シリコンウェハ内の過渡的熱拡散過程の イメージング技術に関する研究

Research on imaging technique for transient thermal diffusion processes in silicon wafers by Optical-Interference Contactless Thermometry (OICT)

広大院先進理工
°松口 康太郎，藤本 渓也，Yu Jiawen，花房 宏明，佐藤 拓磨，東 清一郎
Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
K. Matsuguchi, K. Fujimoto, J. Yu, H. Hanafusa, T. Sato, and S. Higashi
E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序＞シリコンパワーデバイスにおける自己発熱や，熱暴走の観測は信頼性確保の上で極めて重要な技術課題である．本研究室ではこれまでにシリコンウェハの温度変化を，IR プローブレーザーを用いて測定する光学干渉非接触温度測定法(Optical-Interference Contactless Thermometry：OICT) [1] を開発してきた．本研究では,反射光測定部にハイスピードカメラ(HSC)を設置した測定系を用いて，シリコンウェハ上に形成したギャップ電極に通電しウェハの温度変化によって生じる干渉パターンの観察を試みた．

実験＞OICT 測定系を Fig. 1 に示す．シリコンウェハ(厚さ 500 μm，抵抗率 1-10 Ω・cm，両面研磨，N 型)にスパッター法を用いて Ni を 100 nm 堆積し電極を形成した．本実験では，電極間距離 L = 10 μm，電極幅 W = 50 μm のサンプルを使用した．電極に 0～114 V まで電圧を徐々に印加し，シリコンウェハに通電させジュール発熱を生じさせた．その時のウェハの様子を，波長 1310 nm，出力 40 mW の IR レーザーをビームスプリッターを介して裏面より垂直入射させ，反射光を等倍の対物レンズと近赤外領域に感度を持つ HSC で捉え，ウェハ加熱時の干渉パターンの動画観察を試みた．

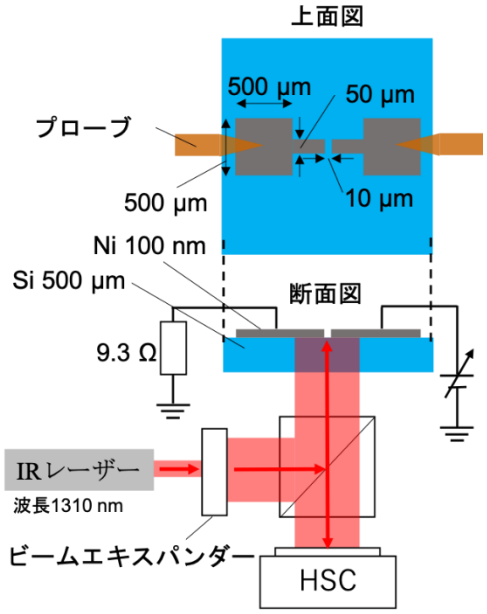

Fig. 1. A schematic diagram of OICT system.

結果及び考察＞HSC で捉えた像のスナップショットを Fig.2 に示す．シリコンウェハに電流が流れる位置を中心に広がる明瞭な干渉縞の観察に成功した．印加電圧 110 V 程度までは通電によるウェハの加熱により観察される干渉縞は静止していた(Fig.2(a))．このことは通電によって生じたウェハ面内の温度分布が一定であることを意味する．しかし,印加電圧を 114 V に増加すると干渉縞の数が急激に増加した(Fig.2(b)から(c)に変化)．(b)から(c)への 6.6 ms の間に干渉縞の数が 5 本から 24 本に増加したことが見て取れる．これは熱暴走を伴う数ミリ秒でのウェハの急激な温度上昇により生じた干渉縞の変化であると考える．観察した干渉縞を基にミリ秒の時間分解能でウェハ温度を明らかにできることが期待される．

結論＞HSC を用いて干渉光を観測する OICT イメージング法により，シリコンウェハの通電加熱によりキャリアが増大し熱暴走が起こった瞬間の干渉縞の変化の観察に成功した．今後デバイス動作時の熱暴走の観察を通じて，デバイスの故障過程の解明への応用が期待できる．

謝辞＞本研究成果の一部は、JST 研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム A- STEP 産学共同 JPMJTR20RS の支援を受けたものです．

文献＞[1] H. Furukawa, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 47 (2008) 2460.
[2] A. Kameda, et al., J. Appl. Phys. 127 (2020) 203302.

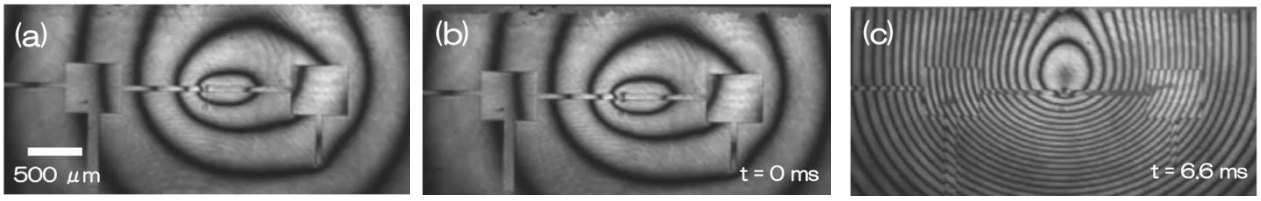

Fig. 2. Interference fringes observed during energization at 110 V(a), and Interference fringes observed during Thermal runaway at 114 V (b)(c)