

## Optiliste kiudude keevitusaparaadid

### KOKKUVÕTE

Erinevad tootjad kasutavad erinevaid müügiargumente, marketingi strateegiaid ja müügihindu. Selle tõttu on õige aparaadi valimine keeruline. Selle dokumendi eesmärk ongi tutvustada erinevaid tehnoloogiaid, nende plusse ja miinuseid. Kui on teada, milliseid kiude tuleb keevitada ja mida mingi tehnoloogia täpselt võimaldab, on loodetavasti ka otsuse tegemine oluliselt hõlpsam.

### Keevitusaparaatide ajalugu

Optiliste kiudude keevitusaparaadid on pikka aega olnud "must maagia" ja nende välja töötajatesse on suhtunud austusega. Turul on traditsiooniliselt olnud vaid mõned üksikud seda tehnoloogiat valdavad ettevõtted.

Mis siis viimaste aastate jooksul on muutunud? Lihtsalt öeldes: aeg ja raha. Kui sai üldiselt selgeks, et see tootevaldkond on kasumlik, hakkasid keevitusaparaate tootma paljud muudki firmad, kasutades hinna argumenti turuosa võitmiseks – väites, et sama kvaliteeti saab pakkuda ka madalama hinnaga. Nende aparaadid näevad kahtlemata head välja, aga nende tootjatel puudub kahjuks know-how.

Selle tulemusena on turule jõudnud palju väär-informatsiooni mille tõttu on klientidel (eriti aga uutel tegijatel selles sektoris) raske orienteeruda pakutavate aparaatide rägastikus. Selle dokumendi eesmärk on aidata potentsiaalsetel keevitusaparaadi soetajatel orienteeruda selles keerulises tehnoloogia maailmas ja teha õige valik.

### KOLM ERINEVAT TEHNOLOOGIAT

On olemas kolm erinevat tehnoloogiat mis põhinevad kõige tähtsamal, ehk kiudude joondamisel (fibre alignment).

1) **Fixed V-groove(s)** – Fikseeritud (liikumatud) V-sälgud, mis võimaldavad passiivselt liigutada kiude kokku/lahku. (Fujikura 11S, 12S, 17S, 19S)

2) **Active Cladding Alignment** – Teineteisest sõltumatud ja eraldi liigutatavad V-sälgud kolme vabadusastmega. (X/Y/Z teljel.) Joondamine toimub kiu väliskesta järgi (cladding alignment). (Fujikura 21S, 22S, 31S, 41S)

3) **Active Core Alignment** – Kolme vabadusastmega kiudude joondamine, aga erinevalt Active Cladding Alignment tehnoloogiast tuvastab aparaat valguskanali tsentri (core) ja joondab keevitatavad kiud selle põhjal. (Fujikura 50S, 60S, 62S, 70S, 70S+, 90S)

Edaspidi toome välja kõikide nende tehnoloogiate plussid ja miinused:

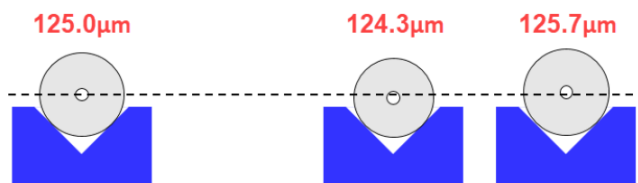
#### Fixed V-Groove

Selle meetodi nimi räägib ise enda eest. Keraamilisse monoliitblokki uuristatud V-kujuline sälk vastab kiu läbimõõdule. Sellesse sätku asetatud optiline fiiber fikseeritakse tuulekaane sulgemisega ja kiud ei pääse enam liikuma, ei kõrvale, ega üles/alla.

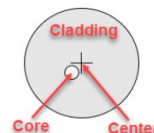


Tüüpiliselt tulevad selle meetodi puhul ette järgmised probleemid:

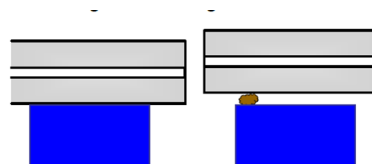
1) **Kiu väliskesta (Cladding) diameetri ebatäpsus** – Kiudude tootmise standardid näevad ette mõningast tolerantsi, mille tulemusena jäävad valguskanalid V-sälgus erinevatele kõrgustele. All olev joonis demonstreerib seda fenomeni. Täpsemalt öeldes on standarditele vastavate kiudude joondamisel võimalik nihe 1,4µm, mis võib halval juhul põhjustada 0,33dB sumbuuse single-mode fiibri keevitamisel.



2) **Valguskanali/kattekihi halb kontsentrilisus (Core/Cladding concentricity error)** – Valguskanali asukoht kius võib varieeruda ja selle tulemusena on isegi standarditele vastavalt teoreetiliselt võimalik selle 1.0µm nihe, isegi kui kattekihi diameeter on mõlema kiu puhul ideaalne.



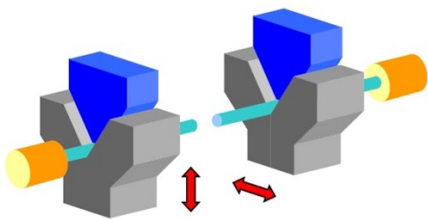
3) **Mustus või tahke osake V-sälgul** – Kuna V-sälgud on fikseeritud ja neid ei saa selle tehnoloogia puhul liigutada, võib mustus põhjustada kiudude joondamisel probleeme.



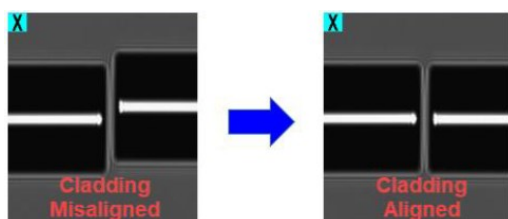
**Fixed V-Groove** tehnoloogia aparaate on olnud lihtsam välja töötada ja odavam toota. Neid saab kasutada juhtudel, kui sumbumus ei ole põhiline argument, paigaldaja on kindel, et kiud on kvaliteetsed ja V-sälgude puhutus on tagatud pideva hooldamise teel. Kuna aga selliseid probleeme esineb jätkuvalt, siis soovitame kasutada pigem järgmisi tehnoloogiaid.

## Active Cladding Alignment

Nagu eelnevalt öeldud, kasutatakse selle tehnoloogia puhul samuti **kiudude joondamist väliskesta järgi** (cladding alignment). Aga siin on astutud samm edasi. Nimelt suudavad need aparaadid V-sälke liigutada ka X/Y telge pidi.



Nagu tehnoloogia nimigi ütleb, joondatakse keevitatavate kiudude väliskestad CMOS kaamerate abil samale tasandile. See saavutatakse kaamerate pilte analüüsides erinevate algoritmide kaudu.



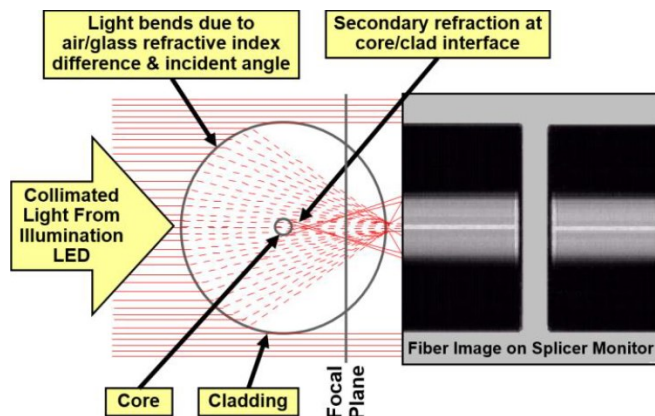
Sellist tehnoloogiat kasutavad keevitusaparaadid on palju kasutaja-sõbralikumad. Nad välistavad võimalikud V-sälgu mustuse probleemid ning tulevad toime ka väliskesta ebatäpsusest tingitud vigadega. Active Cladding Alignment aparaadid on võrreldes Fixed V-groove aparaatidega küll mõnevõrra kallimad, kuid kasutusmugavus ja töötulemus korvab hinnavahe kiiresti. Lisaks nendele tehnoloogilistele võtetele kasutab Fujikura 41S aparaadi juures ka uuenduslikku “kuuma keevituse analüüsi” (Warm splice image – WSI). Sellega saavutatakse eriti täpne keevituskoha sumbuuse hindamine kiu tsentri ja kattekihi sulamise erinevuse tuvastamise teel, isegi kui kiudude joondamine ise toimub väliskesta järgi.

Eelpool nimetatud **tsentri kontsentrisuse probleem** jääb aga kahjuks active cladding alignment tehnoloogia kasutamisel valukohaks. Optiliste **fiibrite kvaliteet varieerub** sõltuvalt nende east ja tootjast suures ulatuses. Vanade ja kehvema kvaliteediga optiliste kiudude tsentri ja kattekihi kontsentrisus võib nende keevitamisel osutada suureks väljakutseks. Erinevaid kiudusid, nagu ka keevitusaparaate on palju, kuid kiudude nimekiri on pikem. Kahjuks ei suuda kiudusid väliskesta järgi joondavad aparaadid automaatselt seadistada parameetreid, mida erinevate kiutüüpide keevitamisel tuleks kasutada.

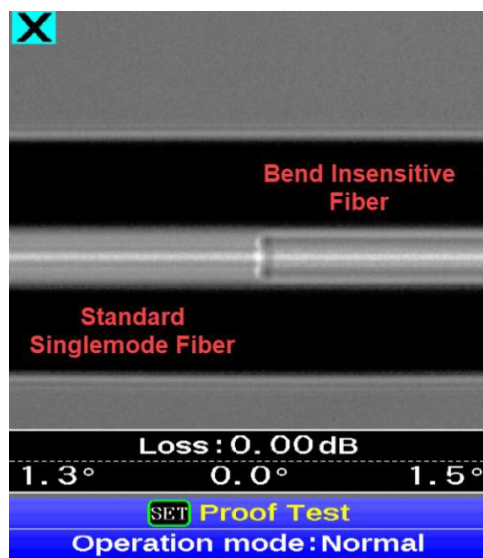
## Active Core Alignment

Valguskanali tsentri järgi kiudusid joondavates aparaatides (Active core alignment splicers) kasutatakse liigutatavaid V-sälke. See tehnoloogia on sama kui active clad alignment aparaatides, kuid kiudude joondamise meetod on täiesti erinev. Nimelt tuvastatakse selle meetodi puhul kiu valguskanali tsester ja joondamine toimub selle järgi. Selle teevad võimalikuks nende aparaatide eriline kaamerate süsteem ja tarkvara. Tänapäevastes keevitusaparaatides kasutatavat joondamistehnoloogiat nimetatakse inglise keeles Profile alignment system (PAS). Tegemist on 2D fiibri profiili analüüsiga. Kiu tsentri järgi joondamine eeldab keerulist kaameratega kogutud andmete analüüsi. Nii tsentri kui ka väliskesta PAS tehnoloogiate puhul valgustatakse kiud risti läbi kahe telje (X/Y) vaatenurgast. Kuna aga tsentri järgi joondavates aparaatides kasutatakse rohkem erinevaid optilisi komponente ja see protsess vajab suuremat resolutsiooni, suurendust ja läätse kvaliteeti, on need aparaadid ka

kõrgema hinnaga. Järgnev joonis kirjeldab seda tehnoloogiat.



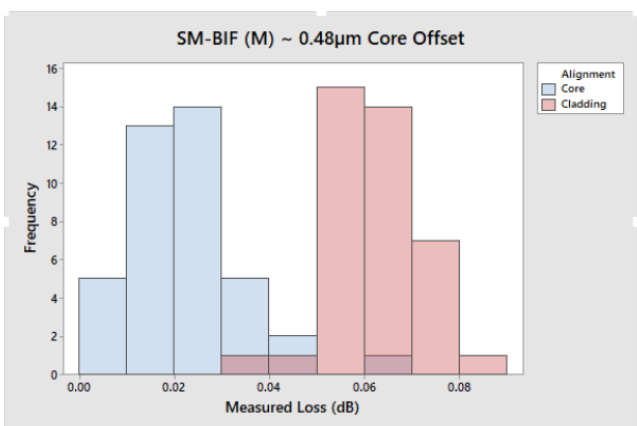
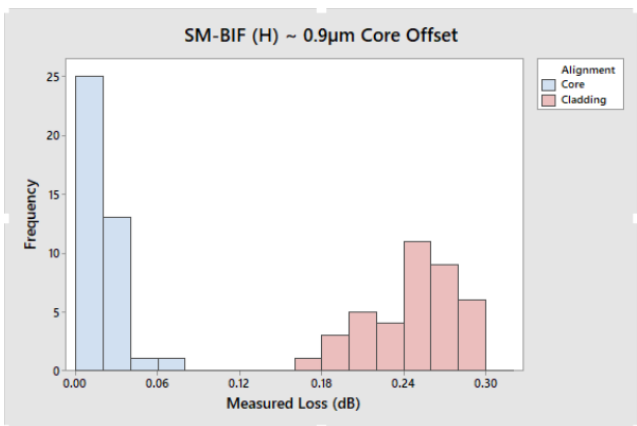
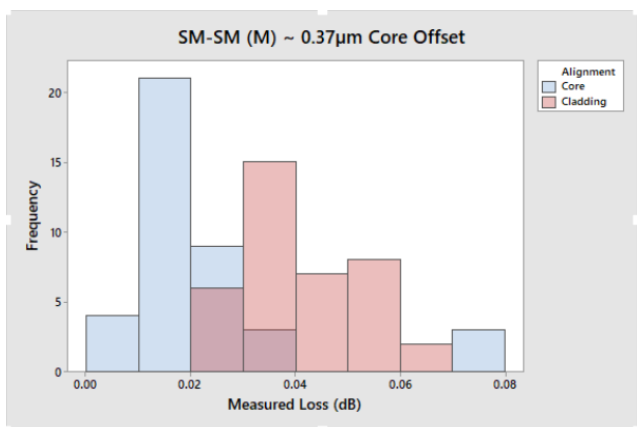
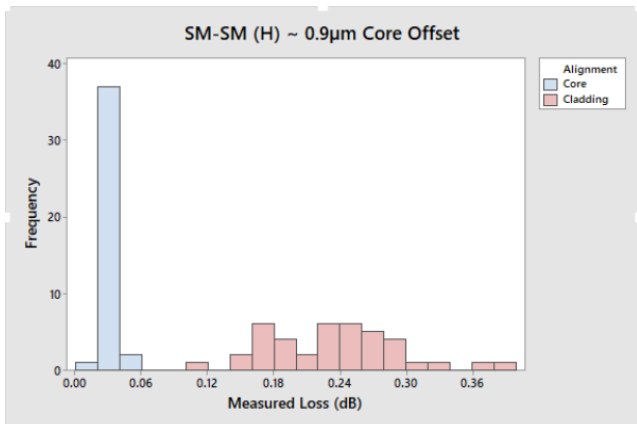
Erinevate kiudude keevitamisel saame tulemuseks ka erineva keevituskoha sumbuuse. Uute pikamaa, FTTx, merepõhja paigaldatavatele ja muude fiibrite valguskanali profiilid on tihti erinevad ja tootjad on selle väljakutse ületamiseks välja töötanud uusi kiu tüüpe. Selle tõttu on ka PAS tehnoloogia aluseks olev kiu profiili pilt erinevate kiudude puhul erinev ning valguskanali tsentri asukoha määramine ajaloolise algoritmi abil on keeruline, kui mitte võimatu. Allpool olev joonis illustreerib seda fenomeni. Samuti on kiudude koostis muutunud ja osakesed sulavad erineval moel. Selle tõttu on parima keevitustulemuse saavutamiseks parim viis kasutada just core-to-core keevitusaparaate.



Keevitusaparaadi programmeerimiskoodi on võimatu leida ja kopeerida. Kuid keevituskoha sumbuuse analüüs on siiski võimalik. Halva kontsentrisusega kiudude keevitamisel on vaja kasutada palju keerulisi korrigeerivaid algoritme. Selle tõttu on väliskesta järgi kiudusid joondavad aparaadid tihti kehvemad lõpptulemust silmas pidades. Sama kehtib ka erinevate fiibritüüpide keevitamisel.

| Splicer Alignment Technology Testing |            |             |
|--------------------------------------|------------|-------------|
| Fiber Type                           | Group      | Core Offset |
| G.652.D - G.652.D (SM - SM)          | SM-SM (H)  | ~ 0.9µm     |
|                                      | SM-SM (M)  | ~ 0.37µm    |
| G.652.D - G.657.A1 (SM - BIF)        | SM-BIF (H) | ~ 0.9µm     |
|                                      | SM-BIF (M) | ~ 0.48µm    |

Alljärgnevad andmed on saadud keevituskoha sumbuvuse mõõtmisel valgusallika ja nivoomõõtjaga lainepikkusel 1310nm. Kiudude lõikamiseks on kasutatud laborilõikurit, mis tagab lõike-nurga  $\leq 0.5^\circ$ :



| Core Alignment |           |           |            |            |
|----------------|-----------|-----------|------------|------------|
|                | SM-SM (H) | SM-SM (M) | SM-BIF (H) | SM-BIF (M) |
| Average        | 0.025     | 0.017     | 0.015      | 0.018      |
| St. Dev.       | 0.006     | 0.017     | 0.011      | 0.012      |

| Cladding Alignment |           |           |            |            |
|--------------------|-----------|-----------|------------|------------|
|                    | SM-SM (H) | SM-SM (M) | SM-BIF (H) | SM-BIF (M) |
| Average            | 0.23      | 0.036     | 0.243      | 0.057      |
| St. Dev.           | 0.06      | 0.012     | 0.033      | 0.01       |

Tsentri järgi joondavate aparaatide tulemused on 0.015dB – 0.025dB, samal ajal kui väliskesta järgi joondavate omad 0.036dB – 0.243dB. Suure kontsentrilisuse veaga kiudude keevitamise tulemused on küll mõne võrra erinevad, kuid need vead on eelkõige põhjustatud sellistest asjaoludest nagu MDFi kokku sobimatus, tootmisest tingitud vead ja valede molekulide rohkus fiibris.

Et eelnev kokku võtta tuleks parimate tulemuste saavutamiseks kasutada tsentri järgi joondavaid aparaate. Ka optoelektooniliste komponentide ühendamiseks kasutatakse keevitamist. Kiu tsentri järgi joondavate aparaatide miinus-pool on nende kõrgem hind. Vajaliku tehnoloogia valik on kliendi otsustada. Loodame, et see dokument aitab teil teha just teile sobivaid valikuid.

Fujikura Ltd. andmete põhjal koostanud  
Andres Aru

© Astrec Baltic OÜ