

Guerra dos Chips EUA-China: EUV, ASML e Controles de Exportação

Victor Habib Lantyer de Mello

1. INTRODUÇÃO

A contemporaneidade é marcada por uma transição tectônica na ordem global, onde a primazia geopolítica não é mais definida exclusivamente pelo poderio militar convencional ou pela capacidade nuclear, mas cada vez mais pelo domínio de tecnologias críticas. No epicentro desta disputa encontra-se a indústria de semicondutores, especificamente a capacidade de projetar e manufaturar chips lógicos avançados através de litografia de ultravioleta extremo (EUV). Estes componentes constituem a base material infraestrutural para a inteligência artificial (IA), a computação de alto desempenho e os sistemas de armas de próxima geração, tornando-se, portanto, o *casus belli* de uma nova Guerra Fria tecnológica entre os Estados Unidos da América (EUA) e a República Popular da China (RPC).

O presente artigo acadêmico tem como objetivo analisar a complexa interação entre as medidas de contenção impostas por Washington — frequentemente descritas sob a ótica da "interdependência armada" — e a resposta multifacetada de Pequim. Esta resposta não se limita a subsídios industriais tradicionais, mas engloba uma mobilização estatal total, comparável em escala e sigilo ao Projeto Manhattan, focada na superação dos gargalos tecnológicos impostos pelo Ocidente.¹

A relevância desta investigação reside na identificação de mecanismos não convencionais empregados pela China para mitigar o isolamento tecnológico. Enquanto a literatura existente foca predominantemente nos aspectos econômicos e comerciais das sanções, este trabalho aprofunda-se na dimensão humana e jurídica da estratégia chinesa: a contratação agressiva e clandestina de engenheiros de elite de empresas ocidentais como a ASML, a utilização sistemática de identidades falsas para evadir rastreamento de inteligência e a manipulação pragmática das leis de cidadania e nacionalidade para facilitar o fluxo de *know-how* tácito crítico.³

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A GEOPOLÍTICA DA TECNOLOGIA

Para compreender a profundidade do conflito em curso, é imperativo estabelecer um arcabouço teórico que transcendia a simples competição comercial. As ações dos Estados e a reconfiguração das cadeias de valor globais respondem a lógicas de poder que redefinem a soberania no século XXI.

O conceito de "interdependência armada" (*weaponized interdependence*), articulado por Farrell e Newman, sugere que as redes globais assimétricas — como o sistema financeiro ou as cadeias de suprimentos de alta tecnologia — não são neutras. Estados que controlam os "nós" centrais ou pontos de estrangulamento (*chokepoints*) dessas redes podem alavancar essa posição para coagir adversários, transformando a dependência econômica em vulnerabilidade de segurança.⁶

No contexto dos semicondutores, os EUA identificaram que, embora a fabricação física esteja concentrada na Ásia (Taiwan e Coreia do Sul), a propriedade intelectual, o software

de design (EDA) e os equipamentos de fabricação críticos (SME) dependem de tecnologias fundamentais ocidentais. Ao restringir o acesso a esses nós, Washington exerce um poder estrutural capaz de paralisar indústrias inteiras na China, uma estratégia que visa não apenas conter, mas regredir a capacidade tecnológica rival.⁶

A resposta discursiva e estratégica da China é enquadrada pelo conceito de "soberania tecnológica". Documentos políticos e análises da mídia estatal chinesa, como o *Global Times*, frequentemente classificam as restrições dos EUA como uma forma de "apartheid tecnológico" ou "cerco", desenhado para manter o Sul Global, e a China em particular, em uma posição de subordinação perpétua na cadeia de valor global.⁹

Esta percepção de ameaça existencial legitima internamente a adoção de medidas extremas. A busca pela autossuficiência não é vista apenas como uma política industrial, mas como um imperativo de segurança nacional e dignidade estatal. O discurso de "soberania tecnológica" justifica o abandono das normas de mercado em favor de uma abordagem estatista e securitizada, onde o custo econômico é secundário à sobrevivência política do regime e à capacidade de defesa da nação.¹¹

3. O CERCO ESTRATÉGICO: A ARQUITETURA DO BLOQUEIO DOS EUA

A estratégia de contenção dos EUA evoluiu de tarifas comerciais pontuais para um regime de controle de exportações abrangente e extraterritorial, desenhado para congelar o desenvolvimento de semicondutores da China em níveis tecnológicos legados.

A arquitetura do bloqueio tecnológico dos EUA não emergiu como uma política monolítica, mas evoluiu através de uma escalada incremental que reflete tanto o aprendizado estratégico de Washington quanto a crescente percepção de ameaça representada pela ascensão chinesa no setor de semicondutores.

O marco inicial ocorreu em abril de 2018, quando o Departamento de Comércio dos EUA adicionou a ZTE Corporation à Entity List, após descobertas de que a empresa havia violado sanções ao Irã e Coreia do Norte. A penalidade foi devastadora: a ZTE, então o quarto maior fabricante mundial de smartphones, foi efetivamente paralisada ao perder acesso a componentes americanos críticos, incluindo chips Qualcomm e sistema operacional Android. A empresa só sobreviveu após a intervenção pessoal do Presidente Trump, que negociou um acordo incluindo multa de 1,4 bilhão de dólares e monitoramento de conformidade intrusivo.¹⁴ Este episódio demonstrou, pela primeira vez de forma inequívoca, a vulnerabilidade estrutural das empresas chinesas de tecnologia à interdição americana.

A inclusão da Huawei Technologies na Entity List, em maio de 2019, marcou uma intensificação qualitativa. Diferente da ZTE, a Huawei era uma campeã nacional estratégica, líder global em equipamentos 5G e o segundo maior fabricante de smartphones do mundo. A justificativa oficial citava riscos de segurança nacional e violações de sanções ao Irã, mas a motivação subjacente era clara: impedir que a Huawei dominasse a infraestrutura de telecomunicações da próxima geração globalmente.¹⁵ Inicialmente, a Huawei conseguiu mitigar o impacto através de estoques acumulados e redesign de produtos para usar componentes não-americanos. Sua subsidiária de chips, a HiSilicon, continuou projetando processadores Kirin avançados, fabricados pela TSMC em Taiwan.¹

O verdadeiro ponto de inflexão veio em maio de 2020, com a aplicação agressiva da Foreign Direct Product Rule (FDPR). Esta regra, originalmente criada em 1959, foi reinterpretada e expandida para alcançar produtos fabricados fora dos EUA que fossem derivados de tecnologia, software ou equipamentos americanos. Crucialmente, a FDPR passou a abranger produtos que fossem "fruto direto" de plantas industriais construídas com equipamentos dos EUA – mesmo que o produto final não contivesse componentes americanos.⁸ Na prática, isso significou que a TSMC, cujas fábricas foram construídas com ferramentas da Applied Materials, Lam Research e KLA, não poderia mais fabricar chips para a Huawei, mesmo usando designs proprietários chineses. A Huawei foi efetivamente cortada das foundries avançadas globais, forçando-a a recorrer à SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation), que operava em nodes tecnológicos inferiores.¹⁶

Em outubro de 2022, a administração Biden implementou o que analistas descreveram como as "restrições mais abrangentes já impostas" sobre exportações de tecnologia de semicondutores para a China.¹⁷ As novas regras estabeleceram um limiar tecnológico claro: qualquer chip lógico fabricado em processos de 16nm ou mais avançados, ou chips de memória NAND com 128 camadas ou mais, estava sujeito a controles rigorosos. Mais radicalmente, as regras proibiram "pessoas dos EUA" – definidas de forma ampla para incluir cidadãos, residentes permanentes e até mesmo não-americanos trabalhando para empresas americanas – de apoiar o desenvolvimento ou produção de chips avançados em certas instalações chinesas sem licença governamental.¹⁷ Isso forçou empresas como Applied Materials, Lam Research e KLA a retirar centenas de engenheiros e técnicos de suporte das fábricas da SMIC e outras foundries chinesas, paralisando projetos de expansão e causando degradação na manutenção de equipamentos críticos.¹⁸

Em dezembro de 2024, Washington fechou as brechas remanescentes com controles direcionados à High Bandwidth Memory (HBM), um tipo de memória de alta velocidade crucial para chips de IA, e aos equipamentos de manutenção e peças sobressalentes para máquinas de litografia já instaladas na China.¹⁷ Esta última medida foi particularmente insidiosa: mesmo equipamentos DUV legados vendidos legalmente anos antes começaram a deteriorar sem acesso a componentes de reposição e suporte técnico, causando quedas graduais no rendimento e na produtividade das fábricas chinesas. Analistas industriais estimaram que, sem manutenção adequada, ferramentas de litografia perdem entre 10-15% de eficiência anualmente, tornando-se economicamente inviáveis em três a cinco anos.¹⁹

Esta cronologia revela uma estratégia de asfixia gradual mas acelerada. Cada iteração fechou lacunas exploradas pela China, expandiu o escopo geográfico e tecnológico dos controles, e aprofundou a extraterritorialidade das leis americanas. O objetivo evoluiu de "conter" para "regredir" – não apenas impedir o avanço chinês, mas forçar um retrocesso tecnológico que ampliasse a vantagem ocidental. No entanto, como demonstrado pelas seções subsequentes, essa pressão crescente não gerou capitulação, mas sim uma mobilização total que pode, paradoxalmente, acelerar a independência tecnológica chinesa.

Nenhuma empresa ilustra melhor a geopolítica dos *chokepoints* do que a holandesa ASML Holding NV. Como única fabricante mundial de máquinas de litografia de ultravioleta extremo (EUV) — necessárias para produzir chips abaixo de 7nm —, a ASML detém um monopólio técnico absoluto. A campanha de pressão sobre a ASML intensificou-se

paralelamente. Em 2019, o governo holandês, sob pressão americana, recusou-se a renovar a licença de exportação para a venda de uma máquina EUV NXE:3400C à SMIC, no valor de 150 milhões de dólares.²⁰

Em 2023, após meses de negociações trilaterais com os EUA e o Japão, os Países Baixos concordaram em expandir os controles para incluir sistemas DUV avançados, especificamente os modelos de imersão NXT:2000i e posteriores, essenciais para produção em massa de chips de 7nm e 5nm usando técnicas de múltipla exposição.²¹ A Ministra da Economia Micky Adriaansens defendeu publicamente a medida como necessária para proteger a "segurança do conhecimento" holandesa, enquanto reconhecia o custo econômico substancial para a ASML, que derivava aproximadamente 15% de sua receita do mercado chinês.²¹

4. A RESPOSTA CHINESA: O NOVO SISTEMA NACIONAL (JU GUO TI ZHI)

Diante do bloqueio, a China ativou o "Ju Guo Ti Zhi" ou "Sistema de Nação Inteira". Diferente das políticas industriais ocidentais, este sistema mobiliza recursos nacionais de forma centralizada e autoritária para atingir objetivos estratégicos, subordinando a lógica de mercado aos imperativos políticos.²²

A reestruturação do aparato científico chinês colocou a tecnologia sob controle direto do Partido Comunista. A criação da Comissão Central de Ciência e Tecnologia, liderada por Ding Xuexiang, um confidente próximo do Presidente Xi Jinping, sinaliza a prioridade máxima dada ao setor. Esta comissão supervisiona a alocação de fundos massivos e coordena os esforços entre a academia, empresas estatais e o setor privado "nacional".¹⁶

A Huawei emergiu como a ponta de lança operacional deste sistema. Atuando como um coordenador oculto, a empresa integra uma rede vasta de fornecedores, institutos de pesquisa (como a Academia Chinesa de Ciências - CAS) e novas fundições de chips apoiadas pelo Estado. A Huawei fornece financiamento, direção estratégica e, crucialmente, demanda garantida para os equipamentos domésticos incipientes, permitindo que os desenvolvedores iterem e melhorem seus produtos fora das pressões comerciais imediatas.²²

No coração desta resposta está um projeto secreto baseado em Shenzhen, frequentemente referido por fontes internas como o "Projeto Manhattan" dos chips. Relatórios exclusivos indicam que, em um laboratório de alta segurança que ocupa quase todo o andar de uma fábrica, cientistas chineses e engenheiros recrutados construíram um protótipo funcional de uma máquina de litografia EUV.¹

Este protótipo, concluído no início de 2025 e atualmente em fase de testes, representa um feito de engenharia reversa monumental. A estratégia envolveu a aquisição de máquinas ASML mais antigas (DUV) e componentes sobressalentes no mercado secundário para desconstruir e compreender os sistemas de controle, ótica e geração de luz.¹ Embora o protótipo esteja gerando luz ultravioleta extrema com sucesso, a produção em massa de chips funcionais enfrenta desafios contínuos, especialmente na replicação das lentes e espelhos de precisão atômica (historicamente fornecidos pela alemã Zeiss).¹

5. A GUERRA PELO CAPITAL HUMANO: RECRUTAMENTO E CLANDESTINIDADE

A tecnologia de litografia avançada depende de um conhecimento tácito profundo, que não pode ser facilmente obtido apenas através de plantas técnicas ou roubo de IP digital.

Reconhecendo isso, a China lançou uma campanha agressiva para adquirir o "software humano" necessário para operar e replicar o hardware ocidental.

A batalha pelos semicondutores transcendeu máquinas e fábricas para se tornar, fundamentalmente, uma competição pelo capital humano mais sofisticado do planeta. Enquanto a China lançou uma ofensiva agressiva de recrutamento, os Estados Unidos e seus aliados implementaram contramedidas cada vez mais rigorosas para estancar a hemorragia de conhecimento crítico.

A resposta americana inicial focou-se na vigilância e interdição de programas de recrutamento patrocinados pelo Estado chinês. O "Thousand Talents Plan" (Plano Mil Talentos), lançado em 2008 para atrair cientistas de elite de volta à China ou para estabelecer colaborações duais, tornou-se alvo prioritário. Em 2018, o Federal Bureau of Investigation (FBI) designou o programa como um vetor de transferência de tecnologia sensível e possível espionagem econômica. O Diretor do FBI Christopher Wray declarou publicamente que o programa representava uma ameaça à segurança nacional, resultando em investigações de centenas de acadêmicos e pesquisadores em universidades americanas.¹⁴

O caso mais emblemático foi o de Charles Lieber, renomado professor de química de Harvard e pioneiro em nanotecnologia. Em janeiro de 2020, Lieber foi preso e acusado de fraude fiscal e de fazer declarações falsas ao FBI sobre sua participação no Thousand Talents Plan e afiliação à Universidade de Tecnologia de Wuhan.²⁶ Ele havia recebido 50.000 dólares mensais da universidade chinesa, além de 150.000 dólares anuais em despesas de subsistência, sem declarar esses rendimentos ou sua afiliação às autoridades americanas. O julgamento, em dezembro de 2021, resultou em condenação por todas as acusações, enviando um sinal claro à comunidade acadêmica sobre as consequências de afiliações não divulgadas.²⁶ No entanto, a sentença relativamente branda – prisão domiciliar e multa – foi criticada por alguns como insuficiente para dissuadir futuras violações.

A "China Initiative", lançada formalmente pelo Departamento de Justiça (DOJ) em novembro de 2018, expandiu significativamente o escopo das investigações. O programa visava combater espionagem econômica, roubo de segredos comerciais e fraude em pesquisas financiadas pelo governo federal. Entre 2018 e 2021, mais de 150 casos foram abertos, a maioria envolvendo acadêmicos de origem chinesa.¹⁴ Críticos, incluindo grupos de direitos civis e associações científicas, argumentaram que a iniciativa promovia perfilamento racial e criava um clima de medo que desencorajava colaboração científica legítima e afastava talentos asiáticos das instituições americanas. A taxa de absolvição ou arquivamento de casos – superior a 30% – reforçou essas críticas.¹⁴

Sob pressão, o DOJ anunciou em fevereiro de 2022 o encerramento formal da "China Initiative", mas enfatizou que os processos contra espionagem econômica e roubo de IP continuariam sob a "Estratégia para Combater Ameaças Patrocinadas por Estados-Nação". Na prática, investigações e acusações prosseguiram, mas com maior escrutínio interno para evitar casos fracos baseados apenas em etnicidade ou colaborações acadêmicas padrão.¹⁴ Paralelamente, universidades como MIT, Stanford e Caltech implementaram políticas mais rigorosas de divulgação de conflitos de interesse e afiliações estrangeiras, particularmente para pesquisadores trabalhando em áreas sensíveis financiadas pelo Departamento de Defesa ou Energia.

No setor corporativo, empresas como Applied Materials, Lam Research, KLA e a própria ASML intensificaram acordos de não-concorrência e confidencialidade para funcionários em posições críticas. Esses contratos, historicamente difíceis de aplicar internacionalmente, foram reforçados com cláusulas específicas proibindo trabalho para entidades chinesas listadas na Entity List por períodos de até cinco anos após a saída.²⁵ Violações resultam em litígios transnacionais complexos, embora a aplicação prática seja limitada, especialmente quando o engenheiro está fisicamente residindo na China continental.

O Departamento de Estado dos EUA também endureceu significativamente a política de vistos para cidadãos chineses em campos STEM sensíveis. A Proclamação Presidencial 10043, assinada em maio de 2020 e mantida pela administração Biden, proíbe a entrada de estudantes de pós-graduação e pesquisadores chineses associados a instituições com laços com o Exército de Libertação Popular (PLA) ou programas de fusão militar-civil.²⁷ Na prática, universidades chinesas de elite como Beihang, Harbin Institute of Technology e Northwestern Polytechnical University foram efetivamente colocadas em lista negra, com estudantes dessas instituições enfrentando negações sumárias de visto.²⁷ Milhares de vistos foram revogados, interrompendo pesquisas em andamento e forçando estudantes a retornar à China abruptamente.

Apesar dessas medidas, a eficácia da resposta americana permanece questionável. Engenheiros europeus e taiwaneses, não sujeitos às mesmas restrições de visto, continuam sendo recrutados pela China com sucesso.²⁵ Além disso, a abordagem agressiva tem um custo: estimativas indicam que entre 2021 e 2024, mais de 2.000 cientistas e engenheiros chineses que trabalhavam em universidades e empresas americanas retornaram à China, levando consigo décadas de conhecimento acumulado.²⁸ Muitos desses retornados não foram "recrutados" por programas de talentos, mas sentiram-se marginalizados ou ameaçados pelo clima de suspeita crescente nos EUA, escolhendo voluntariamente contribuir para o desenvolvimento tecnológico chinês.²⁸

O paradoxo é evidente: ao intensificar a vigilância e restrições, os EUA inadvertidamente alimentaram a fuga de cérebros que buscavam prevenir, enquanto a China, operando sem escrúpulos sobre legalidade ou ética, continua a explorar sistematicamente a permeabilidade das fronteiras globais de conhecimento. Esta assimetria – democracias abertas versus Estados autoritários dispostos a usar qualquer meio – representa uma vulnerabilidade estrutural que controles de exportação tradicionais não podem resolver.²⁷

Para proteger esses ativos humanos das sanções dos EUA e de investigações legais, o projeto em Shenzhen implementou protocolos de segurança draconianos. Fontes revelam que engenheiros recrutados da ASML receberam, ao chegar, crachás e documentos de identificação com nomes falsos.³ Dentro das instalações secretas, ex-colegas da ASML se reconheceram mutuamente, mas foram instruídos a utilizar seus codinomes ou pseudônimos para manter a compartimentação e o sigilo absoluto.³

Um exemplo emblemático desta estratégia é o caso de Lin Nan, ex-chefe de tecnologia de fonte de luz da ASML. Após ser recrutado, sua equipe no Instituto de Óptica e Mecânica Fina de Xangai (SIOM), da Academia Chinesa de Ciências, registrou diversas patentes relacionadas a tecnologias de fonte de luz EUV em um curto período.⁴ A presença de veteranos como Lin Nan é fundamental. Eles trazem consigo não apenas conhecimento

técnico explícito, mas a intuição desenvolvida ao longo de décadas de resolução de problemas na ASML.

6. ENGENHARIA JURÍDICA: CIDADANIA E ZONAS CINZENTAS NA LEI DE NACIONALIDADE

A questão da nacionalidade e cidadania emergiu como um campo de batalha crítico e sutil. A China navega em uma zona cinzenta jurídica para acomodar os talentos globais que suas leis, em teoria, restringiriam.

O Artigo 3 da Lei de Nacionalidade da República Popular da China declara explicitamente que o país não reconhece a dupla nacionalidade. O Artigo 9 estipula que qualquer cidadão chinês que se estabeleça no exterior e adquira voluntariamente uma nacionalidade estrangeira perde automaticamente a cidadania chinesa.²⁹ Historicamente, isso forçava uma escolha binária: manter a lealdade à China ou integrar-se ao Ocidente.

No entanto, para viabilizar o "Projeto Manhattan" dos chips, as autoridades chinesas adotaram uma aplicação pragmática e seletiva da lei. Há evidências crescentes de uma tolerância não oficial para a "dupla cidadania de fato" entre talentos de alta tecnologia. Engenheiros que possuem passaportes americanos ou europeus são encorajados a manter esses documentos para facilitar viagens e acesso a conferências internacionais, enquanto domesticamente lhes são garantidos os privilégios de cidadania chinesa, incluindo acesso ao sistema de *hukou* (registro de residência) e benefícios sociais.³⁰

7. FRONTEIRAS TECNOLÓGICAS: ROTAS ALTERNATIVAS E GARGALOS INVISÍVEIS

Enquanto a engenharia reversa das máquinas ASML representa a estratégia de curto prazo para paridade, a China enfrenta dependências técnicas profundas que transcendem a simples posse de uma máquina de litografia.

Embora o protótipo de litografia EUV chinês represente um avanço notável, a autossuficiência completa em semicondutores avançados enfrenta gargalos técnicos profundos que raramente aparecem nas manchetes, mas são igualmente críticos. A cadeia de valor de semicondutores é um ecossistema de interdependências complexas, onde cada componente exige décadas de desenvolvimento e know-how tácito impossível de replicar rapidamente.

Fotorresistos EUV: A Química Ignorada Um dos obstáculos mais subestimados é o domínio de fotorresistos compatíveis com litografia EUV. Fotorresistos são polímeros fotossensíveis aplicados sobre wafers de silício que, ao serem expostos à luz ultravioleta, sofrem reações químicas que permitem a criação de padrões nanométricos. Para EUV, esses materiais devem atender requisitos extremos: sensibilidade suficiente para reagir à luz de 13,5nm (que é naturalmente absorvida por quase tudo), resolução de linha de alguns nanômetros, e rugosidade de borda inferior a 2nm para evitar defeitos.³¹

Atualmente, o mercado global de fotorresistos EUV é dominado por apenas três fornecedores: JSR Corporation (Japão), TOK (Tokyo Ohka Kogyo, Japão) e DuPont (EUA).³¹ Estas empresas investiram bilhões de dólares e mais de uma década de P&D para desenvolver formulações químicas proprietárias cuja composição exata é um dos segredos industriais mais bem guardados. A China possui capacidade de produzir fotorresistos para processos DUV legados, mas fontes industriais indicam que seus melhores fotorresistos EUV ainda apresentam desempenho 30-40% inferior em termos de

sensibilidade e resolução comparados aos líderes globais.³² A dependência de importações nesta área é aguda: relatórios indicam que mais de 90% dos fotoresistos usados em fábricas chinesas são importados, com a Shanghai Sinyang Semiconductor Materials tentando desenvolver alternativas domésticas sem sucesso comercial significativo até 2025.³²

Software EDA: O Cérebro Digital Insubstituível Antes de qualquer chip ser fabricado, ele precisa ser projetado – e essa etapa depende inteiramente de ferramentas de Electronic Design Automation (EDA). Três empresas americanas – Synopsys, Cadence Design Systems e Siemens EDA (anteriormente Mentor Graphics) – controlam mais de 75% do mercado global de software EDA.¹⁷ Essas plataformas integram décadas de algoritmos de otimização, bibliotecas de células padrão e modelos físicos necessários para projetar chips modernos que podem conter dezenas de bilhões de transistores.

Os controles de exportação de outubro de 2022 incluíram ferramentas EDA para design de chips de 16nm ou mais avançados, cortando o acesso chinês a atualizações críticas.¹⁷ Embora empresas chinesas possam, teoricamente, usar versões legadas ou desenvolver alternativas, a realidade é complexa. Empresas chinesas como Empyrean Technology e Primarius Technologies estão desenvolvendo suítes EDA nacionais, mas analistas da indústria estimam um atraso tecnológico de 5 a 10 anos em funcionalidades críticas como análise de timing estático, verificação formal e design-for-manufacturing para nodes abaixo de 7nm.³³

Gases Ultrapuros e Químicos de Processo Especiais A fabricação de semicondutores depende de gases ultrapuros (como fluoreto de argônio, trifluoreto de nitrogênio, e tungsten hexafluoride) com níveis de pureza de 99,9999% ou superiores. Qualquer contaminação residual, mesmo em partes por bilhão, pode arruinar lotes inteiros de wafers. Empresas como Air Liquide (França), Linde (Alemanha/EUA) e Praxair (EUA) dominam este nicho técnico.¹⁹ Similarmente, a gravação química (etching) e deposição de camadas atômicas (ALD) exigem reagentes químicos extremamente especializados. A China tem capacidade química industrial massiva, mas a produção de reagentes de grau semicondutor requer controle de processo e análise em níveis que suas empresas ainda não dominam consistentemente. Fábricas chinesas continuam importando 60-70% de seus gases e químicos especiais, criando outra vulnerabilidade silenciosa.³²

Precisão de Espelhos e Óptica: O Monopólio da Zeiss A alemã Carl Zeiss SMT é a única fornecedora global dos sistemas ópticos para máquinas de litografia EUV da ASML. Cada espelho multicamada deve ter precisão de superfície melhor que 0,1 nanômetros.¹ Relatórios indicam que o protótipo EUV chinês utiliza espelhos fabricados domesticamente pelo Instituto de Óptica e Mecânica de Changchun (CIOMP), mas a qualidade e durabilidade desses componentes permanecem desconhecidas.³⁴ Espelhos de qualidade inferior resultam em aberrações ópticas que limitam resolução e rendimento, tornando a fabricação comercialmente inviável mesmo que tecnicamente possível. A replicação da capacidade da Zeiss pode exigir outra década de investimento e iteração, assumindo que a física fundamental seja dominada.²²

Considerando esses gargalos cumulativos, a meta oficial chinesa de produção em massa de chips avançados até 2028 parece otimista demais. A trajetória mais provável é que a China alcance capacidade de produção limitada de chips de 7nm ou 5nm usando tecnologia doméstica até 2030, suficiente para aplicações estratégicas militares e de

segurança, mas insuficiente para competir globalmente em volume e custo. A autossuficiência "completa" pode estar a 10-15 anos de distância. Esta janela estendida de vulnerabilidade é precisamente o que os EUA apostam para manter superioridade tecnológica.¹⁸

Um dos projetos mais ambiciosos é o desenvolvimento de fontes de luz baseadas em *Steady-State Micro-Bunching* (SSMB). Liderado pela Universidade Tsinghua em colaboração com institutos de pesquisa em Shenzhen, este conceito propõe utilizar um acelerador de partículas (anel de armazenamento) para gerar radiação EUV de alta potência e coerência.³³

Paralelamente, o Laboratório Pengcheng e o Instituto de Tecnologia de Harbin (Shenzhen) exploram o uso de *meta-devices* e *metasurfaces*. Estas são estruturas nano-projetadas capazes de manipular a luz em nível subcomprimento de onda, substituindo lentes ópticas volumosas e complexas por superfícies planas e finas.³¹

8. IMPLICAÇÕES GLOBAIS E O PAPEL DA IA

A corrida por semicondutores avançados e o desenvolvimento de inteligência artificial estão entrelaçados em um ciclo de feedback auto-reforçante que está acelerando exponencialmente a competição tecnológica sino-americana. A IA não é apenas um produto dos chips avançados – ela se tornou uma ferramenta crítica para projetar, otimizar e até mesmo fabricar os próprios chips, criando dinâmicas de vantagem cumulativa que podem tornar irreversível a liderança de quem dominar primeiro.

IA no Design de Chips: A Revolução Silenciosa A complexidade dos chips modernos ultrapassou a capacidade de otimização humana manual. Um processador de 5nm pode conter 50 bilhões de transistores, com milhões de possíveis configurações de layout, roteamento e timing. Empresas americanas estão revolucionando este processo com IA generativa e reinforcement learning. O Google, através de seu projeto "Chip Placement with Deep Reinforcement Learning", demonstrou em 2021 que algoritmos de IA podiam gerar layouts de chip superiores aos projetados por humanos experientes em questão de horas.³³ A Nvidia usa internamente ferramentas de machine learning para otimização de timing, redução de consumo de energia e até mesmo para prever defeitos de manufatura antes da produção.³³

China: Engenharia Reversa Assistida por IA Do lado chinês, há evidências crescentes de que a IA está sendo empregada sistematicamente para acelerar a engenharia reversa de tecnologias ocidentais. Simulações computacionais massivas, alimentadas por modelos de aprendizado de máquina, permitem aos engenheiros chineses testar virtualmente milhões de variações de design de fonte de luz, sistemas ópticos e mecanismos de controle antes de construir protótipos físicos caros.²² O Instituto de Óptica e Mecânica Fina de Xangai (SIOM), liderado pelo ex-funcionário da ASML Lin Nan, reportou em patentes recentes o uso de "otimização baseada em algoritmos genéticos" e "redes neurais profundas" para ajustar parâmetros de fontes de luz de plasma de estanho.⁴

O Ciclo de Feedback e o Risco de Singularidade A dinâmica mais perigosa, do ponto de vista estratégico, é o ciclo de feedback positivo. Chips mais avançados permitem treinar modelos de IA maiores e mais capazes, que por sua vez podem projetar chips ainda mais avançados. Nos EUA, o acesso irrestrito aos chips Nvidia H100 e futuros H200/B100 permite que empresas como OpenAI e Google DeepMind treinem modelos que já estão

sendo aplicados para descoberta de novos materiais semicondutores.³³ A China, restrita no acesso a chips de IA de ponta, enfrenta uma desvantagem crescente neste ciclo. Se a China alcançar autossuficiência em chips de 5nm até 2030 e simultaneamente desenvolver modelos de IA proprietários otimizados para suas arquiteturas de hardware, poderia criar um ecossistema paralelo igualmente auto-sustentável. Dois "universos tecnológicos" divergentes emergiriam, cada um otimizando internamente, mas incompatíveis e isolados um do outro.³⁷

A consolidação de um ecossistema de semicondutores independente na China, impulsionado pelo bloqueio dos EUA, terá repercussões profundas na ordem global. O cenário mais provável para a próxima década é a bifurcação tecnológica completa. O mundo poderá ver duas cadeias de suprimentos distintas e incompatíveis: uma liderada pelos EUA/ASML/TSMC e outra centrada na China.⁶

9. RISCO DE CONFRONTAÇÃO MILITAR ACELERADA

A estratégia de bloqueio tecnológico dos EUA, paradoxalmente, pode estar comprimindo o cronograma para uma confrontação militar sobre Taiwan, em vez de estendê-lo. Esta dinâmica contra-intuitiva emerge da criação de uma "janela de vulnerabilidade" chinesa que incentiva ação precipitada antes que as sanções percam eficácia.

A Janela de Vulnerabilidade Chinesa (2025-2030) Planificadores militares em Pequim operam sob a premissa de que a dependência crítica de chips avançados importados – especialmente de Taiwan – representa uma vulnerabilidade estratégica existencial. Qualquer conflito no Estreito de Taiwan resultaria na interdição imediata de todos os fornecimentos de semicondutores da TSMC, paralisando não apenas a indústria de IA e telecomunicações chinesa, mas também sistemas de armas que dependem de eletrônicos modernos.³⁷

As projeções atuais sugerem que a China não alcançará autossuficiência genuína em chips de 7nm ou mais avançados até, no mínimo, 2030, possivelmente 2035.³⁴ Durante esta janela de cinco a dez anos, qualquer conflito militar prolongado exporia a China a estrangulamento tecnológico fatal. Contudo, a mesma lógica sugere um incentivo perverso: se a China antecipa que, após 2030-2035, estará tecnicamente independente e, portanto, imune a sanções de semicondutores, a janela atual representa a última oportunidade dos EUA de exercer alavancagem coercitiva credível através de interdição econômica. Do ponto de vista chinês, se fatores políticos internos ou desenvolvimentos militares criarem pressão para ação antes de 2030, o custo de agir cedo pode ser percebido como menor do que o custo de esperar.²⁷

Cálculo Americano: O Leverage Decrescente de Taiwan A posição estratégica dos Estados Unidos sempre dependeu, em parte, da premissa de que a China não poderia tolerar a perda de acesso à manufatura avançada de semicondutores. A TSMC é frequentemente descrita como o "Escudo de Silício" de Taiwan.³⁹ No entanto, se a China alcançar autossuficiência em semicondutores, este "escudo" se dissolve. A TSMC continuaria sendo importante para a economia global, mas não seria mais indispensável para a China. Isso reduz dramaticamente o custo econômico percebido de uma invasão de Taiwan do ponto de vista chinês, removendo um dos pilares centrais da dissuasão americana.³⁸

O Paradoxo da Contenção: Sanções como Catalisador de Conflito A teoria da "armadilha de Tucídides", articulada pelo cientista político Graham Allison, sugere que quando uma

potência emergente desafia uma potência estabelecida, a guerra é estatisticamente provável.⁶ No contexto da guerra dos chips, as sanções intensificam a percepção de ameaça existencial em Pequim. Estudos históricos de regimes de sanções revelam um padrão recorrente: alvos de sanções severas frequentemente respondem com agressão, não capitulação.⁸ O Japão imperial, enfrentando embargo de petróleo dos EUA em 1941, atacou Pearl Harbor em vez de recuar da China. A Rússia, sob sanções massivas desde 2014, invadiu a Ucrânia em 2022. A China não é exceção a esta dinâmica; o discurso oficial chinês enquadra as sanções de semicondutores como parte de uma estratégia americana de " contenção total" desenhada para impedir permanentemente a ascensão chinesa.⁹

Cenários de Escalada: Sabotagem, Proxy Wars e Miscalculation Mesmo sem invasão total de Taiwan, a janela de vulnerabilidade pode gerar formas de escalada menos dramáticas mas igualmente perigosas. Operações cibernéticas chinesas contra infraestrutura crítica de semicondutores nos EUA, Taiwan e aliados já foram documentadas.⁴⁰ Em 2024, grupos APT (Advanced Persistent Threat) ligados ao PLA foram acusados de tentar comprometer redes da TSMC e de fornecedores de equipamentos como Lam Research e KLA.²⁷ Cenários de sabotagem física também são plausíveis. Analistas de inteligência especulam sobre a possibilidade de agentes chineses infiltrados tentarem causar "acidentes" em fábricas críticas de semicondutores.²⁷

Talvez o cenário mais perigoso seja o erro de cálculo mútuo. Se Pequim acredita que Washington está preparando uma "decapitação tecnológica" final para congelar permanentemente o desenvolvimento chinês, pode sentir pressão para agir preventivamente. Se Washington interpreta os avanços chineses em EUV e SSMB como evidência de que a contenção falhou e que uma janela de oportunidade está se fechando, pode contemplar medidas escalatórias adicionais. A falta de canais de comunicação robustos entre lideranças científicas e de segurança nacional aumenta o risco de que ações defensivas de um lado sejam interpretadas como ofensivas pelo outro.³⁷ A guerra dos chips, portanto, não é apenas uma competição industrial – é uma dinâmica de segurança com potencial para desestabilizar a paz global.⁶

CONCLUSÃO

A guerra dos chips entre EUA e China não é uma disputa comercial com verniz de segurança; é uma disputa estrutural pela infraestrutura do poder no século XXI. Semicondutores avançados — especialmente a lógica de ponta viabilizada por litografia EUV — tornaram-se a condição material para capacidade em IA, computação de alto desempenho e sistemas militares de próxima geração. Nesse sentido, controles de exportação não são apenas um instrumento comercial: são uma tentativa de converter centralidade em redes em alavancagem coercitiva, governando os gargalos de um ecossistema profundamente assimétrico.

A conclusão central deste artigo é que o regime de controle de exportações consegue elevar custos de modo relevante, desacelerar ciclos de iteração e degradar o desempenho industrial — mas tem dificuldade em produzir uma paralisia tecnológica duradoura. As restrições mais eficazes são as que atacam o “tempo para iterar” (time-to-iterate), e não as que apenas negam itens de alto impacto midiático. Limitações a manutenção, peças de reposição, acesso a serviços e pessoal especializado de suporte não apenas reduzem capacidade; elas desaceleram curvas de aprendizagem, corroem rendimentos (yields) e se acumulam ao longo do tempo. Mas justamente porque essas medidas convertem

dependência em vulnerabilidade existencial, elas também geram uma contra-força poderosa: remodelam incentivos de modo que substituição, indigenização e coordenação “de nação inteira” passem a ser escolhas racionais — mesmo que ineficientes.

O episódio DeepSeek — examinado em profundidade na minha análise anterior sobre como sanções comerciais dos EUA paradoxalmente impulsionaram a inovação chinesa em IA (disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5112973) — ilustra essa dinâmica em sua forma mais desconfortável: sanções podem operar como um acelerador de inovação sob restrição. Uma análise de políticas do Stanford Cyber Policy Center apresenta o dilema com clareza: restrições de exportação podem estimular inovação chinesa “por necessidade”, ainda que ampliem certas lacunas ao longo do tempo. Na prática, a restrição empurra desenvolvedores de modelos e engenheiros de sistemas em direção à eficiência, à otimização algorítmica e a escolhas arquiteturais que reduzem a dependência dos insumos mais restringidos. O ponto estratégico não é que a negação seja inútil; é que a negação altera a função de inovação. Ela força um deslocamento do “brute force” de escala para culturas de engenharia otimizadas para escassez — um resultado que pode ser estrategicamente valioso para o Estado-alvo e difícil de reverter uma vez institucionalizado.

A capacidade da China de converter restrição em impulso é amplificada por escala estrutural e mobilização de longo horizonte. Dados oficiais mostram que o gasto chinês em P&D ultrapassou 3,6 trilhões de yuans em 2024, com intensidade de P&D chegando a 2,68% do PIB — sinais de investimento sustentado, e não episódico. A OCDE também destacou recentemente o forte crescimento de P&D da China em comparação com grandes economias da OCDE, reforçando o quadro de um compromisso persistente e sistêmico. No capital humano, a pergunta “quem tem mais graduados em STEM” é notoriamente sensível a definições e classificações; ainda assim, análises confiáveis indicam que a China está no topo (ou muito próxima disso) tanto em escala absoluta de formação em STEM quanto na proporção de graduados nessas áreas. Em um conflito em que o recurso escasso não é apenas equipamento, mas pessoas experientes que sabem fazer o equipamento funcionar, essa escala importa: ela aumenta a probabilidade de que gargalos sejam eventualmente resolvidos por persistência bruta, experimentação paralela e reciclagem de talentos entre projetos.

Isso conduz ao achado mais útil, do ponto de vista prático, deste artigo: o terreno decisivo já não é apenas o hardware. O conhecimento tácito — incorporado em engenheiros veteranos, técnicos de processo, integradores de sistemas e especialistas em cadeias de ferramentas — é o ativo mais estrategicamente portátil na pilha de semicondutores. A “guerra pelo talento” chinesa, incluindo recrutamento clandestino e práticas de blindagem de identidade, portanto, não é uma história periférica; é um mecanismo central de contorno de sanções porque mira justamente a camada que controles de exportação têm dificuldade de regular: a transferência humana. Quando o alvo consegue adquirir ou reproduzir continuamente o “know-how para iterar”, o agente coercitivo precisa apertar controles continuamente apenas para manter o mesmo efeito marginal de desaceleração. Com o tempo, isso pode transformar uma política desenhada para preservar vantagem em uma política que incentiva a criação de ecossistemas paralelos construídos especificamente para resistir à interdição.

O ciclo de retroalimentação IA-chips intensifica essa trajetória. Chips avançados permitem modelos de IA maiores e mais capazes; a IA, por sua vez, otimiza cada vez mais

o posicionamento (placement) de circuitos, verificação, descoberta de materiais e rendimento de manufatura. O resultado estratégico é vantagem cumulativa: quem controla a velocidade de aprendizagem consegue compor capacidade em ambos os domínios. Mas a imagem inversa é igualmente importante: se a China alcançar uma capacidade doméstica “boa o suficiente” em nós avançados — talvez volumes limitados com yields aceitáveis para setores estratégicos — ela pode tornar-se resiliente a sanções mesmo sem vencer a corrida comercial em escala global. Nesse ponto, o significado geopolítico de “autossuficiência” muda. A pergunta deixa de ser “A China consegue substituir a ASML comercialmente?” e passa a ser “A China consegue reduzir a alavancagem coercitiva a tal ponto que os controles deixem de moldar seu cálculo estratégico?”

Isso ajuda a esclarecer o provável estado final. O resultado mais plausível no médio prazo não é capitulação, mas bifurcação: dois universos tecnológicos parcialmente autônomos, cada qual otimizado em torno de suas próprias restrições, doutrinas de segurança e governança de cadeia de suprimentos. O ecossistema alinhado aos EUA mantém a fronteira por meio de coordenação entre aliados, ferramental avançado e plataformas líderes de design; o ecossistema centrado na China evolui em direção à suficiência, redundância e substituição rápida sob direção estatal. Nesse mundo, os gargalos se comportam menos como muros permanentes e mais como diques: podem conter por um tempo, mas também aumentam a pressão por rotas alternativas — e, uma vez que essas rotas existam, a alavancagem se deteriora.

A implicação de segurança é sóbria. Uma arquitetura política construída para criar uma “janela de vulnerabilidade” pode comprimir — em vez de estender — cronogramas de crise, porque amplifica percepções de risco existencial em ambos os lados. Quando Pequim interpreta controles como tentativa de contenção permanente, crescem incentivos à escalada; quando Washington percebe que a negação está perdendo eficácia, cresce a pressão para intensificar controles. Erros de cálculo tornam-se mais prováveis quando os atores relevantes não são apenas diplomatas e generais, mas também fabricantes de ferramentas, fundições, equipes de compliance e instituições de pesquisa cujas decisões produzem efeitos estratégicos sem serem necessariamente concebidas como sinais estratégicos.

Daí decorre uma última conclusão, relevante para políticas públicas: controles de exportação são necessários, mas insuficientes. Se medidas de negação não forem combinadas a uma estratégia afirmativa — fortalecimento de capacidades domésticas, desenvolvimento de força de trabalho, cadeias de suprimento aliadas resilientes e regras de segurança de pesquisa baseadas em evidências e proceduralmente legítimas — os controles correm o risco de se tornarem autodestrutivos. O excesso de abrangência pode acelerar substituição, aumentar “efeitos inibidores” (chilling effects) na academia e direcionar fluxos de talento que fortalecem exatamente o ecossistema que se pretende conter. A lição DeepSeek sublinha esse paradoxo: a pressão pode preservar uma vantagem de curto prazo, mas também pode catalisar adaptações organizacionais e de engenharia que tornam mais difícil sustentar uma vantagem de longo prazo.

Em última instância, a guerra dos chips será decidida menos por uma proibição isolada e mais pela velocidade comparativa de aprendizagem sob restrição. Quem conseguir simultaneamente (i) desacelerar a iteração do rival, (ii) reter e atrair o talento de maior valor do mundo, (iii) inovar mais rápido do que a substituição, e (iv) evitar tropeçar em um conflito desencadeado pela própria pressão coercitiva aplicada, ditará as regras da era digital-

militar. A evidência reunida aqui sugere que a contenção tecnológica não é estática; ela é disputada e adaptativa. O muro não está apenas sendo empurrado — ele está sendo medido, mapeado e, com o tempo, contornado por novas rotas.

REFERÊNCIAS

1. **Exclusive: How China built its 'Manhattan Project' to rival the West in AI chips - Reddit,** acessado em janeiro 29, 2026, https://www.reddit.com/r/China/comments/1pp0dnx/exclusive_how_china_built_its_manhattan_project/
2. **China's AI chip 'Manhattan Project' to rival the West @reuters - Adafruit Blog,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://blog.adafruit.com/2025/12/18/chinas-ai-chip-manhattan-project-to-rival-the-west-reuters/>
3. **The knowledge came from former ASML employees. I wonder if countries will sancti... | Hacker News,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://news.ycombinator.com/item?id=46317937>
4. **50 Years After Dutch Nuke Theft, China Scores Stunning EUV Breakthrough Despite U.S. Bans – What's Cooking? - EurAsian Times,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.eurasiantimes.com/how-dutch-technological-leadership-has-costed-the-world/>
5. **'You Are Wrong': How ex-engineers of the European chip giant whose CEO said China is way behind may have proved him incorrect - The Times of India,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://timesofindia.indiatimes.com/technology/tech-news/you-are-wrong-how-ex-engineers-of-the-european-chip-giant-whose-ceo-said-china-is-way-behind-may-have-proved-him-incorrect/articleshow/126090606.cms>
6. **Full article: Technological underpinnings of European autonomy and US-China competition,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07036337.2025.2536828>
7. **Coopetitive Technological Sovereignty: A Strategy to Reconcile International Collaboration with Knowledge and Economic Security - Intereconomics,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2025/number/2/article/coopetitive-technological-sovereignty-a-strategy-to-reconcile-international-collaboration-with-knowledge-and-economic-security.html>
8. **Hard Then, Harder Now: CoCom's Lessons and the Challenge of Crafting Effective Export Controls Against China,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://tnsr.org/2025/09/hard-then-harder-now-cocom-s-lessons-and-the-challenge-of-crafting-effective-export-controls-against-china/>
9. **U.S. policy of 'technological apartheid' could lead to a new dark age - CGTN,** acessado em janeiro 29, 2026, <https://news.cgtn.com/news/2022-06-07/U-S-policy-of-technological-apartheid-could-lead-to-a-new-dark-age-1aEjYXlaKMo/index.html>

10. **The Specter of Digital Colonialism and the Ummatic Imperative**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://ummatics.org/the-specter-of-digital-colonialism-and-the-ummatic-imperative/>
11. **Semiconductors are a New Weapon of Geopolitics: The U.S.–China Rivalry, AI, and the Future of Global Security**, acessado em janeiro 29, 2026, https://www.etd.ceu.edu/2025/maksakova_anastasia.pdf
12. **China Bans Nvidia AI Chips in Technology Sovereignty Showdown**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://cloudsummit.eu/blog/china-bans-nvidia-ai-chips-technology-sovereignty-showdown>
13. **Chip War and the Battle for Technological Sovereignty: A Hybrid Warfare Perspective**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://irregularwarfare.org/articles/chip-war-and-the-battle-for-technological-sovereignty-a-hybrid-warfare-perspective/>
14. **INFORMATION ABOUT THE DEPARTMENT OF JUSTICE'S CHINA INITIATIVE AND A COMPILATION OF CHINA-RELATED**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.justice.gov/d9/pages/attachments/2021/01/20/information-about-the-department-of-justices-china-initiative-and-a-compilation-of-china-related-criminal-cases-since-jan-2018.pdf>
15. **Additions and Revisions to the Entity List - Federal Register**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.federalregister.gov/documents/2025/09/16/2025-17893/additions-and-revisions-to-the-entity-list>
16. **Exclusive-How China built its 'Manhattan Project' to rival the West in AI chips**, acessado em janeiro 29, 2026, https://www.fidelity.com/news/article/top-news/202512170922RTSNEWSCOMBINED_KBN3NH1II-OUSBS_1
17. **New Rules Further Restrict China's Access to Semiconductor Technology | Torres Trade & Export Law**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.torrestradelaw.com/posts/New-Rules-Further-Restrict-Chinas-Access-to-Semiconductor-Technology>
18. **all-press-releases | Bureau of Industry and Security**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.bis.gov/news-updates>
19. **ASML supplied essential component to military institute in China - Techzine Global**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.techzine.eu/news/infrastructure/137107/asml-supplied-essential-component-to-military-institute-in-china/>
20. **US-China chip war further entangles Dutch semiconductor giant ASML - TNW**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://thenextweb.com/news/us-china-chip-war-dutch-semiconductor-giant-asml>
21. **AVT/BZ-231221-006 1 Letter of (December 21, 2023) from Minister of Economic Affairs and Climate Policy Micky Adriaansens and Min - Government.nl**, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.government.nl/binaries/government/documenten/parlame>

- <https://www.parliamentarydocuments.gov.uk/parliamentary-documents/2023/12/21/parliamentary-letter-dutch-efforts-strengthening-the-semiconductor-ecosystem-in-geopolitical-turbulent-times/Dutch+efforts+strengthening+the+semiconductor+ecosystem+in+geopolitical+turbulent+times.pdf>
22. How Sanctions Backfired: China's EUV Lithography Breakthrough - YouTube, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.youtube.com/watch?v=AJRpbmmivU>
23. Debating Public Diplomacy - Brill, acessado em janeiro 29, 2026, <https://brill.com/downloadpdf/edcollbook/title/55804.pdf>
24. How China built its 'Manhattan Project' to rival the West in AI chips - The Economic Times, acessado em janeiro 29, 2026, <https://m.economictimes.com/news/international/world-news/how-china-built-its-manhattan-project-to-rival-the-west-in-ai-chips/articleshow/126041930.cms>
25. Chinese companies poach staff from ASML and Zeiss with three times higher pay—employees needed to design and build chipmaking tools amid sanctions | Tom's Hardware, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.tomshardware.com/tech-industry/chinese-companies-poach-staff-from-asml-and-zeiss-with-three-times-higher-pay-employees-needed-to-design-and-build-chipmaking-tools-amid-sanctions>
26. Harvard Chemist's Trial a Test of DOJ's China Prosecutions, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.designdevelopmenttoday.com/industries/manufacturing/news/21952749/harvard-chemists-trial-a-test-of-doj-s-china-prosecutions>
27. INSIDER THREAT INCIDENTS REPORT FOR OCTOBER - NOVEMBER 2025, acessado em janeiro 29, 2026, <https://nationalinsiderthreatsig.org/pdfs/insider-threat-threats-incidents-report-disgruntled-malicious-employees%2011-30-25.pdf>
28. Multi-scalar Everyday Geopolitics - UCL Discovery, acessado em janeiro 29, 2026, <https://discovery.ucl.ac.uk/10141712/1/Final%20Thesis%20Submission%20LIU%20H%202010%20Jan%202022%20.pdf>
29. Nationality Law of the People's Republic of China 2021-03-10 - Laws and Regulations_National Immigration administration, acessado em janeiro 29, 2026, <https://en.nia.gov.cn/n147418/n147458/c155976/content.html>
30. 268 - INTERPRETING “SETTLED ABROAD” IN CHINA'S NATIONALITY LAW - Columbia Library Journals, acessado em janeiro 29, 2026, <https://journals.library.columbia.edu/index.php/cjal/article/download/10031/5076/24557>
31. Advanced manufacturing of dielectric meta-devices - Researching, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.researching.cn/articles/OJa7ce4514dcce174>
32. (PDF) Advanced manufacturing of dielectric meta- devices - ResearchGate, acessado em janeiro 29,

2026, <https://www.researchgate.net/publication/381927006> Advanced manu
facturing of dielectric meta- devices

33. How China's award-winning EUV breakthrough sidesteps US chip ban! |
SemiWiki, acessado em janeiro 29, 2026, <https://sem/wiki.com/forum/threads/how-china%E2%80%99s-award-winning-euv-breakthrough-sidesteps-us-chip-ban.21912/>
34. How close is China's EUV project to eliminating ASML's monopoly? - Techzine Global, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.techzine.eu/blogs/infrastructure/137406/how-close-is-chinas-euv-project-to-eliminating-asmls-monopoly/>
35. Lattice design of a storage-ring-based light source for generating high-power fully coherent EUV radiation - ResearchGate, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/397366465> Lattice design o
f a storage-ring-based light source for generating high-
power fully coherent EUV radiation
36. Meta-device: advanced manufacturing, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.light-am.com/article/doi/10.37188/lam.2024.005>
37. ???????,?????// Chinese Cyber Conflict Discussions, Information & Research | Page 2, acessado em janeiro 29, 2026, <https://reddragon1949.com/page/2/>
38. ASML Emerges as Key Battleground in U.S.-China Tech War | The Tech Buzz, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.techbuzz.ai/articles/asml-emerges-as-key-battleground-in-u-s-china-tech-war>
39. After fake employees, fake enterprises are next hiring threat to corporate data, acessado em janeiro 29, 2026, <https://www.computerworld.com/article/3950892/chinese-firms-accused-of-poaching-taiwans-chip-engineers-using-bogus-front-companies.html>
40. AIVD: threat against the Netherlands remains high, uncertainty regarding world order, acessado em janeiro 29, 2026, <https://english.aivd.nl/latest/news/2025/07/04/aivd-threat-against-the-netherlands-remains-high-uncertainty-regarding-world-order>