



Himpunan Optika Indonesia (HOI)
Indonesian Optical Society (InOS)

UNTUK KALANGAN SENDIRI

Buletin HOI adalah media komunikasi antar anggota Himpunan Optika Indonesia (HOI)

Daftar Isi

Pengantar dari Ketua HOI	1
<i>Call for Activities</i> untuk Tahun Cahaya Internasional (IYL2015)	2
Berita Pemilu HOI 2015	2
Berita Kegiatan Ilmiah dan Konferensi	3
Berita Anggota	4
Laporan Singkat Hasil Riset Anggota HOI	6

Himpunan Optika Indonesia

Majelis Himpunan

Rustam E. Siregar (Ketua)
May-On Tjia (Mantan Ketua BPP Terakhir)
Agoes Soehianie
Husin Alatas
Alexander A. Iskandar
Henri P. Uranus
K. Hendrik Kurniawan
Fitrilawati

Badan Pengurus Pusat Himpunan

Ketua BPP : Alexander A. Iskandar
Wakil Ketua Terpilih : Henri P. Uranus
Sekretaris Eksekutif : Fitrilawati
Bendahara : K. Hendrik Kurniawan

BULETIN HOI

ISSN 2407-683X

Diterbitkan oleh
Himpunan Optika Indonesia (HOI)

Penanggung Jawab
Alexander A. Iskandar

Pimpinan Redaksi
Henri P. Uranus

Anggota Redaksi
Fitrilawati, Husin Alatas



9 772407 683001

BULETIN HOI

Vol. 4, no. 1, Maret 2015

Pengantar dari Ketua Himpunan Optika Indonesia

Selamat bertemu kembali dalam Buletin Himpunan Optika Indonesia edisi ini.

Dalam Buletin ini, kami laporkan beberapa kegiatan yang dilakukan oleh BPP HOI selama paruh pertama tahun 2015 ini dan beberapa rencana kegiatan yang akan datang.

Kegiatan utama BPP HOI dalam paruh pertama ini, adalah persiapan Pemilu HOI 2015 dan persiapan penyelenggaraan 10th *International Symposium on Modern Optics and Its Applications* (ISMOA) 2015. Tahapan Pemilu HOI 2015 saat ini telah sampai pada diperolehnya daftar Nominee Calon Anggota Majelis Terpilih dan Calon Wakil Ketua Terpilih. Tahapan berikutnya adalah penyampaian visi dan misi dari masing-masing calon dalam bentuk position paper yang akan diterbitkan dalam Buletin HOI edisi berikutnya. Di samping Pemilu HOI 2015 ini, kegiatan besar dari HOI tahun ini adalah penyelenggaraan ISMOA ke sepuluh, dalam pertemuan kali ini akan ada 15 pembicara undangan yang akan menyampaikan makalahnya, dan seperti pada ISMOA yang lalu, hari pertama dari ISMOA akan didedikasikan untuk kuliah tutorial yang akan disampaikan oleh beberapa pembicara undangan ini. Pada hari terakhir ISMOA nanti, akan diselenggarakan Kongres HOI dengan agenda Laporan Pertanggungjawaban BPP masa bakti 2013-2015, Pengumuman hasil pemilihan umum HOI serta Pelantikan Majelis HOI dan anggota BPP yang baru.

Untuk lebih memperkenalkan aturan-aturan yang ada dalam organisasi kita ini, maka dalam Buletin HOI kali ini dapat pula dibaca aturan mengenai status keanggotaan HOI, yaitu jenis-jenis keanggotaan HOI, pemberhentian dan pengangkatan kembali Anggota serta perubahan status keanggotaan.

Dalam kegiatan eksternalnya, BPP HOI telah menjalin kerjasama dengan memberikan dukungannya kepada Lokakarya Ilmiah Nasional Aplikasi Optik dan Fotonik (LINOFA) 2015 yang diselenggarakan oleh Kelompok Penelitian Laser, Pusat Penelitian Fisika, LIPI. Tahun 2015 telah ditetapkan oleh UNESCO sebagai *International Year of Light* (IYL 2015), untuk itu HOI mengundang Anggota-nya untuk ikutserta memeriahkan kegiatan internasional di institusinya masing-masing.

Semua berita di atas dapat disimak secara lebih detil dalam buletin kali ini, termasuk juga rubrik Berita Anggota dan Laporan Hasil Riset Anggota HOI. Sebagai media komunikasi antar Anggota, Buletin ini juga dimanfaatkan untuk memuat berita perkembangan mutakhir dalam ilmu dan teknologi fotonika maupun hasil riset kelompok riset dalam bidang fotonika dari perguruan tinggi dan lembaga riset di Indonesia. Untuk tujuan tersebut, Himpunan mendorong para Anggotanya untuk berkontribusi dalam Buletin ini.

Kami tunggu kontribusi dari para Anggota Himpunan dalam edisi-edisi selanjutnya.

Selamat membaca.

Alexander A. Iskandar

Himpunan Optika Indonesia menerima sumbangan berita yang berkaitan dengan optika dari para anggota untuk dimuat pada Buletin HOI. Informasi tersebut dapat dikirimkan ke:

InOS@IndonesianOptics.org

Call for Activities untuk Tahun dari Cahaya Internasional (IYL2015)

Perserikatan Bangsa-Bangsa menetapkan tahun 2015 sebagai Tahun dari Cahaya dan Teknologi Berbasis Cahaya Internasional (*International Year of Light and Light Based Technologies*), disingkat *IYL2015*. Sehubungan dengan *IYL2015*, HOI mengundang Anggota HOI yang tersebar di seluruh Indonesia untuk memperkenalkan optika dan teknologi terkait ke anak-anak muda dan masyarakat umum dengan mengadakan kunjungan ke sekolah-sekolah setempat di seluruh Indonesia untuk mengadakan presentasi maupun demonstrasi alat terkait optika. Sekolah yang dituju dan materi kunjungannya disiapkan oleh masing-masing Anggota sesuai dengan kepakarannya, dan dapat dikaitkan dengan kegiatan institusi bersangkutan, misalnya sebagai kegiatan PkM (Pengabdian kepada Masyarakat). Selain itu, kegiatan juga bisa berupa sumbangan alat berbasis optika untuk pendidikan maupun untuk memperbaiki kualitas kehidupan masyarakat. Anggota diharapkan mencari sendiri dukungan finansial bagi penyelenggaraan kegiatan tersebut. HOI akan menyediakan sertifikat bagi anggota yang berkontribusi bagi kegiatan tersebut, serta HOI telah menyiapkan *template* presentasi berisi logo *IYL2015* dan logo HOI yang dapat di-*download* dari website HOI. Anggota dapat menambahkan logo institusi asalnya pada materi presentasinya. Sebagai laporan kegiatan tersebut, Anggota diminta untuk menulis artikel berita kegiatan terkait dalam bahasa Inggris yang baik. Berita tersebut akan ditampilkan pada website/buletin HOI dan website/blog *IYL2015*. Beberapa Anggota dari institusi yang berbeda pada lokasi geografis yang berdekatan didorong untuk bekerja sama dalam kegiatan ini. Anggota yang berminat berpartisipasi dipersilahkan untuk menghubungi pengurus HOI (e-mail: inos@IndonesianOptics.org). Informasi lebih lanjut mengenai kegiatan ini dapat dilihat di <http://inos.indonesianoptics.org/iyl2015>.

Berita Pemilu HOI 2015

Sesuai dengan Anggaran Dasar HOI, masa bakti dari organ Himpunan adalah selama 2 tahun. Oleh karenanya tahun 2015 adalah tahun Pemilihan Umum HOI. Dari antara anggota Majelis masa bakti 2013-2015 yang akan otomatis menjadi anggota Majelis masa bakti 2015-2017 adalah Alexander A. Iskandar (yang akan menduduki posisi Mantan Ketua BPP HOI Terakhir dalam keanggotaan Majelis Himpunan masa bakti 2015-2017) dan Henri P. Uranus (menjadi Ketua BPP HOI yang baru).

Untuk mengisi keanggotaan Majelis Himpunan masa bakti 2015-2017 lainnya, akan dilakukan Pemilihan Umum HOI 2015 untuk Anggota Majelis Terpilih dan Wakil Ketua Terpilih.

Proses Pemilu HOI 2015 ini adalah sebagai berikut:

- Majelis membentuk Panitia Pemilihan dengan Ketua Panitia Pemilihan berasal dari Anggota Penuh atau Anggota Utama.
- Panitia Pemilihan membuat rencana dan agenda kerja yang disahkan Majelis.
- Panitia Pemilihan membuat daftar Nominee dengan mengundang para Anggota Utama dan Anggota Penuh yang berhak untuk mengajukan Calon Wakil Ketua BPP Terpilih dan Anggota Majelis Terpilih.
- Panitia menentukan daftar resmi Calon Wakil Ketua BPP Terpilih dan Calon Anggota Majelis Terpilih berdasarkan penilaian Majelis.
- Calon Wakil Ketua BPP Terpilih dan Calon Anggota Majelis Terpilih menyampaikan visi dan garis besar rencana kerjanya.
- Pemilihan umum secara rahasia dan langsung oleh Anggota Utama dan Penuh yang berhak.
- Rapat Pleno Majelis mengesahkan hasil Pemilu.

Untuk melaksanakan Pemilihan Umum HOI 2015 ini, Ketua Majelis telah membentuk Panitia Pemilihan 2015 melalui Surat Keputusan Majelis no. 10/SK-Majelis/XII/2014, dengan susunan sebagai berikut

Ketua : Henri P. Uranus

Anggota : Retna Apsari, Ismudiati P. Handayani

Proses penjangkaran nominee telah berlangsung dari tanggal 10 – 30 April 2015 yang menghasilkan nominee sebagai berikut:

Bakal Calon Wakil Ketua Terpilih:

Dr. Husin Alatas : 7 suara

Dr. Rahmat Hidayat : 3 suara

Bakal Calon Anggota Majelis Terpilih:

Prof. Dr. Tjia May On : 10 suara

Dr. K. Hendrik Kurniawan : 9 suara

Dr. Fitrilawati : 7 suara

Dr. Maria M. Suliyanti : 4 suara

Dr. Herman : 4 suara

Bakal Calon di atas diminta untuk menuliskan Position Paper yang akan ditampilkan dalam Buletin edisi mendatang.

Informasi Pemilu HOI dapat dilihat di <http://inos.indonesianoptics.org/calendar/election-2015>.

BERITA KEGIATAN ILMIAH DAN KONFERENSI

10th International Symposium on Modern Optics and Its Applications (ISMOA) 2015

Himpunan Optika Indonesia bekerja sama dengan *Physics of Magnetism and Photonics Research Division*, ITB, kembali akan menyelenggarakan pertemuan berskala internasional: *10th International Symposium on Modern Optics and Its Applications (ISMOA)*. Simposium, yang merupakan kegiatan ilmiah 2 tahunan dari HOI, akan diselenggarakan dari Tanggal 10 – 13 Agustus 2015 di Institut Teknologi Bandung.

Cakupan topik dari ISMOA 2015 adalah

- *micro and nano photonics*
- *photonic crystals and photonic crystal fiber*
- *plasmonics*
- *metamaterials*
- *photovoltaics*
- *nonlinear optics*
- *optical spectroscopy*
- *bio-photonics*
- *optical sensing, imaging and recording*
- *functional optical materials*
- *quantum optics*

Sejumlah 15 ilmuwan dunia telah menyatakan kesediaannya untuk menjadi pembicara undangan dan sebagian di antaranya juga telah bersedia memberikan tutorial pada hari pertama ISMOA 2015. Ke 15 pembicara undangan ini adalah

Andreas BRAEUER (IOF Fraunhofer Institute, Germany)
Christoph BUBECK (Max Planck Institute for Polymer Research, Mainz, Germany)
Xianfeng CHEN (Shanghai Jiao Tung University, China)
Yiping CUI (Southeast University, China), *Fellow of OSA*
Ben EGGLETON (University of Sydney, Australia), *Fellow of OSA*
Teruya ISHIHARA (Tohoku University, Japan)
Kiichiro KAGAWA (Fukui University, Japan)
Jasper KNOESTER (University of Groningen, Netherlands)
Paul van LOOSDRECHT (University of Cologne, Germany)
Olivier J.F. MARTIN (Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL), Switzerland)
Martin MCCALL (Imperial College, UK), *Fellow of OSA*

Yongkeun PARK (Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea)
Kazuaki SAKODA (National Institute for Material Science, Japan)
Minkyoo SEO (Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea)
Martijn de STERKE (University of Sydney, Australia), *Fellow of OSA*

Tanggal yang perlu dicatat oleh para Anggota HOI adalah 25 Mei 2015 yang merupakan hari penutupan penerimaan abstrak untuk dipresentasikan dalam ISMOA 2015. Informasi lengkap dari ISMOA 2015 dapat dilihat pada (fismots.fi.itb.ac.id/ismoa).

The 3rd International Conference on Optical and Photonic Engineering (icOPEN2015)

Himpunan Optika Indonesia menjadi organisasi pendukung dari *3rd International Conference on Optical and Photonic Engineering (icOPEN2015)*, yang merupakan pertemuan ilmiah dari *Optics and Photonic Society of Singapore (OPSS)*. Pertemuan ini telah diselenggarakan di Singapore pada tanggal 14 – 16 April 2015. Dalam pertemuan ini, telah dibahas juga kelanjutan dari rencana asosiasi-asosiasi optik dan fotonik ASEAN untuk membentuk *ASEAN Commission on Optics and Photonics (ACOP)*. Hadir mewakili HOI dalam pertemuan ini adalah Ketua BPP HOI.

The IEEE International Broadband and Photonics Conference 2015 (IBP 2015)

The IEEE International Broadband and Photonics Conference 2015 (IBP 2015) (www.ibp-conf.org) telah diselenggarakan oleh *IEEE ComSoc Indonesia Chapter* pada tanggal 23 – 25 April 2015 di Kuta, Bali. Konferensi ini didukung oleh HOI di mana anggota HOI yang mendaftar mendapatkan potongan biaya registrasi.

Workshop Photonics LINO2015 LIPI

Kelompok Penelitian Laser, Pusat Penelitian Fisika, LIPI akan mengadakan Lokakarya Ilmiah Nasional Aplikasi Optik dan Fotonik (LINO2015) pada Tgl. 9 – 10 Juni 2015 di Puspiptek, Serpong. HOI memberi dukungan pada kegiatan tersebut, di mana anggota HOI yang mengikutinya akan mendapatkan potongan biaya registrasi sebesar 50% dengan menunjukkan kartu anggota HOI 2015. Informasi lebih lengkap mengenai lokarya tersebut, bisa dilihat di <http://situs.opi.lipi.go.id/linof2015>. Salah satu topik

menarik dari pembicara undangan pada lokakarya tersebut. adalah aplikasi optik untuk wayang kulit 3 dimensi.

Summer School on Lasers and Laser Applications (SSOLLA) 2015

Kursus singkat mengenai Laser dan Aplikasi Laser ini akan diselenggarakan oleh *Advanced Photonics Research Institute* (APRI) dari *Gwangju Institute of Science and Technology* (GIST), di Gwangju, Korea Selatan pada tanggal 6-11 Juli 2015. Target peserta dari kursus ini adalah mahasiswa dan staf akademik muda dari Asia yang dibatasi jumlahnya sampai dengan 30 orang.

Topik kuliah yang akan disampaikan antara lain : *optical fiber, Laser spectroscopy, Laser micro machining, Biomedical optical imaging, Integrated optics* dan *THz photonics*. Di samping kuliah ini, kegiatan kursus ini juga akan memberikan kesempatan kepada pesertanya untuk melakukan eksperimen dalam bidang : *Laser interferometry, Polarization and Faraday effect, Optical coherent tomography, Construction of He-Ne laser, Observation of atomic spectra*.

Pendaftaran keikutsertaan kursus ini dilakukan dengan cara mengirimkan Resume dengan format yang sudah ditentukan, Surat Rekomendasi dan Transkrip Akademik kepada wonsc@gist.ac.kr paling lambat 20 Mei 2015. Keterangan lebih lanjut silahkan menghubungi Dr. Chul-Sik Kee (cskee@gist.ac.kr).

BERITA ANGGOTA

Serba-serbi Keanggotaan HOI

Himpunan Optika Indonesia (HOI) sebagai suatu himpunan profesi, tentu saja merupakan wadah komunikasi dan wadah untuk merintis kerjasama antara para Anggotanya. Di pihak lain, HOI juga harus melayani dan memberikan nilai tambah kepada para Anggotanya. Salah satu bentuk layanan dan nilai tambah yang dapat diberikan HOI adalah untuk setiap kegiatan ilmiah yang diselenggarakan oleh pihak lain yang mendapatkan dukungan dari HOI, maka HOI selalu mengusahakan agar Anggota HOI yang mengikuti kegiatan ilmiah tersebut mendapatkan perlakuan khusus, misalnya potongan biaya keikutsertaan. Layanan lainnya adalah penerbitan Buletin HOI ini sebagai media komunikasi antar Anggota HOI.

Seperti yang telah tertera dalam Anggaran Dasar dan Anggaran Rumah Tangga HOI, keanggotaan HOI terdiri dari

- **Anggota Utama** adalah seseorang yang memiliki kontribusi ilmiah seminal yaitu publikasi ilmiah berdampak dalam bidang berkaitan dengan optika yang ditunjukkan oleh jumlah sitasi dari beberapa publikasi yang signifikan dan berdasarkan keputusan Majelis. Anggota Utama ini diusulkan oleh setidaknya 5 orang Anggota Penuh secara tertulis dengan menyertakan argumentasi bagi pertimbangan oleh Majelis.
- **Anggota Penuh** adalah sarjana yang telah menunjukkan rekam jejak penelitian dalam bidang optika yang dipatenkan secara internasional atau dipublikasikan di jurnal internasional yang tercantum dalam daftar lembaga pengindeks sitasi internasional. Majelis menyetujui penerimaan Anggota Penuh baru setelah pemeriksaan rekam jejak penelitian dalam bidang optika ybs yang diukur dengan jumlah artikel dalam jurnal internasional yang memiliki impact factor atau SNIP minimal 0,1.
- **Anggota Muda** adalah lulusan program pendidikan sarjana S1 yang tertarik dan terlibat dalam kegiatan bidang optika. Majelis menyetujui penerimaan Anggota Muda baru setelah pemeriksaan rekam jejak keterlibatan ybs dalam bidang optika ditandai dengan pernah melakukan presentasi yang berkaitan bidang optika dalam pertemuan ilmiah setidaknya pada tingkat nasional atau telah 3 tahun bekerja dalam bidang optika.
- **Anggota Kehormatan** adalah seorang tokoh masyarakat yang telah memberikan kontribusi luar biasa pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang optika. Pengangkatan Anggota Kehormatan ini dapat diusulkan oleh Majelis atau BPP atau sedikit-dikitnya 10 Anggota dan diputuskan oleh Majelis berdasarkan laporan tim pemeriksa yang dibentuk BPP.

Status keanggotaan ini berlaku seumur hidup untuk Anggota Utama dan Anggota Kehormatan, sedangkan Anggota Penuh dan Anggota Muda, status ini diperpanjang secara otomatis dengan pembayaran iuran tahunan.

Untuk memastikan bahwa layanan dan nilai tambah di atas dapat dinikmati oleh para Anggota HOI, maka status keanggotaan HOI tersebut patut mendapatkan perhatian dari para Anggota HOI. Seperti yang tertuang dalam Anggaran Rumah Tangga HOI, keanggotaan seseorang dalam Himpunan Optika Indonesia (HOI) dapat berakhir oleh karena

- i. meninggal dunia
- ii. atas permintaan sendiri
- iii. tidak membayar iuran selama 4 tahun berturut-turut
- iv. melakukan tindakan tidak terpuji

Pemberhentian Anggota ini diputuskan oleh sidang Majelis berdasarkan usulan dari BPP.

Seorang Anggota Muda HOI dapat saja mengusulkan perubahan status keanggotaannya menjadi Anggota Penuh melalui prosedur seperti yang telah diatur dalam penerimaan Anggota Penuh.

Hendradi Hardhienata meraih gelar Doktor



Himpunan Optika Indonesia (HOI)
Indonesian Optical Society (IOS)

BULETIN HOI (ISSN 2407-683X)

Vol. 4, no. 1, Maret 2015

Pada tanggal 27 Januari 2015 seorang Anggota HOI, yaitu Hendradi Hardhienata mendapatkan gelar doktor dalam bidang fisika dengan area penelitian *theoretical nonlinear optics* di Johannes Kepler University, Linz, Austria. Dr. rer. nat. Hendradi Hardhienata mempertahankan disertasinya yang berjudul "*Second Harmonic Generation in diamond and zincblende lattices*". Salah satu artikel jurnal internasional di mana Dr. rer. nat. Hendradi Hardhienata menjadi ko-penulis baru-baru ini diterima tanpa revisi oleh JOSA B. HOI mengucapkan selamat atas pencapaian tersebut.

Anggota Baru HOI

Pada awal tahun 2015, HOI menerima seorang anggota baru sebagai berikut :

Satria Zulkarnaen Bisri (RIKEN Center for Emergent Matter Science) - No. Anggota 2 2015 00 0071

Majelis Himpunan mengucapkan selamat bergabung kepada para Anggota baru di atas dan berharap keikutsertaan aktif dari para Anggota baru dalam pencapaian tujuan dan misi HOI.

Nomor Anggota dengan format s yyyy rr nnnn seperti yang tertera di atas memiliki arti sebagai berikut :

- s : status keanggotaan (1: Anggota Utama, 2: Anggota Penuh, 3 : Anggota Muda)
- yyyy : tahun diterima sebagai Anggota
- rr : kode provinsi
- nnnn : nomor Anggota

Iuran Anggota tahun 2015

Dengan akan berakhirnya masa berlaku kartu Anggota HOI pada tahun 2014, maka perlu diterbitkan kartu anggota yang baru. Untuk itu semua Anggota HOI diharapkan melunasi iuran Anggota yang berdasarkan ketentuan Majelis HOI, seorang Anggota Penuh diwajibkan untuk melunasi iuran tahunan sebesar Rp. 300.000,- (tiga ratus ribu rupiah) dan Rp. 100.000,- bagi Anggota Muda. Iuran Anggota tersebut dapat ditransfer kepada rekening HOI dengan data sebagai berikut :

Bank : BCA, KCU Mangga Dua
Raya, Jakarta
Nama Rekening : Himpunan Optika Indonesia
Nomor Rekening : 335 3333336

Setelah Bendahara melaporkan diterimanya pembayaran iuran tahun 2015 tersebut, kartu Anggota akan dicetak dan dikirimkan ke alamat masing-masing Anggota yang telah membayar. Untuk membantu mempercepat pencatatan penerimaan iuran Anggota tahun 2015 ini, mohon para Anggota yang telah membayar iuran ini mengirimkan bukti pembayaran ke alamat email HOI (inos@indonesianoptics.org).

LAPORAN SINGKAT HASIL RISET ANGGOTA HOI

Simplified bond-hyperpolarizability model of second and Neumann's principle

Adalberto Alejo-Molina, Hendradi Hardhienata, Kurt Hingerl

Journal of the Optical Society of America B, 31: 526 -533 (2014)

DOI: 10.1364/JOSAB.31.000526

Keywords: Second harmonic generation, Group Theory, Bond model.

Introduction

Nonlinear optics (NLO) is a field of optics that experienced rapid progress not only in theory but also experimentally with many important direct applications in telecommunication, sensing, material characterization, and various other fields. In NLO, the optical properties of a material can be modified by light itself, given that the incoming light has a high intensity. The simplified bond-hyperpolarizability model (SBHM) is a phenomenological description of nonlinear response originally proposed by Aspnes and coworkers several years ago [1, 2] and is based on the assumption that under the influence of an external driving field, the electrons oscillates harmonically and anharmonically, only along the bond direction.

Simplified Bond-Hyperpolarizability Model

The material response (polarization) of the material, using simplified bond-hyperpolarizability model (SBHM), can be calculated through the formula [1,3]:

$$\begin{aligned} \vec{P} &= \frac{1}{V} \sum_j [\alpha_{1j} \hat{b}_j \otimes \hat{b}_j] \cdot \vec{E} + \frac{1}{V} \sum_j [\alpha_{2j} \hat{b}_j \otimes \hat{b}_j \otimes \hat{b}_j] \cdot \vec{E} \otimes \vec{E} + \dots \\ \vec{P} &= \frac{1}{V} \sum_j [\alpha_{1j} \mathbf{R}^{(c)}(\phi) \cdot \hat{b}_j] \cdot \vec{E} \\ &+ \frac{1}{V} \sum_j [\alpha_{2j} (\mathbf{R}^{(c)}(\phi) \cdot \hat{b}_j) \otimes (\mathbf{R}^{(c)}(\phi) \cdot \hat{b}_j) \otimes (\mathbf{R}^{(c)}(\phi) \cdot \hat{b}_j)] \cdot \vec{E} \otimes \vec{E} \\ &= \chi^{(1)} \vec{E} + \tilde{\chi}^{(2)} \vec{E} \otimes \vec{E} \end{aligned} \quad (1)$$

where V is the volume, α_{1j} are the linear polarizabilities, α_{2j} are the hyperpolarizabilities and \hat{b}_j are the unit vectors in the direction of the atomic bonds. Thus, the first term is the linear response and the second one the first nonlinear phenomena, and higher order can be calculated. The summation is going over all the bonds which represent the total response of the conventional cell (Fig. 1). For Si(001) and Si(111) surfaces only one

tetrahedral element is needed, whereas for Si(011) two tetrahedral elements are required because of fabrication impurities that may erase the first layer randomly. Fig. 2 shows these tetrahedral elements and the possible translation that generates the respective surface with the addition of reflection for the Si(011) surface.

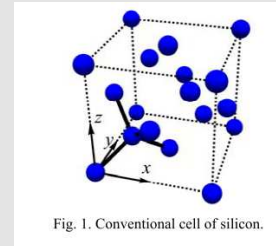


Fig. 1. Conventional cell of silicon.

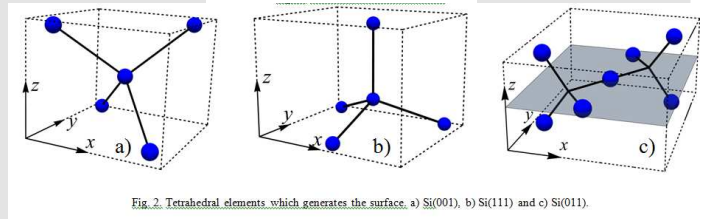


Fig. 2. Tetrahedral elements which generates the surface. a) Si(001), b) Si(111) and c) Si(011).

Group Theory

All symmetry operations, e.g. rotation and mirror planes allowed by a crystal, can be represented by matrices. The set of matrices form a point group. In this way group theory can be used to describe the properties of a crystal or particular structures, which in our case are the tetrahedral elements shown in Fig 2. Moreover, it is well known that the symmetry group of the silicon conventional cell is O_h but the symmetry group of the surface, as mentioned before, is the tetrahedral ones shown in Fig 2 due to symmetry breaking of the surface. A tetrahedral element in the bulk has T_d symmetry but at the surface they can be either C_3 , C_2 , S_4 or σ_d [4] depending on the tetrahedral orientation in the surface. Using group theory we obtain the third rank tensor for the Si(001), Si(111), and Si(011) surfaces to be C_{2v} , C_{3v} , and C_{2v} respectively.

Conclusion:

When SBHM is compared with GT techniques the following results are obtained: Even if the physical picture of SBHM could be oversimplified, the mathematical statements are exactly the same as in previous models. For surfaces, the symmetry point group that belongs to the surface is automatically

included in the susceptibility third-rank tensor when the bonds are defined. If Kleinman symmetry is assumed, the four or five free parameters from GT are immediately reduced to three. SBHM imposes a more restrictive condition in the tensors, reducing the number of free parameters to two. To validate these results, experiments are needed to check whether SBHM is fulfilled.

References

- [1] G. D. Powell, J. F. Wang, and D. E. Aspnes, "Simplified bond-hyperpolarizability model of second harmonic generation," *Phys. Rev. B* **65**, 205320 (2002). C. van Trigt, "Visual system-response functions and estimating reflectance," *J. Opt. Soc. Am. A* **14**, 741–755 (1997).
- [2] J.-F. T. Wang, G. D. Powell, R. S. Johnson, G. Lucovsky, and D. E. Aspnes, "Simplified bond-hyperpolarizability model of second harmonic generation: application to Si-dielectric interfaces," *J. Vac. Sci. Technol. B* **20**, 1699–1705 (2002).
- [3] H. Hardhienata, A. Prylepa, D. Stifter, and K. Hingerl, "Simplified bond-hyperpolarizability model of second-harmonic-generation in Si(111): theory and experiment," *J. Phys.* **423**, 012046 (2013).
- [4] D. C. Harris and M. D. Bertolucci, *Symmetry and Spectroscopy—An Introduction to Vibrational and Electronic Spectroscopy* (Dover, 1989), Chap. 1.

Active Liquid Crystal Tuning of Metallic Nanoantenna Enhanced Light Emission from Colloidal Quantum Dots

Abass, A.*, Rodriguez, S.R.K.*, Ako, T., Aubert, T., Verschuuren, M., Van Thourhout, D., Beeckman, J., Hens, Z., Gomez Rivas, J., and Maes, B.

*equal contribution

Nano Letters, **14**: 5555–5560 (2014)

DOI: 10.1021/nl501955e

Keywords: Waveguide, nanoantenna, liquid crystal, quantum dot, fluorescence, hybrid plasmonic-photonic resonance.

Metallic nanostructures display remarkable optical properties associated with collective excitations of conduction electrons known as localized surface plasmon resonances (LSPRs). LSPRs convert free-space radiation into localized energy and viceversa. Therefore, the term optical antenna, or nanoantenna, has emerged to describe metallic nanostructures with LSPRs coupled to light sources or receivers. Metallic nanoantennas can provide directivity gain, polarization control, emission enhancements, and spectral shaping. While powerful, LSPR based approaches suffer from inherent drawbacks in the context of light emission. The influence of LSPRs is spatially restricted to emitters located within their characteristic decay lengths

(typically <40 nm). Additionally, achieving emission enhancement with pristine angular specificity and narrow spectral width are extremely difficult when depending solely on LSPR due to its spatially localized modal profile and its broad spectral response.

An interesting approach to overcome these limitations consists of coupling LSPRs in individual nanoantennas to long-range photonic modes in dielectric structures. This results in hybrid plasmonic-photonic modes which inherit and mix characteristics of the interacting resonances. Such coupling occurs, for example, in periodic arrays of metallic nanostructures. LSPRs in individual nanoantennas can couple to diffracted or guided modes. The dispersion, linewidth, and field extension of these hybrid modes can be designed via the geometry and dimensions of the structures. Moreover, their fields can be constructed to spatially overlap with nearby emitters extended over large areas in a polarization-, frequency-, and angle-dependent manner. The long-range character of these hybrid modes is well suited to modify the emission from spatially extended sources in the periodicity plane, while preserving sub-wavelength confinement out of the same plane.

A long-standing goal in nanophotonics is to actively control these coupling-enhanced emission properties by means of an external tuning parameter. Liquid crystals (LCs) are interesting materials for this purpose, because their tunable orientation can modify the resonance conditions of nearby optical resonators. Indeed, LCs have enabled active control of resonances in diverse metallic structures, including LSPR-based nanoantennas and propagating surface plasmon polaritons in continuous metallic films.

Here, we demonstrate active spectral and directional control of the enhanced light emission of quantum dots coupled to metallic nanoantennas. For this purpose, we employed a hybrid plasmonic-photonic resonance emerging from the radiative coupling between localized surface plasmons and a waveguide mode in a quantum dot emitter layer. The tuning was achieved by covering the array with a thermotropic liquid crystal, which changes from a birefringent (Figure 1a) to an isotropic state (Figure 1b) above the critical temperature. In turn, this modifies the resonance conditions of the coupled system. The photoluminescence enhancement dispersion measured in the birefringent and isotropic state is shown in Figure 1c and 1d respectively. The narrow linewidth (< 6 nm) and angular spread (<1.5 degrees) of this resonance allowed us to tune the emission with unprecedented wavelength and angular specificity. Supporting our experiments with numerical

simulations, we have shown that the tuning mechanism depends on the field profile, and more specifically on the orientation of the dominant mode polarization in the LC layer with respect to the LC axis. From an applied perspective, we believe that these results hold great promise for smart lighting applications where active beaming and color tuning is required. This is especially useful in the wavelength range where we work, where the human eye translates small variations in wavelength to relatively large color changes. Additionally, we envisage that active control of hybrid plasmonic-photonic modes holds great promise for applications in lasers, and on-chip photon sources

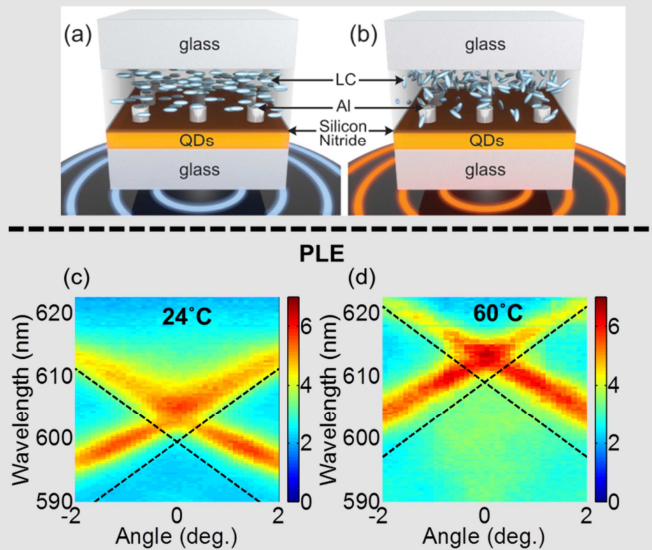


Figure 1. Schematic representation of the sample. (a) At room-temperature (23°C) the liquid crystal is ordered, making the medium overlying the plasmonic antennas birefringent. (b) At higher temperatures (> 58 °C) the liquid crystal is disordered, yielding an isotropic refractive index in the same medium. Measured variable angle photoluminescence enhancement spectra at (c) 24°C and (d) 60°C. The black dashed lines in all the plots represent the dispersion of the fundamental TM waveguide mode in the absence of the aluminum nanodisk array.