**Влияние свободных носителей заряда на дихроизм, отражение и пропускание в анизотропных пористых слоев кремния**

**Дэн Инин1, *Тимошенко В.Ю.*2**

1*аспирант*ка,2*профессор*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,физический факультет, Москва, РоссияE–mail: yingying.d@outlook.com

Пористый кремний обладает сильным двулучепреломлением благодаря своей уникальной наноструктуре, что означает, что материал имеет несколько показателей преломления для света с различной поляризацией и направлением распространения. Благодаря этому свойству пористый кремний может использоваться в самых разных областях, включая оптические фильтры и датчики.[1-3] Хотя факторы, влияющие на эти оптические свойства, такие как наблюдаемое двулучепреломление и дихроизм в образцах *por*-Si, были подробно изучены, концентрация свободных носителей в кремниевой матрице играет ключевую роль, а вот их влияние отсутствует.

Данные исследования направлено на выяснение влияния концентрации свободных носителей на дихроизм, двулучепреломление, отражение и преломление пористых кремниевых слоев путем комплексного численного моделирования на основе модели Бруггемана. Наш подход использует приближение эффективной среды Бруггемана (EMA) для моделирования сложной диэлектрической функции слоев пористого кремния, которые рассматриваются как композитная среда, состоящая из кристаллического кремния и пустот. Модель учитывает изменения концентрации свободных носителей, что позволяет исследовать ее влияние на оптические свойства *por*-Si.[4] Численное моделирование проводилось в диапазоне концентраций свободных носителей, от низких уровней, характерных для собственного кремния, до высоких уровней, связанных с сильно легированными материалами. Эти моделирования были разработаны для того, чтобы отразить оптический отклик слоев *por*-Si в различных условиях, уделяя особое внимание их дихроичному и двулучепреломляющему поведению, а также их отражательным и преломляющим свойствам. Формула Бруггемана, использованная в нашем анализе, представлена ниже[5]:

(1)



где - пористость, , - диэлектрические функции пор и нанокристаллов соответственно, - коэффициент деполяризации, зависящий от направления электрического поля по отношению к осям эллипсоидов, - эффективная диэлектрическая проницаемость.



Мы смоделировали рассчитанные значения дихроизма ∆α, ∆R и ∆T для различных параметров анизотропии x = 0, 0.2, 0.5, 1.2, 1.3 и 1.5 на частоте инфракрасного излучения 1000 соответственно. Полученные нами результаты свидетельствуют о выраженном влиянии концентрации свободных носителей на оптические характеристики слоев пористого кремния. В частности, увеличение концентрации свободных носителей приводит к заметному усилению дихроизма *por*-Si, характеризующегося дифференциальным поглощением света, поляризованного вдоль разных осей. Этот эффект объясняется взаимодействием между свободными носителями и электромагнитным полем, которое модулируется пористой структурой кремниевой матрицы.



**Литература**

1. [Joachim Diener](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=joachim_diener); [N. Künzner](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=n._k%C3%BCnzner); [Dmitry Kovalev](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=dmitry_kovalev); [E. Gross](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=e._gross); [V. Yu. Timoshenko](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=v._yu._timoshenko); [G. Polisski](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=g._polisski); [F. Koch](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=f._koch);  ["Dichroic Bragg Reflectors Based on Birefringent Porous Silicon"](https://www.paperdigest.org/paper/?paper_id=doi.org_10.1063_1.1378045),   [APPLIED PHYSICS LETTERS](https://www.paperdigest.org/review/?topic=journal.Applied_Physics_Letters&q=Birefringent_porous_silicon),  [2001](https://www.paperdigest.org/review/?topic=journal.Applied_Physics_Letters&q=Birefringent_porous_silicon&year=2001).
2. [Jesús Alvarez](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=jes%C3%BAs_alvarez); [Paolo Bettotti](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=paolo_bettotti); [Isaac Suárez](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=isaac_su%C3%A1rez); [Neeraj Kumar](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=neeraj_kumar); [Daniel Hill](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=daniel_hill); [Vladimir Chirvony](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=vladimir_chirvony); [Lorenzo Pavesi](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=lorenzo_pavesi); [Juan Martínez-Pastor](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=juan_mart%C3%ADnez-pastor);  ["Birefringent Porous Silicon Membranes For Optical Sensing"](https://www.paperdigest.org/paper/?paper_id=pubmed-22274199), [OPTICS EXPRESS](https://www.paperdigest.org/review/?topic=journal.Optics_express&q=Birefringent_porous_silicon),  [2012](https://www.paperdigest.org/review/?topic=journal.Optics_express&q=Birefringent_porous_silicon&year=2012).
3. Christian R. Ocier, Corey A. Richards, Daniel A. Bacon-Brown, Neil A. Krueger, Matthew K. Clawson, Julio A. N. T. Soares, and Paul V. Braun, "Optically anisotropic porous silicon microlenses with tunable refractive indexes and birefringence profiles," Opt. Mater. Express 10, 2020.
4. [K. S. Sekerbayev](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=k._s._sekerbayev); [Ye. T. Taurbayev](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=ye._t._taurbayev); [A. I. Efimova](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=a._i._efimova); [V. Yu. Timoshenko](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=v._yu._timoshenko); [T. I. Taurbayev](https://www.paperdigest.org/isearch/?name=t._i._taurbayev);  ["Effect of Free Charge Carriers on Birefringence and Dichroism in Anisotropic Porous Silicon Layers"](https://www.paperdigest.org/paper/?paper_id=doi.org_10.1134_s1063782617080279),   [SEMICONDUCTORS](https://www.paperdigest.org/review/?topic=journal.Semiconductors&q=birefringence_and_dichroism_in_anisotropic_porous_silicon_layers), [2017](https://www.paperdigest.org/review/?topic=journal.Semiconductors&q=birefringence_and_dichroism_in_anisotropic_porous_silicon_layers&year=2017).
5. V. Yu. Timoshenko; Liubov A. Osminkina; A. I. Efimova; Leonid A. Golovan; Pavel K. Kashkarov; Dmitri Kovalev; N. Künzner; Egon Gross; Joachim Diener; F. Koch; “Anisotropy of Optical Absorption in Birefringent Porous Silicon”, PHYSICAL REVIEW B, 2003.