

Abstract

In the past, merocyanines have been extensively tested in organic photovoltaics processed from solution. In this thesis, they are introduced to vacuum-processed solar cells for the first time.

Four merocyanine dyes (HB226, MD376, HB194 and HB094) are closely investigated in a comprehensive comparison study on solution- and vacuum-processed bulk heterojunction solar cells. The influence of the deposition technique on the figures of merit is analyzed by scanning transmission electron microscopy as well as by photoluminescence experiments. Power conversion efficiencies up to 4.9% are achieved for vacuum-processed solar cells in a non-optimized device configuration, comprising only three organic layers.

Highly promising vacuum-processed devices based on the dyes MD376 and HB194 are further optimized, leading to high efficiencies of 5.0% and 6.1%, respectively. A large open-circuit voltage beyond 1 V is achieved in an extended bulk heterojunction/planar heterojunction device configuration. Hole mobility as well as light intensity measurements are carried out for the best performing HB194 solar cell.

Finally, merocyanine dyes are introduced in tandem solar cells for the first time. A recombination layer of Al/MoO₃ is successfully employed in a fully vacuum-processed “proof of concept” MD376/MD376 tandem cell, showing a high efficiency of 4.7% due to a substantial improvement in the fill factor and a high open-circuit voltage up to 2.1 V. Moreover, first merocyanine hybrid tandem cells (combining solution- and vacuum-processed subcells) are realized. The combination of complementary absorbing dyes demonstrates the great potential of merocyanine dyes in tandem cell applications.

Kurzbeschreibung

Bisher wurden Merocyanine ausschließlich in lösungsprozessierter organischer Photovoltaik eingesetzt. In dieser Arbeit werden die Farbstoffe zum ersten Mal in vakuumprozessierten Bulk Heterojunction Solarzellen getestet.

Im direkten Vergleich zwischen Lösungs- und Vakuumprozessierung werden vier Farbstoffe (HB226, MD376, HB194 und HB094) untersucht. Der Einfluss der Prozessierungsmethode auf die Solarzellen Kenngrößen wird mit Hilfe der Elektronenmikroskopie und Photolumineszenz analysiert. Für vakuumprozessierte Solarzellen wird ein Wirkungsgrad von 4.9% in einem nicht optimierten Schichtaufbau, bestehend aus nur drei organischen Schichten, erzielt.

Durch Optimierung werden Wirkungsgrade von 5.0% für MD376 und 6.1% für HB194 vakuumprozessierte Solarzellen erreicht. In einem erweiterten Bulk Heterojunction/Planar Heterojunction Schichtaufbau werden Leerlaufspannungen größer 1 V gemessen. Für die optimierte HB194 Solarzelle wird zusätzlich die Lochbeweglichkeit gemessen sowie das Solarzellen Verhalten bei verschiedenen Lichtintensitäten getestet.

Schließlich werden Merocyanine in Tandem-Solarzellen eingeführt. Eine Al/MoO₃ Rekombinationsschicht wird erfolgreich in vollständig vakuumprozessierten MD376/MD376 Tandemzellen getestet. Aufgrund einer beachtlichen Füllfaktor Erhöhung und Leerlaufspannungen bis zu 2.1 V, wird ein hoher Wirkungsgrad von 4.7% erreicht. Weiterhin werden Merocyanin Hybrid Tandemzellen (eine lösungs- und eine vakuumprozessierte Teilzelle) erstmals hergestellt. Die Kombination von komplementär absorbierenden Farbstoffen eröffnet ein großes Potenzial für den Einsatz von Merocyaninen in Tandemzellen.