

Review

Hybrid Integrated Silicon Photonics Based on Nanomaterials

Domenic Prete ^{1,*} , Francesco Amanti ², Greta Andrini ^{3,4} , Fabrizio Armani ⁵, Vittorio Bellani ^{1,6} , Vincenzo Bonaiuto ^{7,8} , Simone Cammarata ^{2,9} , Matteo Campostrini ¹⁰ , Samuele Cornia ^{1,11} , Thu Ha Dao ^{7,8}, Fabio De Matteis ^{7,8}, Valeria Demontis ^{1,12}, Giovanni Di Giuseppe ^{13,14} , Sviatoslav Ditalia Tchernij ^{4,15}, Simone Donati ^{2,16}, Andrea Fontana ¹ , Jacopo Forneris ^{4,15} , Roberto Francini ^{7,8} , Luca Frontini ^{5,17} , Gian Carlo Gazzadi ¹⁸, Roberto Gunnella ^{13,14}, Simone Iadanza ¹⁹ , Ali Emre Kaplan ²⁰, Cosimo Lacava ^{1,21} , Valentino Liberali ^{5,17}, Leonardo Martini ¹¹ , Francesco Marzioni ^{13,14,22} , Claudia Menozzi ¹¹, Elena Nieto Hernández ^{4,15}, Elena Pedreschi ² , Paolo Piergentili ^{13,14} , Paolo Proposito ^{7,8} , Valentino Rigato ¹⁰ , Carlo Roncolato ¹⁰ , Francesco Rossella ^{1,11}, Andrea Salamon ⁸ , Matteo Salvato ²³ , Fausto Sargeni ^{8,24}, Jafar Shojaii ²⁵ , Franco Spinella ², Alberto Stabile ^{5,17}, Alessandra Toncelli ^{2,16} , Gabriella Trucco ^{5,26} and Valerio Vitali ^{1,21}

- ¹ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pavia, Via Agostino Bassi 6, 27100 Pavia, Italy; vittorio.bellani@unipv.it (V.B.); valerio.vitali@unipv.it (V.V.)
- ² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pisa, 56127 Pisa, Italy; franco.spinella@pi.infn.it (F.S.); alessandra.toncelli@unipi.it (A.T.)
- ³ Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, Politecnico di Torino, 10129 Torino, Italy; greta.andrini@to.infn.it
- ⁴ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Torino, 10125 Torino, Italy
- ⁵ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Milano, 20133 Milano, Italy; luca.frontini@mi.infn.it
- ⁶ Dipartimento di Fisica, Università di Pavia, 27100 Pavia, Italy
- ⁷ Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Roma Tor Vergata, 00133 Roma, Italy; vincenzo.bonaiuto@uniroma2.it (V.B.); fabio.dematteis@roma2.infn.it (F.D.M.); francini@roma2.infn.it (R.F.)
- ⁸ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma Tor Vergata, 00133 Roma, Italy; andrea.salamon@roma2.infn.it
- ⁹ Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa, 56122 Pisa, Italy
- ¹⁰ Laboratori Nazionali di Legnaro, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, 35020 Legnaro, Italy; matteo.campostrini@lnl.infn.it (M.C.); valentino.rigato@lnl.infn.it (V.R.)
- ¹¹ Dipartimento di Scienze Fisiche, Informatiche e Matematiche, Università di Modena e Reggio Emilia, 41125 Modena, Italy
- ¹² National Enterprise for nanoScience and nanoTechnology, Scuola Normale Superiore, Istituto Nanoscienze—Consiglio Nazionale delle Ricerche, 56127 Pisa, Italy
- ¹³ Scuola di Scienze e Tecnologie, Divisione di Fisica, Università di Camerino, 62032 Camerino, Italy; francesco.marzioni@unicam.it (F.M.); paolo.piergentili@unicam.it (P.P.)
- ¹⁴ Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Perugia, 06123 Perugia, Italy
- ¹⁵ Dipartimento di Fisica, Università di Torino, 10125 Torino, Italy
- ¹⁶ Dipartimento di Fisica, Università di Pisa, 56127 Pisa, Italy
- ¹⁷ Dipartimento di Fisica, Università di Milano, 20133 Milano, Italy
- ¹⁸ Istituto Nanoscienze—Centro S3, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Via Campi 213/A, 41125 Modena, Italy; giancarlo.gazzadi@nano.cnr.it
- ¹⁹ Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen, Switzerland; simone.iadanza@psi.ch
- ²⁰ Optoelectronics Research Center, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, UK
- ²¹ Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, Università di Pavia, 27100 Pavia, Italy
- ²² Dipartimento di Fisica, Università di Napoli “Federico II”, 80126 Napoli, Italy
- ²³ Dipartimento di Fisica, Università di Roma Tor Vergata, 00133 Roma, Italy
- ²⁴ Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università di Roma Tor Vergata, 00133 Roma, Italy
- ²⁵ Space Technology and Industry Institute, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australia; jshojaii@swin.edu.au
- ²⁶ Dipartimento di Informatica, Università di Milano, 20133 Milano, Italy
- * Correspondence: domenic.prete@pv.infn.it



Citation: Prete, D.; Amanti, F.; Andrini, G.; Armani, F.; Bellani, V.; Bonaiuto, V.; Cammarata, S.; Campostrini, M.; Cornia, S.; Dao, T.H.; et al. Hybrid Integrated Silicon Photonics Based on Nanomaterials. *Photonics* **2024**, *11*, 418. <https://doi.org/10.3390/photonics11050418>

Received: 8 March 2024

Revised: 8 April 2024

Accepted: 22 April 2024

Published: 30 April 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Integrated photonic platforms have rapidly emerged as highly promising and extensively investigated systems for advancing classical and quantum information technologies, since their ability to seamlessly integrate photonic components within the telecommunication band with existing silicon-based industrial processes offers significant advantages. However, despite this integration