Agentúra na podporu výskumu a vývoja
Mýtna 23, P.O.BOX 839 04, 839 04 Bratislava 32

Formulár ZK

Záverečná karta projektu

Názov projektu | Evidenčné číslo projektu **APVV-19-0465**

Hybridné nízkorozmerné vrstevnaté materiály s novými funkciami

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Mária Omastová, DrSc.**
Príjemca **Ústav polymérov SAV, v. v. i.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený
Hlavný riešiteľ: Ústav polymérov SAV, v.v.i.
Spoluriešiteľ: Fyzikálny ústav SAV, v. v. i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- - -

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- - -

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače
Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch
2021
1. ALI, Israt - DIN, Muhammad Faraz Ud - KÁLOSI, Anna - ANNUŠOVÁ, Adriana - LABUDOVÁ, Martina - JERGEL, Matej - SOYKA, Yaryna - OMASTOVÁ, Mária - MAJKOVÁ, Eva. Facile fabrication of Ti3C2 MXene nanosheets and their photothermal properties. In NANOCON 2021 Proceedins 13th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, October 20-22, 2021, Brno, Czech Republic. - Ostrava, Czech Republic, pg. 258-264, ISBN: 978-80-88365-00-6, , DOI: https://doi.org/10.37904/nanocon.2021.4359, Typ: ADMB
2. BRUNOVÁ, Alica - VÉGSO, Karol - NÁDAŽDY, Vojtech - NÁDAŽDY, Peter - SUBAIR, Riyas - JERGEL, Matej - MAJKOVÁ, Eva - PANDIT, Pallavi - ROTH, Stephan V. - KRASNANSKY, Alexander - HINDERHOFER, Alexander - SCHREIBER, Frank - TIAN, Jianjun - ŠIFFALOVIČ, Peter. Structural and trap-state density enhancement in flash-infrared annealed Perovskite layers. In Advanced Materials Interfaces, 2021, vol. 8, no. 14, 2100355. (2020: 6.147 - IF, Q2 - JCR, 1.671 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1002/admi.202100355 Typ: ADCA
3. GMUCOVÁ, Katarína. Structural properties versus electronic structure of donor-acceptor alternating copolymers: A review. In Synthetic Metals, 2021, vol. 274, no. 11, 116718. (2020: 3.266 - IF, Q2 - JCR, 0.672 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 0379-6779. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2021.116718 Typ: ADCA
4. GMUCOVÁ, Katarína - KONÔPKA, Martin - VÉGSO, Karol - BOKES, Peter - NÁDAŽDY, Vojtech - VÁRY, Tomáš. Correlation between Molecular Stereostructure, Film

Microstructure, and Electronic Structure of Polyfluorene and Fluorene Based Alternating Copolymers F8BT and PFO-DBT. In Journal of Physical Chemistry C, 2021, vol. 125, p. 8045-8054. (2020: 4.126 - IF, Q2 - JCR, 1.401 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c10725 Typ: ADCA

5. KOVARICEK, Petr - NÁDAŽDY, Peter - PLUHAROVA, Eva - BRUNOVÁ, Alica - SUBAIR, Riyas - VÉGSO, Karol - GUERRA, Valentino Libero Pio - VOLOCHANSKYI, Oleksandr - KALBAC, Martin - KRASNANSKY, Alexander - PANDIT, Pallavi - ROTH, Stephan Volker - HINDERHOFER, Alexander - MAJKOVÁ, Eva - JERGEL, Matej - TIAN, Jianjun - SCHREIBER, Frank - ŠIFFALOVIČ, Peter. Crystallization of 2D Hybrid Organic-Inorganic Perovskites Templated by Conductive Substrates. In Advanced Functional Materials, 2021, vol. 31, no. 13, art. no. 2009007. (2020: 18.808 - IF, Q1 - JCR, 6.069 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1002/adfm.202009007 Typ: ADCA

6. KOZAK, Andrii - PRECNER, Marián - HUTÁR, Peter - BODIK, Michal - VÉGSO, Karol - HALAHOVETS, Yuriy - HULMAN, Martin - ŠIFFALOVIČ, Peter - ŤAPAJNA, Milan. Angular dependence of nanofriction of mono- and few-layer MoSe2. In Applied Surface Science, 2021, vol. 567, no. 150807. (2020: 6.707 - IF, Q1 - JCR, 1.295 - SJR, Q1 - SJR, karentované - CCC). (2021 - Current Contents, WOS, SCOPUS).. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.150807 Typ: ADCA

7. MRKÝVKOVÁ, Naďa, - CERNESCU, A. - FUTERA, Z. - NEBOJSA, A. - DUBROKA, A. - SOJKOVÁ, Michaela - HULMAN, Martin - MAJKOVÁ, Eva - JERGEL, Matej - ŠIFFALOVIČ, Peter - SCHREIBER, F. Nanoimaging of orientational defects in semiconducting organic films. In Journal of Physical Chemistry C, 2021, vol. 125, p. 9229–9235. (2020: 4.126 - IF, Q2 - JCR, 1.401 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.1c00059 Typ: ADCA

8. MRKÝVKOVÁ, Naďa - HELD, Vladimír - NÁDAŽDY, Peter - SUBAIR, Riyas - MAJKOVÁ, Eva - JERGEL, Matej - VLK, Aleš - LEDINSKÝ, Martin - KOTLÁR, Mário - TIAN, Jianjun - ŠIFFALOVIČ, Peter. Combined in situ photoluminescence and X-ray scattering reveals defect formation in Lead-Halide Perovskite films. In Journal of Physical Chemistry Letters, 2021, vol. 12, no. 41, p. 10156-10162. (2020: 6.475 - IF, Q1 - JCR, 2.563 - SJR, Q1. 1). Dostupné na: https://doi.org/10.1021/acs.jpclett.1c02869 Typ: ADCA

2022

9. MRKÝVKOVÁ, Naďa, Tesařová - HELD, Vladimír - HALAHOVETS, Yuriy - NÁDAŽDY, Peter - JERGEL, Matej - MAJKOVÁ, Eva - SCHREIBER, F. - ŠIFFALOVIČ, Peter. Simultaneous measurement of X-ray scattering and photoluminescence during molecular deposition. In Journal of Luminescence, 2022, vol. 248, art. no. 118950. (2021: 4.171 - IF, Q2 - JCR, 0.640 - SJR, Q2 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2022.118950 Typ: ADCA

10. MACHATA, Pete - HOFBAUEROVÁ, Monika, Benkovičová - SOYKA, Yaryna - STEPURA, Anastasiia - TRUCHAN, Daniel - HALAHOVETS, Yuriy - MIČUŠÍK, Matej - ŠIFFALOVIČ, Peter - MAJKOVÁ, Eva - OMASTOVÁ, Mária. Wettability of MXene films. In Journal of Colloid and Interface Science, 2022, vol. 622, p. 759-768. (2021: 9.965 - IF, Q1 - JCR, 1.397 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.04.135 Typ: ADCA

11. DIN, Muhammad Faraz Ud - HELD, Vladimír - ULLAH, Sami - SOUSANI, Shima - OMASTOVÁ, Mária - NÁDAŽDY, Vojtech - SHAJI, Ashin - ŠIFFALOVIČ, Peter - JERGEL, Matej - MAJKOVÁ, Eva. A synergistic effect of the ion beam sputtered NiOx hole transport layer and MXene doping on inverted perovskite solar cells. In Nanotechnology, 2022, vol. 33, no. 42, art. no. 425202, [7] p. (2021: 3.953 - IF, Q2 - JCR, 0.757 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1088/1361-6528/ac7ed4

12. KOZAK, Andrii - HOFBAUEROVÁ, Monika, Benkovičová - HALAHOVETS, Yuriy - PRIBUSOVÁ SLUŠNÁ, Lenka - PRECNER, Marián - MIČUŠÍK, Matej - OROVČÍK, Ľubomír - HULMAN, Martin - STEPURA, Anastasiia - OMASTOVÁ, Mária - ŠIFFALOVIČ, Peter - ŤAPAJNA, Milan. Nanofriction properties of mono- and double-layer Ti3C2Tx MXenes. In ACS Applied Materials & Interfaces, 2022, vol. 14, p. 36815-36824. (2021: 10.383 - IF, Q1 - JCR, 2.143 - SJR, Q1 - SJR).. Dostupné na: https://doi.org/10.1021/acsami.2c08963. Typ: ADCA

13. ULLAH, S. - DIN, Muhammad Faraz Ud - KASI, Jafar Khan - KASI, Ajab Khan - VÉGSO, Karol - KOTLAR, Mario - MIČUŠÍK, Matej - JERGEL, Matej - NÁDAŽDY, Vojtech - ŠIFFALOVIČ, Peter - MAJKOVÁ, Eva - FAKHARUDDIN, Azhar. Mesoporous SnO2

nanoparticle-based electron transport layer for perovskite solar cells. In ACS Applied Nano Materials, 2022, vol. 5, iss. 6, p. 7822-7830. (2021: 6.140 - IF, Q2 - JCR, 1.178 - SJR, Q1 - SJR). Dostupné na: https://doi.org/10.1021/acsanm.2c00840

14. SHAJI, Ashin - VÉGSO, Karol - SOJKOVÁ, Michaela - HULMAN, Martin - NÁDAŽDY, Peter - HALAHOVETS, Yuriy - PRIBUSOVÁ SLUŠNÁ, Lenka - VOJTEKOVÁ, Tatiana - HRDÁ, Jana - JERGEL, Matej - MAJKOVÁ, Eva - WIESMANN, J. - ŠIFFALOVIČ, Peter. Stepwise sulfurization of MoO_3 to MoS_2 thin films studied by real-time X-ray scattering. In Applied Surface Science, 2022, vol. 606, no. 154772. (2021: 7.392 - IF, Q1 - JCR, 1.147 - SJR, Q1 - SJR).. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2022.154772 Typ: ADCA

15. MIČKY, Simon - BODÍK, Michal - MIČETIĆ, Maja - FETZER, Florian - STRIENZ, Markus - HELD, Vladimír - JERGEL, Matej - SCHNEPF, Andreas - SCHREIBER, Frank - ŠIFFALOVIČ, Peter. Multilayer Langmuir Film of Monodisperse Au Nanoclusters: Unusual Growth via Bilayers. In Langmuir, 2022, vol. 38, p. 14850-14856. (2021: 4.331 - IF, Q2 - JCR, 0.884 - SJR, Q1 - SJR).. Dostupné na: https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c02514 Typ: ADCA

16. HELD, Vladimír - MRKÝVKOVÁ, Naďa, Tesařová - NÁDAŽDY, Peter - VÉGSO, Karol - VLK, Aleš - LEDINSKÝ, Martin - JERGEL, Matej - CHUMAKOV, Andrei - ROTH, Stephan V. - SCHREIBER, Frank - ŠIFFALOVIČ, Peter. Evolution of Structure and Optoelectronic Properties During Halide Perovskite Vapor Deposition. In Journal of Physical Chemistry Letters, 2022, vol. 13, p. 11905-11912. (2021: 6.888 - IF, Q1 - JCR, 2.009 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 1948-7185. Typ: ADEA

2023

17. DIN, Muhammad Faraz Ud - SOUSANI, Shima - KOTLÁR, Mário - ULLAH, Sami - GREGOR, Maroš - ŠČEPKA, Tomáš - SOYKA, Yaryna - STEPURA, Anastasiia - SHAJI, Ashin - IGBARI, Femi - VÉGSO, Karol - NÁDAŽDY, Vojtech - ŠIFFALOVIČ, Peter - JERGEL, Matej - OMASTOVÁ, Mária - MAJKOVÁ, Eva. Tailoring the electronic properties of the SnO_2 nanoparticle layer for n-i-p perovskite solar cells by $Ti_3C_2T_x$ MXene. In Materials Today Communications, 2023, vol. 36, art.no. 106700, [10] p. (2022: 3.8 - IF, Q2 - JCR, 0.644 - SJR, Q2 - SJR). Typ: ADCA

18. MIČUŠÍK, Matej - ŠLOUF, Miroslav - STEPURA, Anastasiia - SOYKA, Yaryna - OVODOK, Evgeni - PROCHÁZKA, Michal - OMASTOVÁ, Mária. Aging of 2D MXene nanoparticles in air: An XPS and TEM study. In Applied Surface Science, 2023, vol. 610, art. no. 155531, [9]p. (2022: 6.7 - IF, Q1 - JCR, 1.187 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 0169-4332. Typ: ADCA

19. STEPURA, Anastasiia - MIČUŠÍK, Matej - OLIVIERI, Federico - GENTILE, Gennaro - LAVORGNA, Marino - AVELLA, Maurizio - MATYSOVÁ, Edita - VILČÁKOVÁ, Jarmila - OMASTOVÁ, Mária. Preparation and properties of novel binary and ternary highly amorphous poly(vinyl alcohol) - based composites with hybrid nanofillers. In Scientific Reports, 2023, vol. 13, art. no. 19123, [15] p. (2022: 4.6 - IF, Q2 - JCR, 0.973 - SJR, Q1 - SJR). ISSN 2045-2322. Typ: ADCA

Vedecké práce publikované v nerecenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch v SR

1.OMASTOVÁ, Mária et al. New hybrid materials and their applications. In PMA 2020 & SRC 2020 : International Conference on Polymeric Materials in Automotive & 24th Slovak Rubber Conference: book of proceedings. - Bratislava: Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, 2020, p. 20 - 22. ISBN 978-80-89841-13-4. Pozvaná prednáška.

2. KOLLÁR, Jozef et al. Sulfobetaine-based polydisulfides with tunable upper critical solution temperature (UCST) in water alcohols mixture. In ChemZi: Slovenský časopis o chémii pre chemické vzdelávanie, výskum a priemysel, 2021, roč. 17, č. 1, s. 136-137. ISSN 1336-7242. (73. Zjazd chemikov).

3. MACHATA, Peter et al.. An In-depth study of the wettability of MXene films. In The 6th International conference on nanomaterials: Fundamentals and applications: Book of abstracts. Košice, 16.-19.10.2022. - Košice: Prírodovedecká fakulta UPJŠ, 2022, p. 99-100. ISBN 978-80-5740127-8. (International conference on nanomaterials: Fundamentals and applications.)

4. OMASTOVÁ, Mária. Two-dimensional nanomaterials and hybrids for advanced applications. In The 6th International conference on nanomaterials: Fundamentals and applications : Book of abstracts. Košice, 16.-19.10.2022. Edited by Jana Shepa Košice : Prírodovedecká fakulta UPJŠ, 2022, p. 13-15. ISBN 978-80-5740127-8. (International

conference on nanomaterials: Fundamentals and applications. International conference on nanomaterials: Fundamentals and applications)
5. J. KOLLÁR, et al. Preparation and characterization of Quantum Dots for Perovskite Solar Cells Application. In The 7th International conference on novel materials Fundamentals and applications: Book of abstracts. Košice, 15.-18.10.2023. - Košice: Prírodovedecká fakulta UPJŠ, 2023, p. 50-52. ISBN 978-80-574-0244-2 (e-publication) (International conference on nanomaterials: Fundamentals and applications. International conference on nanomaterials: Fundamentals and applications)
Vedecké práce publikované v nerecenzovaných odborných časopisoch a zborníkoch v zahraničí
1. OMASTOVÁ, Mária et al. Polymeric composites and hybrids with 2D nanofillers. In Polymer Meeting 14: book of abstracts. - Graz : Verlag der Technischen Universität Graz, 2021, p. [CL-B1]. ISBN 978-3-85125-844-8.
2. MACHATA, Peter et al. Wettability of thin MXene films. In NANOCON 2021-Abstracts : 13th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, October 20-22, 2021, Brno, Czech Republic. - Ostrava, Czech Republic : TANGER Ltd., 2021, p. 29-30. ISBN 978-80-88365-00-6.
3. DIN, Muhammad Faraz Ud et al. The effect of Ti3C2Tx MXene doping on electronic properties of SnO2 nanoparticle films for perovskite solar cells. In NANOCON 2021-Abstracts: 13th International Conference on Nanomaterials - Research & Application, October 20-22, 2021, Brno, Czech Republic. - Ostrava, Czech Republic : TANGER Ltd., 2021, p. 85-86. ISBN 978-80-88365-00-6.
4. OMASTOVÁ, Mária - STEPURA, Anastasiia - SOYKA, Yryna – MIČUŠÍK, Matej - SIFFALOVIC, Peter- MAJKOVA, Eva, et al. Hybrid Nanomaterials in Polymeric Composites and Solar Cells. EPF meeting. 2022, Praha. p. 195. Pozvaná prednáška.
5. OMASTOVÁ, Mária -et al. Conducting 2D nanoparticles and their application. ICSM conference, Glasgow, 17.- 22.07.2022. Pozvaná prednáška.
6. ANNUŠOVÁ, Adriana et al. Surface Enhanced Raman Scattering study of MXene based glass substrates. Book of Abstracts, Int. Conf. on Advanced Applied Raman Spectroscopy – RamanFest 2022, September 15-16 2022, Paris, France, p.85. Typ: AFG
7.OMASTOVÁ, Mária. Hybrid nanostructures of two-dimensional materials and their applications. In Modern Polymeric Materials for Environmental Applications. 1. - Kraków, Poland : Crocow University of Technology, 2023, 2023, vol. 8, iss. 2, p. 63-67. ISBN 978-83-966714-0-0.
8. OMASTOVÁ Mária. Energy application of two-dimensional materials and hybrids. In IUPAC|CHAINS2023 CONNECTING CHEMICAL WORLDS, Book of Abstracts The Hague, The Netherlands, 2023, pg. 360.
9. MACHATA, Peter et al. Wettability of MXene: A Comprehensive Study. In: 2D Materials and Layered Materials. Łódź, Poland 2023, p. 49. Faculty of Physics and Applied Informatics of University of Lodz, Abstract book (ECOSS36: European conference of Surface Science)
10. F. Salehtash, A. Annušová, et al. MXenes Deposited on Paper by Vacuum-assisted Filtration as Effective SERS Substrates with Increased Detection Limits, Int. Conf. & Exhibition "NanoTech Poland 2023 & Nanotechnology and Innovation in the Baltic Sea Region", 14-16 June 2023, Poznan, Book of Abstracts, Nanobiomedical Centre Adam Mickiewicz University in Poznan, p. 55.

Uplatnenie výsledkov projektu

Príprava perovskitových solárnych článkov (PSC), vrátane použitia nanoštrukturovaných materiálov typu 0D a 2D, je rozhodujúcim faktorom pre budúci vývoj nových typov solárnych článkov so zlepšenými vlastnosťami, maximálnou účinnosťou pri minimálnej hmotnosti a rozmeroch. Dosiahnuté výsledky projektu otvárajú možnosti pre nové kreatívne riešenia pre zvyšovanie efektívnosti konverzie solárnej energie na elektrickú energiu nových typov solárnych článkov na báze perovskitov a MXénových nanomateriálov.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Projekt riešil aktuálne problémy v oblasti výskumu aplikácie 2D materiálov, MXénov, perovskitových kvantových bodiek a ich zabudovania v inovatívnych perovskitových

fotovoltických a optoelektronických štruktúrach. MXény nie sú komerčne dostupné v potrebnej kvalite, preto sa pripravili vo forme delaminovaných monovrstiev z MAX fáz. Na začiatku projektu sa pripravil MXén typu M3X2 - Ti3C2 Tx, v neskorších štádiách výskumu to bol typ M4C3 - V4C3.
Perovskitové kvantové bodky (PQDs) typ CsPbX3 (X = halogenid) boli pripravené v prvej fáze ako CsPbI3, a neskôr ako CsPbBr3 a stabilizované rôznymi ligandami. V ďalšom štádiu sa pripravili jednotlivé kompaktné a usporiadané monovrstvy MXénových častíc a PQDs na rozhraní voda/vzduch modifikovanou Langmuir-Schaefer metódou.
Skúmal sa vplyv modifikácie Ti3C2Tx MXénu na transportnú vrstvu elektrónov SnO2 (ETL) pre koncentračný rozsah 0–7,4 hm. % MXénu. Zo získaných údajov vyplýva, že pridaný MXén zlepšuje transport elektrónov, čo priamo súvisí s jeho takmer kovovým správaním. Výsledky ER-EIS naznačujú, že prídavok do 1 hm. % MXénu v SnO2 ETL je ešte akceptovateľný, aby si ETL zachovala povahu blokovania dier, zatiaľ čo pri vyššej koncentrácii sa táto vlastnosť stráca. Účinok MXénu na štruktúru a morfológiu ETL perovskitovej vrstvy sa pozoroval pomocou SEM a in situ GIWAXS. Potvrdila sa zvýšená veľkosť perovskitových zŕn na SnO2 ETL modifikovanej MXénom v porovnaní s čistou SnO2 ETL. Počas žíhania bol pomocou in situ GIWAXS pozorovaný rastúci počet zŕn. Tieto výsledky sú interpretované pomocou modelu nukleácie a rastu. Zvýšená účinnosť konverzie energie zo 17,4 % na 18,3 % metylamónium-olovo-jodidového perovskitového solárneho článku po modifikácii SnO2 ETL s 0,1 hm.% MXénu je výsledkom dvoch príspevkov (i) zvýšenej elektrickej vodivosti modifikovanej ETL a (ii) zlepšenej kryštalinity a väčšej veľkosti perovskitových zŕn v porovnaní s perovskitovou vrstvou rastenou na čistej SnO2 ETL, čo znižuje celkovú hraničnú plochu a rekombináciu náboja na defektných stavoch (pasciach), ktoré sa typicky tvoria na hraniciach zŕn.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The project solved current problems in the field of research on the application of 2D materials, MXenes, perovskite quantum dots and their incorporation into innovative perovskite photovoltaic and optoelectronic structures. MXenes are not commercially available in the required quality, therefore they were prepared in the form of delaminated monolayers from MAX phases. At the beginning of the project, MXene type M3X2 - Ti3C2Tx was prepared,in the later stages of the research it was the type M4C3 - V4C3.
Perovskite quantum dots (PQDs) type CsPbX3 (X = halide) were prepared in the first stage as CsPbI3, and later as CsPbBr3, and stabilized by different ligands. In the next project phase, individual compact and ordered monolayers of MXene particles and PQDs were prepared at the water/air interface by the modified Langmuir-Schaefer method.
The influence of the Ti3C2Tx MXene modification on the SnO2 electron transport layer (ETL) was investigated in the concentration range 0–7.4 wt.% of MXene. The obtained data showed that added MXene improves electron transport, which is directly related to its almost metallic behavior. The ER-EIS results indicate that the addition of up to 1 wt. % of MXene in SnO2 ETL is still acceptable for the ETL to retain the hole-blocking nature, while at higher concentration this property is lost. The effect of MXene on the structure and morphology of the ETL perovskite layer was observed by SEM and in situ GIWAXS.
An increased size of perovskite grains on MXene modified SnO2 ETL compared to pure SnO2 ETL was confirmed. During annealing, an increasing number of grains was observed by in situ GIWAXS. These results are interpreted using a nucleation and growth model. The increased power conversion efficiency from 17.4 % to 18.3 % of the methylammonium-lead-iodide perovskite solar cell after modification of the SnO2 ETL with 0.1 wt% MXene is the result of two contributions (i) the increased electrical conductivity of the modified ETL and (ii) the improved crystallinity and larger perovskite grain size compared to a perovskite layer grown on pure SnO2 ETL, which reduces the total interfacial area and charge recombination on defect states (traps) that typically form at grain boundaries.