

IMAGE PROCESSING IN SELFACTING PRODUCTION OF TIP FOR AFM MICROSKOPES

Miroslav Juhas

Magister Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xjuhas00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ilona Kalová

E-mail: kalova@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper describes image processing used to acquire data important for AFM tip fabrication. The main goal is to measure distances between parts during all fabrication steps. Camera distortion correction and calibration along with proposed image processing transform the camera to the accurate distance sensor. Acquired data are then used to control the fabrication process. The Intel OpenCV library is used for image processing.

1. ÚVOD

Zadavatel projektu, začínající francouzská firma Small Infinity, vyvíjí specifický typ mikroskopu AFM. Mikroskop používá pevný aktivní nosník tvořený buzeným krystalem křemene a wolframovým hrotem. Tento typ hrotu se běžně nevyrábí. Ruční výroba je nedostatečně přesná a neopakovatelná. Kompletní sériová strojová výroba by byla, vzhledem k malému objemu výroby řádově v desítkách kusů, příliš drahá. Zadavatel poskytl stroj schopný realizovat obdobu ruční výroby. Cílem práce je, pomocí prostředků počítačového vidění, poskytnout informaci nutnou k dostatečně přesnému a opakovatelnému sestavení hrotu.

2. VÝROBNÍ PROCES A ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

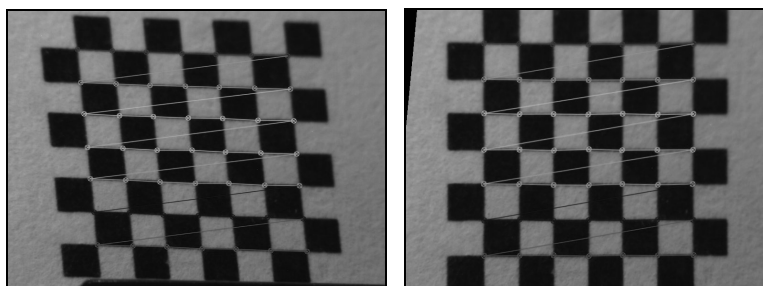
Výrobní proces sestává z několika kroků. V prvním kroku se pomocí duté jehly nanáší malé množství lepidla, polymer s přísávkem stříbra, na vodivou plošku o rozměrech $0,35 \times 0,45$ mm na konci nosníku. V dalším kroku je wolframový drátek spojen s vodivou ploškou a lepidlo se vytvrdí horkým vzduchem. Ve třetím kroku je drátek ponořen do roztoku KOH a průchodem proudem je odleptán na ostrý krátký hrot. Pomocí zpracování obrazu je v prvních dvou krocích měřena vzájemná vzdálenost jednotlivých částí pro přesné zarovnání. Ve třetím kroku je měřena vzdálenost mezi nosníkem a hladinou roztoku pro zajištění správné délky hrotu.

2.1. PŘEDZPRACOVÁNÍ OBRAZU A KALIBRACE KAMERY

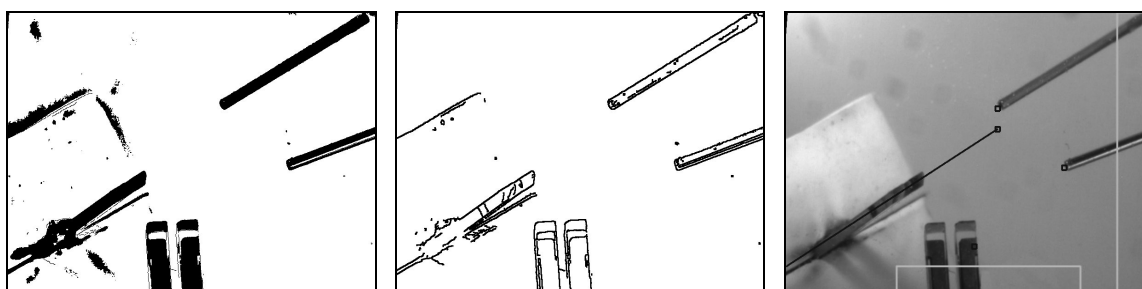
Snímaná oblast montáže je prostorem o ploše přibližně 1 cm^2 . Při snímání je použit objektiv s velkým zvětšením. Protože hlavním cílem je přesné měření vzdálenosti, je nutno korigovat radiální a tangenciální zkreslení objektivu. Také je nutno provést transformaci obrazu,

protože prostorové řešení stroje neumožňuje umístit kameru proti scéně. Snímací rovina kamery a rovina scény nejsou z tohoto důvodu rovnoběžné.

Při kalibraci kamery je využito kalibračních funkcí knihovny OpenCV. Obrazec šachovnice snímáný kamerou je porovnán s elektronickou předlohou. Výsledkem je transformační matice a distorzní koeficienty objektivu [1]. Použití transformace obrazu způsobí, že oblast obrazce přesně vyplní snímáný obraz. Výsledek kalibrace ukazuje Obrázek 1. Při znalosti přesných rozměrů obrazce lze zjistit převodní konstantu pixel-délka. Pro rozlišení 800×600 pixelů a vzoru o svislé hraně 10 mm odpovídá jeden pixel délce přibližně 16,66 μm .



Obrázek 1: Kalibrace kamery pomocí obrazce a výsledná transformace obrazu



Obrázek 2: Prahovaný obraz, obraz hran (Canny detektor) a výsledek zpracování obrazu při lepení drátku (horní objekty v obraze jsou odrazem v zrcadle)

2.2. LEPENÍ WOLFRAMOVÉHO DRÁTKU

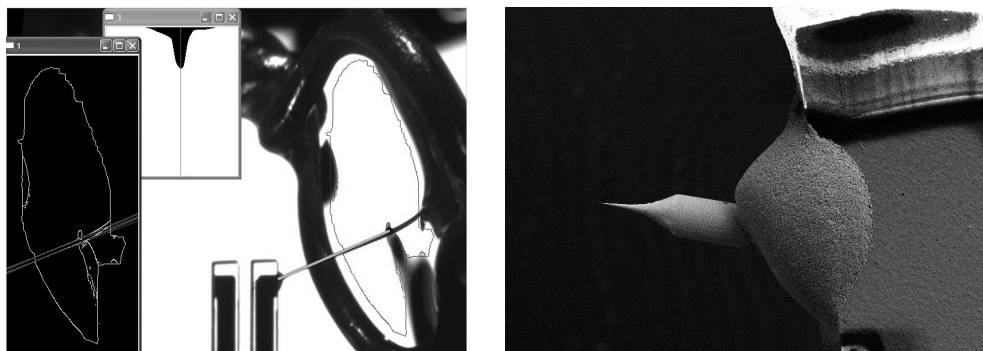
Protože jehla i lepený drátek jsou objekty s podobnými optickými vlastnostmi, je měření vzdáleností při nanášení lepidla i lepení hrotu shodné. Při zpracování obrazu je nutné zjistit vzájemnou polohu v osách x , y , z . Jedinou kamerou nelze měřit tři rozměry scény, při snímání je proto využito zrcadla (viz. Obrázek 2). Přední hrana nosníku a drátek, resp. jehla jsou přímo snímány kamerou. Horní hrana nosníku je spolu s drátkem snímána odrazem od zrcadla. Výstupem algoritmu jsou vzdálenosti d_x , d_y , d_z mezi drátkem a montážní plochou.

Konec drátku je nalezen rozpoznáním objektu drátku v prahovaném obraze. Využity jsou radiometrické deskriptory založené na oblastech [3] a geometrické momenty [1]. Použití adaptivního prahování [1] kompenzuje nehomogenní nasvícení scény. Přesná poloha konce drátku je zjištěna na základě obrazu hran.

Nosník je nalezen pomocí Houghovy transformace (HT) [3]. Při hledání přímek odpovídajících hranám nosníku je využita znalost přesných rozměrů. Mezi přímkami, odpovídajícími svou orientací předpokládané orientaci nosníku, je pomocí korelace hledána čtveřice přímek nejvíce odpovídající modelu nosníku. Při hledání osy horní hrany je opět využita HT. Vrchol je nalezen podle dvojice přímek nejvíce odpovídající šířce nosníku.

2.3. LEPTÁNÍ HROTU

Ve fázi leptání hrotu je měřena vzdálenost mezi nosníkem a hladinou leptacího roztoku. Poloha nosníku je známa z předchozího zpracování. Průnik drátku s hladinou lze nalézt pomocí poklesu jasu v okolí tohoto bodu. Při posunu směrem k hladině dochází k její deformaci, vlivem nízké smáčivosti roztoku, a tím k lomu světla. Poloha průniku je nalezena podle minima jasu v okolí drátku nacházejícího se v oblasti hladiny roztoku. Pro přesné nalezení drátku je využita HT. Postup zpracování ilustruje Obrázek 3.



Obrázek 3: (vlevo) Obrázek hran a přímky označující drátek získané pomocí HT, průběh hodnoty jasu v okolí drátku a vyznačená měřená vzdálenost, (vpravo) výsledný vyrobený hrot

2.4. VYTVOŘENÝ SOFTWARE

Softwarové řešení projektu, implementované v jazyce C++, je objektově orientované, což zlepšuje přehlednost a usnadňuje modifikace [2]. Jednotlivé objekty reprezentují rozdělení SW podle typu úloh. SW je vystavěn jako pyramida, objekty, které jsou v pyramidě výše, využívají služeb nižších objektů. Nejvyšším objektem v hierarchii je třída pro řízení logiky výroby. Součástí SW řešení je, kromě zpracování obrazu, také správa inicializačních souborů, vedení logů a záznamů o průběhu výroby a grafické uživatelské rozhraní.

3. ZÁVĚR

V rámci projektu byl vytvořen postup zpracování obrazu schopný poskytnout informace podstatné pro proces výroby hrotu AFM. Díky korekci zkreslení objektivu a kalibraci kamery je získána přesná informace o vzdálenostech v obraze. Jednotlivé algoritmy zpracování obrazu poskytují informaci o vzájemné poloze všech montážních dílů ve všech fázích výroby. Přesnost je možno dále zvýšit použitím vyššího rozlišení kamery a subpixelovým zpracováním obrazu. Finálním výsledkem práce je software, který v kombinaci s kamerou funguje jako přesný senzor vzdálenosti.

LITERATURA

- [1] Bradsky, G., Kaehler, A.: Learning OpenCV. O'reilly media, 2008. ISBN 978-0-596-51613-0.
- [2] Haußecker H., Geißler P.: Handbook of Computer Vision and Applications. San Diego: Academic press, 1999. ISBN 0-12-379770-5
- [3] Hlaváč, V., Šonka, M.: Počítačové vidění. Praha: Grada, 1992. ISBN 80-85424-67-3