



**NANYANG
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY**

SINGAPORE

البحث في أصول التأثير الفوتوقلطي في خلايا من البزموت فريت ذو
الخاصية الفيروكهربية

عمرو أحمد قرني عبد السميع

هندسة المواد و كلية علوم

ملخص الرسالة التي بعنوان - البحث في أصول التأثير الفوتوفولطي في خلايا من البزموت فريت ذو الخاصية الفيروكهربية - كالآتي:

لقد أصبح تطوير مصادر طاقة نظيفة و مستدامة ذو أهمية بالغة للبشرية. الجدير بالذكر أن الطاقة الشمسية - الغزيرة - يمكن تحويلها إلى طاقة كهربية بشكل مباشر و التي تشكل مصدراً أساسياً للطاقة في العصر الحديث. تتكون (Photovoltaic cells) يشار إلى منصات تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية بالخلايا الشمسية الخلية الشمسية التقليدية من صمام ثنائي من السيليكون. في مثل هذه الخلايا النمطية ، يساعد الجهد (علي تكوين جهد كهربى و الذي P-type و n-type الكهروكيميائي المتكون عند السطح البيني (بين الطبقتين يصبح (V_{oc}) بدوره يساعد في عملية الفصل للشحنات الكهربائية المثارة ضوئياً . وبالتالي فإن جهد الدائرة المفتوحة مقيداً بقيمة الفجوة الطاقية لمادة السيليكون. أيضاً تتقيد كفاءة الخلية بالنموذج الذي وضعه شوكلى والذي تنبأ بحد أقصى للكفاءة لا يتعدى ٣٣,٧٪ عند استخدام شبه موصل ذو (Shockley-Queisser) وقويسر فجوة طاقة ١,٣٤ إلكترون فولت. تكمن المشكلة هنا في أن كفاءة الخلايا الشمسية المتاحة بالأسواق قد وصلت بالفعل للحد الأقصى المذكور سالفاً وبالتالي فإن إيجاد حلاً بديلاً أصبح أمراً لا مفر منه. علي الصعيد الآخر تشكل بديلاً مرتقباً للخلايا الشمسية النمطية. تعتمد (Bulk photovoltaic cells) فإن الخلايا الشمسية الداخلية مثل هذه الخلايا في تكوينها على المواد الفيروكهربية كمادة ماصة للضوء وأيضا في عملية فصل الشحنات المثارة ضوئياً داخل المادة دون الحاجة لتكوين جهود كهربية عند أي أسطح بينية. بناءً على ذلك فإن جهد الدائرة المفتوحة الناتج عن الخلية لا يعتمد على الفجوة الطاقية للمادة، وبالتالي أصبح من الممكن الوصول لجهود تتعدى الفجوة الطاقية. أيضاً الخلايا الشمسية الداخلية بسيطة في تكوينها مقارنة بالخلايا التقليدية مثل خلايا الصمامات الثنائية والخلايا متعددة الوصلات الثنائية.

على الرغم من أنه تم اكتشاف ظاهرة تحويل الطاقة الضوئية إلى كهربية في خلايا تعتمد علي مواد فيروكهربية في تكوينها عام ١٩٥٦، إلا أن الظاهرة لم تعار الاهتمام المرجو حتى قدوم عام ٢٠٠٩ عندما تم اكتشاف ظاهرة. منذ ذلك الحين فقد بذل العلماء مجهوداً كبيراً في (BiFeO_3) فوتوفولطية ثنائية القطب في بلورات البزموت فريت استكشاف جذور و آلية الظاهرة في المواد الفيروكهربية حيث أن - و بالرغم من بساطة الخلية في تكوينها البنائي - إلا أنها معقدة في تكوينها الكهربى. يكمن تعقيد الخلية في وجود عدة منصات يعتقد أنها تساعد في ،حوائط (Schottky barrier diode) عملية الفصل للشحنات المثارة ضوئياً مثل الصمام الثنائي لحاجز شوتكي ، وأخيراً الفوتوفولطية الداخلية. هذا الأمر أدى إلى انقسام كبير في (Domain walls) النطاقات الفيروكهربية آراء العلماء حول آلية الظاهرة الفوتوفولطية في الخلايا المعتمدة على مواد فيروكهربية في تكوينها. لذلك فإن هذه الأطروحة تبحث جذور و آلية الاستجابة الفوتوفولطية في خلايا مبنية من أغشية رقيقة من البزموت فريت المحصورة بين أقطاب معدنية.

(Epitaxial) تهدف هذه الأطروحة إلى تصنيع و دراسة الخواص الفوتوفولطية لأغشية رقيقة أحادية البلورة في (Pulsed Laser Deposition) من مادة البزموت فريت. أستخدم جهاز الترسيب بالليزر النبضي (films) تصنيع الأغشية الرقيقة. قبل قياس الخواص الفوتوفولطية، تم فحص وتحليل الخواص الطبوغرافية والبلورية و (Atomic Force microscope) والفيروكهربية لأغشية البزموت فريت بأجهزة ميكروسكوب القوة الذرية

و كلاً من مختبر الفيروكهربية (High-resolution X-ray diffraction) حيود الأشعة السينية عالية التحليل و (Piezoresponse Force microscope) و ميكروسكوب القوة البيزوكهربية (Ferroelectric tester) . أخيراً تم دراسة الخواص الفوتوفلطية تحت كلاً من الضوء الأبيض و أشعة الليزر باستخدام مقياس الخواص الكهربية (Sourcemeeter) .

بدراسة الخاصية الفوتوفلطية تحت الضوء الأبيض لأغشية البزموت فريت - أحادية النطاق الفيروكهربي - ، و جد أن (Platinum) و البلاينيوم ($La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$) المحصورة بين أغشية معدنية من منجنيت اللانثانوم التأثير الفوتوفلطي ترجع جذوره الى خلية حاجز شوتكي المتكونة عند الوصلات بين طبقة البزموت فريت و الأقطاب المعدنية. بدراسة خلايا من البزموت فريت متغيرة السُمك بين 38 نانومتر و 0.0 نانومتر، وُجد أن تيار قد قفز بحوالي قيمة أسية في الخلية ذات السُمك الأصغر. الجدير بالذكر أن هذا السلوك عادة (J_{sc}) الدائرة المغلقة ما يرتبط بخلايا حاجز شوتكي التقليدية و الذي يرجع الى تعزيز قيمة كفاءة تجميع الشحنات المثارة ضوئياً في الخلية. أيضاً تضمنت الأطروحة استراتيجية تجريبية أخرى و هي تعديل خصائص السطح البيني عند القطب . (Schottky contact) و الخاصية الشوتكية (Ohmic contact) المعدني الأمامي بين الخاصية الأومية كانت المفاجأة هنا ان التجارب العملية أكدت علي أن وجود حاجز شوتكي أمر لا بد منه للحصول علي استجابة فوتوفلطية من الخلية ذات الطبقة الفيروكهربية تحت الضوء الأبيض. هذه النتائج تتضمن أيضاً أن الظاهرة الفوتوفلطية الداخلية غير قابلة للقياس في الخلايا المذكورة أعلاه. الاستراتيجية العملية الأخيرة هي استخدام ضوء مستقطب استقطاباً خطياً لدراسة إذا ما كانت الظاهرة الفوتوفلطية الداخلية موجودة أم لا. لهذا الهدف، تم اختيار ثلاثة مصادر ضوء وهم الضوء الأبيض، الضوء الأخضر (طول موجي 532 نانومتر) والضوء البنفسجي (طول موجي 405 نانومتر). أردت الاختبارات الفوتوفلطية الى أنه بإضاءة الخلية بالضوء الأبيض أو الأخضر، فإن الظاهرة الفوتوفلطية الشوتكية تغطي على القياسات بينما أدت إضاءة الخلية بالضوء البنفسجي الى ظهور الخاصية الفوتوفلطية الداخلية. كانت الاستنتاجات هنا قد تأكدت بمقارنة النتائج العملية بنظرية الظاهرة الفوتوفلطية الداخلية.

تتيح هذه النتائج البحثية فرصة كبيرة لفهم الظاهرة الفوتوفلطية الداخلية من الناحية العلمية والتكنولوجية. من للاحية العلمية، فإن النتائج هنا تقترح مفهوماً جديداً عن الظاهرة والتي عانت غموضاً منذ خمسينيات القرن الماضي. أيضاً تبرز النتائج ظاهرتين تنافسيتين هنا في البلورات الفيروكهربية وهما الظاهرة الفوتوفلطية والتي تظهر في البلورات القطبية بشكل عام. (Linear Dichroism) الداخلية وظاهرة الثنائية اللونية الخطية أما من الناحية التكنولوجية فإن النتائج هنا تفسح الطريق الى تصنيع خلايا شمسية معتمدة على المواد الفيروكهربية لإنتاج طاقة كهربية. وأخيراً فإن النتائج أيضاً تعرض بناء كواشف للضوء المستقطب استقطاباً أحادياً .