أصباغ السيانين متعددة الامتصاص للخلايا الشمسية للصبغة

اعداد/ الهام نصيرالدين أيوب علي بيفاري

اشراف/ أ.د. رضا محمد عوض الششتاوي

المستخلص

اكتسبت الخلايا الشمسية الصبغية العضوية اهتمامًا كبيرًا نظرًا لانخفاض تكلفتها وسهولة التعامل بها وتوليفها للحصول على كفاءة أداء عالي في تحويل الطاقة الضوئية الى كهربائية. ومن بين العديد من المحسّسات الضوئية العضوية المستخدمة في الخلايا الشمسية الصبغية، تتميز السيانين والهيميسيانين بدرجة ثبات وامتصاصية عالية في النطاق الطيفي المرئي إلى القريب من الأشعة تحت الحمراء. لكن، نظرًا لقصورهذه الصبغات المتمثل في ضيق نطاق الامتصاص الناتج عن انتقال الشحنة داخل المركب، فإن الدراسات المكثفة ما زالت جارية لتطوير استراتيجيات جديدة من أجل زيادة نطاق الامتصاص، والتي تعد ذات قيمة كبيرة لتحقيق كفاءة أداء أعلى من الخلايا الكهروضوئية. ومن ثم، ركزهذا العمل على تصميم وتحضيرودراسة أصباغ مستحدثة من السيانين والهيميسيانين المتعددة الامتصاص، ذات البنى المتقدمة. والتي تم ادخال وحدات إضافية فيها سواء كانت وحدات مانحة أو معطية أو فواصل بروابط مقترنة لتعزيز الخواص الضوئية والكهروكيميائية لها. فشملت هذه المركبات مجموعة متنوعة من الوحدات المانحة -الواعدة في مجال الخلايا الشمسية الصبغية- مثل الكربازول والفينوثيازين والفينوكسازين والثلاثي فينيل امين والإندول، والتي كانت في ارتباط مترافق مع مجموعتين مختلفتين من الوحدات المستقبلة والمتمثلة في أيون الإندوليوم وحمض السيانوأكريليك. وقد تم ألكلة الوحدات بسلاسل الألكيل لتجنب التكتلات غيرالمرغوبة للصبغة وتفادي حصول التفاعلات العكسية للشحنة. تم تحضيرهذه الصبغات من خلال اجراء تفاعلات متعددة الخطوات باستخدام بعض التفاعلات الرئيسية مثل تفاعل الاستبدال النيوكليوفيلي وفيلزمايرـهاك والبرومة و اقتران سوزوكي ونوفيناقيل. وقد تم اثبات التركيب البنائي للأصباغ الحديثة باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء وطيف الرنين النووي المغناطيسي وطيف الكتلة. كما

تم اجراء قياسات الامتصاص والانبعاث وقياسات الجهد الدوري. وقد أظهرت هذه القياسات الفيزيائية الضوئية والكهروكيميائية استجابة امتصاص ضوئي واعد وعلى نطاق واسع من الطيف المرئي مع امتصاصية عالية ومستويات طاقة الكترونية مناسبة، والتي تعد مؤشرًا واعدًا لمدى ملاءمتها كمحسسات ضوئية في الخلايا الشمسية الصبغية. ومن ثم، فإن المزيد من الدراسات النظرية والتجريبية جارية لتقييم خصائصها الكهروضوئية وكفاءتها في تحويل الطاقة.

CYANINE-BASED PANCHROMATIC DYES FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS

Elham Nasseraldeen Bifari

Supervised By

Prof. Dr. Reda M. El-Shishtawy

Abstract

Global warming and rising energy needs have prompted a renewed interest in alternative energy technologies. In recent years, dye-sensitized solar cells (DSSCs) based on organic dyes have gained substantial interest due to their potentiality for inexpensive photovoltaic energy conversion. Among the variable organic photosensitizers, those based on cyanine (Cy) and hemicyanine (HCy) were notable for their stability and high molar absorption coefficients in the visible to near infrared spectral range. However, due to their characteristic narrow intramolecular charge transfer (ICT) absorption band, extensive studies still ongoing for advancing new strategies in order to increase their panchromatic responses, which is significantly valuable for achieving higher photovoltaic performances. Hence, this work focused on designing, synthesizing, and exploring novel cyanine and hemicyanine panchromatic dyes with advanced architectures, D-π-π-A, D-D-π-A, D-π-A-D-π-A. The structural designs involve the introduction of auxiliary donors, auxiliary acceptors and extended π-spacers to enhance their panchromatic response and other optical properties as well as tunning their electrochemical properties. The synthesized structures were incorporated with some promising donors in the field of DSSC (carbazole, phenothiazine, phenoxazine, triphenylamine, and indole units), which were in conjugation with two different acceptor/anchoring groups, (noncarboxylated/ carboxylated indolium ion and cyanoacrylic acid). To avoid any susceptible aggregation and charge recombination, some of the units were subjected to alkylation with long alkyl chains beforehand. The desired molecular structures were achieved through multistep reactions utilizing some major reactions such as S_N2 reaction, Vilsmeier-Haack reaction, bromination, borylation, Suzuki coupling reaction, and Knoevenagel condensation reaction. The newly synthesized dyes were characterized by FTIR, ^{1}HNMR, ^{13}CNMR, DEPT, HRMS, UV-Vis. and fluorescence spectroscopy and cyclic voltammetry. The photophysical and electrochemical data featured promising panchromatic responses with high molar extinction coefficients, high broadness covering the whole visible region, low optical bandgaps, and tuned HOMO/LUMO energy levels, which are a promising indication of their suitability as sensitizers in DSSCs. Hence, further theoretical, and experimental studies are under progress to assess their photovoltaic properties and evaluate their light harvesting and photocurrent conversion efficiencies.