



Jednotka snímání polohy ohniska modulární mikroskopové sestavy řady BXC

Úvod

Na podporu konstruktérů zařízení a přístrojů dodáváme výrobcům zobrazovacích systémů založených na mikroskopech rozsáhlý sortiment objektivů a dalších [optických komponent](#). Tyto komponenty pomáhají jejich inženýrům účinně navrhovat vysoce kvalitní přístrojové vybavení určené k provádění kontrol.

Jednou z oblastí, která vyžaduje použití zobrazovacího systému založeného na použití mikroskopu, je kontrola polovodičů. Výrobci polovodičů potřebují provádět rychlé, přesné a čisté kontroly v průběhu celého výrobního procesu. Spoléhají na výrobce optických kontrolních zařízení, že inovují kontrolní nástroje, které budou držet krok s požadavky průmyslu. Výrobci polovodičů často zadávají vytváření optomechanických sestav, které jsou potřebné pro kontrolu polovodičů, odborníkům na optické zobrazování. Jednou z podstatných součástí této aplikace je automatické zaostřování optického systému, které výrazně ovlivňuje celkovou rychlost kontroly. Automatické ostření je spojeno s motorizovaným pohybem optického systému v ose Z, osvětlením, mikroskopovými objektivy a digitální kamerou nebo snímačem tak, aby vznikl kompletní systém.

V tomto dokumentu vysvětlujeme, jak jsme vytvořili systém pro nastavení automatického ostření (BXC-FSU) ve spojení s motorizovaným mechanismem pohybu v ose Z, skříňkou světelného zdroje, objektivem a dalšími komponentami, abychom pomohli výrobcům polovodičů provádět potřebné kontroly rychle a účinně.

Co je automatické ostření?

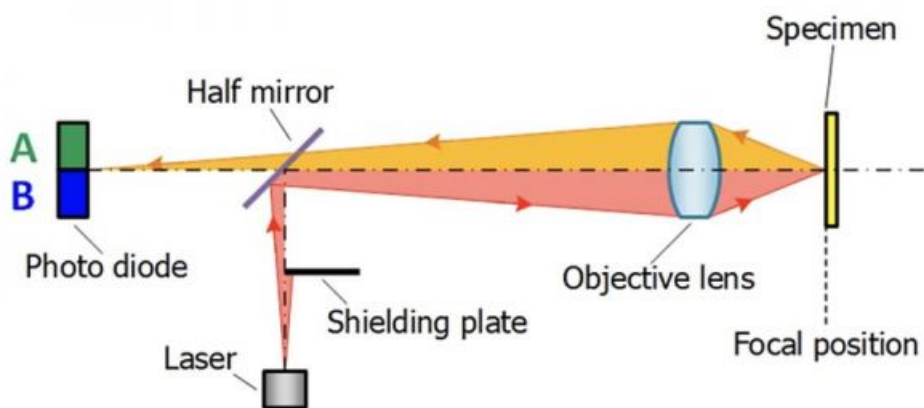
Existují dva druhy systémů automatického ostření:

- Pasivní systémy ostření, které k zaostření využívají pozorovaný obraz. Tato technika je často nazývána metodou kontrastu obrazu; u vzorků s nízkým kontrastem, jako jsou neosazené wafery, ale nefunguje. Při použití této metody je obtížné určit směr k ohnisku, takže je nutné pohybovat se stolem ve směru Z nahoru a dolů a takto zjišťovat, zda se kontrast vzorku v daném směru snižuje nebo zvyšuje. To snižuje rychlost a zároveň ztěžuje sledování ostření. Tato metoda má nicméně jednu výhodu: je relativně levná.
- Aktivní systémy vyzařují světlo ze zvláštního světelného zdroje na vzorek a zaostřují podle světla vracejícího se od vzorku. Tato technika je vhodná pro pokročilé systémy kontroly používané ke kontrolám vzorků s nedostatečným kontrastem, jako jsou systémy pro kontrolu plochých panelů nebo neosazených waferů (obrázek 1).



Obrázek 1. Kontrola neosazeného waferu.

Metoda aktivního rozdělení pupily

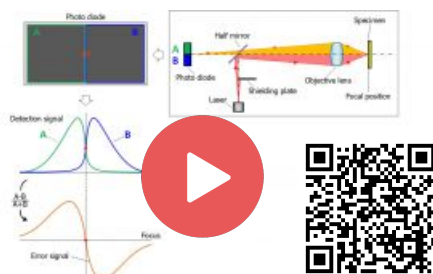


Obrázek 2. Nástin metody aktivního rozdělení pupily.

Jednou z aktivních metod snímání polohy ohniska je metoda spočívající v rozdělení pupily (obrázek 2). Základem této metody je stínící destička umístěná mezi světelným zdrojem a čočkou objektivu (obrázek 2). Světlo vyzařované laserovým zdrojem je touto stínící destičkou na jedné straně blokováno. Po nasměrování laserového světla skrz čočku objektivu na vzorek se laserové světlo odráží od vzorku a přes polopropustné zrcátko se dostává do dvousegmentové fotodiody. Intenzita světla, která vstupuje na každou část fotodiody (A a B na obrázku 2) se mění v závislosti na tom, zda se vzorek nachází před nebo za ohniskem a na jeho vzdálenosti od něj. Jednotka

automatického ostření snímá elektrický proud protékající částmi A a B fotodiody a pomocí rovnice $(A - B) / (A + B)$ ho transformuje na „signál chyby“. Poloha v ohnisku (zaostřeno) je taková poloha na ose Z, kdy na obě části fotodiody dopadá stejná intenzita světla. Jinými slovy, když je signál chyby přibližně rovný nule, jednotka automatického ostření ví, že se vzorek nachází v ohnisku, což znamená, že je zaostřený.

Obrázek 3 ilustruje signály dopadající na části A a B dvousegmentové fotodiody a odpovídající změny hodnoty signálu chyby v závislosti na poloze vzorku.



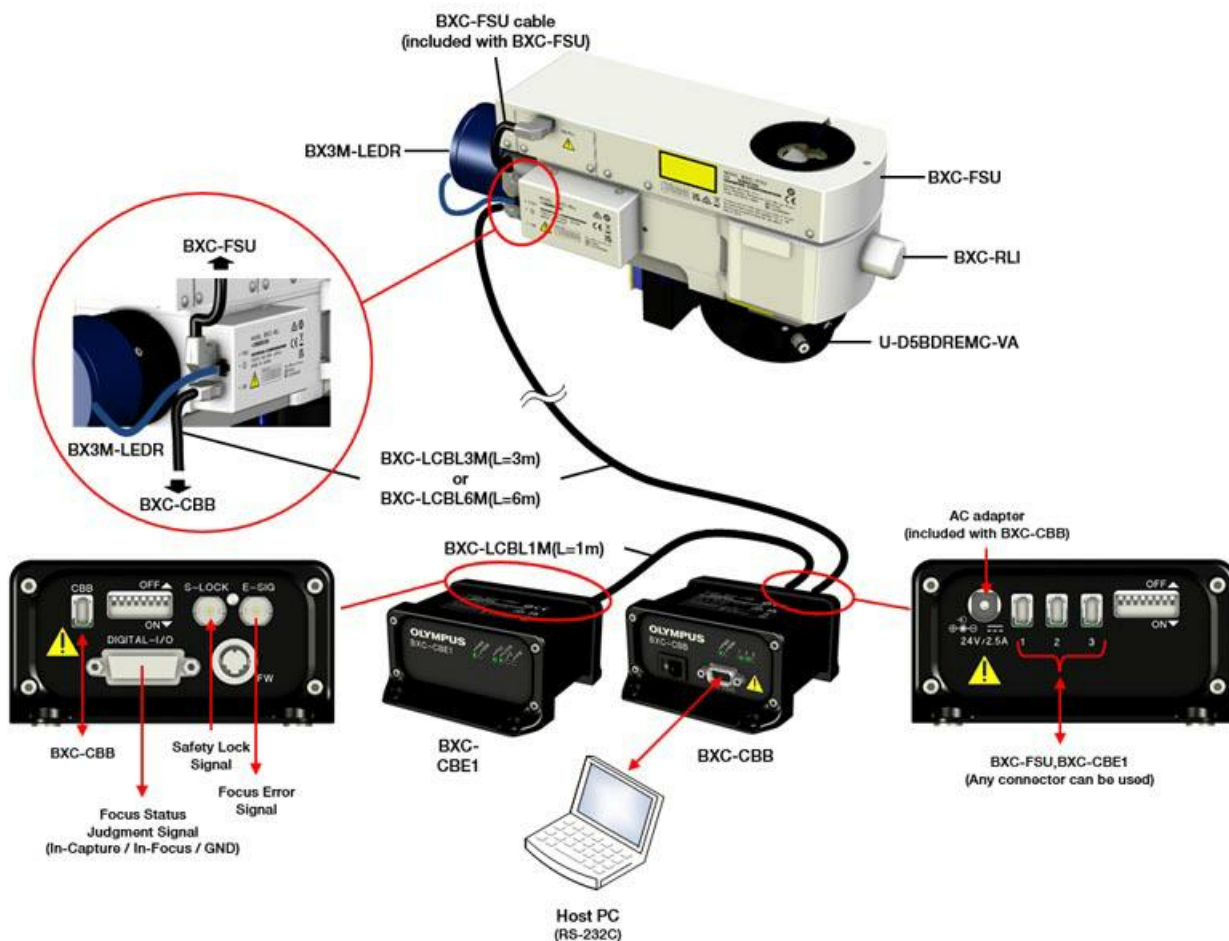
Video: [Figure3_AF_20230216.mp4](#)

Obrázek 3. Snímání polohy ohniska metodou aktivního rozdělení pupily

Výstup signálu chyby zaostření

Řídicí skříňka jednotky automatického ostření přijímá signál a předává ho softwaru, který řídí pohon motorizovaného pohybu v ose Z. Za účelem poskytnutí výstupu informace o ostření do zařízení zákazníka je systém BXC-FSU spojen s řídicí jednotkou BXC-CBB (obrázek 4).

[Podívejte se, jak systém BXC-CBB pracuje](#)



Obrázek 4. Konfigurace systému BXC-CBB.

Informace o ostření putuje systémem následujícím způsobem: BXC-FSU→BXC-RLI→BXC-CBB→BXC-CBE1. Řídicí jednotka BXC-CBE1 vytváří na základě informací o ostření, původně dodaných systémem BXC-FSU, analogový signál, který je přenášen do zařízení zákazníka.

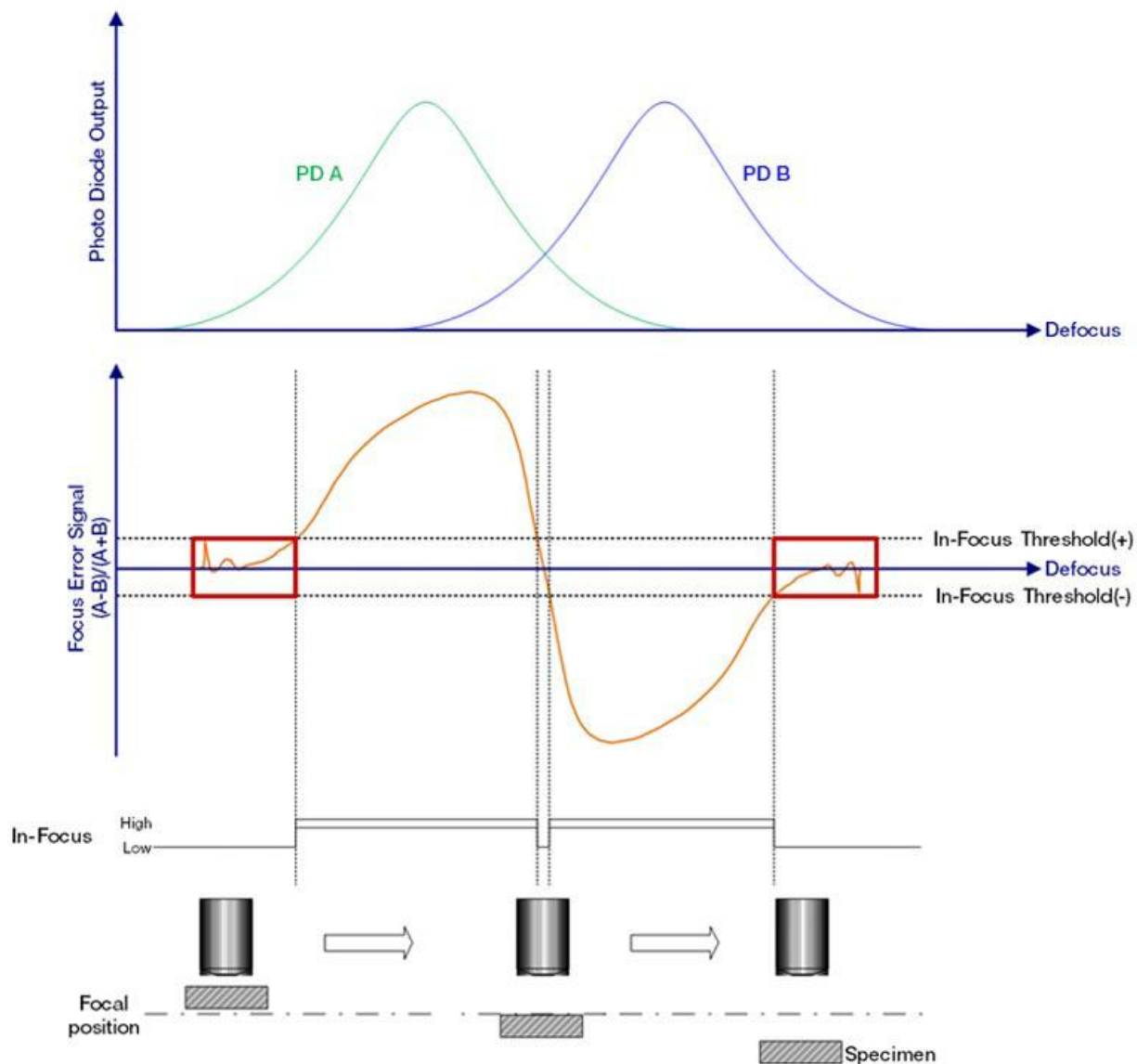
BXC-CBE1 vytváří tři druhy signálů souvisejících s ostřením:

- Signál chyby ostření
- Signál zachycení
- Signál zaostření

Výše popsaný signál chyby (A - B) / (A + B) je analogový signál nabývající hodnot z rozmezí -10 V až +10 V a směr, ve kterém leží poloha ohniska, lze určit podle toho, zda je napětí kladné nebo záporné.

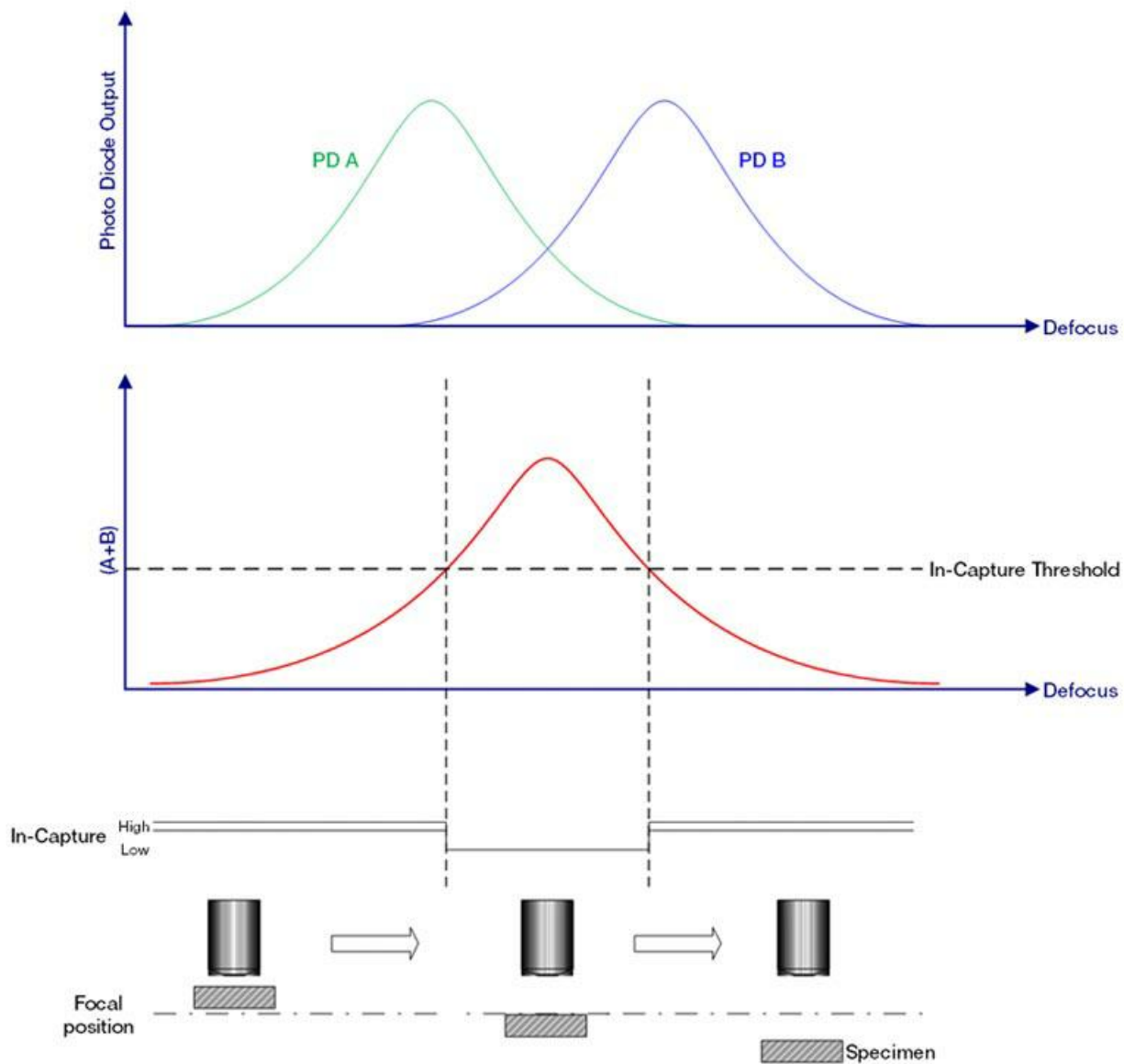
Poloha, při které signál chyby prochází hodnotou 0 V, je poloha ohniska, tedy zaostření. Signál zaostření se aktivuje, když se chybový signál nachází v rozsahu prahových hodnot zaostření kolem hodnoty napětí 0 V; viz obrázek 5. Rozsah, ve kterém se signál zaostření aktivuje, je určen jako rozsah, ve kterém se vzorek nachází v rozsahu hloubky ostrosti čočky objektivu (v ohnisku).

Jak je ale vidět v červených políčkách na obrázku 5, signál chyby nabývá hodnoty kolem 0 V také tehdy, když je vzorek výrazně vzdálený od ohniska. To protože intenzita laserového světla odražená od vzorku a dopadající na dvousegmentovou fotodiodu klesá s rostoucí vzdáleností vzorku od ohniska. Signál zaostření je na obrázku 5 vyznačen jako aktivní, když je skutečně nízký.



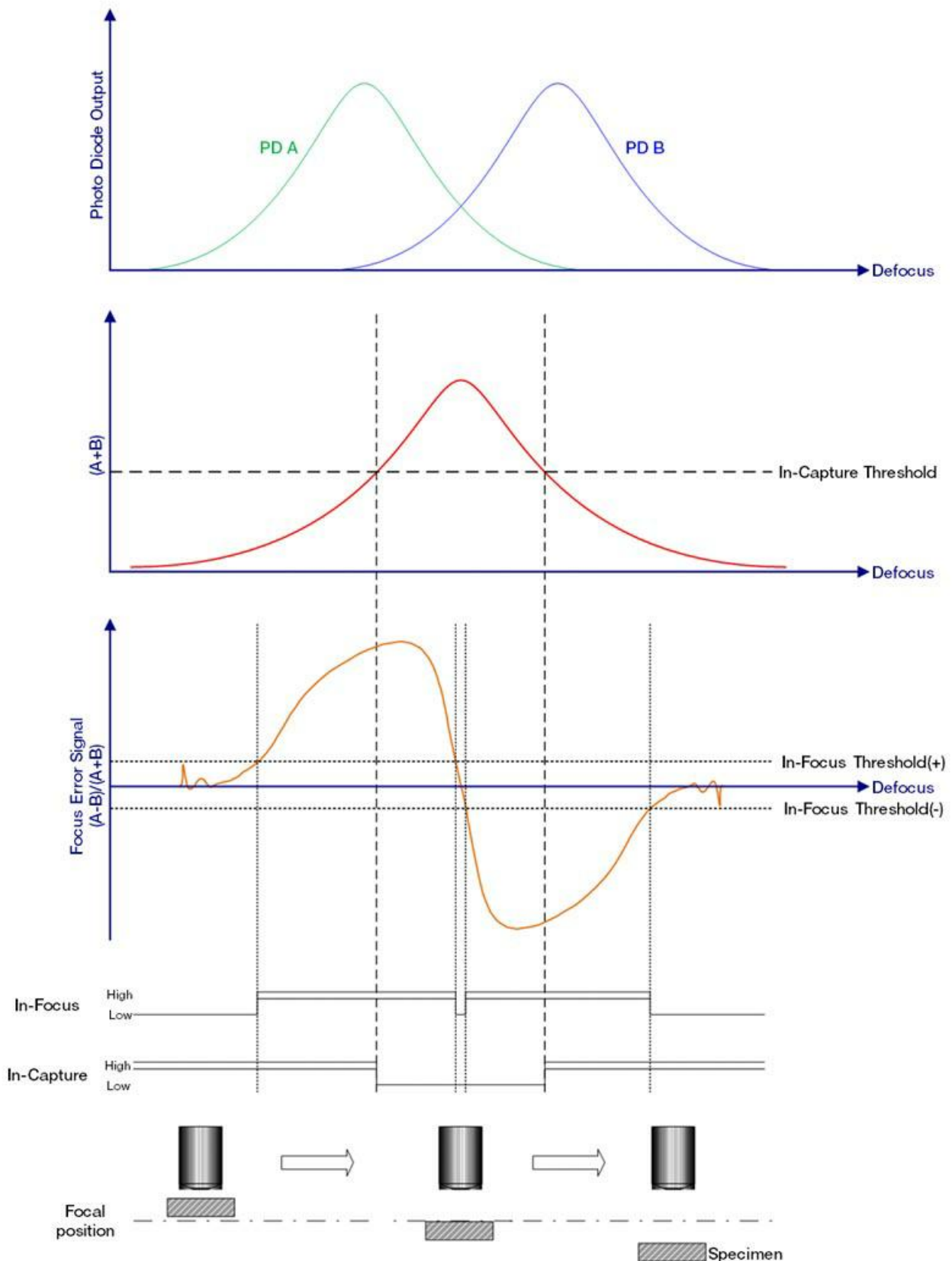
Obrázek 5. Změna signálu chyby $(A - B) / (A + B)$ a signálu zaostření v každé poloze Z.

Signál zachycení indikuje intenzitu laserového světla vyzařovaného z jednotky automatického ostření a odraženého od vzorku k fotodiodě. Protože systém dokáže rozpoznat intenzitu, je schopen určit, zda je nulový signál důsledkem nízké intenzity, kdy vzorek ve skutečnosti není v ohnisku. Tento signál zachycení se objevuje, když se vzorek nachází v blízkosti polohy ohniska, což se nazývá rozsahem zachycení. Když je vzorek v rozsahu zachycení, může být aktivováno automatické ostření, díky kterému se dosáhne skutečného ohniska, tedy zaostření. To, zda se vzorek nachází v rozsahu zachycení, je určeno podle toho, že množství světla dopadajícího na dvě části dělené fotodiody $(A + B)$ překračuje určitou prahovou hodnotu (obrázek 6).



Obrázek 6. Změna celkové intenzity světla $A + B$ a signál zachycení v každé poloze Z . Signál zachycení je aktivován, když hodnota $A + B$ překročí určitou prahovou hodnotu. Na tomto obrázku je signál zachycení indikován jako aktivní při nízkých hodnotách.

Abychom to shrnuli, poloha zaostření je rozsah, ve kterém je výstup signálu zachycení ze systému BXC-CBE1 aktivní, signál chyby je blízko 0 V a signál zaostření je aktivní taktéž. Na obrázku 7 níže je zobrazen stav signálu zachycení a signálu zaostření v každé poloze Z . Zde jsou signály zachycení a zaostření aktivní při nízkých hodnotách.



Obrázek 7. Změny signálů zachycení a zaostření.

Na základě výše uvedeného lze monitorováním výstupu tří signálů z BXC-CBE1 – signálu chyby, signálu zachycení a signálu zaostření – nalézt ohnisko a komunikovat jeho polohu zákazníkům vybranému motoru a pohonu v ose Z. Všechny tyto prvky spolu aktivně pracují na pohybu stolku do místa provedení každé kontroly (obrázek 8).

Video: [figure8-2_oscilloscope-measurement-waveform-and-live-image.mp4](#)



Video: [figure8-1_distance-between-specimen-and-objective-lens.mp4](#)

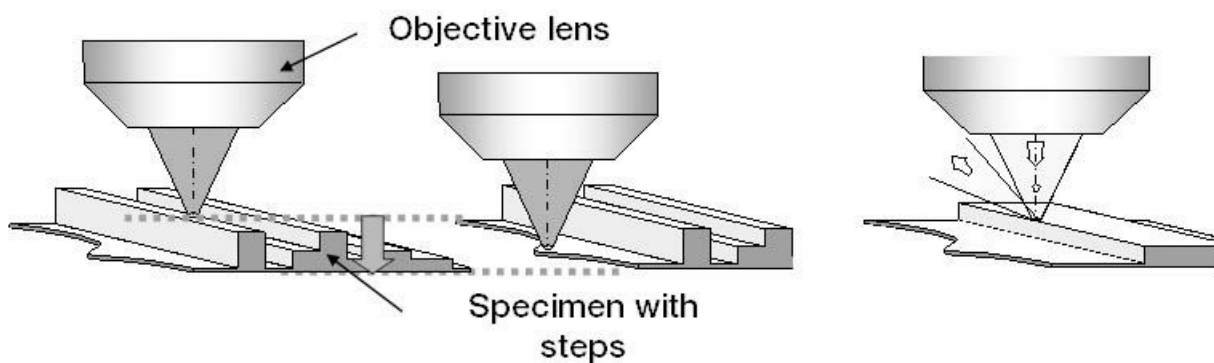
Obrázek 8. Vztah mezi čočkou objektivu, živým obrazem a průběhem signálů (signály osciloskopu; signál chyby: zelený; zaostření: žlutý; zachycení: modrý).

Osciloskopem je možné potvrdit, že když je obraz zaostřený, všechny signály jsou aktivní. To lze využít při konstrukci a vývoji přístrojového vybavení.

Projekce laserového záření do více bodů

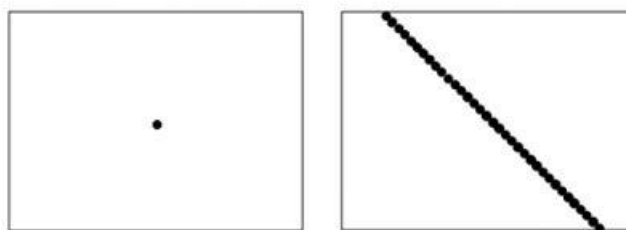
Na úspěšnost při dosahování polohy ohniska může mít vliv topografie vzorku. Při projekci laserového svazku na jediný bod vzorku, který má stupňovitou strukturu, jako jsou například jemné drátkové vzory na polovodičových substrátových discích, se poloha zaostření při skenování vzorku může často měnit. Tento jev je známý jako „chatter“. Je možné pozorovat také zhoršení odstupů signálu od šumu (SNR) signálů chyby ostření, způsobené rozptylem světla automatického ostření na hraně stupně (obrázek 9). V důsledku obou těchto situací je těžké zaostření zachovat po celý průběh kontroly, což kontroly zpomaluje.

Pro snížení chatteru a zlepšení stability zaostření využívá systém BXC-FSU několikabodový aktivní systém automatického ostření (obrázky 10 a 11). Tyto body (spoty) jsou uspořádány v úhlu 45 stupňů napříč zorným polem a průměrný signál všech těchto bodů určuje průměrnou polohu zaostření. Zprůměrování ohniska přes celé zorné pole umožňuje reprodukovat automaticky zaostřit v případě, že se výška vzorku v zorném poli mění.



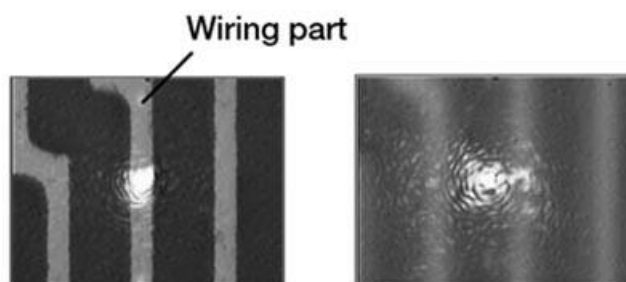
(a) Změny v poloze ohniska (b) Rozptyl na hranách

Obrázek 9. Faktory nestability zaostření.

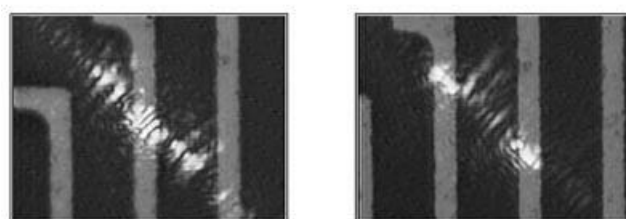


(a) Metoda jednoho bodu (b) Metoda více bodů

Obrázek 10. Porovnání ohniskových bodů na povrchu vzorku.



(a) U metody jediného bodu se při posunu vzorku do strany, kde je výškový schod, významně mění poloha Z, což způsobuje rozostření obrazu.

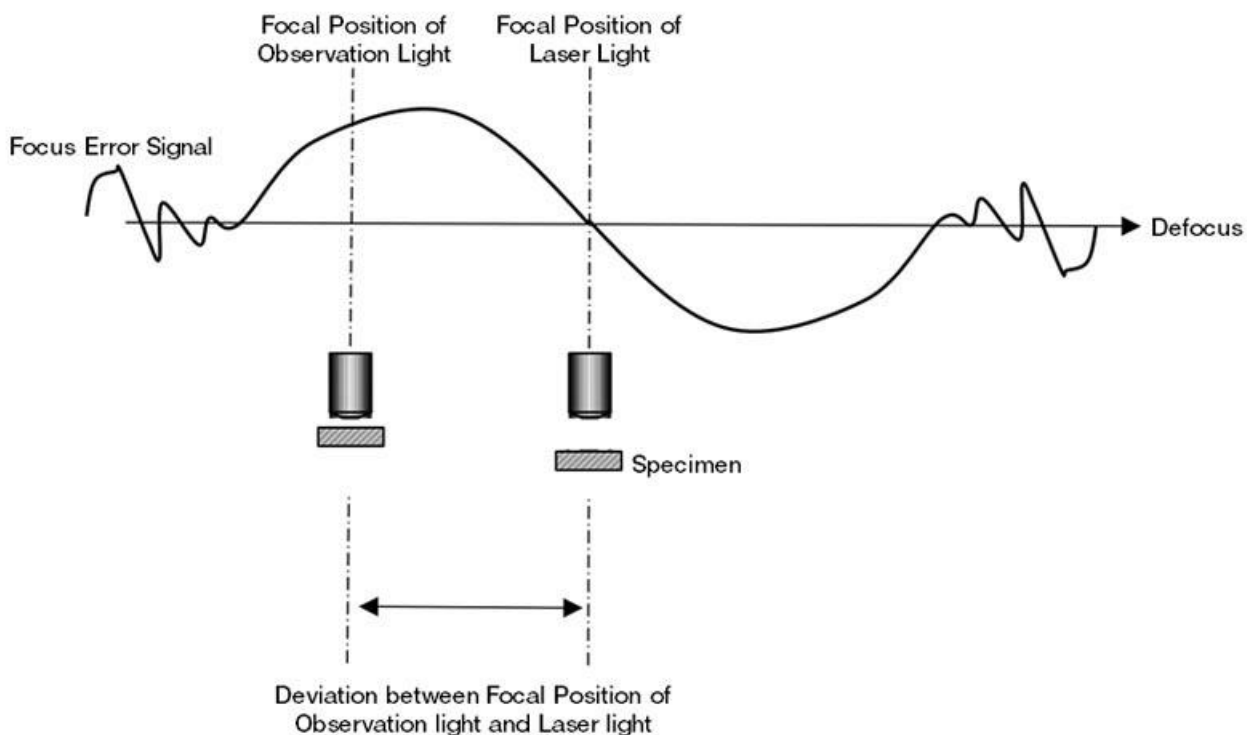


(b) U metody více bodů se poloha ohniska nemění ani když je na vzorku výškový schod a dojde k posunutí vzorku do strany ve směru výškového schodu.

Obrázek 11. Porovnání stability ohniska při jednobodové metodě a vícebodové metodě detekce automatického zaostření u vzorků s výškovými stupni. Světlé tečky indikují body detekce zaostření.

Korekce chromatické aberace

Vzhledem k tomu, že jednotka automatického ostření BXC-FSU používá jako světelný zdroj laser s vyzařováním v blízké infračervené oblasti, je poloha stolku pro zaostření jiná pro světlo laserového zdroje a pro světlo zdroje bílého světla. To způsobuje chromatická aberace, kdy se index lomu skla použitého pro čočku liší v závislosti na vlnové délce světla (obrázek 12). Právě kvůli tomuto je jednotka BXC-FSU vybavena mechanismem, který provádí korekci chromatické aberace a koordinuje polohu ohniska pro viditelné světlo s polohou ohniska pro infračervené laserové světlo. Korekce chromatické aberace probíhá při každém přepnutí objektivu v hlavici objektivů o předem určenou velikost přiřazenou v softwaru.



Obrázek 12. Chromatická aberace čočky objektivu má za následek dvě polohy ohniska, jednomu ohnisku pro viditelné a druhému ohnisku pro laserové světlo.

Závěr

Technologie automatického ostření umožňuje maximalizaci doby skenování a přesnosti rozlišení. Pochopení principů snímání polohy ohniska vám pomůže jednotku BXC-FSU vhodně začlenit do vašeho zařízení a využít ji naplno.

Pro posouzení, zda tohle zařízení bude fungovat s vaším výrobkem, [navštivte stránku zdrojů informací](#), kde se nachází dodatečná dokumentace.

Pro snazší pochopení příkazového řízení systémů BXC-CBB a BXC-CBRLM si můžete [stáhnout ukázkový software](#) a vše si sami vyzkoušet.

K dispozici je také návod k aplikaci jednotky BXC-FSU, ve kterém je podrobně popsáno, jak jednotku FSU používat.

Kopii tohoto dokumentu získáte tak, že [vyplníte formulář pro dotazy](#) a do sekce pro komentář napíšete „Request for Application Manual“ (Žádost o příručku k aplikaci).

Související produkty



OEM Microscope Components

The performance of your microscope optics directly affects the final quality of your products. Evident OEM components seamlessly integrate into large systems to provide the exceptional optical quality you need to deliver a high-quality final product. An extensive range of OEM components gives you the flexibility to find the most appropriate parts for your application, while strict quality control means you can expect only the highest standards and performance.

Zjistěte více ► <https://www.olympus-ims.com><https://www.olympus-lifescience.com/oem-components>



Tube Lens Units

Five tube lens units are available for a variety of applications. For detailed specifications, please visit our website to see the datasheets and mounting options for each unit.

Zjistěte více ► <https://www.olympus-ims.com><https://www.olympus-lifescience.com/oem-components/tube-lens-units/>



Řada BXC

Řada BXC nabízí vysoce kvalitní mikroskopické komponenty, které od společnosti Evident znáte a kterým důvěřujete, ale v kompaktním, montovatelném a konfigurovatelném formátu. Tyto volně prodejné opticko-mechanické sestavy jsou připraveny k integraci do Vašich návrhů vědeckých přístrojů a zařízení.

Zjistěte více ► <https://www.olympus-ims.com/microscope/bxc-series/>