



Sólarhlöð úr þunnum kísilhúðum ræktuðum úr vökvafasa

Davíð Már Daníelsson^{1,2}, Halldór G. Svavarsson³, Jón Tómas Guðmundsson^{1,2,*}

¹ Raunvísindastofnun Háskóla Íslands

² Rafmagns- og tölvuverkfræðiskor, Verkfræðideild, Háskóli Íslands

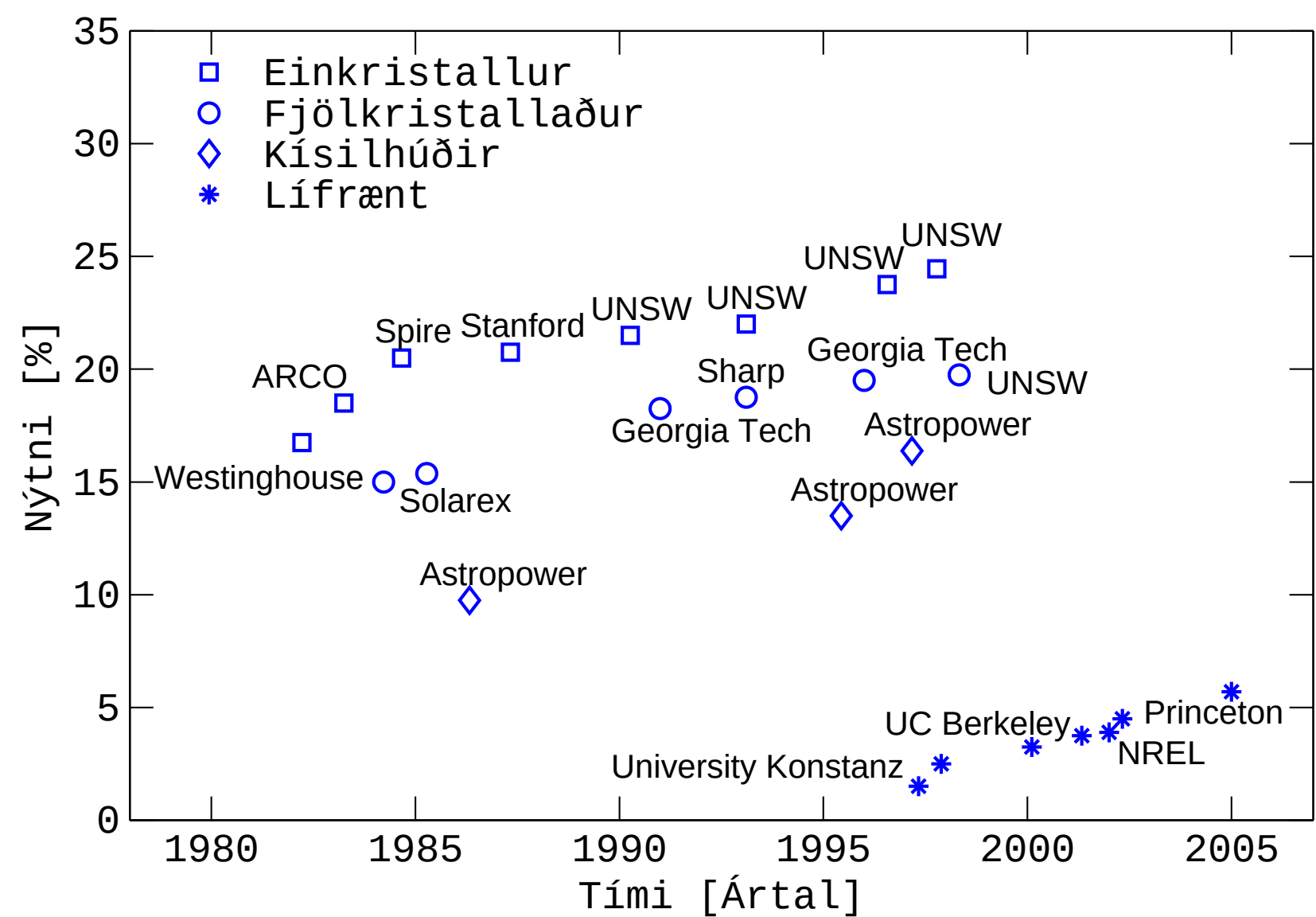
³ Tækni- og verkfræðideild, Háskólinn í Reykjavík

*tumi@hi.is



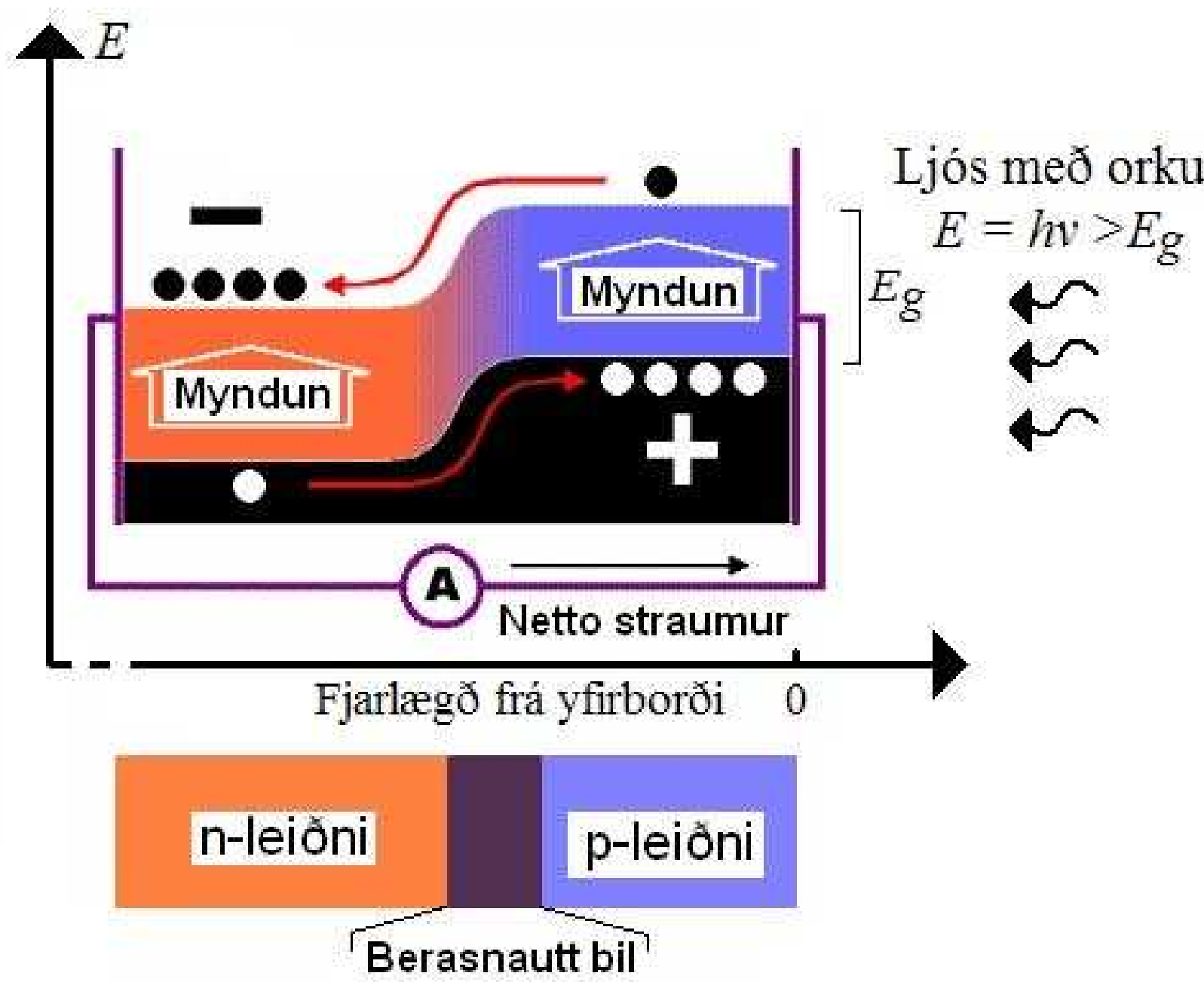
Inngangur

- Notkun sólarhlaða í orkuframleiðslu fer ört vaxandi.
- Algengast er að framleiða sólarhlöð úr kísli. Hefðbundin aðferð notar tiltölulega mikið af kísli.
- Skortur á kísli í heiminum hefur hvatt menn til að skoða aðrar leiðir til þessarar framleiðslu.
- Á mynd 1 má sjá dæmi um nýtni ýmissa sólarhlaða sem gerðar hafa verið úr kísli og lífrænum efnum.
- Nýtni þunnhúðarhlaða er lakari en hefðbundinna hlaða sem gerð eru í einkristallað eða fjölkristallað bolefni, en er þó meiri en tvöfalt hærri á þyngdareiningu kísils.
- Með því að nota kísil sem er fjölkristallaður og óhreinn (98 % hreinleiki), má spara umtalsverðar fjárhæðir í framleiðslu sólarhlaða, þar sem mesti kostnaður við gerð þeirra liggur í verði kísilsins.



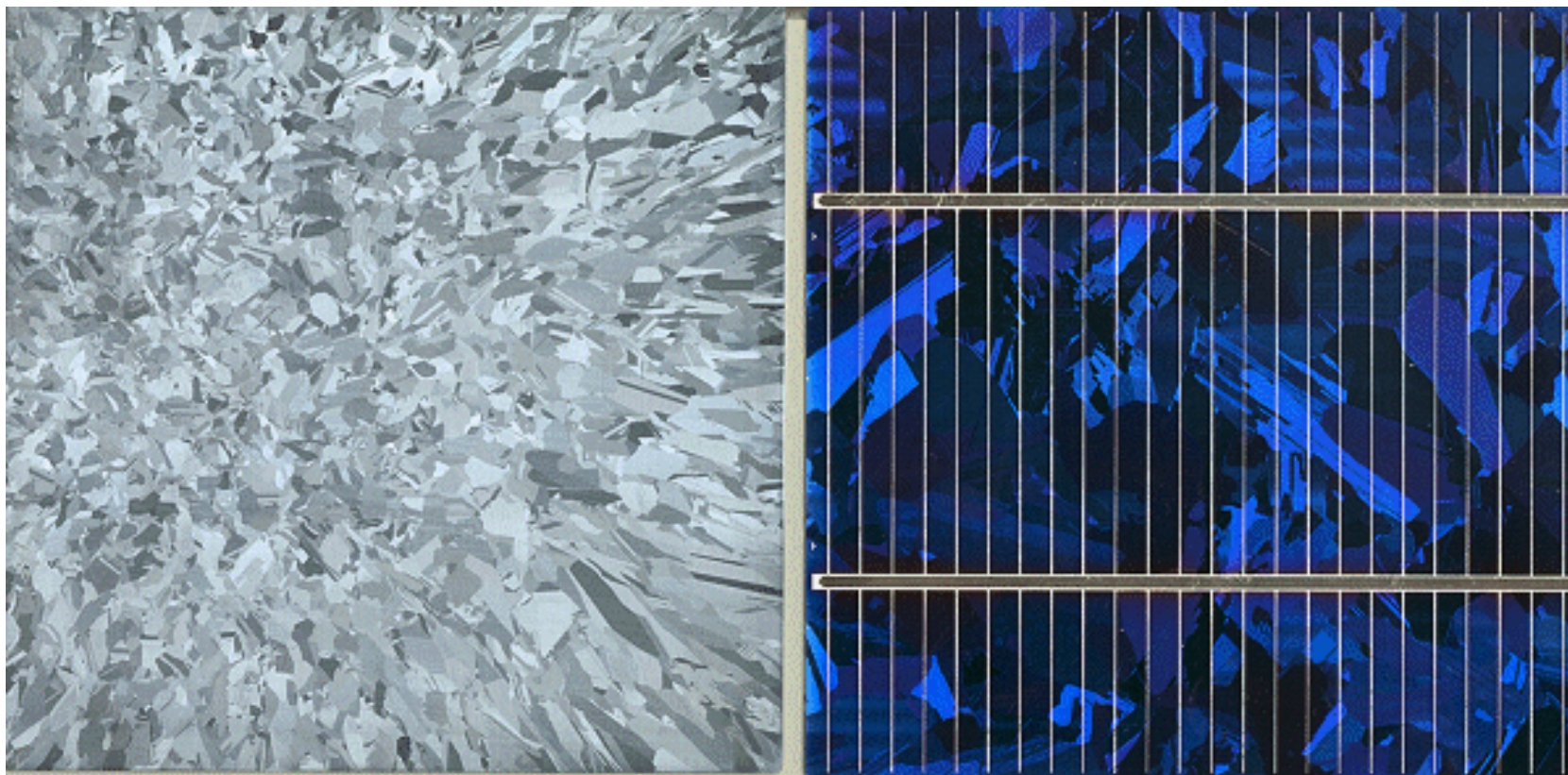
Mynd 1: Hámarksnýtni ýmissa gerða kísil-sólarhlaða á hverjum tíma yfir síðustu áratugi. Einnig er sýnd þróun í nýtni lífrænna sól-arhlaða

Sólarhlað



Mynd 2: Skýringarmynd af orkuborða hálfleiðara um p-n skeyti.

- Í sólarhlaði sveima minnihlutaberar yfir p-n skeyti í hálfleiðara.
- Þegar ljóseind með orku $h\nu > E_g$, lendir á yfirborði hálfleiðarans, myndast rafeinda-holu par.
- Ef rafeindir, sem myndast í p-leiðandi hluta sólarhlöðunnar, ná til skeytanna áður en þær sameinast holum á leiðinni, þá hrapa þær niður stöðuorkumuninn, en aðeins ef þær eru innan sveimlengdar frá samskeytunum. Sömu sögu er að segja af holum sem myndast í n-leiðandi hlutanum.
- Mikilvægt er að p-n samskeytin séu sem næst yfirborði sólarhlöðunnar því ljósstyrkurinn dofna með fjarlægð frá yfirborðinu.
- Þessu ferli er lýst á mynd 2. Rafeindir myndast í p-leiðandi hluta sól-arhlöðunnar og ná yfir samskeytin. Rafstraumur myndast þegar raf-eindirnar falla niður stöðuorkumuninn, sem er yfir samskeytin.



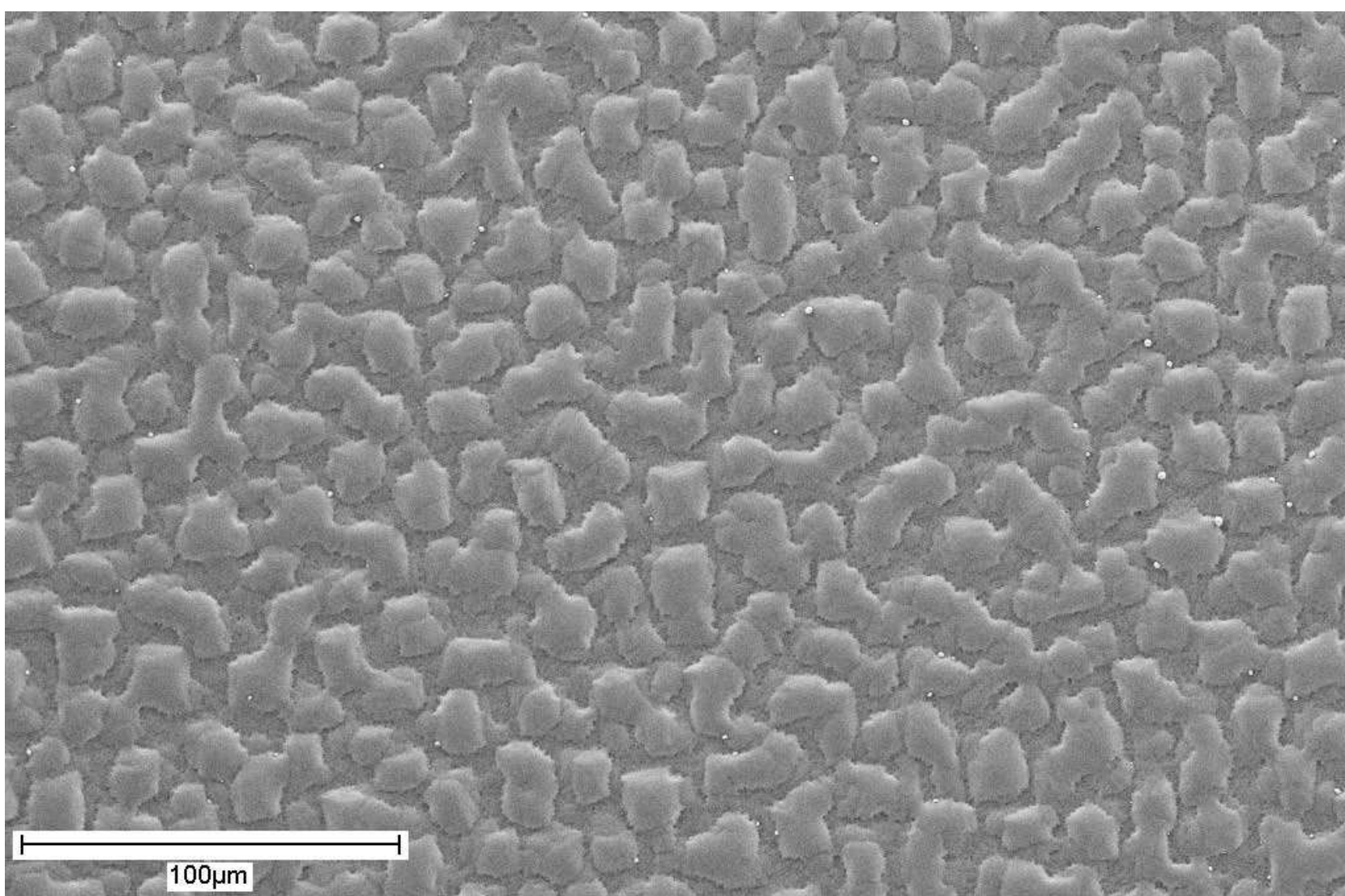
Mynd 3: Fjölkristallaðar kísillipynnur. Vinstra megin má sjá ómeðhöndlaða kísillipynnu, en hægra megin má sjá fullbúið sólarhlað.

Framleiðsla p-n skeyta

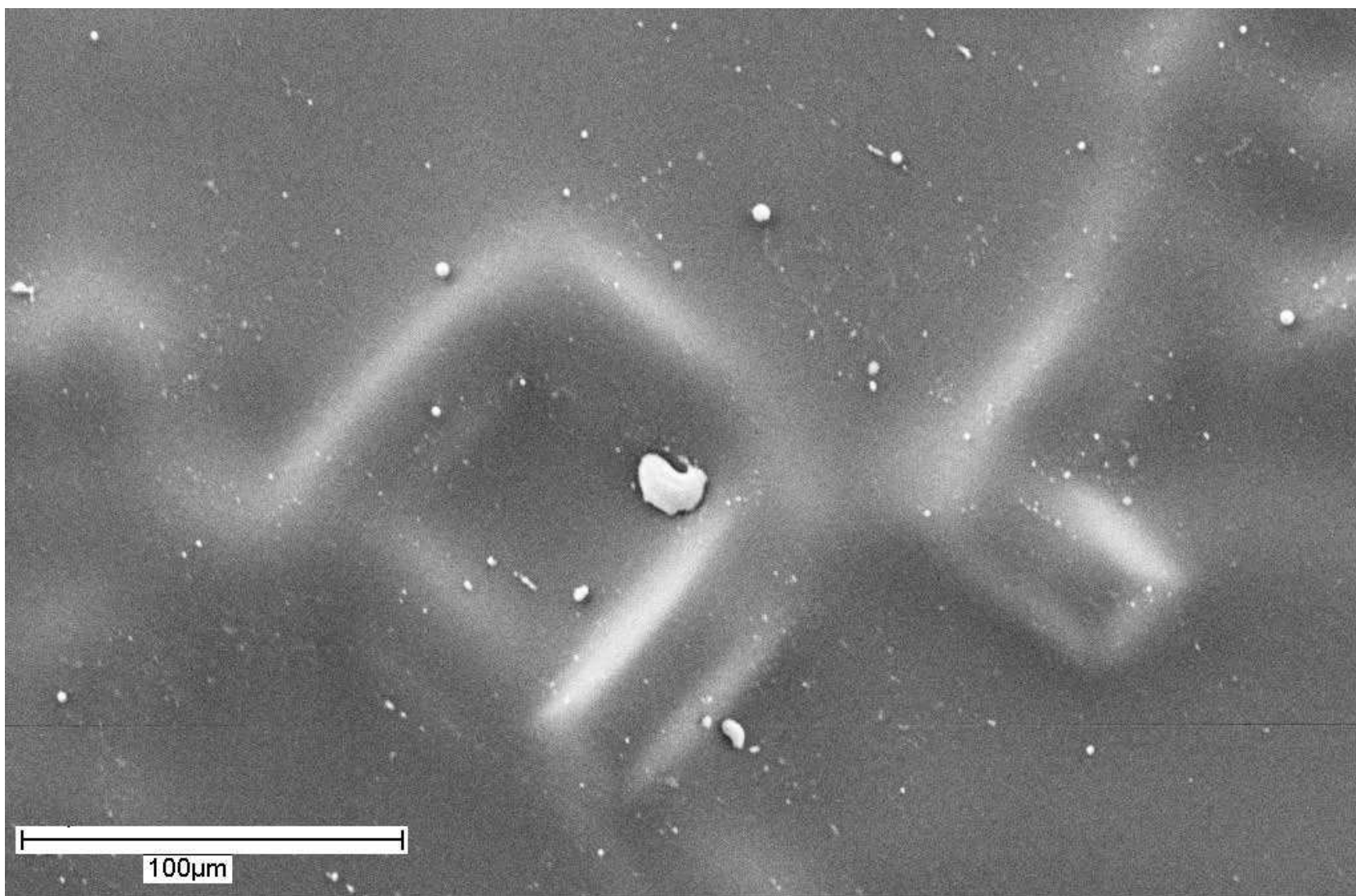
- Hefðbundin framleiðsla á p-n skeytum kísil sólarhlaða byggir á sveimi íbótarefna ofan í yfirborð kísils.
- Með íbætingu í bolefni verður dýpt samskeyta og þykkt sólarhlaðsins hlutfallslega mikil. Það er ókostur, bæði vegna mikillar efnisnotkunar og það dregur úr nýtni.
- Með ræktun þunnrar húðar má fá fram þynnri sólarhlöð. Skeytin verða skarpri, herra hlutfall minnihlutabera nær að sveima yfir skeytin og eðlisnýtni sólarhlaðanna eykst.
- Þá má nota ódýrari (óhreinni) fjölkristallaðan kísil í stað einkristallaðs kísils.
- Mun dýrara er að búa til p-n samskeyti með þunnhúðarræktun heldur en með íbætingu í bolefni, en talið er að ávinningurinn af fyrrgreindri aðferð vegi meira á móti þeim mun.

Ræktun úr vökvafasa

- Ræktun úr vökvafasa (e. liquid phase epitaxy (LPE)) er mjög vel þekkt tækni sem hefur verið mikið notuð undanfarin ár til ræktunar á þunnum kísilhúðum í sólarhlöð og gefur hágæða einkristallaðar húðir.

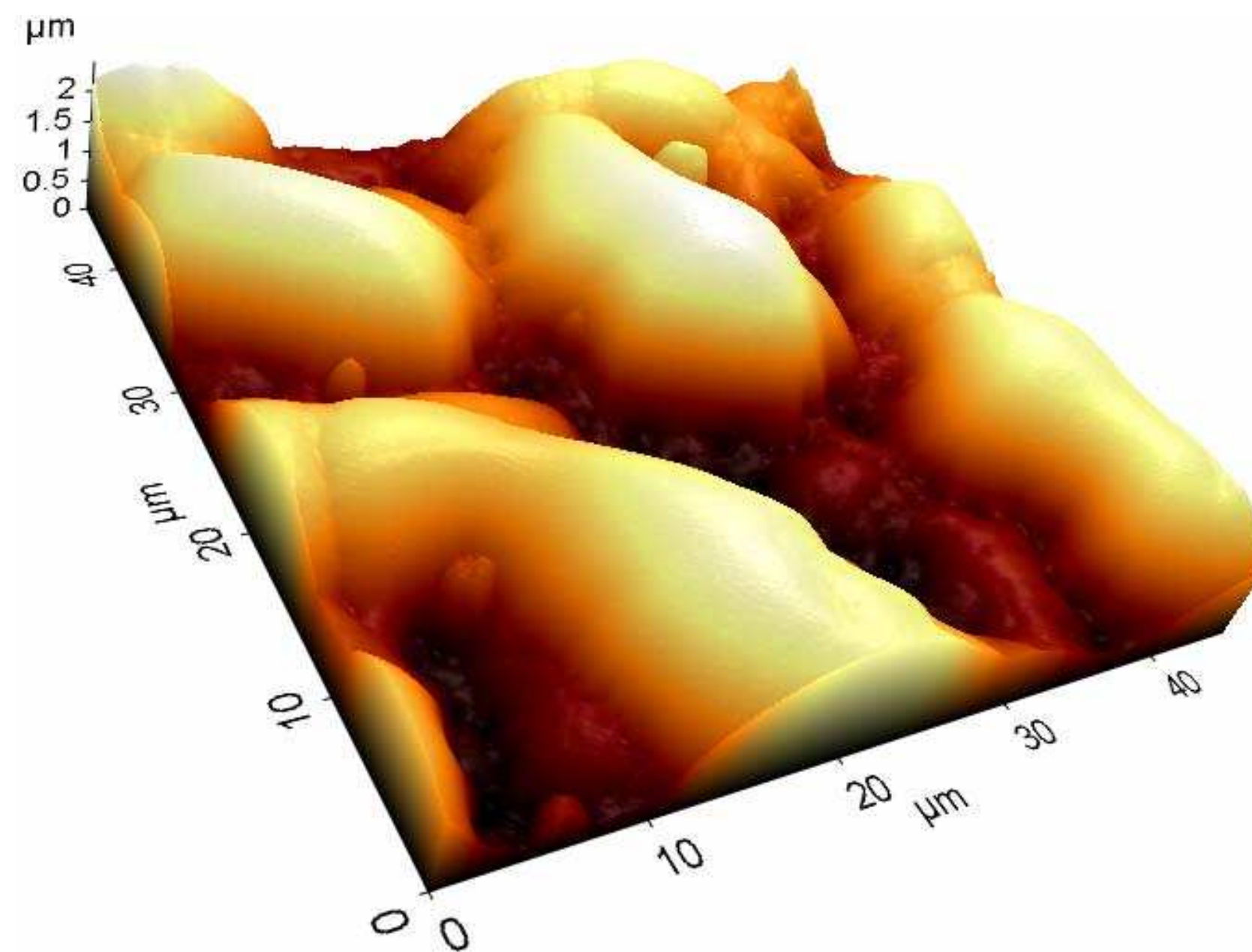


Mynd 4: Rafeindasmásjármynd (SEM) af yfirborði kísilhúðar sem ræktaðar voru með LPE tækni. Myndin sýnir óslétt yfirborð sem ræktað var úr blöndu Ga og In við 700°C.

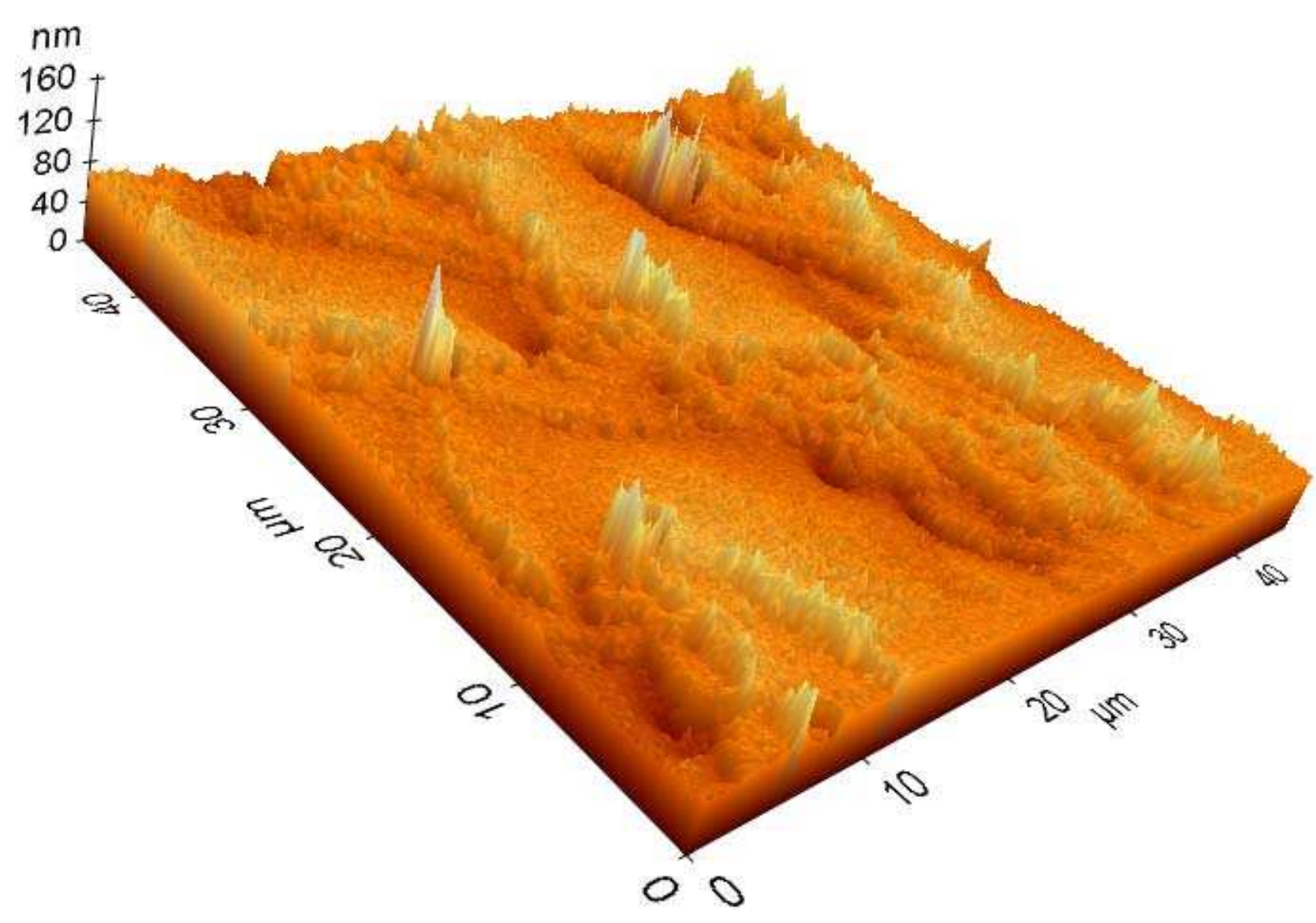


Mynd 5: Rafeindasmásjármyndir (SEM) af yfirborði kísilhúðar sem ræktaðar voru með LPE tækni. Myndin sýnir slétt yfirborð sem ræktað var úr málmblöndu Sn og In við 900°C.

- Byrjað er með málmbráð eða leysi sem er mettaður af kísli. Þegar hitastig málmbráðarinnar er lækkað, minnkar leysni uppleysta efnisins, og lausnin yfirmettast. Sýnið eða kísilyfirborðið verkar þá eins og kjörnungur (e. nucleation site), og kísilhúð ræktast á sýnið.
- Til að fá fram mismunandi rafeiginleika húðar, þá er íbótarefnum bætt við málmbráðina til að fá fram p-leiðni eða n-leiðni. Leysirinn sjálfur getur einnig gegnt hlutverki íbótar. Það gildir t.d. um gallín.
- Notað er háhreint (7N) vetni til að skapa afoxandi aðstæður við ræktunina.
- Á myndum 4 og 5 má sjá rafeindasmásjármyndir (e. scanning electron microscope (SEM)) af yfirborði háhreinna kísilhúða sem ræktaðar voru með LPE tækni.
- Á myndum 6 og 7 má sjá kraftsjármyndir (e. atomic force microscope (AFM)) af yfirborði háhreinna kísilhúða sem ræktaðar voru með LPE tækni.
- Greinilega má sjá mun á hrjúfleika húðanna.



Mynd 6: Þrívíddarmynd úr kraftsjá (AFM) af yfirborði kísilhúðar sem ræktaðar voru með LPE tækni. Myndin sýnir óslétt yfirborð sem ræktað var úr blöndu Ga og In við 700°C.



Mynd 7: Þrívíddarmynd úr kraftsjá (AFM) af yfirborði kísilhúðar sem ræktaðar voru með LPE tækni. Myndin sýnir slétt yfirborð sem ræktað var úr málmblöndu Sn og In við 900°C.

Lokaorð

- Hér er kynnt ræktun þunnra húða til nota í sólarhlöð, með LPE tækni.
- Aðferðin býður upp á að nota óhreinni kísil (e. metallurgical grade) sem undirlag í staðinn fyrir háhreinan kísil (e. electronic grade) eins og venja er að nota í hálfleiðaraiðnaði.
- Hrjúfleiki húðar ræktaðri úr Ga/In blöndu mælist vera 600 nm en 12 nm fyrir húð úr Sn/In.
- Með vali á leysi og ræktunarhitastigi má hafa áhrif á hrjúfleika húðar.

Þakkir

Verkefnið var styrkt af Rannsóknarsjóði Íslands.