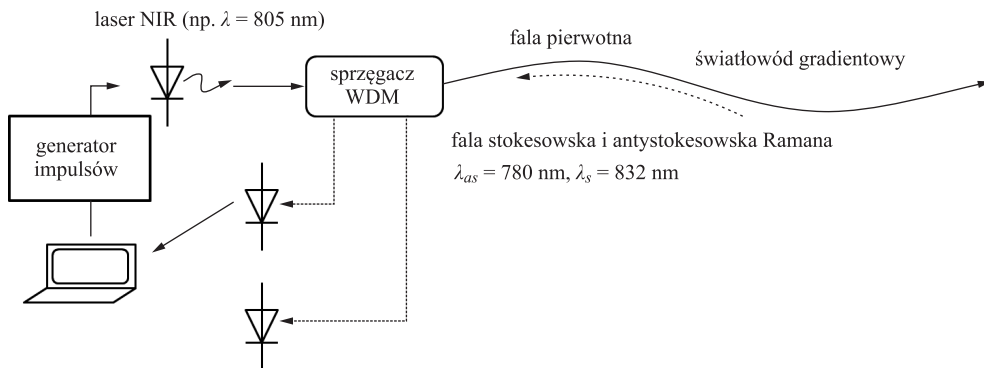


1. Widmowy charakter radiacyjnych pomiarów temperatury



Rys. 1.66. System refleksyjnej pomiaru temperatury

na granicy promieniowania widzialnego. Długość fali promieniowania inicjującego rozpraszanie Ramana wynosi $\lambda = 805 \text{ nm}$. W takim przypadku fale antystokesowska i stokesowska mają odpowiednio długości $\lambda_{as} = 780$ i $\lambda_s = 832 \text{ nm}$. Do pomiaru wartości temperatury wykorzystuje się systemy refleksyjnej pomiaru temperatury OTDR (ang. *Optical Time-Delay Reflectometry*). Za pomocą układu cyfrowego można zsynchronizować generowanie krótkich impulsów optycznych z rejestracją natężenia promieniowania rozproszonego. Przez pomiar opóźnienia między wymuszeniem a odpowiedzią optyczną, można wyznaczyć miejsce w światłowodzie o danej wartości temperatury. Systemy tego typu zapewniają pomiar wartości temperatury przy odległościach kilku kilometrów z rozdzielczością liniową kilku metrów. Można uzyskać dokładność pomiaru wartości temperatury na poziomie $1 \div 2^\circ\text{C}$.

Systemy pomiaru temperatury za pomocą długich (kilkukilometrowych) światłowodów noszą nazwę systemów pomiarowych DTS do pomiaru wartości temperatury wzdłuż światłowodu (ang. *Distributed Temperature Sensing*). Systemy tego typu mogą być stosowane w kopalniach i w instalacjach przemysłowych do wykrywania i przewidywania powstania pożarów. W energetyce systemy DTS używa się do monitorowania wartości temperatury kabli, głównie prowadzonych pod powierzchnią ziemi. Ze względu na optyczny charakter pomiaru, systemy DTS mogą pracować w atmosferach niebezpiecznych i wybuchowych.

Literatura do rozdziału 1

- [1.1] Altet J., Claeys W., Dilhaire S., Rubio A., *Dynamic surface temperature measurements in ICs*, Proceedings of the IEEE 94 (8), 2006.
- [1.2] Cheaito R., Gorham C.S., Misra A., Hattar K., Hopkins P.E., *Thermal conductivity measurements via time-domain thermoreflectance for the characterization of radiation in-*

- duced damage*, Journal of Materials Research, Journal of Materials Research / Volume 30 / Issue 09 / 2015.
- [1.3] Christofferson J., Yazawa K., Shakouri A., *Picosecond transient thermal imaging using a CCD based thermoreflectance system*, Proc. 14th International Heat Transfer Conference (IHTC14), Aug. 8–13, Washington DC USA, 2010.
- [1.4] Eriksson P., Andersson J.Y., Stemme G., *Thermal characterization of surface-micromachined silicon nitride membranes for thermal infrared detectors*, Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 6, No. 1, March 1997.
- [1.5] Gaussorgues G., *La Thermographie infrarouge, principes, technologies, applications*, 3e édition. Paris, Technique et documentation, 1989.
- [1.6] Hecht E., *Optics*, wyd. 4, Addison Wesley 2002.
- [1.7] Howell J.R., Menguc M.P., Siegel, *Thermal Radiation Heat Transfer*, 6th Edition, CRC Press, ISBN-13: 978-1466593268, 2016.
- [1.8] Ibrahim R.I., *Graphically Selecting Optical Material for Color Correction and Passive Athermalization*, Int. Journal of Engineering Research and Applications, www.ijera.com , ISSN: 2248–9622, Vol. 6, Issue 4, (Part-5) April 2016.
- [1.9] ISP Optics Corporation, IR Catalog, 2016.
- [1.10] Kaniewski J., Piotrowski J., *InGaAs for Infrared Photodetectors*, Physics and Technology, Opto-Electronics Review 12(1), (2004).
- [1.11] Kim Y.S., Kim T.H., Kim G.T., Lim B.T., Lim S.K., Lee H.D., Lee G.W., *Uncooled Microbolometer Arrays With High Responsivity Using Meshed Leg Structure*, IEEE Photonics Technology Letters vol. 25, nr 21, str. 2108–2110, November 2013.
- [1.12] Kwok-Leung Ch., *High Resolution Thermal Imaging For Electrical And Optical Characterization Of Electronic And Photonic Devices*, A Dissertation In Mechanical Engineering, University Of Michigan, 2007.
- [1.13] Liu D., Wang J., Liu S., *Temperature performance of Raman scattering in a data fiber and its application in a distributed temperature fiber-optic sensor*, Optical Sensing, Imaging, and Manipulation for Biological and Biomedical Applications, Robert R. Alfano, Ping-Pei Ho, Arthur E.T. Chiou, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 4082 (2000).
- [1.14] Liu W., *Fundamentals of III-V Devices: HBTs, MESFETs, and HFETs/HEMTs*. New York: Wiley, 1999.
- [1.15] Maher R.C., Cohen L.F., Gallop J.C., Le Ru E.C., Etchegoin P.G., *Temperature-Dependent Anti-Stokes/Stokes Ratios under Surface-Enhanced Raman Scattering Conditions*, J. Phys. Chem. B, 2006, 110.
- [1.16] Minkina W., Klecha D., *Atmospheric transmission coefficient modeling in the infrared for thermovision measurements*, Journal of Sensors and Sensor Systems 5, 17–23, doi:10.5194/jsss-5-17-2016, 2016.
- [1.17] Norton P., *HgCdTe infrared detectors*, Opto-Electronics Review, 10 (3), (2002).
- [1.18] Packard R.D., *Mercury cadmium telluride as a 1–20 microns wavelength infrared detector for space applications*, AIAA Journal, Vol. 7, No. 8 (1969).

1. Widmowy charakter radiacyjnych pomiarów temperatury

- [1.19] Palik E.D. (red.), *Handbook of Optical Constants of Solids*. Academic Press, Inc., 1985.
- [1.20] Pearsall T.P., *Ga_{0.47}In_{0.53}As. A ternary semiconductor for photodetector applications*, IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. QE-16 No. 7, 1980.
- [1.21] PN-90/E-01005 Technika świetlna. Terminologia.
- [1.22] Potkay J.A., Lambertus G.R., Sacks R.D., Wise K.D., *A low pressure-and temperature-programmable mGC column*, Solid-State Sensor, Actuator and Microsystems Workshop, Hilton Head Island, SC, USA, June 2006.
- [1.23] Rogalski A., *HgCdTe infrared detector material: history, status and outlook*, Institute of Physics Publishing, Rep. Prog. Phys.68 (2005).
- [1.24] Rogalski A., *Infrared Detectors, Second Edition*, CRC Press, 2010.
- [1.25] Rogers P.J., *Athermalized FLIR optics*. Proc. SPIE 1354, 742 – 751 (1990).
- [1.26] Roland U., Renschen C.P., Lippik D., Stallmach F., Holzer F., *A New Fiber Optical Thermometer and Its Application for Process Control in Strong Electric, Magnetic, and Electromagnetic Field*, Sensor Letters, Volume 1, Number 1, December 2003.
- [1.27] Rothman L.S., Jacquemart D., Barbe A., Benner D.Ch. et all, *The HITRAN 2004 molecular spectroscopic database*, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 96 (2005) pp. 139–204.
- [1.28] Schmidt A.J., Cheaito R., Chiesa M., *A frequency-domain thermorefectance method for the characterization of thermal properties* Review Of Scientific Instruments 80, 094901, 2009.
- [1.29] Siegel R., Howell J.R., *Thermal Radiation Heat Transfer*, 3rd ed., Taylor and Francis, Hemisphere Publishing Corporation, ISBN 0-89116-271-2, 1992.
- [1.30] Strąkowski R., Strąkowska M., Więcek B., *Metrologiczna kamera termowizyjna z detektorem mikrobolometrycznym VOx*, PAK, vol. 57, nr 10/2011.
- [1.31] Swaminathan V., Macrander A.T., *Materials Aspects of GaAs and InP based Structures*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA 1991.
- [1.32] Vermeersch B., *Thermal AC modelling, simulation and experimental analysis of microelectronic structures including nanoscale and high-speed effect*, rozprawa doktorska, Uniwersytet w Gandawie, ELIS, Belgia, promotor G. De Mey, 2009.
- [1.33] Więcek B., De Mey G., *Termowizja w podczerwieni, podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo PAK, 2011.
- [1.34] Więcek P., Zgraja J., Sankowski D., *Automatic adjustment of integration time in the NIR camera for calibrated temperature measurement during inductive heating processes*, Conf. Proc. Quantitative Infrared Thermography Conf. QIRT, 2016, Gdańsk, July 4–7, 2016.
- [1.35] Yazawa K., Kendig D., Raad P.E., Komarov P.L., Shakouri A., *Understanding The Thermorefectance Coefficient For High Resolution Thermal Imaging of Microelectronic Devices*, Electronic Cooling, March 8th, 2013.