

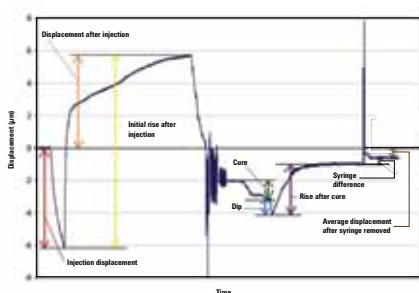
### NASA 次世代X線光学鏡位置監視

#### 該当する装置:

すべての Lion Precision 製静電容量センサ

#### サマリー:

1  $\mu\text{m}$  および 1 マイクロラジアン (1  $\mu\text{rad}$ ) 以内で光学鏡の位置を監視できる静電容量センサを使って、軌道上望遠鏡の数千もの壊れやすい光学鏡を見つけます。



## 次世代 X 線光学鏡

NASA では、軌道上で X 線観測を行う次世代 X 線光学鏡を開発しています。「レンズ」は、焦点距離 3-10 メートルの浅い角度で X 線を反射するために配置される数千もの鏡で構成されます。鏡を探して適切な位置に配置することが、このプロジェクトの主な課題です。長い焦点距離で焦点を絞るには、1 マイクロラジアン(1  $\mu\text{rad}$ ) 誤差で鏡の角度を調整する必要があり、取り付け時に、取り付けしていない自由な状態から 0.1  $\mu\text{m}$  未満の精度で、正確に形成された鏡を曲げなければなりません。当然ながら、打ち上げや配備を通じて、こうした組み立てが正確な配置を維持可能であるようにしなければなりません。

## 壊れやすい鏡、高精度の取り付け

一般的な鏡のサイズはプリンター用紙ほどの大きさであり、厚みもわずかに 4 倍 (200 mm X 200 mm X 0.4 mm) であり、厚さ 10nm のイリジウムまたは金の層で覆われています。鏡は、非常に薄いため、わずか 1 mN の力で変形してしまいます。熱による膨張も課題です。鏡の近くに人が長時間いるだけで測定可能な歪曲が生じるので、取り付けプロセスで構造に熱が加えられてはなりません。

鏡は最終的な組み立てでタブに取り付けられ、UV 硬化エポキシで所定の位置に固定されます。エポキシの注入と硬化が、重要なステップです。エポキシ注入中や直後に流体圧力により、鏡との接点で歪曲が発生し、配置が変わることがあります。また、エポキシは、UV 硬化プロセス中にも膨張し、鏡をさらに歪曲させることがあります。

## 取り付け操作中の配置の監視

結合プロセス中の鏡の変位をナノメートルの精度でプロファイルするために、高解像度の静電容量変位センサ (Lion Precision Elite シリーズ センサ) を使用します。流体圧力や UV 硬化プロセスによる動きや歪曲を特徴付ける、エポキシの注入量や UV 硬化のタイミングを、鏡の最終的な配置をコントロールするために使用できません。鏡の歪曲が事前に設定したポイントに達した場合に注入を停止させるため、自動結合シーケンス中に静電容量センサを使用します。次に、システムは注入後のエポキシの流れにおける鏡の位置を監視します。ある位置まで鏡が到達すると UV 硬化プロセスが始まり、エポキシの膨張によって 1  $\mu\text{m}$  以上の精度で希望する位置に鏡が正確に配置されます (図 1)。

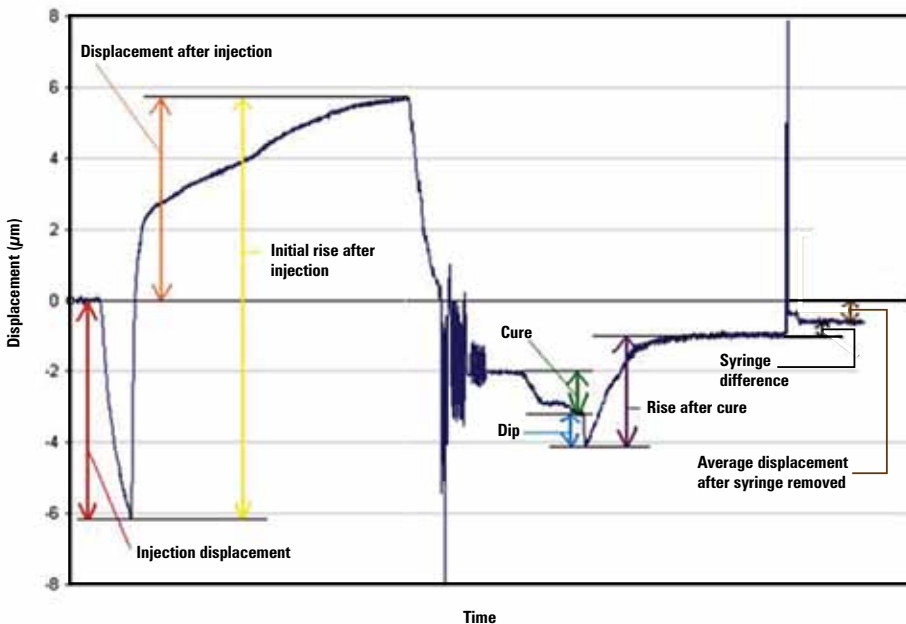


図 1 - 1  $\mu\text{m}$  未満のシフトで元の位置に戻る、結合シーケンス中の鏡の変位

## センサ システムの詳細

このシステムでは 6 つの静電容量変位センサを使用しており、そのうちの 4 つが鏡の四隅を、さらに 2 つが取り付けタブの位置を参照用に監視します (図 2)。通常、静電容量変位センサを使用する場合、ターゲットに帯電が蓄積しないようにターゲットを接地する必要がありますが、壊れやすい鏡は接地することができません。Elite シリーズ センサは、この問題を解決できるように設計されており、奇数番号のチャンネルと偶数番号のチャンネルの間で励起信号に  $180^\circ$  の位相差があります。この位相差によって、センサの半分は鏡に帯電させますが、残りの半分がこの帯電を除去するので、接地への伝導経路が不要になります。

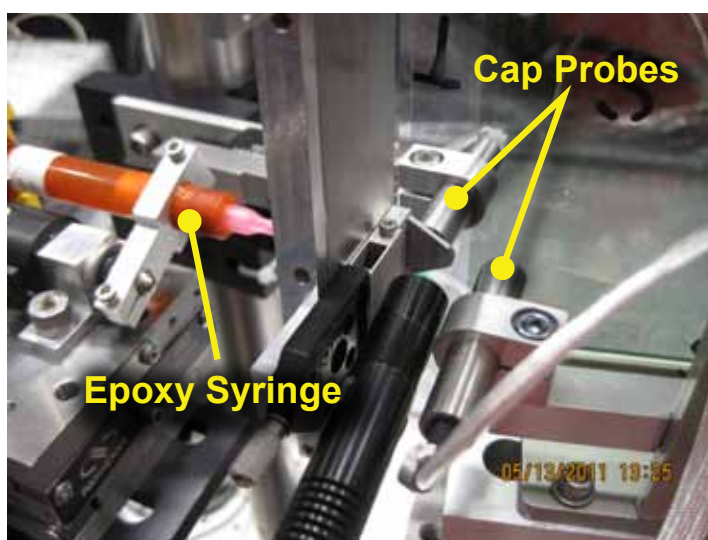


図 2 - エポキシ シリンジと静電容量変位センサの調整鏡は、カメラアングルに対して透明です。

## レーザーに対する静電容量センサの優位性

当初このシステムでは、レーザー変位センサが使用されていました。レーザーによって非常に長い距離の測定が可能でしたが、レーザーのサイズの大きさから取り付けが困難であり、代替を探す必要がありました。また、レーザーでは解像度が十分ではなく、非常に高価であり、発熱も多すぎました。これに対して、静電容量センサは低電力/低発熱で非常に高い解像度が可能であり、サイズが小さいため取り付けも非常に簡単になりました。

## 静電容量システムの詳細

6つの CPL190 ドライバが Elite Series 筐体 (EN196) の 6つのスロットに収納されています。

6つの C9.5-5.6 プローブ

較正: 500  $\mu\text{m}$  の範囲、15 kHz の帯域、10 nm rms の解像度