

SEKTOR TECHNOLOGII PÓŁPRZEWODNIKOWYCH W UNII EUROPEJSKIEJ – DIAGNOZA I PERSPEKTYWY ROZWOJU

Wstęp

Dynamiczny rozwój technologii półprzewodnikowych obserwowany od końca XX wieku sprawił, że urządzenia elektroniczne stały się mniejsze, szybsze i bardziej niezawodne. Tak, jak oprogramowanie można porównać do mózgu, półprzewodniki stanowią w tym przypadku układ nerwowy, umożliwiając przesyłanie sygnałów między poszczególnymi częściami urządzenia. Półprzewodniki są to materiały o właściwościach konduktancji i rezystywności, które pozwalają na przewodzenie ładunku elektrycznego. Podstawowymi materiałami półprzewodnikowymi są krzem oraz german, jednak stosuje się również inne związki chemiczne, takie jak arsenek galu. Wprowadzanie dodatkowych materiałów do półprzewodników pozwala zwiększyć ich właściwości w sposób kontrolowany¹. Półprzewodniki wykorzystywane są w produkcji nowoczesnych komponentach elektronicznych, takich jak układy scalone i tranzystory – elementy niezbędne do funkcjonowania komputerów, tabletów, smartfonów oraz szerokiej gamy innych urządzeń. Najnowsze technologie produkcji półprzewodników są jedną z kluczowych innowacji XXI wieku, stymulując rozwój technologiczny w wielu sektorach gospodarki, w tym w komunikacji, mobilności, elektronice użytkowej, opiece zdrowotnej, przemyśle obronnym i kosmicznym. Nie byłoby możliwe funkcjonowanie i użytkowanie samochodów, samolotów, telefonów, nowoczesnej aparatury medycznej czy technologii kosmicznych i obronnych bez wykorzystania materiałów półprzewodnikowych. Są one fundamentem wszystkich nowoczesnych urządzeń elektronicznych, jednocześnie nieodłącznym czynnikiem umożliwiającym transformację cyfrową.

Celem niniejszego artykułu jest ocena stanu sektora technologii półprzewodnikowych w UE i jego pozycji na rynku globalnym, w tym szczególnie udziału UE w globalnym łańcuchu dostaw półprzewodników. Autorka

1 A. Omran, *Introducion to Semiconductors and Dielectrics*, Sinai University, 2020, s. 3-4.

zidentyfikowała główne ograniczenia tego sektora oraz czynniki determinujące jego rozwój, a następnie przedstawiła możliwe perspektywy i scenariusze dla unijnego rynku półprzewodników.

W artykule zastosowano podejście analityczno-opisowe, którego podstawę stanowią źródła literatury, w tym artykuły naukowe i pozycje zwarte na temat nowych technologii półprzewodnikowych. W analizie uwzględniono także raporty międzynarodowych organizacji, dane statystyczne i publikacje branżowe.

1. Diagnoza rynku półprzewodników w Unii Europejskiej

Globalny rynek półprzewodników charakteryzuje się silną nierównowagą geograficzną, ponieważ główni producenci znajdują się na Tajwanie, w Korei Południowej, USA i Chinach. W 2022 roku Unia Europejska miała zaledwie 7% udziału w całkowitej światowej produkcji półprzewodników². Europejskie przedsiębiorstwa działające w łańcuchu dostaw półprzewodników są dużym stopniu zależne od podmiotów spoza Unii Europejskiej – zarówno w kwestii dostawców, jak i odbiorców. Średnio 80% dostawców półprzewodników działających na europejskim rynku ma swoją siedzibę poza UE, a około 63% klientów tych przedsiębiorstw również znajduje się poza jej granicami³.

Zależność od zewnętrznych podmiotów stwarza zagrożenie dla cyfrowej suwerenności UE oraz stabilności łańcucha dostaw w strategicznych sektorach gospodarki. W obliczu narastających napięć geopolitycznych i zakłóceń w globalnych łańcuchach dostaw rośnie podatność europejskiego sektora półprzewodników na zewnętrzne kryzysy. Jasno zobrazował to globalny szok wywołany wybuchem pandemii Covid-19, który doprowadził do niedoborów chipów, wpływając szczególnie na przemysł motoryzacyjny i elektroniczny. Dodatkowo, wahania na światowych rynkach wynikające z konfliktu handlowego między USA a Chinami oraz związane z nim ograniczenia eksportowe, a także napięcia wokół Tajwanu, jako jednego z kluczowych dostawców technologii półprzewodnikowych, uwiadamiają potrzebę wzmocnienia europejskiego ekosystemu półprzewodników. Baza produkcyjna zaledwie 50 zakładami produkcyjnymi w UE jest mocno ograniczona w porównaniu do innych regionów świata. Ponadto tylko cztery europejskie przedsiębiorstwa znajdują się w pierwszej dwudziestce przedsiębiorstw z tej branży na świecie⁴.

2 I. Cerutti, M. Nardo, *Semiconductors in the EU*, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2023, s. 5.

3 Tek.info.pl, *Achievements and Prospects of the Semiconductor Manufacturing Industry in Poland*, Gdańsk 2024, s. 12.

4 *The semiconductor industry in Europe: between geopolitics and tech race*, IndustriAll European Trade Union, s. 3.

Wiodące zakłady to holenderskie ASML (Advanced Semiconductor Materials Lithography) – jedyny producent maszyn do litografii EUV (*Extreme Ultraviolet*) używanych przez TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) i Samsung, umożliwiających produkcję najmniejszych układów scalonych, oraz firma NXP Semiconductors, specjalizująca się w układach scalonych do komunikacji bezprzewodowej, motoryzacji i bezpiecznych systemów płatniczych. Ważną pozycję na unijnym rynku technologii półprzewodnikowych zajmuje również niemiecki koncern Infineon Technologies produkujący chipy dla sektora motoryzacyjnego oraz STMicroelectronics, z włosko-francuskim kapitałem, dostarczający układy analogowe, mikroprocesory i czujniki MEMS dla światowych producentów, takich jak Apple, Tesla czy Bosch.

Unia Europejska zajmuje także silną pozycję w obszarze badań i rozwoju technologii półprzewodnikowych z innowacyjnymi ośrodkami badawczymi, jak IMEC w Belgii, CEA-Leti we Francji oraz Fraunhofer w Niemczech. Ponadto wiele europejskich przedsiębiorstw jest obecnych na rynku zaawansowanych materiałów chemicznych niezbędnych do procesów produkcyjnych półprzewodników, a także dostarcza komponenty do sektora motoryzacyjnego, opieki zdrowotnej oraz sprzętu przemysłowego⁵.

Tak, jak w skali globalnej rynek półprzewodników charakteryzuje nierównowaga geograficzna, podobna sytuacja kształtuje się wewnątrz Unii Europejskiej. Większość planowanych inwestycji do tej pory pozostaje skoncentrowana na kilku rynkach, tj. w Niemczech, Irlandii, Francji i we Włoszech⁶. Dla Polski obiecującym projektem miała być inwestycja Intela w okolicach Wrocławia, której wielkość szacowana była na rekordowe 4,6 mld USD. Jednak inwestycje w Polsce i w Niemczech stanęły pod znakiem zapytania ze względu na globalne problemy finansowe Intela⁷. Z kolei TSMC rozpoczęło budowę pierwszego zakładu produkującego układów scalonych w Europie – w niemieckim Dreźnie. Tajwańskie przedsiębiorstwo posiada 70% udziałów w projekcie, natomiast resztę podzielono pomiędzy Infineon Technologies, NXP Semiconductors oraz Bosch⁸. Koncentracja inwestycji w kilku wybranych państwach UE pogłębia

5 K. van Wieringen, *Global Semiconductor Trends and the Future of EU Chip Capabilities*, European Strategy and Policy Analysis System, ESPAS Ideas Paper Series, s. 4.

6 *Ibidem*, s. 5.

7 K. Misztal, *Intel restructures the company. Suspends investments in Poland and Germany*, Invest in Wrocław, <https://invest-in-wroclaw.pl/intel-sspends-investments-in-poland-and-germany> (dostęp: 3.01.2025).

8 Global Finance, <https://gfmag.com/technology/tsmc-chip-plant-germany/> (dostęp: 1.05.2025).

wewnątrzunijne dysproporcje i ogranicza szanse na zrównoważony rozwój europejskiego ekosystemów półprzewodników.

Niedobór umiejętności i wykwalifikowanych kadr stanowi kolejne wyzwanie dla przemysłu technologii półprzewodnikowych w Unii Europejskiej. W 2023 roku w tym sektorze w UE zatrudnionych było około 382 200 osób, z czego 263 000 bezpośrednio przy produkcji lub projektowaniu półprzewodników⁹. W związku z planowaną rozbudową infrastruktury produkcyjnej w ramach Chips Act, konieczne będzie pozyskanie odpowiedniej liczby nowych specjalistów. Brak wykwalifikowanej kadry należy uznać za jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla zdolności produkcyjnych i rozwojowych branży na rynku unijnym¹⁰. Taki scenariusz doprowadzi do poważnych luk w działaniu zakładów produkcyjnych oraz w badaniach i projektowaniu innowacji półprzewodnikowych.

W wysoce konkurencyjnym środowisku kluczowe jest zachęcenie przedsiębiorstw do podejmowania inwestycji pomimo ryzyka technologicznego i finansowego. Takie inwestycje wymagają jednak stabilnych i przewidywalnych ram regulacyjnych, a także dostępu do kapitału i zaawansowanych technologii. Do utrzymania konkurencyjności niezbędne jest również zachowanie ciągłego partnerstwa między sektorem publicznym i prywatnym. Unia Europejska powinna zatem nie tylko koncentrować się na budowie nowych kompetencji, ale również dążyć do nawiązywania międzynarodowych współpracy z zaufanymi partnerami.

2. Perspektywy rozwoju sektora technologii półprzewodnikowych w Unii Europejskiej

W obliczu wyzwań, przed którymi stoi unijny rynek technologii półprzewodnikowych, kluczowe jest opracowanie kompleksowej strategii wzmocnienia sektora oraz zwiększenia jego konkurencyjności na arenie międzynarodowej. Największym przedsięwzięciem w tym wymiarze jest Ustawa o chipach (ang. *European Chips Act*, ECA) zatwierdzona przez Radę Unii Europejskiej 25 lipca 2023 roku. Ustanawia ona ramy środków mających na celu wzmocnienie europejskiego ekosystemu półprzewodników, w oparciu o trzy następujące filary¹¹:

9 R. Beaujeu, L. Saint-Martin, C. Lebon, *Skills Strategu 2024. Addressing the Talent Gap in the EU Semiconductor Ecosystem*, European Chips Skilled Academy, s. 2.

10 *Towards a more competitive semiconductor industry for Europe. Key Recommendations for the EU Mandate 2024-2029*, European Semiconductor Industry Association, s. 14.

11 European Council, *The EU chips industry*, <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-chips-industry/#what> (dostęp: 21.12.2024).

- inicjatywa „Chips for Europe”, która wspiera budowanie innowacji i potencjału technologicznego na dużą skalę,
- ramy zapewniające bezpieczeństwo dostaw i odporność poprzez zwiększenie napływu inwestycji,
- system monitorowania i reagowania kryzysowego, który ma przewidywać niedobory i koordynować działania w sytuacjach kryzysowych.

W ramach inicjatywy „Chips for Europe” ma zostać zaangażowane 43 mld EUR inwestycji publicznych i prywatnych, z czego 3,3 mld EUR będzie pochodzić z budżetu UE. Rozporządzenie zakłada rozwiązanie problemu niedoboru mikroprocesorów na rynku unijnym, zmniejszenie zależności od podmiotów zagranicznych oraz poprawę suwerenności technologicznej. Biorąc pod uwagę kluczową rolę półprzewodników we współczesnym świecie, głównym celem inicjatywy jest podwojenie globalnego udziału do poziomu 20% udziału unijnych producentów w światowej produkcji półprzewodników do 2030 roku¹². Według ekspertów, wraz z dalszym rozwojem technologicznym, wartość globalnego rynku technologii półprzewodnikowych wzrośnie z 550 mld USD w 2021 roku do ponad 1 bln USD do 2030 roku¹³.

W odpowiedzi na potrzeby rynku półprzewodników, UE podejmuje szereg inicjatyw mających na celu wsparcie unijnych producentów i dostawców. Jedną z nich jest projekt 68 strategicznych projektów w zakresie technologii półprzewodnikowych w ramach mechanizmu IPCEI (ang. *Important Projects of Common European Interest*) w dziedzinie mikroelektroniki i technologii komunikacyjnych (IPCEI ME/CT). Wszystkie te projekty badawczo-rozwojowe realizowane w ramach IPCEI mają przynieść skutki w postaci usprawnień w dziedzinie czujników, procesorów o wysokiej wydajności, mikroprocesorów, w tym sztucznej inteligencji (AI), akumulatorów i środków komunikacji służących bezpiecznej wymianie danych¹⁴.

Niedobór w dostawach chipów idzie w parze z niedoborem specjalistów w tej dziedzinie. Według Henryka Schodera, wiceprezesa ds. zasobów ludzkich w X-FAB Group, „niedobór talentów jest największym wyzwaniem dla wzrostu przemysłu półprzewodników w Europie i na świecie”¹⁵. Rozpoczęcie produkcji

12 *Ibidem*.

13 K. van Wieringen, *op.cit.*, s. 1.

14 European Commission, *State aid: Commission approves up to €8.1 billion of public support by fourteen Member States for an Important Project of Common European Interest in microelectronics and communication technologies*, Bruksela 2023, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3087, (dostęp: 24.12.2024).

15 Semi, *Pact for Skills: X-FAB on Opportunities for Europe's Semiconductor Industry Growth*, <https://www.semi.org/en/blogs/technology-trends/pact-for-skills->

w nowej fabryce zajmuje co najmniej dwa lata, podczas gdy utworzenie programów szkoleniowych zajmuje co najmniej pięć lat, zanim pojawiają się pierwsze efekty. Konkurencja zza oceanu zdaje się rozumieć znaczenie programów szkoleniowych, ponieważ na przykład amerykański Inflation Reduction Act (IRA) bezpośrednio wiąże zachęty podatkowe dla przedsiębiorstw z obowiązkami szkoleniowymi i tworzeniem wysokiej jakości praktyk zawodowych. Tymczasem, pomimo kilku inicjatyw europejskich, jak na przykład *European Skills Agenda*, Unia Europejska wciąż pozostaje w tyle¹⁶. European Chips Skills 2030 Academy, której celem jest m.in. stworzenie sieci przemysłowo-uniwersyteckiej oraz zasobów wsparcia szkoleń¹⁷, jest jednak na zbyt wczesnym etapie i obecnie współpracują z nią jedynie podmioty z 13 państw UE¹⁸.

Rozwój sektora technologii półprzewodnikowych w UE stoi przed znaczącymi wyzwaniami, ale także przed wielkimi możliwościami. Rosnąca świadomość na temat znaczenia technologii półprzewodnikowych w gospodarce cyfrowej oraz inicjatywy, jak ECA, wskazują na rosnące zaangażowanie UE oraz podmiotów publicznych i prywatnych w budowanie konkurencyjności tego sektora. Konieczne jest opracowanie skutecznych strategii uwzględniających zidentyfikowane i przyszłe problemy. Podstawą dla tych strategii musi być wzrost nakładów na rozwój unijnego łańcuch wartości półprzewodników, a także stworzenie odpowiedniego systemu szkoleniowego, który zmniejszy niedobory zasobów kadrowych na rynki półprzewodników. Konkurencyjność unijnego rynku technologii półprzewodnikowych uwarunkowana jest również rozwojem współpracy międzynarodowej, w tym w obszarze badań i rozwoju oraz wdrażania kolejnych innowacyjnych rozwiązań.

Wnioski

Technologie półprzewodnikowe w XXI wieku są wszechobecne i stanowią niezbędny komponent niemal każdego urządzenia elektronicznego. Wraz z transformacją cyfrową oraz rozwojem Internetu rzeczy, AI i autonomicznej mobilności, ich znaczenie będzie stale rosło. Dla zwiększenia suwerenności cyfrowej i konkurencyjności UE wobec globalnych liderów w sektorze półprzewodników fundamentalne znaczenie ma wzmocnienie własnych zdolności

x-fab-on-opportunities-for-Europe%27s-semiconductor-industry-growth (dostęp: 4.01.2025).

16 IndustriAll European Trade Union, *op.cit.*, s. 6.

17 *Ibidem*, s. 7.

18 European Commission, *European Chips Skills Academy*, <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/projects-details/43353764/101110124/ERASMUS2027> (dostęp: 3.01.2025).

technologicznych, potencjału przemysłowego oraz bezpieczeństwa i odporności łańcucha dostaw¹⁹.

Sektor technologii półprzewodnikowych wymaga holistycznej i spójnej strategii politycznej, która postawi konkurencyjność na pierwszym miejscu oraz stworzy warunki sprzyjające długoterminowemu rozwojowi i inwestycjom w Unii Europejskiej. Przyjęcie ECA było istotnym krokiem w kierunku wzmocnienia unijnego rynku półprzewodników, jednak to jego skuteczne wdrożenie będzie miało decydujące znaczenie dla realnej pozycji UE w globalnym wyścigu o przywództwo technologiczne. Biorąc pod uwagę fakt, że znaczna część unijnych funduszy jest kierowana do innych projektów niż te wspierające rozwój sektora mikroelektroniki, osiągnięcie pełnych założeń ECA oraz wypracowanie przez UE przewagi produkcyjnej do 2030 roku wydaje się mało prawdopodobne.

Unia Europejska ma jednak szanse na zdobycie przewagi w zakresie badań i rozwoju nad najnowocześniejszymi technologiami półprzewodnikowymi, poprzez dominację w rozwijających się obszarach, takich jak 6G, AI, chmura obliczeniowa, przetwarzanie kwantowe oraz samochody autonomiczne. Rozwój tych sektorów stworzy nowe rynki dla mikroelektroniki i zmniejszy strategiczną zależność UE od zagranicznych podmiotów w globalnym łańcuchu wartości półprzewodników. Ponadto dotychczasowa działalność unijnych podmiotów w zakresie produkcji komponentów i materiałów chemicznych niezbędnych do wytwarzania półprzewodników stanowi istotny atut, który można skutecznie rozwijać. Istotne będzie wspieranie, przyciąganie i zatrzymywanie lokalnych i zagranicznych talentów oraz wykwalifikowanych pracowników, aby uniknąć niedoborów zasobów kadrowych. Korzystna będzie przy tym współpraca między UE, państwami członkowskimi i sektorem prywatnym. Stworzenie przejrzystych i działających ram prawnych oraz zachęt dla przedsiębiorców ułatwi przyciągnięcie prywatnych inwestycji do tego sektora i zapewni kapitał potrzebny do finansowania nowych projektów oraz inicjatyw badawczo-rozwojowych²⁰.

Negatywny scenariusz zakłada natomiast osłabienie pozycji UE w globalnym łańcuchu wartości technologii półprzewodnikowych wynikający z niemożności wypełnienia luk, osłabienia zasobów oraz kumulacji zakłóceń w dostępie do chipów produkowanych za granicą. To z kolei może pociągnąć za sobą dużą falę emigracji młodych talentów, idący za tym wzrost kosztów produkcji oraz malejącą liczbę nowych projektów i nakładów inwestycyjnych²¹.

19 IndustriAll European Trade Union, *op.cit.*, s. 6.

20 K. van Wieringen, *op. cit.*, s. 12.

21 *Ibidem*, s. 12.

Istotne jest zatem nie tylko zwiększenie nakładów, ale także ich odpowiednie ukierunkowanie – na infrastrukturę, edukację i rozwój zasobów ludzkich. Przywrócenie zdolności produkcyjnych z wysokiej jakości miejscami pracy i wykwalifikowanymi zasobami kadrowymi otwartymi na nadchodzące wyzwania sektora będzie decydujące dla dalszego funkcjonowania i zagwarantowania bezpieczeństwa przemysłu technologicznego w UE²².

Produkcja technologii półprzewodnikowych opiera się na złożonym, międzynarodowym łańcuchu dostaw, który obejmuje setki etapów projektowania, wytwarzania, montażu, testowania i ostatecznie dostarczania chipów klientom. W tym procesie zazwyczaj uczestniczy wiele przedsiębiorstw w różnych krajach. Jako jeden z najbardziej zglobalizowanych sektorów, przemysł półprzewodników wymaga wysokiego stopnia otwartości w całym łańcuchu dostaw. Partnerstwo z innymi krajami, takimi jak USA, Japonia czy Korea Południowa, stanowi kluczowy element budowania odporności systemu. Uzgodnienie polityk oraz zacieśnienie współpracy będą znaczące dla rozwoju unijnego ekosystemu. Unia Europejska powinna dążyć więc do spójnej koordynacji między państwami członkowskimi w zakresie bezpieczeństwa i kontroli eksportu, co wzmocni jej pozycję na rynku globalnym.

Streszczenie

Technologie półprzewodnikowe, niezbędne do prawidłowego funkcjonowania wszystkich urządzeń elektronicznych, odgrywają fundamentalną rolę w wielu sektorach gospodarki, w tym szczególnie w mobilności, opiece zdrowotnej, komunikacji i elektronice użytkowej. Będąc nieodłącznym elementem codziennego życia, najnowsze technologie półprzewodnikowe stanowią jedną z kluczowych innowacji XXI wieku, wykazując się dynamicznym rozwojem. Unia Europejska, której udział w globalnej produkcji półprzewodników wynosi mniej niż 10%, stoi przed poważnymi wyzwaniami związanymi ze wzmocnieniem sektora mikroelektroniki i swojej pozycji na tym rynku. W obliczu aktualnych napięć geopolitycznych oraz zakłuceń w łańcuchach dostaw, unijne podmioty zmagają się z zależnością od zewnętrznych dostawców i odbiorców. W odpowiedzi na wyzwania i potrzeby przedsiębiorców UE wdraża programy wsparcia oraz inicjatywy, które mają podwoić udział regionu w globalnym rynku technologii półprzewodnikowych. Przykładem takiej inicjatywy jest *European Chips Act*.

Pomimo nierównowagi geograficznej, konieczności wzrosłu inwestycji oraz niedoborów wykwalifikowanej kadry, UE ma potencjał, aby rozwijać sektor nowoczesnych technologii półprzewodnikowych oraz zwiększyć jego konkurencyjność na arenie międzynarodowej. Niezbędzie jednak jest wdrożenie holistycznej strategii, odpowiednich

22 IndustriAll European Trade Union, *op. cit.*, s. 6.

ram prawnych i zachęt wspierających współpracę podmiotów prywatnych z sektorem publicznym oraz zaufanymi podmiotami zagranicznymi.

Słowa kluczowe: technologie półprzewodnikowe, Unia Europejska, rozwój technologiczny, łańcuch dostaw.

SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY INDUSTRY IN THE EUROPEAN UNION – DIAGNOSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Summary

Semiconductor technologies, fundamental components that power all electronic devices, play a crucial role in key sectors such as mobility, healthcare, communication, and consumer electronics. As an integral part of everyday life, latest semiconductor technologies have become a cornerstone of 21st century, continuing to evolve rapidly. With less than 10% of global share in semiconductor production, European Union faces significant challenges in strengthening its microelectronics industry. Geopolitical tensions and supply chain disruptions have highlighted EU's reliance on external suppliers and customers. To address these challenges, the EU has launched initiatives such as the European Chips Act, aiming to double its share in the global semiconductor technologies market. Despite geographic imbalance, the need for greater investment, and a shortage of skilled labor, EU has the potential to expand its semiconductor sector and boost its competitiveness on the global stage. However, achieving this will require a comprehensive strategy, supportive legal frameworks, and incentives to foster collaboration between private companies, the public sector, and trusted international partners.

Keywords: semiconductor technology, European Union, technology advancement, supply chain.

Bibliografia

- Beaujeu R., Saint-Martin L., Lebon C., *Skills Strategu 2024. Addressing the Talent Gap in the EU Semiconductor Ecosystem*, European Chips Skilled Academy.
- Cerutti I., Nardo M., *Semiconductors in the EU*, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2023.
- European Commission, <https://ec.europa.eu/>.
- European Council, <https://www.consilium.europa.eu/>.
- European Semiconductor Industry Association, *Towards a more competitive semiconductor industry for Europe. Key Recommendations for the EU Mandate 2024-2029*.
- Global Finance, <https://gfmag.com/>.
- IndustriAll European Trade Union, *The semiconductor industry in Europe: between geopolitics and tech race*.

Misztal K., *Intel restructures the company. Suspends investments in Poland and Germany*, Invest in Wrocław, <https://www.invest-in-wroclaw.pl/>.

Omran A., *Introduction to Semiconductors and Dielectrics*, Sinai University, 2020.

Semi, <https://www.semi.org/>.

Tek.info.pl, *Achievements and Prospects of the Semiconductor Manufacturing Industry in Poland*, Gdańsk 2024.

Van Wieringen K., *Global Semiconductor Trends and the Future of EU Chip Capabilities*, European Strategy and Policy Analysis System, ESPAS Ideas Paper Series.