## *KALIBRERINGSBEVIS*

### Certificate of calibration

### 14/15341-7

**Kunde:** Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

#### Customer Høgskoleringen 5, 7491 TRONDHEIM

**Instrument:**  Fotodetektor

*Instrument*Produsent (*Manufacturer*): Horiba Jobin Yvon Inc.

Modell (*Model*): DSS-IGA2.2030TC

**Identifikasjon:** Serienummer *(Serial number)*: 021147

*Identification* Merking *(Marked)*:

**Vår referanse:** 14/15341-7/CKT/628

*Our reference*

**Tid og sted for måleoppdrag: Rapportens utstedelsesdato:**

# Date and place of measurement Date of issue

19.12.2014, Kjeller 10.02.2015

**Måleoppdraget utført av:** **Ansvarlig:**

*Measurement performed by* *Responsible*

Chi Kwong Tang Jarle Gran

senioringeniør sjefingeniør

**Målemetode:**

Detektoren er kalibrert mot Justervesenets normaler sammen med et dobbelmonokromatorsystem. Kalibreringen er utført i bølgelengdeområdet fra 1200 til 2500nm og med bølgelengdeinterval på 5 eller 100nm avhengig av strømforsyning. I tillegg, er kalibreringen utført med detektoren i 23 og -30C, noe som er styrt med strømforsyningen. Forsterkningen hos detektoren er satt på det laveste som er 105. Måleresultater med strømforsyning 2 er blitt etterbehandlet med et digitalt filter mellom 1600 og 2500nm.

**Måleresultater:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Strømforsyning 1 (031113-2), -30C | | Strømforsyning 1 (031113-2), 23C | |
| Bølgelengde [nm] | Respons [A/W] | Usikkerhet [%] (k=2) | Respons [A/W] | Usikkerhet [%] (k=2) |
| 1200 | 0,252 | 2,57 | 0,245 | 3,88 |
| 1300 | 0,345 | 2,72 | 0,324 | 2,93 |
| 1400 | 0,446 | 2,55 | 0,420 | 3,02 |
| 1500 | 0,550 | 2,56 | 0,522 | 3,01 |
| 1600 | 0,664 | 2,56 | 0,626 | 3,04 |
| 1700 | 0,792 | 2,64 | 0,743 | 3,02 |
| 1800 | 0,944 | 2,64 | 0,874 | 3,12 |
| 1900 | 1,102 | 2,64 | 1,020 | 3,10 |
| 2000 | 1,165 | 2,69 | 1,128 | 3,11 |
| 2100 | 1,177 | 2,66 | 1,173 | 3,15 |
| 2200 | 1,194 | 2,73 | 1,176 | 3,40 |
| 2300 | 1,165 | 2,81 | 1,167 | 3,55 |
| 2400 | 1,107 | 2,93 | 1,101 | 3,84 |
| 2500 | 0,804 | 2,86 | 1,002 | 4,31 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Strømforsyning 2 (041004-1), -30C | | Strømforsyning 2 (041004-1), 23C | |
| Bølgelengde [nm] | Respons [A/W] | Usikkerhet [%] (k=2) | Respons [A/W] | Usikkerhet [%] (k=2) |
| 1200 | 0,253 | 2,56 | 0,242 | 2,58 |
| 1205 | 0,257 | 2,56 | 0,247 | 2,63 |
| 1210 | 0,261 | 2,55 | 0,250 | 2,75 |
| 1215 | 0,265 | 2,55 | 0,253 | 2,56 |
| 1220 | 0,269 | 2,55 | 0,258 | 2,56 |
| 1225 | 0,273 | 2,55 | 0,262 | 2,64 |
| 1230 | 0,277 | 2,55 | 0,265 | 2,55 |
| 1235 | 0,282 | 2,55 | 0,270 | 2,55 |
| 1240 | 0,286 | 2,55 | 0,273 | 2,55 |
| 1245 | 0,291 | 2,55 | 0,277 | 2,74 |
| 1250 | 0,295 | 2,55 | 0,281 | 2,59 |
| 1255 | 0,300 | 2,55 | 0,286 | 2,56 |
| 1260 | 0,305 | 2,56 | 0,289 | 2,62 |
| 1265 | 0,310 | 2,55 | 0,294 | 2,55 |
| 1270 | 0,315 | 2,55 | 0,298 | 2,56 |
| 1275 | 0,320 | 2,55 | 0,302 | 2,62 |
| 1280 | 0,325 | 2,55 | 0,306 | 2,56 |
| 1285 | 0,331 | 2,56 | 0,312 | 2,61 |
| 1290 | 0,336 | 2,56 | 0,318 | 2,72 |
| 1295 | 0,341 | 2,55 | 0,322 | 2,56 |
| 1300 | 0,346 | 2,55 | 0,327 | 2,62 |
| 1305 | 0,352 | 2,55 | 0,333 | 2,56 |
| 1310 | 0,357 | 2,56 | 0,336 | 2,56 |
| 1315 | 0,362 | 2,55 | 0,342 | 2,63 |
| 1320 | 0,367 | 2,55 | 0,347 | 2,58 |
| 1325 | 0,372 | 2,55 | 0,353 | 2,56 |
| 1330 | 0,377 | 2,56 | 0,356 | 2,56 |
| 1335 | 0,382 | 2,56 | 0,361 | 2,67 |
| 1340 | 0,387 | 2,55 | 0,367 | 2,56 |
| 1345 | 0,393 | 2,56 | 0,374 | 2,61 |
| 1350 | 0,398 | 2,56 | 0,379 | 2,61 |
| 1355 | 0,403 | 2,56 | 0,384 | 2,56 |
| 1360 | 0,407 | 2,56 | 0,388 | 2,57 |
| 1365 | 0,412 | 2,56 | 0,391 | 2,56 |
| 1370 | 0,415 | 2,56 | 0,395 | 2,59 |
| 1375 | 0,422 | 2,56 | 0,401 | 2,62 |
| 1380 | 0,428 | 2,56 | 0,408 | 2,59 |
| 1385 | 0,433 | 2,56 | 0,411 | 2,61 |
| 1390 | 0,437 | 2,56 | 0,416 | 2,56 |
| 1395 | 0,442 | 2,56 | 0,421 | 2,56 |
| 1400 | 0,447 | 2,56 | 0,424 | 2,56 |
| 1405 | 0,452 | 2,56 | 0,430 | 2,60 |
| 1410 | 0,457 | 2,56 | 0,434 | 2,56 |
| 1415 | 0,461 | 2,56 | 0,439 | 2,57 |
| 1420 | 0,466 | 2,56 | 0,445 | 2,56 |
| 1425 | 0,473 | 2,56 | 0,450 | 2,57 |
| 1430 | 0,479 | 2,56 | 0,457 | 2,57 |
| 1435 | 0,484 | 2,56 | 0,460 | 2,56 |
| 1440 | 0,489 | 2,56 | 0,465 | 2,57 |
| 1445 | 0,494 | 2,56 | 0,470 | 2,60 |
| 1450 | 0,500 | 2,56 | 0,475 | 2,58 |
| 1455 | 0,505 | 2,56 | 0,480 | 2,56 |
| 1460 | 0,510 | 2,56 | 0,487 | 2,56 |
| 1465 | 0,516 | 2,56 | 0,491 | 2,61 |
| 1470 | 0,521 | 2,56 | 0,498 | 2,62 |
| 1475 | 0,527 | 2,56 | 0,502 | 2,58 |
| 1480 | 0,532 | 2,56 | 0,506 | 2,56 |
| 1485 | 0,537 | 2,56 | 0,509 | 2,56 |
| 1490 | 0,542 | 2,56 | 0,514 | 2,56 |
| 1495 | 0,548 | 2,56 | 0,521 | 2,56 |
| 1500 | 0,554 | 2,56 | 0,526 | 2,56 |
| 1505 | 0,559 | 2,56 | 0,530 | 2,58 |
| 1510 | 0,564 | 2,56 | 0,535 | 2,56 |
| 1515 | 0,570 | 2,56 | 0,542 | 2,57 |
| 1520 | 0,576 | 2,56 | 0,546 | 2,59 |
| 1525 | 0,581 | 2,56 | 0,550 | 2,57 |
| 1530 | 0,587 | 2,56 | 0,556 | 2,56 |
| 1535 | 0,593 | 2,56 | 0,562 | 2,59 |
| 1540 | 0,599 | 2,56 | 0,567 | 2,56 |
| 1545 | 0,604 | 2,56 | 0,573 | 2,59 |
| 1550 | 0,610 | 2,56 | 0,578 | 2,56 |
| 1555 | 0,616 | 2,56 | 0,583 | 2,56 |
| 1560 | 0,621 | 2,56 | 0,590 | 2,60 |
| 1565 | 0,627 | 2,56 | 0,593 | 2,60 |
| 1570 | 0,633 | 2,56 | 0,600 | 2,56 |
| 1575 | 0,639 | 2,56 | 0,605 | 2,56 |
| 1580 | 0,645 | 2,56 | 0,609 | 2,56 |
| 1585 | 0,651 | 2,56 | 0,615 | 2,56 |
| 1590 | 0,658 | 2,56 | 0,621 | 2,56 |
| 1595 | 0,664 | 2,56 | 0,627 | 2,56 |
| 1600 | 0,670 | 2,58 | 0,632 | 2,57 |
| 1605 | 0,676 | 2,59 | 0,638 | 2,57 |
| 1610 | 0,682 | 2,60 | 0,643 | 2,57 |
| 1615 | 0,689 | 2,60 | 0,649 | 2,58 |
| 1620 | 0,695 | 2,61 | 0,655 | 2,58 |
| 1625 | 0,701 | 2,61 | 0,660 | 2,59 |
| 1630 | 0,707 | 2,62 | 0,666 | 2,59 |
| 1635 | 0,713 | 2,62 | 0,672 | 2,59 |
| 1640 | 0,719 | 2,62 | 0,678 | 2,59 |
| 1645 | 0,726 | 2,62 | 0,684 | 2,59 |
| 1650 | 0,732 | 2,62 | 0,690 | 2,60 |
| 1655 | 0,739 | 2,62 | 0,696 | 2,60 |
| 1660 | 0,746 | 2,62 | 0,702 | 2,61 |
| 1665 | 0,753 | 2,62 | 0,708 | 2,61 |
| 1670 | 0,760 | 2,63 | 0,713 | 2,62 |
| 1675 | 0,767 | 2,63 | 0,719 | 2,63 |
| 1680 | 0,773 | 2,64 | 0,725 | 2,63 |
| 1685 | 0,780 | 2,64 | 0,731 | 2,63 |
| 1690 | 0,787 | 2,65 | 0,737 | 2,63 |
| 1695 | 0,794 | 2,65 | 0,743 | 2,63 |
| 1700 | 0,801 | 2,65 | 0,749 | 2,62 |
| 1705 | 0,808 | 2,64 | 0,755 | 2,71 |
| 1710 | 0,815 | 2,64 | 0,761 | 2,71 |
| 1715 | 0,822 | 2,63 | 0,768 | 2,71 |
| 1720 | 0,829 | 2,63 | 0,774 | 2,71 |
| 1725 | 0,836 | 2,63 | 0,781 | 2,71 |
| 1730 | 0,844 | 2,63 | 0,787 | 2,71 |
| 1735 | 0,851 | 2,63 | 0,793 | 2,72 |
| 1740 | 0,858 | 2,63 | 0,800 | 2,73 |
| 1745 | 0,866 | 2,63 | 0,806 | 2,73 |
| 1750 | 0,873 | 2,63 | 0,813 | 2,74 |
| 1755 | 0,881 | 2,64 | 0,819 | 2,74 |
| 1760 | 0,889 | 2,64 | 0,826 | 2,74 |
| 1765 | 0,897 | 2,64 | 0,832 | 2,74 |
| 1770 | 0,905 | 2,65 | 0,839 | 2,74 |
| 1775 | 0,913 | 2,65 | 0,846 | 2,74 |
| 1780 | 0,921 | 2,65 | 0,853 | 2,74 |
| 1785 | 0,929 | 2,65 | 0,860 | 2,75 |
| 1790 | 0,938 | 2,65 | 0,867 | 2,76 |
| 1795 | 0,946 | 2,66 | 0,875 | 2,77 |
| 1800 | 0,954 | 2,66 | 0,883 | 2,79 |
| 1805 | 0,963 | 2,67 | 0,891 | 2,81 |
| 1810 | 0,971 | 2,68 | 0,899 | 2,83 |
| 1815 | 0,979 | 2,69 | 0,907 | 2,85 |
| 1820 | 0,987 | 2,70 | 0,916 | 2,87 |
| 1825 | 0,994 | 2,72 | 0,924 | 2,89 |
| 1830 | 1,002 | 2,73 | 0,932 | 2,91 |
| 1835 | 1,010 | 2,74 | 0,940 | 2,92 |
| 1840 | 1,017 | 2,74 | 0,948 | 2,93 |
| 1845 | 1,026 | 2,74 | 0,955 | 2,94 |
| 1850 | 1,034 | 2,74 | 0,963 | 2,96 |
| 1855 | 1,042 | 2,74 | 0,971 | 2,97 |
| 1860 | 1,051 | 2,74 | 0,978 | 2,97 |
| 1865 | 1,059 | 2,75 | 0,985 | 2,98 |
| 1870 | 1,067 | 2,75 | 0,993 | 2,98 |
| 1875 | 1,075 | 2,76 | 1,000 | 2,98 |
| 1880 | 1,083 | 2,77 | 1,007 | 2,98 |
| 1885 | 1,090 | 2,78 | 1,014 | 2,98 |
| 1890 | 1,097 | 2,80 | 1,021 | 2,98 |
| 1895 | 1,104 | 2,81 | 1,028 | 2,98 |
| 1900 | 1,111 | 2,83 | 1,035 | 2,98 |
| 1905 | 1,117 | 2,84 | 1,042 | 2,98 |
| 1910 | 1,123 | 2,86 | 1,050 | 2,97 |
| 1915 | 1,128 | 2,86 | 1,057 | 2,96 |
| 1920 | 1,133 | 2,86 | 1,065 | 2,95 |
| 1925 | 1,138 | 2,86 | 1,072 | 2,94 |
| 1930 | 1,142 | 2,86 | 1,080 | 2,94 |
| 1935 | 1,146 | 2,85 | 1,087 | 2,94 |
| 1940 | 1,150 | 2,84 | 1,094 | 2,94 |
| 1945 | 1,153 | 2,84 | 1,101 | 2,95 |
| 1950 | 1,157 | 2,83 | 1,107 | 2,95 |
| 1955 | 1,161 | 2,83 | 1,112 | 2,96 |
| 1960 | 1,165 | 2,82 | 1,117 | 2,96 |
| 1965 | 1,168 | 2,82 | 1,121 | 2,96 |
| 1970 | 1,171 | 2,81 | 1,125 | 2,96 |
| 1975 | 1,174 | 2,81 | 1,128 | 2,96 |
| 1980 | 1,177 | 2,80 | 1,132 | 2,96 |
| 1985 | 1,179 | 2,80 | 1,135 | 2,97 |
| 1990 | 1,181 | 2,80 | 1,138 | 2,98 |
| 1995 | 1,183 | 2,81 | 1,141 | 2,98 |
| 2000 | 1,185 | 2,81 | 1,145 | 2,99 |
| 2005 | 1,186 | 2,82 | 1,148 | 3,00 |
| 2010 | 1,187 | 2,83 | 1,151 | 3,00 |
| 2015 | 1,187 | 2,84 | 1,154 | 3,01 |
| 2020 | 1,188 | 2,86 | 1,157 | 3,02 |
| 2025 | 1,189 | 2,88 | 1,159 | 3,03 |
| 2030 | 1,190 | 2,91 | 1,161 | 3,04 |
| 2035 | 1,191 | 2,94 | 1,164 | 3,05 |
| 2040 | 1,193 | 2,96 | 1,165 | 3,05 |
| 2045 | 1,194 | 2,98 | 1,167 | 3,06 |
| 2050 | 1,195 | 3,00 | 1,169 | 3,06 |
| 2055 | 1,196 | 3,00 | 1,170 | 3,05 |
| 2060 | 1,196 | 3,00 | 1,172 | 3,04 |
| 2065 | 1,197 | 3,00 | 1,174 | 3,04 |
| 2070 | 1,198 | 2,99 | 1,175 | 3,04 |
| 2075 | 1,199 | 2,99 | 1,177 | 3,04 |
| 2080 | 1,200 | 3,00 | 1,179 | 3,05 |
| 2085 | 1,202 | 3,01 | 1,181 | 3,06 |
| 2090 | 1,205 | 3,04 | 1,183 | 3,08 |
| 2095 | 1,207 | 3,07 | 1,185 | 3,11 |
| 2100 | 1,209 | 3,11 | 1,187 | 3,13 |
| 2105 | 1,211 | 3,15 | 1,189 | 3,16 |
| 2110 | 1,213 | 3,19 | 1,192 | 3,19 |
| 2115 | 1,213 | 3,23 | 1,194 | 3,23 |
| 2120 | 1,214 | 3,26 | 1,196 | 3,29 |
| 2125 | 1,214 | 3,28 | 1,198 | 3,37 |
| 2130 | 1,214 | 3,30 | 1,200 | 3,47 |
| 2135 | 1,214 | 3,31 | 1,201 | 3,60 |
| 2140 | 1,214 | 3,32 | 1,202 | 3,73 |
| 2145 | 1,214 | 3,33 | 1,202 | 3,85 |
| 2150 | 1,215 | 3,35 | 1,203 | 3,94 |
| 2155 | 1,217 | 3,37 | 1,203 | 3,98 |
| 2160 | 1,218 | 3,40 | 1,202 | 3,98 |
| 2165 | 1,219 | 3,43 | 1,202 | 3,94 |
| 2170 | 1,220 | 3,46 | 1,201 | 3,89 |
| 2175 | 1,221 | 3,48 | 1,201 | 3,83 |
| 2180 | 1,221 | 3,49 | 1,200 | 3,79 |
| 2185 | 1,220 | 3,51 | 1,199 | 3,76 |
| 2190 | 1,219 | 3,52 | 1,198 | 3,74 |
| 2195 | 1,218 | 3,53 | 1,197 | 3,74 |
| 2200 | 1,218 | 3,55 | 1,197 | 3,74 |
| 2205 | 1,217 | 3,58 | 1,196 | 3,74 |
| 2210 | 1,217 | 3,60 | 1,195 | 3,74 |
| 2215 | 1,217 | 3,62 | 1,195 | 3,74 |
| 2220 | 1,217 | 3,63 | 1,195 | 3,73 |
| 2225 | 1,217 | 3,63 | 1,196 | 3,73 |
| 2230 | 1,218 | 3,61 | 1,196 | 3,74 |
| 2235 | 1,218 | 3,58 | 1,197 | 3,74 |
| 2240 | 1,218 | 3,54 | 1,197 | 3,75 |
| 2245 | 1,218 | 3,50 | 1,197 | 3,77 |
| 2250 | 1,217 | 3,47 | 1,197 | 3,79 |
| 2255 | 1,215 | 3,45 | 1,197 | 3,82 |
| 2260 | 1,213 | 3,44 | 1,196 | 3,86 |
| 2265 | 1,211 | 3,44 | 1,195 | 3,91 |
| 2270 | 1,208 | 3,47 | 1,194 | 3,95 |
| 2275 | 1,206 | 3,51 | 1,192 | 4,01 |
| 2280 | 1,203 | 3,56 | 1,190 | 4,07 |
| 2285 | 1,201 | 3,63 | 1,188 | 4,12 |
| 2290 | 1,199 | 3,71 | 1,186 | 4,18 |
| 2295 | 1,198 | 3,79 | 1,184 | 4,22 |
| 2300 | 1,196 | 3,87 | 1,182 | 4,26 |
| 2305 | 1,194 | 3,93 | 1,180 | 4,29 |
| 2310 | 1,193 | 3,97 | 1,179 | 4,31 |
| 2315 | 1,191 | 4,00 | 1,178 | 4,33 |
| 2320 | 1,189 | 4,02 | 1,178 | 4,34 |
| 2325 | 1,187 | 4,04 | 1,177 | 4,34 |
| 2330 | 1,185 | 4,07 | 1,177 | 4,32 |
| 2335 | 1,183 | 4,11 | 1,177 | 4,28 |
| 2340 | 1,181 | 4,15 | 1,177 | 4,21 |
| 2345 | 1,178 | 4,19 | 1,177 | 4,12 |
| 2350 | 1,175 | 4,21 | 1,176 | 4,03 |
| 2355 | 1,172 | 4,22 | 1,176 | 3,96 |
| 2360 | 1,168 | 4,21 | 1,177 | 3,93 |
| 2365 | 1,164 | 4,20 | 1,177 | 3,94 |
| 2370 | 1,159 | 4,20 | 1,177 | 4,02 |
| 2375 | 1,154 | 4,23 | 1,177 | 4,16 |
| 2380 | 1,149 | 4,31 | 1,176 | 4,35 |
| 2385 | 1,144 | 4,43 | 1,175 | 4,59 |
| 2390 | 1,139 | 4,59 | 1,173 | 4,83 |
| 2395 | 1,133 | 4,76 | 1,169 | 5,05 |
| 2400 | 1,128 | 4,92 | 1,165 | 5,22 |
| 2405 | 1,123 | 5,05 | 1,160 | 5,34 |
| 2410 | 1,118 | 5,14 | 1,154 | 5,39 |
| 2415 | 1,113 | 5,20 | 1,147 | 5,40 |
| 2420 | 1,108 | 5,24 | 1,141 | 5,37 |
| 2425 | 1,103 | 5,27 | 1,135 | 5,33 |
| 2430 | 1,098 | 5,30 | 1,130 | 5,30 |
| 2435 | 1,092 | 5,34 | 1,125 | 5,29 |
| 2440 | 1,085 | 5,37 | 1,121 | 5,30 |
| 2445 | 1,078 | 5,41 | 1,118 | 5,35 |
| 2450 | 1,070 | 5,44 | 1,115 | 5,43 |
| 2455 | 1,062 | 5,47 | 1,113 | 5,52 |
| 2460 | 1,052 | 5,49 | 1,110 | 5,62 |
| 2465 | 1,042 | 5,51 | 1,107 | 5,72 |
| 2470 | 1,030 | 5,52 | 1,104 | 5,78 |
| 2475 | 1,017 | 5,50 | 1,101 | 5,82 |
| 2480 | 0,998 | 5,62 | 1,096 | 5,98 |
| 2485 | 0,983 | 5,56 | 1,092 | 5,76 |
| 2490 | 0,953 | 5,59 | 1,077 | 5,47 |
| 2495 | 0,914 | 5,76 | 1,077 | 5,42 |
| 2500 | 0,874 | 4,02 | 1,073 | 3,27 |

**Måleusikkerhet:**

Den rapporterte utvidete måleusikkerheten er angitt som standard måleusikkerhet multiplisert med dekningsfaktor k=2, som for normalfordeling tilsvarer en dekningsgrad på tilnærmet 95%. Standard usikkerhet er bestemt i samsvar med ISO: ”Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”.

**Sporbarhet:**

Referansedetektoren er kalibrert mot en av Justervesenets hovednormaler. Hovednormalen er kalibrert med hybrid selvkalibreringsmetoden som er verifisert gjennom kalibrering mot kryogent radiometer ved National Physical Laboratory (NPL) i England.

**Forhold under kalibreringen:**

Temperatur: 22,5 °C ± 1 °C

Fuktighet: 40 % ± 10 % RH

**Benyttede instrumenter og normaler:**

Detektor: InGaAs 12, RA-SPR-32.

Pyro 12

Forsterker: Vinculum E747-NOA1

Voltmeter: Keithley 2000

Monokromator: McPherson, IR grating

Lyskilde: Halogenlampe