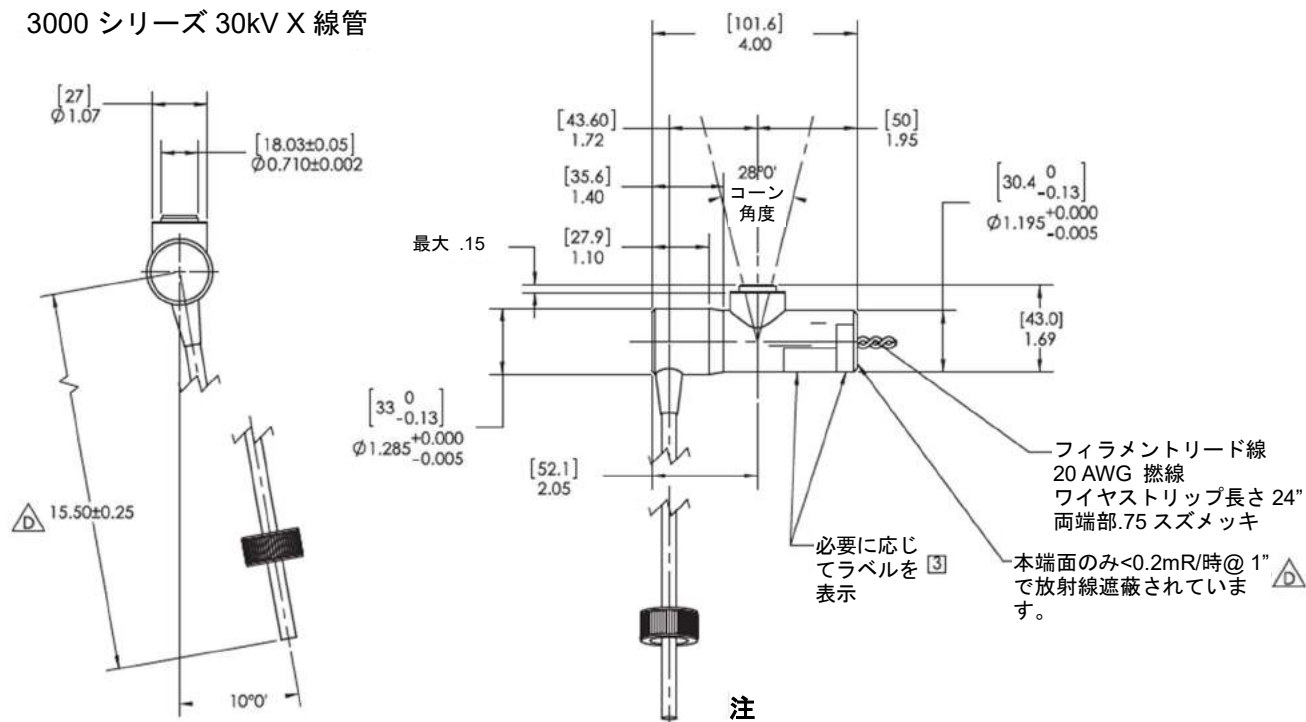


応用

- 分析(XRF)
- 粒子分析
- 厚さ測定
- 軟 X 線撮像法
- スペクトル分析
- 応力解析

仕様	
作動電圧範囲：	4-40kV 製品によって異なります。
最大出力：	製品注文表をご参照下さい。
最大ビーム電流：	製品注文表をご参照下さい。
最大フィラメント電流：	1.3~2.0A 製品によって異なります。
フィラメント電圧：	1.75V (公称)
焦点スポット径：	1.0mm (公称)
焦点～対象物間距離 (FOD)：	28.2mm (1.1")
ターゲット材料：	製品注文表をご参照下さい。
窓材および膜厚：	Be @127μm
無遮蔽物時の照明コーン：	28°
無遮蔽物時の窓直径：	10.4mm (.41")
遮蔽：	無遮蔽
重量：	260g 代表値
冷却方法：	強制空冷：150CFM @100mm (4.0")および全出力時には適切なヒートシンクの使用が推奨されます。
最高作動温度：	封止面状で 50°C
環境作動温度：	0°C~40°C
保管条件：	-40°C~70°C* *注： 気圧：50~106kPa 湿度：10~90% (無結露) Be 窓への結露は窓の腐食、真空中度低下および X 線管の故障の原因となります。

3000 シリーズ 30kV X 線管



注

- 警告：本 X 線管は放射線遮蔽がされていません。
- 寸法はインチ。[]の寸法は mm。

製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード 電流(mA)	最大アノード 出力(W)	最大フィラメント 電流(A)	スポット径 (μm)**
90004	8145	W	4~30	0.5	15	1.3	1000 Typ.
90020	8052	Ti	4~30	0.5	15	1.3	1000 Typ.
90036	8053	W	4~30	0.3	9	1.3	1000 Typ.
90042	8195	Mo	4~30	0.5	15	1.3	1000 Typ.
90053	8204	Mo	4~15	1.0	15	1.3	1000 Typ.
90057	8156	Au	4~30	0.5	15	1.3	1000 Typ.
90116	8053	W	4~30	0.2	6	1.3	1000 Typ.
90118	8052	Fe	4~10	1.5	15	1.3	1000 Typ.
90145	8054	Pd	4~40	0.3	9	2.0	1000 Typ.
90146	8057	W	5~13.6	2.0	27.2	2.0	1000 Typ.
90151	8063	Rh	4~30	0.3	9	2.0	1000 Typ.
90152	8063	Ag	4~30	0.3	9	2.0	1000 Typ.
90153	8063	Mo	4~30	0.3	9	2.0	1000 Typ.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

Glass X-ray Tube

1000 Series

オックスフォード・インストゥルメンツ社のガラス X 線管は、その性能と長寿命で知られています。

高強度とスポット径の安定性により、当社の X 線管は、連続作動が必要なアプリケーションなど、要求の厳しいアプリケーションに最適なソリューションです。90507 は、ミニ C-アーム蛍光透視法などの高分解能アプリケーションを対象とし、非常に小さな等方的に合わせた焦点スポットを使用した独自設計を採用しています。堅牢な電子銃装置は、放熱が問題となる一体化された X 線発生装置で最適に使用できるように構成されています。オックスフォード・インストゥルメンツ社独自の Pin Flash ゲッターで維持される超高真空により、長い管寿命が達成されます。この X 線管はバイポーラモードで作動します。



利点

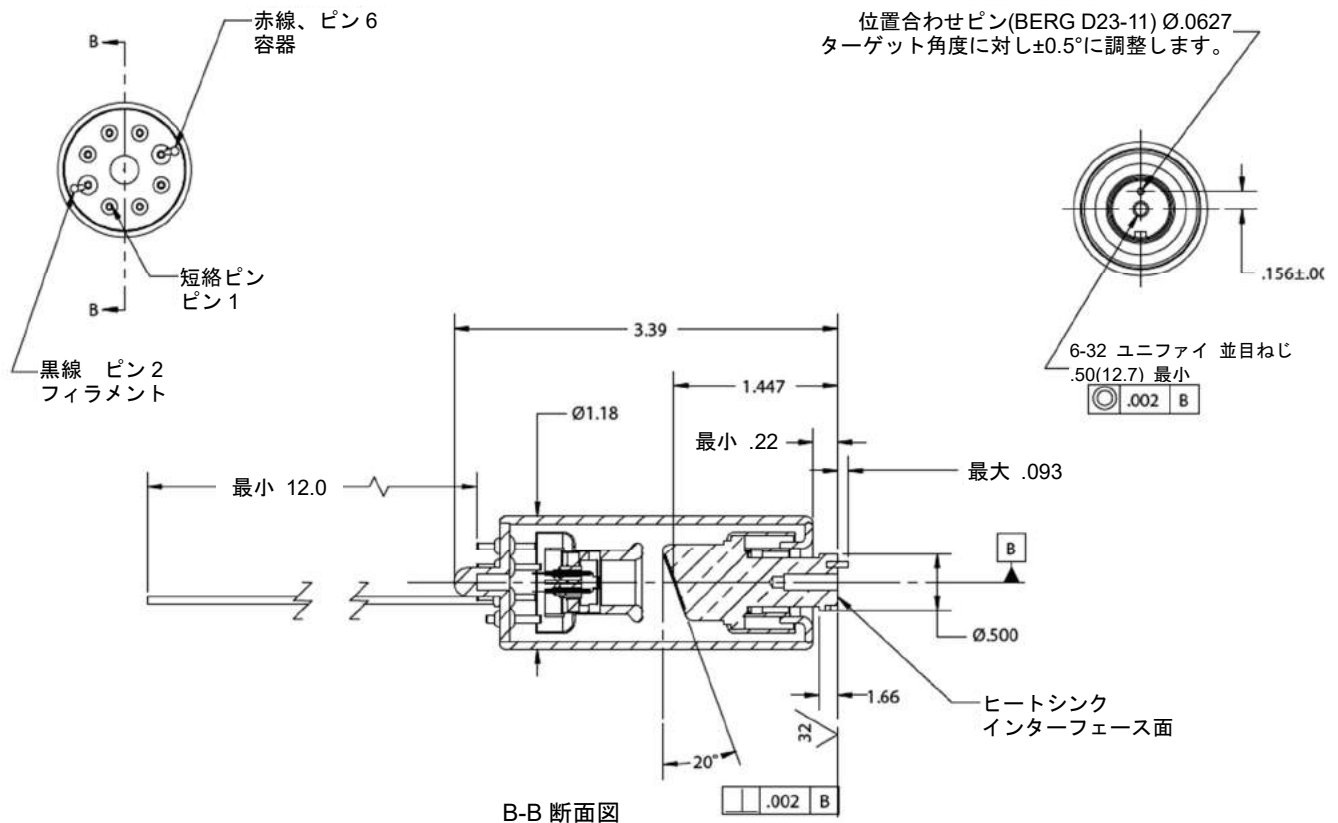
- 非常に優れた画像品質
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 小さく安定したスポットによりひずみのない測定を実施することができます。
- RoHS に準拠した設計

応用

- ライフサイエンスおよび工業用検査向け CT イメージング
- 濃度測定
- 厚さ測定
- 位相コントラストイメージング
- 医療用イメージング

仕様	
作動電圧範囲：	90507, 90501: 40-80kV (バイポーラ作動: -40kV カソード, +40kV アノード) 90502: 40~65kV
最大出力：	製品注文表をご参照下さい。
最大ビーム電流：	製品注文表をご参照下さい。
最大フィラメント電流：	1.7A
フィラメント電圧：	2.0V (公称)
焦点～対象物間距離 (FOD)：	14.2mm (0.56") (公称)
窓材および膜厚：	ガラス—1.40mm ± 0.15
ターゲット材：	W
ターゲット角度：	20°
最高油温度：	80°C
冷却方法：	油
重量：	114g (0.25 lbs)
保管条件：	-10°C~55°C 気圧：50~106kPa 湿度：10~90% (無結露)

1000 シリーズ~90507 ガラス X 線管



注

1. 寸法はインチ。
2. 本 X 線管は、油で満たされた高電圧容器内で作動するように設計されています。油は 80°C を超えないようにしてください。X 線管を適切に作動させるには、X 線管の容器内を自由に循環する冷却油が必要です。
3. 本 X 線管は全方位に X 線を発生します。そのため、放射線遮蔽容器内でのみ作動させる必要があります。
4. X 線管は、2 本のテフロンコーティングされた銅線リード、18 AWG X 12.0 最小、ピン #6 および #2 にはんだ付けされた状態、で出荷されます。

製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード 電流(mA)	最大アノード 出力(W)	最大フィラメント 電流(A)	スポット径 (μm)**
90501	8218	W	40~80	0.7	56	1.7	100 Max.
90502	8218	W	40~65	0.5	32.5	1.7	90 Max.
90507	8218	W	40~80	0.5	40	1.7	33 Nom.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

Glass X-ray Tube

1500 Series

1500 シリーズは、高 X 線束密度および連続運転が重要なアプリケーションを対象とする 50kV, 50W の X 線管です。

当社の高安定、高強度の X 線管技術を利用した、1500 シリーズの X 線管は医療用イメージング、XRF アプリケーションおよび PCB 組み立て、電池、プラスチック、金属、機械部品の検査など、高分解能を必要とするほとんどの工業用検査および非破壊検査アプリケーションに最適です。



1500 シリーズ X 線管は、最高の X 線遮蔽と放熱ができるよう絶縁油を充填し、鉛ライニングのステンレス製容器で構成され、好評の Jupiter5000 シリーズの容器収納された X 線管を実質的に複製しており、高電圧およびフィラメントコネクタが含まれているため、プラグ&プレイ操作に最適です。

1500 シリーズ X 線管は、ニーズに合わせて各種スポット径、ターゲットおよび価格範囲の中からご利用いただけます。

利点

- 広い作動範囲により、最適な画像コントラストが可能になります。
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 低減衰ベリリウム窓により、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。

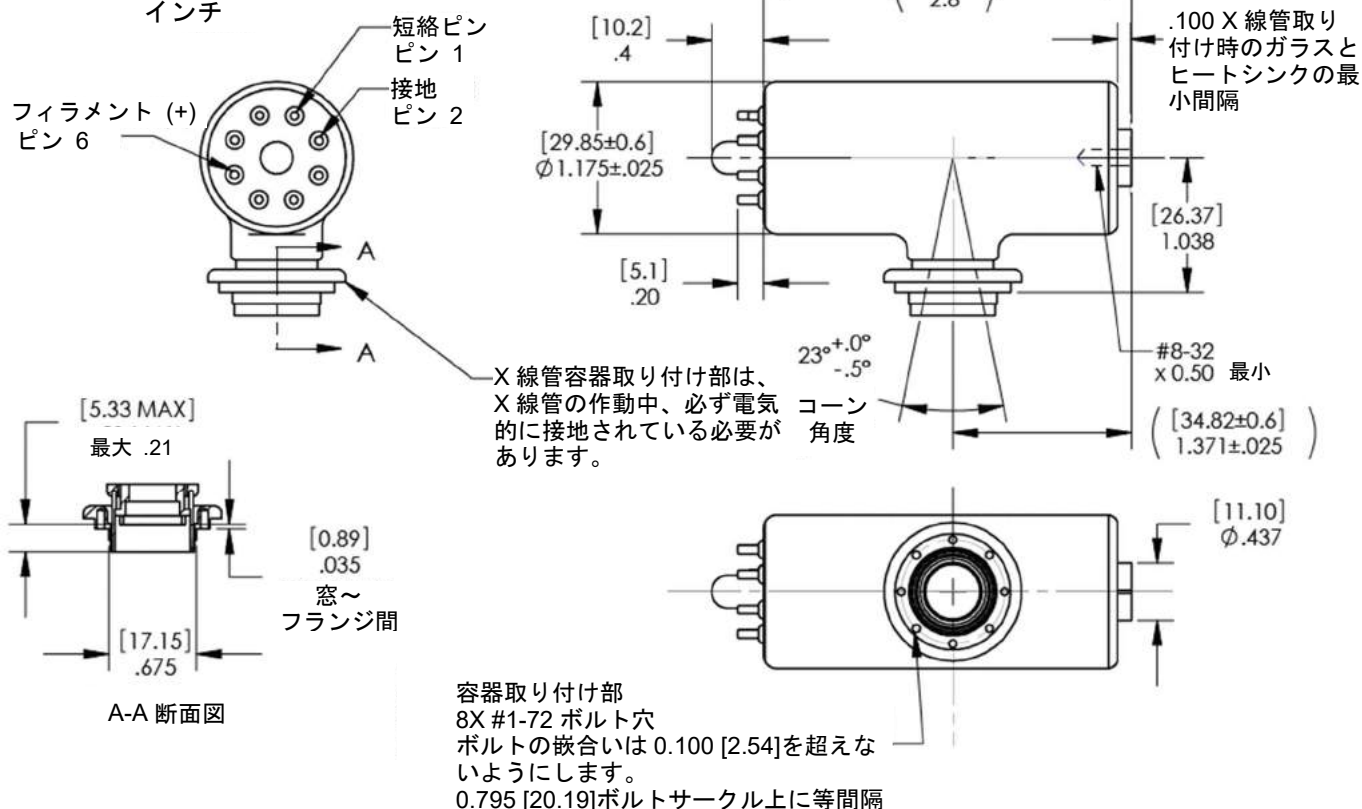
応用

- 医療用イメージング
- プリント回路基板および電子機器の検査
- プラスチック、金属、機械部品等の非破壊検査
- 厚さ測定
- XRF 分析

仕様	
作動電圧範囲：	最大 50kV。下限 kV は製品により異なります。製品注文表をご参照下さい。
最大出力：	50W (90046, 90098 を除く)
最大ビーム電流：	1.0mA (90046, 90098 を除く)
最大フィラメント電流：	1.70A (90046, 90098 を除く)
フィラメント電圧：	2.0V (公称) (90046, 90098 を除く)
ターゲット材料：	全種
スポット径：	製品注文表をご参照下さい。
スポット～窓間隔(FOD):	30.8 mm ± 1mm (1.2") (90046, 90098 を除く)
窓材および膜厚：	Be @ 127µm
X 線強度 & 電流の安定性：	4 時間 ≤ 0.2%
負荷サイクル：	連続
環境温度条件：	作動中：0~40°C 保管時：-10°C~50°C
湿度：	0-95% RH 5,000ft 以下
冷却方法：	油温 80°C を超えないようにしてください。容器および冷却手段はお客様にご用意いただきます。
X 線遮蔽：	十分な遮蔽を持つ容器をお客様に必ずご用意いただきます。X 線管は全方位に X 線を放射します。
寸法：	81mm L X 47mm W (3.2" L X 1.8" W)
重量：	119g

1500 シリーズ ガラス X 線管

寸法: [mm]
インチ



製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード 電流(mA)	最大アノード 出力(W)	最大フィラメント 電流(A)	スポット径 (μm)**
90011	8194	Rh	10~50	1.0	50	1.7	150 Max.
90030	8260	Mo	10~50	1.0	50	1.7	150 Max.
90034	8188	Cr	10~50	1.0	50	1.7	200 Typ.
90046	8162	W	4~50	5.0	250	2.4	500 Typ.
90068	8188	Mo	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
90069	8188	Cu	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
90077	8188	Rh	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
90083	8188	W	10~50	1.0	50	1.7	150 Typ.
90098	8162	Fe	4~50	5.0	200	2.4	500 Typ.
90099	8189	W	10~50	1.0	50	1.7	70 Max.

注: 製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

Glass X-ray Tube

1501 Series

1501 シリーズは、高電流、高 X 線束密度および連続運転が重要なアプリケーションを対象とする 50kV, 50~75W の X 線管です。

当社の高安定、高強度の X 線管技術を利用した、1501 シリーズの X 線管は医療用イメージング、XRF アプリケーションおよび PCB 組み立て、電池、プラスチック、金属、機械部品の検査など、高分解能を必要とするほとんどの工業用検査および非破壊検査アプリケーションに最適です



1501 シリーズ X 線管は、最高の X 線遮蔽と放熱ができるよう絶縁油が充填され、鉛ライニングのステンレス製容器で構成されます。

1501 シリーズは、より低い作動電圧に加えて、より高い電流の必要性に応じて設計されました。

1501 シリーズ X 線管は、ニーズに合わせて各種スポット径、ターゲットおよび価格範囲の中からご利用いただけます。

利点

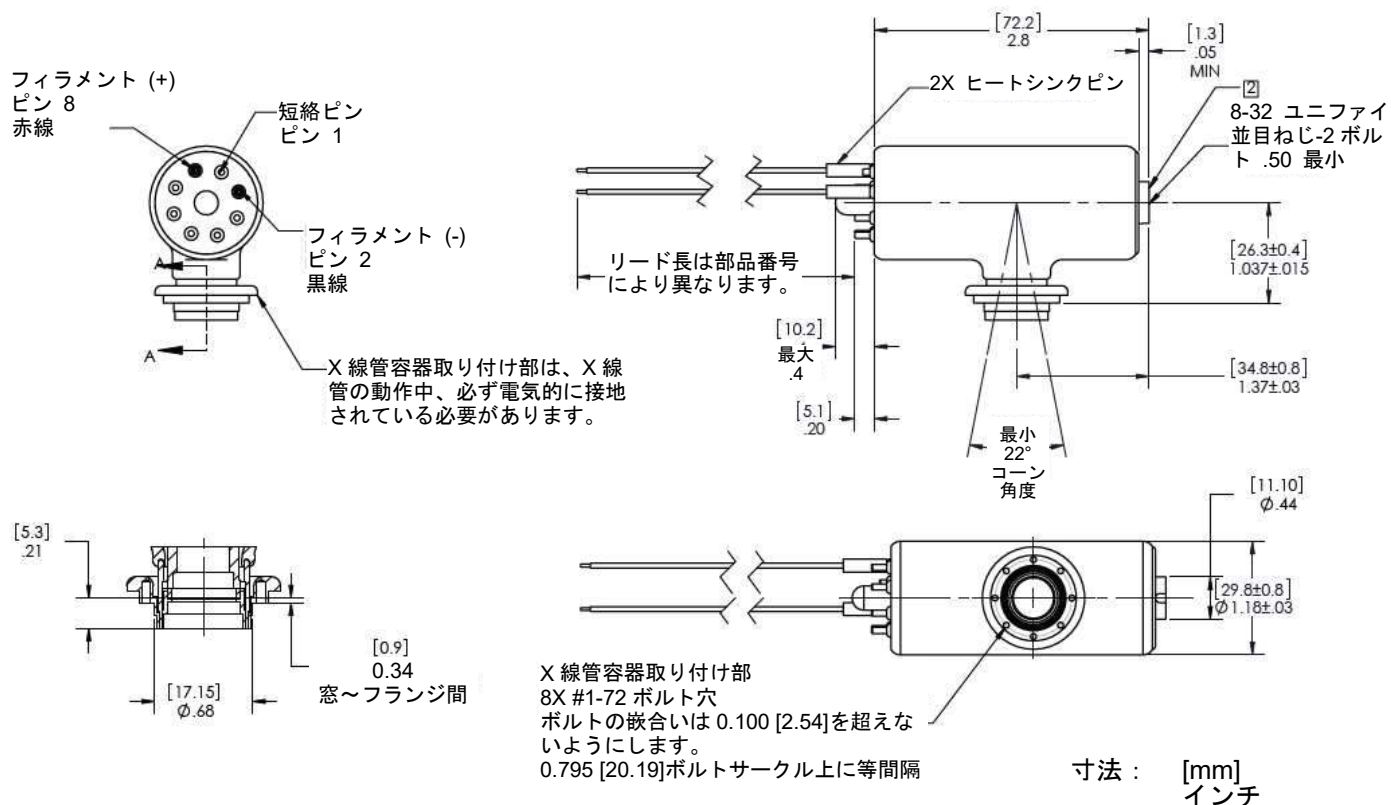
- 広い作動範囲により、最適な画像コントラストが可能になります。
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 低減衰ベリリウム窓により、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。

応用

- 医療用イメージング
- プリント回路基板および電子機器の検査
- プラスチック、金属、機械部品等の非破壊検査
- 厚さ測定
- XRF 分析

仕様	
作動電圧範囲：	4~50kV
最大出力：	50~75W
最大ビーム電流：	2.5mA
最大フィラメント電流：	2.4A
フィラメント電圧：	3.75V (公称)
ターゲット材料：	Rh,Cr
スポット径：	125 μ m (公称 IEC 60336, NEMA XR5-1999 準拠)
照明コーン：	最小 22°
スポット~窓間間隔(FOD)：	30.8 mm $\pm$ 1mm (1.2")
窓材および膜厚：	Be @ 127 μ m
X 線強度 & 電流の安定性：	4 時間 $\leq$ 0.2%
負荷サイクル：	連続
環境温度条件：	作動中：0~40°C 保管時：-10°C~50°C
湿度：	0~95% RH 5,000ft 以下
冷却方法：	油温 80°C を超えないようにしてください。容器および冷却手段はお客様にご用意いただきます。
X 線遮蔽：	十分な遮蔽を持つ容器をお客様に必ずご用意いただきます。X 線管は全方位に X 線を放射します。
寸法：	81mm L X 47mm W (3.2" L X 1.8" W)
重量：	119g

1501 シリーズ ガラス X 線管



製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード 電流(mA)	最大アノード 出力(W)	最大フィラメント 電流(A)	スポット径 (μm)**
90015	8194	Rh	4~50	2.5	50	2.4	200 Max.
90122	8257	Cr	4~50	2.0	75	2.4	175 Max.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

Glass X-ray Tube

1550 Series

1550 シリーズは、高 X 線束密度および連続運転が重要なアプリケーションを対象とする 50kV, 50W の X 線管です。

グリッド制御の可変焦点に加えて、当社の高安定、高強度の X 線管技術を利用した、1550 シリーズ X 線管は非常に小さな焦点を生成することができます。このため、1550 シリーズは、PCB 組み立て、電池、プラスチック、金属、機械部品の検査を含む、高分解能を必要とするほとんどの工業用検査および非破壊検査のアプリケーションに最適です。適応性と信頼性に優れた本装置は、X 線光学系での使用にも適しています。



1550 シリーズ X 線管は、最高の X 線遮蔽と放熱ができるよう絶縁油を充填し、鉛ライニングのステンレス製容器で構成されています。この構成は、好評の Apogee 5500 シリーズの容器収納 X 線管と同様で、高電圧およびフィラメントコネクタが含まれているため、プラグ&プレイ操作に最適です。

利点

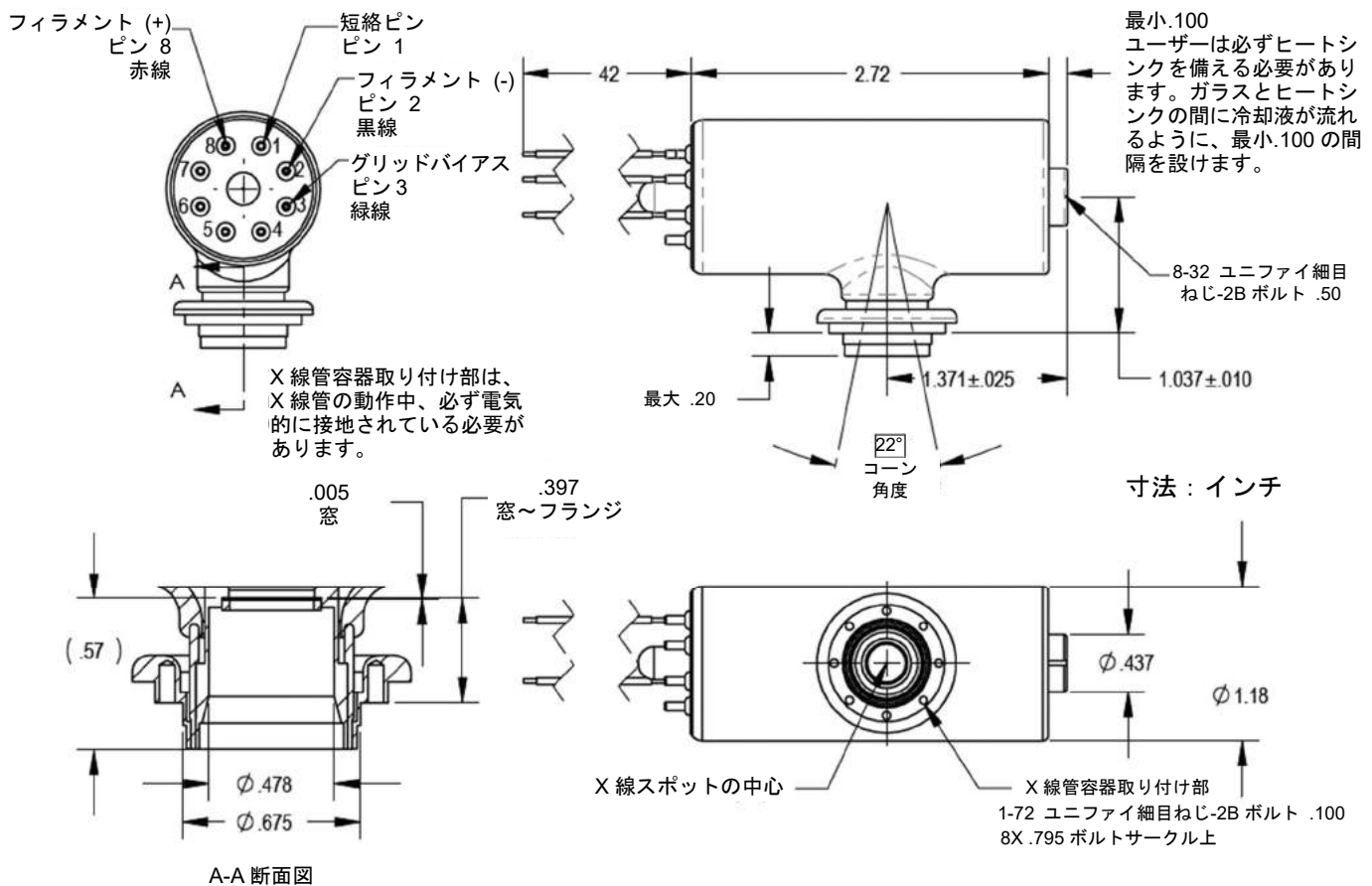
- 広い作動範囲により、最適な画像コントラストが可能になります。
- 安定した X 線出力により高精度の測定を実施することができます。
- 低減衰ベリリウム窓により、低エネルギー X 線の高透過率を確保することができます。

応用

- 医療用イメージング
- プリント回路基板および電子機器の検査
- プラスチック、金属、機械部品等の非破壊検査
- 厚さ測定
- XRF 分析

仕様	
作動電圧範囲：	10~50kV
最大出力：	50W
最大ビーム電流：	1.0mA
グリッド電圧：	0~100V
最大フィラメント電流：	1.70A
フィラメント電圧：	2.0V (公称)
ターゲット材料：	Cu, W, Mo, Rh
スポット径：	<50μm (X および Y)
照明コーン：	22°
スポット～窓間間隔(FOD)：	30.8 mm ± 1mm (1.213")
窓材および膜厚：	Be @ 127μm
X 線強度 & 電流の安定性：	4 時間 ≤0.2%
負荷サイクル：	連続
環境温度条件：	作動中：0~40°C 保管時：-10°C~50°C
湿度：	0~95% RH 5,000ft 以下
冷却方法：	油温 80°C を超えないようにしてください。容器および冷却手段はお客様にご用意いただきます。
X 線遮蔽：	十分な遮蔽を持つ容器をお客様に必ずご用意いただきます。X 線管は全方位に X 線を放射します。
寸法：	81mm L X 47mm W (3.2" L X 1.8" W)
重量：	119g

1550 シリーズガラス X 線管



製品注文表

製品番号	概要図	ターゲット	作動範囲 (kV)	最大アノード電流(mA)	最大アノード出力(W)	最大フィラメント電流(A)	スポット径 (μm)**
90200	8242	Cu	10~50	1.0	50	1.7	50 Max.
90201	8242	W	10~50	1.0	50	1.7	50 Max.
90202	8242	Mo	10~50	1.0	50	1.7	50 Max.
90204	8242	Rh	10~50	1.0	50	1.7	50 Max.

注：製品番号別の概要図および製品仕様書が用意されています。

**Max. = 最大, Typ. = 代表値, Nom. = 公称値 (IEC 60336, NEMA XR5-1999 に準拠)

X-ray Tube Power Supply

Shasta Series

オックスフォード・インストゥルメント社の Shasta シリーズ電源は、オックスフォード・インストゥルメント社の接地フィラメント X 線管に電力を供給するように最適化された堅牢な設計を特徴としていますが、その汎用性により、実質的にはすべての接地フィラメント X 線管に電力を供給することができます。

低リップルを実現する閉ループ放出制御回路を利用する Shasta は、高度に制御されたビーム電流と高い安定性により、優れた性能を実現します。ローカルおよびリモートのアナログ制御により、電圧と放出電流の設定に便利な操作が可能になります。

- グリッド焦点制御を備えた製品は、当社の Apogee X 線管で最適な性能を実現できるように設計されています。

利点

- コンパクトな設計
- 調整可能な放出電流
- 電圧と電流のプログラム化
- 安全インターロック
- バイアス電圧オプションの利用が可能です。
- CE&TUV 認証済

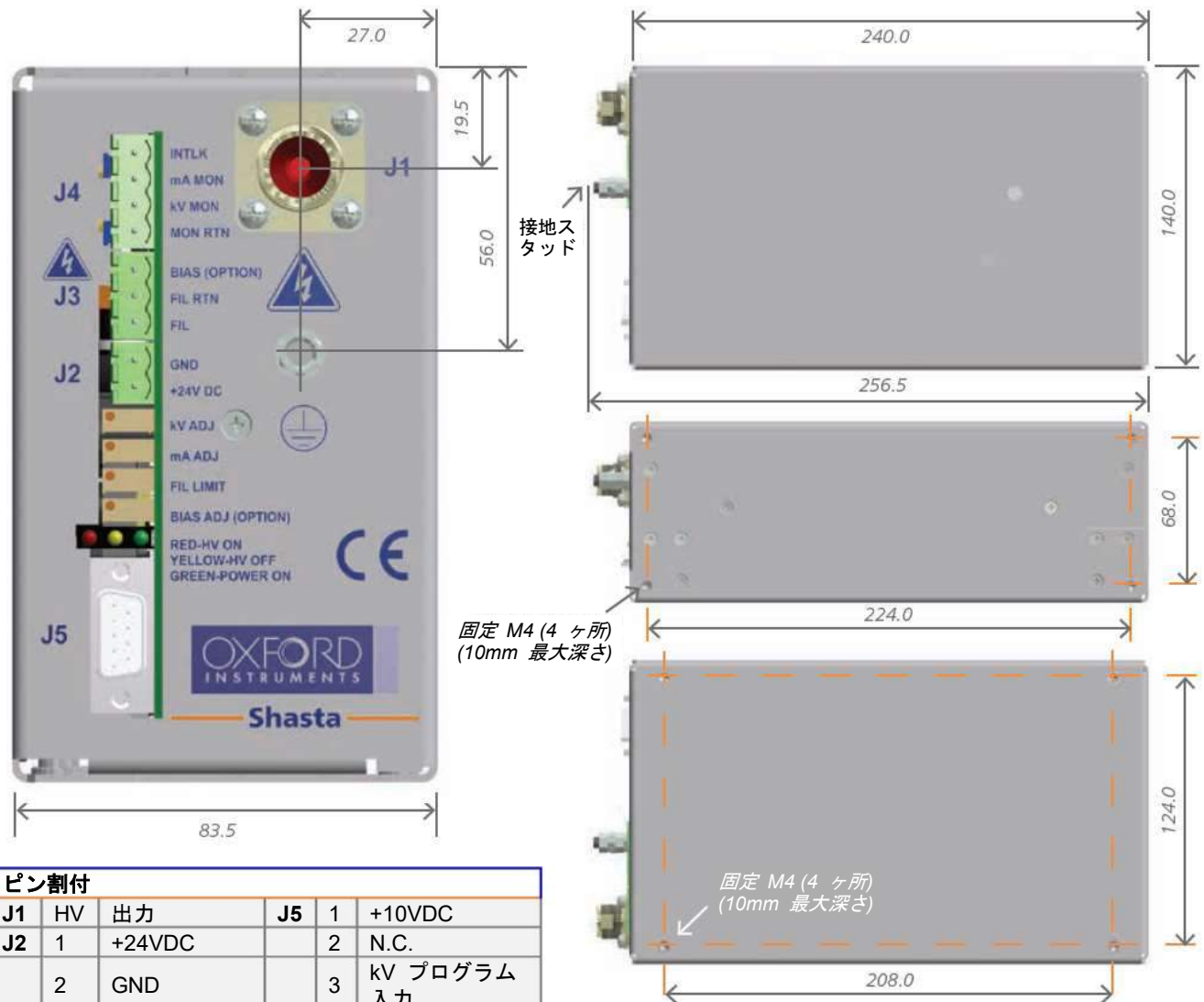


応用

- XRF, XRD, 医療用イメージング, 工業用検査および NDT

仕様	
作動電圧範囲 :	0~50kV
最大出力 :	50W
最大ビーム電流 :	1.0mA
DC フィラメント供給 :	電流 : 0.3~3.5A 電圧 : 0~5.0 VDC
電圧安定化 :	負荷 : 最大負荷変動の 50%に対して < 0.01 % 入力 : 入力電圧の 10%の変化に対して < 0.01%
電流安定化 :	負荷 : < ± 2μA (ビーム電流) 入力 : < ± 2μA (ビーム電流)
リップル :	最大値から最小値まで (ピークトゥピーク) < 100V
安定性 :	30 分間の暖機後 8 時間の間で ± 0.1%
入力電圧 & 出力 :	24VDC, ± 10%; 100 W
電圧制御 :	ローカル : 多回転型電位差計 (kV ADJ) リモート : 外部電圧源 0~10V (精度 ± 1%)
インターロック :	12V ランプを介して GND へ短絡: HV/ON, 開放:HV/OFF
保護 :	過電圧、過電流保護。アーク、短絡。
温度条件 :	作動中 : 0~45°C 保管時 : -20~+ 85°C
温度係数 :	電圧、電流 : 0.01 %/°C
寸法 :	5.5" H x 3.3" W x 9.45" D (140mm x 83.5mm x 240mm)
重量 :	3.6 kg (7.9 lbs.)
規制 & 安全 :	IEC61010-1:2010, EN61010-1: 2010, UL61010-1: 2012, CA N/CSA C22.2 No.61010- 1:2012 and 2006/95/EC 低電圧指令等の各規制要件に対応。製品は TUV SUD c/us 認証マークを保有。

Shasta 50kV 電源



ピン割付					
J1	HV	出力	J5	1	+10VDC
J2	1	+24VDC		2	N.C.
	2	GND		3	kV プログラム 入力
J3	1	フィラメント		4	RMT/LCL kV プログラム選択
	2	フィラメント 戻り (GND)		5	N.C.
	3	バイアス		6	mA プログラム 入力
J4	1	モニタ戻り (GND)		7	RMT/LCL mA プログラム選択
	2	kV モニタ		8	N.C.
	3	mA モニタ		9	GND
	4	INTLK			

製品注文表			
製品番号	電圧	消費電力	グリッド制御
9700001	50kV	50W	なし
9700002	50kV	50W	0~-300V

別表 A- Tubes

2019 年 2 月

電源およびケーブル組み合わせガイド

ケーブル部品番号	説明	長さ	電源製品番号
ステンレススチール容器収納 5000 シリーズ X 線管用ケーブル 下記に注のないものはすべて 5000 シリーズ X 線管			
9200008	Shasta 高電圧ケーブル	1m	Shasta 9700001
9200009	Shasta 高電圧ケーブル	2m	Shasta 9700001
9200010	Shasta 高電圧ケーブル	3m	Shasta 9700001
9200014	Shasta 低電圧ケーブル	1m	Shasta 9700001
9200015	Shasta 低電圧ケーブル	2m	Shasta 9700001
9200016	Shasta 低電圧ケーブル	3m	Shasta 9700001
Apogee 5500 シリーズ X 線管用ケーブル すべて Apogee 5500 シリーズ X 線管			
9200008	Shasta 高電圧ケーブル	1m	Shasta 9700002
9200009	Shasta 高電圧ケーブル	2m	Shasta 9700002
9200010	Shasta 高電圧ケーブル	3m	Shasta 9700002
9200011	Shasta 低電圧ケーブル	1m	Shasta 9700002
9200012	Shasta 低電圧ケーブル	2m	Shasta 9700002
9200013	Shasta 低電圧ケーブル	3m	Shasta 9700002
ステンレススチール容器収納 5000 シリーズ X 線管用ケーブル X 線管製品番号 93512			
92103	高電圧ケーブル	1m	97013
92115	高電圧ケーブル	2m	97013
92104	高電圧ケーブル	3m	97013
9200014	Shasta 低電圧ケーブル	1m	97013
9200015	Shasta 低電圧ケーブル	2m	97013
9200016	Shasta 低電圧ケーブル	3m	97013
Neptune 5200 シリーズ X 線管用ケーブル すべて Neptune 5200 シリーズ X 線管			
92103	LGH 高電圧ケーブル A1	1m	97013
92104	LGH 高電圧ケーブル A1	3m	97013
9200014	Shasta 低電圧ケーブル	1m	97013
9200015	Shasta 低電圧ケーブル	2m	97013
9200016	Shasta 低電圧ケーブル	3m	97013



適用性

3 か月以上保管されているかまたは使用されていない X 線管が対象となります。

説明

使用されていない期間（通常は 3 か月以上）の後、残留ガスが X 線管の内面から放出され、管内の真空中に蓄積されます。調整手順を実施せずに保管期間後に最大定格電圧（kV）を印加すると、イオン化ガス中の高電圧アークの破壊的な性質により、X 線管に回復不能な損傷が発生する可能性があります。以下の調整手順は、3 か月以上保管されていた X 線管だけでなく、保管期間があった可能性がある「新しい X 線管」の両方にともに適しています。

手順

この損傷を防ぐには、次の特別な調整工程に従う必要があります：

- 個別 X 線管の定格の最低の kV に調整します。ビーム電流を 0mA に設定し、mA 計に不安定性が見られる場合は、0mA が表示されるよう安定化させます。この状態で最低 15 分間作動させます。
- 前の工程で設定した kV を維持しながら、ビーム電流を定格最大値の 20% に調整します。mA 計に不安定性が見られなくなるまで、この設定を 5 分以上維持します。
- 最大定格 kV の 50% に達するまで、高電圧を 5 分間隔で 5kV ずつ上げます。これらの条件で 5 分間保持します。
- ビーム電流を最大定格 mA まで増やします。
- 最大定格 kV または最高使用 kV に達するまで、高電圧を 5 分ごとに 5kV ずつ、前と同じように継続して上げます。X 線管がシステムで正しく作動していることを確実にするために、最大出力で少なくとも 5 分間維持します。

注

不安定性（特に大きなパチパチ音）が観察された場合は、kV 設定を前の段階まで下げます。設定を再度上げる前に、mA が少なくとも 5 分間安定するまで保持します。

概要

オックスフォード・インストゥルメンツ社は、さまざまな用途に適合するように設計されたさまざまなアノード材料を用いた X 線管を提供しています。アノード材料によって、X 線管の特性スペクトルが決定されます。このアプリケーションノートには、いくつかの異なるアノード材料の典型的なスペクトルを示しています。提示されているスペクトルは参照用にすぎません；使用している特定の検出用機器、測定機器設定の配置、および X 線管の電圧と電流によって、得られるスペクトルが提示されているスペクトルと異なる場合があります。

X 線スペクトル理論

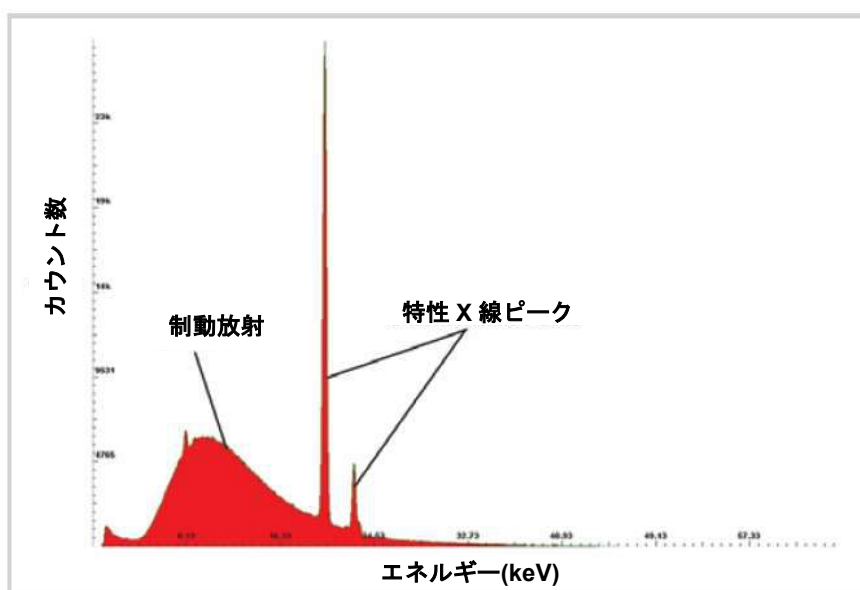
X 線の発生には、X 線管内の金属ターゲットに数十から数百キロボルトの電位で加速された高速電子を衝突させる必要があります。電子は、金属アノードの原子の内殻から他の電子を放出させることができます。これらの空孔は、電子がより高いエネルギー準位からより低いエネルギー準位に落ちて X 線を放出すると埋められます。これらの X 線は特性 X 線として知られており、アノード原子の原子エネルギー準位間の差に関連付けられる明確な特定のエネルギーを有しています。ボーアの原子モデルは、特性 X 線のエネルギーを予測しています。X 線スペクトルは、さまざまなアノード材料に高加速電子を衝突させたことによって生じる「ピーク」または「線」によって部分的に定義されています。

X 線スペクトルには、特性 X 線のピークに加えて、“Bremsstrahlung” と呼ばれるバックグラウンド放射線パターンもあります。Bremsstrahlung は「制動放射」を意味し、電子が金属アノードを通過して減速されるときに放出される放射線を表します。減速により余剰なエネルギーが残され、その一部は放射線として放出されます。減速された電荷は電磁放射線を放出し、電子のエネルギーが十分に高い場合、その放射線は電磁スペクトルの X 線領域にあります。

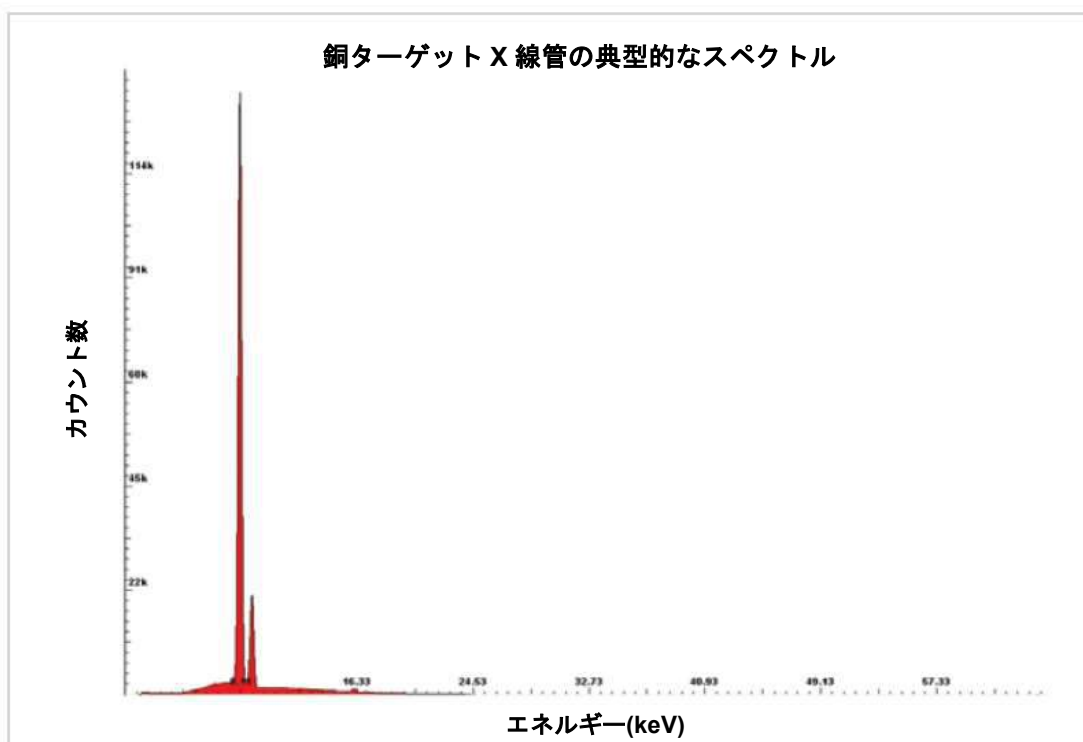
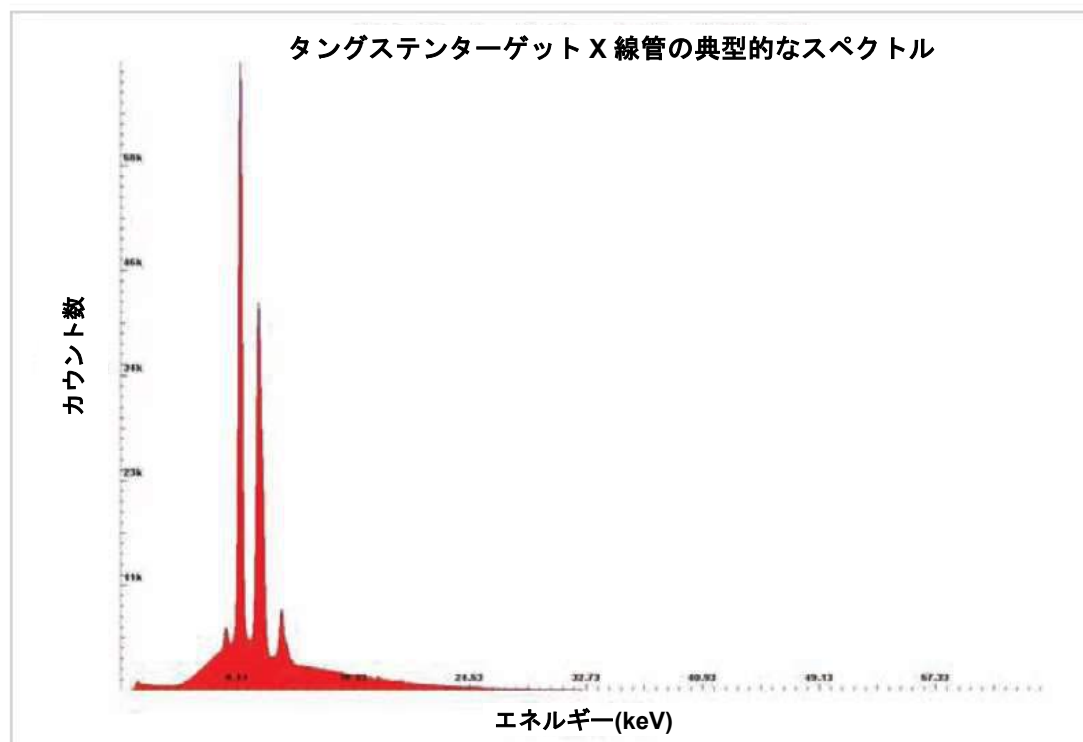
したがって、X 線管から放出される X 線スペクトルは、特定のアノード材料の特性 X 線のピークと、すべての X 線管に存在する Bremsstrahlung が組み合わされたものです。

実験の条件設定

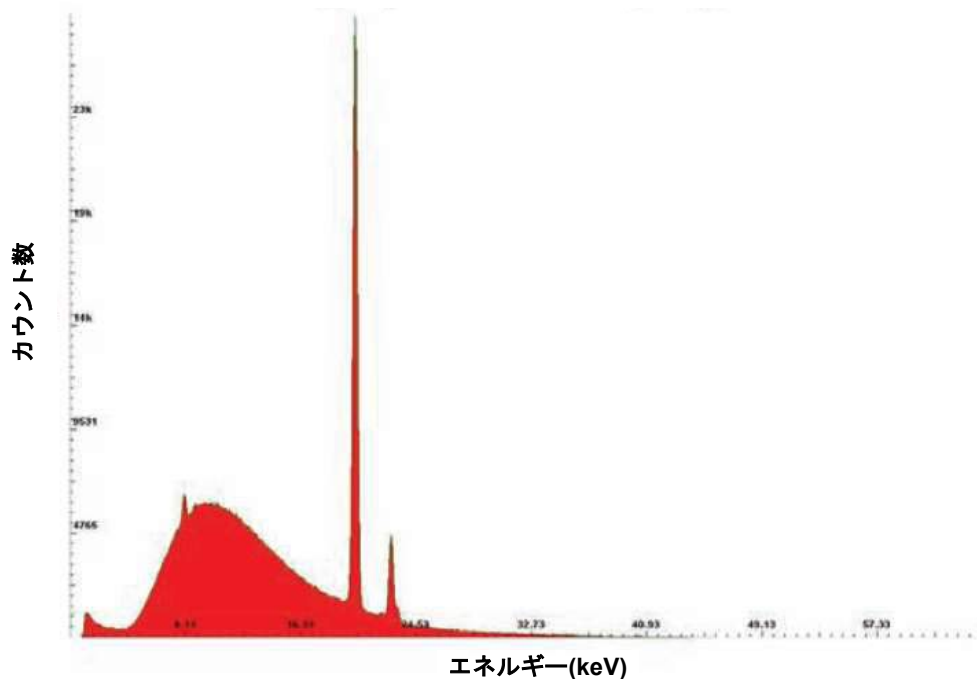
以下のスペクトルは、Oxford Instruments X-Ray Technology の X 線管を直接 Si-PIN フォトダイオード検出器システムに向けることによって収集されました。各スペクトルには合計で約 100 万のカウント数があります。



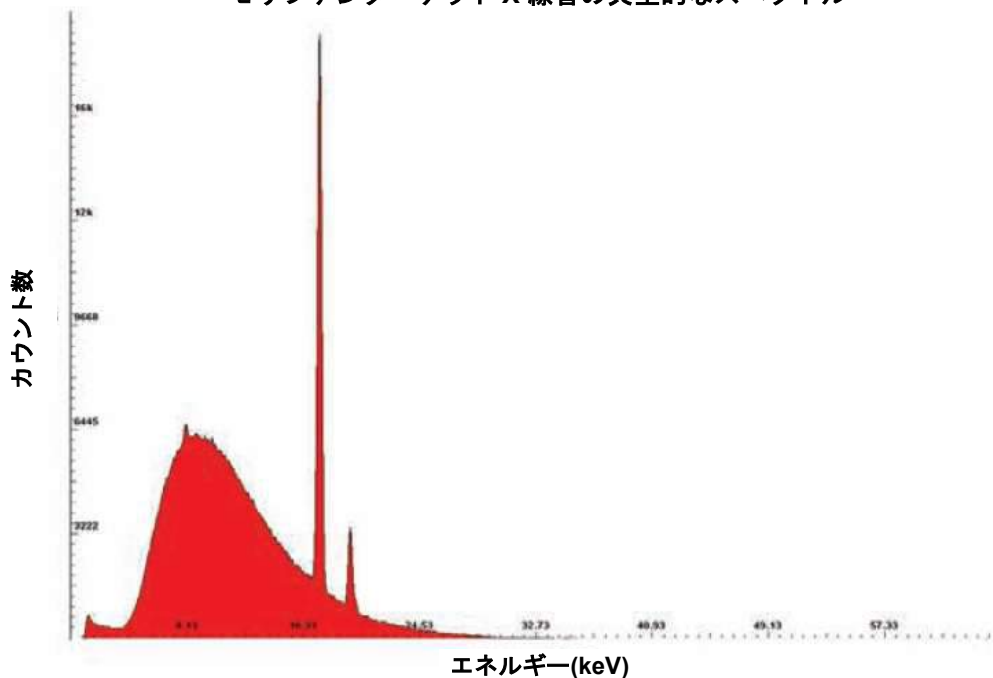
アノード材料別の典型的な X 線スペクトル (続き)



ロジウムターゲットX線管の典型的なスペクトル



モリブデンターゲットX線管の典型的なスペクトル



X 線管の作動範囲を決定する方法

概要

X 線管は、最大フィラメント電流、アノードに供給される最大電力、および最高および最低アノード電圧の 4 つの要因によって作動範囲が制限されます。これらのパラメータの範囲内で X 線管を作動させることにより、X 線管の最大寿命を確保しながら、特定のアプリケーションに対してより良い結果を達成できる可能性があります。このアプリケーションノートは、上記の制約を明確にし、作動範囲がどのように構築されるかを示しています。このアプリケーションノートに記載されている、X 線管に関するすべての特定値はデータシートに記載されています。

最大フィラメント電流

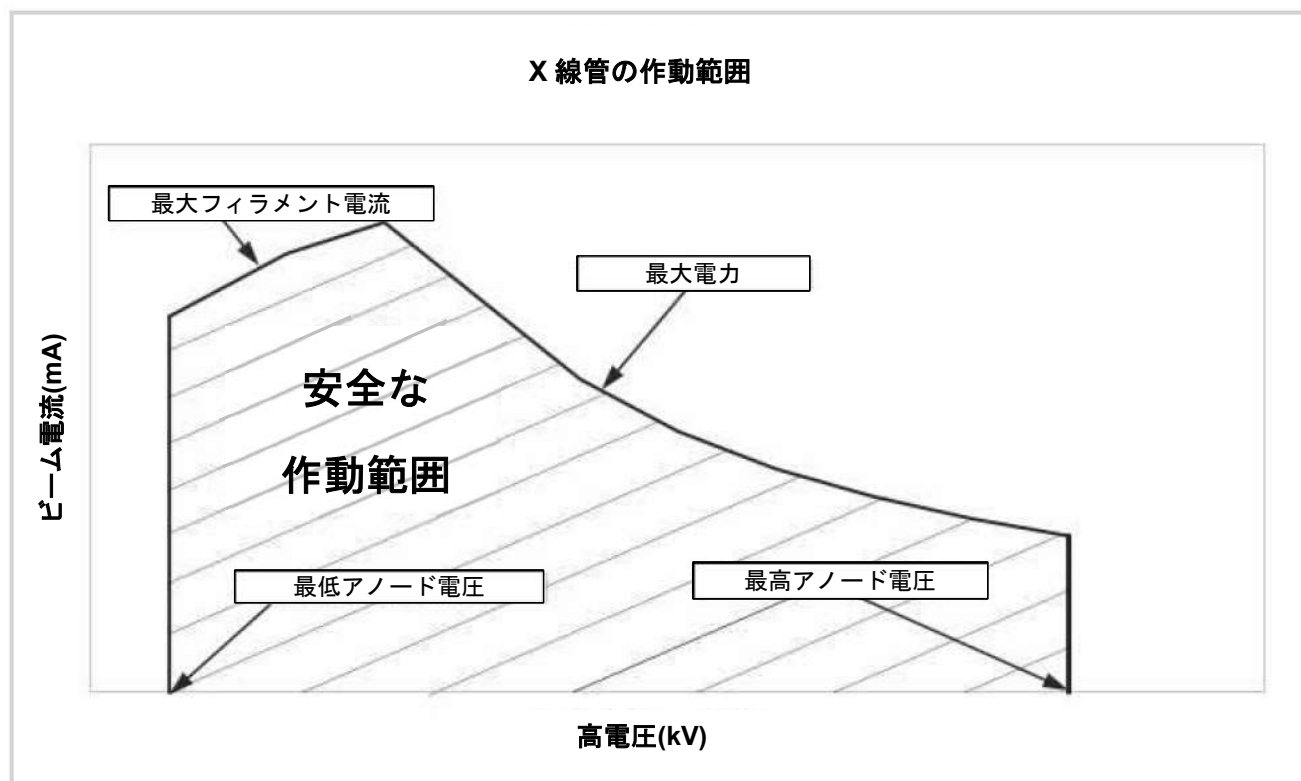
最大フィラメント電流は、白熱電球のフィラメントのように、フィラメントが焼き切れるのを防ぐための非常に厳格な制限です。他の電線と同様、フィラメントは過大な電流から発生する熱を放散できないため、溶けてしまいます。Oxford Instruments X-Ray Technology は、X 線管のフィラメントが耐えることができる最大電流を決定するために広範なテストを実施しました。一般的な値は 1.7A ですが、フィラメントの種類によって異なります。最大フィラメント電流の値は X 線管に付属のデータシートに記載されています。最大電力要件の制限がかかる前に、最大電流が最初に作動範囲を制限します。

最大電力

フィラメント電流の上限と同様に、電力の上限はターゲットが昇華するのを防ぐ厳格な制限です。X 線管は、非常に細い電子ビームを合計電力 $P = IV$ でターゲットに向かって加速します。ここで、 I はビーム電流（フィラメント電流-フィラメント自体に供給される電流-と混同しないでください）であり、 V はアノード電圧です。お分かりのように、この合計電力の制限は、特定の電力下でより高いビーム電流または電圧を使用することを必ずしも妨げるものではありません。この関係ではビーム電流と電圧が反比例するため、一方を上げてもう一方を下げることで、最大電力の制約内で X 線管を作動させることが可能です。以下に詳述するように、アノード電圧も制限されていることに注意してください。フィラメントの制限が作動範囲の要因でなくなった後、最大電力の制限がかかるようになります。

最低および最高アノード電圧

X 線管では、フィラメントから電子を出すために、アノードに最低限の高電圧を印加する必要があります。この条件が満たされると、電子ビームが形成され、ターゲットに向かって加速されます。最低限のアノード電圧を下回ると、電子がフィラメントから出されず、そのため X 線管から X 線が発生しません。最低値よりも低い電圧では、一部の電源装置は、利用可能な電子がないにもかかわらず、ビーム電流を生成しようとしてフィラメントをオーバードライブ（および場合によっては熔融）します。当社の Shasta 電源は、フィラメントへの損傷を防ぐように設計されています。フィラメントへの損傷を避けるために、この最低アノード電圧以下でビーム電流を得ようとしなことが極めて重要です。一方、X 線管は、アノードに印加される最高電圧以下しか耐えることができません。この電圧を超えると、アークが発生し、X 線管に深刻な損傷を与える可能性があります。最低および最高電圧は両方とも、作動範囲の左端と右端を形成する鋭い限界値です。



結論

一部のアプリケーションでは、多くのお客様がX線管を作動させる、典型的な「最大出力」とは異なる設定が必要になる場合があります。この資料のガイドラインに従うことで、作動範囲の制限内にあるにもかかわらず、アプリケーションにとってより望ましい条件を達成できる可能性があります。要約すると、アプリケーションに最も適した条件を実現するには、上記に記載されたように、最大フィラメント電流、最大電力、最低および最高アノード電圧の制限内でX線管を作動させます。

X 線管を購入するとき、答えられなければならない最も重要な質問の 1 つは、X 線管をどのように収納するかということです。システムの設計者は、ターゲット材料やスポット径など、X 線管の仕様に多くの考慮を払うことがよくありますが、X 線管の物理的な収納容器は重要な設計上の選択になる可能性があります。放熱、放射線遮蔽、設計時間など、多くの要因を考慮する必要があります。

単体 X 線管

単体の X 線管はそれだけのもので、他に何も付属していない X 線管です。システムの設計者は、放射線遮蔽、絶縁材料、高電圧とフィラメントの接続、および電源の組み込みを設計する必要があります。これは非常に複雑な作業になる可能性があり、一般に、オックスフォード社の実績のある X 線管収納容器ソリューションでは満たすことができない特定の要件を持つ非常に大きなシステムにのみ適しています。

封止型 X 線管

封止型 X 線管は、電氣的絶縁と、場合によっては放射線遮蔽をするために、シリコーンゴム材料でカプセル化されています。X 線電源への接続を補助するために、高電圧ケーブルと低電圧ケーブルを封止内に含めることが可能です。封止型 X 線管は、単体の X 線管よりも簡単な、一体化のためのオプションとなりますが、封止型 X 線管での放熱は困難な場合があるため、封止型 X 線管は低出力または低負荷サイクルのアプリケーションに適している傾向があります。

容器収納 X 線管

容器収納された X 線管は、放射線遮蔽と冷却容器の両方として機能する金属製の容器に収納されています。容器には高誘電性の液体が充填されており、高電圧の破壊（アーク放電）を防ぎ、効果的な熱伝達が行われます。多くのアプリケーションにおいて 50W の継続的電力供給をする場合でも、外部送風機のみで十分です。一体化された水冷システムを備えた高電力収納容器も利用できます。オックスフォード社の容器収納 X 線管には、当社の Shasta X 線電源でプラグ&プレイ操作を簡単に行えるコネクタが取り付けられているため、設定手順を迅速に行うことが可能となります。

一体化 X 線発生装置

一体化された X 線発生装置には、X 線管、高電圧および低電圧電源、および 1 つのボックスに便利に封入されたアナログまたはデジタルのインターフェースが含まれます。これにより、システム設計者はすべての高電圧設計の懸念から解放され、X 線装置を真の「ブラックボックス」コンポーネントとして扱うことができます。システム設計者は簡単なアナログまたはデジタルインターフェースと一体化するだけでよく、しばしば不可思議な高電圧の統合問題に悩まされることはないため、一体化ソリューションは市場投入までの時間を短縮することができます。

多くのオックスフォード・イントゥルメンツ社のX線管には、最大のX線透過率を実現するベリリウムX線窓が装備されています。ベリリウムは、密度が低く、原子量が小さいため、X線の吸収が非常に低い金属です。このため、低エネルギーでの透過が望まれるX線管窓にはベリリウムが好ましい選択肢となっています。

オックスフォード・イントゥルメンツ社はまた、対応するベリリウムよりもはるかに頑丈な、ガラス窓のX線管を製造していますが、低エネルギーX線が減衰するというトレードオフがあります。ガラス窓X線管は、イメージングやある種の分析などを含む、幅広い種類のアプリケーションに適しており、過酷、高湿度、または破片の多いような環境においてはその使用を検討する必要があります。

X線管にベリリウム窓がある場合は、次の検討事項に留意してください。

- ベリリウム出口窓は、通常 127 ミクロンの厚さの高純度の真空気密ベリリウム金属で構成されています。
- ベリリウムは、不適切に取り扱われると有毒である可能性があります。ベリリウム窓との接触を避けてください。
- ベリリウムの窓は壊れやすく、わずかな衝撃で損傷します。
- ベリリウムは極性溶媒に非常によく溶けます。極性溶媒の例には、水（湿度を含む）、アルコール、酸が含まれます。ベリリウムの窓をこれらの溶剤に長時間さらさないことが最も重要です。これらの溶剤はベリリウム窓を破壊し、X線管の内部の高真空を損ない、故障の原因となるためです。
- どうしても必要な場合を除き、ベリリウム窓との接触を避けるため、あらゆる注意を払う必要があります。また、X線管の取り付けでは、窓にほこりや破片がない状態にしておくことを考慮にいれておく必要があります。ベリリウム出口の窓を清浄にする必要がある場合は、綿棒とアセトン（無極性溶媒）をそっと使用し、すぐに綿棒または穏やかな乾燥空気ですべてを乾かします。取り扱いミスによるベリリウム窓の損傷は保証の対象外となりますのでご注意ください。
- ヘリウムは、X線分光法でよく使用されます。ヘリウムは非常に小さな原子であり、ベリリウムの窓に対して高い透過率を有しています。ヘリウムの存在する環境下でX線管を作動させる場合は、少なくとも 127 ミクロン以上のベリリウム出口窓を検討する必要があります。
- ベリリウム窓を備えたX線管を真空環境で作動させる場合、ベリリウム窓は脆く、解析的分析で一般的な大気圧と真空環境の間のサイクルによって引き起こされる損傷を受けやすいことを覚えておくことが重要です。X線管が、毎回の試料導入ごとに大気圧と真空環境の間のサイクルをすることなく、大気圧より低い圧力で作動できるようにするために、二次チャンバーの利用が推奨されます。

X 線管に有害な環境条件

概要

X 線管の製造メーカーによく寄せられる質問は、長寿命の X 線管に悪影響を与える環境条件に関連するものです。このアプリケーションノートでは、X 線管が最大寿命まで機能する基本的な条件を説明し、また、既知の懸念事項も明らかにします。

故障モード

X 線管で最も多い故障モードは、通常の作動中に発生する熱を十分に放熱できないことです。電子ビームに与えられた運動エネルギーの 99%+ がアノードターゲットで熱として失われることはよく知られています。したがって、50W の X 線管では、変換過程だけでおよそ 49.8W のエネルギーが熱として生成されます。これに、らせん状のタングステンフィラメントによって生成される熱エネルギーを加えると、放熱が主要な要因であることがすぐに理解されます。

不十分な冷却による X 線管自体に関する故障メカニズムには、2 つの形体があります。1 つ目は、アノードターゲット材料の単純な昇華です。アノードターゲット材料を固体からガスに直接変換する場合（昇華）、結果として生じる蒸気は、適切な作動に必要な内部の超高真空を急速に劣化させます。この超高真空が失われると、X 線管がカソード電子源（らせん状のタングステンフィラメント）とターゲットアノードの間の高電圧ギャップに耐えることができなくなります。X 線管は短絡またはアークを開始し、それによってさらに多くのガスが放出され、内部の真空がさらに低下し、最終的に X 線管が機能しなくなります。

不適切な放熱による 2 番目の故障モードは、損傷を与えるイオンの放出です。X 線管のアノードがターゲット材料の蒸気圧点を超えると、イオンの放出が起こります。次に、これらの放出されたイオンは、らせん状のタングステンフィラメントへ引きつけられ、イオンでこすられる作用によってフィラメントが侵食され始めます。これにより、フィラメントの早期損傷が発生し、フィラメントの破損または開回路を生じる可能性があります。

X 線管が過熱しないことを確実にすることで、これら両方の故障モードの防止が可能になります。これは、冷却システムに故障が発生した場合のための故障保護を備えた冷却回路を注意深く監視することを意味します。オックスフォード・インストゥルメント社は現在、このタイプの故障を防ぐために、容器収納 X 線管に一体化された熱保護を用意しています。

したがって、X 線管の許容可能な作動温度範囲は、冷却設計に関連付けられます。各 X 線管は、許容される温度範囲がわずかに異なり、50°C の低温を許容範囲とするものもあれば、100°C の温度を許容範囲とするものもあります。X 線管を一体化する設計においては、選択した範囲で X 線管が過熱しないことを確実にするように、作動温度範囲について注意深く判断されることを強く推奨します。

環境への配慮

ほとんどのX線管は、ベリリウム出口窓を備えているか、あるいはX線がガラス管球を直接透過できるようにしています。ベリリウム出口窓を有するX線管を選択するかベリリウム出口窓の無いX線管を選択するかは、アプリケーションに依存し、低エネルギーX線や取り付け要件などの要因が決定に影響します。とはいえ、X線管がベリリウム出口窓を有する場合は、その特有な環境要件に特別な注意を払う必要があります。ベリリウム出口窓は、通常 125 ミクロンの厚さの高純度ベリリウム金属で構成されています。金属形態でのベリリウムは極性溶媒に非常によく溶けます。極性溶媒の例には、水、アルコール、酸が含まれます。したがって、ベリリウム出口窓をこれらの溶剤に長時間さらさないことが最も重要です。これらの溶剤は窓を破壊し、X線管の内部の高真空を損ない、X線管の故障の原因となるためです。ベリリウム出口窓を清浄にする必要がある場合は、綿棒とアセトン（無極性溶媒）を使用してください。

最後に、X線管の出口窓は通常試料室の環境にさらされるため、分析する試料が極性溶媒を放出しないようにしてください。その理由はこれがX線管によくある故障メカニズムであるためです。推測されるように、ベリリウム出口窓での結露はベリリウム金属を溶解し、その後の故障の原因となるため、水蒸気含有量が高い（湿度が高い）環境も避ける必要があります。これらのあまり寛容ではない環境でX線管を作動させたい場合は、ベリリウム窓をポリマー保護材料でコーティングする方法についてオックスフォード・インストゥルメンツ社にお問い合わせください。この材料は、特に 10KV 未満では性能に悪影響を与える可能性があります。壊れやすいベリリウム窓を腐食による損傷から保護することができます。

推測されるように、炭化水素で構成される環境におけるベリリウム出口窓を備えたX線管の稼働は、問題になっている分子の極性に依存します。通常、ほとんどの脂肪族炭化水素、および多くの芳香族炭化水素は、ベリリウム出口窓に関して安全です。実際、X線管は、耐用期間の最初の5日間の大半を、低極性の炭化水素である高電圧変圧器油に浸されています。炭化水素によるベリリウム出口窓への被害のほとんどは、ベリリウム窓への炭化水素の析出が透過特性を単に低下させることから生じます。多くの場合、この物質はアセトン（無極性溶媒）と綿棒で取り除くことができます。思い出していただきたいのは、ベリリウムは非常に毒性が高いことです。決して保護されていない手で窓に触れたり、壊れたり断片化したりした場合には窓を清掃したりしないでください。

別の検討事項は、ヘリウム存在下の環境におけるベリリウム出口窓を備えたX線管の稼働です。X線分光法で一般的に目にするヘリウムは、非常に小さな原子として、ベリリウム窓に対して高い透過率を有しています。そのため、この環境でX線管を使用する場合は、設計に細心の注意を払う必要があります。ベリリウム窓がX線透過性の高いダイヤモンドライク保護コーティングでコーティングされていない限り、ベリリウムのみの出口窓の場合は少なくとも 125 ミクロンのベリリウム出口窓を検討する必要があります。

構成においてベリリウム窓を備えたX線管を真空環境で作動させる必要がある場合は、ベリリウム窓の材料が脆く、そのため、ベリリウム窓が解析的分析で一般的な大気圧と真空環境の間のサイクルによって引き起こされる損傷を受けやすいことを覚えておくことが重要です。X線管が、毎回の試料導入ごとに大気圧と真空環境の間のサイクルをすることなく、大気圧より低い圧力で作動できるようにするため、二次チャンバーの利用が強く推奨されます。X線管を真空環境で作動させる場合の適切な構成の詳細については、オックスフォード・インストゥルメンツ社にお問い合わせください。

X線管フィラメントの長寿命化

X線管でX線を発生させるために必要な電子を生成するプロセスは、タングステンワイヤを加熱することから始まります。約 2000°C に加熱されると、タングステンは電子の大量放出体になります。

この時点から、設計におけるいくつかのトレードオフを要因として考慮する必要がでてきます。結果として得られる最新の X 線管の設計は、性能とフィラメントの寿命の関係についてバランスをとろうとしています。

小さな X 線焦点を求めているユーザーにとって重要なのは、小さなワイヤフィラメントと小さな焦点の関係が十分に確立されていることです。（これは、タングステンワイヤフィラメントを使用する場合の小さな焦点にのみ適用されます。マイクロフォーカス X 線管の場合、通常、ディスペンサーカソードが使用されます。）

可能な場合は小さいフィラメントが好ましいため、典型的なフィラメントの「ドライバ」回路は、フィラメントへの電流を非常に注意深く制御できなければなりません。これは、フィラメント電流とフィラメントワイヤ自体の実際の温度との重要な関係によるものです。

たとえば、Jupiter シリーズ 5000 X 線管は、電子放出に必要なフィラメント温度を達成するために、2 ボルトで 1.5 アンペアを超える電流を必要とします。ただし、1.7 アンペアを超えると、フィラメントは非常に高い蒸発領域に入り、1.75 アンペアでフィラメントは融点に達します。したがって、フィラメント回路を注意深く制御することは、長寿命の X 線管にとって最も重要です。当社の Shasta X 線管電源は、フィラメントが最大許容電流を超えないように厳密に設計された回路を備えています。Shasta 電源は当社の X 線管に完全に適合しています。

らせん状のタングステンフィラメントを加熱して電子を生成するプロセスは、必然的にフィラメントが蒸発する原因となります。通常の作動で一定時間経過すると、フィラメントは破損するまでに細くなります。フィラメントの蒸発速度、したがってフィラメントを破損点まで細くするのに必要な合計時間数は、選択した作動条件の関数です。

図 1 に示すように、所定の X 線ビーム電流を加熱して達成するために必要なフィラメント電流は、必要な印加される高電圧によって異なります。らせん状のタングステンフィラメントの予想寿命を決定するには、耐用期間を通して使用される平均フィラメント電流を推定する必要があります。平均フィラメント電流が推定されると、図 2 に示すように、蒸発速度を使用して標準的なフィラメント寿命を推定できます。たとえば、ユーザーが X 線管を 40kV および 1.0 mA で通常作動させる場合、これには約 1.60A のフィラメント電流が必要とされます。図 2 のグラフから、これは約 40,000 時間の予想寿命に相当します。

最大定格フィラメント電流の 50% 以下の待機条件では、フィラメントはフィラメント寿命に明らかな差がでるほどの影響を受けない非常に低い蒸発領域にとどまります。フィラメントの寿命を最大限に延ばすために待機状態を使用する必要はありませんが、電源がより早く定常状態に達するため、有益な場合があります。

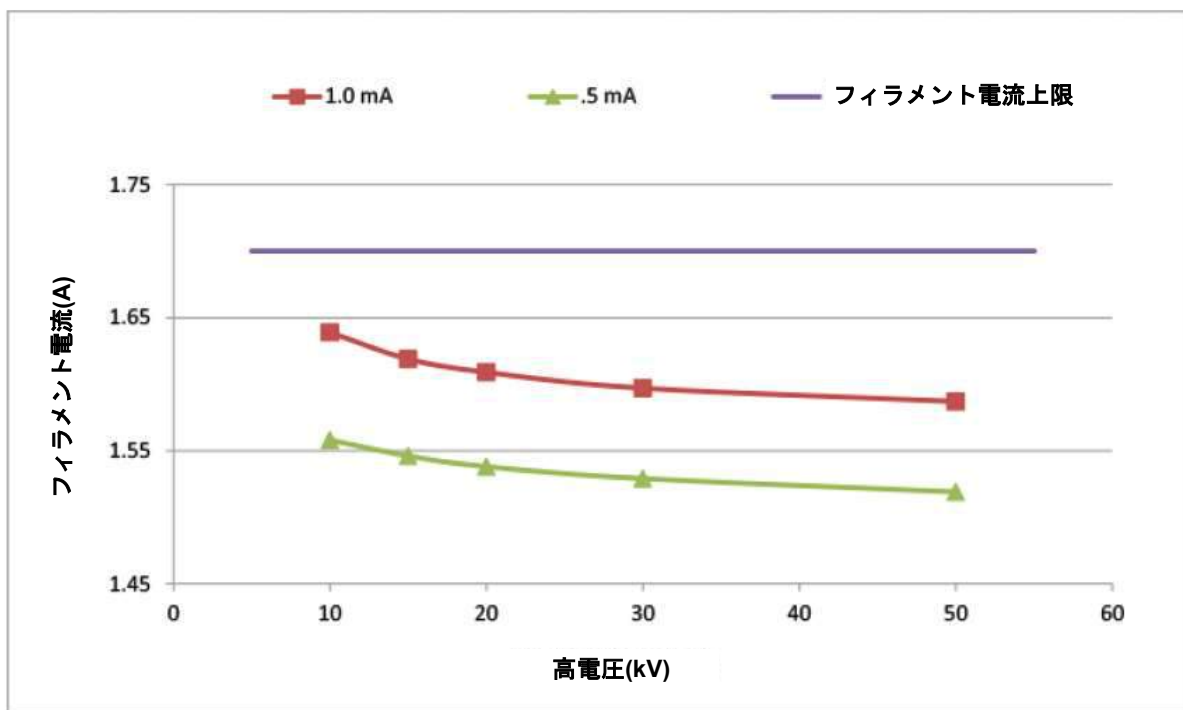


図 1:Jupiter シリーズ 5000 X 線管に必要なフィラメント電流

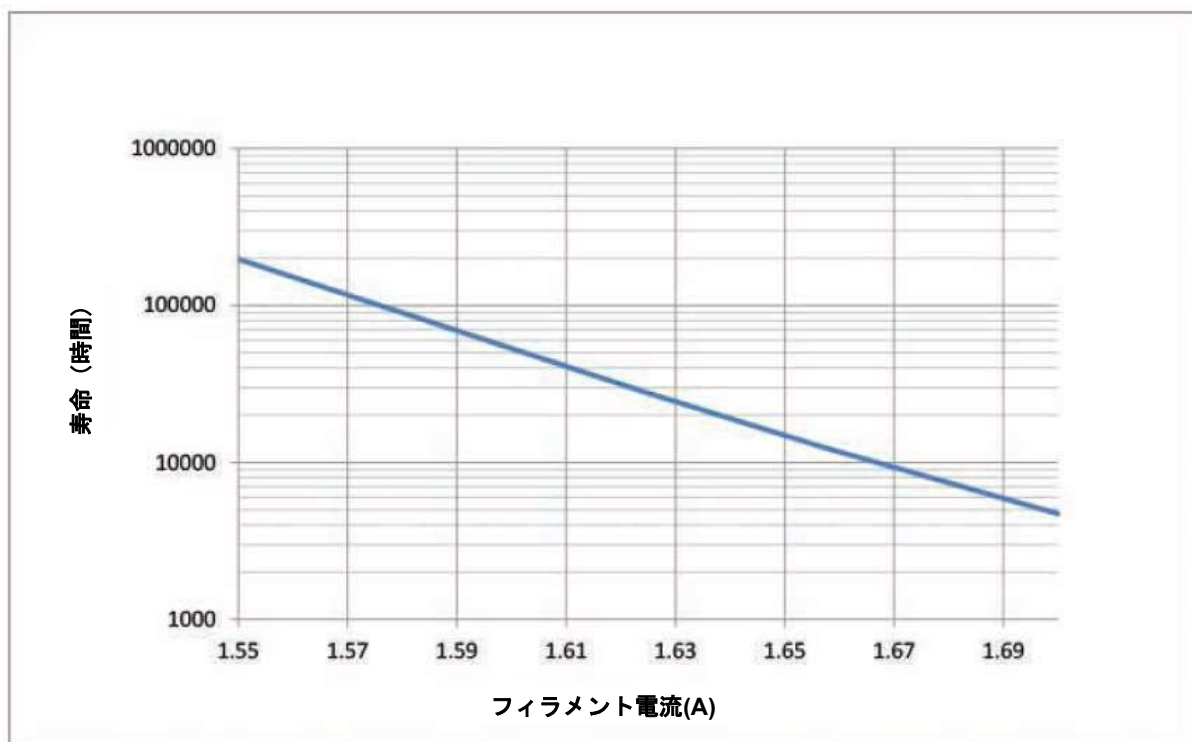


図 2:Jupiter シリーズ 5000 X 線管のフィラメント寿命

X 線管の遮蔽

概要

オックスフォード・インストゥルメンツ社製の X 線管を作動させる際の最も重要な安全上の検討事項（高電圧とともに）の 1 つは、放射線を封じ込めるために使用する遮蔽体の量です。X 線管の遮蔽には、以下で説明するさまざまな材料の質量減衰係数に基づく簡単な計算が必要となります。

免責事項

オックスフォード・インストゥルメンツ社は、これらの計算値が十分な減衰に対応できるものであると主張するものではありません。材料と配置の違いにより、これらの値は適用のための開始点としてのみ使用できます。安全性を確保するためには、信頼できる線量計を使用して設定構成をテストする必要があります。

X 線質量減衰理論

このアプリケーションノートは、質量厚さ x と密度 ρ の材料を透過する入射強度 I_0 の単色光子のビームを仮定しています。このビームは、法則¹によって与えられる強度で現われます。

$$I/I_0 = \exp[-(\mu/\rho)x]$$

μ/ρ の値は、この式と I_0 、 I 、および x の測定値を使用して実験的に取得されています。これらの値は、NIST X 線質量減衰係数²にまとめられており、本資料のすべての計算に使用されています。質量厚さは、単位面積あたりの質量として定義され、厚さ t に密度を掛けて $x = t\rho$ となることに注意してください。

真鍮などの複合材料の場合、質量減衰係数は加重平均を使用して得ることができます。

$$\mu/\rho = \sum_n w_n (\mu/\rho)_n$$

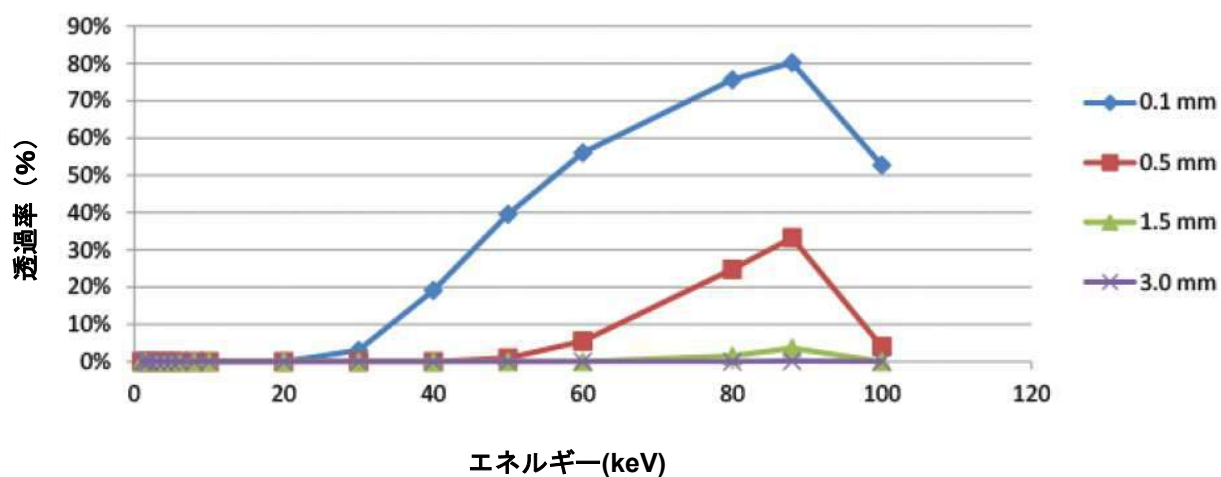
ここで、 w_n は材料の n 番目の元素の重量分率であり、同様に、 $(\mu/\rho)_n$ は材料の n 番目の元素の質量減衰係数です。

上記の理論を使用して、簡単なスプレッドシートアプリケーションで、さまざまな材料について遮蔽体の計算を行いました。下記の表に、さまざまな材料の遮蔽値を示しています。（この計算における真鍮は、65% の銅、33.5% の亜鉛、および 1.5% の鉛から成ることに注意してください）。二次的な検討事項として、これらの値は、既存のオックスフォード・インストゥルメンツ社 XT 実験装置を使用してクロスチェックされています。

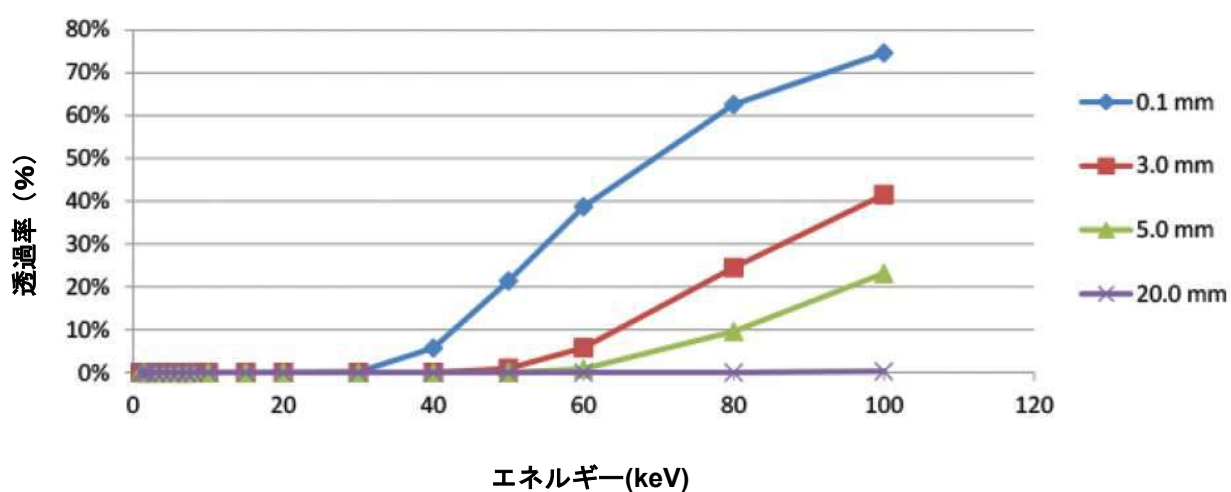
材料	50 keV	100 keV
鉛	1.5 mm	3.0 mm
鉄	5.0 mm	20.0 mm
真鍮	3.0 mm	12.0 mm

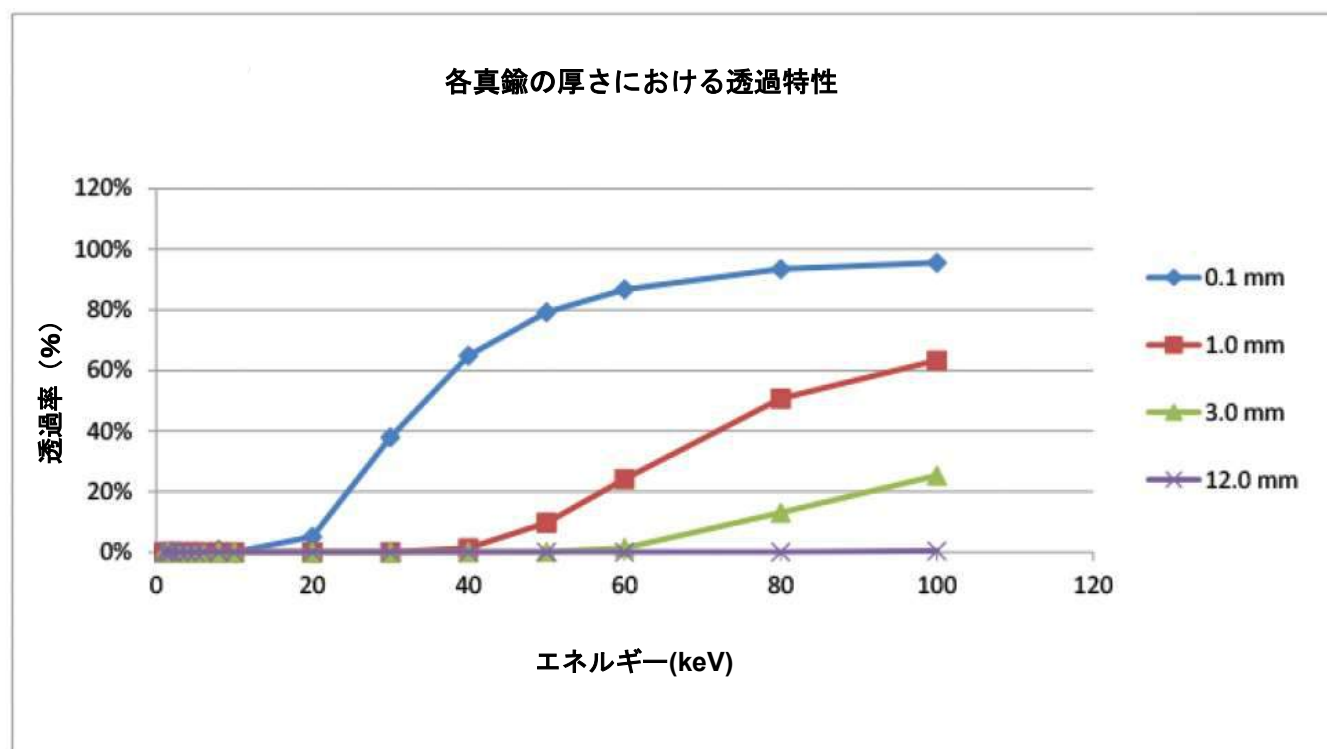
次のグラフは、材料の厚さを変化させた場合の透過特性を示しています。

各鉛の厚さにおける透過特性



各鉄の厚さにおける透過特性





結論

安全を確保するためには、X線管から放出されるX線を外部環境から十分に遮蔽することが極めて重要です。これを行うには、少なくとも上記の材料の厚さから始めて、線量計でX線量を測定することを推奨します。繰り返しのようになりますが、これらの値は第一原理から計算されたものとはいえ、十分に活用する前に、あらゆる設定構成を徹底的に測定することが不可欠です。

参考文献

¹ <http://www.physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/chap2.html>

² <http://www.physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab3.html>

X線管で最も多い故障モードは、通常の作動中に発生する熱を十分に放熱できないことです。

電子ビームに与えられた運動エネルギーの99%以上が、アノードターゲットで熱として失われます。したがって、50WのX線管では、変換過程だけでおよそ49.8Wのエネルギーが熱として生成されます。これに、らせん状のタングステンフィラメントによって生成される熱エネルギーを加えると、放熱が主要な要因であることが直ちに理解されます。

X線管の冷却が不十分な場合、X線管が故障する可能性が2通りあります。

1つ目は、アノードターゲット材料の昇華です。アノードターゲット材料を固体からガスに直接変換する場合（昇華）、結果として生じる蒸気は、X線管での適切な作動に必要な内部の高真空を急速に劣化させます。この高真空が失われると、X線管がカソード電子源（らせん状のタングステンフィラメント）とターゲットアノードの間の高電圧ギャップに耐えることができなくなります。X線管は短絡またはアークを開始し、それによってさらに多くのガスが放出され、内部の真空がさらに低下し、X線管が機能しなくなります。

不適切な放熱によって引き起こされる2番目の故障モードは、損傷を与えるイオンの放出です。X線管のアノードがターゲット材料の蒸気圧点を超えると、イオンが放出されます。これらのイオンは、らせん状のタングステンフィラメントへ引きつけられ、イオンでこすられる作用によってフィラメントが侵食され始めます。これによりフィラメントが破損し、開回路が発生する可能性があります。

X線管が過熱しないことを確実にすることで、これらの両方の故障モードの防止が可能になります。これは、冷却システムに故障が発生した場合のための故障保護を備えた冷却回路を注意深く監視することを意味します。

当社の容器収容X線管の多くは、X線管への回復不能な損傷を防ぐのに役立つ一体化された温度スイッチを備えています。

対応する冷却システムが、当社の製品に推奨されている温度範囲を維持できることを確認してください。

UltraBright の熱管理

このアプリケーションノートでは、UltraBright 製品ファミリーにおいて生成される熱を管理する適切な方法について説明します。これらの推奨事項に従うことにより、X線発生システムの連続作動を実現することができます。X線発生システムに適切な熱管理を実施することが重要です。アプリケーションと、このデバイスのシステム構成が異なれば、必要な熱管理戦略も異なります。このアプリケーションノートには、装置を熱管理するために当社の工場で使用しているヒートシンクの例をいくつか紹介してあります。目標は、装置が最大出力で作動している間、アノードを 70°C 未満の温度に保持することです。タングステンターゲットを備えた装置の場合、アノードで生成される最大の熱量は 80 ワットですが、銅またはモリブデンターゲットを備えた装置の場合、アノードで生成される最大の熱量は 60 ワットです。

図 1

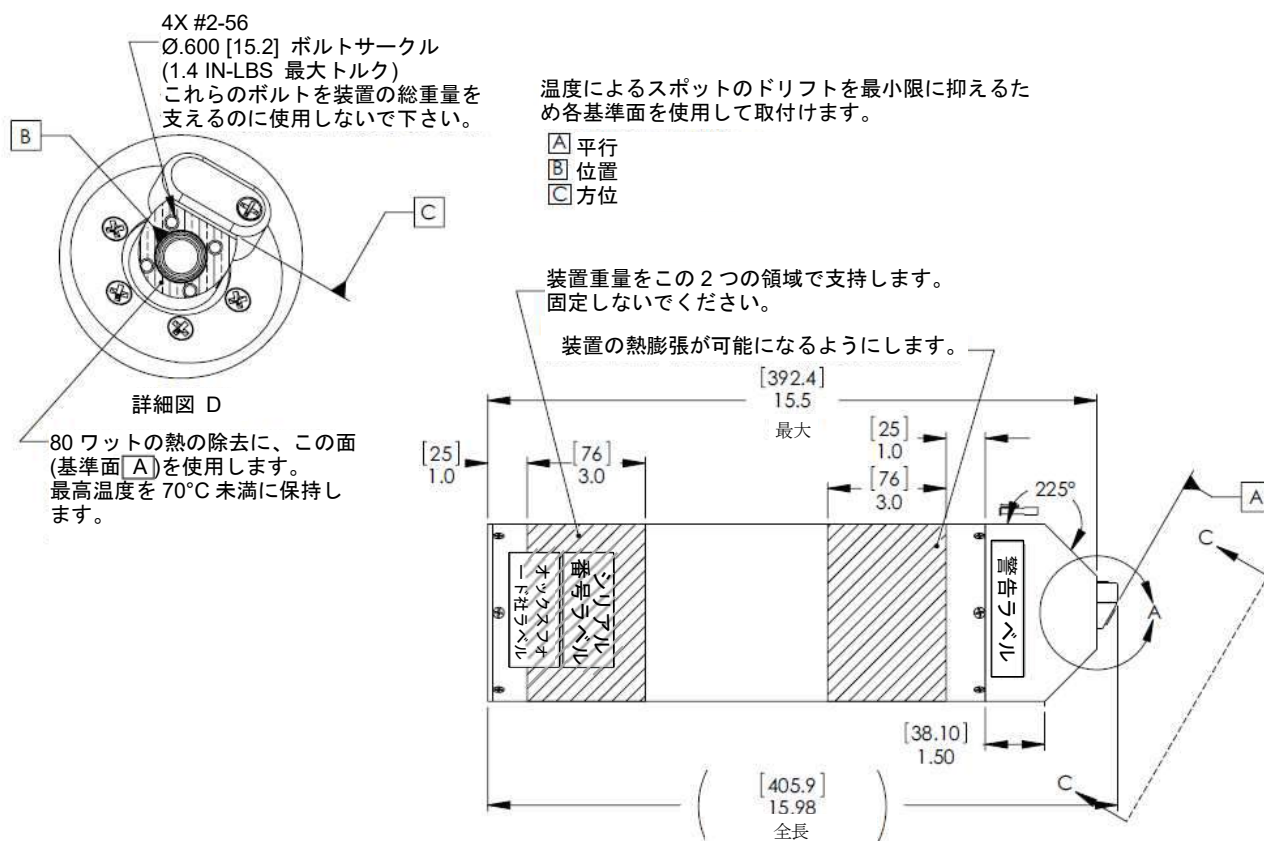


図 1 は、外形図番号 8236 の一部を示しています。図の下右隅には、装置から熱を除去するために使用される面を示す図があります。一部の熱も円錐カバーの側面を伝わりますが、この円錐面に吹き付ける空気だけでは、装置を適切に冷却するのに十分ではありません。示された面にヒートシンクを取り付ける必要があります。ヒートシンクの種類はユーザー次第であり、この X線発生装置と組み合わせて使用される他のデバイスまたは機構の配置によって異なります。

図 2

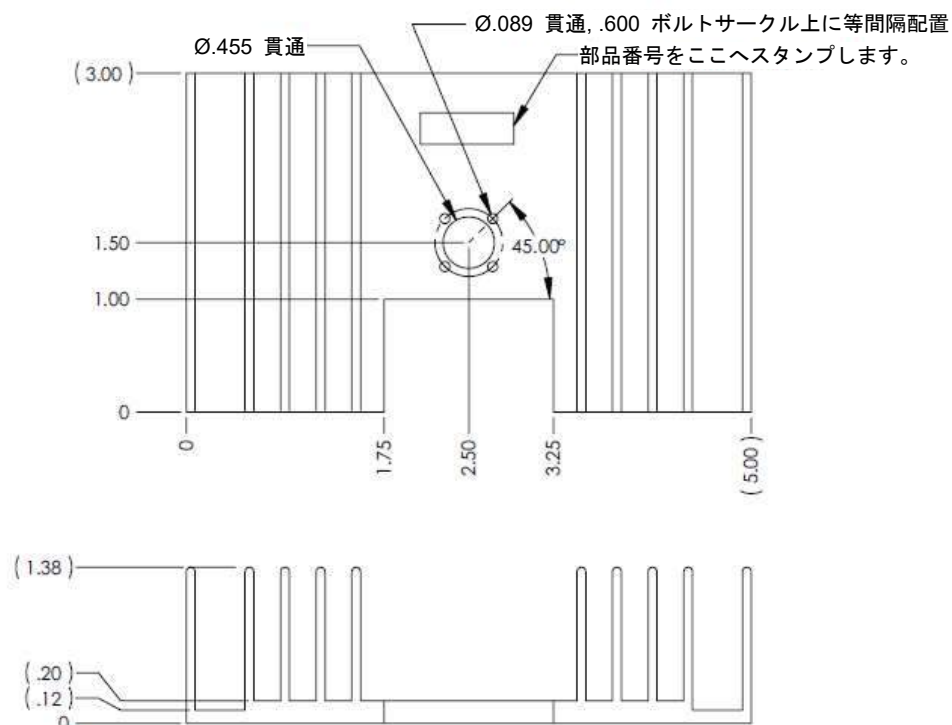
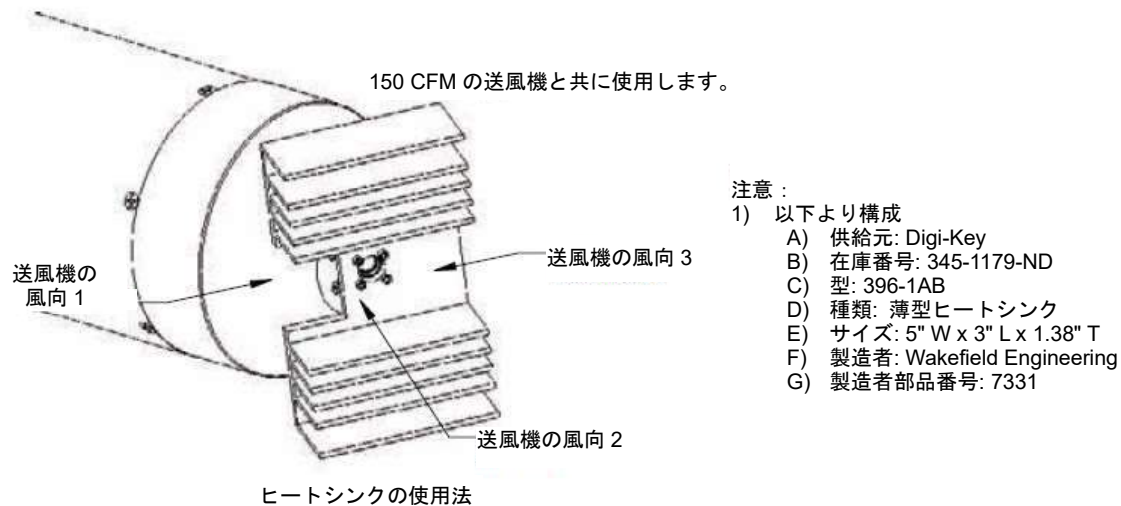


図 2 は図面番号 9474 で、送風機がフィン領域に直接送風している場合に 150 CFM 送風機で効果の得られる低コストのヒートシンクソリューションを示しています。このソリューションは、出口窓への近接したアクセスを必要とするアプリケーションに対しては最良のものではありません。さらに、これは、他のデバイスとの関係で、装置の熱膨張によるスポットドリフトを防ぐため、X 線発生装置の状態を維持することを意図したものではありません。

UltraBright の熱管理

(続き)

図 3 は図面番号 9506 であり、X 線スポット径のスポット写真測定中に使用するヒートシンクを示しています。このバーは、光学テーブルに固定されているベースにしっかりと取り付けられています。このバーは、その後の測定のための固定基準平面となります。150 CFM 送風機が、このバーと装置の前面に連続的に送風します。装置の熱膨張を可能にするため、X 線発生装置の残りの部分は、装置に固定されていないものの、装置の重量の大部分を支えている 2 つのプラスチック架台の上に載っています。

図 3

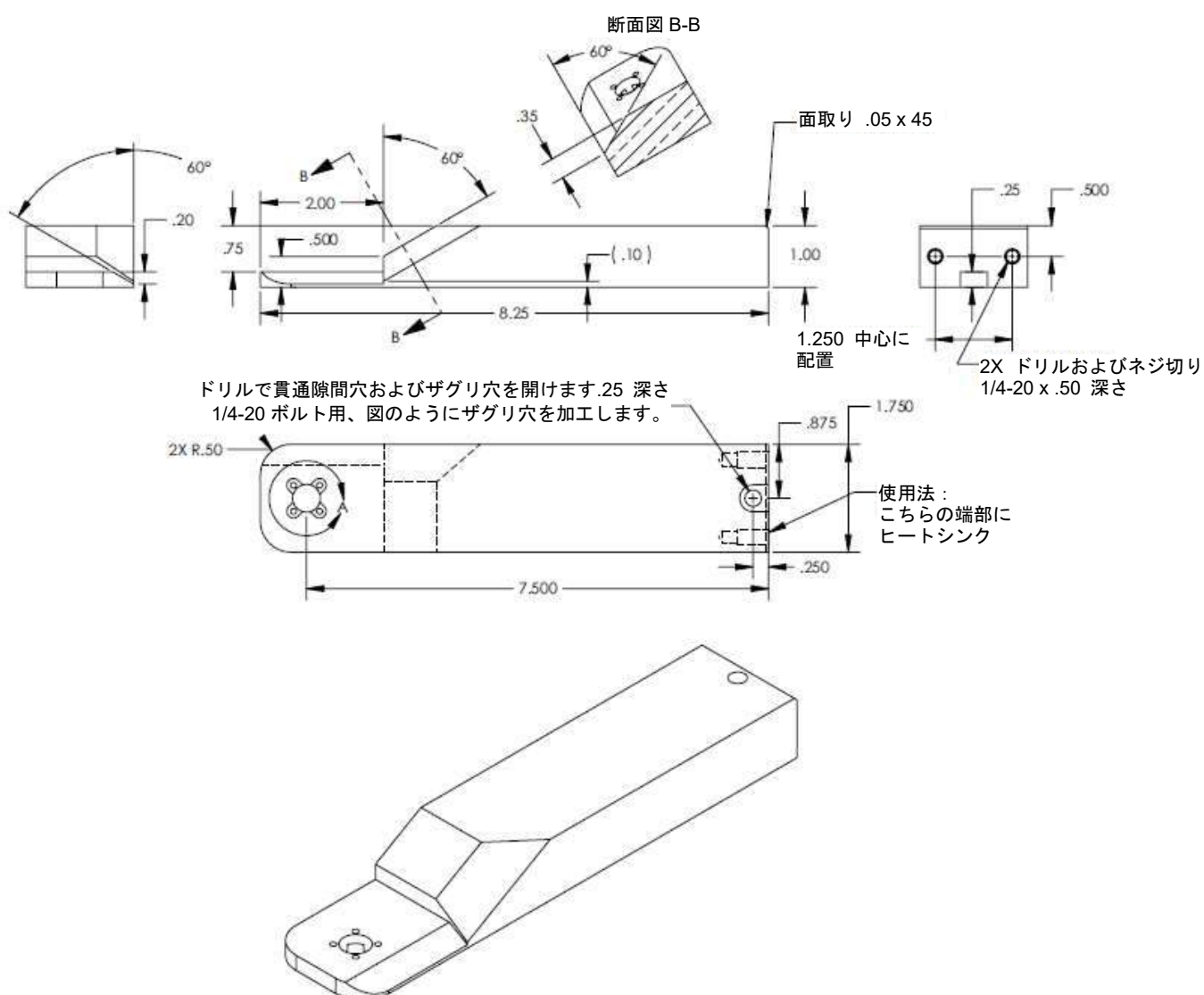
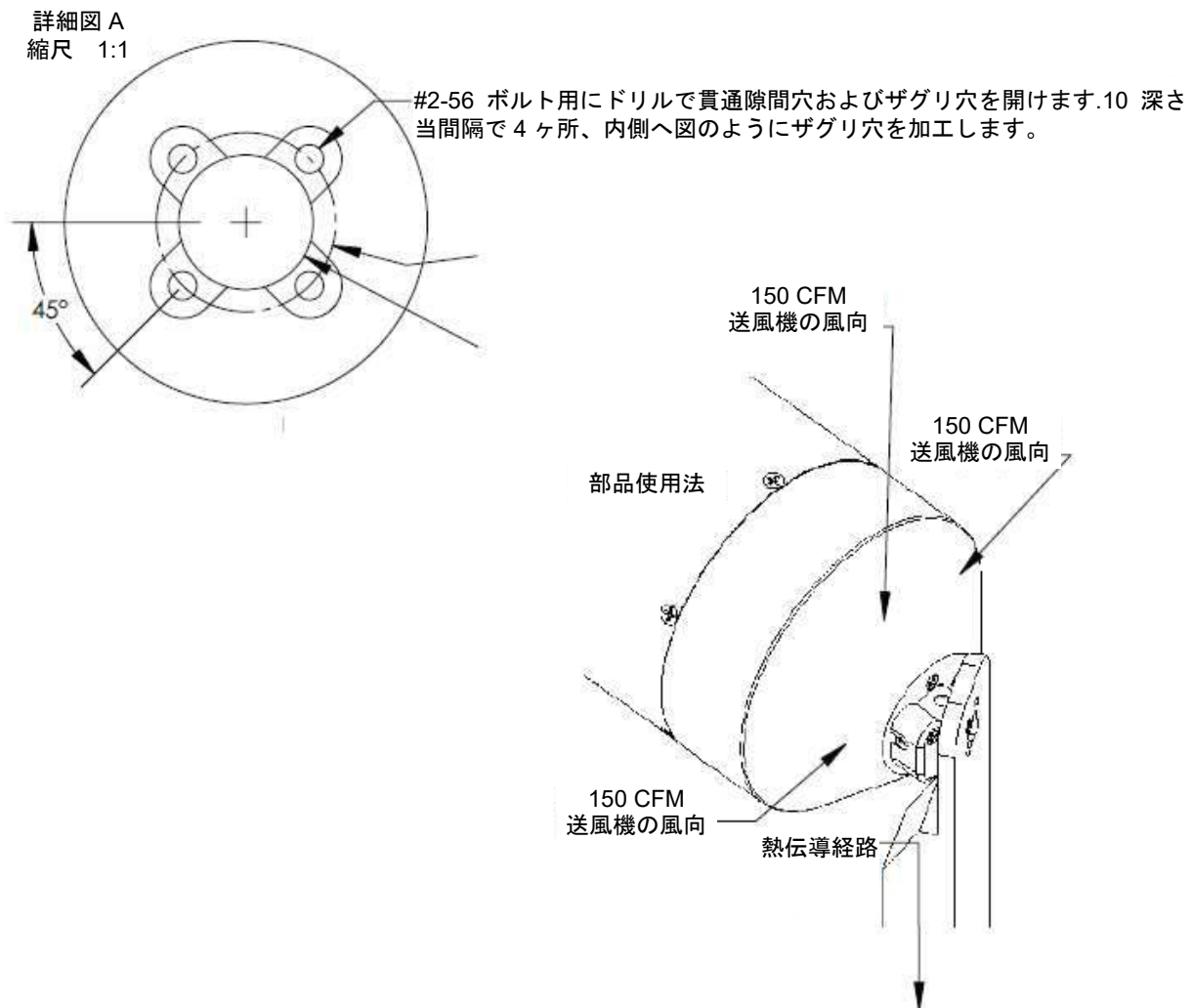


図 3 (続き)



UltraBright には、インターロックに接続された温度スイッチがあります。アノードの最高作動温度は 70°C です。アノードの温度が 70°C を超えると、温度スイッチが自動的に X 線発生装置を停止し、制御装置の LCD に「FAULT TUBE OT」が表示されます。装置を適切に冷却するための対応策を取ることができるように、装置が過熱されていることを知っておくことが重要です。温度スイッチは、冷却システムの安全装置に付加的レベルの保護を追加します。

Oxford Instruments X-Ray Technology のテクニカルサポートは、ユーザーが設計したあらゆる取り付け構成と熱管理システムを検討し、推奨事項を作成させていただきます。



画像の出所

1. 画像提供は Molecubes 社のご好意によるものです。(カタログの裏表紙を参照)

Oxford Instruments X-Ray Technology

蛍光 X 線



金属の分析および同定

工業用検査



プリント回路基板、
穴開け加工および検査

医療用イメージング



骨および組織の
イメージング



エネルギーおよび鉱業



食品、容器、安全



小動物および薬品研究¹

より詳しい情報は下記サイトをご覧ください。
<https://xray.oxinst.com/> or xray-sales@oxinst.com

This publication is the copyright of Oxford Instruments plc and provides outline information only, which (unless agreed by the company in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose or form part of any order or contract or regarded as the representation relating to the products or services concerned. Oxford Instruments' policy is one of continued improvement. The company reserves the right to alter, without notice the specification, design or conditions of supply of any product or service. Oxford Instruments acknowledges all trademarks and registrations.
© Oxford Instruments plc, 2019. All rights reserved. Document reference: Part no: 3900003 Rev B



X-Ray Technology
360 El Pueblo Road, Suite 104
Scotts Valley, CA 95066, USA

Phone: +1 (831) 439-9729
Fax: +1 (831) 439-6050
Email: xray-sales@oxinst.com



The Business of Science®