

A1 Titolo dell'attività di ricerca

Fisica della luce e della materia strutturate e della loro interazione (*Structured Light and Matter Group, SLAM group*)

A2 Responsabile

(aggiungere eventuale referente del Dipartimento se il Responsabile non è un afferente ad esso)

Responsabile: Lorenzo Marrucci

A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)

Prof. Ordinari: Lorenzo Marrucci, Enrico Santamato

Ricercatori universitari: Bruno Piccirillo

A4 Collaborazioni con altri enti

CNR (Istituto ISASI, Istituto SPIN)

A5 Personale strutturato ricercatore o tecnologo altri enti convenzionati

Domenico Paparo (CNR-ISASI)

A6 Altro personale di ricerca (Assegnisti, Borsisti)

Andrea Rubano, Filippo Cardano

A7 Dottorandi di Ricerca

Sen Mou, Maria Maffei, Adriana Pecoraro, Alessio D'Errico

B1 Breve descrizione della linea di ricerca

(max 1000 caratteri)

Il tema della nostra ricerca è, in senso ampio, la fisica della luce e della materia che presentano una struttura spaziale complessa, e dell'interazione tra questi due sistemi. In particolare, siamo interessati allo studio dei fasci di luce, o di singoli fotoni, che presentano una struttura ondulatoria complessa e con singolarità, come per esempio quelli che trasportano momento angolare orbitale o che hanno una polarizzazione variabile spazialmente, nonché nella loro interazione con la materia. Nella nostra ricerca prendiamo in considerazione sia fenomeni ottici classici che quantistici, incluse le applicazioni fotoniche e nel campo dell'informazione quantistica. Siamo inoltre interessati alla fisica dei mezzi ottici la cui disomogeneità spaziale è tale da indurre effetti ottici peculiari, o in alternativa ai materiali fotosensibili che si strutturano spontaneamente a causa dell'interazione non lineare con la luce stessa. Infine, utilizziamo la luce o più in generale la radiazione elettromagnetica come strumento spettroscopico per studiare fenomeni che avvengono nei materiali, sfruttando i gradi di libertà spaziali della luce o la struttura spaziale stessa dei materiali indagati.

B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016

(max 2000 caratteri)

Nel triennio abbiamo portato avanti con successo molti lavori scientifici di rilievo sui temi di interesse del gruppo. Tra i più rilevanti ricordiamo: (i) la prima dimostrazione sperimentale della formazione di strutture a nastro di Moebius della polarizzazione

della luce; (ii) la prima dimostrazione della possibilità di utilizzare il momento angolare dei fotoni per implementare simulazioni quantistiche di quantum walk e l'utilizzo di questa piattaforma per studiare fenomeni topologici; (iii) l'ideazione e la dimostrazione sperimentale di un metodo per ottenere misure di momenti statistici di osservabili quantistiche; (iv) la dimostrazione di un laser capace di generare direttamente fasci di luce strutturati, controllabili; (v) la dimostrazione di un nuovo principio di confinamento laterale della luce basato esclusivamente sulle fasi geometriche; (vi) l'utilizzo della tecnica ottica di generazione di seconda armonica, che sfrutta la rottura della simmetria per inversione spaziale, per studiare vari aspetti importanti dell'interfaccia tra ossidi di metalli di transizione; (vii) vari studi dei pattern indotti in materiali fotosensibili o mediante ablazione laser utilizzando fasci laser a vortice (gli studi di ablazione sono svolti in collaborazione con il gruppo Bruzzese-Amoruso).

B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2017-2019

(max 2000 caratteri)

Nel triennio 2017-2019 si prevede:

- 1) Di sviluppare ulteriormente la tecnologia q-plate per generare luce strutturata in due o tre dimensioni accedendo a strutture o forme progressivamente più complesse.
- 2) Di sviluppare ulteriormente la possibilità di utilizzare le fasi geometriche ottiche per controllare la propagazione della luce.
- 3) Di estendere le simulazioni quantistiche di quantum walk mediante dispositivi q-plate al caso bidimensionale sfruttando un nuovo schema ottico ideato recentemente; si prevede in questo modo di esplorare ulteriormente l'affascinante fisica degli isolanti topologici bidimensionali mediante simulatori ottici controllati.
- 4) Di continuare lo studio delle strutture materiali che possono essere generate mediante l'interazione luce-materia utilizzando fasci laser strutturati spazialmente mediante q-plate e altri dispositivi, indagando le possibili applicazioni nel campo della plasmonica e dei metamateriali.
- 5) Di sviluppare le tecniche ottiche di generazione e rivelazione di impulsi terahertz per la spettroscopia nel dominio del tempo di materiali; in particolare si investigherà la possibilità di dare una struttura spaziale a tali impulsi ed utilizzare tale struttura spaziale per applicazioni spettroscopiche avanzate o di altro tipo.

C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016

(indicare il numero complessivo nel triennio e elencare le più significative (max 10))

N. complessivo: 38

Pubblicazioni più significative (sottolineati i membri del gruppo al momento dello svolgimento del lavoro):

1. S. Slussarenko, A. Alberucci, C. P. Jisha, B. Piccirillo, E. Santamato, G. Assanto, L. Marrucci, *Guiding light via geometric phases*, **Nature Photonics**, vol. 10, 571-575 (2016).
2. F. Cardano, M. Maffei, F. Massa, B. Piccirillo, C. de Lisio, G. De Filippis, V. Cataudella, E. Santamato, L. Marrucci, *Statistical moments of quantum-walk dynamics reveal topological quantum transitions*, **Nature Communications**, vol. 7, 11439 (2016).
3. D. Naidoo, F. S. Roux, A. Dudley, I. Litvin, B. Piccirillo, L. Marrucci, A. Forbes, *Controlled generation of higher-order Poincaré sphere beams from a laser*, **Nature Photonics**, vol. 10, 327-332 (2016).

4. F. Cardano and L. Marrucci, *Spin-orbit photonics*, **Nature Photonics**, vol. 9, 776-778 (2015).
5. B. Piccirillo, S. Slussarenko, L. Marrucci, E. Santamato, *Directly measuring mean and variance of infinite-spectrum observables such as the photon orbital angular momentum*, **Nature Communications** vol. 6, 8606 (2015).
6. A. Rubano, G. De Luca, J. Schubert, Z. Wang, S. Zhu, D. G. Schlom, L. Marrucci, D. Paparo, *Polar asymmetry of $La_{(1-d)}Al_{(1+d)}O_3/SrTiO_3$ heterostructures probed by optical second harmonic generation*, **Appl. Phys. Lett.**, vol. 107, 101603 (2015).
7. F. Cardano, F. Massa, H. Qassim, E. Karimi, S. Slussarenko, D. Paparo, C. de Lisio, F. Sciarrino, E. Santamato, R. W. Boyd, L. Marrucci, *Quantum walks and wavepacket dynamics on a lattice with twisted photons*, **Science Advances**, vol. 1, e1500087 (2015).
8. T. Bauer, P. Banzer, E. Karimi, S. Orlov, A. Rubano, L. Marrucci, E. Santamato, R. W. Boyd, G. Leuchs, *Observation of optical polarization Möbius strips*, **Science**, vol. 347, 964-966 (2015).
9. G. De Luca, A. Rubano, E. di Gennaro, A. Khare, F. Miletto Granozio, U. Scotti di Uccio, L. Marrucci, D. Paparo, *Potential-well depth at amorphous- $LaAlO_3$ /crystalline- $SrTiO_3$ interfaces measured by optical second harmonic generation*, **Appl. Phys. Lett.**, vol. 104, 261603 (2014)
10. G. Vallone, V. D'Ambrosio, A. Sponselli, S. Slussarenko, L. Marrucci, F. Sciarrino, P. Villoresi, *Free-space quantum key distribution by rotation-invariant twisted photons*, **Phys. Rev. Lett.**, vol. 113, 060503 (2014).

C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali

(solo se lo speaker è tra il personale elencato nel punto A3)

Presentazioni più significative nel triennio 2014-16 (tutte su invito):

- 2016 L. Marrucci, Symposium Optics and Singularities, Cachan (Parigi), Francia
- 2016 L. Marrucci, International Semiconductor Conference, Sinaia, Romania
- 2016 L. Marrucci, IASBS-ICTP Workshop on Structured Light and Matter: Concepts and Applications, Zanjan, Iran
- 2016 L. Marrucci, 8th Japanese Italian Liquid Crystal Workshop, Kyoto, Giappone
- 2016 L. Marrucci, Wilhelm and Else Heraeus Seminar on Nanophotonics and Complex Spatial Modes of Light, Bad Honnef, Germany
- 2015 L. Marrucci, 3rd International Conference on Optical Angular Momentum (ICOAM), New York
- 2015 L. Marrucci, XXXVIII Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada (ENFMC) da Sociedade Brasileira de Física, Foz do Iguacu, Brazil
- 2015 B. Piccirillo, Complex Light and Optical Forces IX, Photonics West 2015, San Francisco, California, USA
- 2014 L. Marrucci, Keynote Speaker, 3rd Quantum Information Processing Communication and Control (QIPCC) Conference and School, South Africa
- 2014 L. Marrucci, Advances in Liquid Crystal Science, Kent State University, USA (symposium in the honor of Peter Palffy-Muhoray's 70 years)
- 2014 L. Marrucci, International Conference on Photoalignment and Photopatterning in Soft Materials, Hong-Kong

C3 Presentazioni di brevetti internazionali e nazionali

--

D1 Progetti di ricerca attivi

(Progetti di Enti di ricerca, Progetti Europei, Progetti MIUR, PON, POR, ...)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- ERC-advanced grant PHOSPhOR, 1.7 Meuro, 2016-2021- EU Marie Curie FOXIDUET (supporta l'assegno di ricerca di Andrea Rubano, responsabile scientifico Lorenzo Marrucci), 100 keuro, 2013-2017 |
|---|